

**PROPUESTA DE UN MÓDULO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA  
PROYECTOS DE REFINACIÓN CON COMPONENTES DE TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN (TI)**

**LUIS JAVIER LÓPEZ GONZÁLEZ**

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

**PROPUESTA DE UN MÓDULO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA  
PROYECTOS DE REFINACIÓN CON COMPONENTES DE TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN (TI)**

**LUIS JAVIER LÓPEZ GONZÁLEZ**

**Monografía para optar por el título de  
Especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

**Director:  
FERNANDO E. CALVETE GONZÁLEZ  
Ing., MSc. en Informática**

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

## DEDICATORIA

*Para mi familia  
Que siempre me ha apoyado  
En la superación de los retos  
Que se me han presentado en la vida  
Javier*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por contribuir en el feliz término de éste proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
1.1. PROCESO ANALITICO JERARQUICO	17
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL NEGOCIO DE REFINACIÓN</b>	<b>19</b>
<b>3. DEFINICIÓN CON BASE EN LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA, LA TECNOLOGIA DE INFORMACIÓN QUE APOYA LOS PROCESOS DEL NEGOCIO DE REFINACIÓN</b>	<b>23</b>
<b>4. DEFINICIÓN DEL MODULO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA PROYECTOS</b>	<b>25</b>
<b>5. PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE REFINACIÓN CON COMPONENTES DE TI, APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO</b>	<b>28</b>
5.1. METODOLOGÍA	28
5.2. CASO DE ESTUDIO	29
<b>6. ANALISIS Y RESULTADOS</b>	<b>30</b>
6.1. IDENTIFICAR LA ARQUITECTURA EMPRESARIAL (AS IS – TO BE)	30
6.2. TO BE	31
6.3. CONSTRUCCIÓN DE LA WBS DEL PROYECTO	31
6.4. CONSTRUCCIÓN DE LA RBS DEL PROYECTO	32
6.5. APLICACIÓN DEL AHP Y LA GENERACIÓN DE LAS PROBABILIDADES DE OCURRENCIA	33

<b>6.6. ESTIMACIÓN DE LA SEVERIDAD</b>	<b>40</b>
<b>6.7. POSIBLES ACCIONES DE MITIGACIÓN</b>	<b>41</b>
<b>6.8. ARBOLES DE DECISIÓN</b>	<b>41</b>
<b>6.9. CALCULO DE EVM</b>	<b>43</b>
<b>6.10. RESPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>47</b>

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1 Estadística del reporte de Chaos	15
Gráfica 2 Explicación de jerarquía	17
Gráfica 3 Definición de prioridades	18
Gráfica 4. Diagrama de Bloques de una Refinería.	19
Gráfica 5. Procesos del negocio de Refinación	21
Gráfica 6 Modelo convencional de gestión de proyectos.	25
Gráfica 7. Modelo propuesto de gestión de proyectos incluyendo la gestión de riesgos.	26
Gráfica 8 Pasos metodológicos	29
Gráfica 9. As Is de la Refinería	30
Gráfica 10. Situación futura de la Refinería	31
Gráfica 11 WBS del proyecto de TI	32
Gráfica 12. RBS del proyecto de TI	33
Gráfica 13 Importancia Relativa de los factores de riesgo	34
Gráfica 14 Importancia Relativa de los sub factores técnicos	35
Gráfica 15 Importancia Relativa de los sub factores técnicos	35
Gráfica 16 Importancia relativa de los sub factores de implementación.	36
Gráfica 17 Importancia relativa con respecto a cambios en el alcance	37
Gráfica 18 . Importancia relativa con respecto a la metodología de la selección	37
Gráfica 19 Importancia relativa con respecto a la selección de la tecnología	37
Gráfica 20 Importancia relativa con respecto a la estimación sin fundamentos	38

<b>Gráfica 21 . Importancia relativa con respecto a los cambios en las normas contables</b>	<b>38</b>
<b>Gráfica 22 Importancia relativa con respecto a la capacidad del sponsor del proyecto</b>	<b>38</b>
<b>Gráfica 23 Importancia relativa con respecto a la capacidad del consultor</b>	<b>39</b>
<b>Gráfica 24 Importancia relativa con respecto a la capacidad del vendor</b>	<b>39</b>
<b>Gráfica 25 Probabilidad de fallo de los paquetes de trabajo analizados</b>	<b>40</b>
<b>Gráfica 26 Árbol de decisión de Estudios e ingeniería</b>	<b>42</b>
<b>Gráfica 27 Árbol de decisión de Compras y Contratación</b>	<b>42</b>
<b>Gráfica 28 Árbol de decisión de implementación</b>	<b>43</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1. Tecnologías de información que apoyan los procesos del negocio de Refinación</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 2. Probabilidad de ocurrencia de los sub factores</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 3. Severidad del impacto en tiempo y costos</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 4. Acciones de mitigación</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 5. EVM para Estudios e Ingeniería</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 6. EVM para Compras y contratación</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 7. EVM para Implementación</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 8. Respuestas para mitigar los riesgos</b>	<b>44</b>

## RESUMEN

### TITULO

**PROPUESTA DE UN MÓDULO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE REFINACIÓN CON COMPONENTES DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (TI).\***

### AUTOR

LUIS JAVIER LÓPEZ GONZÁLEZ\*\*

### PALABRAS CLAVES

Gestión de riesgos, AHP, EVM.

### DESCRIPCIÓN

A raíz del aumento en los últimos años de proyectos de refinación con componentes de Tecnologías de Información (TI), ha surgido la necesidad de profundizar en los estudios de la gestión de riesgo que se realiza en este tipo de proyectos. Actualmente en Colombia se están desarrollando dos grandes proyectos, la modernización de la Refinería de Barrancabermeja y la ampliación y modernización de la Refinería de Cartagena. Para ambos casos se cuenta con TI de diversos proveedores y algunos desarrollos hechos en casa (*In – house*), lo cual convierte a TI en una variable importante de analizar momento de realizar adecuaciones sobre estos sistemas de información.

Razón por la cual, en este documento se presenta un módulo de gestión de riesgos para proyectos de refinación con componentes de TI, analizando diversos factores de riesgo que afectan a los procesos y tecnologías que apoyan al negocio de refinación, teniendo en cuenta alternativas de respuesta que puedan definir la solución más económica y viable para la salud del proyecto.

Los resultados obtenidos se muestran a través de la aplicación del módulo de gestión de riesgos en un caso de estudio, donde la integración del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), los arboles de decisión y el Valor Esperado Monetario (EVM), proveen herramientas ágiles y confiables a los gerentes de proyecto para la toma de decisiones y la selección y valoración de alternativas.

\*Trabajo de grado – Monografía

\*\*Facultad de Ingeniería fisicoquímica, Programa: Especialización en Gerencia de Hidrocarburos,  
Director: Fernando Calvete

## **SUMMARY**

### **TITLE**

**PROPOSAL OF A RISK MANAGEMENT MODULE FOR REFINERY PROJECTS WITH INFORMATION TECHNOLOGY (IT) COMPONENTS\***

### **AUTHOR**

LUIS JAVIER LÓPEZ GONZÁLEZ \*\*

### **KEY WORDS**

Risk management, AHP, EVM.

### **SUMMARY**

Due to the increment in the last few years in refinery projects with components of information technologies (IT), has emerged the need to increase the risks management studies that nowadays are made in such projects. Worthwhile projects are under way at present in Colombia, one is the upgrading of the Barrancabermeja Refinery and another one is the widening and upgrading of the Cartagena Refinery. Both projects are developed with IT from different suppliers, some of them homemade, which makes IT an important variable to analyze when making adjustments on these information systems. It is essential for the success of the upgrading and expansions projects to have an organized and coordinated teams work and moreover that these projects counts with the correct IT adjusted to the changing needs of the business.

Reason why this paper is presenting a new risks management scheme for refinery projects with IT components, taking into account the risk assessment that affects this business, and giving some options that would helps finding the most inexpensive and viable solution.

The results are shown through the application of this scheme in a case study, where the integration of the Analytical Hierarchy Process (AHP), the decision trees and the Expected Monetary Value (EMV), provides the appropriate tools to project managers for the decision-making and the selection and assessment of alternatives.

\*Trabajo de grado – Monografía

\*\*Facultad de Ingeniería fisicoquímica, Programa: Especialización en Gerencia de Hidrocarburos,  
Director: Fernando Calvete

## INTRODUCCIÓN

Al momento de tomar decisiones con respecto a soluciones de TI, generalmente se carece de una adecuada identificación y valoración del riesgo, lo cual genera sobrecostos y reproceso dentro de los proyectos. Según el reporte de Chaos de 2009 [2], el 32% de los proyectos de TI finalizan de acuerdo a sus estimaciones de tiempo y costos, satisfaciendo las necesidades requeridas; el 44% de los proyectos de TI finalizan tarde, con sobrecostos y cumpliendo parcialmente las necesidades requeridas, el 24% faltante de los proyectos de TI son cancelados.

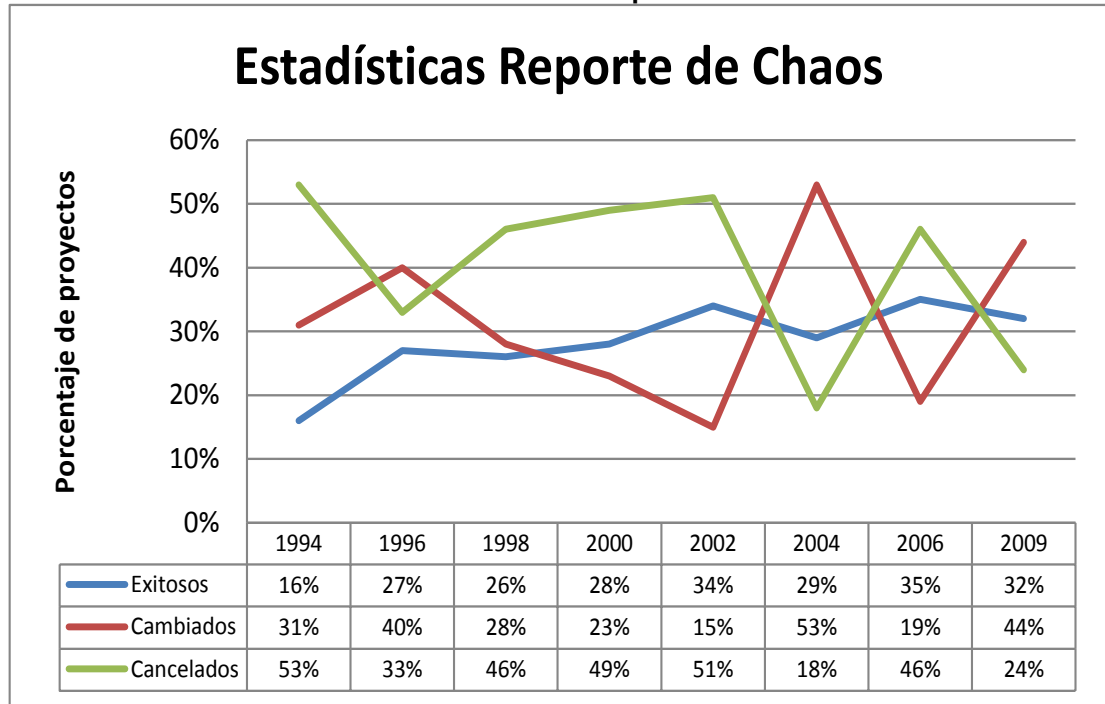
De acuerdo a las estadísticas consolidadas en los reportes de Chaos realizados desde el año 1994 hasta el 2009 [2], [5] y [1], se observa que en 15 años se ha logrado duplicar el porcentaje de proyectos de TI que logran ser exitosos (finalizaron de acuerdo a sus estimaciones de tiempo y costos, satisfaciendo las necesidades requeridas), pasando de un 16% en 1994 a un 32% en el 2009, tal como se observa en la Gráfica 1. En cuanto a los proyectos que fueron cambiados (finalizaron tarde, con sobrecostos y cumpliendo parcialmente las necesidades requeridas) se tuvo un incremento del 13%, lo cual indica que a medida que han pasado los años, estos proyectos han tenido inconvenientes como:

- Dificultades para mantener su alcance tal como fue concebido desde un inicio.
- Baja participación de los involucrados del proyecto
- Poco entendimiento de los objetivos del proyecto

Finalmente los proyectos que han sido cancelados, se han reducido en un 29%, debido principalmente a las siguientes razones:

- Tener un caso de negocio incompleto
- Requerimientos incompletos
- Falta de participación de los involucrados
- Falta de recursos

Gráfica 1 Estadística del reporte de Chaos



FUENTE: Adaptado de [2]

Actualmente en Colombia se están desarrollando dos grandes proyectos, la modernización de la Refinería de Barrancabermeja y la ampliación y modernización de la Refinería de Cartagena. Para ambos casos se cuenta con TI de diversos proveedores y algunos desarrollos hechos en casa (*In – house*), lo cual convierte a TI en una variable importante de analizar momento de realizar adecuaciones sobre estos sistemas de información.

Es fundamental para el éxito de los proyectos de modernización y ampliación, que todos los frentes de trabajo cumplan sus objetivos de una manera coordinada, y sobre todo, que cuenten con la TI ajustada de acuerdo a sus nuevas necesidades.

En general para los proyectos de refinación con componentes en tecnologías de información (TI), la gestión del riesgo se realiza de una manera básica y simple, dejando al descubierto aspectos importantes como la definición de los planes de gestión de riesgos, la cuantificación de los riesgos, el monitoreo y control de los riesgos, los planes de mitigación, entre otros. Al no tener en cuenta estas acciones de gestión de riesgos aseguradas, el negocio de refinación se expone a la materialización de los riesgos, los cuales pueden impactar los siguientes aspectos: la operación, el cierre volumétrico de la refinería, la consolidación de sus

estados financieros, el relacionamiento con el cliente, la imagen corporativa y el medio ambiente.

Debido a lo anterior, es muy importante realizar una gestión de riesgos periódica e integral, de tal manera, que se pueda usar como una herramienta para la toma de decisiones frente a los factores de riesgo que puedan afectar positiva o negativamente al proyecto, a la empresa y/o a sus respectivos grupos de interés.

El objetivo principal de éste documento es presentar un módulo de gestión de riesgos para proyectos de refinación con componentes de Tecnologías de Información (TI), analizando diversos factores de riesgo, valorando su impacto en tiempo y costo, posteriormente, presentar algunas alternativas de respuesta a los riesgos a través del uso de los árboles de decisión y finalmente, calcular el Valor Esperado Monetario (*Expected Monetary Value* o EVM por sus siglas en Ingles ) para definir la respuesta más económica y viable para la salud del proyecto.

Por lo tanto, el documento incluye la descripción de los procesos de Planeación, Programación, Ejecución, Registro, Balance, Reconciliación, Integración volumétrica y Finanzas del negocio de refinación, con base en la experiencia adquirida, la tecnología de información en la que se apoyan éstos procesos. Finalmente se define un módulo de gestión de riesgos y se dan a conocer sus resultados a través de la aplicación del módulo de gestión de riesgos en un caso de estudio.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. PROCESO ANALITICO JERARQUICO

El proceso Analítico jerárquico (*Analytical Hierarchy Process*, AHP por sus siglas en inglés) está orientado a realizar el análisis cualitativo de riesgos, buscando valorar el nivel de riesgo que tiene el proyecto en tiempo y/o en costo.

Según [8] los pasos generales que se deben tener en cuenta para aplicar el proceso analítico jerárquico son:

1. Modelar el problema como una jerarquía:

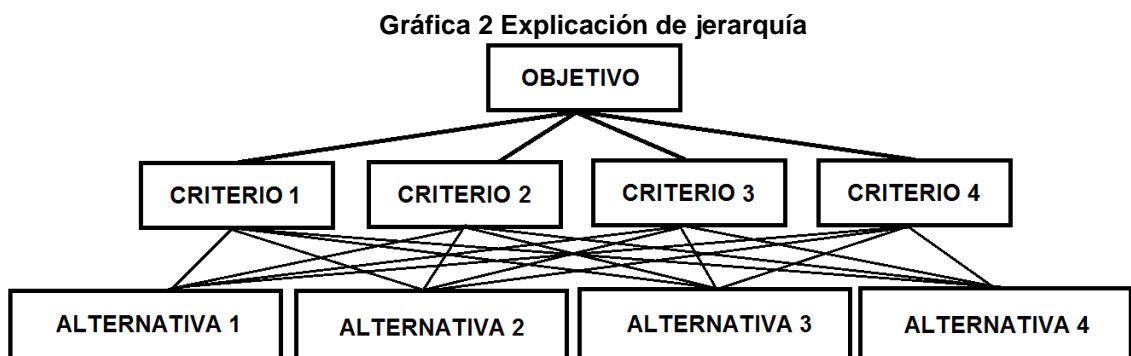
Para tener un mejor entendimiento y conocimiento del problema, se debe descomponer de una manera jerárquica, de tal manera que se pueda analizar hasta el nivel de detalle requerido.

2. Definición de jerarquías:

Es un sistema utilizado para clasificar y organizar diversos elementos que pertenecen a un mismo conjunto. Los diagramas de jerarquías muchas veces son presentados en forma piramidal, de tal manera que la parte superior de la pirámide es el nodo padre, y las partes inferiores de la pirámide son los nodos hijos. Dentro de esta estructura solo debe existir un solo padre.

3. Explicación de jerarquías:

A continuación en la Gráfica 2 se observa la explicación de una jerarquía.

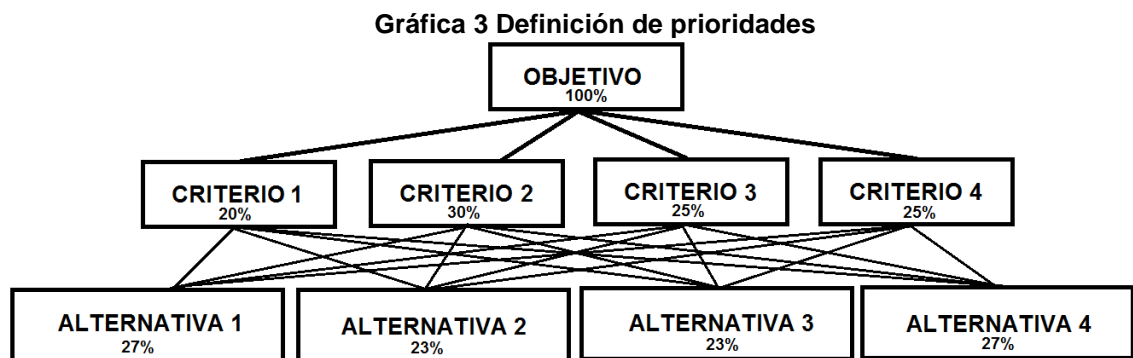


FUENTE: Tomado de [8].

Una vez definido el diagrama jerárquico, se procede a definir las prioridades de cada uno de los nodos.

#### 4. Definición y explicación de prioridades

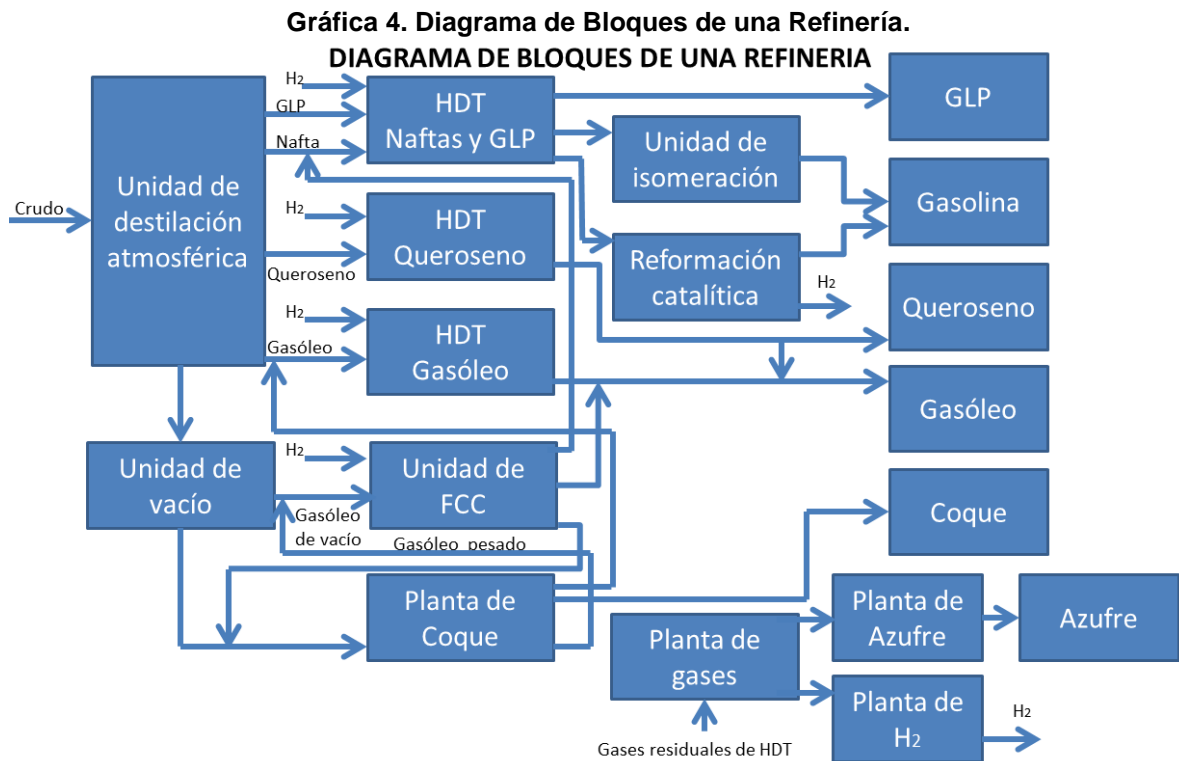
Las prioridades dependen del conocimiento que se tenga de cada nodo del problema. Cada una de las prioridades está estrechamente relacionada, sin embargo, es necesario valorarlas individualmente. La sumatoria de las prioridades de un mismo nivel siempre debe sumar un valor del 100%, tal como se observa en la Gráfica 3.



FUENTE: Tomado de [8].

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL NEGOCIO DE REFINACIÓN

Dentro de la cadena de suministro de hidrocarburos, el eslabón de refinación es el encargado de convertir el crudo extraído del subsuelo, en productos más valiosos para la industria como lo son el GLP, Gasolina, Queroseno, Gasóleo, Azufre y el Coque entre otros. Estas conversiones se hacen a través de diversas unidades de procesos, las cuales se observan a continuación en la Gráfica 4.



FUENTE: Tomado de [3]

Según [3], el crudo empieza su recorrido en la unidad de destilación atmosférica, la cual trabaja con unas temperaturas alrededor de los 350°C y 450°C, logrando así, separar el crudo en diferentes fracciones, los cuales se van ubicando en diferentes niveles o corrientes dentro de la unidad, de acuerdo a su peso molecular. El residuo de esta unidad pasa a alimentar la unidad de vacío, la cual trabaja a una presión ligeramente superior a la presión atmosférica con unas temperaturas entre 580°C y 620°C, donde de nuevo son ubicadas las fracciones en diferentes corrientes de acuerdo a su peso molecular.

Las fracciones obtenidas de la unidad de destilación atmosférica pasan a las unidades de Hidrotratamiento (HDT's), donde principalmente se busca eliminar el azufre que hay en las fracciones inyectando hidrogeno con lo cual se genera ácido sulfhídrico. Este proceso se hace a unas temperaturas superiores a los 500°C.

Después del proceso de Hidrotratamiento, se generan naftas ligeras y naftas pesadas, las cuales pasan a alimentar la unidad de isomeración y la de reformación catalítica respectivamente. En la unidad de isomeración se incrementa el nivel de octanaje a las parafinas y en la unidad de reformación catalítica se incrementa el nivel de octanaje para las gasolinas.

Las fracciones obtenidas de la unidad de vacío, alimentan a la unidad de craceo catalítico (*Fractionator Catalytic Cracking*, FCC por sus siglas en inglés) buscando recuperar fracciones más ligeras por medio del rompimiento catalítico. A la FCC entra la unión del gasóleo de vacío y el gasóleo pesado.

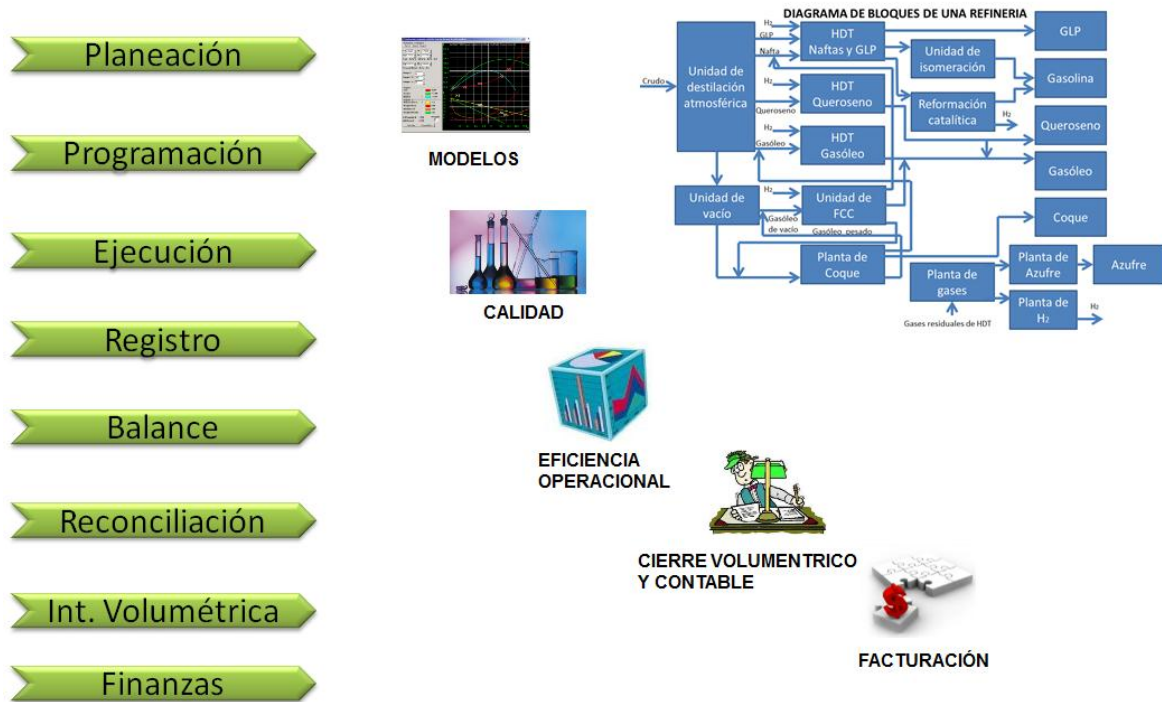
Tanto para el proceso de HDT como el de FCC se requiere hidrogeno de alta pureza, para lo cual, se cuenta con una planta dedicada para este fin.

El residuo de la unidad de vacío, pasa a alimentar la planta de coque, la cual busca obtener las últimas fracciones más ligeras y su residuo es una especie de carbón llamado carbón de coque.

Finalmente se realiza la mezcla de productos para cumplir con las especificaciones de calidad y cantidad requeridas por los clientes.

Con respecto a los procesos del negocio de refinación, se describen a continuación los procesos de planeación, programación, ejecución, registro, balance, reconciliación, integración volumétrica y finanzas, los cuales también se relacionan en la Gráfica 5.

**Gráfica 5. Procesos del negocio de Refinación**



**FUENTE:** Autor

El proceso de planeación define las actividades de alto nivel a realizar en un panorama de tiempo a largo (5 años), mediano (3 años) y corto plazo (1 año). Estas actividades principalmente se basan en identificar diversos crudos disponibles en el mercado y que a su vez sean aptos de acuerdo a la dieta de la refinería, para luego, de acuerdo a características como precios y assays, ser tenidos en cuenta para alimentar la refinería con estos crudos, y así lograr los productos con las cantidades y calidades requeridas por los diferentes clientes.

A partir de la información suministrada por el proceso de planeación, en el proceso de programación, se detallan con mayor detalle las actividades, llegando al nivel del mes, la semana y el día, respetando en todo momento las restricciones que se tengan en cuanto a la calidad, cantidad de crudo disponible, aspectos regulatorios, y límites operacionales de las unidades y equipos.

Una vez definida la programación, se procede a ejecutar el programa definido para esa ventana de tiempo, monitoreando en las diferentes unidades de proceso variables como temperatura, presión y viscosidad entre muchas otras, buscando controlar la transformación materia prima en los productos deseados.

Después de realizar el proceso de ejecución, sigue el proceso de registro, donde como su nombre lo indica, se registran las cantidades, calidades, y fechas en las

que se entregó el producto. Es muy importante almacenar en el tiempo la información de este proceso, debido a que es el soporte de información ante alguna queja o reclamo por parte de los clientes y además es la fuente de información oficial para calcular los balances requeridos.

El proceso de balance se enfoca en dar respuesta a la ecuación (1).

$$\mathbf{Ent. + Inv. Ini = Sal. + Inv. Fin.} \quad (1)$$

Donde *Ent.* Significa las Entradas, *Inv.Ini* es Inventario Inicial, *Sal.* son las Salidas y *Inv. Fin.* hace referencia al Inventario Final.

Una vez generado el balance, se busca identificar errores gruesos a través de la reconciliación, de tal manera que se puedan ajustar las mediciones. Estos errores gruesos son debidos principalmente a fallas en los instrumentos o fallas en la calibración.

El proceso de integración volumétrica aplica para aquellas empresas que tienen más de un eslabón de la cadena de suministros, donde además de conocer volumétricamente como cerraron sus balances de manera individual por eslabón, hacen también el análisis del balance integrando los demás eslabones.

Finalmente, una vez halladas las cantidades y calidades entregadas, se lleva la trazabilidad de las ventas realizadas, los gastos operacionales, su utilidad antes y después de impuestos, utilidad neta y demás indicadores financiero-contables de la refinería.

### **3. DEFINICIÓN CON BASE EN LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA, LA TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN QUE APOYA LOS PROCESOS DEL NEGOCIO DE REFINACIÓN**

Al momento de adquirir una nueva tecnología para soportar algún proceso de negocio, se debe tomar la decisión al interior de la empresa, si la tecnología debe ajustarse al proceso, o el proceso debe ajustarse a la tecnología.

En el caso que se decida que la tecnología deba ajustarse al proceso de negocio, se derivan ciertos ajustes en la tecnología para adaptarla a las particularidades del negocio, incurriendo en posibles desarrollos personalizados difíciles de mantener con el paso del tiempo, lo cual puede generar sobrecostos adicionales en implementación, soporte y mantenimiento.

Por el otro lado, si se decide ajustar el proceso de negocio a la tecnología, se puede presentar que la tecnología cubra parcialmente el proceso de negocio, debido a que no todas las actividades a desarrollar dentro del proceso se puedan automatizar. Adicionalmente es posible que se presente resistencia al cambio por parte de la organización, debido al choque cultural que se tiene frente a este tipo de cambios tecnológicos con la forma en la que las personas venían desarrollando sus actividades de una manera cotidiana.

Es muy importante antes de tomar cualquier decisión, contar con la información necesaria para la toma de decisiones, para este caso, esta información necesaria se basa en:

- Tener los procesos de negocio documentados a nivel de roles y actividades, la clasificación de aquellas actividades que necesariamente siguen siendo manuales y cuales posiblemente se pueden automatizar.
- Identificar los principales usuarios y beneficiados del uso de las tecnologías de información
- Las implicaciones que puede tener la implementación de una nueva herramienta en la organización a nivel del número de nuevas integraciones con otros sistemas de información o eliminación de algunas integraciones existentes.
- El presupuesto definido contemplando estudios e ingenierías, implementación, migración, licencias, mantenimientos, soportes y capacitaciones.
- Y finalmente, tener un objetivo claro por parte de la organización del por qué apoyar sus procesos de negocio con tecnologías de información.

Para el caso de la definición con base en la experiencia adquirida, de la tecnología de información que apoya los procesos del negocio de refinación se toma como insumo los años de experiencia adquiridos en el sector de hidrocarburos trabajando en proyectos relacionados con la transformación de la cadena de valor de hidrocarburos a través del apalancamiento de los procesos de negocio en tecnología de información, y para el caso específico de refinación, se toma como base los resultados expuestos en la inteligencia de mercado número 0000831 [4], cuyo objetivo fue el de identificar y comprobar software de mercado que satisfaga los requerimientos de los procesos de refinación y petroquímica de Ecopetrol S.A.

En la Tabla 1, se listan los procesos del negocio de refinación y se enuncian algunas posibles opciones de las tecnologías de información que pueden apoyar estos procesos. Dentro de las posibles opciones, se abre la posibilidad de cubrir los procesos de negocio con desarrollos hechos por la misma empresa (*In house*) a través de sus líneas de negocio de investigación y desarrollo.

**Tabla 1. Tecnologías de información que apoyan los procesos del negocio de Refinación**

Proceso	Posibles opciones
Planeación	Aspentech, In house, MS Excel
Programación	Aspentech, In house, MS Excel
Ejecución	Invensys, In house
Registro	Invensys, In house
Balance	Invensys, In house
Reconciliación	Invensys, In house
Integración Volumétrica	In house, MS Excel
Finanzas	SAP

**FUENTE:** Autor

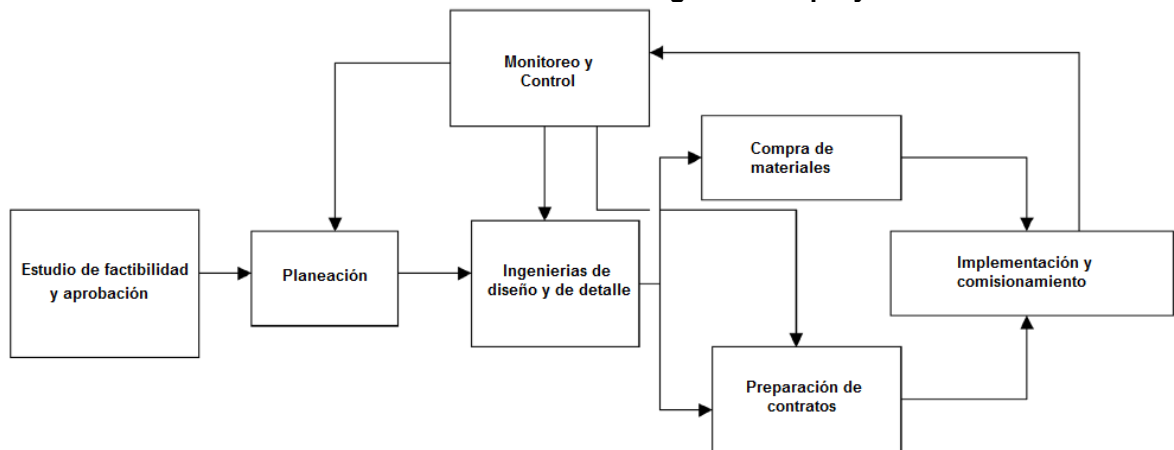
La definición de la tecnología de información que apoya los procesos del negocio parte de la base, que la tecnología se adapta a los procesos de negocio y además es tomada en cuenta como premisa para el desarrollo del caso de estudio en el capítulo 6 de este documento. Para los procesos de planeación y programación se define el uso de tecnología Aspentech, para la ejecución, registro, balance y reconciliación tecnología Invensys, para el procesos de integración volumétrica tecnología *In house*, y finalmente para el proceso de finanzas tecnología SAP.

#### 4. DEFINICIÓN DEL MÓDULO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA PROYECTOS

Según Prasanta en [6], se pueden presentar dos módulos para la gestión de riesgos, uno basado en modelos clásicos como los son las simulaciones de Montecarlo y los análisis probabilísticos, la otra opción es a través de modelos conceptuales como lo es el análisis *fuzzy-set*. Para los modelos clásicos se requieren de información cuantitativa al momento de la planeación, donde generalmente no se cuenta con la información disponible y confiable en ese momento, debido a los cortos tiempos que se toman los proyectos para hacer sus planeaciones. Esta limitación hace una atractiva opción los modelos conceptuales al dar las valoraciones a estos temas de una manera cualitativa, para lo cual se propone trabajar con el AHP.

Posteriormente, se plantean dos modelos para la gestión de proyectos, un modelo convencional donde reflejan ciertas falencias al no permitir la adecuada gestión por cada una de las fases del proyecto como se observa en la Gráfica 6 al no tener explícito un módulo de gestión de riesgos.

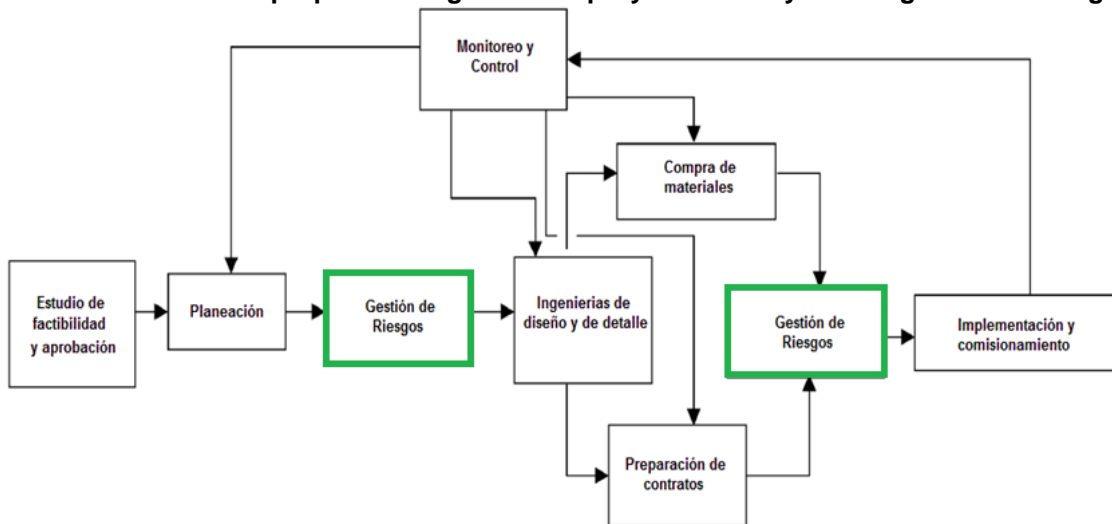
**Gráfica 6 Modelo convencional de gestión de proyectos.**



**FUENTE: Tomado de [6]**

El otro modelo que se plantea se observa en la Gráfica 7 el cual integra la gestión de riesgos en el desarrollo de las fases del proyecto, principalmente una vez se aprueba la planeación con respecto a la restricción de tiempo, y luego antes de la implementación con respecto a la restricción de costo del proyecto.

**Gráfica 7. Modelo propuesto de gestión de proyectos incluyendo la gestión de riesgos.**



**FUENTE: Tomado de [6]**

El modelo propuesto en [6], cuenta con una metodología basada en 10 pasos los cuales se definen como la identificación de los paquetes de trabajo a los cuales se les realizará análisis de riesgos, la identificación de los factores de riesgo que afectarían el tiempo, el costo y la calidad específica de cada paquete de trabajo, análisis de sus efectos a través de las probabilidades de ocurrencia aplicando la herramienta del AHP, determina la severidad, determina alternativas de respuesta, estima los costos para cada alternativa, determina la probabilidad y la severidad para cada alternativa, conforma los arboles de decisión, calcula el EVM y selecciona la mejor alternativa para mejorar minimizar los riesgos.

Las ventajas de realizar la gestión de riesgos a través de esta metodología son las siguientes:

- Se puede identificar con mayor agilidad los paquetes de trabajo que están en riesgo de no cumplir con sus restricciones de alcance, tiempo y costo.
- Se puede obtener una valoración cuantitativa del riesgo a través de esta metodología, partiendo del conocimiento y percepción del grupo de expertos que se tenga en el proyecto.

- Con la aplicación del AHP, se logra tener una concepción global del nivel de riesgo que tiene el proyecto por parte del equipo de trabajo y demás involucrados.
- Se evalúan varias alternativas y sus posibles consecuencias en tiempo y costos a través del uso complementario de los árboles de decisión y el EVM.
- Se generan varios elementos que facilitan la explicación del impacto de la materialización de los riesgos, para apalancar las posibles acciones de mitigación con los tomadores de decisión del proyecto.

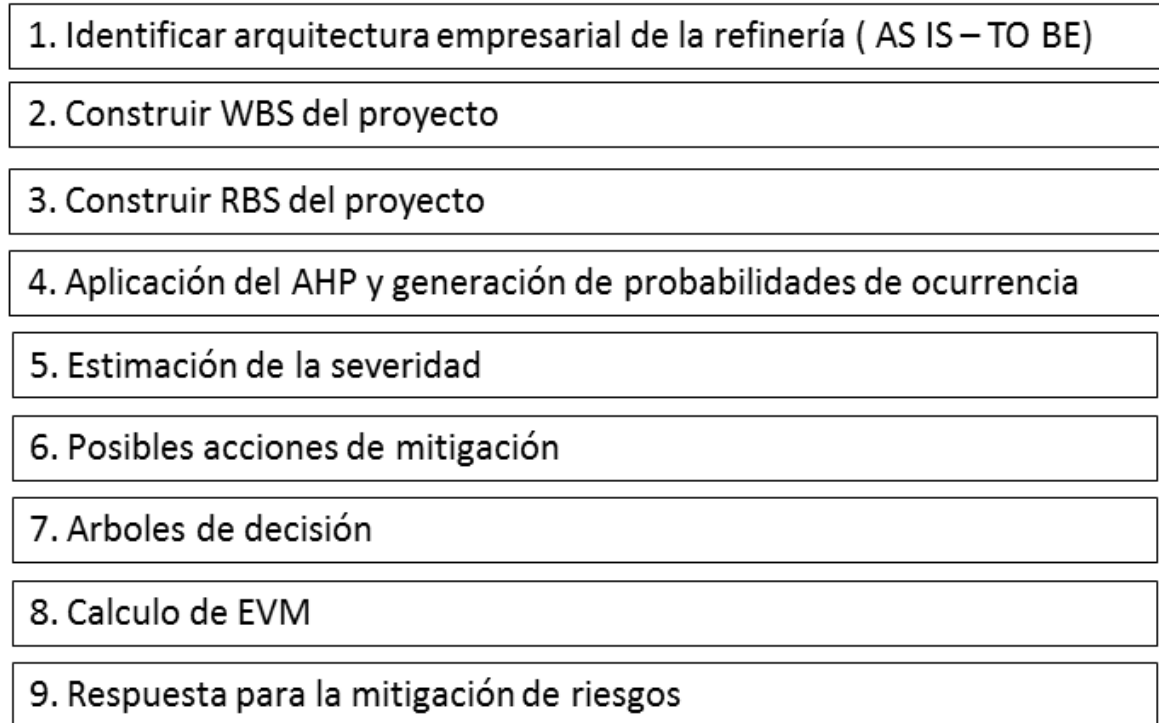
## 5. PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE REFINACIÓN CON COMPONENTES DE TI, APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO

### 5.1. METODOLOGÍA

Basado en lo expuesto en [6], se realizará una adaptación del modelo a la gestión de riesgos para proyectos de refinación con componentes en TI, adicionando la actividad de identificación de la arquitectura empresarial de la refinería, teniendo en cuenta su situación actual y su situación deseada. En la Gráfica 8, se presentan los 9 pasos metodológicos a cubrir de forma periódica durante el ciclo de vida del proyecto de refinación con componentes de TI de la siguiente manera, primero se identifica la arquitectura empresarial de la refinería, posteriormente se construye la Estructura de Descomposición de Trabajo (*Work Breakdown Structure*, *WBS* por sus siglas en inglés) y la Estructura de Descomposición de Riesgos (*Risk Breakdown Structure*, *RBS* por sus siglas en Inglés). Posteriormente se aplica el AHP para calcular las probabilidades de ocurrencia, luego se procede a calcular la estimación de la severidad en tiempo y en costo. Después se definen las posibles acciones de mitigación, los árboles de decisión, el EVM y finalmente se definen las respuestas para la mitigación de riesgos para retroalimentar la planeación del proyecto.

Al realizar estas actividades de una manera periódica, se asegura la retroalimentación a la planeación, principalmente reestructurando el plan de trabajo, la valoración del impacto en el alcance, tiempo y costos del proyecto, el monitoreo y control de las acciones asociadas a la mitigación de riesgos y de esta manera tener un mayor grado de certeza de finalizar el proyecto cumpliendo los objetivos planeados.

**Gráfica 8 Pasos metodológicos**



**FUENTE:** Adaptado y modificado de [6]

## **5.2. CASO DE ESTUDIO**

Se toma como base una refinería tipo con capacidad de refinación de 100 KBPD, la cual genera unos rendimientos en GLP aproximadamente del 5% en peso, 20% en gasolinas, gasóleos en 53%, queroseno en 10%, coque en 10% y el porcentaje restante en azufre.

Se cuenta con la documentación actualizada de los procesos actuales de Planeación, Programación, Ejecución, Registro, Balance, Reconciliación, Integración volumétrica y Finanzas. Adicionalmente se cuenta con los manuales y guías de los sistemas de información con sus respectivas integraciones.

Dentro de esta refinería se define realizar un proyecto de TI cuyo alcance es modernizar las tecnologías de información que soportan los procesos del negocio de la refinería.

Se estima inicialmente que este proyecto tendrá una duración de 24 meses y un costo aproximado de 25.000 KUSD.

## 6. ANALISIS Y RESULTADOS

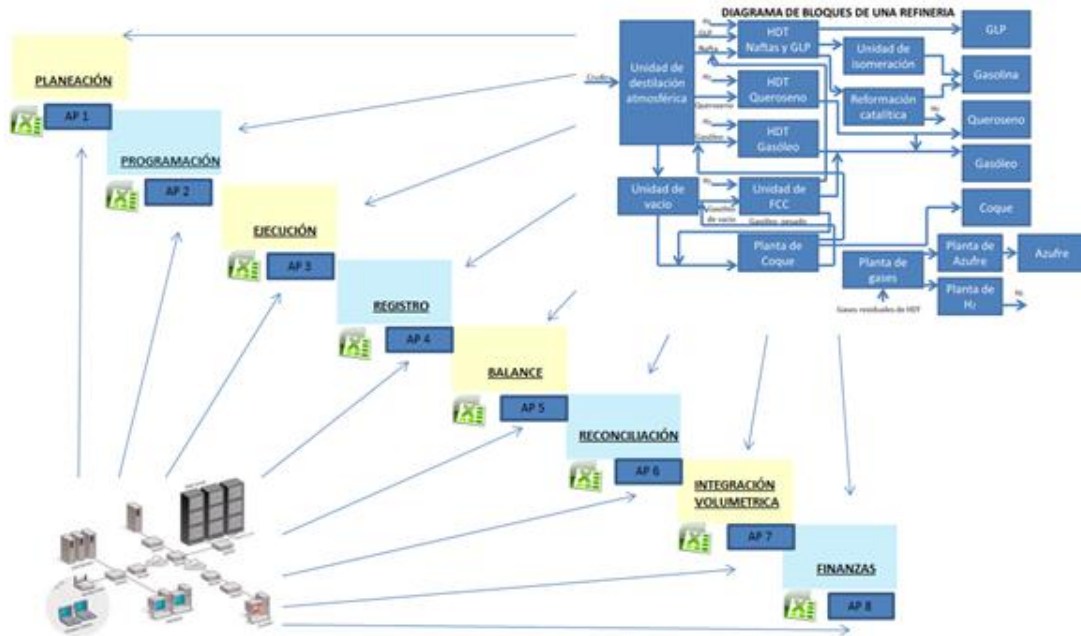
A continuación se explicaran los análisis y resultados obtenidos al aplicar los 9 pasos metodológicos en el caso de estudio propuesto.

### 6.1. IDENTIFICAR LA ARQUITECTURA EMPRESARIAL (AS IS – TO BE)

La arquitectura empresarial de la Refinería tiene en cuenta la capa de procesos de negocio, la capa de tecnologías de información y la capa de infraestructura de red. En la Gráfica 9, se observa la situación actual (Conocido en inglés como *As Is*) de la Refinería. En cuanto a la capa de proceso, se muestran los procesos de negocio de Refinación que a su vez están apoyados en un conjunto de tecnologías, en algunos casos, desarrollos *in house*, en otros, herramientas especializadas de la industria, complementando este apoyo con Excel. En cuanto a la capa de infraestructura se cuenta con un diagrama de red de los principales equipos de la refinería.

Estar usando Excel como fuente de información para los flujos que se requieran para apoyar los procesos de negocio, abre la posibilidad de cometer errores manuales al momento de digitalizar los datos.

Gráfica 9. As Is de la Refinería

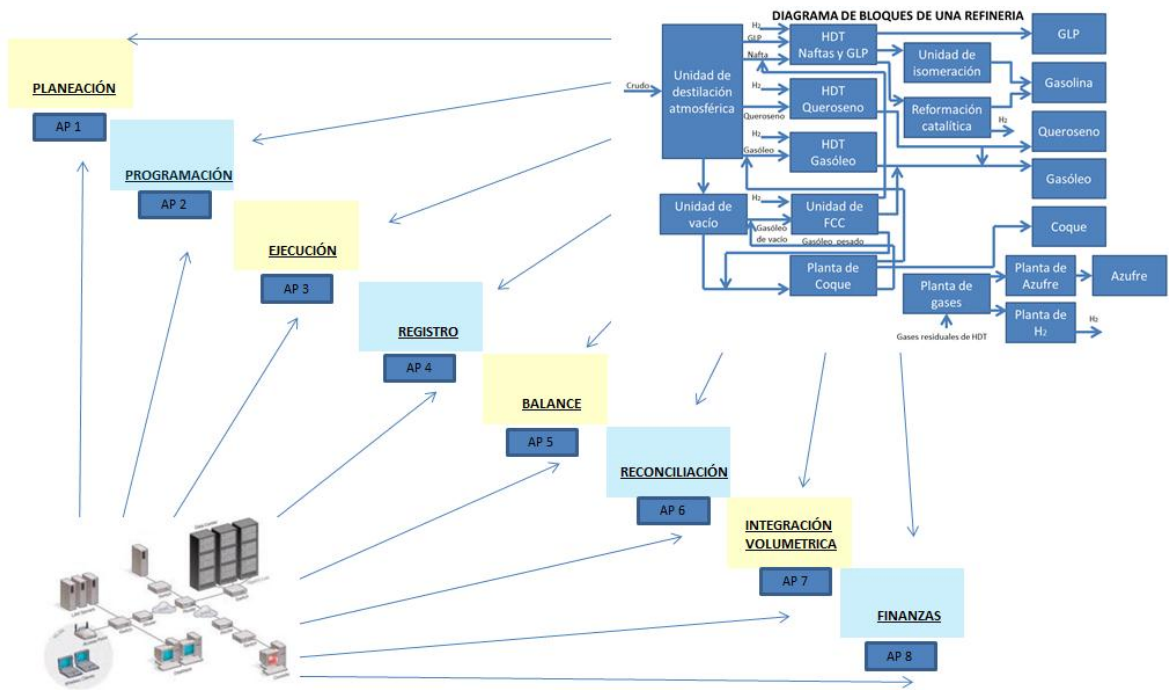


FUENTE: Autor

## 6.2. TO BE

En la Gráfica 10 se observa la situación futura (Conocida en inglés como *To Be*) que se desea tener a través del desarrollo del proyecto, es modernizar las tecnologías de información de la Refinería, los cuales entrarían a convertirse en la fuente principal de información que soportaría los procesos del negocio de refinación. Al ajustar la capa de tecnologías de información se tendrán en cuenta los ajustes que se deban hacer a nivel de la capa de procesos de negocio y la capa de infraestructura de red.

Gráfica 10. Situación futura de la Refinería

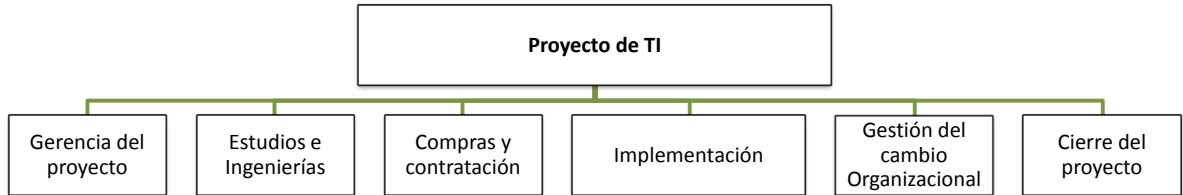


FUENTE: Autor

## 6.3. Construcción de la WBS del proyecto

En la Gráfica 11, se ilustra WBS en su primer nivel, donde se contemplan paquetes de trabajo como la Gerencia del proyecto, Estudios e Ingenierías, Compras y contratación, Implementación, Gestión del cambio organizacional y finalmente el cierre del proyecto.

**Gráfica 11 WBS del proyecto de TI**



**FUENTE:** Autor

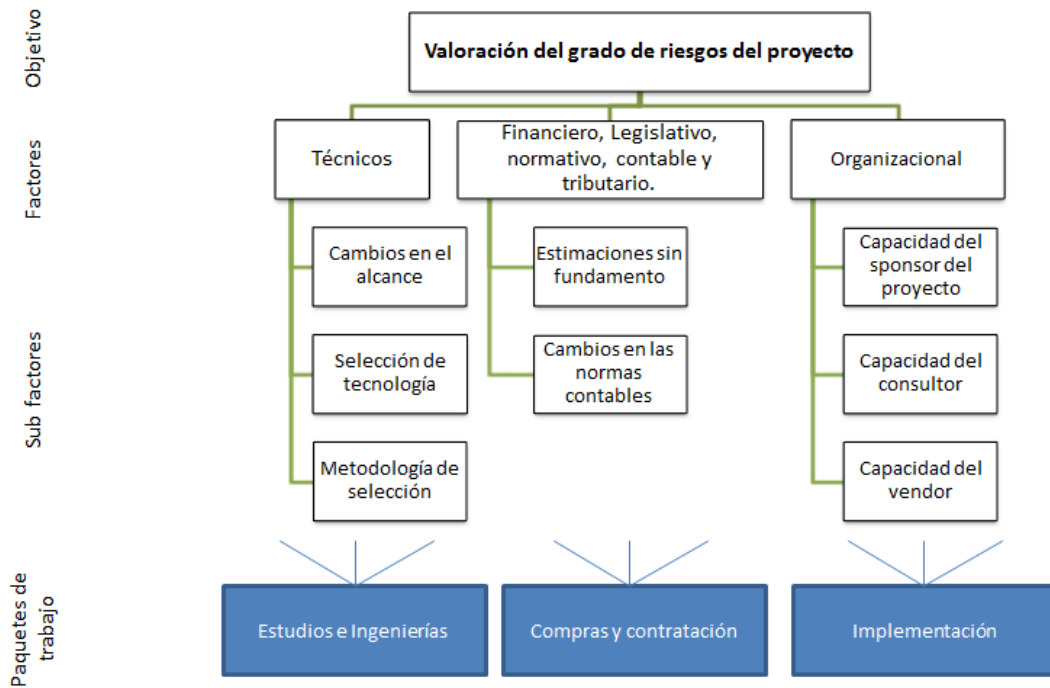
#### **6.4. Construcción de la RBS del proyecto**

Para la construcción de la RBS se tuvieron en cuenta tres factores generadores de riesgo, el primero es el factor Técnico, el segundo es el factor asociado a temas Financieros, legislativos, normativo, y tributario, y tercero es el factor asociado a temas Organizacionales. Cada uno de estos factores a su vez, tienen unos sub factores de riesgo.

De acuerdo al análisis realizado por el juicio de expertos, estos factores y sub factores, afectan de alguna medida a los paquetes de trabajo de estudios e Ingenierías, Compras y Contratación e Implementación.

En la Gráfica 12, se observa la unión de la RBS con los paquetes de trabajo críticos, con lo cual se completa la estructura para iniciar con el AHP y de esta manera tener una valoración cualitativa del grado de riesgo en el proyecto.

**Gráfica 12. RBS del proyecto de TI**



**FUENTE:** Autor

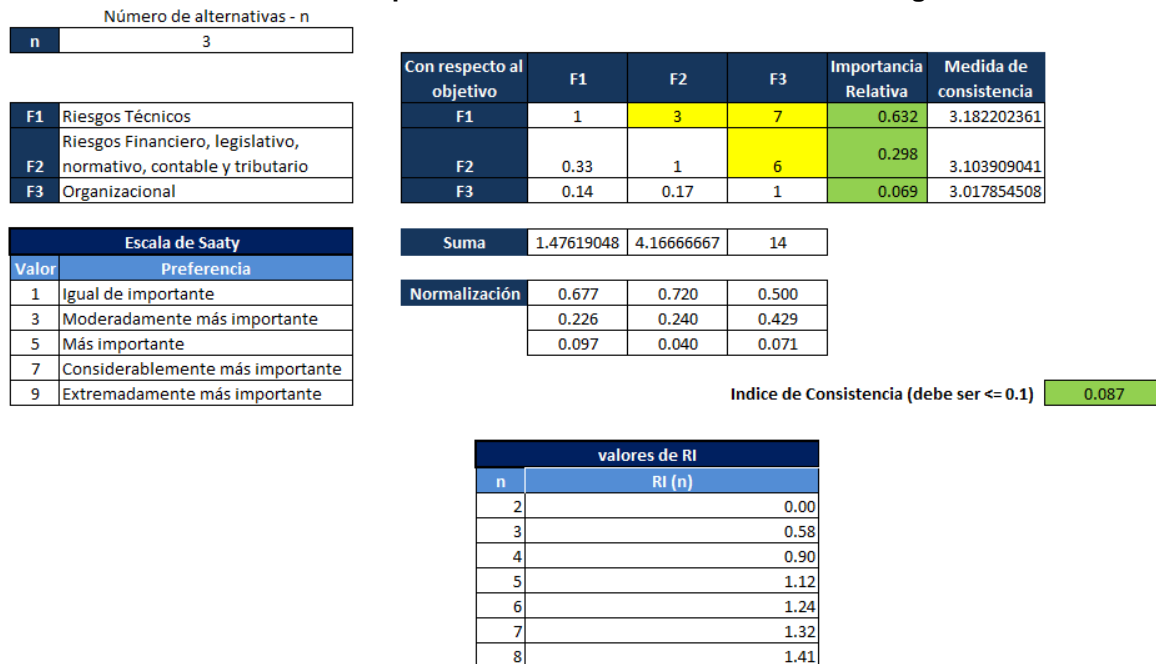
### 6.5. Aplicación del AHP y la generación de las probabilidades de ocurrencia

Para la aplicación del AHP se utilizó la técnica Delphi para definir las valoraciones con el equipo de trabajo del proyecto, algunos involucrados relevantes y un equipo de expertos en procesos y en tecnologías de información. El desarrollo matricial se describe en [7].

Como primera medida se calculó la importancia relativa de los factores técnicos, financieros, organizacionales, donde se definió que el riesgo técnico es moderadamente más importante que el riesgo financiero con una valoración de 3, y considerablemente más importante que el riesgo organizacional con una valoración de 7. Con respecto al riesgo financiero se tomó una valoración de 6, al tener la concepción en el equipo de trabajo, de que este riesgos esta entre más importante y considerablemente más importante que el riesgo organizacional. Los valores de la diagonal de la matriz se valoran con el valor de 1, y los valores inferiores a la diagonal de la matriz son inversamente proporcionales a los valores superiores a la diagonal. Posteriormente se suman las columnas y se calculan los valores normalizados de la matriz, donde la importancia relativa se obtiene a partir de la suma de las filas de matriz normalizada. Finalmente se obtiene una

importancia relativa de 0.632, 0.298 y 0.069 respectivamente. A continuación en la Gráfica 13 se observa el detalle del análisis.

**Gráfica 13 Importancia Relativa de los factores de riesgo**



FUENTE: Autor

El índice de consistencia se mantiene por debajo de 0.1 con un valor de 0.087, el cual es calculado a partir de la ecuación (2) y (3):

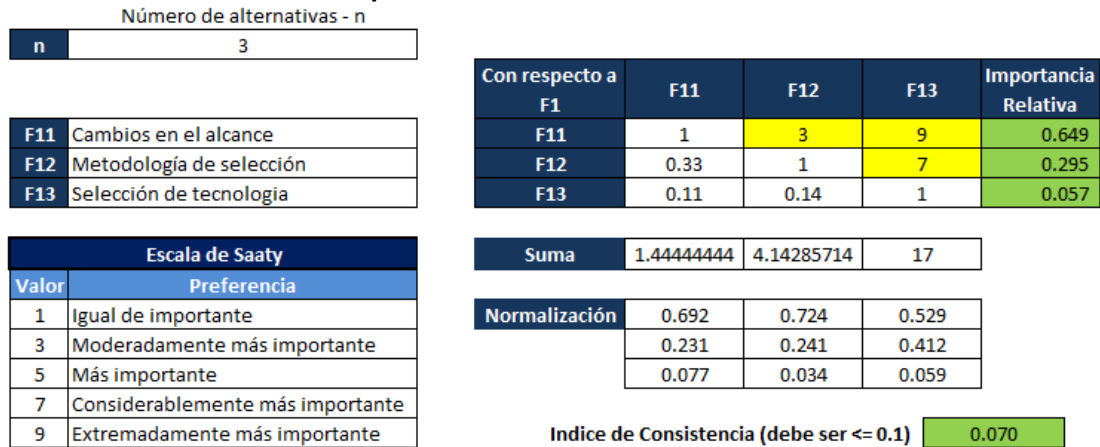
$$\text{Medida de consistencia} = \text{Matriz con respecto al objetivo (3x3) por la importancia relativa (3x1), normalizando por cada importancia relativa.} \quad (2)$$

$$\text{Índice de consistencia} = (\text{PROMEDIO (Medida de consistencia)-n}) / (2*RI(n)) \quad (3)$$

Luego aplicando el mismo procedimiento, se desarrollaron las matrices de los sub factores, las cuales se observan en las Gráfica 14, Gráfica 15 y Gráfica 16.

Con respecto a los sub factores técnicos, se encontró que los cambios en el alcance tiene una importancia relativa del 0.649, la metodología de la selección en 0.295 y la selección de tecnología con 0.057.

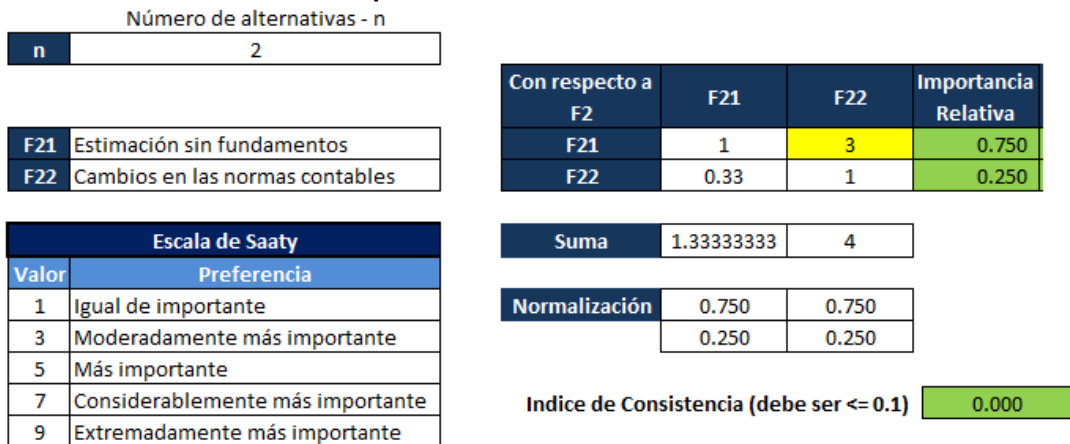
**Gráfica 14 Importancia Relativa de los sub factores técnicos**



FUENTE: Autor

Con respecto sub factores asociados a los temas Financieros, legislativos, normativo, y tributario, se encontró que la estimación sin fundamentos tiene una importancia relativa de 0.750 y los cambios en las normas contables un 0.250, tal como se observa en la Gráfica 15.

**Gráfica 15 Importancia Relativa de los sub factores técnicos**



FUENTE: Autor

Con respecto a los sub factores de implementación, se encontró que la capacidad del sponsor del proyecto tiene una importancia relativa de 0.633, la capacidad del consultor un 0.260 y la capacidad del vendedor un 0.106.

### Gráfica 16 Importancia relativa de los sub factores de implementación.

Número de alternativas - n

n	3
---	---

F31	Capacidad del sponsor del proyecto
F32	Capacidad del consultor
F33	Capacidad del vendedor

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F3	F31	F32	F33	Importancia Relativa
F31	1	3	5	0.633
F32	0.33	1	3	0.260
F33	0.20	0.33	1	0.106

Suma	1.53333333	4.33333333	9
------	------------	------------	---

Normalización	0.652	0.692	0.556
	0.217	0.231	0.333
	0.130	0.077	0.111

Indice de Consistencia (debe ser  $\leq 0.1$ ) 0.033

FUENTE: Autor

Multiplicando la probabilidad de los factores con las importancias relativas locales de los sub factores, se encuentra la importancia relativa global o probabilidad de ocurrencia de los sub factores, como se observa en la Tabla 2, donde la mayor probabilidad de ocurrencia la tiene el sub factor cambios en el alcance con un valor de 0.410, y la menor probabilidad de ocurrencia la tiene el sub factor capacidad del vendedor con un valor de 0.007.

Tabla 2. Probabilidad de ocurrencia de los sub factores

Factores	Prob.	Subfactor	Prob.	
			Importancia Relativa Local	Importancia Relativa Global
Riesgos Técnicos	0.632	Cambios en el alcance	0.649	0.410
		Metodología de selección	0.295	0.186
		Selección de tecnología	0.057	0.036
Riesgos Financiero, legislativo, normativo, contable y tributario	0.298	Estimación sin fundamentos	0.750	0.224
		Cambios en las normas contables	0.250	0.075
Organizacional	0.069	Capacidad del sponsor del proyecto	0.633	0.044
		Capacidad del consultor	0.260	0.018
		Capacidad del vendedor	0.106	0.007

FUENTE: Autor

Posteriormente, se procede a calcular la importancia relativa con respecto a cada paquete de trabajo como se observa desde la Gráfica 17 hasta la Gráfica 24.

### Gráfica 17 Importancia relativa con respecto a cambios en el alcance

Número de alternativas - n

n	3
---	---

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F11	A1	A2	A3	Importancia relativa
A1	1	2	5	0.581
A2	0.50	1	3	0.309
A3	0.20	0.33	1	0.110

Suma	1.7	3.33333333	9
------	-----	------------	---

Normalización	0.588	0.600	0.556
	0.294	0.300	0.333
	0.118	0.100	0.111

Indice de Consistencia (debe ser <= 0.1) **0.003**

FUENTE: Autor

### Gráfica 18 . Importancia relativa con respecto a la metodología de la selección

Número de alternativas - n

n	3
---	---

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F12	A1	A2	A3	Importancia relativa
A1	1	2	3	0.548
A2	0.50	1	1	0.241
A3	0.33	1.00	1	0.211

Suma	1.83333333	4	5
------	------------	---	---

Normalización	0.545	0.500	0.600
	0.273	0.250	0.200
	0.182	0.250	0.200

Indice de Consistencia (debe ser <= 0.1) **0.016**

FUENTE: Autor

### Gráfica 19 Importancia relativa con respecto a la selección de la tecnología

Número de alternativas - n

n	3
---	---

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F13	A1	A2	A3	Importancia relativa
A1	1	5	7	0.724
A2	0.20	1	3	0.193
A3	0.14	0.33	1	0.083

Suma	1.34285714	6.33333333	11
------	------------	------------	----

Normalización	0.745	0.789	0.636
	0.149	0.158	0.273
	0.106	0.053	0.091

Indice de Consistencia (debe ser <= 0.1) **0.057**

FUENTE: Autor

### Gráfica 20 Importancia relativa con respecto a la estimación sin fundamentos

Número de alternativas - n	
n	3

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F21	A1	A2	A3	Importancia relativa
A1	1	5	7	0.724
A2	0.20	1	3	0.193
A3	0.14	0.33	1	0.083

Suma	1.34285714	6.33333333	11
------	------------	------------	----

Normalización	0.745	0.789	0.636
	0.149	0.158	0.273
	0.106	0.053	0.091

Indice de Consistencia (debe ser <= 0.1) 0.057

FUENTE: Autor

### Gráfica 21 . Importancia relativa con respecto a los cambios en las normas contables

Número de alternativas - n	
n	3

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F22	A1	A2	A3	Importancia Relativa
A1	1	3	5	0.619
A2	0.33	1	4	0.284
A3	0.20	0.25	1	0.096

Suma	1.53333333	4.25	10
------	------------	------	----

Normalización	0.652	0.706	0.500
	0.217	0.235	0.400
	0.130	0.059	0.100

Indice de Consistencia (debe ser <= 0.1) 0.075

FUENTE: Autor

### Gráfica 22 Importancia relativa con respecto a la capacidad del sponsor del proyecto

Número de alternativas - n	
n	3

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F31	A1	A2	A3	Importancia Relativa
A1	1	1	3	0.443
A2	1.00	1	2	0.387
A3	0.33	0.50	1	0.170

Suma	2.33333333	2.5	6
------	------------	-----	---

Normalización	0.429	0.400	0.500
	0.429	0.400	0.333
	0.143	0.200	0.167

Indice de Consistencia (debe ser <= 0.1) 0.016

FUENTE: Autor

### Gráfica 23 Importancia relativa con respecto a la capacidad del consultor

Número de alternativas - n

n	3
---	---

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F32	A1	A2	A3	Importancia Relativa
A1	1	5	6	0.732
A2	0.20	1	1	0.138
A3	0.17	1.00	1	0.130

Suma	1.36666667	7	8
------	------------	---	---

Normalización	0.732	0.714	0.750
	0.146	0.143	0.125
	0.122	0.143	0.125

Indice de Consistencia (debe ser  $\leq 0.1$ ) **0.003**

FUENTE: Autor

### Gráfica 24 Importancia relativa con respecto a la capacidad del vendedor

Número de alternativas - n

n	3
---	---

A1	Estudios e Ingeniería
A2	Compras y contratación
A3	Implementación

Escala de Saaty	
Valor	Preferencia
1	Igual de importante
3	Moderadamente más importante
5	Más importante
7	Considerablemente más importante
9	Extremadamente más importante

Con respecto a F33	A1	A2	A3	Importancia relativa
A1	1	2	4	0.557
A2	0.50	1	3	0.320
A3	0.25	0.33	1	0.123

Suma	1.75	3.33333333	8
------	------	------------	---

Normalización	0.571	0.600	0.500
	0.286	0.300	0.375
	0.143	0.100	0.125

Indice de Consistencia (debe ser  $\leq 0.1$ ) **0.016**

FUENTE: Autor

Para encontrar la matriz de probabilidad de fallo de cada paquete de trabajo, se multiplica la matriz de importancia relativa por la matriz de probabilidad de ocurrencia. En la Gráfica 25 se observa que Estudios e ingenieras tiene una probabilidad de fallo de 0.611, compras y contratación de 0,265 y la implementación de 0.124.

## Gráfica 25 Probabilidad de fallo de los paquetes de trabajo analizados

	Importancia Relativa							
	F11	F12	F13	F21	F22	F31	F32	F33
Estudios e Ingeniería	0.581	0.548	0.724	0.724	0.619	0.443	0.732	0.557
Compras y contratación	0.309	0.241	0.193	0.193	0.284	0.387	0.138	0.320
Implementación	0.110	0.211	0.083	0.083	0.096	0.170	0.130	0.123

	Prob. Fallo	Prioridad
Estudios e Ingeniería	0.611	1
Compras y contratación	0.265	2
Implementación	0.124	3

	Probabilidad de ocurrencia
F11	0.410
F12	0.186
F13	0.036
F21	0.224
F22	0.075
F31	0.044
F32	0.018
F33	0.007

FUENTE: Autor

## 6.6. ESTIMACIÓN DE LA SEVERIDAD

A partir del cálculo de las probabilidades de ocurrencia por cada uno de los factores de riesgos, se realiza una estimación con un grupo de expertos para calcular la severidad en tiempo y en costos adicionales al proyecto. Adicionalmente se pueden evidenciar los aumentos significativos en costos del proyecto con respecto al presupuesto inicialmente asignado, tal y como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Severidad del impacto en tiempo y costos

Factores de riesgo	Prob.	Severidad		Aumento con respecto al presupuesto
	GP	Tiempo adicional (meses)	Costos adicionales (KUSD)	
Cambios en el alcance	0.410	24	\$ 45,000	180%
Estimación sin fundamentos	0.224	12	\$ 12,500	50%
Metodología de selección	0.186	8	0	0%
Cambios en las normas contables	0.075	6	\$ 6,000	24%
Capacidad del sponsor del proyecto	0.044	5	\$ 5,000	20%
Selección de tecnología	0.036	18	\$ 20,000	80%
Capacidad del consultor	0.018	10	\$ 15,000	60%
Capacidad del vendor	0.007	15	\$ 18,000	72%

FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

## 6.7. POSIBLES ACCIONES DE MITIGACIÓN

En la Tabla 4 , se definen las siguientes acciones de mitigación o respuestas a los factores de riesgo. Cabe la pena observar, que en el caso de que se llevaran a cabo todas las acciones de mitigación, el costo total del proyecto se incrementaría los costos en un 49%. Con la colaboración del equipo de expertos se estimó la probabilidad de fallo con respecto a cada acción de mitigación y a cada paquete de trabajo.

**Tabla 4. Acciones de mitigación**

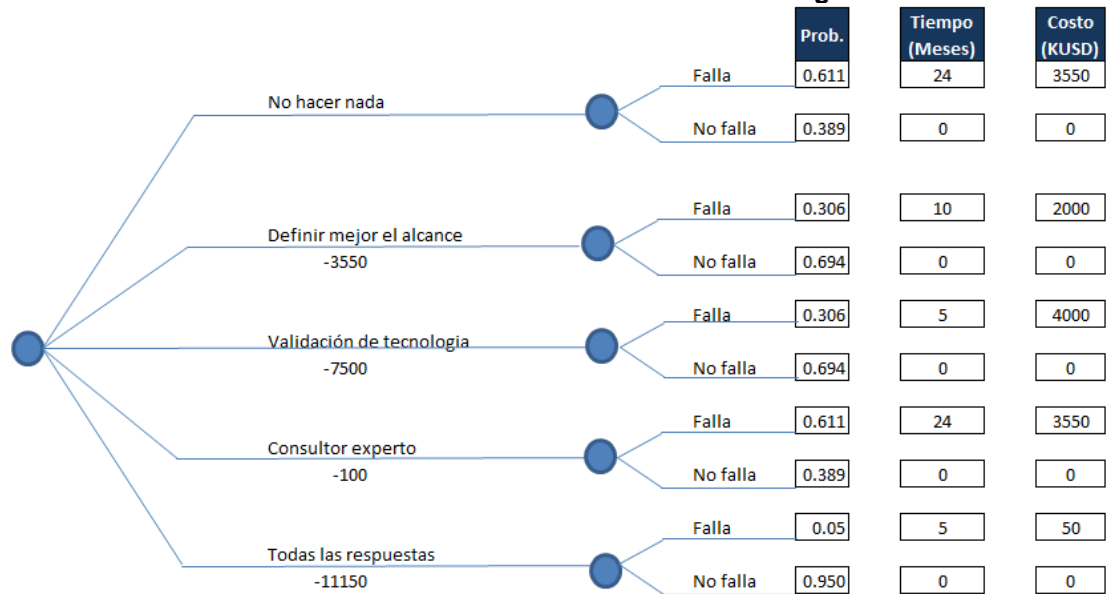
Respuestas	Estudios e Ingeniería	Compras y contratación	Implementación	Aumento con respecto al presupuesto
Definir y detallar el alcance	\$ 2,500	\$ 50	\$ 150	11%
Validar con expertos las estimaciones de tiempo y costos	\$ 1,000	\$ 50	\$ 50	4%
Validar en la industria la metodología de selección tecnológica del consultor	\$ 6,000	\$ 50	\$ 800	27%
Asegurar que se están cubriendo los requerimientos de normas contables	\$ 50	\$ -	\$ -	0%
Asegurar el poder de decisión y de acción del sponsor	\$ -	\$ -	\$ -	0%
Validar en la industria la recomendación tecnológica del consultor	\$ 1,500	\$ -	\$ -	6%
Seleccionar consultores y vendedores con la experiencia requerida	\$ 100	\$ -	\$ -	0%
<b>SubTotal</b>	<b>\$ 11,150</b>	<b>\$ 150</b>	<b>\$ 1,000</b>	<b>49%</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 12,300</b>			<b>49%</b>

FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

## 6.8. ARBOLES DE DECISIÓN

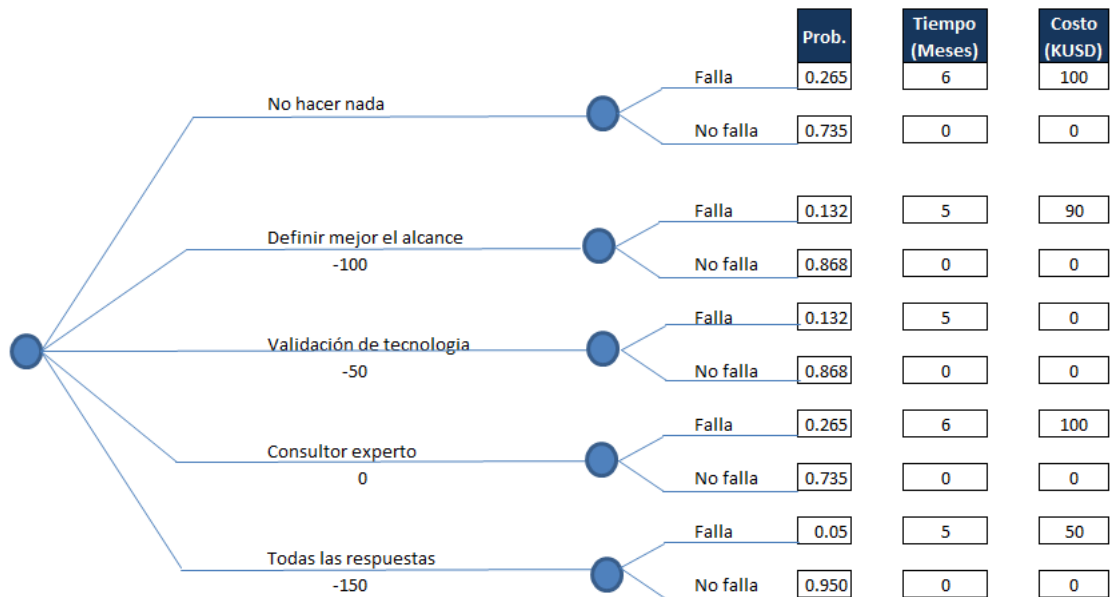
En las Gráfica 26, Gráfica 27 y Gráfica 28 se observan los árboles de decisión de los paquetes de trabajo de Estudios e ingeniería, Compras y contratación, e implementación, respectivamente.

**Gráfica 26** Árbol de decisión de Estudios e ingeniería



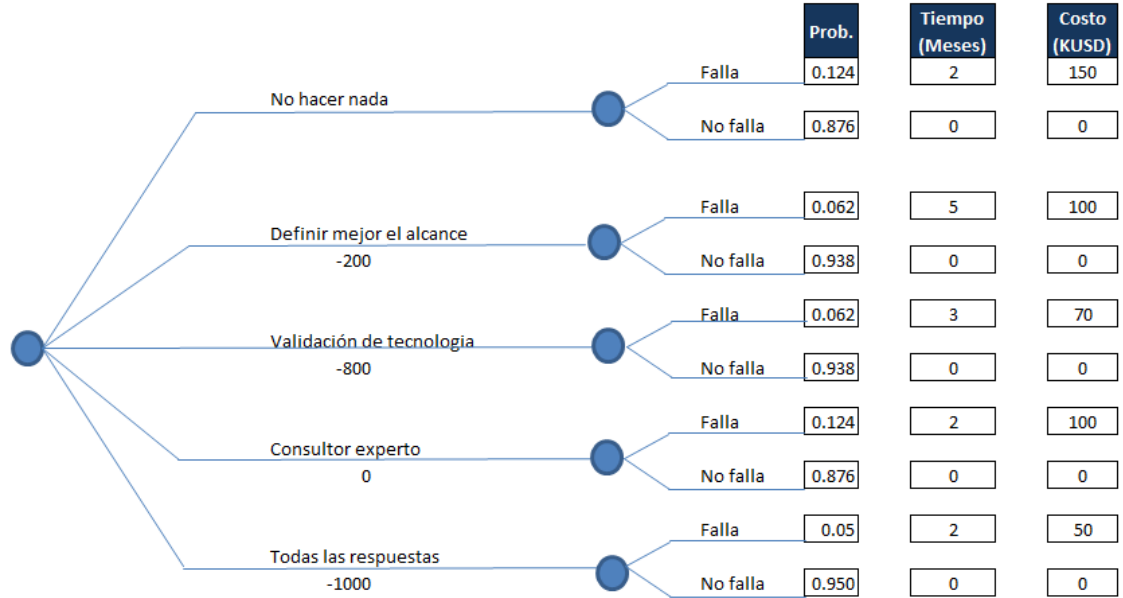
FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

**Gráfica 27** Árbol de decisión de Compras y Contratación



FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

**Gráfica 28 Árbol de decisión de implementación**



FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

### 6.9. CALCULO DE EVM

En la Tabla 5, Tabla 6 y en la Tabla 7 , se observan los EVM asociados a los paquetes de trabajo de Estudios e ingeniería con un valor de \$13,179.04, Compras y contratación con un valor de \$1,871.25, e implementación con un valor de \$352.61, respectivamente.

**Tabla 5. EVM para Estudios e Ingeniería**

Alternativas de decisión	a= Costo (KUSD)	Prob. Fallo	Efecto		Valor esperado		EVM
			Tiempo (meses)	Costo (KUSD)	b = Tiempo (meses)	c= Costos (KUSD)	
No hacer nada	0	0.611	24	3550	14.673	2170.354	\$ 22,345.48
Definir mejor el alcance	3550	0.306	10	2000	6.114	1222.735	\$ 13,179.04
Validación de tecnología	7500	0.306	5	4000	3.057	2445.469	\$ 14,148.62
Consultor experto	100	0.611	24	3550	14.673	2170.354	\$ 22,445.48
Todas las respuestas	11150	0.050	5	50	3.057	30.568	\$ 15,383.72

i= Tasa de descuento	11%
Presupuesto	\$ 12,500 Año
r= Retorno de la inversión	\$ 1,375

FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

**Tabla 6. EVM para Compras y contratación**

Alternativas de decisión	a= Costo (KUSD)	Prob. Fallo	Efecto		Valor esperado		EVM
			Tiempo (meses)	Costo (KUSD)	b = Tiempo (meses)	c= Costos (KUSD)	
No hacer nada	0	0.265	6	100	1.589	26.491	\$ 2,211.99
Definir mejor el alcance	100	0.132	5	90	1.325	23.842	\$ 1,945.09
Validación de tecnología	50	0.132	5	0	1.325	0.000	\$ 1,871.25
Consultor experto	0	0.265	6	100	1.589	26.491	\$ 2,211.99
Todas las respuestas	150	0.050	5	50	1.325	13.245	\$ 1,984.50

i= Tasa de descuento	11%	Año
Presupuesto	\$ 12,500	
r= Retorno de la inversión	\$ 1,375	

FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

**Tabla 7. EVM para Implementación**

Alternativas de decisión	a= Costo (KUSD)	Prob. Fallo	Efecto		Valor esperado		EVM
			Tiempo (meses)	Costo (KUSD)	b = Tiempo (meses)	c= Costos (KUSD)	
No hacer nada	0	0.124	2	150	0.247	18.559	\$ 358.80
Definir mejor el alcance	200	0.062	5	100	0.619	12.372	\$ 1,062.97
Validación de tecnología	800	0.062	3	70	0.371	8.661	\$ 1,319.02
Consultor experto	0	0.124	2	100	0.247	12.372	\$ 352.61
Todas las respuestas	1000	0.050	2	50	0.247	6.186	\$ 1,346.43

i= Tasa de descuento	11%	Año
Presupuesto	\$ 12,500	
r= Retorno de la inversión	\$ 1,375	

FUENTE: Adaptado y modificado de [6]

## 6.10. RESPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS

A partir de los EVM calculados, se escogen los que presentan un menor valor, logrando así identificar las respuestas para la mitigación de riesgos más económicas para el proyecto, las cuales deben ser tenidas en cuenta para retroalimentar el plan de trabajo del proyecto.

**Tabla 8. Respuestas para mitigar los riesgos**

Paquete de trabajo	Respuestas para mitigar los riesgos
Estudios e Ingeniería	Definir mejor el alcance
Compras y contratación	Validación de tecnología
Implementación	Consultor experto

FUENTE: Autor

## CONCLUSIONES

En este trabajo se definió un módulo de gestión de riesgos para proyectos de refinación con componentes en tecnologías de información. Para llegar a esta definición se realizó la descripción de los procesos del negocio de refinación, con base en la experiencia adquirida, la definición de las tecnologías de información que apoyan los procesos del negocio de refinación, el módulo de gestión de riesgos y un caso de estudio.

La información de entrada al caso de estudio, se realizó con el apoyo del equipo de trabajo del proyecto, algunos involucrados relevantes y un equipo de expertos en procesos y en tecnologías de información, donde se utilizó la técnica Delphi para definir las valoraciones requeridas por AHP.

La integración del AHP, los arboles de decisión y el EVM, proveen herramientas ágiles y confiables a los gerentes de proyecto para la toma de decisiones y la selección y valoración de alternativas.

Al realizar el respectivo análisis se encontró que las mejores opciones para mitigar los riesgos en los paquetes de trabajo de estudios e ingeniería, compras y contratación, e implementación, es realizar mejor la definición del alcance del proyecto, validar la tecnología y consultar un experto, respectivamente.

Finalmente, el equipo de trabajo que se conformó para realizar las estimaciones y las valoraciones de los factores y sub factores, jugaron un papel fundamental en este ejercicio.

## RECOMENDACIONES

Para la implementación del modelo, se recomienda realizar una sesión para afinar la valoración de los factores y sub – factores, de tal manera, que se llegue a un consenso en el equipo de trabajo.

Una vez definido los planes de mitigación de riesgos, se recomienda gestionar la información obtenida dentro del registro de riesgos del proyecto, definiendo sus respectivos responsables y definiendo el seguimiento semanal a estas acciones.

Como trabajos futuros, se espera incluir la estructura del análisis jerárquico de redes (ANP) de tal manera que se puedan identificar beneficios, oportunidades, riesgos, costos y sus relaciones. Se puede incorporar a la metodología el uso de las matrices de probabilidad de impacto (Mapa de Calor). A efecto de manejar de una mejor forma las calificaciones cualitativas se puede implementar la versión de AHP difuso.

Se recomienda explorar la integración entre los conceptos de gestión de riesgos y gestión del valor ganado.

En términos de software, se puede hacer uso de herramientas como por ejemplo Expert Choice, a través de las cuales se facilita el análisis y se pueden hacer análisis de sensibilidades con el objetivo de verificar la robustez de los planes de mitigación propuestos. Para la parte de arquitectura empresarial, se puede hacer el uso de la herramienta como por ejemplo Enterprise Architect, con el objetivo de facilitar el análisis de brechas de las capa de procesos, aplicaciones, flujos de información e infraestructura.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] CHAOS Summary 2009. Tomado de:  
[http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CC0QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.portal.state.pa.us%2Fportal%2Fserver.pt%2Fdocument%2Fstandish\\_group\\_chaos\\_summary\\_2009\\_pdf&ei=sr2zUfi0ApSy4AOIo4D4BQ&usq=AFQjCNGV1XYLfw7JKByfJCytjS5f9wUXXw&sig2=IHvB7WZK684C5eTmmhCESw&bvm=bv.47534661,d.dmg](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CC0QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.portal.state.pa.us%2Fportal%2Fserver.pt%2Fdocument%2Fstandish_group_chaos_summary_2009_pdf&ei=sr2zUfi0ApSy4AOIo4D4BQ&usq=AFQjCNGV1XYLfw7JKByfJCytjS5f9wUXXw&sig2=IHvB7WZK684C5eTmmhCESw&bvm=bv.47534661,d.dmg)
- [2] Dimension Data. Successful projects don't just happen. CS / DDCC-0766 / 03/11 © Copyright 2011. Tomado de:  
[http://www.dimensiondata.com/Lists/Downloadable%20Content/SuccessfulProjectsDontJustHappen\\_129495023633354937.pdf](http://www.dimensiondata.com/Lists/Downloadable%20Content/SuccessfulProjectsDontJustHappen_129495023633354937.pdf)
- [3] González Brambila. Introducción a la ingeniería de procesos. Limusa. Pág 20 23. 2013
- [4] Informe de resultados de la fase 1 de la inteligencia de mercado número 0000831 dirigida a identificar y comprobar software de mercado que satisfaga los requerimientos de los procesos de refinación y petroquímica de Ecopetrol S.A. Tomado de [www.contratos.ecopetrol.com.co](http://www.contratos.ecopetrol.com.co)
- [5] Matthew Miller. IT Project Success & Failure. Tomado de <http://www.mgmiller.co.uk/files/report.pdf>
- [6] Prasanta Kumar Dey. Decision support system for risk management: a case study. Management Decision 39/8 – pág .634 649 . 2001
- [7] Saaty T.L. The Analytical Hierarchy Process. McGraw Hill International. 1980
- [8] Thomas L. Saaty .Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. Third Edition. 2012
- [9] Thomas L. Saaty. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. VOL. 102 (2), 2008, pp. 251–318