

# Evaluación mediante opciones reales de proyectos de inversión en el sector de distribución de combustibles

Investment projects evaluation through real option on the fuel distribution sector

---

Julián Pareja Vasseur\*

Mauricio Mejía Aguirre\*\*

Marcos Gallego Gómez\*\*\*

Fecha de recepción: 16 de mayo de 2016, Fecha de aceptación: 19 de agosto de 2016

## RESUMEN

Se propone la utilización de la metodología de evaluación con opciones reales mediante un enfoque de multiopciones, con el fin de determinar el valor adecuado de un proyecto de distribución de combustibles líquidos en Colombia. Para lo cual, se determinan cada una de las opciones reales que se generan en el objeto de estudio y se estima, el valor adicional percibido por elementos como son; la presencia de riesgo de ocurrencia de eventos contingentes, la volatilidad y el riesgo presente en los flujos de caja. El uso de la metodología de opciones reales permitió estimar un valor adicional del proyecto de forma más precisa, comparado con el valor que se hubiera obtenido si sólo se utilizara la metodología tradicional de descuento de flujos de caja; además con su correcto uso, se pudo determinar, cuáles son las mejores decisiones que se deben tomar durante la ejecución del proyecto. Con esta metodología se permite mejorar la toma de decisiones financieras en un contexto en particular, debido a que representa un análisis que va más allá del modelo tradicional de valoración. De esta manera, se pretende ampliar el espectro de aplicación a otros sectores de la economía, sobre los cuales existe poca investigación.

Clasificación JEL: G3, G17, G30, G39.

**Palabras clave:** evaluación con opciones reales, combustibles líquidos, VPN expandido, CAPM, flexibilidad administrativa, árbol de eventos, opciones compuestas, multiopciones.

---

\* Departamento de Finanzas, Escuela de Economía y Finanzas, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. [jparejav@eafit.edu.co](mailto:jparejav@eafit.edu.co).

\*\* Maestría en Administración Financiera, University/Institution: Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. [mauriciomejiaaguirre@hotmail.com](mailto:mauriciomejiaaguirre@hotmail.com).

\*\* Maestría en Administración Financiera, University/Institution: Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. [mgalle11@gmail.com](mailto:mgalle11@gmail.com).

## ABSTRACT

*This paper aims to determine the appropriate evaluation of a Colombian liquid fuel distribution project using the real option evaluation methodology, through a multi-option approach. Thus, each real option generated by the proposed project under study is determined and the additional perceived value is estimated by elements such as the presence of the occurrence risk of contingent events, volatility and the existing risk on cash flows. Using real options methodology made it possible to estimate an additional value to the project in a more accurate manner compared to the value that would have been obtained applying the traditional methodology of discounted cash flow. In addition, the proper use of this methodology made it possible to determine which decisions must be taken throughout the execution of the project. This methodology allows the improvement of the financial decision making within a particular context, enriched by an analysis that goes beyond the traditional valuation model. Thus, it is intended to expand the application range to other economic sectors in which there is little research.*

*JEL Classification: G3, G17, G30, G39.*

**Key words:** *real options evaluation, liquid fuels, expanded NPV, CAPM, administrative flexibility, event tree, compound options, multi-options.*

## Introducción

La metodología de evaluación por medio de flujos de caja descontados (*discounted cash flows* o DCF) es uno de los métodos más utilizados en la evaluación de empresas y en el análisis de proyectos, por medio de ella se determina el valor, descontando sus flujos de caja a una tasa ajustada por riesgo, que se calcula por lo general mediante un modelo de valoración de activos de capital (*capital asset pricing model* o CAPM), con el que se predice que el rendimiento de equilibrio de los activos financieros está en función de la covarianza del rendimiento del activo con el del mercado (Maya y Pareja, 2014).

El CAPM, define además, que el portafolio óptimo de activos riesgosos es exactamente el mismo, sin importar las preferencias de riesgo del inversionista, que lo cubre de manera independiente por medio de la diversificación (Herings y Kubler, 1999). A partir de los flujos de caja y con la tasa de descuento, se obtiene el valor presente neto (*net present value* o NPV) el cual si es positivo, significa que vale la pena emprender la inversión o, por el contrario, si es negativo, debe abandonarse (Ross, Westerfield y Jaffe, 1999).

La metodología de DCF presenta una serie de falencias, en tanto supone una sola tasa de descuento para todo el modelo (Pareja y Cadavid, 2016), suponiendo que el proyecto se desarrolla en un entorno estable, ya que no contempla el riesgo por volatilidad ni la flexibilidad del mismo; lo anterior implica ignorar que la gerencia puede adaptar su gestión a las condiciones y oportunidades que el mercado le presenta (Mascareñas, 2010). Con lo anterior se desconoce el teorema de Samuelson (1965, p. 219), que indica que “los cambios en el valor presente siguen una caminata aleatoria”. Por último, el método DFC supone de modo implícito, que las decisiones de inversión son ahora o nunca, es decir, ignoran el valor de esperar y mirar que se le ofrece al inversionista al momento de posponer o de modificar las decisiones, hasta que la incertidumbre sea resuelta (Smit y Trigeorgis, 2004).

Como método alternativo de evaluación ante las múltiples limitaciones expuestas, surge la metodología de evaluación con opciones reales (*real options approach* o ROA) (Myers y Turnbull, 1977), enfoque que complementa el tradicional DCF y que permite incluir la flexibilidad del negocio mediante decisiones, como por ejemplo, diferir, expandir o abandonar, entre otras.

El presente artículo tiene varios objetivos: (a) evaluar de forma apropiada, un proyecto real de expansión hacia una nueva zona geográfica de una empresa distribuidora mayorista de combustibles líquidos derivados del petróleo en Colombia, mediante el método ROA con el fin de estimar su correcto valor; (b) demostrar que en proyectos con alta incertidumbre y cuantiosas inversiones, se hace necesario utilizar la metodología ROA, como método de estimación más fiable; (c) identificar y evaluar apropiadamente las opciones que subyacen en el caso de estudio y (d) desarrollar para el método, una aplicación. Para lograr lo anterior, se procedió primero a utilizar el método tradicional DCF, mediante éste estudio se rechazó el proyecto ya que obtuvo un NPV negativo; por tanto, se planteó el uso del método ROA como una mejor alternativa de evaluación, dado que incorpora el riesgo por volatilidad y las diferentes opciones que se pueden dar a lo largo de la vida del proyecto, con el fin de obtener como resultado cuales de ellas se deberían ejecutar.

La hipótesis planteada fue la siguiente: “La utilización complementaria de ROA sobre DCF, permite evaluar de forma apropiada y estimar si es económicamente rentable un proyecto de combustibles líquidos en Colombia, cuando se presentan escenarios de persistencia y alta volatilidad y cuando existe la posibilidad de tomar diversas decisiones durante la ejecución del mismo”.

La principal motivación para realizar este estudio fue la ausencia en la revisión literaria de investigaciones sobre la aplicación de ROA en el sector

de distribución de combustibles líquidos. Por otra parte, es posible indicar que el sector presenta condiciones similares a trabajos que se han realizado en otros sectores de la economía, en los cuales existía presencia de alta incertidumbre y flexibilidad operativa, por lo tanto, es posible considerar este estudio como un referente en dicho contexto.

El artículo se compone de cuatro secciones, en la primera se revisan brevemente los conceptos básicos de las opciones reales, en la segunda sección se define el caso de aplicación, en la tercera se exponen todas las metodologías utilizadas y finalmente se presentan una serie de conclusiones.

## 1. Breve definición de opciones reales y algunas aplicaciones

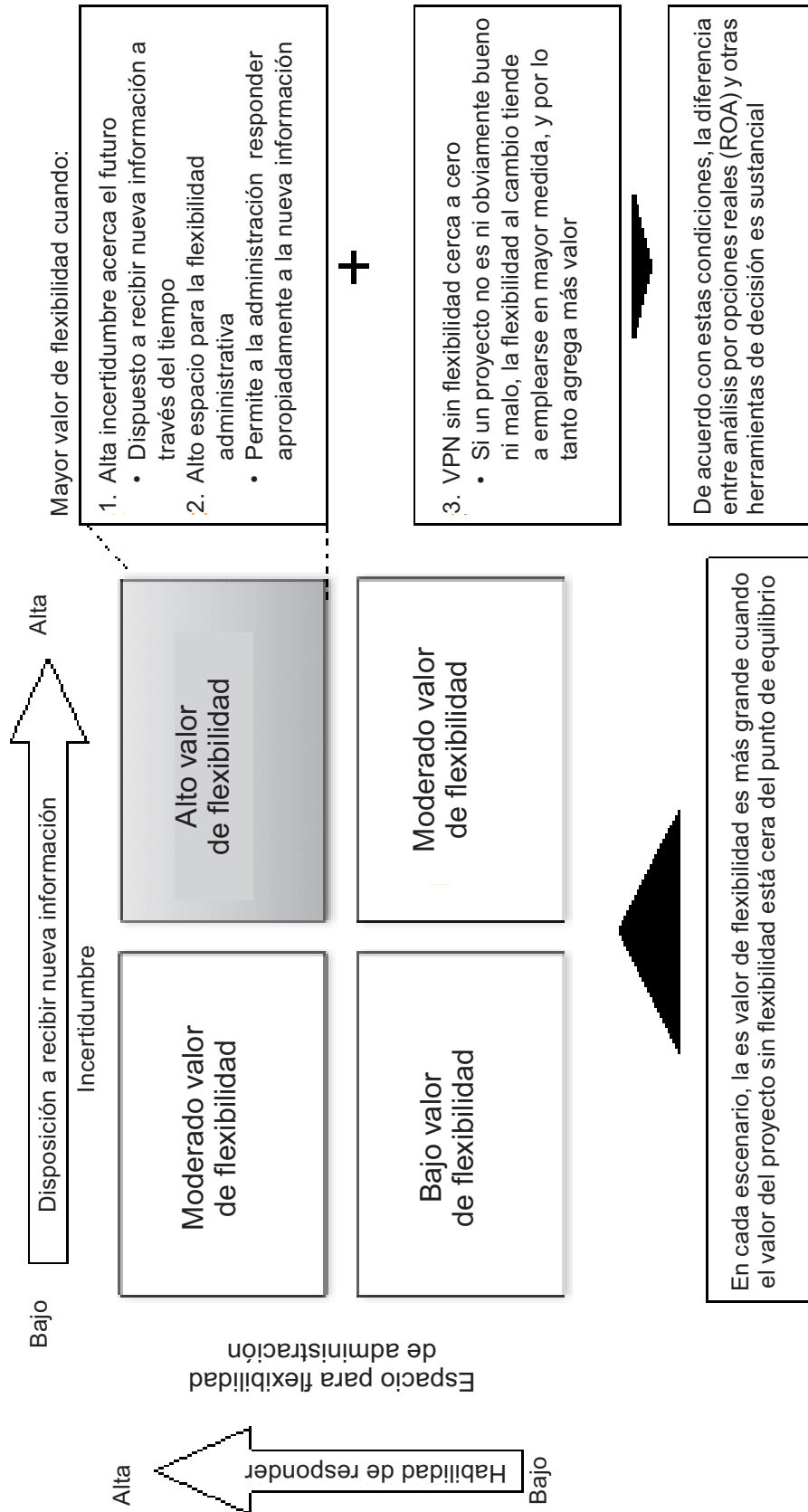
La metodología ROA se deriva a partir de la teoría de opciones financieras y como complemento al método DCF; en las opciones financieras, el valor se conoce a partir de la estimación de un activo subyacente, pues se presume que el mismo se encuentra correlacionado en sentido positivo con el valor de la opción, lo que no procede por lo general en las opciones reales, en las cuales no es posible utilizar un activo subyacente con características similares. El anterior hecho, permite que se utilice como activo subyacente el valor presente (*present value* o PV) del mismo proyecto sin flexibilidad, pues se reconoce que está correlacionado consigo mismo, planteamiento que se denomina (*marketed asseted disclaimer* o MAD).

El MAD no adopta ninguna premisa más fuerte que las utilizadas por la metodología del NPV, dado que, si en la actualidad se está tomando una decisión con base en dicho criterio, de modo razonable se pueden adoptar las mismas suposiciones con la metodología de evaluación mediante ROA (Copeland y Antikarov, 2003).

La Figura 1 permite demostrar en cuáles condiciones es óptimo aplicar el método de evaluación mediante ROA en función de dos variables: la habilidad para responder, es decir la flexibilidad y la disposición para recibir nueva información, que corresponde a la incertidumbre. Además, en proyectos que presentan NPV cercanos a cero y que incluyen grandes inversiones que se caracterizan por ser irreversibles, al menos en forma parcial (Dixit y Pindyck, 1994), la utilización de esta metodología se considera un factor necesario y decisorio (Amram y Kulatilaka, 2000).

Por otra parte, es importante que al momento de realizar un análisis a través de este enfoque, se defina cuál es el tipo de opción que se piensa

Figura 1. Valor de la opción en función de la incertidumbre y flexibilidad



Fuente: Traducción por los autores de Copeland y Antikarov (2003, p. 14).

considerar. La literatura (Borissiouk y Peli, 2002) con relación a este tema identifica los siguientes conceptos:

- **Diferir:** cuantifica el incremento en el NPV generado por los ingresos provenientes de una inversión inmediata y las pérdidas que se evitarían por esperar al resolver la incertidumbre.
- **Expandir o contraer:** incorpora la posibilidad de alterar la escala del proyecto de acuerdo con los cambios en las condiciones de mercado.
- **Abandonar o suspender en forma temporal:** cuando el PV no es suficiente para cubrir el valor de los gastos e inversiones futuras necesarias para sostenerse, se debe evaluar la posibilidad de interrumpir las operaciones en forma parcial o temporal.
- **Cambiar:** ofrece a su tenedor el derecho de cambiar entre dos tipos de operación, por un costo determinado. Se debe analizar que la inversión necesaria para hacer el cambio no sea mayor que el NPV adicional que se genere.
- **Compuesta:** son una combinación de múltiples opciones, que se pueden realizar en forma independiente (simultánea) o dependiente (secuencial) (Borissiouk y Peli, 2002).

También es importante mencionar que existen dos formas de utilizar esta metodología; la primera es determinar el valor de la opción de manera directa y la segunda, que es la más utilizada, permite hallar el valor de la opción, mediante la operación de restar el NPV estratégico (*strategic NPV* o NPVe), es decir, aquel valor que contiene la opción, y el generado por la valoración tradicional mediante DCF y que entrega como resultado un NPV sin flexibilidad o estático.

La literatura muestra que el modelo ROA ha sido aplicado en forma extensa en modelos de evaluación de proyectos en el mundo, en especial en los sectores de infraestructura, petrolero y energético. Existen en América Latina algunos estudios relevantes a referenciar, como son los de Caporal y Brandão (2008), quienes propusieron la utilización de ROA para la evaluación de plantas de generación de energía en condiciones de incertidumbre y con la posibilidad de elegir el tipo de venta de energía utilizando las opciones reales. Por su parte, Gonçalves y Ferreira (2008) realizaron un estudio acerca del biodiesel como fuente de energía renovable, en el que se evaluó el cambio que se puede hacer entre el diésel y el biodiesel, mediante la metodología de opciones reales secuenciales europeas. Los investigadores Bastian-Pinto *et al.* (2010), en su estudio compararon el precio del combustible mediante el

método de opciones reales, utilizando dos metodologías para estimar dicho precio; la primera fue el método del movimiento browniano geométrico y la otra, correspondió a un proceso de reversión a la media. Otra propuesta de aplicación del modelo de opciones reales fue empleado en una empresa multinacional española de la industria de componentes de automóvil, como una herramienta de estrategia empresarial (De la Fuente Herrero, 2005). Por último Palenzuela *et al.* (2004), aplicaron un modelo de opciones reales en la industria de componentes de automóvil, en el que identificaron y analizaron las opciones de crecimiento y de flexibilidad asociadas al compromiso inicial de recursos, se valoraron las opciones mediante el modelo log binomial.

En Colombia, también es posible encontrar investigaciones en las que se aplicó con éxito esta metodología; por ejemplo, Hernández y Martínez (2007) formularon un modelo de opciones reales condicionales (*conditional real options model* o MORC) para la evaluación de proyectos, cuando los flujos esperados son probabilísticos y contingentes al estado promedio de una variable exógena, para el caso de un proyecto de inversión en infraestructura petrolera. Concluyeron, además, que el MORC es el criterio de inversión más confiable cuando se evalúan proyectos con flujos condicionales y estocásticos. Por su parte, Maya *et al.* (2012), utilizaron ROA para la valoración de proyectos de energía eólica. En su estudio exploraron diferentes metodologías de evaluación de proyectos de generación de energía eólica y concluyeron que las mismas no serían viables desde el punto de vista financiero mediante métodos tradicionales de evaluación. Calle y Tamayo (2009) emplearon en Colombia la metodología de evaluación con opciones reales, en un proyecto de construcción de viviendas a través de la metodología de Black y Scholes. Se evaluó el proyecto por la metodología tradicional y la decisión inicial fue rechazarlo; luego mediante el uso de la metodología ROA, se evaluó la oportunidad de desarrollar la construcción por etapas y se obtuvo, al final, un proyecto viable desde el punto de vista financiero. Los anteriores estudios permitieron mostrar la importancia de realizar una apropiada estimación del verdadero valor de un proyecto, lo que permite concluir que la metodología ROA es la indicada para realizar dicha estimación.

## **2. Sector de distribución de combustibles líquidos en Colombia**

La distribución de combustibles líquidos en Colombia fue definida como un servicio público por la Ley 39 de 1987 (Congreso de Colombia, 1987) y re-

glamentada más tarde en 2003, cuando se introdujo el uso de biocombustibles con alcohol carburante (etanol) y de aceite de palma (B100) mediante la resolución 180687 de 2003 (Ministerio de Minas y Energía, 2003), pero fue sólo a partir de 2009 cuando se reglamentó los biocombustibles para vehículos de pasajeros por medio de la resolución 180462 de 2009 (Ministerio de Minas y Energía, 2009) y el decreto 1135 del mismo año (Presidencia de la República, 2009).

## 2.1 Cadena de distribución

El decreto 4299 de 2005 (Presidencia de la República, 2005) estableció la estructura de agentes de la cadena de distribución de combustibles, que está integrada por tres actores:

- Productores refinadores e importadores: representados por Ecopetrol, que es una empresa social del Estado, de economía mixta y que tiene monopolio en la cadena y además, cobra por el transporte del combustible.
- Distribuidores mayoristas: son agentes que distribuyen el combustible a los grandes consumidores y a los distribuidores minoristas o estaciones de servicios (EDS). Tres empresas (Terpel, Chevron-Texaco y Exxon-Mobil) controlan el 83% de la distribución mayorista.
- Distribuidores minoristas: son las estaciones de servicio; su razón de ser es la comercialización de combustible al público y demás usuarios finales; existen alrededor de 4,634 estaciones que prestan el servicio en Colombia (Fendipetróleo y Yepes Alzate, 2009).

## 2.2 Distribución del ingreso

La estructura de precios definida por el Ministerio de Minas y Energía en Colombia, estableció el ingreso para cada uno de los participantes de la cadena de producción y comercialización; el productor tiene la mayor participación en la estructura de precios, como se puede apreciar en la Figura 2. También se fijó para el distribuidor mayorista un margen de intermediación, conocido como margen mayorista, que se calcula al considerar las inversiones en infraestructura, costos de operación y mantenimiento, los gastos operacionales y las pérdidas por evaporación y costos de aditivación,<sup>1</sup> que para

---

<sup>1</sup> Proceso mediante el cual se busca mejorar las propiedades de los combustibles mediante la adición de sustancias químicas.



el año 2014, se correspondía a un máximo de 305 pesos colombianos (COP) por galón para el ACPM y la gasolina corriente, según la resolución 9 1657 de 2012 (Ministerio de Minas y Energía, 2012).

El precio pagado por un consumidor final sobre un galón de combustible se distribuye a los diferentes participantes de la cadena de la siguiente forma (ACP, 2014):

Figura 2. Distribución del ingreso por galón en los agentes



Fuente: ACP (2014, p. 5).

### 3. Aplicación de la metodología de opciones reales a un distribuidor mayorista de combustibles en Colombia

Cada vez que una empresa toma una decisión de inversión que compromete su estrategia de negocio, está arriesgando el futuro de la misma, en especial cuando la inversión es alta y difícil de revertir y los flujos futuros esperados son volátiles e inciertos.

El sector de la comercialización de combustibles es un mercado estable, lo que dificulta la identificación de la tasa de crecimiento adecuada; por lo tanto, los flujos no representan el crecimiento potencial del negocio y las oportunidades de expansión e inversión que por lógica, se deben generar.

En el caso de valoración que se presenta a continuación se calculó, en primera instancia, la estimación del NPV de la empresa en marcha con la metodología tradicional DCF, sin tener en cuenta las oportunidades de expansión diferentes a su crecimiento natural, y en una segunda parte, en forma independiente, se obtuvo la evaluación de un proyecto de expansión de esta empresa, en una nueva zona geográfica.

Para la evaluación de la empresa distribuidora mayorista de combustibles líquidos derivados del petróleo se aplicó el modelo de DCF y se adoptó la metodología tradicional del costo promedio ponderado de capital (*weighted average cost of capital* o *WACC*), mediante el método *rolling WACC* o *circularity WACC*, el cual asume el efecto de circularidad entre el valor operativo de empresa y el WACC, para estimar el valor de la empresa, tema expuesto por Vélez Pareja y Tham (2002).<sup>2</sup> Como resultado se obtuvo un NPV de COP120,803 millones, como se puede ver en el Tabla 1.

El proyecto de crecimiento de la compañía consistió en expandir su operación a una nueva zona geográfica, lo que implicó la construcción de una planta adicional con conexión al poliducto, con una inversión inicial que ascendió a COP17,000 millones que abarcaba la compra de un lote y su respectiva adecuación, la construcción de nueve tanques de almacenamiento, una zona de abastecimiento de carrotanques y por último, la puesta en marcha del proyecto.

Con respecto al proyecto, los flujos de caja se estimaron mediante el tradicional DFC, utilizando los elementos que se indican en la Tabla 2, como referencia a la tasa libre de riesgo (*risk free* o *Rf*) para el mercado colombiano, se emplearon los TES o títulos de deuda pública del gobierno colombiano tipo clase “B” de vencimiento en julio de 2024, con una tasa de 6.5% efectivo anual equivalente a 6.3% anual continua; y para la tasa de crecimiento (*growth* o *g*) se igualó a cero, pues el crecimiento lo generarían las oportunidades de expansión que se estimaron mediante la metodología ROA. La financiación del proyecto se estimó en un 100% con recursos propios; por tanto, el costo patrimonial apalancado (*levered cost equity* o *Ke*) fue igual al que se estima mediante el modelo CAPM descrito por Markowitz (Besley & Bringham, 2009).

Tabla 2. Variables utilizadas para la valoración de los flujos de caja libres de la empresa y del proyecto

Parámetro	Valor
Rf	6.3%
g	0%
Ke	14%
WACC	9.80%

Fuente: Elaboración propia.

<sup>2</sup> Para este tema en específico, véase también [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=873686](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=873686).

Tabla 1. Cálculo del valor presente neto (NPV) de la empresa en marcha a través rolling wacc

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Flujo de caja de la operación	8,833,096	9,795,738	10,830,460	11,998,845	13,314,293	15,229,978	16,865,862	18,658,927	20,622,123	22,769,234	
Flujo de caja de la inversión	-5,437,810	-4,300,105	-1,699,345	-4,450,647	-4,920,450	-5,375,566	-5,800,756	-6,284,270	-6,803,102	-7,359,318	
<b>Flujo de caja del proyecto</b>	<b>3,395,286</b>	<b>5,495,633</b>	<b>9,131,114</b>	<b>7,548,197</b>	<b>8,393,843</b>	<b>9,854,412</b>	<b>11,065,106</b>	<b>12,374,657</b>	<b>13,819,021</b>	<b>15,409,917</b>	
Flujo de caja de la deuda	-11,365,240	1,633,127	3,574,190	6,998,211	1,520,320	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja del ahorro de impuestos		223,084	179,469	158,664	28,934	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo de caja de la financiación</b>	<b>1,410,042</b>	<b>3,394,721</b>	<b>6,839,547</b>	<b>1,491,386</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Flujo de caja del inversionista</b>	<b>1,985,243</b>	<b>2,100,912</b>	<b>2,291,567</b>	<b>6,056,811</b>	<b>8,393,843</b>	<b>9,854,412</b>	<b>11,065,106</b>	<b>12,374,657</b>	<b>13,819,021</b>	<b>15,409,917</b>	
<b>Flujo de caja del capital</b>	<b>-9,305,907</b>	<b>3,618,370</b>	<b>5,675,102</b>	<b>9,289,778</b>	<b>7,577,132</b>	<b>8,393,843</b>	<b>9,854,412</b>	<b>11,065,106</b>	<b>12,374,657</b>	<b>13,819,021</b>	<b>15,409,917</b>
<b>Flujo de caja libre</b>	<b>-9,305,907</b>	<b>3,395,286</b>	<b>5,495,633</b>	<b>9,131,114</b>	<b>7,548,197</b>	<b>8,393,843</b>	<b>9,854,412</b>	<b>11,065,106</b>	<b>12,374,657</b>	<b>13,819,021</b>	<b>15,409,917</b>
WACC		10.04%	11.12%	10.60%	10.77%	10.75%	10.71%	10.53%	10.43%	10.32%	10.22%
Flujo de caja del accionista	2,059,333	1,985,243	2,100,912	2,291,567	6,056,811	8,393,843	9,854,412	11,065,106	12,374,657	13,819,021	15,409,917
Valor Patrimonial	118,743,339	129,153,655	142,051,742	155,166,823	165,893,021	175,332,725	184,251,294	192,589,493	200,297,623	207,158,621	212,923,469
Ke		10.44%	11.61%	10.85%	10.82%	10.75%	10.71%	10.53%	10.43%	10.32%	10.22%
Deuda	11,365,240	10,624,451	7,768,137	1,404,583	0	0	0	0	0	0	0
APV(FCL/Ku)	129,623,653	139,466,738	149,652,970	156,545,290	165,893,021	175,332,725	184,251,294	192,589,493	200,297,623	207,158,621	212,923,469
Al(Ku)	484,926	311,367	166,909	26,116	0	0	0	0	0	0	0
<b>Valor de la Firma</b>	<b>130,108,579</b>	<b>139,778,106</b>	<b>149,819,879</b>	<b>156,571,406</b>	<b>165,893,021</b>	<b>175,332,725</b>	<b>184,251,294</b>	<b>192,589,493</b>	<b>200,297,623</b>	<b>207,158,621</b>	<b>212,923,469</b>
NPV de la firma	120,802,672										
NPV del patrimonio	120,802,672										

APV: Valor presente ajustado; Ku: Costo de capital; Al: Ahorro tributario

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el valor de los flujos del proyecto que ocurren después del período explícito, es decir, el valor terminal o valor de horizonte del proyecto, se utilizó la siguiente ecuación (Vélez Pareja y Tham, 2004):

$$\text{Valor de horizonte} = \frac{UODI * (1 + g) * (1 - h)}{wacc - g} \quad (1)$$

Donde:

- UODI*      Corresponde a la utilidad operacional después de impuestos del último período explícito.
- g*            Es la tasa de crecimiento.
- h*            Es tasa de inversión.
- wacc*        Es el costo promedio ponderado de capital.

Además de la adquisición de activos fijos, fue necesario realizar inversiones adicionales en capital de trabajo, dado que el proyecto poseía un ciclo de caja negativo, junto con inversiones para la vinculación de nuevos clientes o la renovación de contratos de suministro de combustible con las EDS. Fue también importante considerar los siguientes aspectos:

- a) Descuento: se estableció un porcentaje del margen mayorista, el cual se trasladó a las EDS como menor valor del precio por galón.
- b) Inversión en EDS: estaba compuesta por dos elementos; el primero se refiere a un costo de abanderamiento<sup>3</sup> y el segundo a una prima pagada de forma anticipada.<sup>4</sup> El valor presente de la inversión en EDS se estimó en COP6,237 millones.

Dadas las cuantiosas inversiones necesarias para poner en marcha la operación, se decidió iniciar evaluando un arrendamiento<sup>5</sup> a un tercero, que aunque costoso, ofrecía a la empresa la posibilidad de posponer la inversión hasta alcanzar ciertos niveles de operación en los que fuera rentable. Sin

<sup>3</sup> El abanderamiento de una estación de servicio corresponde a la dotación necesaria para que pueda ser identificada como comercializador autorizado del distribuidor mayorista que le suministra los productos.

<sup>4</sup> Es un valor pagado por adoptar la marca del distribuidor mayorista.

<sup>5</sup> Se refiere al alquiler de capacidad ociosa en los tanques de almacenamiento de un tercero.

embargo, al evaluar el proyecto por el método tradicional DCF y utilizando como criterio el NPV se obtuvo un valor de -COP662 millones. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Cálculo del flujo de caja libre del proyecto sin incluir las opciones reales y criterio el valor presente neto (NPV)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Número de estaciones de servicio vinculadas</b>												
Ventas (galtones)		4,448,280	8,167,843	12,832,589	17,589,812	21,973,379	24,554,082	26,707,286	27,937,729	28,703,608	28,990,644	29,380,551
Ventas (COP)		32,925,870,987	60,457,825,789	94,985,961,851	130,198,614,852	162,645,480,185	181,747,672,751	197,685,545,593	206,793,201,086	212,462,187,116	214,586,808,987	216,732,677,077
Costo (COP)		31,559,554,909	57,949,023,533	91,044,354,750	124,795,797,690	155,896,224,114	174,205,738,095	189,482,241,282	198,211,958,827	203,645,700,456	205,682,157,461	207,738,979,036
Utilidad bruta ventas		1,366,316,078	2,508,802,257	3,941,607,101	5,402,817,162	6,749,256,071	7,541,934,657	8,203,304,311	8,581,242,260	8,816,486,659	8,904,651,526	8,993,698,041
Costo transporte		17,793,120	32,671,371	51,330,354	70,359,250	87,893,515	98,216,328	106,829,145	111,750,916	114,814,432	115,962,577	117,122,203
Descuento en ventas		594,347,494	1,091,328,982	1,714,599,089	2,350,225,466	2,935,926,391	3,280,741,576	3,568,437,375	3,732,840,383	3,835,171,697	3,873,523,414	3,912,258,648
Utilidad bruta		754,175,464	1,384,801,904	2,175,677,658	2,982,232,447	3,725,436,165	4,162,976,753	4,528,037,791	4,732,650,961	4,866,500,530	4,915,165,535	4,964,317,191
Gastos variables		115,240,548	211,602,390	332,450,866	455,695,152	569,259,181	636,116,855	691,809,410	723,776,204	743,617,655	751,053,831	758,564,370
Margen de contribución variable		638,934,916	1,173,199,514	1,843,226,792	2,526,537,295	3,156,176,984	3,526,859,898	3,836,138,381	4,012,874,757	4,122,882,875	4,164,111,704	4,205,752,821
<b>Personal</b>		18,006,617	18,546,846	19,103,252	19,676,349	20,266,640	20,874,659	21,500,878	22,145,905	22,810,282	23,494,590	24,191,428
Arrendamiento		409,894,824	752,640,677	1,182,482,130	1,620,845,149	2,024,776,821	2,462,580,397	2,460,991,293	2,574,372,678	2,644,945,998	2,671,395,458	2,698,109,412
Depreciación		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros fijos		28,600,000	29,478,600	30,362,958	31,273,847	32,212,062	33,178,424	34,173,777	35,198,990	36,254,960	37,342,089	38,460,887
Inversión en estaciones de servicio		1,482,760,000	1,186,208,000	1,482,760,000	1,482,760,000	1,334,484,000	741,380,000	593,104,000	296,552,000	148,276,000	0	0
<b>Gastos fijos</b>		1,939,281,471	1,986,874,123	2,714,708,340	3,154,555,345	3,411,739,523	3,058,013,460	3,109,769,948	2,928,269,572	2,852,287,239	2,732,233,656	2,760,771,727
Utilidad operacional		-1,300,346,555	-813,674,610	-871,481,549	-628,018,050	-255,562,539	468,846,438	726,368,433	1,084,605,184	1,270,595,636	1,431,879,048	1,444,981,094
Financiación		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos		-1,300,346,555	-813,674,610	-871,481,549	-628,018,050	-255,562,539	468,846,438	726,368,433	1,084,605,184	1,270,595,636	1,431,879,048	1,444,981,094
Impuestos		0	0	0	0	0	131,777,003	203,383,161	303,689,452	355,766,778	400,976,133	404,594,706
Utilidad neta		-1,300,346,555	-813,674,610	-871,481,549	-628,018,050	-255,562,539	337,069,435	522,985,272	780,915,733	914,828,858	1,030,952,914	1,040,386,388
<b>EBITDA</b>		-1,300,346,555	-813,674,610	-871,481,549	-628,018,050	-255,562,539	468,846,438	726,368,433	1,084,605,184	1,270,595,636	1,431,879,048	1,444,981,094
Capital de trabajo		-1,152,974,540	-2,117,068,791	-3,326,150,301	-4,559,201,733	-5,695,402,797	-6,364,309,679	-6,922,410,681	-7,241,336,031	-7,439,848,518	-7,514,247,004	-7,589,389,474
Variación de capital de trabajo neto operativo		-1,152,974,540	-964,094,251	-1,209,081,510	-1,233,051,433	-1,136,201,064	-668,906,882	-558,101,003	-318,925,349	-198,512,488	-74,398,485	-75,142,470
Flujo de caja libre		0	-2,453,321,095	-1,777,768,861	-2,080,563,058	-1,861,069,483	-1,391,763,603	-200,060,444	168,267,431	765,679,835	1,072,083,148	1,357,480,562
<b>Valoración sin flexibilidad</b>		0	-2,453,321,095	-1,777,768,861	-2,080,563,058	-1,861,069,483	-1,391,763,603	-200,060,444	168,267,431	765,679,835	1,072,083,148	1,357,480,562
Flujo de caja libre												
Perpetuidad												
Flujo de caja libre más perpetuidad												
Valor presente neto (NPV)												

Fuente: elaboración propia.

### 3.1 Proceso de cuatro pasos para la valoración del proyecto mediante ROA

Para realizar la evaluación por medio de opciones reales, se aplicó el modelo propuesto por Copeland y Antikarov (2003) que consiste en un proceso de cuatro pasos secuenciales, los cuales están expuestos en la figura 3, que permiten estructurar las posibles opciones y compararlas con el caso de base para identificar el valor que las mismas agregan al proyecto.

Figura 3. Proceso de cuatro pasos para evaluación por opciones reales.



Fuente: traducción por los autores de Copeland y Antikarov (2003, p.220).

#### Paso 1: caso de base sin flexibilidad mediante el modelo DCF

Para establecer el caso de base se tomó la metodología tradicional de evaluación mediante DCF, que arrojó un NPV estático de -COP662 millones; de estas proyecciones se restó el gasto de arrendamiento, dado que no se incurre en el caso en que se decidiera optar por construir la planta propia; tampoco se incluyeron las inversiones de crecimiento, pues formaban parte de las alternativas que se valorarían más tarde. Se obtuvo un PV de COP20,274 millones, es decir, sin flexibilidad. Ver Tabla 4.

#### Paso 2: construcción del árbol de eventos

En este paso se definieron las principales variables de incertidumbre; se estimó la volatilidad de los flujos de caja por medio del uso de la simulación de Montecarlo y se construyó el árbol de eventos.

#### *Definición de los parámetros del proyecto*

Con el fin de agregar al proyecto el efecto fluctuante de las condiciones de mercado, se procedió a analizar las diferentes variables del modelo y de esta forma se identificaron cuáles podrían llegar a tener un impacto significativo sobre el PV del proyecto.

Tabla 4. Comparativo entre el valor presente neto del proyecto sin opciones y el valor presente excluyendo las inversiones y gastos necesarios para ejecutar las opciones.

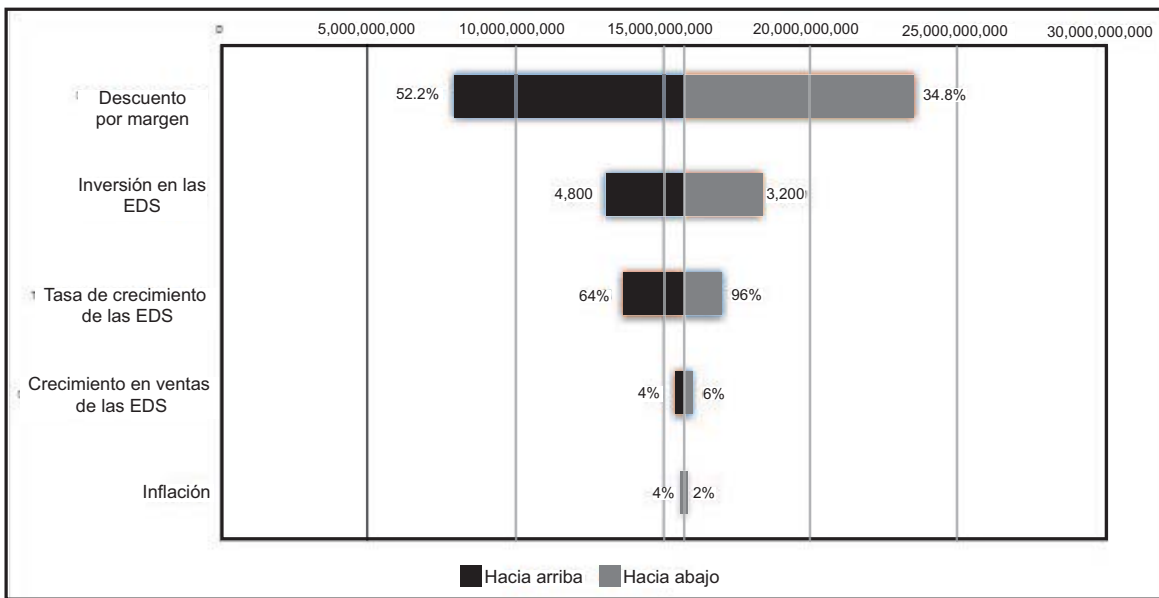
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Valoración sin flexibilidad</b>											
Flujo de caja libre	0	-2,453,321,095	-1,777,768,861	-2,080,563,058	-1,861,069,483	-1,391,763,603	-200,060,444	168,267,431	765,679,835	1,072,083,148	1,357,480,562
Perpetuidad											13,909,744,812
Flujo de caja libre más perpetuidad	-2,453,321,095	-1,777,768,861	-2,080,563,058	-1,861,069,483	-1,391,763,603	-200,060,444	168,267,431	765,679,835	1,072,083,148	1,357,480,562	15,267,225,375
<b>Valor presente neto (NPV)</b>	<b>-661,729,344</b>	<b>1,726,424,314</b>	<b>3,674,212,304</b>	<b>6,116,613,627</b>	<b>8,580,050,278</b>	<b>10,816,781,522</b>	<b>12,082,084,018</b>	<b>13,103,666,263</b>	<b>13,628,442,033</b>	<b>13,898,494,670</b>	<b>13,909,744,812</b>
<b>Valoración con flexibilidad</b>											
Flujo de caja libre menos arrendamiento	0	-2,043,426,271	-1,025,128,184	-898,080,928	-240,224,334	633,013,219	2,062,519,953	2,629,258,724	3,340,052,513	3,717,025,146	4,028,876,020
Perpetuidad											41,307,142,392
Flujo de caja libre más perpetuidad	-2,043,426,271	-1,025,128,184	-898,080,928	-898,080,928	-240,224,334	633,013,219	2,062,519,953	2,629,258,724	3,340,052,513	3,717,025,146	45,336,018,413
<b>Valor presente sin arrendamiento (PV)</b>	<b>20,273,630,101</b>	<b>24,313,613,601</b>	<b>27,733,158,609</b>	<b>31,362,414,863</b>	<b>34,691,225,494</b>	<b>37,474,621,508</b>	<b>39,102,621,018</b>	<b>40,324,207,963</b>	<b>40,955,303,612</b>	<b>41,271,573,244</b>	<b>41,307,142,392</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 es posible identificar que las variables de mayor impacto sobre el PV en su orden fueron: descuento por margen mayorista e inversión EDS. Sin embargo, se encontró que estos dos parámetros impactaron el PV en el mismo sentido, porque ellos dependen de la negociación que se realice con los clientes; por tal motivo, se decidió por parte de los autores, seleccionar las variables descuento por margen y tasa de crecimiento de las EDS, dado que reflejan en forma más apropiada la relación que existe entre la empresa, el proyecto y su participación en el mercado.

Es importante resaltar el hecho que la volatilidad individual de cada una de las mencionadas variables fue diferente a la del proyecto (Copeland y Antikarov, 2003); por tanto, mediante la simulación de Montecarlo fue posible recrear lo anterior, al generar valores aleatorios a cada una, a partir del comportamiento de la distribución asignada, así: para la variable descuento por margen se tipificó mediante la distribución logarítmico-normal, con una media de 43.5% y una desviación estándar de 15.6% y en la que la concentración de los valores más probables se presentó para porcentajes de descuento inferiores a 60%; lo anterior se fundamentó en el análisis por parte de los autores acerca del comportamiento del mercado; y para la variable

Figura 4. Definición de las variables clave del proyecto, estimada sobre el criterio PV



Fuente: Elaboración propia con utilización de Crystal Ball®.



tasa de crecimiento de las EDS se utilizó la distribución logística, que tiene como principal propiedad que los datos se comportan en forma simétrica y están concentrados alrededor de la media.

Para definir el comportamiento de las dos variables anteriores se recurrió a una prueba de bondad de ajuste no paramétrica, en la que se empleó para tomar la decisión, el estadístico de prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y con posterioridad se procedió hacer una regresión entre ellas, para identificar su grado de correlación, elemento éste que se incluyó al momento de realizar la simulación. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Correlación estimada entre las variables de entrada críticas del proyecto

	Descuento por margen	Tasa de crecimiento de las EDS
Descuento por margen	1	0.998550824
Tasa de crecimiento de las EDS	0.998550824	1

Fuente: Elaboración propia.

#### Estimación de la volatilidad: modelación de la incertidumbre

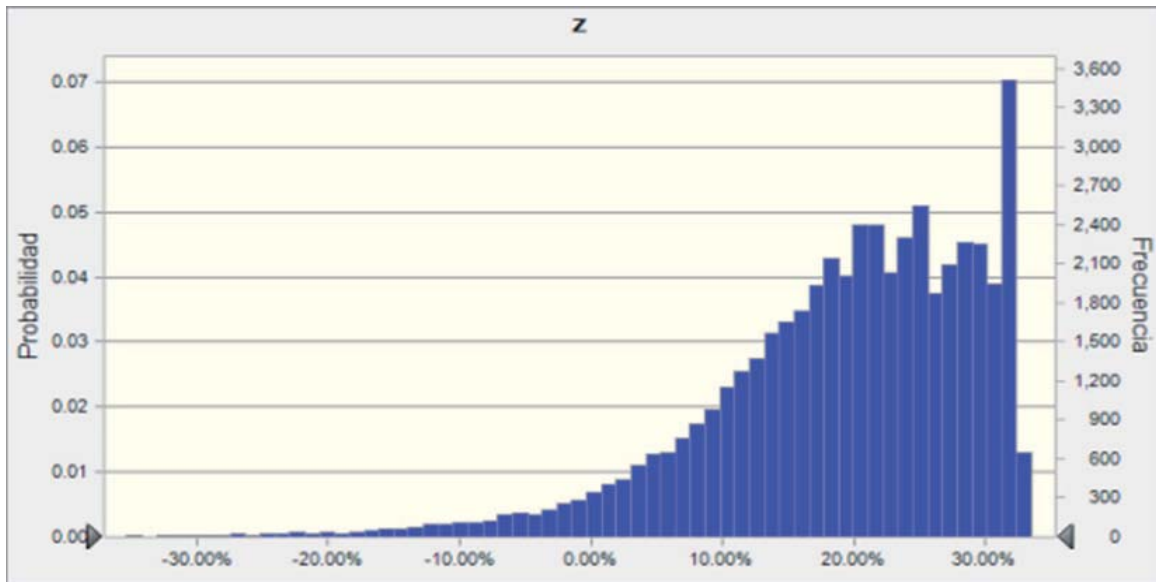
Se realizaron 50,000 iteraciones para determinar el valor medio de los flujos de caja, utilizando como criterio financiero la TIR modificada (*modified internal rate of return* o TIRM). Autores como Maya *et al.* (2012) la utilizaron como una tasa diferencial para las inversiones y reinversiones de capital y para los flujos de caja positivos del proyecto, además de demostrar sus múltiples ventajas. Como se puede ver en la Figura 5, la medida de volatilidad que se empleó como *proxy* fue la desviación estándar, misma que arrojó un valor de 18.66% anual.

#### Construcción del árbol de eventos

Se utilizó por parte de los autores un modelo binomial discreto, a partir del PV como caso de base estimado: COP20,274 millones, como se puede ver a continuación en la Tabla 6.

Dado que el gasto de arrendamiento se le cobraba a la empresa como un porcentaje del margen mayorista por galón vendido, es decir, estaba expresado en función del volumen de ventas, se decidió construir un árbol que re-

Figura 5. Volatilidad de los flujos de caja libres del proyecto sin flexibilidad



Valores de previsión TIRM	
Iteraciones	50,000
Caso de base	18.65%
Media	16.93%
Desviación estándar	18.66%
Mínimo	-100.00%
Máximo	33.47%

Fuente: Elaboración propia con utilización de Crystal Ball®

flejara su comportamiento estocástico. En la Tabla 7 es posible observar los posibles valores que puede tomar dicho gasto en cada uno de los nodos. El valor de base de esta variable fue de COP410 millones para el período cero.

Paso 3: flexibilidad del proyecto. Construcción del árbol de decisión

#### *Definición de las opciones del proyecto*

A través de criterios de expertos y en conjunto con la gerencia, se definieron tres principales alternativas de la flexibilidad operativa y un escenario inicial en el que la operación se realizó mediante el arriendo de la capacidad

Tabla 6. Construcción del árbol binomial a través del valor presente del proyecto (VP) como activo subyacente

		Valor presente													
		Parámetros calculados													
Parámetros de entrada															
Tasa anual libre de riesgo	6.30%														
Valor anual del subyacente	20.274														
Precio de ejercicio X															
Vida de la opción en años															
Desviación estándar anual	18.66%														
Número de pasos por año	1														
Árbol de eventos para PV															
0															
1	20,274	24,434	29,447	35,489	42,771,	51,547	62,124	74,871	89,749	108,749	131,063				
2		16,822	20,274	24,434	29,447	35,489	42,771	51,547	62,124	74,871	90,234	111,582	145.24779		
3			13,958	16,822	20,274	24,434	29,447	35,489	42,771	51,547	62,124	74,871	90,234	111,582	145.24779
4				11,582	13,958	16,822	20,274	24,434	29,447	35,489	42,771	51,547	62,124	74,871	90,234
5					9,610	11,582	13,958	16,822	20,274	24,434	29,447	35,489	42,771	51,547	62,124
6						7,974	9,610	11,582	13,958	16,822	20,274	24,434	29,447	35,489	42,771
7							6,616	7,974	9,610	11,582	13,958	16,822	20,274	24,434	29,447
8								5,490	6,616	7,974	9,610	11,582	13,958	16,822	20,274
9									4,555	5,490	6,616	7,974	9,610	11,582	13,958
10										3,780	4,555	5,490	6,616	7,974	9,610

Fuente: Elaboración propia.



de un tercero para almacenar el combustible, con un máximo de almacenamiento de 714,000 barriles.

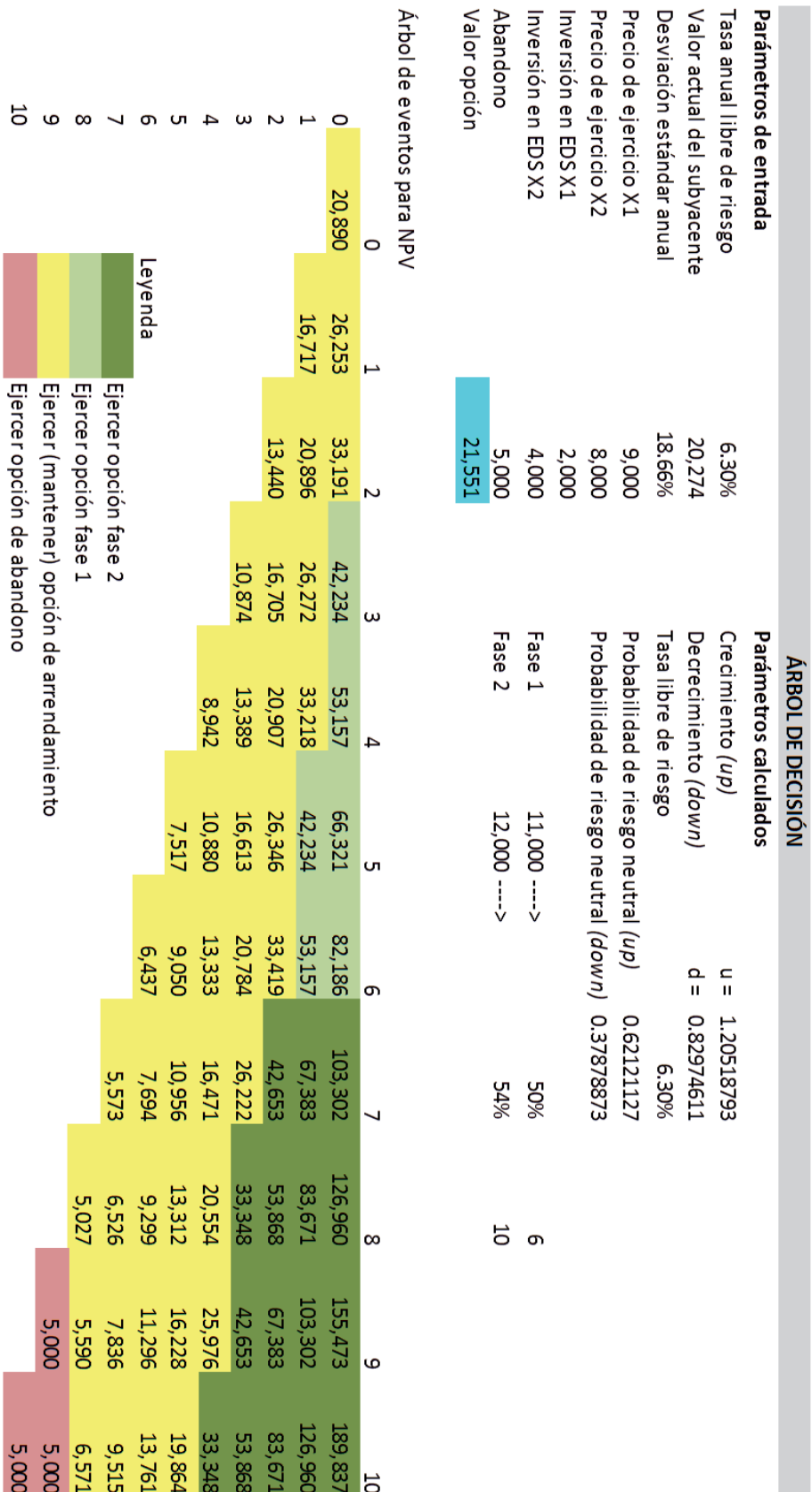
*Alternativas de flexibilidad:*

- **Opción de expansión 1:** una vez alcanzado cierto nivel de operación, la gerencia consideró que sería conveniente construir una planta de almacenamiento propia con capacidad de 952,000 barriles. La inversión necesaria era de COP3,000 millones para la adquisición de un lote, de COP6,000 millones para la construcción de la planta de almacenamiento y de COP2,000 millones de inversión en las EDS. La inversión permitiría incrementar las ventas, generar ahorros por gasto de arrendamiento y eliminar el riesgo de dependencia del arrendatario. Se estimó que, en caso de proceder con la inversión, el VP podría incrementarse en un 50% y el plazo para ejercer la opción era desde el periodo cero hasta el sexto, inclusive.
- **Opción de expansión 2:** ejercida la primera inversión, la empresa podría decidir ampliar de nuevo su planta de almacenamiento para incrementar el volumen de los tanques en 952,000 barriles adicionales, para un total de 1,904,000. Para este escenario se contempló que el costo de la inversión sería de COP8,000 millones en los tanques y de COP4,000 millones de inversión en las EDS. Los autores estimaron que al realizarse dicha inversión, el PV se incrementaría en un 54% y su tiempo de vigencia se estipuló desde el año siete hasta el 10, inclusive. Se vislumbra esta opción como de tipo secuencial, ya que para ejecutarla era necesario haber realizado la primera.
- **Opción de abandono:** una vez iniciadas las operaciones, si la firma se encontraba en una situación de mercado poco favorable, se podría considerar la opción de abandonar el proyecto. Para este caso, se contempló la alternativa de ceder los contratos vigentes con las EDS, valorados en alrededor de COP5,000 millones, a un competidor. Esta opción se mantuvo vigente a lo largo de toda la vida útil del proyecto.

Con base en las opciones de flexibilidad, se procedió a realizar la construcción del árbol de decisión. Para tal efecto, se evaluó a partir de los nodos finales a través de la ecuación (2), con el objetivo de maximizar  $C_{10}$ .

$$C_t = \text{Max} \left[ PV_t * (1 + g_2) - I_2; PV_t - G_t; \text{Abandono} \right] \quad (2)$$

Tabla 8. Árbol binomial evaluado con las decisiones optimas sobre las opciones que generó el proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$C_t$	Es el máximo valor presente neto para el período t.
$PV_t$	Es el valor presente en el período t para el nodo correspondiente.
$g_2$	Corresponde al incremento del valor presente si se ejerce la opción.
$I_2$	Es la inversión requerida para comenzar con la segunda fase.
$G_t$	Es el gasto de arrendamiento para el período t.
<i>Abandono</i>	Es el valor residual que se obtiene del proyecto si se ejerce la opción de abandonar.
$t$	Es el tiempo al vencimiento del proyecto.

Una vez definidos los PV máximos para el último período, se procedió a resolver la ecuación para el nodo inmediatamente anterior; en estos casos la fórmula utilizada correspondió a la siguiente ecuación (3):

$$C_t = \text{Max} \left[ PV_t * (1 + g_2) - I_2; \left( \frac{C_{ut} * p + C_{dt} * (1 - p)}{1 + r_f} \right) - G_t; \text{Abandono} \right] \quad (3)$$

Donde:

$C_t$	Es el máximo valor presente neto para el período t.
$PV_t$	Es el valor presente en el período t para el nodo correspondiente.
$g_2$	Corresponde al incremento del valor presente si se ejerce la opción.
$I_2$	Es la inversión requerida para comenzar con la segunda fase.
$G_t$	Es el gasto de arrendamiento para el período t.
<i>Abandono</i>	Es el valor residual que se obtiene del proyecto si se ejerce la opción de abandonar.
$C_{ut}$	Es el valor de la opción si el precio del activo sube en el período siguiente.

$C_{dt}$  Es el valor de la opción si el precio del activo baja en el período siguiente.

$r_f$  Corresponde a la tasa continua libre de riesgo.

Se debe repetir el proceso en cada uno de los nodos que corresponden a los períodos restantes hasta llegar al cero.

#### Paso 4: análisis del valor de la opción real

Al resolver cada uno de los nodos hasta el período cero se obtiene que el valor del proyecto es de: **NPVe = COP20,890** por lo tanto, a partir de este resultado se puede calcular el valor que agregan las opciones al proyecto: Ver Tablas 3, 4 y 8.

$$\text{Valor de la opción} = \text{NPVe} - \text{NPV}$$

$$\text{Valor de la opción} = 20,890 - (-662) = \text{COP}21,552$$

De lo anterior se puede determinar que el proyecto es viable si se incluyen en su valoración las opciones de flexibilidad que se pueden llegar a presentar durante su ejecución, valor que alcanza COP 21,552 millones.

En la Tabla 8 se puede analizar que es posible ejercer la primera opción de expansión a partir del año tres y la segunda a partir del año siete, mientras que la de abandono solo sería viable realizarla a partir del año nueve y ante muy malos resultados. Es importante mencionar que el caso inicial de arrendar es la mejor alternativa desde el año cero hasta el nueve. Vale la pena resaltar el hecho que el año 10 es el mejor período para ejercer la segunda opción, dado que se ejerció la primera.

#### 4. Limitaciones del trabajo y futuras investigaciones

Se presentaron algunas limitaciones en el desarrollo de la presente investigación, que se describen a continuación. Con el objetivo de identificar las variables de mayor impacto en el PV del proyecto se realizó el gráfico tornado, el cual aportó como principales variables el descuento que se realiza sobre el margen mayorista, y la inversión de las EDS, dado que ambas variables impactan de forma negativa el PV del proyecto, lo cual nos obligó a optar por simular otra variable como fue la de descuento. Por otra parte, las fuentes



de información que hacen referencia a leyes y decretos, presentaron dificultad en la consulta, dado que no se encuentra una base de datos de normas que hagan referencia a la distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo. Finalmente, las variables que utiliza el Ministerio de Minas y Energía de Colombia para el cálculo del margen mayorista, no se expresan de forma explícita, y tampoco muestran determinada fórmula, por tales razones, el margen mayorista se utilizó como un valor estático.

Para futuras investigaciones se propone el uso de otras mercancías como subyacentes, *commodities*, bajo las mismas condiciones de esta investigación, al igual que se propone estimar las opciones que subyacen en el transporte del crudo y no necesariamente enfocadas en la forma tradicional que corresponde a la explotación y distribución.

## Conclusiones

La evaluación por el método tradicional DCF es de fácil aplicación. Sin embargo, se vuelve insuficiente en el momento de tomar una decisión; cuando el resultado es cercano o inferior a cero, cuando se tiene presencia de persistencia de alta volatilidad y cuando las decisiones de inversión no se pueden postergar.

La aplicación descrita en este artículo, se convierte en un claro ejemplo de cómo evaluar un proyecto distribuidor mayorista de combustibles en Colombia con la metodología de opciones reales, ya que le permitió a la gerencia tener en cuenta diferentes alternativas, que no se habían considerado desde el punto de vista tradicional; además le permitió estimar de una manera más adecuada el proyecto objeto de evaluación.

La metodología, a través de opciones reales, sigue el proceso de cuatro pasos propuesto por Copeland y Antikarov, que facultó en primer lugar detallar la situación actual, luego identificar los factores críticos del modelo y la estimación de la volatilidad del activo subyacente y finalmente, facilitó la identificación de las diferentes opciones que gozaba el proyecto y el respectivo valor adicional que éstas generan.

El análisis por opciones reales permite evidenciar que, ante escenarios prósperos la opción por ejecutar sería de expansión, en presencia de escenarios estables procedería la de arrendamiento, mientras que la de abandono sería la más conveniente ante resultados desfavorables.

## Referencias bibliográficas

- Amram, M., y Kulatilaka, N. (2000). *Opciones reales. Evaluación de inversiones en un mundo incierto*. Boston, Harvard Business School Press.
- Bastian-Pinto, C., Brandão, L., y de Lemos Alves, M. (2010). "Valuing the switching flexibility of the ethanol-gas flex fuel car". *Annals of Operations Research*, 176(1), 333-348. doi:10.1007/s10479-009-0514-7.
- Besley, S., y Bringham, E. (2009). *Fundamentos de administración financiera*. 14ª ed. México, Cengage Learning.
- Borissiouk, O., y Peli, J. (2002). "Real option approach to R y D project valuation: case study at Serono International S. A.", Lausana, University of Lausanne (dissertación doctoral).
- Calle-Fernández, Ana María y Tamayo- Bustamante, Victor Manuel (2009). "Decisiones de inversión a través de opciones reales". *Estudios Gerenciales*, vol. 25, núm. 111, pp. 107-120.
- Caporal, A., y Brandão, L. (2008). "Valuation of a Power Plant with the Real Options Approach". *Brazilian Business Review*, 5(2), pp. 103-120.
- Copeland, T., y Antikarov, V. (2003). *Real options. A practitioner's guide*. Nueva York, Cengage Learning.
- De la Fuente Herrero, G. (2005). "Las opciones reales en la estrategia empresarial: el caso de Grupo Antolín". *Economía industrial*, (358), pp. 139-148.
- Dixit, A., y Pindyck, R. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Federación Nacional de Distribuidores de Combustibles y Energéticos, Fendipetróleo, y Yepes Alzate, J. C. (2009). "Combustibles: un mercado en evolución". Bogotá, Fendipetróleo.
- Gonçalves, E., y Ferreira, L. (2008). "Flexible Use of Diesel or Biodiesel: an approach via Real Options". *Brazilian Business Review*, 5(3), pp. 218-232.
- Grupo Aval (s.f.). *Grupo Aval*. Disponible en: [https://www.grupoaval.com/portal/page?\\_pageid=33,115460184&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](https://www.grupoaval.com/portal/page?_pageid=33,115460184&_dad=portal&_schema=PORTAL).
- Herings, J. J., y Kubler, F. (1999). *The Robustness of the CAPM - A Computational Approach*.
- Hernández, A., y Martínez, C. (2007). "Modelo de Opciones Reales y Aplicación al Mercado Petrolero". *El trimestre económico*, 74 (294), pp. 329-348.
- Mascareñas, J. (2010, febrero). *Opciones reales: introducción*. Madrid, Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/jmas/mon/30.pdf>.

- Maya, C., Hernández, J., y Gallego, Ó. (2012). “La valoración de proyectos de energía eólica en Colombia bajo el enfoque de opciones reales”. *Cuadernos de Administración*, 25(44), pp. 193-231.
- Maya, C., y Pareja, J. (2014). “Valoración de opciones reales a través de equivalentes de certeza”. *Ecós de economía*, pp. 49-71.
- Myers, S., y Turnbull, S. (1977). “Capital Budgeting and the Capital Asset Pricing Model: Good News and Bad News”. *Journal of Finance*, pp. 321-333.
- Palenzuela, V., Lindo, J. M., y de la Fuente Herrero, G. (2004). “Las opciones reales en la industria de componentes del automóvil: una aplicación a la valoración de una inversión directa en el exterior”. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa* (18), pp. 97-120.
- Pareja Vasseur, J. y Cadavid, C. (2016). “Valoración de patentes farmacéuticas a través de opciones reales: equivalentes de certeza y función de utilidad”. *Contaduría y Administración*, 61(4), 794-814. doi:dx.doi.org/10.1016/j.cya.2016.06.004.
- República de Colombia, Congreso de Colombia (1987). *Ley 39 de 18 de noviembre de 1987, por la cual se dictan disposiciones sobre la distribución del petróleo y sus derivados*. Bogotá, Congreso de Colombia. Disponible en: [ftp://ftp.camara.gov.co/camara/basedoc/ley/1987/ley\\_0039\\_1987.html](ftp://ftp.camara.gov.co/camara/basedoc/ley/1987/ley_0039_1987.html).
- República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía (2003). *Resolución 180687 del 17 de junio de 2003, por la cual se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados*. Bogotá, Ministerio de Minas y Energía. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21978>.
- República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía (2009). *Resolución 180462 de 27 de marzo de 2009, por la cual se modifica la resolución 8 2439 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios del ACPM y de la mezcla del mismo con el biocombustible para uso en motores diésel*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía. Disponible en: [http://www.sipg.gov.co/sipg/Documentos/precios\\_combustibles/20](http://www.sipg.gov.co/sipg/Documentos/precios_combustibles/20) (Maya & Pareja, Valoración de opciones reales a través de equivalentes de certeza, 2014)09/180462\_2009.pdf.
- República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía (2012). Resolución 9 1657 del 30 de octubre de 2012. Bogotá, Ministerio de Minas y Energía. <http://app.vlex.com/#vid/405259482>.
- República de Colombia, Presidencia de la República (2005). “Decreto 4299 de 2005, por el cual se reglamenta el artículo 61 de la ley 812 de 2003 y se esta-

- blecen otras disposiciones”. Bogotá, Presidencia de la República. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18314>.
- República de Colombia, Presidencia de la República (2009). “Decreto 1135 de 31 de marzo de 2009, por el cual se modifica el decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento”. Bogotá, Presidencia de la República. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=35810>.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., y Jaffe, J. F. (1999). *Finanzas corporativas*, 5ª ed. México, McGraw-Hill.
- Samuelson, P. (1965). “Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly”. *Industrial Management Review*, 6, pp. 41-49.
- Smit, H., y Trigeorgis, L. (2004). *Strategic investment. Real options and games*. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Vélez Pareja, I., y Tham, J. (2004). ¿Coinciden EVA y utilidad económica (UE) con los métodos de flujo de caja descontado en valoración de empresas? *Paliantea*, 1(1), 89- 108. Disponible en: <http://journal.poligran.edu.co/index.php/poliantea/article/view/381/359>.