

# OPCIONES REALES COMO RESPUESTA ANTE LA VALORACIÓN CON FLUJO DE CAJA LIBRE EN SITUACIONES DE INCERTIDUMBRE: CASO DE LA COMPRA DE MAQUINARIA EN UNA EMPRESA COLOMBIANA DE CONSUMO MASIVO

Nathalie Donato<sup>1</sup>  
ndonato@eafit.edu.co  
Nicolás Forero<sup>2</sup>  
nforero@eafit.edu.co

*“What would I specialize in if I were starting over and entering field today?” the answer is: “At the risk of sounding like the character in ‘The Graduate,’ I reduce my advice to a single word: options.”<sup>3</sup>*

Merton Miller, Premio Nobel de economía 1990.

## Resumen

El alto grado de incertidumbre de la economía actual impone retos y riesgos a las finanzas corporativas de cualquier compañía. Encontrar alternativas que permitan la flexibilización de los modelos de evaluación de proyectos empresariales se constituye, en este sentido, en una de sus máximas tareas. Una de estas alternativas es el método de valoración por Opciones Reales. El presente estudio aplica dicho método a un proyecto de inversión en innovación tomando el caso de la compra de una maquinaria en una empresa colombiana de consumo masivo. Para el desarrollo y consecución de dicho propósito se realiza, en principio, una revisión documental tanto del ROA como de DCF; luego, se elabora la valoración del caso de estudio por el método de Opciones Reales, específicamente, la de diferir; por último, se evalúan los resultados y se plantean las conclusiones. En lo fundamental, se demuestra cómo el método de valoración de proyectos de inversión ROA permite identificar, para el caso estudiado, los posibles efectos y riesgos a considerar en la toma de decisiones del inversionista. De este modo, se precisa cuál es el escenario más favorable, cuáles los posibles impactos y resultados, e incluso, cuándo no se debe hacer la inversión.

**Palabras clave:** Opciones reales (ROA), Flujo de caja libre descontado (DCF), incertidumbre, Valor Presente Neto (NPV), Decisión.

---

<sup>1</sup> Administradora de empresas y contadora pública Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, estudiante de la Maestría en Administración Financiera Universidad Eafit.

<sup>2</sup> Economista Universidad de la Sabana, estudiante de la Maestría en Administración Financiera Universidad Eafit.  
<sup>3</sup> ¿En que me especializaría si estuviera empezando de nuevo e incursionando en el sector hoy? La respuesta es: “A pesar de sonar como el personaje de “The Graduate”, mi recomendación se reduce a una sola palabra: Opciones.”

## ***Abstract***

The high level of uncertainty in the current economy presents challenges and risks to the corporate finances of any Company. Therefore, finding alternatives to ease the evaluation models of business projects becomes one of the main tasks. One of these alternatives is the valuation method using Real Options. This study applies the mentioned method to an investment in innovation project considering the case of the purchase of machinery in a Colombian company of mass consumption. To develop and accomplish said goal, at first, a document review of the ROA and the DCF is performed; afterwards, the valuation of the case study using the method of Real Options is done, specifically, the option to defer; finally, results are evaluated and conclusions are drawn. Fundamentally, it is proven how the valuation method of ROA investment projects allows to identify, for the case studied, the possible consequences and risks to be considered for the investor's decision making. Thus, describing accurately which is the most favorable scenario, what are the possible impacts and results, and even, when to restrain from making the investment.

**Key Words:** Real options (ROA), Discounted cash flow (DCF), Uncertainty, Net Present Value (NPV), Decision.

## **Introducción**

La incertidumbre, el dinamismo del mercado, la apertura económica y el entorno competitivo del siglo XXI son factores económicos de honda incidencia en el mercado de cualquier país, esto porque su interrelación abre múltiples y complejas perspectivas y requerimientos que se deben tener en cuenta al momento de plantear un proyecto de inversión. Los factores señalados, en un mundo altamente competitivo como el actual, hacen cada vez más difícil la toma de decisiones sobre proyectos de inversión, y en este sentido, es significativo cómo las áreas financieras de las empresas colombianas de consumo masivo dedican gran parte de su tiempo a explorar y analizar si los proyectos de innovación<sup>4</sup>, considerados de inversión, generan valor para la organización. No es fácil resistir y sobrevivir a las exigencias y presiones de la competencia del mercado, con mayor

---

<sup>4</sup> Según Samaniego, existen tres tipos de innovación: “Innovación de producto (mercancías o servicios nuevos); innovación de procesos, se cambia la manera de producir un bien a una forma que aumente su rentabilidad; e innovación organizacional, habilidad en la utilización de los recursos de una organización para crear una idea que represente una mejor posición en sus objetivos”. Para efectos de este estudio se toma la innovación en procesos, producto de la compra de una maquinaria. (2010, pág. 66).

razón si se considera que los recursos de información del área de finanzas no son muchas veces suficientes y menos infinitos, un hecho que sin duda dificulta la tarea de los financieros cuando se trata de garantizar la efectividad y el retorno sobre la inversión.

Cuando se habla de proyectos de inversión, en el caso de este estudio, referidos a innovación mediante la compra de una maquinaria, existen varios métodos de evaluación, de los cuales se consideran dos de ellos como los más idóneos para abordar el tema en mención: el modelo de Flujo De Caja Libre Descontado (*Discounted Cash Flow – DCF* en adelante) y el Enfoque de Opciones Reales (*Real Options Approach – ROA* en adelante).

El primer método, nace en 1974, con Joel Stern, de la firma de consultoría Stern Stewart & Co, quien da origen al concepto de flujo de caja libre y plantea asimismo su forma de cálculo. En general, existen varias definiciones del flujo de caja libre. Copeland (1995) por ejemplo, especifica que el DCF “refleja el flujo que es generado por la operación de la compañía y que está disponible para todos los proveedores de capital, tanto deuda como patrimonio” (p. 140). Por su parte, Damodaran (2006) explica que el método de DFC consiste en determinar el valor actual de los flujos de caja libres esperados del proyecto y traerlos a valor presente a una tasa conocida como el Costo de Capital Promedio Ponderado (*Weighted Average Cost Capital - WACC*<sup>5</sup> en adelante). Derivado del anterior se obtiene el criterio financiero conocido como Valor Presente Neto (*Net Present Value – NPV* en adelante), el cual permite mostrar un panorama de las decisiones de inversión que se pueden tomar, así:

- Si el NPV es positivo, se acepta el proyecto.
- Si el NPV es igual a cero, el proyecto debe ser indiferente y se debe utilizar otra metodología para tomar la decisión.

---

<sup>5</sup> Es un promedio ponderado entre un costo, el costo de la deuda, y una rentabilidad exigida, rentabilidad de las acciones  $K_e$ .

- Si el NPV es negativo, no se acepta el proyecto.
- Entre varios proyectos se elige el que mayor NPV tenga, puesto que generará más valor.

Aunque el método de flujo de caja es el más común en Colombia, su principal deficiencia es que permite trabajar bajo muy pocos escenarios de proyección, convirtiéndose en una metodología rígida, que no admite examinar las diversas trayectorias que puede tomar el proyecto a futuro (Schubert & Barenbaum, 2007).

El Enfoque de Opciones Reales, por su parte, consiste en aplicar los modelos de valuación de opciones financieras para valorar activos. Este método ha sido investigado a profundidad por autores como Damodaran, Bowman y Moskowitz, Copeland, Luerhman, entre otros (Cayon & Sarmiento, 2005). El ROA posibilita evaluar proyectos bajo condiciones cambiantes, brindando a los inversionistas la información necesaria que soporte decisiones tales como diferir, expandir, contraer, abandonar o aplazar el proyecto en las diferentes etapas de su vida operativa (Cartagena, 2000).

Como se infiere, la elección del método de valoración DCF o ROA para evaluar los proyectos de innovación es de gran importancia dada las decisiones que se pueden derivar de los resultados obtenidos de dicho análisis. Por ejemplo, la compra de una maquinaria puede ser un proyecto de inversión tan simple o tan complejo según como las repercusiones futuras lo determinen y como el grado de incertidumbre lo afecte.

En el caso particular de la compra de maquinaria conlleva un alto grado de incertidumbre, ya que genera un cambio en los procesos de la compañía de consumo masivo, y además, el éxito de su adquisición depende de la producción de un portafolio de innovación. Por un lado, la nueva maquinaria permitirá envasar los productos en material aséptico, que proporciona una mayor conservación de los productos, lo que va alineado a

los estándares mundiales de calidad. La incertidumbre, por otro lado, estará asociada a la producción tanto actual como futura y a la generación de nuevos productos, lo que determinará la pertinencia de la compra.

En síntesis, el objetivo del trabajo es determinar el impacto en la toma de decisiones al evaluar una inversión de una empresa colombiana de consumo masivo (específicamente en la innovación causada en los procesos por la adquisición de una maquinaria) a través del método de Enfoque de Opciones Reales.

Para tal efecto, el presente artículo se divide en cuatro secciones. La primera, en donde se realiza la delimitación del marco conceptual sobre métodos de valoración en inversión; la segunda, en la que se describen las variables del proyecto de inversión a estudiar y los supuestos que se deben tener en cuenta<sup>6</sup>; el tercer apartado, en el que se hace la valoración por ROA; y la última sección, donde se presentan las conclusiones.

## **1. Marco conceptual**

Una de las mayores preocupaciones de las empresas colombianas es tomar la decisión acertada sobre la inversión de sus recursos. Desde la perspectiva de las finanzas, el problema ha sido abordado por investigaciones que han permitido validar o rechazar diferentes métodos de valoración de proyectos de inversión. En general, los estudios han proporcionado información suficiente a los inversionistas, con lo cual han ayudado a determinar el retorno de los recursos esperados. En la actualidad, el método más utilizado es el de DCF, sin embargo, como resultado de estudios más recientes en teoría de análisis de inversiones, se ha abordado el método ROA, como respuesta a las dificultades que se presentan en el primero, esto es, la ausencia de eventos

---

<sup>6</sup> Se hace referencia a los supuestos reales que se tuvieron en cuenta en la evaluación del proyecto para la compra de una maquinaria.

contingentes, suponer una única tasa de descuento y la volatilidad asociada a los flujos de caja estimados (Amram & Kulatilaka, 1999).

### **1.1 Flujo de caja descontado (DCF)**

Fue adoptado en 1980 como herramienta para evaluar las oportunidades financieras de inversión. (Yaari, Nikiforov, Kahya, & Shachmurove, 2015). Este método consiste en traer a presente los flujos de caja libres futuros del proyecto utilizando usualmente como tasa de descuento, el WACC. Los flujos de caja representan las entradas y las salidas esperadas de efectivo en un tiempo establecido, conocido como el periodo de relevancia, dichas entradas y salidas son generadas a partir de un análisis detallado de las partidas financieras vinculadas con la generación de flujos de efectivo, por ejemplo, el cobro de las ventas, el pago de la mano de obra, pagos de gastos administrativos, etc. Con base en lo anterior, es posible obtener el criterio NPV, el cual representa el beneficio de la inversión durante toda su vida útil a precios presentes. En tal sentido, si el resultado es positivo el proyecto es viable, en caso contrario la inversión debería ser abandonada (Westerfield, Jaffe, & Ross, 1999).

El método de DCF requiere para su construcción, además de la correcta estimación de los flujos de efectivo futuros, la elección de una tasa de descuento adecuada para cada tipo de activo. Contemplar estos estimativos es fundamental, puesto que la determinación de la tasa debe incorporar un ajuste por riesgo, razón por la cual es común recurrir al “modelo de valoración de activos de capital *Capital Asset Pricing Model – CAPM*, el cual predice que el retorno de equilibrio de los activos financieros es función de la covarianza del retorno del activo con el del mercado” (Maya & Pareja, 2014, p. 52).

De acuerdo con lo anterior, el método DCF puede expresarse de la siguiente forma:

$$VPN = \frac{cf_1}{(1+k)^1} + \frac{cf_2}{(1+k)^2} + \frac{cf_3}{(1+k)^3} + \dots, \frac{cf_n + VRn}{(1+k)^n}$$

Fuente: (Brealey, Myres, & Marcus, 1996, pág. 128).

Donde:

$cf_i$  = Flujos de caja libre generados por el proyecto en el periodo  $i$ ,

$k$  = La tasa de descuento,

$VRn$  = Valor residual del proyecto en el año  $n$ , que se calcula descontando los flujos a partir de ese periodo. Por lo general, para efectuar dicho cálculo se considera una tasa de crecimiento constante ( $g$ ).

A pesar de los diversos aportes realizados a la valoración por DCF en la determinación del NPV, autores como Baldi y Trigeorgis (2009) estiman que este método produce resultados sesgados, esto porque es un método inflexible que no contempla las diferentes etapas de desarrollo por las que pasa un proyecto, donde las condiciones de incertidumbre generadas por el mercado tienen incidencia.

## **1.2 Opciones reales (ROA)**

En vista de las limitantes mencionadas, los investigadores en finanzas han llevado a cabo estudios que permiten utilizar modelos desarrollados para la valuación de opciones financieras en proyectos de inversión, es decir, extendieron los modelos de valoración de opciones financieras sobre bienes o activos reales. Con lo anterior, se incorpora a la evaluación de inversiones el factor

de la incertidumbre del entorno empresarial, con lo cual los inversionistas pueden adaptarse a las diferentes variables que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto de inversión.

El término de opciones reales se atribuye a Stewart Myers (1977), quien planteó que los activos de una empresa podrían ser considerados como opciones reales, y que el valor de dichas opciones dependía de la inversión futura discrecional de la empresa; es decir que cualquier decisión de inversión podía ser calificada como una serie de opciones reales en inversiones adicionales. Más tarde, Kester (1984) señaló la importancia de la identificación y diferenciación de la incertidumbre de una industria, en razón de que estos factores pueden influir en la reversión de una inversión (Trigeorgis, 1996).

Dicho aporte apoyaba el propósito de Myers, esto es, evidenciar la necesidad de la incorporación de posibles alternativas de acción que presenta el proyecto dada la fluctuación de mercado. De igual modo, Dixit y Pindyck (1994) mostraron su preocupación por el carácter irreversible que tienen las decisiones de inversión en las empresas que, junto con la constante incertidumbre que se presenta en el entorno económico, dificultan en gran medida la toma de decisiones de los inversionistas. Los autores establecieron que las opciones reales son iniciativas sobre activos reales, que pueden ser definidas como oportunidades de respuesta de los directivos ante las situaciones cambiantes del entorno.

Años más tarde, Amram y Kulatilaka (1998) destacaron la necesidad de pensar en la incertidumbre causada por las distinciones entre industrias, competidores y clientes y la velocidad con la que cambian los mercados. Tomar en cuenta dichos factores les permitió a estos autores flexibilizar los activos y por lo tanto los métodos de valoración sobre los mismos.



A finales del siglo XX se elabora una clasificación de las opciones reales, cuyos nombres difieren según los autores. Trigeorgis (1996) identificó cinco diferentes categorías de las opciones reales, a saber: opción de diferir, opción de crecimiento, opción de abandonar, opciones de flexibilización y opciones de aprendizaje, esta clasificación corresponde a la misma realizada por Amram y Kulatilaka, citado por Scialdone (2007), pero con nombres diferentes, donde la opción de esperar corresponde a la opción de diferir y la opción de salir equivale a la de abandonar. En la Tabla 1 se hace una breve descripción de cada clasificación.

**Tabla 1.** Categorización de opciones reales

Opción de diferir	Esta opción permite al inversionista tomar la decisión de su inversión en el momento adecuado, debido a que le suministra herramientas que posibilitan determinar si es mejor posponer la realización del proyecto, dado el caso de un cambio en las condiciones de mercado. Se requiere estimar el NPV en forma inmediata, para así evaluar las pérdidas que se evitarían mientras se resuelve la situación de incertidumbre. El valor de esta opción actúa como un costo de oportunidad, lo que significa que se justifica la realización del proyecto solo si el valor actual de los flujos de efectivo es mayor al valor actual de la opción de diferirlo.
Opción de aprendizaje	Como su nombre lo indica, esta categoría se enfoca en evaluar las posibilidades que tiene una empresa en adquirir información o conocimiento. Es decir, posibilita al inversionista obtener información a cambio de un costo.
Opción de crecimiento o ampliación	Equivale a una opción de compra americana, donde la empresa tiene la posibilidad, mediante una inversión en determinado periodo de tiempo, de expandir sus flujos de caja en una proporción $\alpha$ . Se centra en la evaluación de proyectos enfocados a la adquisición o crecimiento en capacidad de producción. De ahí que está relacionada con proyectos de expansión posterior, de tal manera que el plan resultante tiene un mayor tamaño al inicial.
Opción de reducir un proyecto o de contracción	Da herramientas al propietario para decidir la conveniencia de renunciar a una parte de su negocio actual. Esta decisión está determinada por el ahorro en costes. Equivale a una opción de venta americana. La decisión le permite a la empresa reducir o ahorrar parte de sus costos, como consecuencia tendrá una disminución $\beta$ del valor presente de los flujos de caja.
Opción de cierre temporal	Ocurre cuando la empresa posee una situación desfavorable en el mercado, pero tiene la posibilidad de esperar a que ésta cambie en determinado momento. Es importante considerar que cerrar implica costos, al igual que reiniciar.

Opción de abandono	de	En el caso que el proyecto sea menor del esperado, existe la posibilidad de abandonarlo, por lo cual se constituye como una opción de venta americana.
Opción de cambio		Surge cuando la firma puede producir un mismo producto o servicio, pero con diferentes tipos de insumos. Se parte de la premisa que el tiempo y el costo de cambiar entre insumos, no representa un problema para el negocio.
Opción compuesta		En esta categoría el activo subyacente sobre el que se tiene el derecho de compra o venta es, asimismo, una opción. Este tipo de opciones se emplean para valorar proyectos en los cuales al cabo de cada etapa existe la alternativa para detener o diferir el comienzo de la siguiente etapa. Ello implica que en cada etapa o fase la decisión se asimila a una opción de compra cuya ejecución es contingente con el ejercicio previo de otras opciones similares. La particularidad en este tipo corresponde a que el activo subyacente es otra opción, en otras palabras, existe una opción real sobre otra opción real.

**Fuente:** Adaptado de Amram & Kulatilaka, Real Options. Managing Strategic Investment in an Uncertain World, 1998.

Copeland y Antikarov (2001) lograron una definición más precisa de las opciones reales:

“Una opción real es el derecho, pero no la obligación, de tomar una acción en un activo en su lugar (por ejemplo, aplazando la compra de las TIC, expandiéndola, contraerla, o abandonarla) a un costo predeterminado calculado, llamado precio de ejercicio, durante un período predeterminado de tiempo, es decir, la vida de las opciones” (p. 5).

En términos generales, es posible definir las opciones reales como una alternativa metodológica para evaluar proyectos y empresas, que permite a los inversionistas formular opciones o estrategias futuras sobre un activo no financiero, teniendo en cuenta el efecto sobre el valor de los accionistas (Flórez, 2008). ROA se considera como una adaptación del método de opciones financieras, por lo cual no desconoce la importancia de la valoración por DCF, al contrario, utiliza esta última metodología como base de cálculo.

La Tabla 2 muestra una comparación entre las 5 principales variables entre opciones financieras y opciones reales.

**Tabla 2.** Equivalencia entre parámetros utilizados en las opciones financieras y opciones reales

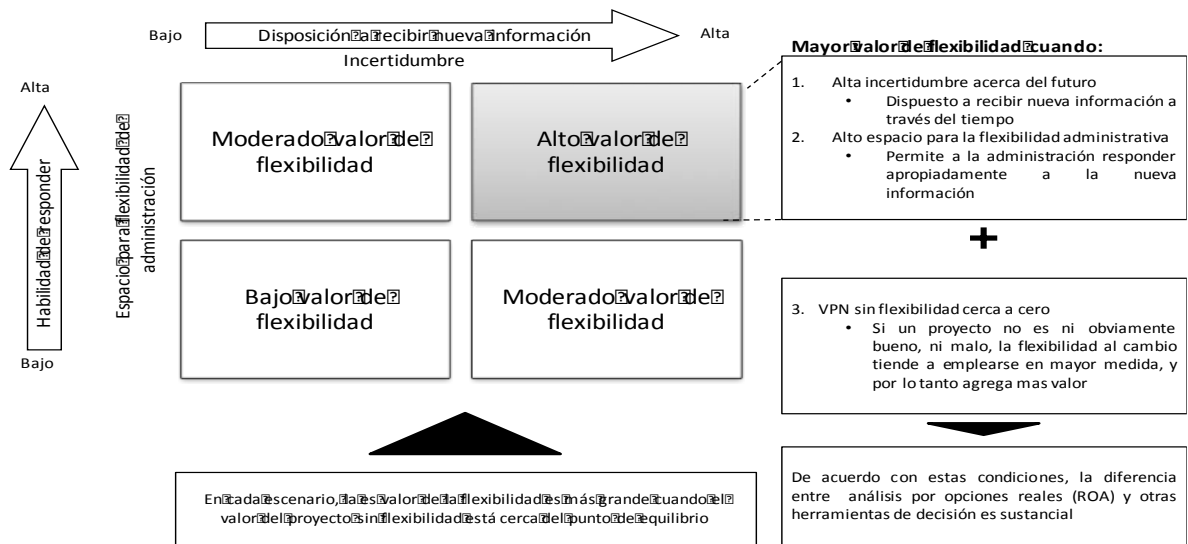
Opciones Financieras		Opciones Reales	
$S(t)$	Precio del activo subyacente en $t$	$VP(t)$	Valor presente en $t$ de los flujos de efectivo esperados
$X$	Precio de ejercicio de la opción	$I(t)$	Costo de la inversión en $t$
$R$	Tasa de interés libre de riesgo	$R$	Tasa de descuento de la opción real
$\Theta$	Volatilidad de los rendimientos del activo subyacente	$\Theta$	Volatilidad del proyecto
$T-t$	Plazo para la expiración del contrato de la opción	$T-t$	Tiempo en que existe la oportunidad de inversión

Fuente: Adaptado de Maya, Hernández y Gallego. La valoración de proyectos de energía eólica en Colombia bajo el enfoque de opciones reales, 2012.

Cada uno de los parámetros de ROA corresponden a una adaptación de las condiciones utilizadas para definir una opción financiera, de tal modo que el activo subyacente corresponde al valor presente de los flujos de caja futuros del proyecto sin tener en cuenta la inversión inicial; el precio de ejercicio equivale al costo de la inversión en el periodo cero; la tasa libre de riesgo es utilizada para descontar el ingreso esperado. Por su parte, la volatilidad del proyecto es la variable más compleja de calcular, ésta resulta de la estimación de las desviaciones estándar de los retornos del activo subyacente; y por último, se encuentra  $T-t$ , que representa el plazo de tiempo en que existe la oportunidad de invertir.

Como se denota, la incorporación de la volatilidad es el principal aporte de la teoría ROA, por tal motivo esta metodología no es siempre aconsejable, especialmente cuando las decisiones no son complejas o no abarcan un alto índice de incertidumbre.

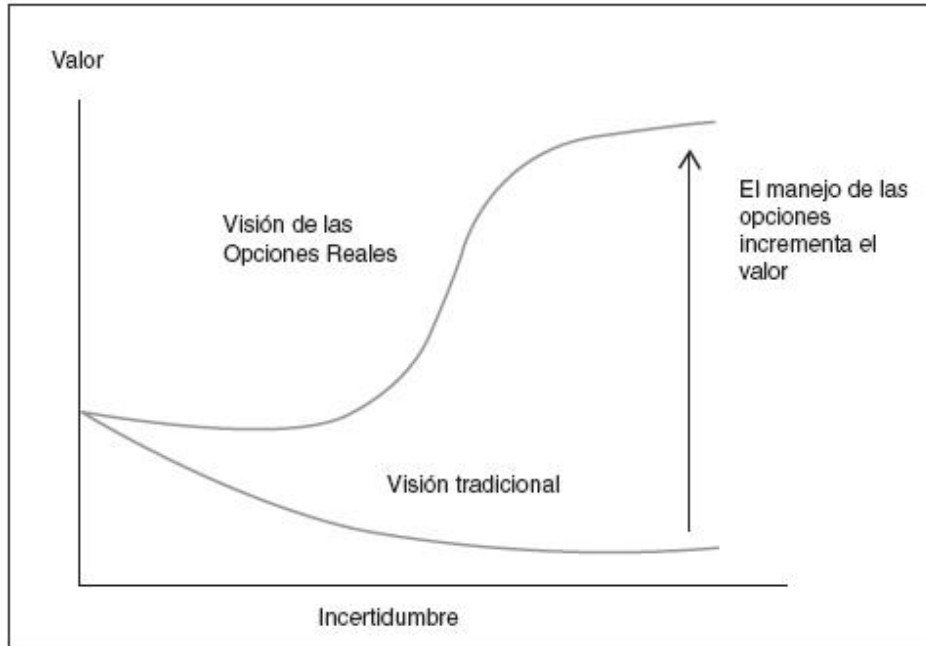
La Figura 1 muestra las condiciones que se deben evaluar al momento de considerar una valoración por opciones reales. Cuando existe un alto grado de incertidumbre, pero además se dispone de una flexibilidad administrativa el ROA, es un método de valoración acertado.



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

Fuente: traducción de los autores de Copeland & Antikarov, *Real Options - a practitioner's guide*, 2003, p. 14.

En conclusión, el método ROA no desconoce la importancia de la valoración de los flujos de caja libre, de hecho, el valor del activo subyacente está determinado por el método de valoración tradicional, que por lo general corresponde al valor presente de los flujos futuros. El efecto diferenciador de este método es el uso de la volatilidad, elemento por medio del cual se reconoce el grado de incertidumbre y cierto margen de maniobra o de flexibilidad que influye en el valor del proyecto de inversión, tal como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Efecto de la incertidumbre sobre el valor

Fuente: Tomado de Hernández Aguilar, 2002, p. 55.

Como se observa el cálculo de la opción agrega valor al método de valoración tradicional, dado a que corresponde al de NPV sin flexibilización más el valor de la opción.

## **2. Descripción del proyecto de inversión: compra de maquinaria en empresa colombiana de consumo masivo**

Desde los economistas clásicos, como Adam Smith (1776) y David Ricardo (1817), se exponía que los cambios tecnológicos producían crecimientos marginales o incrementales, porque dichos cambios generan innovaciones que producen expansión en los mercados<sup>7</sup>. El concepto de innovación cobra aún más fuerza cuando la intensidad de los cambios del mundo empresarial se acentúa, y con ello por supuesto aumenta la incertidumbre. Las exigencias del mercado son cada

<sup>7</sup> Adam Smith (1776) en su obra *Riqueza de las Naciones* plantea que la división del trabajo incentivaba la innovación, por tanto, era un elemento esencial de la riqueza de las naciones. Por otra parte, David Ricardo (1817) consideraba que la innovación podría a largo plazo representar una extensión del mercado y de la producción.

vez más rigurosas y esto hace que las empresas se vean obligadas a un continuo cambio, lo cual a la postre permite mantener una estrategia competitiva.

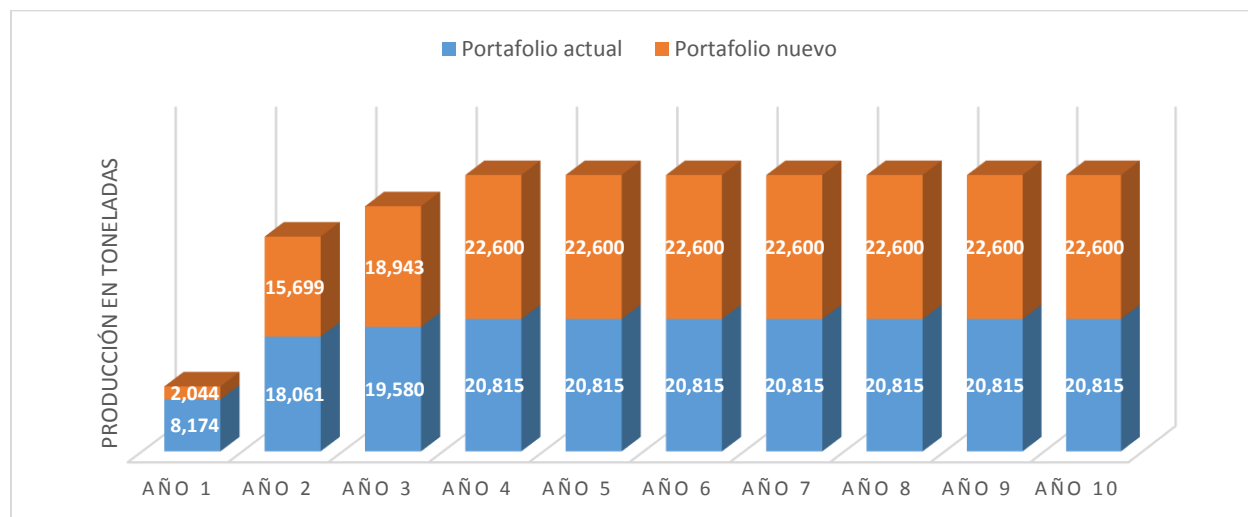
Las empresas de países en desarrollo se enfrentan a un reto aún mayor: ser ante un mercado globalizado, altamente tecnificado y por tanto con índices de innovación superiores. Este es el caso de las empresas colombianas que pretenden incursionar y en mercados internacionales. Pero la innovación no solo requiere de esfuerzo de capital, tiempo y creatividad, pues esta se relaciona también con altos índices de incertidumbre y, por consiguiente, de riesgo, es allí donde las finanzas pueden aportar valor a las organizaciones, procurando minimizar el riesgo de los impactos producidos por los cambios en la forma de producción.

A continuación, se exponen los aspectos esenciales del proyecto de inversión en innovación del proceso productivo de una empresa colombiana de consumo masivo, mediante la compra de una maquinaria. En particular, la nueva adquisición genera envases que permiten conservar los productos sin preservantes, sin refrigeración y con una mayor vida útil. Estas posibilidades le otorgan a la empresa la capacidad de competir con un estándar de diferenciación en el mercado global.

Los factores de incertidumbre del proyecto están asociados a las siguientes variables:

I. Grado de producción: la adquisición de la maquinaria y su capacidad operativa están asociadas a un portafolio de productos establecido, pero además a un portafolio de innovaciones. Es decir, existen 5 productos que ya genera la compañía y que serían envasados utilizando la nueva tecnología (lo cual reduce los costos actuales), pero además se espera un portafolio de 12 nuevos productos que también serían envasados con la nueva maquinaria. Estos últimos

productos generan incertidumbre sobre el beneficio de la adquisición. La Figura 3 refleja la cantidad de toneladas producidas en cada año de la evaluación del proyecto tanto para el portafolio portafolio actual como para el portafolio de innovación.



**Figura 3.** Producción en toneladas proyecto de inversión. Evidencia la producción estimada en toneladas por los años de evaluación del proyecto tanto del portafolio actual como del portafolio de innovación.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

II. Competidores: el retraso en la compra puede significar que la competencia genere esta tecnología y se pierda la ventaja en diferenciación que se busca. Es decir, se tiene incertidumbre sobre la participación en el mercado.

III. El precio de la maquinaria: la inversión vigente en maquinaria es igual a dos años de ventas del portafolio de productos actuales, existe incertidumbre asociada a la pérdida de valor de la maquinaria en el tiempo.

Los supuestos por considerar para la elaboración del modelo son:

I. Se asume que la tasa de crecimiento ( $g$ ) es igual a cero, pues el crecimiento lo generarán las oportunidades de inversión, las cuales se valorarán por medio de ROA.

II. Se realizan las valoraciones a 10 años, tiempo considerado para recuperar la inversión en la maquinaria.

III. Debido a que el proyecto se financia con recursos propios, no se requiere de endeudamiento externo, por tanto, el costo del capital medio ponderado WACC es igual al costo patrimonial desalancado (*Unlevered Equity Costo – Ku*).

### **3. Valoración por Opciones reales**

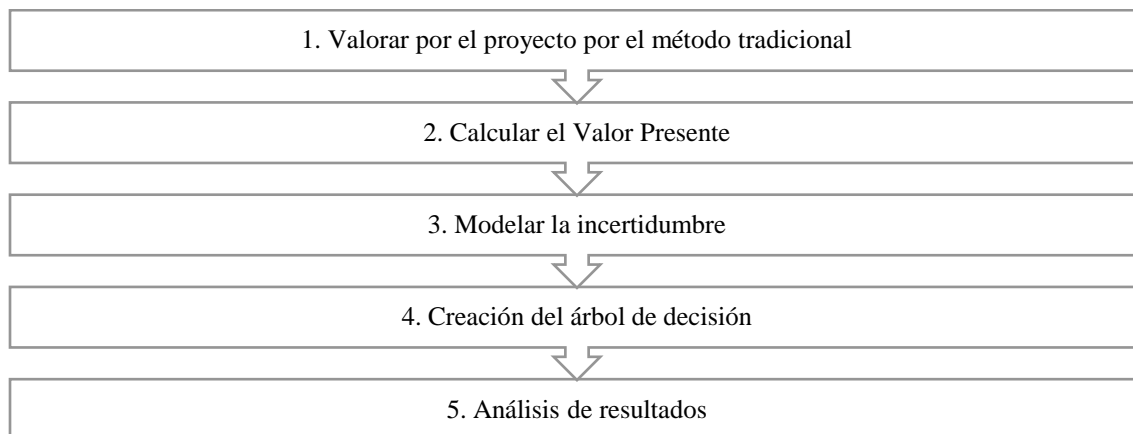
Para realizar la valoración por opciones reales, existen 5 pasos, ilustrados en la Figura 4.

1. Valorar el proyecto por el método tradicional: calcular el NPV a partir de la estimación de ingresos, costos e inversión, durante el periodo relevante para determinar los flujos de caja libre.
2. Calcular el Valor Presente: implica que el cálculo solo tendrá en cuenta los flujos de efectivo derivados de los ingresos y costos de proyecto, sin contemplar la inversión en bienes capitales o Capex<sup>8</sup>.
3. Modelar la incertidumbre: mediante la determinación de las variables que afectan el modelo, su correlación y la estimación de la volatilidad.
4. Creación del árbol de decisión: se crea el árbol de decisión bajo el tipo de opción elegida, para este caso opción de diferir, y se incorpora la volatilidad hallada en el paso 3.
5. Análisis de resultados: se lleva a cabo un examen del resultado obtenido, con el fin de determinar el momento más oportuno en el cual se debe realizar el proyecto, así como también evaluar en qué momento no es óptimo invertir.

---

<sup>8</sup> Capital Expenditures o Capex, por sus siglas en inglés. Corresponde a la inversión en bienes capitales, es decir, los que se espera generarán un beneficio futuro.





**Figura 4.** Pasos para la valoración por ROA

Fuente: Adaptado de Copeland & Antikarov. Real Options - a practitioner's guide, 2003.

**Paso 1. Valoración por Flujos de Caja Libre**

Se hace la valoración por flujo de caja libre, bajo la estimación del estado de pérdidas y ganancias de cada uno de los siguientes escenarios:

1. Proyección a 10 años del portafolio actual (5 productos), sin la compra de la maquinaria nueva, es decir con la antigua tecnología. (ver detalle en Apéndice A).
2. Proyección a 10 años del portafolio actual más el portafolio en innovación, con la compra de la nueva maquinaria. (Ver detalle en Apéndice B, C y D).

Es pertinente aclarar que el costo de producción con la nueva tecnología disminuye, por tal motivo se efectúa la proyección de los estados financieros de las dos formas descritas con anterioridad.

Los valores base fueron otorgados por la empresa de consumo masivo, con unas ligeras modificaciones para mantener la confidencialidad de la información. La proyección de cantidades vendidas en el periodo relevante fue otorgada por el área investigación de mercadeo. Las variables

de precio y costo están afectadas por el IPC proyectado, calculado con base a cifras históricas y mediante simulación Monte Carlo<sup>9</sup>.

Para el descuento de los flujos de caja, se utiliza el modelo CAPM descrito por Markowitz (1952), según el cual el rendimiento requerido sobre un proyecto de inversión, debe ser igual al rendimiento libre de riesgo más una prima de riesgo. El WACC real utilizado es de 6.89%, afectado en cada periodo por un IPC proyectado, para determinar el WACC nominal.

Para el cálculo del NPV se supone un cumplimiento de la producción del portafolio de innovación al 100%, en este escenario, resumido en la Tabla 3, el NPV a los 10 años es de 11,735 MM Pesos Colombianos – COP.

**Tabla 3.** Valoración del NPV por flujos de caja descontados

COP MM	Año Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Flujo de Caja Libre	-29,675	-46,368	5,776	10,157	17,625	20,055	23,417	25,506	27,692	29,241	31,612
Wacc Nominal	12%	12.67%	12.92%	13.17%	13.43%	13.71%	13.99%	14.29%	14.60%	14.92%	15.26%
Wacc real	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%
NPV	11,735	41,410	93,025	99,265	102,180	98,280	91,695	81,108	67,192	49,310	27,427

Nota: Se calcula el flujo de caja descontado a partir del cálculo del Ebitda del proyecto y descontadas todas las variables que no afectan el efectivo. En el Apéndice B se puede evidenciar el detalle del cálculo.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Al considerar un IPC proyectado diferente para cada periodo de tiempo, el WACC nominal a su vez también difiere en cada año, por tal motivo se calcula el NPV en cada etapa de la inversión empezando desde la última. Lo que significa que se van llevando a valor presente los flujos de caja libre, desde el último año al WACC correspondiente hasta el año base. Según los parámetros de

<sup>9</sup> La simulación Monte Carlo es una técnica que tiene la capacidad de generar número pseudo-aleatorios, una vez establecida una distribución de probabilidad.

decisión observados en el apartado anterior para el método de DCF, el NPV es positivo, por lo tanto, se acepta el proyecto.

## **Paso 2. Cálculo del Valor Presente**

Para el cálculo del valor presente se toman los mismos flujos de efectivo desarrollados en el paso anterior, excluyendo el Capex, y de igual modo, se toma como tasa de descuento el mismo *Rolling* WACC. Con un cumplimiento del 100% de producción estimada el VP es de COP 85.432 MM.

**Tabla 4.** Valoración del Valor Presente por flujos de caja descontado

<b>COP MM</b>	<b>Año Base</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>DCF sin Capex</b>	325	2,868	5,776	10,157	17,625	20,055	23,417	25,506	27,692	29,241	31,612
<b>Wacc nominal</b>	12%	12.67%	12.92%	13.17%	13.43%	13.71%	13.99%	14.29%	14.60%	14.92%	15.26%
<b>Wacc real</b>	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%	6.89%
<b>VP</b>	<b>85,432</b>	<b>85,107</b>	<b>93,025</b>	<b>99,265</b>	<b>102,180</b>	<b>98,280</b>	<b>91,695</b>	<b>81,108</b>	<b>67,192</b>	<b>49,310</b>	<b>27,427</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2016

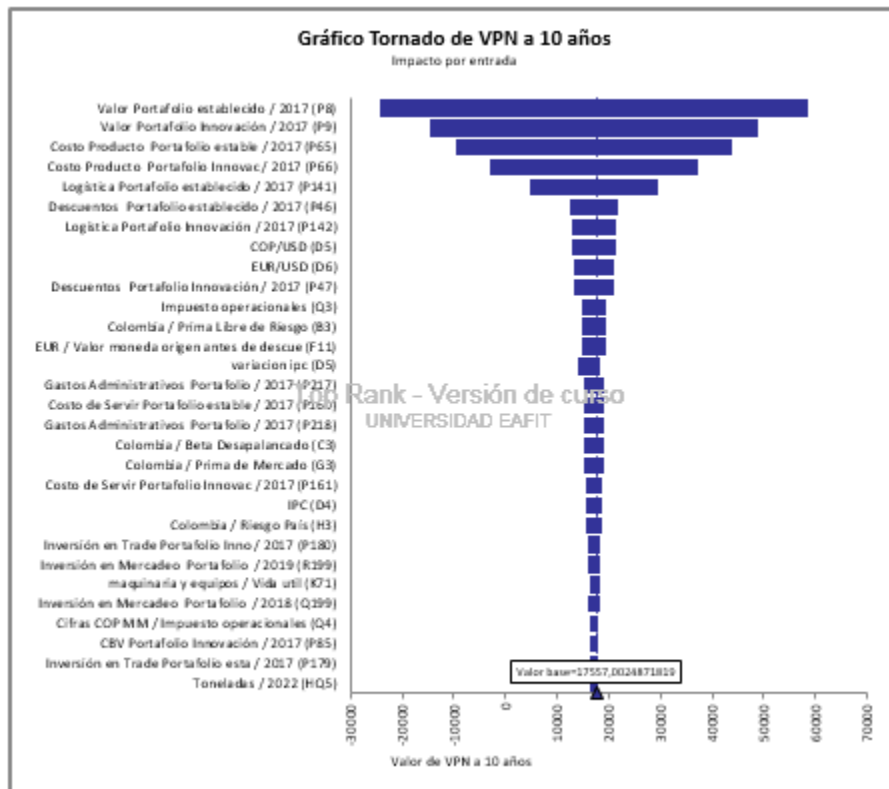
El valor presente es el monto que se utilizará más adelante como precio del activo subyacente para desarrollar el árbol binomial.

## **Paso 3. Modelar la incertidumbre**

Para el cálculo de la volatilidad se estimaron las variables que más afectaban el modelo, se les asignó una distribución, se halló la correlación entre las variables, y por último, mediante el modelo de Copeland y Antikarov (2001), se determinó el valor de la desviación estándar anual.

### ***Estimación de las variables que afectan el modelo***

Mediante el software DecisionTools Suite, se determinaron las variables que más impactaban el NPV. Los resultados se pueden observar en la Figura 5.



**Figura 5. TopRank®.** La figura muestra en orden descendente la variable que más impacta el NPV hasta la que menos impacta. La longitud de la franja muestra hasta dónde se puede mover el NPV actual dado a un cambio en la variable a analizar.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

En la Figura 5 se evidencian las 30 variables que más afectan al NPV. Se observa que dentro de un total de 458 variables, estas 30 al sufrir una variación afectarían en una mayor manera el NPV que las variables restantes. Para efectos del presente documento solo se tomaron las siete primeras que se describen en la Tabla 5, por estimar que son las más impactantes.

**Tabla 5.** Descripción de las variables que más afectan el NPV

<b>Valor del portafolio establecido</b>	Precio por tonelada promedio ponderado de los 5 productos del portafolio actual en el año 1.
<b>Valor Portafolio Innovación</b>	Precio por tonelada promedio ponderado de los 12 productos del portafolio de innovación en el año 1.
<b>Costo Producto Portafolio establecido</b>	Costo de venta por tonelada promedio ponderado de los 5 productos del portafolio actual en el año 1.
<b>Costo Producto Portafolio Innovación</b>	Costo de venta promedio ponderado de los 12 productos del portafolio de innovación en el año 1.
<b>Logística Portafolio establecido</b>	Costo de logística promedio ponderado (aprovisionamiento, almacenamiento, transporte y distribución) de los 5 productos del portafolio actual en el año 1.
<b>Descuentos Portafolio establecido</b>	Descuento promedio ponderado por cantidad, de los 5 productos del portafolio establecido.
<b>Logística Portafolio Innovación</b>	Costo de logística promedio ponderado (aprovisionamiento, almacenamiento, transporte y distribución) de los 12 productos del portafolio de innovación en el año 1.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Como la proyección de las variables anteriormente descritas son el resultado de un estudio del departamento de mercadeo de la compañía, se logró obtener un valor mínimo, uno máximo y uno más probable; este último es con el cual trabaja el modelo de DCF, a partir del cual se logró establecer una distribución PERT<sup>10</sup> para cada una de ellas. Una vez estudiadas las distribuciones, los datos históricos del precio y el costo de los productos actuales de la compañía en un periodo

<sup>10</sup> La distribución PERT es un método alternativo a la distribución triangular. Es decir que también se utiliza cuando el valor mínimo y máximo son conocidos, pero a diferencia de la triangular se ajusta de una mejor forma a la distribución normal suavizando la curva y mitigando el énfasis en las colas.

de 5 años, se determinó la fuerte relación entre estas dos variables, y, por tal motivo, se corrió una regresión que permitiera identificar el grado de correlación de las dos, incluida en el modelo. La Tabla 6 evidencia estos resultados.

**Tabla 6.** Correlación entre precio y costo por tonelada

	<i>Precio por tonelada</i>	<i>Costo por tonelada</i>
Precio por tonelada	1	0.978686001
Costo por tonelada	0.978686001	1

Nota: la correlación entre las variables precio y costo es del 97.8% lo que evidencia el alto grado de dependencia.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

### ***Determinación de la volatilidad***

Para el cálculo de la volatilidad, se utilizó el modelo de Copeland y Antikarov (2001), que plantea la simulación de la volatilidad mediante métodos logarítmicos. Los autores suponen que los precios siguen un movimiento geométrico browniano, es decir se basan en *market asset disclaimer* and *Samuelson's proof*, lo que indica que el retorno de los activos sigue una caminata aleatoria del patrón del flujo de caja.

La fórmula que explica el modelo se desglosa y describe a continuación:

$$r = \ln \left( \frac{V1}{V0} \right) = \ln \left( \frac{\sum_{t=1}^n Ft \exp\{-\mu(\tau-1)\}}{\sum_{t=1}^n E[Ft] \exp\{-\mu t\}} \right)$$

Donde:

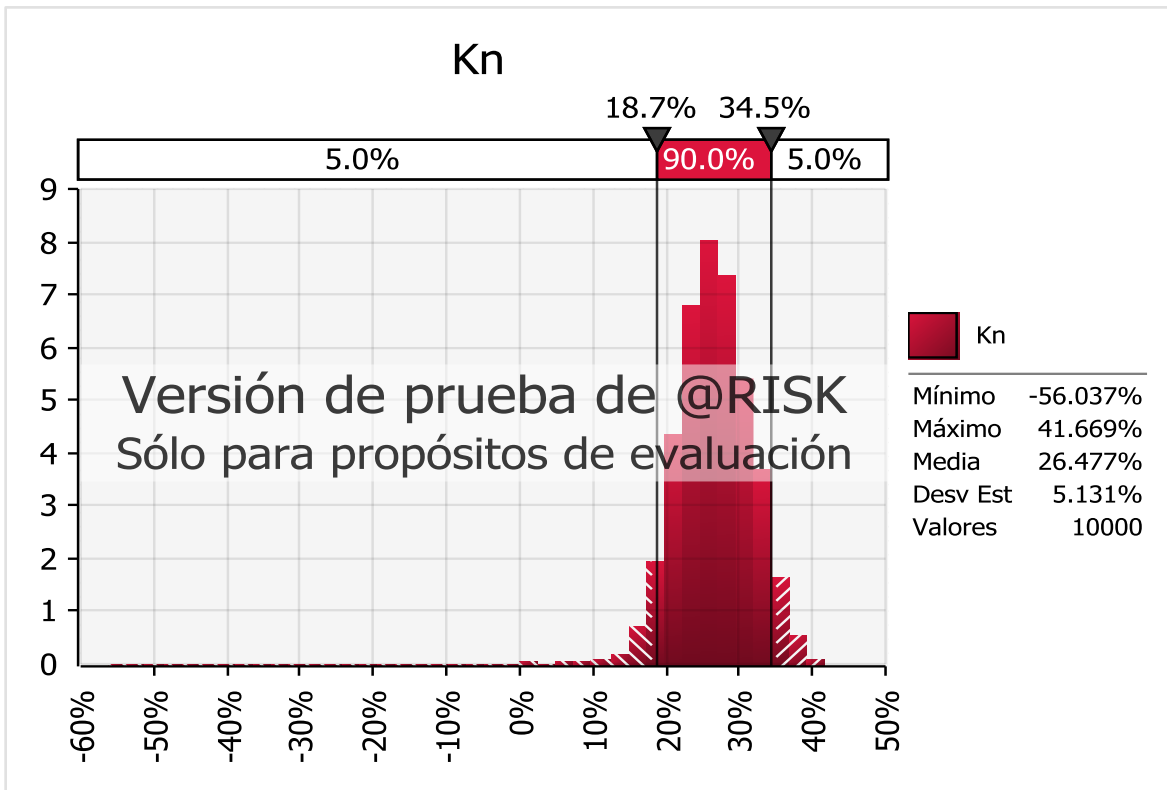
V0 = Valor presente neto del proyecto en año base.

V1= Valor presente neto en el año 1, que resulta de la simulación.

Ft = Flujos de caja para cada uno de los años evaluados.

Mediante esta fórmula se calcula la desviación estándar de los rendimientos simulados como estimador de la volatilidad del proyecto.

El presente estudio considera como V0 el Capex en el momento 0 y como V1 el valor presente, los resultados obtenidos se pueden observar en la Figura 6.



**Figura 6.** Cálculo de la volatilidad de los flujos de caja del proyecto  
Fuente: Elaboración Propia, 2016

Mediante 10.000 iteraciones, utilizando las 7 variables descritas en el numeral anterior, se determina el valor medio para para la desviación estándar de 26.47%.

La tabla 7 describe el cambio las variables de entradas dado el efecto de la volatilidad calculada.

**Tabla 7.** Cambio en las variables de entrada dada la volatilidad

<b>Cambio en la estadística de salida de Kn</b>			
<b>Jerarquía</b>	<b>Nombre</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
<b>1</b>	Valor Portafolio Innovación / Año 1	20.22%	33.57%
<b>2</b>	Costo Producto Portafolio Innovación / Año 1	20.72%	32.71%
<b>3</b>	variación IPC	21.59%	27.79%
<b>4</b>	Logística Portafolio Innovación / Año 1	23.48%	29.26%
<b>5</b>	Valor Portafolio establecido / Año 1	26.27%	26.76%
<b>6</b>	Costo Producto Portafolio establecido / Año 1	26.27%	26.74%
<b>7</b>	Logística Portafolio establecido / Año 1	26.26%	26.71%

Fuente: Elaboración Propia, 2016

#### **Paso 4. Creación del árbol de decisión**

Para la elaboración del árbol de decisión se emplea la metodología del modelo binomial<sup>11</sup>. Tomando como valor presente el valor determinado en el paso 2, 85.432 MM COP, se procedió a calcular el crecimiento (u) y decrecimiento (d) obteniendo los resultados que se evidencian en la Tabla 8.

---

<sup>11</sup> Dicho modelo fue propuesto por Cox y Ross en 1974. Este modelo considera que el valor del activo subyacente solo puede tomar dos valores posibles uno al alza y otro a la baja con probabilidades asociadas de p y p-1 (Cox, Rox, & Rubinstein, 1979).



**Tabla 8. Árbol binomial para el Valor Presente**

Parámetros de entrada		ARBOL DE EVENTOS PARA PV	
Tasa anual libre de riesgo	4.84%	Crecimiento ( <i>up</i> )	u = 1.303131221
Valor actual del subyacente	85,432	Decrecimiento ( <i>down</i> )	d = 0.767382428
Precio de ejercicio X		Tasa libre de riesgo	4.84%
Vida de la opción en años		Probabilidad de riesgo neutral ( <i>up</i> )	0.524549406
Desviación estándar anual	26.48%	Probabilidad de riesgo neutral ( <i>down</i> )	0.475450594
Número de pasos por año	1	Suma probabilidad	1

Árbol de eventos para PV

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	85,432	111,329	145,077	189,054	246,362	321,043	418,361	545,179	710,439	925,796	1,206,433
1		65,559	85,432	111,329	145,077	189,054	246,362	321,043	418,361	545,179	710,439
2		0	50,309	65,559	85,432	111,329	145,077	189,054	246,362	321,043	418,361
3		0	0	38,606	50,309	65,559	85,432	111,329	145,077	189,054	246,362
4		0	0	0	29,626	38,606	50,309	65,559	85,432	111,329	145,077
5		0	0	0	0	22,734	29,626	38,606	50,309	65,559	85,432
6		0	0	0	0	0	17,446	22,734	29,626	38,606	50,309
7		0	0	0	0	0	0	13,388	17,446	22,734	29,626
8		0	0	0	0	0	0	0	10,273	13,388	17,446
9		0	0	0	0	0	0	0	0	7,884	10,273
10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,050

**Nota:** Al utilizar el modelo Binomial, el árbol considera un factor al alza (u) y uno a la baja (d), con una probabilidad de 52,45% y 47,56%, respectivamente. Se calcula una desviación estándar de 26.48%, tomando como base el activo subyacente que en este caso es el VP.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Se evidencian los posibles valores que puede tomar el Valor presente del proyecto para cada uno de los años, con la volatilidad estimada.

Una de las variables de incertidumbre es la pérdida de participación en el mercado a medida que se aplaza la decisión de compra. Para ello se estiman los valores relativos de la misma con base a datos del departamento de mercadeo. La Tabla 9 describe la pérdida de mercado relativa y acumulada:

**Tabla 9. Pérdida de mercado**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Pérdida de mercado acumulada</b>	25%	37%	47%	55%	60%	62%	64%	66%	68%	70%
<b>Pérdida relativa</b>	25%	12%	10%	8%	5%	2%	2%	2%	2%	2%

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Otra de las variables de incertidumbre se refiere a la variación en la inversión de la maquinaria, es decir, el Capex del proyecto. Dado a que no se tiene información precisa cambio en el precio de la maquinaria se estableció un Capex estocástico con una volatilidad 8%. Los resultados se observan en la Tabla 10.

**Tabla 10. Árbol Binomial para Capex**

Parámetros de entrada		Parámetros calculados	
Tasa anual libre de riesgo	4.84%	Crecimiento ( <i>up</i> )	u = 1.0832871
Valor actual del subyacente	0	Decrecimiento ( <i>down</i> )	d = 0.9231163
Precio de ejercicio X	73699	Tasa libre de riesgo	4.84%
Vida de la opción en años	7	Probabilidad de riesgo neutral ( <i>up</i> )	0.7822453
Desviación estándar anual	8.00%	Probabilidad de riesgo neutral ( <i>down</i> )	0.2177547
Número de pasos por año	1		

Árbol de eventos para CAPEX											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	73,699	79,837	86,487	93,690	101,493	109,946	119,103	129,023	139,769	151,410	164,020
1		68,033	73,699	79,837	86,487	93,690	101,493	109,946	119,103	129,023	139,769
2			62,802	68,033	73,699	79,837	86,487	93,690	101,493	109,946	119,103
3				57,974	62,802	68,033	73,699	79,837	86,487	93,690	101,493
4					53,517	57,974	62,802	68,033	73,699	79,837	86,487
5						49,402	53,517	57,974	62,802	68,033	73,699
6							45,604	49,402	53,517	57,974	62,802
7								42,098	45,604	49,402	53,517
8									38,861	42,098	45,604
9										35,873	38,861
10											33,115

Nota: El precio del activo subyacente para este caso es la inversión en Capex, proyectada para el año uno y dos del proyecto traídas a valor presente. La volatilidad del 8% es obtenida del departamento de mercadeo.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

La tabla anterior evidencia el cambio en el precio de la inversión en la maquinaria en los diferentes años. Como se puede observar, el precio, dada la volatilidad, puede sufrir altas y bajas, dicha volatilidad en el tiempo puede afectar la viabilidad del proyecto.

Una vez construidos los arboles de eventos tanto para el VP como para el Capex, se puede construir un nuevo árbol binomial que contenga el NPV, considerando el VP con una pérdida en el mercado y un Capex estocástico.

**Tabla 11.** Árbol binomial para el NPV

ÁRBOLES DE EVENTOS PARA EL NPV											
Parámetros de entrada	Parámetros calculados										
Árbol de eventos para NPV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	11,733	3,660	4,912	6,509	9,370	18,471	39,874	67,241	101,780	144,845	197,909
1		0	0	0	0	0	0	5,629	23,139	45,434	73,363
2			0	0	0	0	0	0	0	0	6,405
3				0	0	0	0	0	0	0	0
4					0	0	0	0	0	0	0
5						0	0	0	0	0	0
6							0	0	0	0	0
7								0	0	0	0
8									0	0	0
9										0	0
10											0

**Nota:** Esta figura considera el máximo entre el Capex y el VP con una pérdida de mercado.  
 Fuente: Elaboración propia, 2016.

La maximización obtenida en la Tabla 11, permite la elaboración del último árbol binomial. Se elige la opción de diferir, que como se había señalado, permite a la empresa de consumo masivo tomar la decisión en el momento más oportuno, es decir, el árbol binomial proporciona herramientas para decidir si es mejor realizar el proyecto o posponerlo. Se construye comenzando por los nodos finales, para cada uno se evalúa la alternativa de maximizar el VP de acuerdo con las opciones posibles. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12. Árbol de eventos final: esperar o invertir**

VALOR PRESENTE	
<b>Parámetros de entrada</b>	
Tasa anual libre de riesgo	4.84%
Valor actual del subyacente	85,432
Precio de ejercicio X	
Vida de la opción en años	
Desviación estándar anual	26.48%
Número de pasos por año	1
<b>Parámetros calculados</b>	
Crecimiento ( <i>up</i> )	u = 1.3031312
Decrecimiento ( <i>down</i> )	d = 0.7673824
Tasa libre de riesgo	4.84%
Probabilidad de riesgo neutral ( <i>up</i> )	0.5245494
Probabilidad de riesgo neutral ( <i>down</i> )	0.4754506
	1

0	11,733	3,660	4,912	7,428	13,142	23,026	39,874	67,241	101,780	144,845	197,909
1		270	516	986	1,880	3,575	6,782	12,828	24,185	45,434	73,363
2			25	50	100	201	401	802	1,603	3,205	6,405
3				-	-	-	-	-	-	-	-
4					-	-	-	-	-	-	-
5						-	-	-	-	-	-
6							-	-	-	-	-
7								-	-	-	-
8									-	-	-
9										-	-
10											-

Fuente: Elaboración Propia, 2016

### Paso 5. Análisis de los resultados

El árbol de eventos aporta herramientas para concluir que en el año 1 (COP 11.733 MM) se debe realizar la inversión. Los resultados revelan que no es óptimo invertir durante los 3 años posteriores, dada la fuerte caída en participación de mercado. Cuando se amplía el horizonte de tiempo se percibe que la decisión de invertir es viable a partir del año 5. Se muestra que, a partir de dicho año, es posible obtener un valor presente más alto al del primero. Esto, siempre y cuando se dé el resultado que se muestra en la primera fila. El año 10, muestra el valor más alto (COP 197.909 MM). Sin embargo, la incertidumbre asociada al proyecto puede hacer que el VP, durante todos los años, sea menor al obtenido en el año inicial. De acuerdo con lo anterior, y soportado también por los resultados del VPN estático, se sugiere invertir en el año 1 para garantizar la viabilidad del proyecto.

#### **4. Conclusiones**

Desde hace ya varias décadas la evaluación de oportunidades financieras de inversión se ha venido desarrollando a través del tradicional método DCF. El auge de dicho método se debe a las grandes ventajas que aporta, como la facilidad de su cálculo y las herramientas de análisis que genera al considerar a al ente económico como un generador de flujos de fondos, descontados a una tasa apropiada.

Sin embargo, el método tradicional resulta inflexible ante un mercado dinámico y cambiante, esto porque no considera las diferentes etapas de un plan de inversión asociadas a un factor de incertidumbre. En respuesta a esta realidad, las investigaciones en finanzas han logrado adaptar el modelo para valorar las opciones financieras a la evaluación de inversiones del sector real, metodología conocida como ROA, la cual permite hacer una valoración en cada etapa del proyecto e incluir una volatilidad asociada al grado de incertidumbre de la inversión.

En este sentido, los estudios de las opciones reales se han enfocado en encontrar la mejor forma de calcular la volatilidad de los proyectos de inversión y en desarrollar casos aplicables que permitan ir demostrando su utilidad. El caso de la empresa colombiana de consumo masivo, como se ha expuesto, es ajustable a las opciones reales, por la gran incertidumbre que genera una innovación en los procesos productivos a causa de la compra de una nueva maquinaria.

Por esta razón se sugiere invertir en el año 1, puesto que al comparar los 3 años subsiguientes al primero se demuestra que, dada la pérdida de participación de mercado, realizar la inversión en dichos años no traería el mismo resultado. Cuando el horizonte de análisis se amplia, el árbol binomial muestra que, cumplidas todas las condiciones, a partir del 5 año, y siendo el periodo 10 el de mayor VP, es viable realizar la inversión. No obstante, existe el riesgo de que se dé un valor menor al del año 1. Apoyado en el método tradicional y soportado en lo ya

mencionado, se concluye que la compañía debería realizar la inversión en el primer año y no exponerse a la fuerte incertidumbre y a la gran pérdida de volúmenes. Esto soporta la oportunidad de apalancamiento de fijos que estos incrementales generan.

## Referencias

- Amram, M., & Kulatilaka, N. (1998). *Real Options. Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Cambridge: Harvard Business School Press.
- Amram, M., & Kulatilaka, N. (1999). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Cambridge: Harvard Business school .
- Baldi, F., & Trigeorgis, L. (2009). *A Real Options Approach to Valuing Brand Leveraging Options*:. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de <http://69.175.2.130/~finman/Reno/Papers/RenoProgram.htm>
- Brealey, R. A., Myres, S. C., & Marcus, A. J. (1996). *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. México: McGraw-Hill.
- Cartagena, E. (2000). *Uso de opciones reales en la evaluación de proyectos de inversión. Negocios y economía*. Recuperado el 5 de Marzo de 2016, de <http://www.ingcomercial.ucv.cl/sitio/assets/publicaciones/Documentos-Docentes/DocumentoDocenteUsodeOpcionesRealesenlaEvaluaciondeProyecto-sdeInversionEC.pdf>.
- Cayon, E., & Sarmiento, J. (2005). Análisis de Opciones Reales: un enfoque delta-gamma para la evaluación de proyectos de inversión real. *resultados de investigación sobre Medición de la eficiencia del CAPM en el mercado bursátil Colombiano Pontificia Universidad Javeriana Bogotá*, 121-130.
- Copeland, T. (1995). *Measuring and managing the value of companie*. New york: Wiley & sons.
- Copeland, T., & Antikarov, V. (2001). *Real Options: A Practitioner's Guide*. Texere.

- Copeland, T., & Antikarov, V. (2003). *Real Options - a practitioner's guide*. New York: Cengage Learning.
- Cox, J., Rox, S., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 229-263.
- Damodaran, A. (2006). *Damodaran on valuation: security analysis for investment and corporate finance*. New York: Wiles Financial series.
- Dixit, A., & Pindyck, R. (1994). *Investment under Uncertainty*. New Jersey : Princeton University.
- Fernández , S. (2010). *Los Proyectos de inversión. Evaluación Financiera*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Fernández, P. (Noviembre de 2008). *Métodos de Valoración de Empresas*. Barcelona: IESE Business School-Universidad de Navarra. Obtenido de [http://aempresarial.com/asesor/adjuntos/metodos\\_de\\_valorizacion\\_de\\_empresas.pdf](http://aempresarial.com/asesor/adjuntos/metodos_de_valorizacion_de_empresas.pdf)
- Flórez, L. S. (2008). Evolución de la Teoría Financiera en el Siglo XX. *Ecos de la economía*, 12-27.
- Hernández Aguilar, D. (2002). *Opciones reales: el manejo de las inversiones estrategicas en las finanzas coporativas*. México D.F.
- Markowitz, H. (1952). *Portfólio selection. The Journal of Finance*. Obtenido de [http://www.jstor.org/stable/2975974?origin=crossref&seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/2975974?origin=crossref&seq=1#page_scan_tab_contents)



- Maya Ochoa, C., & Pareja Vasseur, J. (2014). Valoración de opciones reales a través de equivalentes de certeza. *Ecos de Economía*, 18(39), 49-72.  
doi:<http://dx.doi.org/10.17230/ecos.2014.39.3>.
- Maya, C., Hernández, J., & Gallego, Ó. (2012). La valoración de proyectos de energía eólica en Colombia bajo el enfoque de opciones reales. *Cuadernos de Administración*, 193-231.
- Myers, S. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics Volume 5, Issue 2*, Pages 147-175.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Politician*.
- Samaniego, Á. (2010). Incertidumbre en los proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D). Un estudio de la literatura. *Contaduría y Administración*, , No. 232, septiembre-diciembre : 65-81.
- Schubert, w., & Barenbaum, L. (2007). Real options and public sector capital project decision making. *Journal of Public Budgeting, Accounting & Financial Management*, 19 (2), 139-152.
- Scialdone, P. (2007). *Valuing Managerial Flexibility* . Cuvillier Verlag: Göttingen.
- Sereno, L. (2010). *Real Options Valuation of Pharmaceutical Patents. A Case Study*.  
Recuperado el 21 de Marzo de 2016, de <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1547185>
- Smith, A. (1776). *La Riqueza de Las Naciones*. Barcelona : Ediciones Orbis.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. London, England: Hardcover.

Trigeorgis, L., & Baldi, F. (2009). *A Real Options Approach to Valuing Brand Leveraging Options*. Recuperado el 21 de Marzo de 2016, de <http://69.175.2.130/~finman/>

Universidad EAFIT. (2008). *Proyecto Educativo Institucional*. Recuperado el 28 de Marzo de 2016, de [http://www.eafit.edu.co/institucional/Documents/pei\\_eafit.pdf](http://www.eafit.edu.co/institucional/Documents/pei_eafit.pdf)

Westerfield, R., Jaffe, j., & Ross, S. (1999). *Finanzas Corporativas*. México D.F: McGraw Hill.

Yaari, U., Nikiforov, A. L., Kahya, E., & Shachmurove, Y. (2015). Finance Methodology of Free Cash Flow. *Global Finance Journal, Forthcoming*, 20, 54.

Zoilo, P., Romero, D., & Herrera, M. (2005). *Hacer Empresa: Un Re*. Bogotá: Fondo Editorial Nueva Empresa.

## Apéndice A. Estado de pérdidas y ganancias Portafolio actual sin inversión en maquinaria

P&G Establecidos	Año 1	Año2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Toneladas</b>	8,174	18,061	19,580	20,815	20,815	20,815	20,815	20,815	20,815	20,815
<b>Ventas Brutas</b>	<b>26,915</b>	<b>62,690</b>	<b>71,791</b>	<b>80,800</b>	<b>85,742</b>	<b>91,207</b>	<b>97,263</b>	<b>103,993</b>	<b>111,489</b>	<b>119,864</b>
Devoluciones	82	192	219	247	262	279	297	318	341	366
Descuentos	2,799	6,519	7,465	8,402	8,916	9,484	10,114	10,814	11,593	12,464
<b>Venta Neta</b>	<b>24,034</b>	<b>55,980</b>	<b>64,106</b>	<b>72,151</b>	<b>76,564</b>	<b>81,443</b>	<b>86,852</b>	<b>92,861</b>	<b>99,555</b>	<b>107,033</b>
<b>Costo Producto</b>	13,773	32,079	36,736	41,345	43,874	46,671	49,770	53,213	57,049	61,335
CBV	121.75	283.58	324.75	365.50	387.85	412.57	439.97	470.41	504.32	542.20
Beneficios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costo Ventas Total</b>	<b>13,894</b>	<b>32,362</b>	<b>37,060</b>	<b>41,711</b>	<b>44,262</b>	<b>47,083</b>	<b>50,210</b>	<b>53,684</b>	<b>57,554</b>	<b>61,877</b>
Soporte Oper	218.89	509.82	583.83	657.10	697.29	741.73	790.98	845.71	906.68	974.78
<b>U. Bruta (Soporte)</b>	<b>9,921</b>	<b>23,107</b>	<b>26,462</b>	<b>29,783</b>	<b>31,604</b>	<b>33,618</b>	<b>35,851</b>	<b>38,331</b>	<b>41,095</b>	<b>44,181</b>
Logística	6,249	14,554	16,667	18,759	19,906	21,175	22,581	24,143	25,884	27,828
Costo de Servir	996	2,320	2,656	2,990	3,173	3,375	3,599	3,848	4,125	4,435
Inversión en Trade	431	1,004	1,150	1,294	1,373	1,460	1,557	1,665	1,785	1,919
Inversión en Mercadeo	712	1,657	1,898	2,136	2,267	2,411	2,571	2,749	2,947	3,169
Gastos Administrativos	1,078	2,512	2,877	3,237	3,436	3,654	3,897	4,167	4,467	4,803
<b>Ebitda Normalizado</b>	<b>455</b>	<b>1,060</b>	<b>1,214</b>	<b>1,367</b>	<b>1,450</b>	<b>1,543</b>	<b>1,645</b>	<b>1,759</b>	<b>1,886</b>	<b>2,027</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2016

## Apéndice B: Estado de pérdidas y ganancias Portafolio actual con inversión en maquinaria

P&G Proyecto	Año 1	Año2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Toneladas</b>	10,217	33,760	38,523	43,415	43,415	43,415	43,415	43,415	43,415	43,415
<b>Ventas Brutas</b>	<b>39,074</b>	<b>161,139</b>	<b>197,275</b>	<b>239,299</b>	<b>253,936</b>	<b>270,120</b>	<b>288,057</b>	<b>307,987</b>	<b>330,190</b>	<b>354,991</b>
<b>Devoluciones</b>	153	763	947	1,166	1,238	1,316	1,404	1,501	1,609	1,730
<b>Descuentos</b>	4,080	16,895	20,690	25,106	26,642	28,340	30,222	32,313	34,642	37,245
<b>Venta Neta</b>	<b>34,841</b>	<b>143,482</b>	<b>175,638</b>	<b>213,026</b>	<b>226,056</b>	<b>240,463</b>	<b>256,431</b>	<b>274,173</b>	<b>293,938</b>	<b>316,016</b>
<b>Costo Producto</b>	17,886	69,210	84,774	102,882	109,254	116,316	124,163	132,901	142,659	153,584
<b>CBV</b>	337	2,028	2,548	3,174	3,368	3,583	3,821	4,085	4,380	4,709
<b>Beneficios</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costo Ventas Total</b>	<b>18,223</b>	<b>71,239</b>	<b>87,323</b>	<b>106,056</b>	<b>112,622</b>	<b>119,899</b>	<b>127,984</b>	<b>136,987</b>	<b>147,039</b>	<b>158,293</b>
<b>Soporte Oper</b>	317	1,302	1,594	1,933	2,051	2,182	2,327	2,488	2,667	2,867
<b>U. Bruta (Soporte)</b>	<b>16,301</b>	<b>70,941</b>	<b>86,721</b>	<b>105,037</b>	<b>111,383</b>	<b>118,382</b>	<b>126,121</b>	<b>134,699</b>	<b>144,232</b>	<b>154,857</b>
<b>Logística</b>	6,963	22,782	27,325	32,415	34,412	36,622	39,075	41,804	44,849	48,254
<b>Costo de Servir</b>	1,411	5,680	6,940	8,400	8,914	9,482	10,112	10,811	11,590	12,461
<b>Inversión en Trade</b>	734	3,460	4,281	5,249	5,570	5,925	6,318	6,755	7,242	7,786
<b>Inversión en Mercadeo</b>	3,473	23,771	24,128	22,335	20,937	19,508	19,225	20,253	21,551	23,169
<b>Gastos Administrativos</b>	1,563	6,436	7,878	9,555	10,140	10,786	11,502	12,298	13,185	14,175
<b>Ebitda Normalizado</b>	<b>2,157</b>	<b>8,811</b>	<b>16,170</b>	<b>27,083</b>	<b>31,411</b>	<b>36,059</b>	<b>39,889</b>	<b>42,777</b>	<b>45,815</b>	<b>49,011</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2016

### Apéndice C: Valoración por Flujo de Caja Descontado portafolio innovación con inversión en maquinaria

<b>P&amp;G Innovaciones</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>Toneladas</b>	2,044	15,699	18,943	22,600	22,600	22,600	22,600	22,600	22,600	22,600
<b>Ventas Brutas</b>	<b>12,159</b>	<b>98,449</b>	<b>125,484</b>	<b>158,499</b>	<b>168,194</b>	<b>178,913</b>	<b>190,794</b>	<b>203,995</b>	<b>218,700</b>	<b>235,127</b>
<b>Devoluciones</b>	71	571	728	919	975	1,038	1,106	1,183	1,268	1,364
<b>Descuentos</b>	1,281	10,376	13,225	16,704	17,726	18,856	20,108	21,499	23,049	24,780
<b>Venta Neta</b>	<b>10,807</b>	<b>87,502</b>	<b>111,531</b>	<b>140,875</b>	<b>149,492</b>	<b>159,020</b>	<b>169,579</b>	<b>181,312</b>	<b>194,383</b>	<b>208,984</b>
<b>Costo Producto</b>	5,195	42,062	53,613	67,719	71,861	76,441	81,517	87,157	93,440	100,459
<b>CBV</b>	215	1,745	2,224	2,809	2,980	3,170	3,381	3,615	3,875	4,167
<b>Beneficios</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costo Ventas Total</b>	<b>5,410</b>	<b>43,807</b>	<b>55,837</b>	<b>70,528</b>	<b>74,842</b>	<b>79,611</b>	<b>84,898</b>	<b>90,772</b>	<b>97,316</b>	<b>104,625</b>
<b>Soporte Oper</b>	98	792	1,010	1,276	1,354	1,440	1,536	1,642	1,760	1,893
<b>U. Bruta (Soporte)</b>	<b>5,299</b>	<b>42,903</b>	<b>54,685</b>	<b>69,072</b>	<b>73,297</b>	<b>77,968</b>	<b>83,146</b>	<b>88,898</b>	<b>95,307</b>	<b>102,466</b>
<b>Logística</b>	1,130	9,151	11,664	14,733	15,634	16,630	17,735	18,962	20,329	21,856
<b>Costo de Servir</b>	415	3,361	4,283	5,410	5,741	6,107	6,513	6,963	7,465	8,026
<b>Inversión en Trade</b>	303	2,456	3,131	3,955	4,197	4,464	4,761	5,090	5,457	5,867
<b>Inversión en Mercadeo</b>	2,761	22,114	22,230	20,199	18,670	17,097	16,653	17,503	18,603	20,001
<b>Gastos Administrativos</b>	485	3,924	5,002	6,318	6,704	7,131	7,605	8,131	8,717	9,372
<b>Ebitda Normalizado</b>	<b>204</b>	<b>1,896</b>	<b>8,374</b>	<b>18,457</b>	<b>22,351</b>	<b>26,538</b>	<b>29,879</b>	<b>32,249</b>	<b>34,736</b>	<b>37,345</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2016

### Apéndice D: Valoración por Flujo de Caja Descontado portafolio actual con inversión en maquinaria

<b>P&amp;G Establecidos</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>Toneladas</b>	8,174	18,061	19,580	20,815	20,815	20,815	20,815	20,815	20,815	20,815
<b>Ventas Brutas</b>	26,915	62,690	71,791	80,800	85,742	91,207	97,263	103,993	111,489	119,864
<b>Devoluciones</b>	82	192	219	247	262	279	297	318	341	366
<b>Descuentos</b>	2,799	6,519	7,465	8,402	8,916	9,484	10,114	10,814	11,593	12,464
<b>Venta Neta</b>	24,034	55,980	64,106	72,151	76,564	81,443	86,852	92,861	99,555	107,033
<b>Costo Producto</b>	12,691	27,148	31,161	35,163	37,393	39,875	42,646	45,744	49,219	53,125
<b>CBV</b>	122	284	325	365	388	413	440	470	504	542
<b>Beneficios</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costo Ventas Total</b>	12,813	27,432	31,486	35,529	37,781	40,288	43,086	46,215	49,723	53,667
<b>Soporte Oper</b>	219	510	584	657	697	742	791	846	907	975
<b>U. Bruta (Soporte)</b>	11,002	28,038	32,036	35,965	38,086	40,414	42,975	45,800	48,925	52,391
<b>Logística</b>	5,833	13,631	15,661	17,682	18,778	19,992	21,340	22,843	24,520	26,398
<b>Costo de Servir</b>	996	2,320	2,656	2,990	3,173	3,375	3,599	3,848	4,125	4,435
<b>Inversión en Trade</b>	431	1,004	1,150	1,294	1,373	1,460	1,557	1,665	1,785	1,919
<b>Inversión en Mercadeo</b>	712	1,657	1,898	2,136	2,267	2,411	2,571	2,749	2,947	3,169
<b>Gastos Administrativos</b>	1,078	2,512	2,877	3,237	3,436	3,654	3,897	4,167	4,467	4,803
<b>Ebitda Normalizado</b>	1,953	6,915	7,796	8,626	9,061	9,521	10,010	10,529	11,080	11,666

Fuente: Elaboración Propia, 2016