

MODELO PARA PLANEACIÓN DE ABASTECIMIENTOS A PROYECTOS EN  
ECOPETROL BASADO EN SIMULACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODO DELPHI

JUAN JOSÉ ACEVEDO RUEDA

DIRECTOR

CARLOS ALBERTO BULA GAZABON



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
MAestría INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTA D.C

2017

MODELO PARA PLANEACIÓN DE ABASTECIMIENTOS A PROYECTOS EN  
ECOPETROL BASADO EN SIMULACIÓN DE PROCESOS Y MÉTODO DELPHI

JUAN JOSÉ ACEVEDO RUEDA

DIRECTOR

CARLOS ALBERTO BULA GAZABON

INFORME FINAL DE PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE  
MAGÍSTER EN INGENIERIA INDUSTRIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRÍA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PROPUESTA DE TRABAJO DE PROFUNDIZACIÓN  
BOGOTA D.C

2017

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>5</b>
<b>2. JUSTIFICACION.....</b>	<b>6</b>
<b>3. MARCO TEORICO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. MODELO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. MINERIA DE PROCESOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3. DESARROLLO DE PROYECTOS EN ECOPETROL EDP.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4. CONCEPTOS PLANEACIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4.1. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5. TOMA DE DECISIONES Y EL MÉTODO DELPHI.....</b>	<b>20</b>
<b>3.6. SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE MODELAMIENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>22</b>
<b>5. PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA.....</b>	<b>23</b>
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>25</b>
<b>6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>25</b>
<b>7. DESARROLLO.....</b>	<b>26</b>
<b>7.1. IDENTIFICACION DE FACTORES INFLUYENTES, EN LA TOMA DE DECISIONES ESTRATÉGICAS. ....</b>	<b>26</b>
<b>7.2. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN DEL FLUJO ACTUAL DE ABASTECIMIENTO. ....</b>	<b>31</b>
<b>7.3. APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI. ....</b>	<b>36</b>
<b>7.4. CREACION DE UN MODELO CONCEPTUAL PARA LA PLANEACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE PROYECTOS.....</b>	<b>39</b>
<b>7.5. EVALUACIÓN COMPARATIVA, DEL ESTADO ACTUAL Y EL ESTADO FUTURO .....</b>	<b>48</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>9. REFERENCIAS.....</b>	<b>54</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo Deming o metodología PHVA [5] .....	10
Figura 2 Metodología para aplicación de minería de procesos [7] .....	13
Figura 3 Proceso de desarrollo de proyectos en ECP [9].....	15
Figura 4 Proceso de Abastecimiento [10].....	17
Figura 5 Plan Estratégico de Abastecimientos ECP [10].....	18
Figura 6 Matriz DOFA [15] [16] .....	20
Figura 7 Diagrama causa Efecto de oportunidades identificadas (Autoría Propia).....	29
Figura 8 Facilidad de superficie. PIA Isla 6 Cantagallo. (Foto tomada por el autor).....	33
Figura 9 Esquema para simulación de actividades. (Autoría Propia).....	33
Figura 10 Proceso de solicitud de compras Bizagi [25] .....	34
Figura 11 Diagrama de flujo de actividades. (Autoría Propia).....	43
Figura 12 Modelo de planeación Propuesto por el autor .....	46
Figura 13 Modelo de Aprovisionamiento de ECP[5] .....	48

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Análisis DOFA en el área de abastecimiento de Ecopetrol (Autoría propia) .	27
Tabla 2 Actividades pragmáticas del proceso y responsables involucrados. (Autoría Propia) ....	45

## 1. INTRODUCCION

Hoy en día, directivos y líderes deben estar preparados para actuar ante diversos contextos de la industria. El efecto mundial económico vivido en los años 2015-2016 según el Fondo Monetario Internacional (FMI) por la caída de los precios de petróleo y la necesidad de resultados anticipados, motivan a que muchas de las estrategias en abastecimiento sean enfocadas hacia la optimización en el horizonte de tiempo y la búsqueda de economías a largo plazo. Una apropiada planeación en la cadena de abastecimiento genera oportunidades en la reducción de costos y presenta opciones favorables que impactan los tiempos de ejecución en los proyectos.

La competitividad del mercado también ha creado un ambiente caracterizado por la incertidumbre; el cliente es más exigente en cuanto a tiempos de respuesta, nivel de calidad y variedad de productos. Todo esto ha incrementado el nivel de complejidad de los procesos de abastecimiento, en el cual la combinación entre datos históricos y la experiencia de los trabajadores en estas áreas, apoya a las organizaciones para desarrollar modelos que favorezcan su entorno económico.

Si estimamos que la información es disponible y verás, uno de los factores más importantes es la capacidad humana para deducir, basada en la práctica y los antecedentes históricos. Esta interacción vincula un objetivo deseable el cual es buscar la combinación de los elementos implicados en las actividades de abastecimientos a proyectos para mejorar la toma de decisiones.

Para el contexto colombiano y en particular para el desarrollo de proyectos en Ecopetrol, se plantea la necesidad de construir un modelo de planeación estratégica, práctico de rápida implementación y que genere resultados satisfactorios. Este modelo pretende desempeñarse bien ante las distintas eventualidades o condicionantes que se encuentran en una empresa de economía mixta.

## 2. JUSTIFICACION

Ecopetrol es una empresa de economía mixta (estatal-privada) que cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, sur, oriente y norte de Colombia; dos refinerías; puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas. Su misión estratégica: ser rentable y sostenible, con una operación sana, limpia y segura, asegurando la excelencia operacional y la transparencia en cada una de las acciones, construyendo relaciones de mutuo beneficio con los grupos de interés [1] .

Para llevar a cabo la misión estratégica de la compañía, esta cuenta con planes de desarrollo, formados de programas de exploración y producción en cada una de sus Vicepresidencias Regionales, estos programas se basan en proyectos que pueden requerir la construcción o intervención de facilidades para los centros de procesamientos de fluidos.

La empresa interesada en fomentar la disciplina y con ello generar valor al desarrollo de sus proyectos, debe racionalizar actividades, optimizar recursos, identificar oportunidades y establecer relaciones con aliados estratégicos, de manera que se maximicen los beneficios conjuntos entre los involucrados a largo plazo.

Una apropiada planeación de abastecimientos a proyectos ayuda enormemente el desarrollo de la compañía, genera beneficios como la mejora del entorno con las regiones, favorece la relación entre sus grupos de interés y estrecha la relación con proveedores entre otros.

En el mes de julio de 2014 se declararon fallidos 42 procesos de compras y contratación por más de treinta mil millones de pesos. “Es por ello que Ecopetrol invita a los funcionarios de proyectos a hacer un ejercicio de planeación a conciencia” [2]. Con este trabajo, se identificaron aspectos de mejora a la estrategia de planeación de abastecimientos a proyectos en la compañía encontrando criterios, que sustentan la propuesta del modelo desarrollado.

La simulación del proceso actual en la línea de abastecimientos permitió evidenciar oportunidades para minimizar desde la planeación los tiempos de arribo de materiales, procesamientos en bodega y envíos a instalación.

La logística de transporte ayuda a garantizar la disponibilidad de los materiales en el sitio de ejecución, estos materiales deben cumplir con las calidades esperadas y llegar en el momento adecuado con un costo justo. Todo ello representa oportunidades en gestiones administrativas.

Para el caso particular, en el estudio realizado se identificaron las causas y los factores externos de estas desviaciones con el fin de mitigar su impacto.

Asimismo, se particularizo sobre eventos a los productos considerados Pareto (por sus características generales), es decir elementos que presentan mayor afectación sobre la construcción de facilidades en tiempo y costo, como tuberías de producción, bombas, válvulas e instrumentación. Posteriormente los resultados evidenciados en la simulación se vincularon a la opinión de expertos mediante el método Delphi para obtener un consenso sobre atributos particulares.

Mediante el análisis de esta información, se presenta un modelo conceptual cualitativo adecuado para la planeación, identificando oportunidades, e implementando elementos para su mejora, como por ejemplo la verificación de los indicadores de gestión para medir el desempeño en las actividades principales, propuestas de revisiones a políticas institucionales e implementación de mejoras al sistema de servicio.

Este modelo cualitativo identifica criterios, que aportan un efecto significativo durante la planeación de recursos en el abastecimiento de los proyectos, con el objetivo de contribuir socialmente para el desarrollo de las regiones y los grupos de interés.

La intención del modelo presentado es la de generar valor racionalizando y mejorando la interrelación de actividades en la cadena de abastecimiento, haciéndola más oportuna, flexible y

ágil. Dentro del marco normativo legal que presenta la empresa al ser una compañía de economía mixta.

Con estos resultados y con la participación de diversas áreas de la compañía como ingeniería, planeación, abastecimientos y profesionales a proyectos, se elaboró un modelo analítico de planeación a nivel estratégico que alinea los objetivos corporativos con los niveles tácticos en la organización, complementando actividades integrales sobre elementos ya existentes en la empresa.

La construcción del modelo desea ratificar la confianza durante la toma de decisiones y mitigar los riesgos, prestando especial atención a la información histórica y la experiencia del personal producto de años vinculado a la compañía en diversas áreas.

### 3.MARCO TEORICO

#### 3.1. MODELO

De la real academia de la lengua española *modello*, “indica aquello que se toma como referencia para tratar de producir algo igual”. Un modelo es una representación con el único propósito de analizar, explicar y describir procesos o actividades llevadas a cabo en un sistema. Se recrea a través de los datos de entrada, y se realiza una abstracción a fin de encontrar una solución a un problema específico.

Se puede plantear el tipo de modelo de acuerdo con el tratamiento de sus factores descriptores, el **Modelo analítico**, es aquel que utiliza símbolos para designar las propiedades del sistema que se desea estudiar, proporciona explicaciones y sirve como guía para generar hipótesis teóricas. [3].

El modelo a desarrollar es del tipo analítico cualitativo e inicia con la descripción del proceso actual de abastecimiento en el área de proyectos, identifica actividades y variables que puedan dar lugar a una aplicación de la metodología de mejora continua, con el fin de optimizar las condiciones que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

Existen varias metodologías para medir y mejorar el desempeño de los procesos hoy en día, algunas de ellas son: Just Do it, Kaizen, y Lean Six sigma [4], entre otras, se aplicaran los principales conceptos de estas temáticas, sin embargo la implementación de estas metodologías no serán parte de este desarrollo.

Just Do It es el concepto más básico, es usado cuando ha sido detectado un problema en el proceso, y se requiere un pequeño esfuerzo para solucionarlo. En estos casos la mejor opción es la toma de decisiones a niveles estratégicos de la organización, donde además se debe mantener el monitoreo al proceso intervenido.

La metodología Kaizen fue establecida después de la segunda guerra mundial, su significado es responsabilízate, haz cosas nuevas, o en términos japoneses mejora continua. Su proceso consiste en integrar de forma activa a todos los niveles de trabajadores a través de pequeños aportes. Con ello se crea una cultura organizacional en búsqueda de constantes mejoras.

La metodología Lean Six Sigma fue creada en Motorola, su objetivo fue reducir la variabilidad, minimizando los defectos o fallos de la producción; la meta es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose defecto cualquier producto que no logra cumplir los requerimientos del cliente.

Todas estas metodologías son apoyadas en diversas herramientas, una de ellas es el ciclo Deming (ver figura 0), la cual presenta una guía para generar alternativas ante diversas situaciones en la solución de problemas.

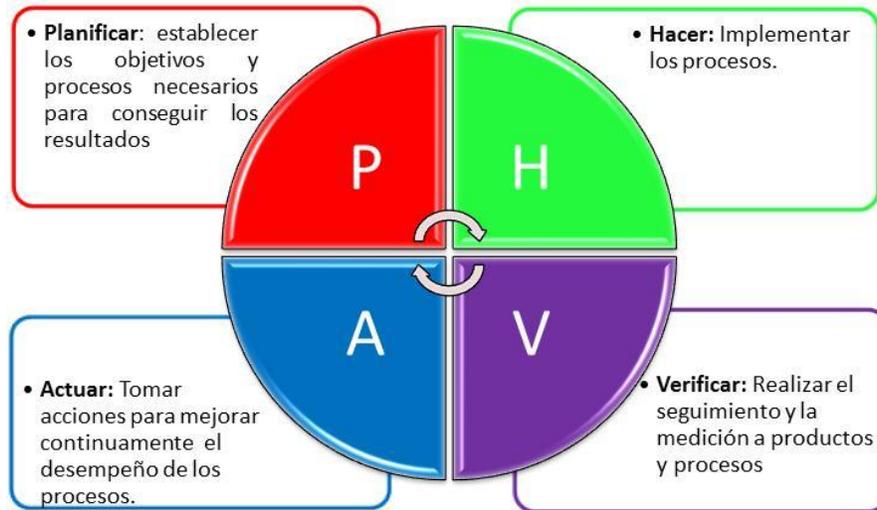


Figura 1 Ciclo Deming o metodología PHVA [5]

Como primera medida se debe realizar la definición objetiva del problema, para ello usa información para plantear la situación y llegar a su definición.

La primera de las cuatro fases del ciclo es la planeación, donde se define el problema y se describe el proceso, es en esta fase donde nos centraremos para el planteamiento del modelo, sin dejar a un lado las demás fases del mismo.

Durante la fase de planeación se recopilan datos, se identifican las actividades necesarias, y se definen los resultados esperados para satisfacer los objetivos del cliente puede ser a través del establecimiento de políticas organizacionales.

Podemos definir un problema como “la diferencia que existe entre un estado ideal y el estado real o actual” [6], en nuestro caso intentaremos mejorar situaciones evidenciadas durante el proceso de abastecimientos en los proyectos: la satisfacción del cliente, la oportunidad en la adquisición de materiales o equipos, la reducción de costos y la mejora de las capacidades del sistema.

Con el fin de describir el proceso utilizamos un diagrama de flujo donde se buscan oportunidades para racionalizar los pasos realizados. Posterior a ello, se verifica la métrica para determinar los indicadores adecuados con el fin de comprobar desviaciones de lo esperado.

Una vez ajustado el proceso, se evalúa el sistema. Si la evaluación es insatisfactoria se debe optimizar el proceso. Con el fin de mantener el control al mismo se controla el proceso con técnicas y planes que ayuden en este objetivo.

### 3.2. MINERIA DE PROCESOS

La minería de procesos descubre, monitorea y mejora los mismos, mediante extracción de conocimiento en los registros de información. Estos registros de eventos pueden contener antecedentes sobre el tiempo de ejecución, responsables y datos del proceso en una tabla u archivo.

Los registros de eventos tienen las siguientes características [7]: El proceso está identificado por casos. (ID columna). Cada caso tiene actividades, tareas o decisiones ordenadas. Estas cuentan con atributos de tiempos (inicio, fin, recursos, etc) y responsables (solicitante, comprador, producto, etc).

La calidad de la información en el registro de eventos, confiabilidad, completitud y seguridad deben ser características fundamentales en este material.

De acuerdo a W.M. P van der Aalst (“process mining manifiesto” [8]), se definen los siguientes grados de madurez para los registros de eventos:

Grado 5: Los eventos se registran de forma automática, sistemática y segura (es amplio, complejo y sofisticado). Ej. Sistemas BPMS

Grado 4: Los eventos se registran de manera automática, sistemática y segura (menor complejidad que el grado 5). Ej. Sistemas Workflow

Grado 3: Los eventos se registran de manera automática, pero no siguen procedimiento sistemático. Ej. Registros de sistemas ERP (actividades registradas en múltiples tablas).

Grado 2: Eventos registrados de forma automática, y son subproducto de un sistema de información. Ej. Hojas de cálculo, o sistemas de manejo de documento.

Grado 1: El registro de eventos tiene muy baja calidad, debido a q los eventos se registran a mano. Ej, Bitácoras a mano.

De la clasificación anterior el grado de madurez evidenciado en los registros de eventos para nuestro ejercicio se estima grado 2 ya que en algunos departamentos de la compañía el registro de eventos no cuenta con un procedimiento sistémico y en algunos casos las personas no tienen el perfil adecuado para caracterizar dicha información, además para otros casos se usan bitácoras a mano.

De acuerdo con Van Der Aalst existen cuatro perspectivas en la minería de procesos: procesos, organizacional, caso y tiempo.

El proceso tiene que ver con el control de flujo de actividades; las personas (roles), departamentos y recursos son la perspectiva organizacional. El caso analiza la influencia y relación de los atributos como tiempo de respuesta, satisfacción de cliente, costos, calidad, reprocesos, etc. El objetivo del tiempo es descubrir cuellos de botella, niveles de servicio, niveles de productividad con el fin de analizar la frecuencia de eventos.

La metodología que presenta Santiago Aguirre [7] para determinar las funciones y componentes del sistema, se basa en cuatro etapas: Definición del proyecto donde se entiende el proceso y se determinan los objetivos de mejora. La preparación de datos se usa para extraer la información del sistema y asegura la calidad de los mismos. En el análisis del proceso se descubre la realidad de la ejecución, se analiza el desempeño y se verifican los procedimientos y reglas del negocio. Posteriormente en la etapa de rediseño se implementan las mejoras del mismo, basados en los hallazgos de la etapa anterior. Se utilizarán estos criterios para plantear nuestro modelo de planeación de compras a proyectos en Ecopetrol.

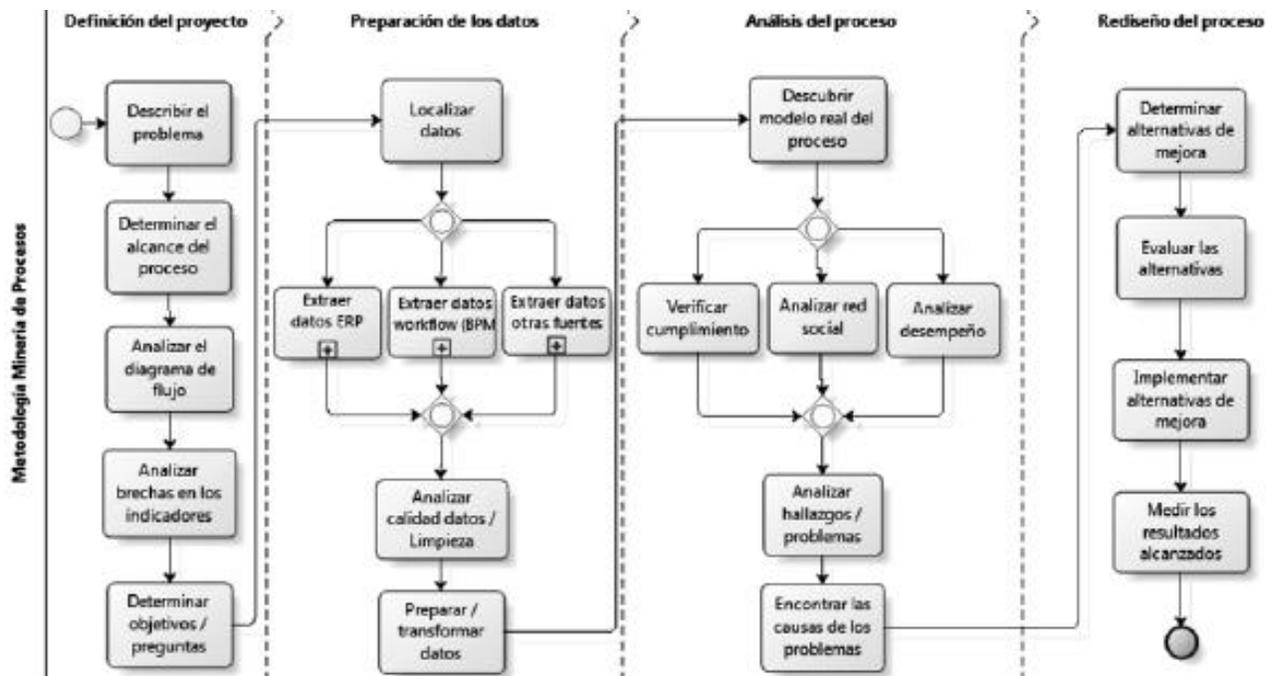


Figura 2 Metodología para aplicación de minería de procesos [7]

En la definición del problema se realizará una breve descripción de situaciones que se presentan durante el proceso de abastecimiento a proyectos de manera que permita identificar oportunidades para desarrollar criterios de mejora.

Para la preparación de los datos, seleccionaremos los datos de mejor contenido (es decir que se encuentren completos, reporte fecha ingreso-salida) y de buena calidad de información (que contengan descripciones claras del producto), apoyados en el sistema corporativo con que cuenta la compañía, SAP “Systems, Applications, Products in Data Processing”.

El análisis del proceso se realiza usando el modelo actual de planeación de abastecimientos, de acuerdo a información corporativa de la compañía; se usará dicho modelo para hallar elementos que posteriormente con la simulación del proceso y la aplicación del método Delphi den lugar al planteamiento del proceso para con éste, desarrollar alternativas de mejora que sean usadas para plantear el modelo de planeación objetivo.

### 3.3. DESARROLLO DE PROYECTOS EN ECOPETROL EDP

Ecopetrol cuenta con una metodología basada en la recolección de aportes de expertos internacionales sobre las mejores prácticas en las comunidades de empresas petroleras para el

desarrollo de proyectos. Esta metodología provee una estructura de lo que se debe hacer y está dirigida hacia la generación de valor de la compañía.

El EDP [9] permite maximizar el valor de proyectos a través de su enfoque en la estandarización de la planeación y ejecución de los mismos. Es un soporte fundamental para la adecuada toma de decisiones de inversión. Este modelo se encuentra en la etapa de implementación y divulgación en la compañía.

El objetivo del EDP es realizar la planeación, ejecución y entrega de proyectos de clase mundo basado en los principios de generación de valor, equipos integrados, comunicación efectiva, disciplina en los procesos y gobernabilidad.

El modelo se basa en la metodología Front end Loading (FEL) o de compuertas de aprobación, la cual consiste en que cada fase antes de ser iniciada debe estar planificada y aprobada previamente, esta metodología se aplica a proyectos que pueden llegar a ser inversiones u oportunidades de negocio en las áreas de refinería, desarrollo de campos, o proyectos de infraestructura complejos.

El proceso del desarrollo de proyectos se estructura en cinco fases: caracterización, selección, definición, ejecución y cierre, como se muestra en la Figura 3:

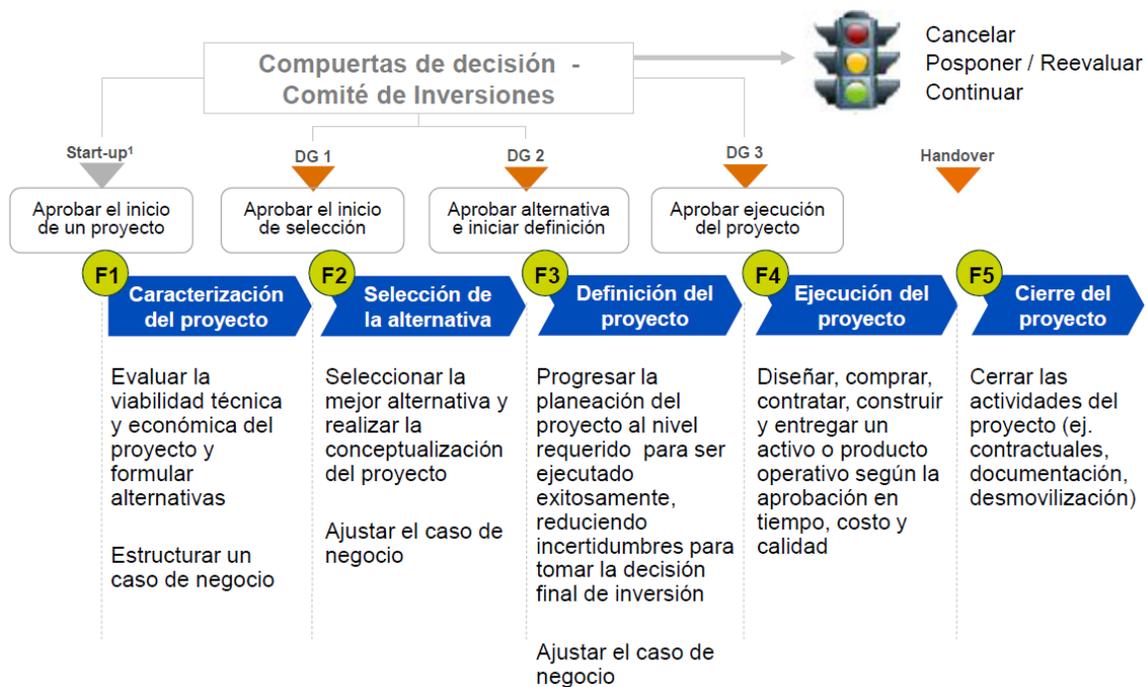


Figura 3 Proceso de desarrollo de proyectos en ECP [9]

Cada una de las fases del proceso del EDP, realiza una serie de actividades con entregables que permiten validar el avance a la siguiente fase, con la intención de minimizar la incertidumbre en la decisión de inversión.

Las opciones de negocio de la compañía se agrupan en un listado de programas para el desarrollo de los campos, las cuales se presentan a una compuerta inicial; se analiza la información, se estima complejidad e inversión, y se clasifica como menor, mediana o mayor de acuerdo a su dimensión. En esta compuerta participan las diferentes áreas directivas de la compañía. (Estrategia, Finanzas y Servicios a proyectos entre otras).

La gobernabilidad en el proceso asegura los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo.

Si durante el desarrollo se presenta un cambio fortuito en el alcance que afecte el costo, el tiempo o el objeto del proyecto, esta modificación se analiza y se maneja mediante manejos de control de cambios.

Adicional a ello el proyecto genera su curva de avance real respecto al planificado en un periodo acumulado hasta la fecha, con el propósito de adquirir lecciones aprendidas, monitorear las desviaciones presentadas y tomar acción sobre ellas.

Actualmente el área de abastecimientos es la encargada responder por la gestión integral y la mejora continua de sus actividades, que soportan el desarrollo de las áreas de negocio y permiten responder a los cambios y requerimientos exigidos por la dinámica del entorno, con criterios de oportunidad, calidad y costo.

Además, también es la encargada de la atención de necesidades de compras, contratación y logística de bienes, así como la rendición de cuentas ante la organización y su Junta Directiva, dando cumplimiento a los estándares, lineamientos y el marco legal - jurídico aplicable.

Dentro de la promesa de valor del área de abastecimientos se encuentra el asegurar el suministro efectivo, responsable y sostenible a largo plazo de bienes y servicios, basado en los principios de transparencia, ética, equidad y confianza.

Dentro del proceso vigente de abastecimiento para la compañía [10], se presentan criterios en la planeación estratégica, el aprovisionamiento, la gestión contractual, logística y gestión de inventarios soportados en pilares de ética y cumplimiento, por medio de una buena gestión de proveedores, convenios, manejo de Data y monitoreo continuo.

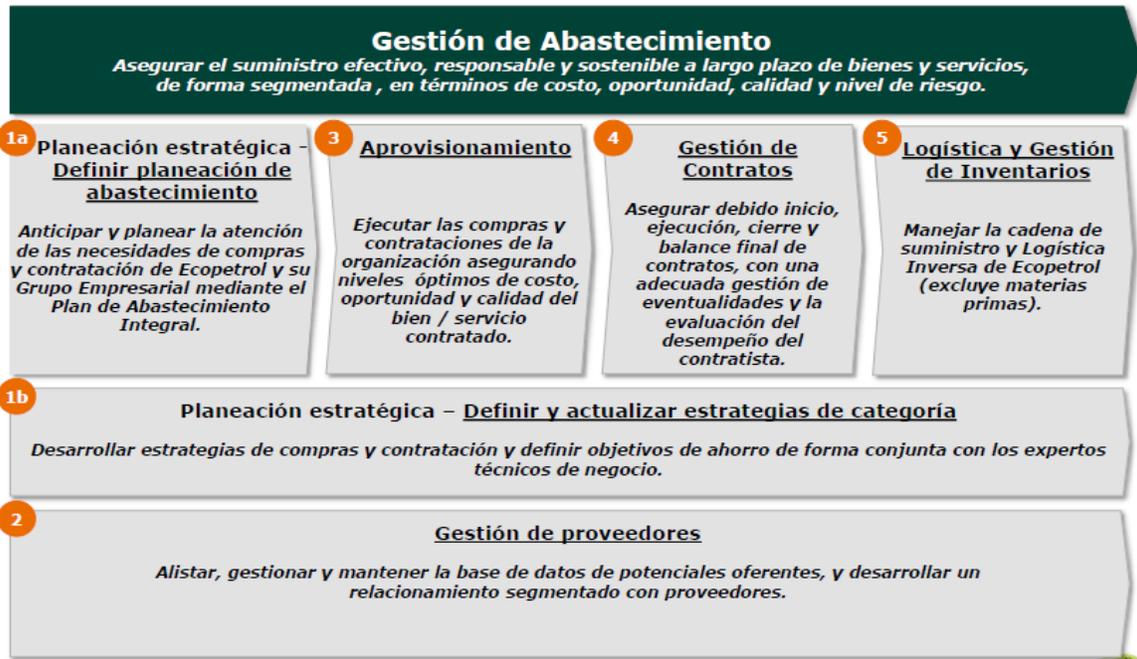


Figura 4 Proceso de Abastecimiento [10]

### 3.4. CONCEPTOS PLANEACIÓN Y CONTROL

Un proyecto es un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas para alcanzar objetivos específicos, dentro de los límites que imponen un presupuesto, un plazo definido y unas calidades establecidas [11], [12], [13].

Un proyecto finaliza cuando se obtiene el resultado deseado o colapsa cuando desaparece la necesidad inicial o se agotan los recursos disponibles. Partiendo de esto, se puede entender que una buena planeación parte a través de la formulación de acciones que sirven de guía para realizar un proyecto y hacerlo viable.

El proyecto debe identificar con anterioridad qué y cuándo se necesita, quién y cómo debe hacerlo, además de cuáles son sus costos. De la misma manera considerar los impactos que tienen los elementos y recursos externos (suministros, mano de obra, transportes, mercados, medio ambiente, entre otros).

Los conceptos de Planeación y Control van acompañados, ya que la planeación permite saber dónde se quiere estar (estrategia); entendiendo donde se está, se prevé como van a evolucionar las variables relevantes, y qué acciones permitirán alcanzar ese estado futuro (Táctica).

En este caso al incluir los términos planeación estratégica, se refiere a un proceso del área de abastecimientos a proyectos para definir objetivos a largo plazo (aprox 12-18 meses), detallar la dirección y tomar decisión en la asignación de recursos (capital y recurso humano).

La intención del plan estratégico de abastecimiento es anticipar las necesidades en una lista de requerimientos (PAI Plan de Abastecimiento Integral) [10] con información relevante que permita ser una ruta segura durante el desarrollo y ejecución de las compras, para mitigar o prever los riesgos y considerar una solución en dado caso de que estos se materialicen.

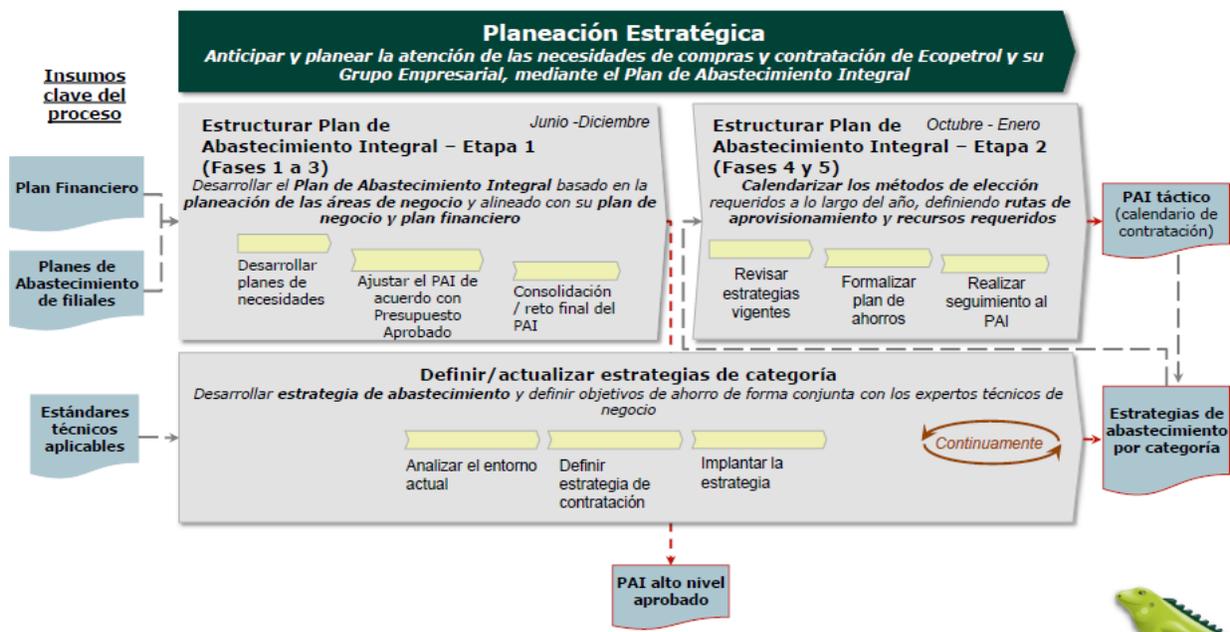


Figura 5 Plan Estratégico de Abastecimientos ECP [10]

Se pretende con ello construir con acciones, tiempos y recursos, para lograr lo que se desea.

Este trabajo pretende integrar datos cualitativos, participación de líderes expertos y la identificación oportuna de situaciones que permitan construir un modelo de planeación que complemente elementos el desarrollo existente de las compras a proyectos de Ecopetrol.

Hay una tendencia a preferir información cuantitativa porque está disponible en la mayoría de los casos (con estadísticos resultado de monitoreo frecuente); sin embargo, la información cualitativa

puede llegar a ser más intuitiva e importante ya que provee una visión hacia la organización, más allá de los números evidenciados.

El grado de cumplimiento de lo planeado a lo largo del tiempo se puede cuantificar a través de la implementación de controles durante la gestión [14].

En el caso del área de abastecimientos, los KPIs (Key Performance Indicators o indicadores de desempeño) se enfocan hacia el concepto de órdenes perfectas (sin incidentes, sin órdenes inexactas o sin inconvenientes en la logística y transporte) entre algunas las siguientes:

- Cumplimiento de Órdenes de compra (en tiempo y en especificación), lo que se pide es lo que llega en los tiempos programados.
- Cumplimiento del Plan de abastecimientos. (Compras planeadas vs compras reales ejecutadas).
- Tiempos de atención bajo parámetros de Acuerdos de nivel de servicio.
- Disponibilidad de material, disponibilidad de vehículos (medios contractuales) para contratación.

Con el monitoreo continuo de estos KPIs se revisan los procesos y se reestructuran de acuerdo con las evidencias encontradas usando tableros de control que permiten diagnosticar situaciones antes que estas generen un problema.

#### 3.4.1. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

Una vez se especifican los objetivos, la siguiente actividad es desarrollar un plan para alcanzarlos. La planeación lleva a realizar cambios organizacionales: cambios en la forma que la gente trabaja, cambios en políticas, lineamientos que resultan de identificar y conocer las necesidades evidenciadas. El plan muestra cómo localizar los recursos y construye responsabilidades. Se requiere realimentación en el progreso y la medición del resultado final.

Se puede realizar la formulación de la estrategia mediante la técnica del análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas) la cual permite identificar fortalezas y debilidades dentro de la organización, además de las posibles oportunidades y amenazas a nivel externo de la misma y su impacto generado (SWOT, por sus siglas en inglés).

	<b>FORTALEZAS</b> Enlista las FORTALEZAS identificadas	<b>DEBILIDADES</b> Enlista las DEBILIDADES identificadas
<b>OPORTUNIDADES</b> Enlista las OPORTUNIDADES identificadas	<b>1 F - O</b> Estrategia <b>MAX - MAX</b> Estrategias que utilizan las FORTALEZAS para MAXIMIZAR las OPORTUNIDADES	<b>D - O 2</b> Estrategia <b>MIN - MAX</b> Estrategias para MINIMIZAR las DEBILIDADES aprovechando las OPORTUNIDADES
<b>AMENAZAS</b> Enlista las AMENAZAS identificadas	<b>3 F - A</b> Estrategia <b>MAX - MIN</b> Estrategias que utilizan las FORTALEZAS para MINIMIZAR las AMENAZAS	<b>D - A 4</b> Estrategia <b>MIN - MIN</b> Estrategias para MINIMIZAR las DEBILIDADES evitando las AMENAZAS

Figura 6 Matriz DOFA [15] [16]

### 3.5. TOMA DE DECISIONES Y EL MÉTODO DELPHI

A finales de la década de los 70's, se reconoció la importancia de la toma de decisiones para la planeación estratégica en el desarrollo de proyectos, en áreas como los negocios, el gobierno, las instituciones y las organizaciones militares [17].

Entre algunas definiciones encontradas, tomar una decisión implica “definir un propósito, listar las opciones disponibles, evaluarlas y escoger entre ellas, cuál es la mejor para convertirla en una acción favorable”.

Tradicionalmente las organizaciones consideran tres tipos de decisiones diferentes: Las decisiones estratégicas las cuales tienen que ver con la identificación de objetivos generales a largo plazo y los medios para conseguirlos; las decisiones organizativas, que tienen que ver con la manera en que se organizan los diferentes aspectos de un grupo, con el objetivo de ser más eficientes u ordenados; y las decisiones operativas, que se refieren a la manera en que un grupo trabaja y lleva a cabo sus actividades cotidianas.

También existen decisiones intuitivas en las cuales se actúa de forma espontánea y creativa; decisiones lógicas o racionales basadas en el conocimiento, habilidades y experiencia.

Los métodos subjetivos por otra parte son los que incorporan juicios intuitivos, opiniones o estimaciones, entre ellos están las estimaciones compuestas como encuestas y el método Delphi [18].

J.Vicens [19] indica: “Podemos definir el método Delphi como un procedimiento para la obtención de información de un grupo de expertos en varias etapas, con tres características básicas: Anonimato, respuesta numérica y retroalimentación” .

Una Delphi [20] consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos futuros. Las estimaciones de los expertos se realizan en rondas sucesivas anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía de los participantes, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos.

El método Delphi puede limitarse a tres etapas de envío de cuestionarios, análisis de datos y de exploración. El primer cuestionario tiene como objetivo identificar los escenarios a analizar. El segundo suministra a cada experto las opiniones de sus colegas y abre un debate para obtener consenso en los resultados y una generación de conocimiento. En la tercera consulta se espera un mayor acercamiento a un consenso [20].

Al nacer la metodología para el desarrollo de los proyectos, se suponían que dichas técnicas, asegurarían el éxito, sin embargo factores del entorno, impactaron los resultados esperados en la ejecución de los proyectos de América Latina [21]. Es por eso que, con el fin de ajustar dichas prácticas, se hace necesario considerar dentro de la toma de decisiones, juicios intuitivos al construir la planeación y combinarla con resultados tangibles producto de una simulación del proceso.

### 3.6. SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE MODELAMIENTO

La simulación es la reproducción del sistema en un computador, con esto se obtendrá el ejercicio virtual del mismo y se prestará atención a cómo reacciona ante diversos parámetros de entrada

para lo cual se visualiza acerca de qué variables elegir o modificar para enfrentar de mejor manera el problema.

Simular es también el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y complejo el cual se ejecutará en función del tiempo. Su objetivo es adquirir conocimiento de los procesos y fenómenos que ocurren para aprender a describir y predecir su comportamiento.

La simulación es la representación de un proceso el cual permite comprender, y analizar más fácilmente sus características, con el fin de aportar información para la toma de decisiones en busca de una mejora u optimización de las condiciones de operación relevantes al sistema.

Dentro del estudio de simulación se tienen varios elementos que conforman el sistema: entidades, eventos, locaciones, recursos, atributos y estados, todos ellos asociados a un tiempo de reloj que establece asociaciones e interrelaciones.

Existen diversos tipos de procesos de simulación; sin embargo, para el caso a tratar se realizará una simulación de eventos discretos, relacionados bajo un estudio de distribuciones de probabilidad y de condiciones lógicas del problema a analizar [22].

Se explorará el tema de abastecimientos a un proyecto durante un año, partiendo de la generación de pedidos q alimenta los inventarios dentro de la empresa, con el fin de unificar criterios en las solicitudes, que aporten valor en el desarrollo de los mismos y ahonden en beneficios evidenciables.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Colombiana de Petróleos Ecopetrol S.A cuenta con información de suministros y servicios, correspondiente a los últimos años de ejecución en sus proyectos.

Los registros que se utilizan en el ejercicio son datos tomados de la plataforma corporativa SAP del módulo ERP SSP-Productivo, la transacción para ver los materiales en bodega es la CJI3 la

cual indica la fecha de transacción de ingreso del producto y la ME53N que visualiza la orden de compra (descripción del material y fecha de entrega por parte del proveedor).

Esta información dispone de una estimación en las fechas en que se realizan las transacciones, es por ello que el diagnóstico se presenta con los tiempos entre actividades y no el tiempo de duración de cada actividad adicional a ello corresponde a la ejecución de un proyecto año 2012 (esta información es restringida para la compañía y solo debe usarse con fines académicos).

Estos datos por sí solos, no han sido relacionados con factores o variables externas en la ejecución de los mismos, para la planeación estratégica del abastecimiento de una manera acertada.

Por tal motivo, este estudio pretende utilizar esta información de compras, y generar un modelo en la planeación de las mismas, basado en la simulación de procesos apoyado con el método Delphi.

## 5. PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA

Ecopetrol realizó un ejercicio de evolución del Marco Estratégico para el año 2020, para lo que se contó con un proceso estructurado de análisis soportado en tres pilares: planeación por escenarios, valoración de opciones estratégicas y estructuración del modelo de valoración de carteras de negocios, lo que permitió dar mayor foco y visión integrada a todas las empresas del Grupo Empresarial Ecopetrol [23]. Posteriormente la empresa lanza el programa de transformación empresarial con la eficiencia como uno de los pilares fundamentales [24].

La visión de la compañía apunta a ser una empresa integrada de clase mundial de petróleo y gas, orientada a la generación de valor y sostenibilidad con foco en exploración y producción, comprometida con su entorno soportada en el talento humano y la excelencia operacional, es por ello que Ecopetrol desarrolla la incorporación de reservas de petróleo y gas; además cuenta con un plan de inversión para el desarrollo de los campos, conformado por un conjunto de proyectos necesarios para lograr el cumplimiento de los objetivos estratégicos destinados a este fin en un horizonte de tiempo.

Como parte de las actividades relacionadas a la ejecución de dichos proyectos está el modelo de EDP de la compañía; si bien es cierto que, pese a que este modelo no asegura el resultado, sí aumenta la probabilidad de éxito y presenta elementos indispensables para garantizar la sostenibilidad de los mismos.

Algunos de los tipos de proyectos que ejecuta la empresa son llamados “oportunidades de negocio”. Su propuesta de valor es generar un incremento en el flujo de caja para la compañía y apuntan directamente a la incorporación de reservas de la misma; también existen los llamados proyectos requeridos para operar, cuyo fin es dar viabilidad a la operación actual de la empresa.

El análisis de este caso será enfocado hacia el primer tipo de necesidades donde prima la oportunidad del desarrollo de dichas reservas si se supone que es allí donde las empresas petroleras son valoradas internacionalmente.

El desarrollo de estos tipos de proyectos para la compañía es cuantificado dependiendo de las variables de sensibilidad del mismo y el resultado de su evaluación financiera; se autorizará el desarrollo siempre y cuando estos valores estén dentro de un rango que la compañía considere suficiente para su beneficio. Adicional a ello su desempeño se retará con la estrategia de optimizar el tiempo, racionalizar los costos y asegurar la calidad para la puesta en servicio.

Estas variables tiempo, costo y calidad están impactadas a lo largo de todo el ciclo de abastecimiento del proyecto, es por ello que desde la fase de planeación se pretende mejorar este escenario.

Es por ello que este estudio pretende resolver la siguiente pregunta:

***¿Qué factores relevantes son identificados durante la planeación estratégica de abastecimientos a proyectos, basado en la simulación del proceso actual y el método Delphi?***

## 6.OBJETIVOS

### 6.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un modelo conceptual para la planeación estratégica de abastecimientos a proyectos, identificado a través de la simulación del proceso de abastecimiento en proyectos para Ecopetrol y el método Delphi.

### 6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar factores influyentes, en la toma de decisiones estratégicas u organizativas, dentro del proceso de abastecimiento para los proyectos, que podrían afectar la demanda de insumos en el desarrollo de los proyectos de producción para Ecopetrol como empresa petrolera colombiana.
- Desarrollar la simulación del proceso actual de abastecimiento, e identificar características que impacten negativamente su progreso, con el fin de proponer soluciones que ayuden a minimizar el efecto en la gestión de compras, relacionada a la ejecución de proyectos.
- Aplicar el método Delphi teniendo en cuenta la simulación del proceso de abastecimiento, con el apoyo de profesionales expertos en las distintas fases del proyecto para definir elementos relevantes del modelo.
- Crear un modelo conceptual para la planeación en el abastecimiento de proyectos que identifique criterios de mejora al desarrollo y ejecución de sus procesos.
- Cuantificar, a través de una evaluación comparativa, el estado actual y el estado futuro previsto durante la planeación de abastecimientos a proyectos además de los beneficios obtenidos mediante la implementación del modelo propuesto frente al desarrollo actual.

## 7.DESARROLLO

### 7.1. IDENTIFICACION DE FACTORES INFLUYENTES, EN LA TOMA DE DECISIONES ESTRATÉGICAS.

Para identificar factores influyentes en la toma de decisiones estratégicas, desarrollamos un análisis Dofa del área de abastecimiento en Ecopetrol, con el fin de conocer cuál es nuestra posición actual frente al mercado, para luego establecer objetivos claros con miras al fortalecimiento y búsqueda de una posición sostenible a largo plazo.

¿Que se ofrece como compañía?

Criterio de posicionamiento en el sector (al tener la oportunidad de ser proveedor de una de las empresas mejor posicionadas en el país), mayores beneficios económicos, mejores rentabilidades.  
Relacionamiento con aliados estratégicos del sector.

¿Qué se puede cambiar?

Racionalizar la organización de la compañía, identificación clara de roles y responsabilidades.  
Optimizar tiempos de atención y respuesta.

<p style="text-align: center;"><b>MATRIZ DOFA</b></p>	<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disponibilidad oportuna de materiales en los proyectos.</li> <li>2. sobrecostos asociados a oferta y demanda de productos.</li> <li>3. Ausencia de personal técnico-administrativo, capacitado y con empoderamiento para atención de necesidades.</li> <li>4. Ubicación de zonas de interés para desarrollo de proyectos lo cual requiere especial atención en logística de transportes.</li> <li>5. Infraestructura inadecuada para disposición de materiales (vigilancia, adecuación de espacios de bodegas).</li> <li>6.cultura organizacional jerárquica arraigada</li> <li>7. registros incompletos o inadecuados en reportes de materiales adquiridos.</li> <li>8.Alta rotación de personal, habilidades de integración de equipos, y falta de comunicación</li> </ol>	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Marca empresarial</li> <li>2. Empleados de alto perfiles jerárquico con niveles de educación superior y postgrados.</li> <li>3. Buena rentabilidad de la empresa y solidos estados financieros.</li> <li>4. Procesos de compra estandarizados. Auditorias frecuentes. Formalización de procesos a través de la página corporativa. Sistemas de control asociado a proceso.</li> <li>6. Varios canales de atención al proveedor.</li> <li>7. Presencia en diferentes zonas geográficas del país.</li> <li>8. software corporativo de manejo de inventarios y pago facturas.</li> <li>9.Organigrama establecido en la compañía</li> </ol>
<p><b>AMENAZAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sanciones asociadas al cumplimiento de normatividad estatal. Requerimientos legales asociados a comunidades del entorno. Políticas del gobierno de turno.</li> <li>2. Requerimientos asociados a altos estándares internacionales (políticas de HSE y calidad).</li> <li>3.La fuga de talento personal por otras empresas</li> <li>4. La volatilidad de precios del petróleo y el dólar, afecta el desarrollo de proyectos en la compañía.</li> <li>5. Alto Impacto asociados a riesgos en la industria. (know-how, medio ambiente, las personas y activos).</li> <li>6. Inexperiencias en participación. Escases de mano obra especializada.</li> <li>7. Riesgos asociados a corrupción por altos flujos de inversiones de capital.</li> </ol>	<p><b>ESTRATEGIAS DA</b></p> <p>A1-D5, D6 Identificar elementos que mejoren la infraestructura y organización de la compañía, con el fin de mitigar los riesgos asociados a accidentes laborales y mejora en oportunidades de servicio.</p> <p>A3-Identificación anticipada de productos demandados con el fin de generar ventaja competitiva ante las necesidades de los proyectos.</p> <p>A2,A6- D4 Diseño de un planteamiento estratégico anticipado a las necesidades de la compañía en conjunto con las unidades de negocio.</p> <p>D3,D8-A6 Desarrollar programas de incorporación de personal apropiado, y contar con programas de capacitación permanente en las áreas requeridas.</p> <p>D6,D7-A7,A8 Divulgación de planes contra la corrupción y lavado de activos.</p>	<p><b>ESTRATEGIAS FA</b></p> <p>F1-A1,A2 Asegurar el conocimiento de normatividad por el personal jerárquico de manera que pueda asumir toma de decisiones y responsabilidades en el momento oportuno.</p> <p>F3-A4. Mantener monitoreo constante de los controles del proceso para reaccionar rápidamente ante escenarios no habituales.</p> <p>F4-A6 Generar estrictos procesos de selección de proveedores garantizando la experticia de los proveedores participantes.</p> <p>F7,F8-A7 capacitación y control adecuado a los procesos a través de implementación de políticas corporativas.</p>
<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta disposición del mercado a atender las necesidades de la compañía.</li> <li>2. Programas de capacitación asociados a operatividad de procesos y conocimientos técnicos asociados a su rol.</li> <li>3. Definición clara de roles y responsabilidades en todas las áreas de influencia.</li> <li>4. Calidad de proveedores en el sector con productos especializados</li> </ol>	<p><b>ESTRATEGIAS OD</b></p> <p>D1-O1 Apalancamiento de productos sustitutos.</p> <p>O3-D6 Desarrollar un manual de servicio para fortalecer cualidades asociadas a mejorar la atención entre áreas.</p> <p>O4-D5 Uso de recomendaciones de proveedores para manejo adecuado de los materiales adquiridos.</p>	<p><b>ESTRATEGIAS FO</b></p> <p>O2-F4 Mejoramiento y motivación continúa con el fin de asegurar compromiso de las áreas en el proceso.</p> <p>O3-F1, F8Asegurar la información de la compañía para que sea combinada a la experiencia de los roles desarrollados.</p> <p>O4-F5 Generar espacios de competencia de precios/productos con los proveedores del sector.</p>

Tabla 1.Matriz de Análisis DOFA en el área de abastecimiento de Ecopetrol (Autoría propia)

Con el fin de tomar decisiones más acertadas en el suministro de materiales y en particular en la planeación de las compras, se requiere identificar como primera medida cuáles son los tipos de productos necesarios en los proyectos e identificar las principales características de los mismos.

Como punto de partida, dentro de las actividades evidenciadas para la selección de materiales, se debe enfocar en productos de comparación donde se pondera la calidad, el precio y el tiempo en que el producto arriba al sitio previsto. Se descartan productos como bienes de conveniencia; es decir, artículos relativamente baratos cuya compra exige poco esfuerzo y donde no se está dispuesto a realizar una extensa búsqueda del mismo. Por ejemplo: tornillos, bridas, etc.

Dentro de la clasificación de estos productos tampoco se debe incluir equipos mayores o de larga entrega (más de 6 meses) ya que su planeación es particular y requiere entre otras cosas personal especialista para su adquisición. Productos por demanda, materias primas, suministros para operación o servicios tampoco deben ser incluidos en estos análisis.

Los productos deben ser clasificados por durabilidad, productos de alta o baja rotación y productos importados.

Hasta hace unos años el modelo de compras de Ecopetrol estaba basado en un modelo descentralizado; es decir, que el responsable del proyecto era quien se encargaba de contratar los servicios y ejecutar las compras.

Este modelo presentó rapidez en suministros, ya que en algunos casos esto propició el abastecimiento regional de elementos con mayor circulación para la compañía, motivando el mercado local a mantener un stock de materiales; esta situación genera que se realicen compras a elementos, sin verificar previamente la calidad de los mismos (garantías) además de la falta de verificación de disponibilidad en una bodega de la organización en otra región del país.

Se pudo confirmar mediante la consulta a expertos, que en algunos casos los materiales obtenidos en el mercado local, no se encontraban en buenas condiciones de preservación, y el mayor riesgo se evidenció cuando la instalación fallaba debido a problemas de integridad en los mismos.

De las ventajas halladas en la descentralización se encontró el dinamismo, agilidad y simplificación de algunas actividades. Temas como pérdida de sinergias dentro de la compañía acompañada de ineficiencias en la aplicación de economías a escala y dificultades en la coordinación o normativas corporativas se evidenciaron en el desarrollo del ejercicio.

A continuación, se detallan oportunidades que derivan de los elementos encontrados.

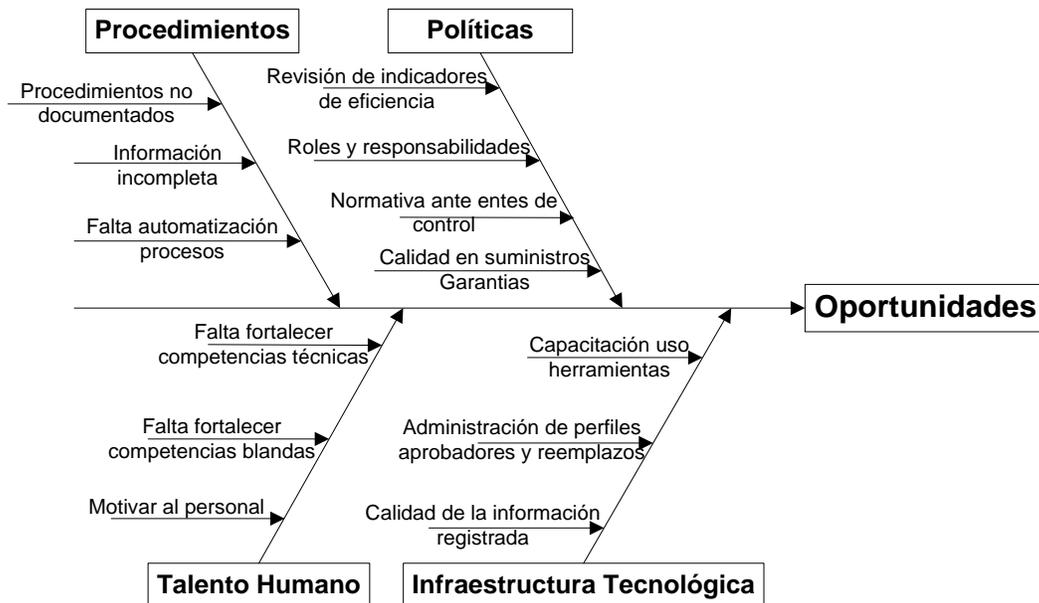


Figura 7 Diagrama causa Efecto de oportunidades identificadas (Autoría Propia)

Del diagrama anterior las competencias distintivas que se desea fortalecer en el área de abastecimiento son la calidad del servicio (a través del fortalecimiento en áreas como talento humano e infraestructura tecnológica) además de dinamizar también la eficacia de la cadena de suministro (verificando temas procedimentales y estableciendo políticas corporativas a la compañía).

A continuación, se proponen algunas políticas en ocasión a las oportunidades mencionadas:

- Cumplir estrictamente con la normativa legal vigente en cuanto a manejo de materiales (importaciones, etc).

- La relación con los proveedores y demás actores de los procedimientos inmersos en estas actividades debe estar basada en principios de ética, responsabilidad, trabajo en equipo y excelencia operativa. Se propone acogerse al código mundial de conducta para proveedores de las naciones unidas.
- Asegurar la disponibilidad de materiales, cumpliendo con criterios de calidad, idoneidad y austeridad.
- Evitar la duplicidad de pedidos, a través del desarrollo de una consulta previa en la base de datos de la compañía del material a adquirir.
- Garantizar la preservación de los materiales en todo momento, siguiendo las recomendaciones del proveedor sobre su almacenamiento y manejo.
- Desarrollar una adecuada y estricta selección de proveedores estableciendo una evaluación justa técnica económica, con personal que cuente con roles y las responsabilidades necesarias (a través de un comité evaluador).
- Desarrollar e implementar en la compañía, buenas prácticas asociadas a la gestión de órdenes de compra, acompañadas de visitas frecuentes a las bodegas de la compañía. Hacer seguimiento estricto a las órdenes de compra.
- Negociar en todo momento descuentos y verificar previamente las condiciones de pago, además de desarrollar previsiones sobre las órdenes de compra para buscar parametrizaciones que puedan apoyar estas labores.

De igual manera se identifica el fortalecimiento en los siguientes aspectos de la calidad de servicios.

- Consistente con el enfoque operacional de la compañía (calidad, seguridad y transparencia).
- Amigable para el usuario
- Es sólido. Demanda vs disponibilidad de recursos.
- Estructurado y desempeño consistente (tecnologías confiables y tareas prácticas).
- Enlaces y comunicaciones efectivas.
- Valor de servicio de calidad percibido por el cliente.
- Manejo efectivo del costo

## 7.2. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN DEL FLUJO ACTUAL DE ABASTECIMIENTO.

El modelo de simulación es extensión de la labor desarrollada en la materia de Simulación cursada en el programa de la Maestría de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Javeriana, donde se planteó la simulación de la línea de abastecimientos para los productos pretendidos habitualmente en el desarrollo de proyectos de Ecopetrol. (El desarrollo de la simulación se puede encontrar en el Anexo 1 Simulación, de este documento).

Debemos considerar que de manera similar a como ocurre con otras herramientas, la simulación requiere de una serie de actividades y análisis que permitan sacar el mejor provecho del ejercicio. Algunos de los pasos básicos son:

El planteamiento o la definición del sistema a simular (donde se evidencian los límites de los elementos que lo componen y se identifican las interacciones de los recursos). Posteriormente la generación del modelo base (donde se traduce la información que se obtuvo del paso anterior en detalles que deben ser reflejados en lenguaje máquina), es aquí donde procede a hacer la recolección estadística y análisis de datos (esta etapa es muy importante ya que en algunos casos estos datos deben ser tratados de manera especial para corregir información que contenga errores, o evidencie situaciones que no permita asociar una distribución de probabilidad a la variable aleatoria, se deben aplicar las pruebas necesarias para todas las variables del modelo con el fin de que la información a simular sea cercana a la realidad).

En el modelo preliminar se desarrollan las verificaciones y validaciones del mismo. En este caso el encargado de la simulación puede variarse en su experiencia. Una vez se han identificado las distribuciones de probabilidad y se han implementado los supuestos se hace un proceso de verificación con el fin de comprobar que los parámetros usados funcionan correctamente. No hay que descartar que durante esta etapa se presenten errores humanos que puedan ocasionar que el comportamiento del sistema sea diferente al que se esperaba.

La validación del modelo consiste en realizar una serie de pruebas al mismo utilizando información de entrada real para observar su comportamiento. Se introducen algunos escenarios al modelo con el fin de que el sistema presente un comportamiento congruente con el esperado.

Tras la validación del modelo de simulación se generan escenarios a analizar. Estos escenarios son el pesimista el optimista y uno intermedio. Basados en el número de réplicas que sean necesarias desarrollar. Esta situación por si sola presenta la limitante de tiempo y recursos ya que depende mucho de las condiciones del equipo para presentar los resultados. Es por ello que el analista debe ser muy cuidadoso y puede considerar hacer suposiciones de escenarios para reducir los tiempos de computo a fin de tomar decisiones y llegar a los resultados de la simulación.

Al final del ejercicio lo ideal es comparar los escenarios con los mejores resultados, en ese momento se documentan las situaciones, las suposiciones, limitaciones y se plantean las recomendaciones encontradas.

La compañía desarrolla proyectos de inversión, donde su objetivo principal es maximizar las reservas a través de la perforación de pozos productores de crudo y la construcción de facilidades de superficie para el recibo de dichos fluidos, para ello se requiere contar con dichas infraestructuras en tiempo, costo y calidades adecuadas.

Normalmente una facilidad de superficie cuenta con redes de recolección, tanques de almacenamiento, equipos de separación y bombas de despacho como se muestra en la Figura 8.



Figura 8 Facilidad de superficie. PIA Isla 6 Cantagallo. (Foto tomada por el autor)

Si la facilidad no está operando el día D (día programado para inicio de las labores), el costo de oportunidad por no producir será igual a la ganancia que se deja de recibir por la producción prometida o esperada, menos el costo de la inversión realizada (transformada en la unidad de tiempo, para este caso días); en este ejercicio académico se supondrá que no existen costos generados por mantenimiento y operación de las instalaciones nuevas.

La Figura 9 presenta un esquema general, donde se muestran las principales actividades que desarrolla la empresa en la cadena de abastecimientos a proyectos; la primera tiene que ver con la solicitud de compras, entre otras válvulas, bombas, instrumentos y tubería.



Figura 9 Esquema para simulación de actividades. (Autoría Propia)

Más allá de pretender modelar los procesos individualmente, se usará como punto de partida el proceso de solicitud de compra Bizagi [25] Figura 10; con ello se desea dar una visión pragmática del estado actual y aportar al estado de sus resultados.

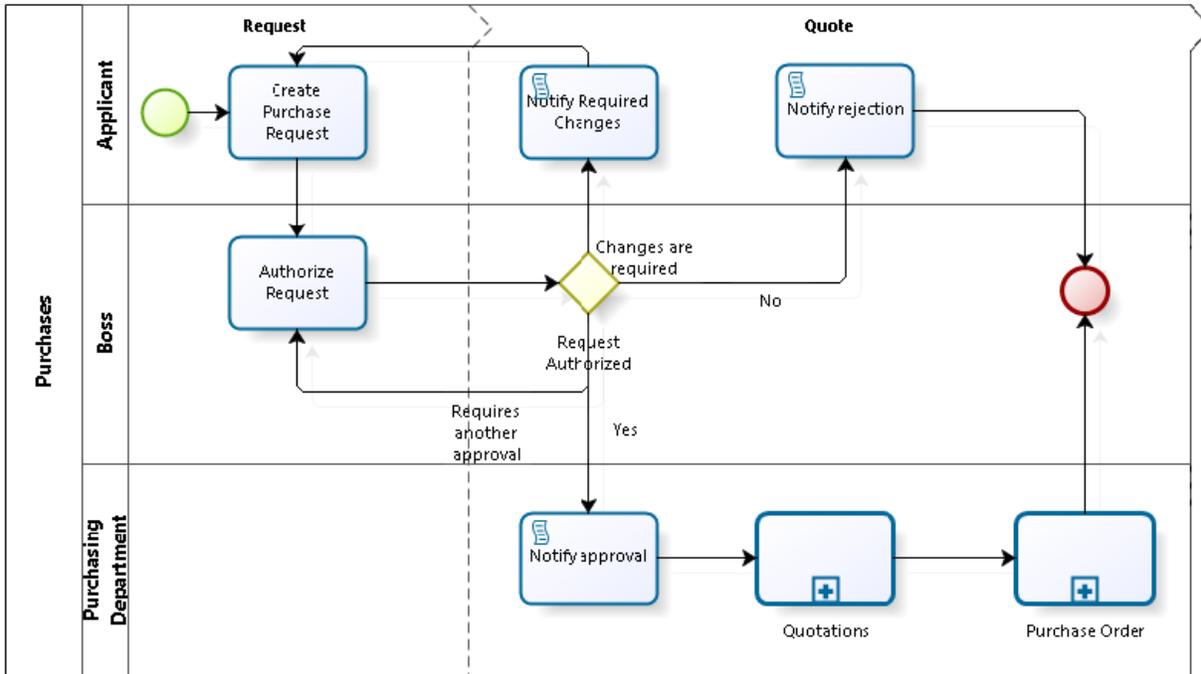


Figura 10 Proceso de solicitud de compras Bizagi [25]

Como se observa en la figura anterior, al igual que con la compañía, el proceso inicia con la identificación del producto, éste se selecciona de una lista de productos existentes, si el producto no se encuentra se puede agregar uno nuevo. Se realiza la aprobación requerida para autorizar la solicitud. Posterior a la aprobación de la orden se solicitan las cotizaciones y el departamento de compras selecciona el proveedor. Se genera la orden de compra, se envía al proveedor y se almacena en el registro en la compañía para su posterior seguimiento y verificación.

El siguiente paso del sistema tiene que ver con el almacenamiento o bodegaje: luego que el elemento es recibido en bodega, confirmada su idoneidad de acuerdo a la orden de compra, éste permanece allí hasta que se completa la capacidad máxima de envío, al sitio de instalación.

El proveedor entrega cada uno de los elementos a la bodega, donde se realiza un proceso de catalogación y almacenamiento de la pieza (esta información se registra en SAP por el personal que se encuentre en turno, en algunos casos esta labor depende de la competencia de quien se encuentre en el momento). Posteriormente, determinado conjunto de piezas debe ser transportado y embalado hasta el sitio de instalación, donde se recibe y se alista para ser ensamblado en la construcción.

El último paso de la cadena es la construcción o instalación, donde se espera a que lleguen uno a uno los elementos hasta que se complete la obra. Generalmente estos elementos son instalados de acuerdo a la llegada del pedido; en algunos casos la cuadrilla de instalación debe esperar a la llegada de la totalidad de conjuntos de los elementos para el inicio de la obra (por ejemplo, en el caso de las válvulas y tubería para tramos de interconexión). Cada elemento tiene un rendimiento asociado; dependiendo de la cantidad, es su tiempo estimado en la construcción.

Actualmente en los procesos constructivos, los tiempos durante la obra, están desestimados y los elementos pueden no estar disponibles a tiempo, o incluso puede ser que permanezcan mucho tiempo en bodega para su despacho. Se desea identificar como reducir estas líneas de tiempo de manera estratégica.

La simulación del sistema presenta el impacto que generan los tiempos en la generación de pedidos, la fase de almacenamiento y la fase de construcción en la ejecución de los proyectos (construcción de facilidades). También se conoce el porcentaje de utilización de cada uno de los procesos del sistema, con el fin de identificar falencias y tomar acción que conlleve a su mejora, a través de la creación de órdenes anticipadas, y/o aumento en las capacidades de cada uno de los procesos si es que se requiere.

Se encontró por ejemplo que en la fase constructiva, los proyectos se vean afectados por la falta en la planeación de sus compras, demoras en tiempos de almacenamiento asociados a la inexperiencia del personal de bodega, y también demoras en la fase de instalación debido a la espera de carga para su despacho por los tiempos anteriormente mencionados, estas situaciones generan sobrecostos por la no disponibilidad de materiales en el momento adecuado para la puesta en marcha de las instalaciones e incluso pueden acarrear situaciones de tiempos de parada en cuadrillas de construcción y duplicar movilizaciones de los materiales asociadas al despacho de los mismos sin su capacidad de carga máxima.

Se identificaron las capacidades y tiempos de cada subproceso, para este caso se determinó que, aunque se cuenta con el personal y recurso suficiente, se evidenciaron situaciones asociadas también a la inexperiencia para atender el apoyo de dichas operaciones.

Se identifica oportunidades a la implementación de controles a estos procesos, asociados a temas de aprobaciones en el recibo de materiales o retrasos asociados a tareas administrativas, etc.

De acuerdo al análisis DOFA realizado, se materializan amenazas encontradas asociadas a eventos en relación con las comunidades del entorno especialmente como paros camineros, bloqueos de vías públicas, entre otras, afectan la llegada de productos y deben ser considerados en la planeación del riesgo, como un factor importante en los procesos de gestión de compras y despacho de materiales a sitios de construcción.

Es importante que las gestiones de manejo de compras de materiales puedan reducir los inventarios asociados sin afectar la eficacia del sistema y reduciendo el déficit presentado.

Se plantea un reto a futuros trabajos para que se enfoquen en temas asociados a plantear escenarios y metodologías con el fin de optimizar el contenido promedio en los estantes de bodega.

El espacio en Bodega está desperdiciado, ya que la mayor parte del tiempo permanece vacío, generando sobrecostos de mantenimiento y operación de estos centros de almacenamiento.

Un trabajo futuro puede considerar la revisión, del arrendamiento de espacio, con el fin de reducir el tamaño de la bodega, sin modificar las políticas de compras y pedidos.

La aproximación del modelo se realiza mediante una verificación y validación con los expertos de la compañía a los cuales se les mostró el mismo. Ellos coinciden en que el modelo da una aproximación del sistema actual, esta valoración se da de forma cualitativa.

### 7.3. APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI.

Como parte fundamental del desarrollo del método Delphi, se planteó como formulación del problema el impacto que tienen las compras de materiales en el abastecimiento a proyectos para Ecopetrol. (El desarrollo del método Delphi puede encontrarse en el anexo 2 de este documento).

El método Delphi fue aplicado a través de formularios vía correo electrónico y físicos, con cuestionarios sucesivos de preguntas a expertos con el fin de poner en evidencia convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos.

La elección de los expertos fue realizada minuciosamente poniendo interés en su hoja de vida, experiencia en el tema de desarrollo (planeación, compras y ejecución de proyectos), y su capacidad de respuesta ante acontecimientos imprevistos.

El planteamiento de las preguntas fue realizado de modo que estas fueran claras precisas, cuantificables e independientes a fin de que la aplicación del método resultara exitosa y que la respuesta por parte de los participantes fuera sencilla, cuantificada y ponderada.

El desarrollo del método se realizó de la siguiente manera.

Cuestionario 1. Se utilizó como visualización del tema y se usó para limitar las características que se presentarán en el estudio.

Cuestionario 2. Se plantearon variables relevantes a considerar, de acuerdo a los elementos encontrados en el cuestionario 1 y se procedió a verificar la posición de los expertos. Los expertos fueron informados de los resultados encontrados en el cuestionario 1, para dar una posición al tema y presentar su justificación en caso de encontrar diferencias al consenso planteado.

Cuestionario 3. Se solicitó a los expertos validar los criterios desarrollados en el cuestionario 2 y comentar con argumentos en caso de generar alguna desviación a la mayoría, se solicitó una respuesta definitiva para validar nuevamente el consenso del grupo.

Como características principales del desarrollo del método se tuvo en cuenta lo siguiente:

- El desarrollo de la encuesta fue anónimo, sin contacto alguno entre los participantes.
- Se desarrollaron rondas sucesivas de preguntas que se consideraron suficientes con el fin de obtener una estimación en las respuestas entregadas.
- Los resultados totales de las rondas previas no se entregaron a los participantes, solo se circuló parte de la información que causaba la dispersión en el ejercicio realizado.

Dentro de las ventajas del desarrollo de este método se encontró lo siguiente:

- La ronda sucesiva de preguntas permitió identificar puntos de vista diversos sobre algunos temas. De igual manera, cuando fue requerido, también se permitió especificar y ahondar situaciones particulares o específicas.
- Se permitió la participación de diferentes perfiles profesionales enriqueciendo el planteamiento de las temáticas en la planeación de compras a proyectos de la compañía.
- Como efecto positivo, el desarrollo de los cuestionarios minimizó los efectos de reuniones cara a cara, haciendo que el ejercicio se enfocara particularmente en la temática consultada.
- Como desventaja del método desarrollado se encontró el alto tiempo de implementación y la necesidad de una masiva participación de los encuestados para que los resultados presenten una significancia estadística.
- Se encontró que la formulación de las preguntas debe ser precisa, ya que pueden generarse aclaraciones o bien que las respuestas tengan algún tipo de sesgo y se requiera intervención por parte de quien desarrolla la actividad.
- La cantidad de juicio que se inyecta en el proceso tiende a incrementarse en la medida en que los datos históricos son reducidos en número o se juzgue que son parcialmente irrelevantes.

Los resultados obtenidos alimentan el modelo desarrollado por el autor, donde se presume que los datos presentados son de calidad y evidencian una rigurosa en la aplicación de la metodología durante su desarrollo.

#### 7.4. CREACION DE UN MODELO CONCEPTUAL PARA LA PLANEACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE PROYECTOS.

Con el fin de esbozar nuestro modelo se usarán elementos representativos encontrados en la simulación y el método Delphi, para lograr definir lo que se quiere con herramientas y procedimientos que permitan que una empresa de economía mixta dedicada al sector de hidrocarburos se pueda consolidar en el área de abastecimientos a proyectos y genere oportunidades de desarrollo frente a sus competidores.

Basados en el caso presentado se observa el desenvolvimiento actual de la empresa y se logra establecer con claridad las debilidades y fortalezas actuales enmarcadas en el entorno y la normativa legal en la que se encuentra la compañía.

Para encontrar buenos resultados el modelo se enfoca en las relaciones con los diferentes actores que intervienen en el proceso identificados básicamente en el proveedor, quien está dispuesto a entregar el bien o servicio, el cliente quien es el que utiliza dicho bien o servicio (es decir la operación o el proyecto), y los involucrados de las diversas áreas de procesamiento de información (usuarios intermedios). De estas relaciones se pretende determinar estrategias que pueden servir en la etapa de satisfacción de clientes y se generen cambios positivos sobre el desarrollo de los procesos.

La matriz Dofa de la tabla 1, presenta una visión de la realidad sobre su entorno. Con esta matriz se desarrollará el planteamiento del modelo de planeación de compras a proyectos. Para finalmente hacer recomendaciones para la empresa, con el fin de que, si lo considera necesario o pertinente, éstas puedan incorporarlas al beneficio de la misma.

Se aclara que este modelo no pretende resolver todos los problemas en la planeación de compras a proyectos. La intención del modelo de planeación es presentar aportes con bases teóricas, que puedan ser tenidos en cuenta para mejorar los resultados en estas áreas de la compañía (solicitud de compras, almacenamiento e instalación de materiales en la construcción).

Se considera que el trabajo presentado ha sido elaborado metódicamente y es lo más completamente posible, fundamentado en conceptos que aportan a la creación del modelo de manera sólida para que sirva de ayuda a cualquier empresa que lo considere como una herramienta útil. La labor fue desarrollada en un lapso de tiempo que permitió corregir errores y enriquecerla con conceptos muy útiles, donde se espera que quienes deseen hacer uso de ellos fortalezcan las actividades de la planeación de compras. A pesar de ello, este trabajo puede seguir el concepto de mejoramiento continuo y ser perfeccionado en una fase futura.

Como parte del modelo propuesto para la planeación de compra de materiales en el abastecimiento de proyectos a Ecopetrol se identifican elementos clave que permiten direccionar y asignar los roles necesarios para que cada una de las partes involucradas conozca sus responsabilidades, restricciones y limitaciones.

Las siguientes actividades se consideran críticas para el desarrollo de las labores analizadas:

**Clasificación de materiales**, usando la metodología “ABC” [25] (esta herramienta es de gran aplicación práctica para el control de los mismos y permite clasificarlos según su “valor”, orden o prioridad) permite clasificar los materiales en las siguientes categorías:

1. Categoría A: Materiales de alto valor, 75-80% del valor total del proyecto.
2. Categoría B: Aquellos materiales de valor medio, que equivalen a un 15-20% del valor total del proyecto.
3. Categoría C: Los materiales de menor valor: 5-10% del total.

La clasificación obtenida del análisis ABC es útil porque obliga a considerar los siguientes aspectos:

#### *Control*

Ítems A: Control más preciso, registros completos y exactos, revisiones periódicas. Seguimiento estricto para reducir demoras.

Ítems B: Control normal, con buenos registros y atención periódica

Ítems C: Control más simple posible, Registros necesarios.

### *Prioridad*

Ítems A: Alta prioridad.

Ítems B: Procesamiento normal, alta prioridad sólo cuando sean críticos

Ítems C: La prioridad es más baja.

**Análisis de inventarios**, la cual resuelve la pregunta de si el elemento que desea adquirirse se encuentra disponible en otra área o ubicación geográfica de la compañía.

**Análisis de requerimientos**, la cual identifica la idoneidad de la solicitud, en cuanto a cumplimientos técnicos y disponibilidades presupuestales en la compañía.

**Análisis de mercado**, en esta etapa se reconoce la viabilidad de la solicitud, valorando costos, existencias y comercialidad de lo requerido. Se verifica la idoneidad de los posibles proveedores, para ello se apoya en la herramienta corporativa (registro de proveedores).

**Formalización de orden de compra**, durante esta fase se reúnen los requisitos documentales de la compra, validaciones técnicas, disponibilidades presupuestales de la compañía y se prevén las condiciones de tratamiento al posible proveedor; también se planean las labores logísticas en la entrega del producto. En esta fase es muy importante identificar los planes de preservación de los materiales a ser adquiridos, en dado caso que por alguna razón éstos deban ser almacenados o conservados en condiciones especiales.

En esta actividad se crean controles para seguimiento (fecha de entrega, verificación técnica, novedades, catálogos, etc.) y se presentan informes de gestión de compras por el área encargada.

Con el fin de visualizar el resultado de las gestiones realizadas para cada orden de compra, se debe considerar la implementación de indicadores de desempeño los cuales pueden generar alarmas para la pronta toma de decisiones. Estos indicadores de desempeño deben estar acompañados de soportes o informes sobre el estado de dichas compras.

**Recibo de Orden de compra,** con la llegada al sitio de lo solicitado se presenta cuadro comparativo entre lo solicitado y lo recibido, se verifican garantías, catálogos e integridad de materiales. Se deben verificar calidad de instalaciones, cercanía al proyecto, seguridad.

**Aprobación de factura de pago,** legalizan soportes de recibo de materiales de acuerdo a lo solicitado. Para las labores se hace importante identificar el responsable de la actividad.

**Evaluación de proveedores,** esta evaluación se desarrolla al momento de realizar la aprobación de la factura para pago; sin embargo, está sujeta a atenciones de garantías. En caso de que sea necesario, se reabrirá nuevamente dicha etapa. Esta evaluación es divulgada al proveedor con fines de retroalimentación y mejoramiento continuo de las partes en posteriores órdenes de compra.

El propósito es realizar la compra de materiales en el área de proyectos para garantizar que durante su ejecución se cumpla la promesa de valor en el mismo relacionado a los programas de desarrollo de la compañía.

En la Figura 11 se identifican actividades que deben ser tenidas en cuenta durante la planeación, se relaciona el flujo de requerimientos y los responsables de dichas actividades.

Con este planteamiento se desea evitar el reproceso en las áreas y establecer claridad sobre el actuar de las áreas. Solo se genera valor cuando la información recibida es transformada para tomar una decisión o ejecutar una acción dentro del diagrama de flujo.

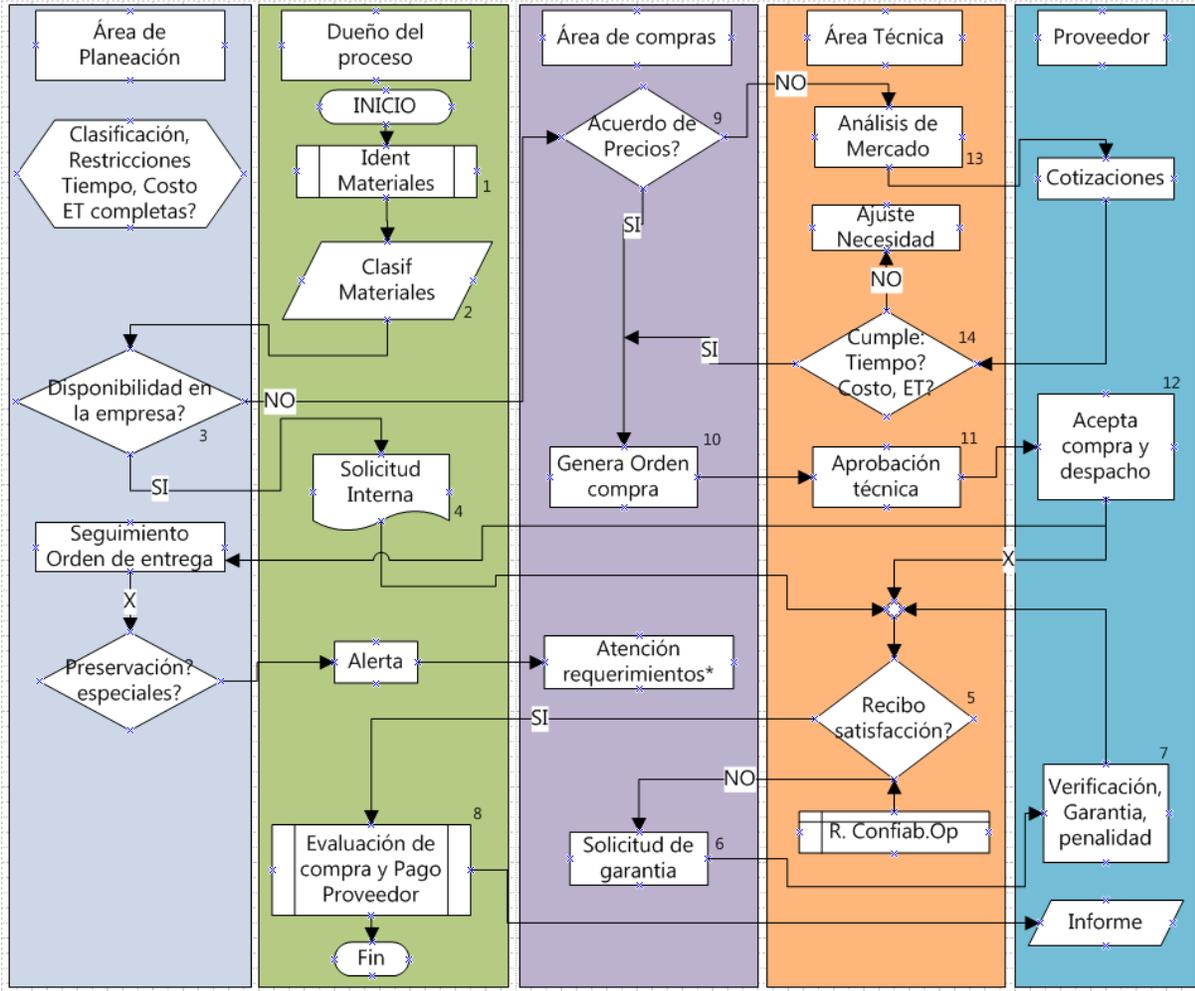


Figura 11 Diagrama de flujo de actividades. (Autoría Propia)

	Responsable	Descripción de Actividades
1	Dueño del proceso	Identifica requerimiento de materiales en línea y establece un valor aproximado de las necesidades identificadas según histórico o referentes.
2	Dueño del proceso	Clasifica solicitud de materiales utilizando la metodología ABC.
3	Área de planeación	Verifica la disponibilidad del material en la empresa. (SAP elementos disponibles) SI: Solicita al responsable la gestión de traslado al sitio requerido. NO: Envía al área de compras la solicitud aprobada por el dueño del proceso para que se inicie la gestión en busca de Acuerdo de precios.
4	Dueño del proceso	Solicitud Interna de traslado del material requerido, al área necesaria. Se carga en la plataforma corporativa los elementos relacionados a la orden de compra (SAP).
5	Área Técnica	¿Recibo a satisfacción del material (se desarrolla la revisión y aprobación de acuerdo a las condiciones de la compra)? SI: Ingreso a la plataforma corporativa de los elementos recibidos (SAP). Se procede a informar al dueño del proceso para realizar la evaluación del proveedor y el pago de la factura. NO: Se procede con informe de no cumplimiento de condiciones con el fin de solicitar al proveedor a través del área de compras la garantía del material (o mediación de orden de compra).
6	Área de compras	Solicita Garantía, tramita comunicación oficial sobre cumplimiento de condiciones o características a la orden de compra.
7	Proveedor	Desarrolla la atención a la garantía, verificando el pedido para posteriormente tramitar logística de recogida de material y despacho del mismo en caso de que aplique.
8	Dueño del proceso	Evaluación de compra y autorización de pago al proveedor, a través de la validación del informe generado en el área técnica del recibo a satisfacción del material.
9	Área de compras	¿Existe acuerdo de precios con proveedores preseleccionados? SI: se genera Orden de compra usando los vínculos contractuales. NO: En conjunto con el área técnica se procede a desarrollar un estudio de mercado con el fin de conocer términos y condiciones del producto a solicitar.
10	Área de compras	Generación de orden de compra, Se asigna la disponibilidad presupuestal con el requerimiento (SAP) se reúnen los pliegos especificaciones técnicas y términos para la formalización de la compra. Crea la orden de compra en el sistema de gestión de la compañía con el fin de asignar el presupuesto, la unidad de gasto y relacionar observaciones como fechas de entrega y condiciones especiales.
11	Área Técnica	Aprobación técnica. Se desarrolla la revisión técnica de la documentación del acuerdo de precios de manera que se verifiquen los requerimientos de los materiales solicitados. Elaboración de cuadro comparativo entre lo requerido y lo contenido en la oferta.

12	Proveedor	Acepta la compra y despacho mercancía. Se valida por parte del proveedor la disponibilidad del material y se prepara la logística de despacho, para que sea recibida por el área técnica.
13	Área Técnica	Análisis de mercado. Se elabora cuadro de aspectos técnicos a evaluar en la oferta (igualdad de condiciones para todos los proponentes). Se solicita cotización de los materiales a los diferentes proveedores que pueden atender, el requerimiento. Esta solicitud se desarrolla en la compañía de diversas maneras (las cuales no serán objeto de estudio en este trabajo).
14	Área Técnica	¿Cumple condiciones solicitadas (elabora cuadro técnico)? SI: se envía el informe de recomendación sobre la propuesta elegible al área de compras para que proceda con la generación de la orden de compras. No: Se solicita ajustar la necesidad de acuerdo al mercado. Verificación de documentación de contratación o necesidades (plazos de entrega según el mercado, especificaciones técnicas, identificación necesidades).
15	Área Técnica	Ajuste interno de necesidad de acuerdo al mercado.
16	Área de Planeación	Realiza los controles adecuados en la compañía con el fin de hacer seguimiento a la orden de compra.
17	Área de Planeación	Verifica la necesidad de alertar al dueño del proceso respecto a la atención de requerimientos especiales para la preservación de materiales.
18	Dueño del proceso	Alerta recibida sobre el inicio de procesos especiales para la preservación de materiales y solicitud de requerimientos al área de compras

Tabla 2 Actividades pragmáticas del proceso y responsables involucrados. (Autoría Propia)

En ninguna de las actividades anteriores se debe perder de vista la normativa vigente relacionada a la interacción entre cliente proveedor.

Adicional a ello debemos tener claras las variables referentes a las capacidades físicas del lugar de recibo de materiales, además de asegurar los recursos humanos competentes que puedan interactuar en toda la cadena de abastecimiento, no hay que perder de vista asegurar los recursos tecnológicos asociados a las plataformas de información de la compañía.

Es claro que en el modelo el impacto del mercado asociado a los precios del crudo y el dólar juegan un papel fundamental en la planeación del modelo. De igual manera los son los criterios asociados al medio ambiente.

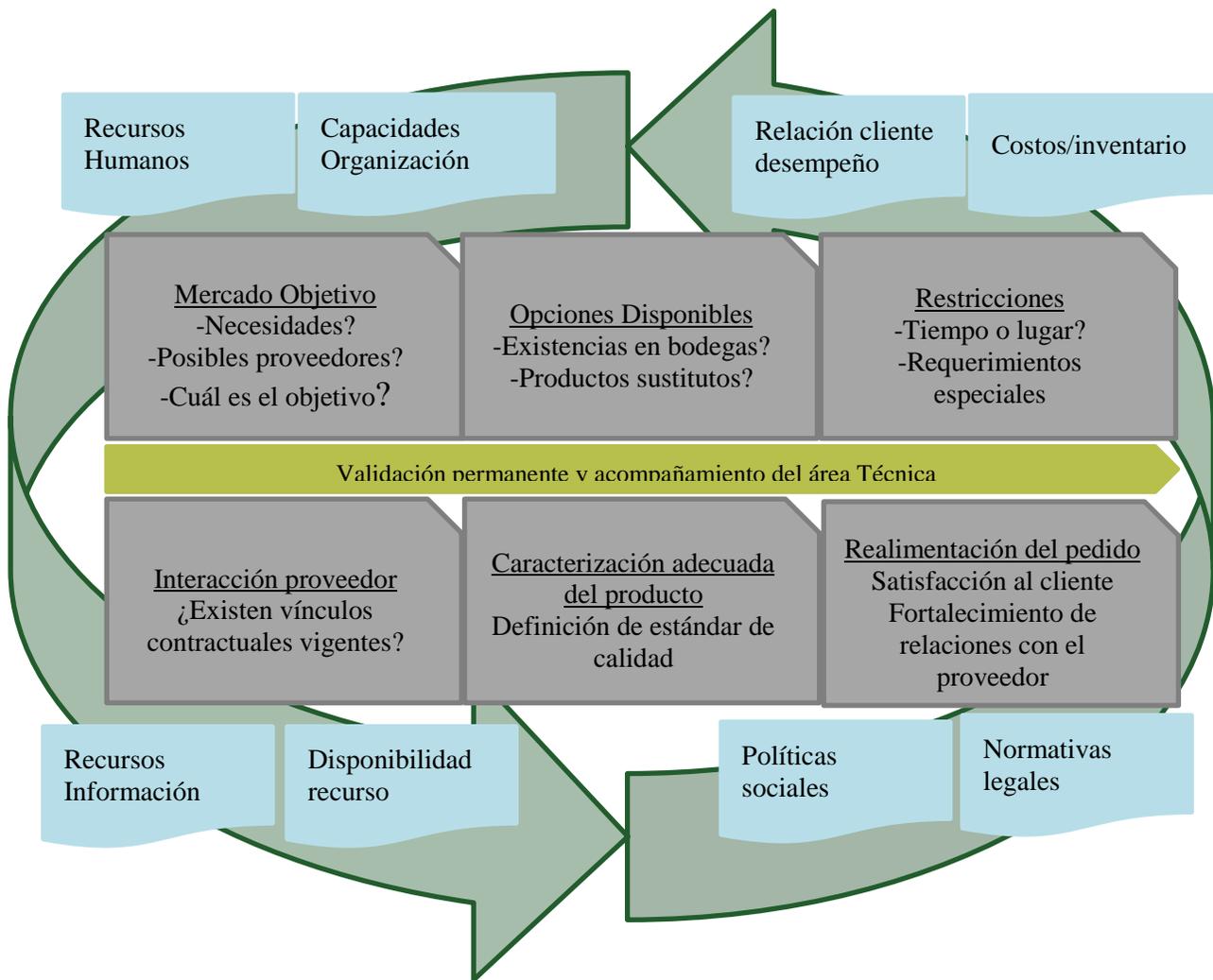


Figura 12 Modelo de planeación Propuesto por el autor

El modelo anterior es resultado de los ejercicios presentados en los Anexos 1 Simulación del proceso y anexo 2 Método Delphi, este modelo apoya la solución a la pregunta planteada en el numeral 5.

***¿Qué factores relevantes son identificados durante la planeación estratégica de compras a proyectos, basado en la simulación del proceso actual y el método Delphi?***

Factores relevantes durante la planeación de compras en la etapa de abastecimientos a proyectos son:

**¿Qué comprar?** Para ello se hace indispensable identificar previamente la necesidad y validar si dicho requerimiento ya se encuentra disponible en la compañía, apoyándose en los sistemas de gestión de información corporativos, existen productos sustitutos. Se identifica si el material puede presentar beneficios para adquirirse en el mercado local o es necesario solicitar una importación de un representante o proveedor internacional (tiempos de entrega, costos de importación, costos de logística, bodegajes, condiciones especiales).

**¿En qué cantidad comprar?** Identificar previamente si puede significar beneficios a la compañía adquirir lotes disponibles, por la rotación de dicho producto, o existan descuentos por los proveedores por dicha compra.

**¿Cómo comprar?** En este punto se consideran las políticas de adquisición de elementos de la compañía, se verifican condiciones de entregas y plazos y se evita involucrarse en situaciones que puedan significar estar en conflicto de interés o hacer parte de un monopolio, como por ejemplo compra de materiales exclusivos a algún proveedor.

**¿Cuándo comprar?** Verificar las condiciones del mercado, establecer si la compra es requerida o si es anticipada, se cuestionan los impactos en las tasas de mercado, o tiempos que presenten afectación en la llegada de los materiales, como pudo observarse durante la simulación del modelo en FlexSim se identificó la afectación de tiempos como festividades (semana santa, fiestas de navidad, entre otras) y políticas de ley de garantías. Por otro lado, identificar los beneficios e impactos del tiempo de compra y la llegada de lo solicitado, con el fin establecer las programaciones necesarias en cuanto a disponibilidad de espacio, condiciones de almacenaje en caso de que se requiera, personal de recepción y validación en la llegada de materiales. De igual manera establecer requerimientos a condiciones especiales como vigilancia, aires acondicionados, almacenaje bajo techo, entre otros.

**¿A quién comprar?** Establecer identificación de proveedores adecuados e idóneos para el suministro de materiales; de igual manera, trabajar en alianzas a largo plazo con los mismos con el fin de minimizar los riesgos en la logística de transporte, la construcción de garantías y pólizas.

## 7.5. EVALUACIÓN COMPARATIVA, DEL ESTADO ACTUAL Y EL ESTADO FUTURO

El libro Ecopetrol desarrollo de proyectos[5], presenta lineamientos basados en las mejores prácticas de implementación de proyectos en la industria; la Figura 13 visualiza la estructura general del proceso de abastecimiento corporativo.

El proceso actual inicia la definición del plan de abastecimiento integral, el cual está alineado por los objetivos de la compañía donde se revisan las proyecciones de cantidades necesarias y se definen las especificaciones que serán consideradas en la evaluación técnica de los materiales. Estas herramientas son moldeadas con la construcción de instrumentos anticipados para uso recurrente.

Para el caso de la solicitud del pedido, este define el requerimiento de compra identificando la necesidad, se realiza el nombramiento del administrador y define de igual manera las especificaciones y criterios de la evaluación técnica.

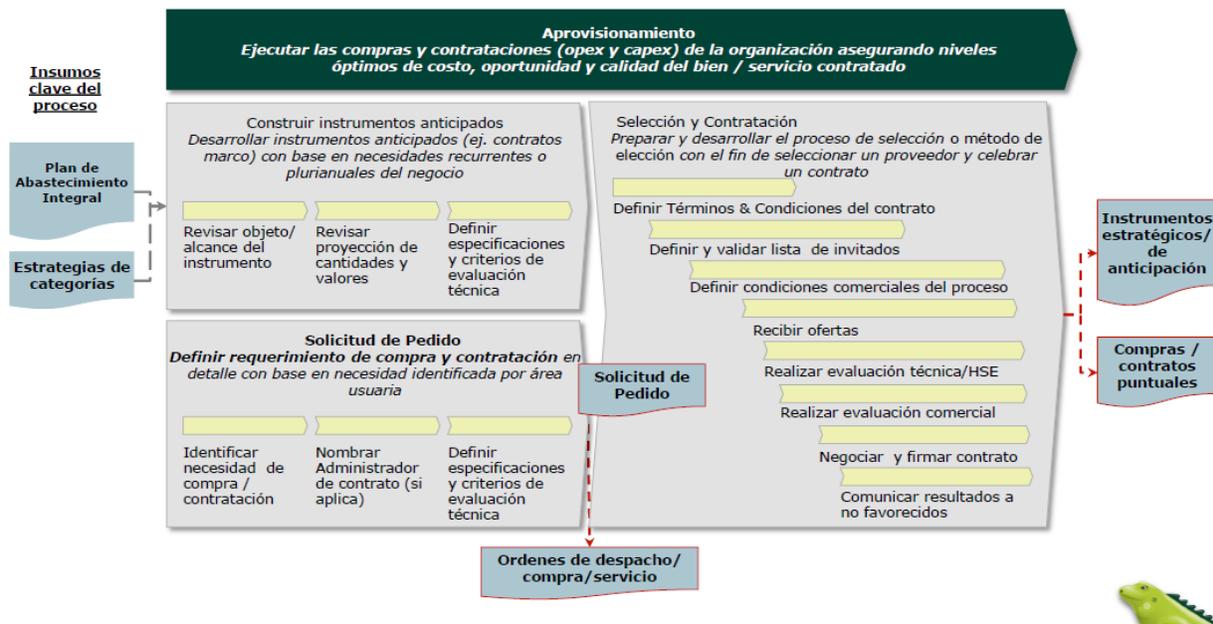


Figura 13 Modelo de Aprovisionamiento de ECP[5]

El modelo propuesto por el autor se basa en el modelo actual de la compañía; sin embargo, identifica las necesidades particulares evidenciadas en el ejercicio de simulación del proceso de abastecimiento a proyectos y la implementación del método Delphi.

La importancia de la realización adecuada de las especificaciones y los pliegos de compra por personal idóneo obtuvo en la primera ronda del método Delphi un consenso como elemento indispensable, por los participantes. (Ver Anexo 2. Implementación del método Delphi.). El documento debe garantizar plenamente el alcance del suministro, e incluir criterios como la logística de entrega, la definición de la evaluación técnica y establecer bases claras sobre las condiciones pactadas.

El sistema de abastecimiento de la compañía segrega funciones y normativas en relación a las tareas del mismo. Existe un funcionario solicitante el cual se encarga de realizar la celebración del contrato y es sobre él que recae la responsabilidad de la ejecución del mismo. Adicionalmente también aparece un funcionario autorizado, el cual se faculta en representación de la empresa y en consecuencia emite los actos o autorizaciones específicas que se enmarquen dentro de las directrices del abastecimiento. Y existe un administrador del contrato el cual gestiona el contrato asegurando el control y seguimiento del mismo.

El modelo propuesto por el autor desea concientizar la importancia de definir claramente los roles y responsabilidades, de manera que no se realicen reprocesos en la labor y se identifiquen las limitantes en cada una de sus funciones. Además, es importante que el proveedor entienda e identifique claramente la función de cada uno de los actores de abastecimiento.

Dado el proceso de abastecimiento actual, se encuentran las siguientes oportunidades de mejora identificadas durante la simulación del proceso y el desarrollo del método Delphi:

- El área de abastecimientos recibe frecuentes solicitudes para nuevos procesos de compras; por ello el modelo del autor, propone una identificación y verificación previa a las necesidades, existencias de materiales, revisión de productos sustitutos y a la realización de una clasificación jerárquica de los mismos bien sea por costo o disponibilidad.
- El modelo actual presenta requisiciones por proyecto de manera sistemática, éstas sin permitir poder planear o programar en el tiempo los pedidos. Para este caso el modelo del autor identifica esta situación y abre la posibilidad a agrupar las necesidades con una visión

a futuro, permitiendo con ello buscar alianzas con proveedores con el fin de buscar beneficios económicos y mejorar los tiempos de atención a los mismos.

- En muchas ocasiones se identificó la llegada del material fuera de especificaciones al sitio de construcción o bodegaje de la compañía. Esta situación causa sobrecostos en el transporte y retrasos a la ejecución del proyecto. El autor propone como trabajo futuro complementario generar controles anticipados de calidad durante el proceso de envío de la orden; para ello se requiere una clara matriz de comunicaciones (con roles y responsabilidades) con el proveedor desde la formalización de la orden de compra además de gestionar el seguimiento a la misma (desde su despacho).

Al tener ubicaciones geográficas diferentes, los roles y responsabilidades de los participantes en el proceso presentan dualidades en las funciones además de tiempos muertos por la espera de aprobaciones o generación de informes. En muchos casos esto genera fluidez ante la toma de decisiones, como por ejemplo en casos donde exista la necesidad de hacer solicitud de reclamaciones o exigencias en relación con garantías de los materiales a los proveedores.

El modelo propuesto por el autor identifica la necesidad de la definición idónea de roles y responsabilidades en el abastecimiento de los materiales, dado que se encontró gran cantidad de interlocutores en el proceso actual de la compañía.

La compañía cuenta con un consejo rector de abastecimiento, el cual se encarga de orientar las estrategias y asegura que la normativa sea cumplida. Existe además un comité el cual revisa las alternativas y aprueba la estrategia de abastecimiento. Otro comité se encarga de realizar el control de la ejecución del plan de compras. El modelo para la planeación de abastecimiento propuesto por el autor se entregará al consejo rector para que sea incorporado de modo que aporte valor sobre futuras actividades en el área.

## 8. CONCLUSIONES

La planeación estratégica de abastecimiento a proyectos en Ecopetrol es fundamental si se desea superar las expectativas en el desarrollo de los mismos, ya que retrasos en la solicitud de compra, almacenamiento y entrega de materiales a las áreas de construcción generan un alto impacto sobre la promesa de valor. Ocasionando incertidumbres sobre las reservas de la compañía en los tiempos prometidos.

A partir del análisis de resultados se logró construir un modelo de planeación estratégica que complementa la gestión eficiente del área de abastecimiento y aporta al cumplimiento de los planes de trabajo.

Al desarrollar el análisis interno y externo de la compañía se encontraron fortalezas en la organización que pueden seguir aprovechándose para generar ventajas competitivas como lo son la calidad del recurso humano y los sólidos estados financieros.

En el Anexo 1 Simulación, las medidas de desempeño obtenidas presentan un reto a futuras investigaciones en cuanto a que se busca un comportamiento lineal en el manejo de inventarios, con el fin de obtener beneficios reflejados en los costos asociados al manejo de espacios, costos operativos, tiempos de atención, disponibilidad de herramientas como montacargas y personal de cuadrillas para recibo-entrega de los materiales entre otros.

Se identifica la oportunidad de optimizar el manejo a los inventarios de la compañía, apoyado con el sistema de gestión, haciendo un riguroso registro de información.

Se encontró que el seguimiento durante las actividades del sistema es indispensable, por ello se requiere fortalecer una cultura de medición al desempeño de las labores.

El trabajo presentado encontró oportunidades de mejora identificadas en el Anexo 2 Método Delphi, para temas como la fluidez en la comunicación entre los diferentes actores de la gestión de proyectos con el fin de perfeccionar la gerencia del sistema.

Se destaca la importancia en la programación y planeación de la logística de abastecimiento pactada previamente desde las especificaciones técnicas, identificando y clasificando con anterioridad el producto, su volumen y sus dimensiones, de igual manera involucrando los tiempos de entrega de los materiales con el proveedor.

Durante la simulación se evidenció retrasos en la línea de entrega de los trabajos por falta de disponibilidad de materiales, los cuales generan sobre costos por tiempos de parada en cuadrillas y maquinaria de obra.

El proceso de gestión de abastecimiento de materiales a proyectos en la compañía se realiza con profesionales de diferentes roles y áreas; una planeación estricta a sus actividades además de la verificación del perfil idóneo evita demoras en los tiempos de gestión, procesos de evaluación y tiempos de la solicitud en la orden de compra, almacenamiento e instalación del material. El anexo 1 Simulación del proceso, permite evidenciar estas demoras generadas, por ello se propone reforzar los roles y responsabilidades de las áreas involucradas para generar beneficios adicionales como reducción de costos operativos, aumentando eficiencia y calidad en los procesos.

El modelo de planeación estratégica promueve la identificación de materiales, identificación de restricciones, caracterización correcta del producto, comunicación adecuada y oportuna con el proveedor, complementando elementos claves hallados a través de la combinación de la simulación de las actividades de la compañía y el método Delphi.

## **Recomendaciones**

Dado que el trabajo presentado se realizó en términos cualitativos, trabajos futuros pueden continuar con la validación del modelo en términos cuantitativos.

Entre otros trabajos futuros se propone la aplicación de técnicas de minerías de proceso, para analizar el desempeño de cada uno de ellos y extraer información que permita su rediseño.

Se propone también la mejora del sistema de servicios en cada una de las etapas de la cadena de valor además del desarrollo de programas de capacitación y fundamentación en las actividades de la compañía, fortalecimiento cada una de las áreas con la identificación de roles y responsabilidades.

Con el fin de evitar demoras en la aprobación de las especificaciones, o en el recibo de materiales se sugiere contar con personal adecuado y con personal suplente competente, que pueda asumir dichos roles en la organización en el caso de que se presente ausencia de los responsables.

El área de planeación de abastecimiento a proyectos debe en lo posible cuantificar plenamente las posibles restricciones, es por eso que los líderes y profesionales responsables, deben orientar esta labor en todo momento.

## 9. REFERENCIAS

- [1] Ecopetrol, «Misión, Visión», Corporativo, 2014. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/marco-estrategico/mision-vision>.
- [2] Ecopetrol, «Comunicaciones corporativas Ecopetrol». Agosto-2014.
- [3] Gastón Pérez Rodríguez, *Metodología de la Investigación educativa*. Pueblo y Educación, Editorial, 1996.
- [4] *Managing Process Improvements*, Editorial Mc Graw Hill, 2003
- [5] W. Edwards Deming, *Calidad, Productividad y Competitividad: la salida de la crisis*, Madrid, Ediciones Díaz de Santos, 1989
- [6] Edgardo Escalante, *Seis Sigma Metodologías y Técnicas*. Editorial Limusa 2003
- [7] Hugo Aguirre, *Minería de procesos Fundamentos y Metodología*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana 2016
- [8] W.M.P van der Aalst, A.Adriansyah, "Process mining manifiesto". *Business Process Management Workshops*, vol 99. Eds Berlin: Springer Verlag, 2012, pp. 169-174
- [9] Ecopetrol, *Programa de Transformación Empresarial de Ecopetrol*. 2016.
- [10] Ecopetrol, *Libro Modelo Operativo de Abastecimiento Normativa vigente del proceso de abastecimiento*. 2016.
- [11] Joseph A. De Feo, *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence*, 7th. McGraw-Hill Professional, 2017.
- [12] Eric Teicholz, *Facility Design and Management Handbook*. McGraw-Hill Professional, 2001.
- [13] Thomas Pyzdek y Paul Keller, *Six sigma Handbook.*, 4th ed. McGraw-Hill Professional, 2014.
- [14] Jorge Armando Guerra, «Balanced scorecard y visión estratégica empresarial». [En línea]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/balanced-scorecard-bsc-vision-estrategica-empresarial/>.
- [15] M. Carnap, *Innovationsentwicklung im landwirtschaftlichen Sektor durch SWAP (Innovation development in the agricultural sector with SWAP)*. University of Giessen, 1993.
- [16] Alejandro Lerna y Sergio Barcena, *Planeación estratégica por áreas Funcionales*. AlfaOmega.
- [17] Spyros Makridakis KRIDAKIS, y Steven Wheelwright, *Manual de Técnicas de pronósticos*. 1989.
- [18] G. Scott, «Strategic Planning for High-Tech Product Development. », *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 13, n.º 3, 2001.
- [19] J. Vicens, «Técnicas de predicción subjetiva.», *Métodos alternativos de predicción*, pp. 67-80, 1985.
- [20] Eneko Astigarra, «El método Delphi.», *Universidad de Deusto*, p. 14, 2008.
- [21] Salvador Camacho, *Planeación de recursos empresariales*. 1997.
- [22] Eduardo García, Heriberto Reyes, y Leopoldo Cárdenas, *Simulación y análisis de sistemas con Promodel.*, 1st. México: Pearson, 2006.
- [23] Ecopetrol, «Reporte de Gestión Ecopetrol 2012», *Reporte de Gestión Ecopetrol*, 2012. [En línea]. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/especiales/reportegestion2012/sobre\\_ecopetrol\\_04.html](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/reportegestion2012/sobre_ecopetrol_04.html).

- [24] Ecopetrol, «Estrategia Inversionistas 2020», *Gestión Ecopetrol*, 2015. [En línea].  
Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/documentos/Estrategia-Inversionistas-ESP-26May15.pdf>
- [25] Bizagi Suite, *Solicitud de compras*, pag.3 Copyright 2016.  
Disponible en: <https://www.bizagi.com/processcentral/Documents/65789d98-6d7d-465f-8d5b-fd211c6e4018/docs/Solicitud%20de%20Compra.pdf>
- [27] Alfredo Serpell B., *Administración de operaciones de construcción.*, 2nd ed.  
México:Alfaomega, 2002.
- [28] Manuel Orlando Hernández y Mónica Cristina Muñoz., *Diseño de una metodología para la planeación y programación de la producción de café tostado y molido en la planta de COLCAFE Bogotá*, 2004.
- [29] Andrea Carolina Devia, Johanna Marcela Ochoa., *Propuesta para el abastecimiento de los puntos de venta de SURTIMAX desde el centro de distribución de granos*, 2004.
- [30] Angélica Garzón Patiño y Soraya Zoque Cuellar., *Las interrupciones en la cadena de abastecimiento*, Facultad de Administración- Universidad de Los Andes. Bogotá 2008.
- [31] Hitt, Ireland y Hoskisson., *Administración Estratégica. Competitividad y conceptos de globalización*. International Thomson Ed., S.A. 1999. 502 p.
- [32] Luis Carlos Nuñez Duarte., *Modelo de abastecimiento estratégico para el mantenimiento en campos de producción de hidrocarburos*, 2008.
- [33] Richard Chase y Nicolas Aquilano., *Administración de producción y operaciones*, Ed. McGraw-Hill, 2000
- [34] Silvio Pires y Luis Carretero Diaz., *Gestión de la cadena de Suministros*, Ed. McGraw-Hill, 2007
- [35] Cristian Giovanni Gómez M., *Gestión de la cadena de Suministros, Propuesta de un modelo de gestión logística de abastecimiento internacional en las empresas grandes e importadoras de materia prima. Caso Manizales*. 2006
- [36] Ronald H. Ballou., *Administración de la cadena de suministro*, Ed. Pearson Education Inc, 2004
- [37] Jaume Arnau Gras., *Métodos y técnicas avanzadas de análisis de datos en ciencias del comportamiento, Cap 1. Escalamiento Multidimensional*, Ed Universitat de Barcelona. 1996