



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Implementación de opciones reales en una decisión de transformación de la gestión productiva

Daniela Acevedo Abril

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ciencias económicas
Bogotá D.C, Colombia
2021

Implementación de opciones reales en una decisión de transformación de la gestión productiva

Daniela Acevedo Abril

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Contabilidad y Finanzas

Con profundización en finanzas

Director:

Mg. Luis Germán Ome

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ciencias económicas

Bogotá D.C. Colombia

2021

Ser mi soporte y gran ejemplo, su esmero y apoyo constante son los que dirigen mi vida, a mi hijo por ser la gran inspiración de mi vida y a mi hermano por transmitir su inteligencia contagiosa.

A la Universidad Nacional por permitirme aprender tantas cosas, pero en especial el valor de los conocimientos. A mi tutor porque además de un ejemplo profesional y personal me enseñó a ver las cosas de otra manera, la aplicación de los conocimientos financieros, la experiencia y los sentimientos al cumplimiento de un proyecto.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Nombre DANIELA ACEVEDO ABRIL

Fecha 16/02/2021

Agradecimientos

A la compañía que me permitió hacer uso de lo aprendido en esta maestría durante estos dos años para poder usar los conocimientos que se reflejan en este trabajo y darles un direccionamiento aplicado.

Resumen

IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA Caso de estudio de una empresa manufacturera

El uso eficiente de los recursos económicos de las compañías es la principal preocupación de los inversionistas, que buscan además de rentabilidad: su sostenibilidad y crecimiento constante. Por lo que frente a una decisión de inversión se requiere de valoraciones que ilustren los posibles resultados para enriquecer la toma de decisiones, sin desconocer que hay elementos de incertidumbre, de ahí la necesidad de un método de valoración que permita medir factores de flexibilidad y/o posibilidades de cambio en el tiempo de las decisiones basado en elementos que introducen modificaciones en la estimación de los flujos de caja generados. En este trabajo mediante la aplicación de una valoración por opciones reales en un proyecto de compra de una maquinaria que implicaría un cambio con respecto a la gestión productiva para una compañía manufacturera comparan sus resultados con otros métodos de valoración, ilustrando las ventajas que agrega

Palabras clave: Opciones reales, valor presente neto, gestión productiva, direccionamiento estratégico.

Abstract

**IMPLEMENTATION OF REAL OPTIONS IN A DECISION TO TRANSFORM
PRODUCTIVE MANAGEMENT
Case study of a manufacturing company**

The efficient use of the economic resources of the companies is the main concern of investors, who besides profitability: also seek their sustainability and constant growth. Therefore, when faced with an investment decision, evaluations that illustrate the possible results to enrich decision-making are required, without ignoring that there are elements of uncertainty, hence the need for a valuation method that allows the measurement of flexibility factors and/or possibilities of change in the time of the decisions based on elements that introduce modifications in the estimation of the generated cash flows. In this research, through the application of a valuation by real options in a project for the purchase of a machine that would imply a change at the level of production management for a manufacturing company. It is intended to determine through the comparison with other methods the contributions of the mentioned valuation.

Keywords: Real options, net present value, productive management, strategic addressing.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas	XV
Introducción	1
1. Marco teórico	3
1.1 Direccionamiento estratégico	3
1.2 Gestión de producción	6
1.3 Teoría de valoración de opciones reales	9
1.3.1 Clasificación de opciones reales.....	14
1.3.2 Metodología para la valoración de opciones reales	16
1.3.3 Valorar las opciones reales Vs valor presente neto en diferentes escenarios	21
2. Metodología de la investigación	23
2.1 Etapas metodológicas	23
2.1.1 Identificar la empresa con su entorno estratégico y el uso de teoría financieras para sus decisiones.....	24
2.1.2 Aplicación de valor presente neto (VPN) al proyecto	24
2.1.3 Aplicación de opciones reales.....	24
2.1.4 Contraste de modelo de Valor presente neto con opciones reales	26
3. Aportes de la teoría financiera de opciones reales al direccionamiento estratégico	27
4. Aplicación de Valoración	29
4.1 Caracterización de la organización usada para el caso se estudió y sus elementos de direccionamiento estratégico	29
4.2 Valoración de inversión por método de valor presente neto (VPN).....	31
4.3 Valoración opción real a diferir	38

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

5. Análisis de resultados	47
6. Conclusiones y recomendaciones	50
6.1 Conclusiones	50
6.2 Recomendaciones	53
7. ANEXOS.....	55
A. Anexo: Correlaciones de precios Chip de tolueno, filamento y petróleo (cálculo de la volatilidad).....	55
B. Anexo: Comportamiento del estado de situación financiera y el estado de resultados histórico.....	59
C. Anexo: Comportamiento del precio del chip y los filamentos en los últimos 5 años: 61	
D. Anexo: Revisión de precio del filamento con relación al precio del chip de tolueno.....	63
E. Anexo: Opción de diferir a uno, dos y tres años con volatilidades de 2015 a 2020 y volatilidades de 2015 a 2019.....	64
F. Anexo: Revisión de impacto del escudo fiscal proporcionado por la depreciación al flujo de caja del proyecto.	70
8. Bibliografía	71

Lista de figuras

Ilustración 1. Formula del direccionamiento estratégico	3
Ilustración 2. Diferencias entre la planeación y el direccionamiento estratégicos ...	4
Ilustración 3. Etapas del direccionamiento estratégico	6
Ilustración 4 Evolución histórica del pensamiento administrativo	7
Ilustración 5 Evolución opciones reales	10
Ilustración 6. Formas de valorar opciones reales	16
Ilustración 7. Formula de Black-Scholes	18
Ilustración 8. Fórmula Árboles binomiales	19
Ilustración 9. Gráfico ejemplo de árbol binomial	19
Ilustración 10. Ejemplo de árbol binomial	20
Ilustración 11. Ejemplo árbol de decisión de un proyecto	20
Ilustración 12. Etapas metodológicas	23
Ilustración 13. Fórmula de Valor Presente Neto	24
Ilustración 14. Equivalencia entre opciones reales y opciones financieras.	25
Ilustración 15. Costo de fabricación de filamentos	33
Ilustración 16. Valor de salvamento	36
Ilustración 17. Flujo de caja actual – importación de materias primas	36
Ilustración 18. Flujo de caja base – fabricación materias primas	37
Ilustración 19. Resumen de variables base de la proyección de flujos de caja por VPN para 5 años	38
Ilustración 20. Variables para estimación valor de la opción de diferir	39

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Equivalencia entre opciones financieras y reales	12
Tabla 2. Clasificación de opciones reales	14
Tabla 3. Asignación de ingresos al proyecto	31
Tabla 4. Cantidad de Kilos de filamento demandados en relación con las ventas ..	33
Tabla 5. Resumen volatilidades precio del petróleo 2015 a 2020 y 2015 a 2019	40
Tabla 6 Árbol de enrejado de Cox con volatilidad precio del petróleo 2015-2020....	41
Tabla 7 Flujo de caja al producir la materia prima diferido a un año descontando el costo de retraso	41
Tabla 8 Comparación de flujos de caja de comprar materia prima vs. fabricar la materia prima llevados a valor presente año 1.	42
Tabla 9 Valor de la opción de diferir a un año con volatilidad del año 2015 a 2020.	42
Tabla 10 Decisión con la información aportada por la opción de diferir	43
Tabla 11. Valoración de opciones reales con volatilidad anual de 2015 a 2019	43
Tabla 12. Valoración de opciones reales con probabilidad de frecuencia en el precio del chip.....	45
Tabla 13. Resumen resultado de opción de diferir por años y volatilidades	48

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$VDif$	Opción de diferir	monetaria	$V = \text{Max} [S ; 0]$
μ'	Tasa de crecimiento o drif	porcentual	$\mu' = \mu - (k - r)$
P	Probabilidad alcista	Porcentual	$\frac{1 + \mu' \Delta t - d}{u - d}$

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
Σ	Volatilidad	Porcentual	

Abreviaturas

Abreviatura	Término
VPN	Valor presente neto
DEE	Direccionamiento estratégico

Introducción

Este trabajo ilustra el uso de la teoría financiera para soportar las decisiones que se enmarcan en el direccionamiento estratégico de la organización. A lo largo de la revisión bibliográfica se identifica que autores como: León Trigeorgis, Lamothe Fernández, Ana María Fernández, y Stewart Myers (1977) señalan que las opciones reales son la evolución de la teoría financiera para dar flexibilidad a la valoración de posibles cursos de acción, incorporando los cambios que pueden ocurrir en las acciones estratégicas a partir de la obtención de nueva información en el tiempo, añadiendo así valor a los intangibles del proyecto.

Desde la perspectiva empresarial que requiere decisiones prudentes y oportunas para garantizar estabilidad y crecimiento, las opciones reales permiten satisfacer la necesidad como elemento instrumental para integrar variables cuantitativas que miden el RIESGO por: amenazas -debilidades y estiman el VALOR otorgado por las oportunidades - fortalezas (teoría financiera), y además incorporar variables cualitativas que se definen por el horizonte de la compañía, resultado del direccionamiento estratégico.

En este informe se valora un proyecto consistente en la compra de un equipo, con el cual se fabricará la principal materia prima usada para la manufactura de los productos de la compañía, objeto del caso de estudio. Al comprar la máquina, se suspende la importación de la materia prima independizando este eslabón del proceso productivo. Principalmente con el fin de controlar los costos que tienen una volatilidad similar a la de los precios del petróleo. La valoración se realizará comparando el método tradicional de VPN con el de las opciones reales como aplicación de la teoría financiera, usando elementos del direccionamiento estratégico con el fin de que el inversor sustente la decisión de: posponer, abandonar o expandir un proyecto que redefine su gestión operacional.

Las opciones reales son una herramienta que brinda nueva información que permita sumar a la valoración tradicional la flexibilidad del proyecto desde la estrategia definida por

(Palacios Acero, 2016) como la forma en que las compañías responden a su entorno tratando de aprovechar las oportunidades futuras y evitando el impacto de las contingencias negativas; y así se puede, plantear la pregunta de investigación: “*¿Qué aportan las opciones reales a la valoración de proyectos que impliquen un cambio de gestión productiva?*”, dicha respuesta requiere el alcance de los siguientes objetivos:

Objetivo general

Analizar los aportes de la valoración de opciones reales para una organización manufacturera que se enfrenta a la posibilidad de transformar su gestión productiva.

Objetivos específicos

- Caracterizar la teoría financiera de valoración de opciones reales y sus aportes a los elementos del direccionamiento estratégico.
- Identificar cuáles son las variables de flexibilidad en el proyecto a evaluar para la transformación de la gestión productiva de una empresa manufacturera.
- Establecer variables que pueden generar flujos de caja futuros positivos o negativos en el proyecto planteado en el caso de estudio, de acuerdo con los escenarios desarrollados.
- Evaluar la problemática descrita en el caso de estudio con: valor presente neto (modelo tradicional) y con opciones reales.

1. Marco teórico

1.1 Direccionamiento estratégico

Las compañías deben responder a los cambios de su entorno basados en los lineamientos formulados desde la visión, misión y objetivos. La respuesta a los cambios se plantea desde de la estrategia que guía las decisiones que toman las gerencias de las compañías. De ahí que cada decisión requiere revisar la totalidad de la organización: a) contemplando el principio de integridad; b) reconociendo el entorno; y c) determinando qué interrelaciones deben existir en la organización para lograr el objetivo (Mendoza, 2011).

En este contexto, la formación administrativa se entiende: como el modo particular del manejo de la compañía. y la cultura organizacional como las ideas, los valores, formas de lenguaje al igual que los ritos que tipifican la vida de las empresas. (Mendoza, 2011).

El Caso de estudio se configura como una decisión estratégica ya que implica decidir sobre elementos macro administrativos asociados a los logros de la empresa teniendo en cuenta la misión y visión de la organización. La estrategia planteada requiere tomarse desde direccionamiento estratégico, debido a que es complemento de la planeación agregando variables como: análisis, implantación y control estratégico como lo propone Bueno Ampos, Dalmau Porta, & Renau Piqueras, (1993), como se enuncia en la ilustración 1:

Ilustración 1. Formula del direccionamiento estratégico

$$\text{DEE} = [\text{Análisis Estratégico}] + [\text{Planificación Estratégica}] + [\text{Implantación y Control Estratégico}]$$



*Direccionamiento
Estratégico*

Fuente: (Bueno Ampos, Dalmau Porta, & Renau Piqueras, 1993)

De acuerdo con esta ilustración 1, la primera variable que corresponde al análisis estratégico: consiste en una interpretación del entorno de la compañía, evalúa los el

contexto internos y externos de la organización, vistos desde un análisis DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas). (Bentura, 2009) La segunda variable concierne a la planificación estratégica: vista como la elección del plan de acción y por último la ejecución – control que como su nombre lo indican es el desarrollo de los proyectos y la supervisión de los mismos.

Este enfoque estratégico ofrece las posibilidades de expansión o crecimiento económico, en situaciones de crisis y cambios rápidos o discontinuos del entorno. Las condiciones empresariales son: complejas, dinámicas y se dan en un medio competitivo, provocando que la dirección estratégica sea un “Sistema de planificación” con un modelo estructurado, poniendo su énfasis en la formulación de la estrategia, su desarrollo y control para finalmente retroalimentar. (Renau Piqueras, 1993)

Ilustración 2. Diferencias entre la planeación y el direccionamiento estratégicos

DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN Y DE DIRECCIÓN ESTRATÉGICA		
<i>Conceptos</i>	<i>Sistema de planificación estratégica</i>	<i>Sistema de dirección estratégica</i>
Naturaleza del entorno	Estable-adaptativo	Inestable-discontinuo
Época de desarrollo	Años sesenta y setenta	A partir de los años ochenta
Tipo de proceso directivo	Estructurado y previsional	No estructurado, flexible y oportunista
Horizonte económico	A largo plazo	A corto, medio y largo plazo
Formulación de la estrategia	Centralizada	Descentralizada y participativa
Estilo de dirección	Tecnocrático	Creativo
Orientación de los cambios	Unidireccionales o técnico-económicas	Multidireccionales o abiertas en la múltiple naturaleza del entorno
Carácter del sistema	De planificación	De planificación-acción

Fuente: (López & Castrillón, 2010)

En la ilustración 2 se señalan las diferencias entre la planificación y la dirección estratégica. Se observa que la segunda evoluciona como un modelo de gestión que se caracteriza por tener una visión global, directiva y que gestiona los recursos para satisfacer los propósitos de la organización, buscando desarrollar sus capacidades de manera oportuna, anticipándose a los desafíos del entorno. (López & Castrillón, 2010)

En definitiva, son decisiones estratégicas aquellas que impliquen una visión en el largo plazo, donde se integren la estrategia con la ejecución, en un continuo trade off entre: satisfacer la demanda manteniendo una diferencia competitiva o priorizar una posición de liderazgo y abarcar o imitar para estar en segundos o terceros lugares. (Porter, 2011) Con

base en la anterior afirmación Porter argumenta que dichas decisiones están más centradas en el que no se deberá hacer, que en lo que, si se hará, porque son elementos que guían al momento de decidir.

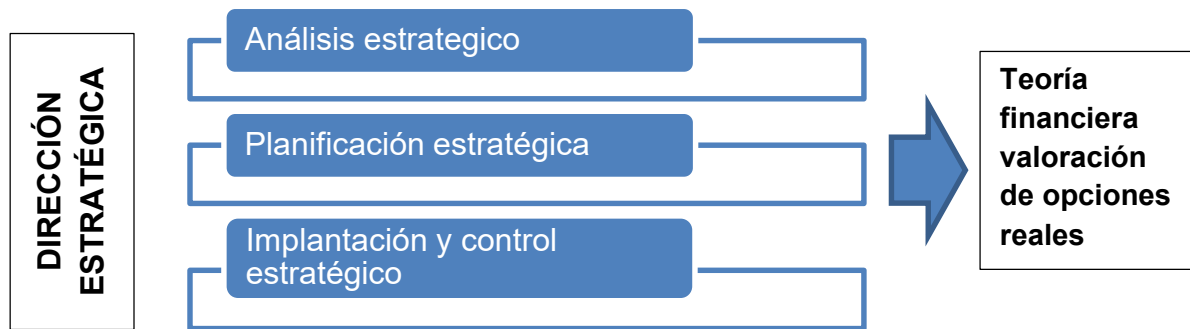
Asociación de los demás elementos conceptuales

Las opciones reales como metodología de valoración posibilitan integrar los diferentes planteamientos direccionales de una oportunidad. En otras palabras, es la herramienta financiera que permite incorporar los distintos cursos de acción estratégicos y los valora para enriquecer el proceso de decisión (Guerrero, 2003).

La transformación en la gestión productiva descrita por Cardona A. & Escobar A. (2012) como, la capacidad de las organizaciones para incorporar conocimiento a su operación con innovación. Se asocia el direccionamiento estratégico porque: 1) genera procesos que reconocen los factores internos como: bajos costos de producción, mejores tiempos de entrega, calidad, flexibilidad. Y externos como: competencia, mercado, tecnología etc. 2) Sirve para desarrollar la implementación y el control de las acciones propuestas, tomando en cuenta sus recursos y capacidades, como lo indican Londoño & Bonilla, (2015), que consideran la relación entre la planificación y la ejecución de los planes de acción, como parte de los procesos de crecimiento y expansión de los portafolios de productos y servicios.

Concluyendo, las decisiones en la gestión productiva pueden incorporarse en los modelos financieros de opciones reales, debido a que apoyan los procesos de construcción del direccionamiento estratégico, con elementos cuantitativos y cualitativos, permitiendo ajustar los planes de acción. En la ilustración 1 se evidencia la manera en que se vinculan el direccionamiento estratégico y las herramientas financieras, de manera sintética se demuestra que hay unos momentos que obedecen a elementos inductivos - deductivos, los cuales relacionan el proceso estratégico con las herramientas de valoración

Ilustración 3. Etapas del direccionamiento estratégico



Fuente: Elaboración propia

1.2 Gestión de producción

La gestión según la real academia se define como la acción de gestionar y administrar una actividad estableciendo los objetivos y medios para su realización. (Ruiz, 2017) La producción, para los fabricantes de tangibles será la actividad de crear bienes (Render, 2009). Ruiz, (2017) define la gestión de producción, como: “El conjunto de herramientas administrativas que buscan maximizar los niveles de productividad, centrada en la: planificación, demostración, ejecución y control que vista desde la estrategia busca desarrollar diferencias competitivas” (Ruíz 2017.)

Este concepto se evidencia en los modelos de gestión de operaciones que han buscado la eficiencia, a través del tiempo. Para Larrea, (2011) eficiencia de producción: es tener una asignación adecuada de recursos asegurándose que no existe una manera de reasignarlos mejor, y garantizar que los factores de producción darán un resultado óptimo para lograr los objetivos. Para Lozano (2011) “La eficiencia es alcanzar los objetivos correctos, haciendo las cosas de manera correcta con las personas adecuadas en el lugar y tiempo pertinentes”.

La búsqueda de la eficiencia es un pilar en la gestión de producción, que nace del pensamiento administrativo y su desarrollo ha tenido las siguientes fases:

Ilustración 4 Evolución histórica del pensamiento administrativo



Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del libro indicadores DEA de eficiencia y productividad. Lozano (2011)

Complementando la ilustración 4, la etapa de administración científica nace de ingenieros mecánicos e industriales y surgen de la coyuntura donde el dueño de los recursos (inversor) no administra las operaciones, mejorando los procesos empresariales para alcanzar la eficiencia de productividad. (Lozano, 2011) En la segunda etapa sus principales autores es Henry Fayol quien, según Conde, y otros, (2014), fue considerado el padre de la administración moderna centrando sus esfuerzos en mostrar que las empresas estaban conformadas por grupos operacionales en funciones.

Para la tercera etapa se les da prioridad a las relaciones humanas partiendo el concepto del hombre social y su influencia en grupos productivos. Hart, (2012) de acuerdo con el estudio de Elton Mayo describe los principios básicos de las relaciones humanas y autores como Ramírez & María, (2012) y Soler, (2013) consideran que las actitudes o expectativas de los individuos se entrecruzan dentro de las relaciones humanas explicando estas su

comportamiento en el trabajo que influyen en el trabajador. En consecuencia, el enfoque humanístico fue una revolución del pensamiento que cambia del sujeto netamente económico a un pensamiento más preocupado por el ser humano integral y su entorno dentro de las condiciones de la cadena de producción y la preocupación por mejorar la productividad de los sujetos.

El último eslabón del pensamiento administrativo de acuerdo González, Fúnez, & Velásquez, (2016) denominado el modelo cuantitativo, busca la aplicación de: matemáticas, estadística, algoritmos y técnicas cuantitativas para representar un problema y para darle una solución. Se divide en:

- a) Investigación de operaciones que es la aplicación de modelos matemáticos con dos objetivos: primero para representar un problema y luego para resolverlo, el uso de recursos escasos para la maximización del producto.

La aplicación de la investigación de operaciones se da para dos tipos de problemas: 1) Los determinísticos: Se tiene la información con certeza de los posibles resultados. Y 2) Los estocásticos: No se conoce con certeza el resultado y a los posibles resultados se les asocia una probabilidad. Que ayudan a determinar acciones menos vulnerables, aportando al bienestar de la organización, mediante la búsqueda de óptimos locales u óptimos a un análisis particular.

El objeto de la investigación de operaciones es el apoyo de la toma de decisiones con base a un estudio científicamente fundamentado y sus etapas son: definir el problema, recolectar datos, formular el modelo matemático y la obtención de la solución a partir del modelo. Deben además determinarse los objetivos adecuados y las restricciones en: Las interrelaciones con otras áreas, las diferentes opciones de curso, los límites de tiempo y la proyección del impacto.

- b) La administración de operaciones: Un campo de la administración que aparece en los 50 y se diferencia de la investigación de operaciones porque se usa en el desarrollo de servicios. Utiliza técnicas cuantitativas para resolver un problema, sus principales áreas son (Ceballos, Calderón, & Villegas, 2017):

1. Proceso: Como se deben llevar a cabo con un énfasis de largo plazo.
2. Capacidad: De cuánto debe disponerse en recursos en el corto y largo plazo.
3. Inventarios: Como se controla estos recursos
4. Fuerza de trabajo: De la mano de recursos humanos se determina como debe practicarse la selección del personal.
5. Calidad: Un trabajo conjunto de todas las áreas.

Los anteriores elementos de la gestión de operaciones son una base teórica en el estudio de caso porque, se requiere la aplicación modelos que integren enfoques cualitativos desde el direccionamiento y cuantitativos desde la aplicación de la valoración de opciones reales, involucrando la metodología de la administración de operaciones. Sin embargo, es importante destacar que, en la toma de decisiones estratégicas en la gestión productiva, la teoría financiera contemporánea ofrece varias opciones de valoración tradicionales como: el Valor Presente Neto (VPN) o Tasa Interna de Retorno (TIR) y la valoración por opciones reales. En el caso de estudio se hace la evaluación por ambos métodos con el fin de dar cuenta de los aportes de la valoración de opciones reales.

Por último, existe conexión entre la gestión de la operación(producción) con el direccionamiento estratégico porque, se enfatiza a la estructura y el funcionamiento de la organización en el área funcional en que se cumple el objeto social y busca la eficiencia. La elección del cómo se va a producir los bienes que se van a comercializar, es de por sí una decisión de direccionamiento estratégico, porque no hay una manera única de producir un bien en el mercado y no basta con la eficiencia operacional (más beneficios a menores costos), sino que en el caso de estudio obedece al desarrollo de una actividad diferenciadora que oferta productos similares con características diferentes y así el consumidor percibe un mayor valor y paga más por ello (Porter, 2011)

1.3 Teoría de valoración de opciones reales

Para contextualizar el origen de las opciones reales como, una extensión de la teoría de opciones financiera, Stewar Myers en 1977 en su título denominado “Determinants of corporate borrowing”, fue el primero en proponer una semejanza entre las inversiones en bienes no financieros, con los derivados financieros de opciones, cuando estos poseen elementos de flexibilidad. (Calle Fernandez & Tamayo Bustamante, 2009) Usando los

modelos matemáticos propuestos por Black y Scholes en 1973 con su artículo “The pricing of options and corporate liabilities” y las mallas y arboles binomiales de los autores Cox, Ross y Rubinstein (1979) con su escrito “Option pricing: A simplified approach” . (Cuervo & Botero Botero, 2014), que complementan algunos autores como: Boyle (1988) con su título “A lattice framework for option pricing with two state variables” que valoraba opciones con subyacentes en dos variables, Kamrad y Ritchken (1991) que aportan su análisis de mallas trinomiales y multinomiales con su trabajo denominado “Multinomial approximating models for options with k state variables“, Smit y Trigeorgis (2004) con su modelos de valoración por arboles binomiales que combina la teoría de juegos y decisiones de inversión estratégica en su obra “Strategic investment: Real options and games” y Brandao, Dyery Hahn (2005) Utilizando los árboles binomiales y la teoría de decisión con su título “Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems”.

A continuación, en la ilustración 5 se hace un recuento de los estudios que aportan al concepto moderno de las opciones reales:

Ilustración 5 Evolución opciones reales

Estudios que aportan a la evolución de opciones reales

Majd - Time to Build, Option Value and Investment Decisions (1987), evaluó cuanto influye la incertidumbre sobre las variables, en el momento óptimo del desarrollo de proyectos, para determinar el costo de oportunidad por retrasar los proyectos. (Majd, 1987)

Williams - Real Estate Development as an Option (1991) con base a una inversión de un propietario de un terreno en la construcción, estudia la opción de poner en marcha el proyecto o esperar: 1) revisando los costos asociados y 2) verificando la generación de ingresos del proyecto. Concluyendo que la decisión depende de la incertidumbre al momento de iniciar. (Williams, 1991)

Quigg - Empirical Testing of Real Option-Pricing Models (1993) desde la opción de espera sobre un proyecto a desarrollar en un terreno en zona urbana, analiza cómo influye el grado de incertidumbre sobre las decisiones del inversor. (Quigg, 1993)

Dixit - Investment Under Uncertainty. (1994) hace la aplicación de opciones financieras a opciones sobre activos reales, con el fin de mostrar que dichas inversiones no se asemejan a un movimiento de un bono sin riesgo, evaluado con la teoría de valor presente neto (VPN). (Dixit, 1994)

Trigeorgis - Real Options: An Overview. Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications (1995), si bien en su texto mantiene la similitud entre las opciones financieras y reales, identificando que el valor de un proyecto es como un precio de mercado. Considera que las opciones reales son más flexibles e inclusive permiten el cambio total de la inversión. (Trigeorgis L. , 1995)

Copeland y Keenan - Making Real Options Real. McKinsey Quarterly (1998) estudia la relación que existe entre la incertidumbre y la información. Que para las opciones reales es el principio de valoración. (Copeland & Keenan, 1998)

López Lubián - Trampas en la valoración de negocios (2001) concluye que las opciones reales solo se dan cuando al cambio de alguna variable del proyecto, este puede cambiar su rumbo. (López F. , 2001)

Alexander & Chen -los riesgos de la valoración de opciones reales (2021) plantean que, una inapropiada variable tomada en el modelo puede generar decisiones equivocadas, porque la estimación de opciones reales maneja supuestos que en términos generales podrían no aplicar para todos los proyectos. En conclusión, el documento plantea el riesgo asociado a la valoración, las utilidades esperadas y propone el uso de proyecciones más acertadas para diferentes casos dependiendo del entorno de la toma de decisiones.

Elaboración propia

Las opciones reales, de acuerdo con García, García, & Domínguez, (2014) son un derecho económicamente valioso para tomar o abandonar alguna oportunidad disponible, a menudo en relación con proyectos comerciales u oportunidades de inversión. Se denomina "real" porque normalmente hace referencia a proyectos que involucran un activo tangible (como maquinaria, terrenos y edificios, así como inventario), en lugar de un instrumento financiero. Sin embargo, las opciones financieras son el principio conceptual de las opciones reales, porque existen activos tangibles que se comportan de forma similar a los instrumentos financieros sobre los que existen opciones Mejía, (2003).

Tanto las opciones financieras como las reales buscan gestionar-minimizar el riesgo. permitiendo al inversor aceptar o rechazar la opción en un momento de expiración, como es el caso de las opciones tipo europeo, o en un momento indeterminado como es el caso de la opción tipo americano, también puede tratarse de una combinación de ambas denominada bermudas. (Neftci, 2008), y se diferencian en: a) el objetivo del inversionista que evalúa principalmente proyectos en el largo plazo, y b) el tiempo de vencimiento. Las opciones reales son generalmente de tipo americano, pero que por su similitud en valoración manejan las siguientes equivalencias, tabla 1:

Tabla 1. Equivalencia entre opciones financieras y reales

Opciones reales	Opciones financieras
Valor presente de los flujos de caja esperados en el tiempo t	Precio del activo subyacente en el tiempo t
Costo de inversión	Precio del ejercicio
Tasa de interés libre de riesgo	Tasa de interés libre de riesgo
Volatilidad de los flujos de caja del proyecto	Volatilidad del activo subyacente
Tiempo en que la oportunidad de inversión desaparece	Plazo al vencimiento

Fuente: Trigeorgis (1996, pág. 125)

Rios, (2008), califica el uso de las opciones reales como uno de los principales avances en el análisis de inversiones y valoración de empresas en las finanzas corporativas, que a partir de los supuestos teóricos de Black and Scholes permiten evidenciar los posibles cambios en el tiempo de las variables de análisis y estimar sus efectos y se clasifican en:

- Opción de ampliarse si el proyecto inmediato tiene éxito.
- Opción de esperar (aprender) antes de invertir.
- Opción de recortar o abandonar un proyecto.
- Opción de variar la combinación de productos o su método de producción,

La aplicación de las opciones reales se recomienda cuando los proyectos poseen las siguientes características (Gomez Villa, 2004) a) contingencias vistas como el riesgo de aumento en costos de producción, b) alta incertidumbre y espera de información por variables con cambios constantes, c) Posibilidades de crecimiento futuras y d) actualización de proyectos y correcciones estratégicas. Características que el caso de estudio involucra porque, implica una expansión de capacidad instalada, que conlleva el riesgo del cambio y afecta directamente los costos de producción, Adicionalmente, como lo plantea (Kester, 1984) cuando un proyecto requiere un tiempo para decidir, existe un riesgo sobre la rentabilidad y hay un grado de exclusividad sobre él, deberá usarse la valoración de opciones reales. Condiciones que de nuevo justifican el uso de las opciones reales en el caso de estudio.

Actualmente la valoración de proyectos de inversión se clasifica por su flexibilidad administrativa (posibilidad para responder a cambios) y la incertidumbre frente a información que puede ser útil para la valoración, clasificándose así (Brennan M. J., 2000):

- Valoración mediante el método de flujo de caja descontado, no involucra flexibilidad administrativa

- El enfoque de juego de opciones que examina el compromiso entre flexibilidad administrativa y la responsabilidad en ambientes competitivos dinámicos bajo incertidumbre.
- En modelos dinámicos que responden a un evento exógeno incierto.

Los proyectos donde exista alta incertidumbre con escenarios alternos donde alguno de los futuros probables cambiaría la estrategia casi en su totalidad, ofrecen la flexibilidad en la toma de decisiones y no deberían medirse con técnicas tradicionales de actualización de flujos futuros (VPN o TIR). (Olarte, 2006) y (Fernandez, 2008) A continuación, se presentan las principales razones por las que los distintos autores justifican el uso de las opciones reales en comparación con métodos tradicionales de valoración:

- “Las opciones reales poseen mejoras frente al valor presente neto en la evaluación de alternativas de inversión con herramienta predominante para definir las inversiones, ya los modelos tradicionales, con condiciones básicas del proyecto no pueden ser modificadas “ (Fernandez, 2008)
- Hay una serie de beneficios de aplicación de opciones reales frente la valoración de valor presente neto enunciados por autores como Cuervo & Botero, (2014) en su aplicación en los mercados de electricidad, porque permiten capturar la flexibilidad que tienen los inversionistas y administradores de proyectos para cambiar el curso de un proyecto de acuerdo con la resolución de las variables de mercado.
- Para Alonso & Carlos, (2013) ¿Que debe tener en cuenta que un caso de estudio para evaluar alternativas de inversión usando opciones reales? Las técnicas tradicionales para evaluar alternativas de inversión no capturan apropiadamente la incertidumbre inherente al proyecto, así como tampoco incorporan la flexibilidad gerencial al modelo. Para corregir estas falencias, surge una metodología complementaria llamada Opciones Reales, la cual es una analogía a las opciones financieras.
- Brealey, (2010) indica que, cuando se usa el flujo de efectivo descontado (FED) para valuar un proyecto, implícitamente se supone que la empresa mantendrá los activos de manera pasiva, que en realidad pueden modificarse cuando los activos no cumplen con las proyecciones: los métodos que permiten incorporar esa flexibilidad son más valiosos que los que no proporcionan tal posibilidad de cambio. Cuanto más inciertas son las perspectivas, más valiosa se vuelve la flexibilidad.

- Para Zambrano & Paredes, (2014) al invertir se espera maximizar las ganancias y asumir el menor riesgo posible (Kester, 1984). Sin embargo, se ha manifestado un descontento con las técnicas convencionales de valoración y selección de proyectos, pues entorpecen la innovación, productividad y competitividad de algunas empresas como lo indica Mascareñas (1999). Despreciando aspectos que pudieran ser estratégicos para la supervivencia de la empresa y que las opciones reales valoran. (Myers S. C., 2001)
- En términos de inversión Mascareñas (1999) afirma que el principal problema al valorar un proyecto de inversión: es que al calcular la previsión de los flujos de caja esperados se supone que dichos fondos se comportaran de manera similar en el periodo de tiempo de la inversión, supuesto que implica ignorar que las directivas pueden alterarlo al adaptar la gestión y que dicha versatilidad de un proyecto aporta valor.

En resumen, se puede afirmar que el aporte desde lo conceptual de emplear opciones reales para soportar decisiones es el valor que puede sumar a un proyecto el permitir cambiar su dirección según como se comporte el proyecto y en el caso en estudio aporta porque a través de un análisis de flexibilidad se valora cuanto más vale el proyecto por la posibilidad de diferirlo.

1.3.1 Clasificación de opciones reales

De acuerdo con las condiciones del proyecto (Mascareñas, 1999) define siete clases de opciones reales que dependerán de la decisión que se quiera tomar además de las condiciones externas e internas en que deba desarrollarse. A continuación, se hace una breve descripción de cada una de las clases:

Tabla 2. Clasificación de opciones reales

Tipo	Descripción	Formula
Opción de diferir	Equivalencia a una opción financiera de tipo americano que puede tomarse en cualquier momento, midiendo los flujos de caja que se sacrifican por detener el proyecto sin renunciar a él.	Opción de diferir= VAN total - VAN básico $E1 = \text{Max} [VA1 - A1; 0]$ VA: Flujos de caja esperados, A1: precio del ejercicio

Opción de Ampliación	Se contempla como una inversión inicial o base (VA) más una opción de compra sobre una inversión futura, es decir es la capitalización del crecimiento.	Opción de ampliar= VAN total - VAN básico $E1= VA1 + \text{Max}[xVA1-Ae;0]$ x: % de ampliación Ae: Costo adicional
Opción de Reducir	La capacidad que se tiene de operar a una menor capacidad. Para el cálculo de esta opción es importante conocer los costos fijos y variables del proyecto para saber cuánto de la reducción podría ahorrar la pérdida.	Opción de reducir= VAN total – VAN básico $E1= (VA1 -A1) +\text{Max} [Ar-cVA1;0]$ c: % de reducción. La fórmula: Opción de reducir= VAN total - VAN básico $E1= (VA1 -A1) +\text{Max} [Ar-cVA1;0]$ c: % de reducción Ar: Ahorro de costos
Opción de cierre temporal	Como su nombre lo dice mide la capacidad que puede tener el proyecto de detenerse por un periodo de tiempo. Para dicha medición es necesario conocer los costos variables que se podrían ahorrar con el cierre además de los ingresos que se esperaban para dicho periodo	Opción de cierre temporal= VAN total - VAN básico $E1= \text{Max}(VA1 -Av;VA1-C)+Af = (VA1- Af)-\text{Min} [Av;C]$ c: % de ingresos esperada Af: Neto de costos fijos Av: Neto de costos variables
Opción de abandonar	Se asimila una opción de venta y su valor corresponde al valor residual de un proyecto, porque es el resultado de la liquidación de dicha inversión.	Opción de abandonar= VAN total - VAN básico $E1= \text{Max} (VA+;Vr)$ o $E1= \text{Max}(VA-;Vr)$ Vr: Valor residual o el de la mejor alternativa posible
Opción de aprendizaje	Surge cuando una compañía puede acelerar el proceso de adquisición de conocimientos o información importante a través de una inversión	La empresa debe contraponer el valor de la opción para actuar con la nueva información contra el coste de adquirirla.

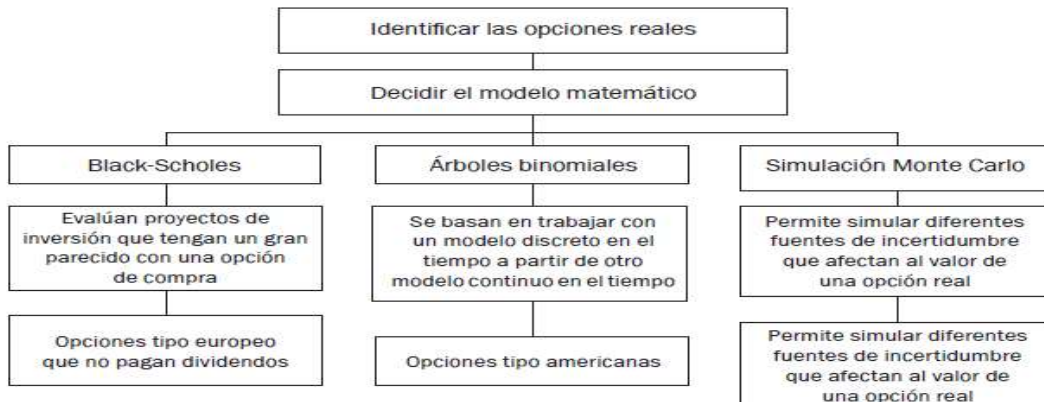
Opción compuesta	Esta dada por proyectos que tras una inversión inicial dan nacimiento a nuevas opciones de expansión o reducción como por ejemplo aquellos proyectos que pueden darse por etapas.	Al tratarse de una opción sobre otra opción su denotación matemática debe calcularse sobre la fórmula de la opción que nace y la inicial.
-------------------------	---	---

Fuente: (Mascareñas, Innovacion financiera, 1999)

1.3.2 Metodología para la valoración de opciones reales

De acuerdo a su similitud con las opciones financieras se han ido formulando modelos para la valoración de opciones reales, esto teniendo en cuenta que el tipo de opción guiara el mejor modelo de valoración, es decir; si por ejemplo la opción europea (ejercer el derecho solo en la fecha de vencimiento) se debería valorar con el modelo de Black-Scholes o la de tipo americano (ejercer el derecho en cualquier momento antes del vencimiento) se debería usar el modelo de árboles binomiales, a continuación en la ilustración No 4 se presenta un resumen de los modelos relacionados con la metodología de valoración propuesta

Ilustración 6. Formas de valorar opciones reales



Fuente: Tamara Ayus & Aristizábal Velásquez, (2012)

Si se observa la ilustración 5 las principales técnicas usadas son las de Black- Scholes que se enfoca en los proyectos que no tienen etapas específicas y la de árboles binomiales usadas para proyectos que poseen varias etapas que transcurren en el proyecto (Lo Nigro & Morreale, 2013), a continuación, se describe estas dos técnicas de valoración:

Black & Scholes

Es un modelo matemático desarrollado para mercados financieros y utilizado para determinar el valor de una opción financiera de tipo europea que no paga dividendos durante la vigencia de la opción. (Benitez Paredes, 2013) El modelo fue desarrollado por primera vez por Fischer Black y Myron Scholes en su artículo de 1973, "El precio de las opciones y las responsabilidades corporativas", es una derivada de una ecuación diferencial parcial, que regula el precio de la opción a través del tiempo, esto con el fin de cubrir las operaciones de compra y venta de un activo subyacente a través de una cartera de arbitraje con la finalidad de "eliminar el riesgo". (Conde Alonso, 2004)

Para derivar su fórmula en términos con precio de la acción se deben dar unas condiciones ideales en el mercado: 1) conocer la tasa de interés a corto plazo y esta es constante en el tiempo, 2) El precio de la acción sigue una caminata aleatoria con una tasa de variación proporcional al cuadrado del precio de la acción, 3) El precio de la acción sigue una caminata aleatoria con una tasa de variación proporcional al cuadrado del precio de la acción, 4) El precio de la acción sigue una caminata aleatoria con una tasa de variación proporcional al cuadrado del precio de la acción, 5) La opción es tipo europeo es decir solo se puede tomar al vencimiento, 6) no hay costos de transacción, 7) es posible negociar cualquier fracción del título, 8) no hay penalidades por ventas en corto. La fórmula de Black- Sholes reconoce un continuo de resultados posibles por tal razón se considera más realista que el número limitado del método binomial. (Scholes, 2008)

En la ilustración 5 se pueden identificar las características que debe poseer un proyecto para ser valorado por el modelo de Black & Scholes que considera la posibilidad de valorar una opción mediante la construcción de un portafolio replica conformado a partir de la subyacente y otros activos financieros que simulan la volatilidad de la opción. En la ilustración 6 se muestra la fórmula propuesta para esta metodología de valoración de opciones financieras donde se considera que la diferencia entre el precio de mercado de la subyacente y el precio a la fecha de negociación de la opción se encuentra al indexar estos valores a la fecha de negociación, utilizando una tasa libre de riesgo y el número de Euler como base a los logaritmos naturales: (Contreras Andreoli & Muñoz Rojas, 2013)

Ilustración 7. Formula de Black-Scholes

<p>Valor de la opción de compra = (delta × precio de la acción) – (préstamo bancario)</p> $[N(d_1) \times P] - [N(d_2) \times VP(EX)]$ <p>donde</p> $d_1 = \frac{\log[P/VP(EX)]}{\sigma\sqrt{t}} + \frac{\sigma\sqrt{t}}{2}$ $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$	<p>$N(d)$ = función de densidad de probabilidad normal acumulativa¹¹</p> <p>EX = precio de ejercicio de la opción; VP(EX) se calcula descontando a la tasa de interés libre de riesgos r_f</p> <p>t = número de periodos hasta la fecha de ejercicio</p> <p>P = precio de la acción hoy</p> <p>σ = desviación estándar por periodo de la tasa de rendimiento (compuesta continuamente) de la acción</p>
---	--

Fuente: (Myers S. C., 2001)

Esta fórmula ha sido usada para valoración de activos como bonos, acciones e incluso mercancías sin embargo hay inconvenientes que pueden hacer que se considere que no es un óptimo para la valoración de opciones reales como lo son: a) Usualmente los proyectos analizados para opciones reales no son replicables, razón por la cual no cumplirían con los fundamentos teóricos del modelo B & S (Manotas Duque & Manyoma, 2001); b) Estadísticamente el modelo considera de los datos de probabilidad de precios de la subyacente se comportan como una log normal lo que implicaría que si no se aplicase las condiciones de asimetría en las colas se podría subestimar la opción (Saavedra Garcia, Saavedra Garcia, & Barnal Dominguez, 2013).

Arboles Binomiales de Cox, Ross y Rubinstein

Este modelo se basa en el cálculo de la distribución de probabilidades de valores de mercado de un activo subyacente, bajo un esquema binomial multiplicativo, donde la volatilidad en cada nodo dependerá del precio del activo. (Martin Sanchez, 2010) Al tratarse de una versión discreta de Black & Scholes lo que se hace en esta metodología es calcular a través del tiempo variaciones en los precios si bien su uso puede observarse claridad en las opciones de tipo americano, se evidencia que converge con Black & Scholes y podría usarse para las opciones tipo europeo. A continuación, se hace un resumen de la descripción, formulación y supuestos de esta metodología:

- El método binomial empieza por reducir los posibles cambios en el valor del activo para el siguiente periodo en movimientos alcistas y bajistas con el supuesto de la existencia de solo estos dos valores para el activo en condiciones pésimas u óptimas, sin embargo, los autores definen poco realista el hecho de cubrir en solo dos valores

los movimientos de los precios por tanto consideran usar más periodos de tiempo que abren las opciones como un tipo de árbol que a más ramificaciones

más terminales con valores de los activos: $P = \frac{1 + \mu' \Delta t - d}{u - d}$ (Cox, Ross, & Rubinstein, 1979) para empezar se define la formula usada para dar valores a cada uno de estos movimientos:

Ilustración 8. Fórmula Árboles binomiales

$$1 + \text{cambio ascendente} = u = e^{\sigma\sqrt{h}}$$

$$1 + \text{cambio descendente} = d = 1/u$$

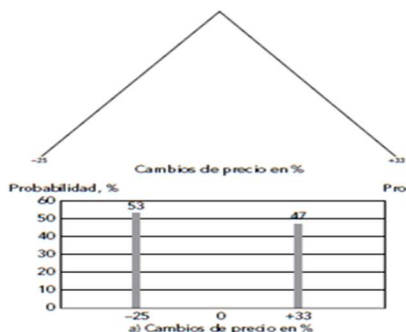
donde

- e = base de los logaritmos naturales = 2.718
- σ = desviación estándar de los rendimientos de la acción (compuestos continuamente)
- h = intervalo como fracción de un año

Fuente: Myers (2001)

- A Continuación, observamos un ejemplo del método binomial donde el valor ascendente es U=33 con una probabilidad del 47%, mientras el valor descendente es D=25 con una probabilidad del 53% es el escenario bajista, bajo este ejemplo el valor de la opción va a tender más a ser 25 que 33 y el inversor podría optar de acuerdo con las condiciones del proyecto en seguir o detenerse asumiendo este riesgo:

Ilustración 9. Gráfico ejemplo de árbol binomial



Fuente: Myers (2001)

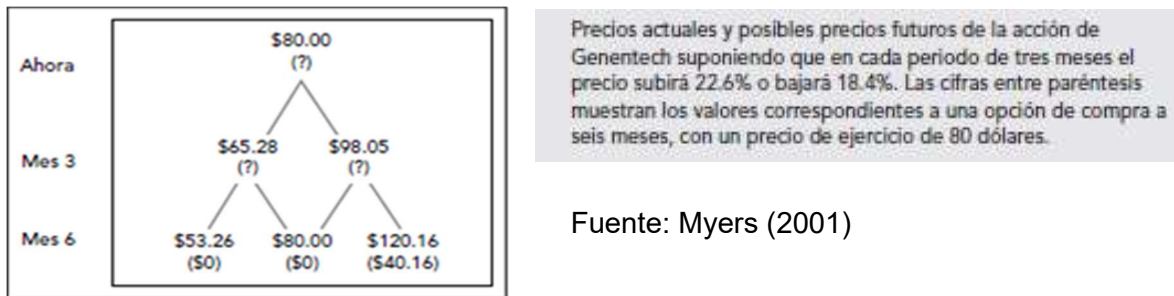
- Árboles: Cox, Ross y Rubinstein (1979) Desarrollaron el modelo de árboles binomiales para la valoración de opciones financieras, su objetivo fue simplificar a un modelo matemático el desarrollado por Black y Sholes que igualmente analiza la variación de precios del activo (subyacente a través del tiempo con los siguientes supuestos (Montoya Ariza, 2017):
 - * La tasa libre de riesgo es conocida y no cambia a través del tiempo
 - * El precio del activo (Subyacente) tiene un movimiento creciente multiplicativo binomial con un movimiento alcista U y un movimiento bajista D y que cada uno posee

una probabilidad.

- * El activo no paga dividendos.
- * No hay costos de transacción.
- * Se puede financiar el proyecto sin límite.
- * No hay castigos tributarios por la transacción entre activos.

Una forma de evaluar el modelo es que el factor alcista debe ser mayor a la tasa libre de riesgo, la construcción del modelo parte del nodo uno que será el valor del subyacente y las ramas serán los valores alcista y bajistas a continuación una gráfica con un ejemplo:

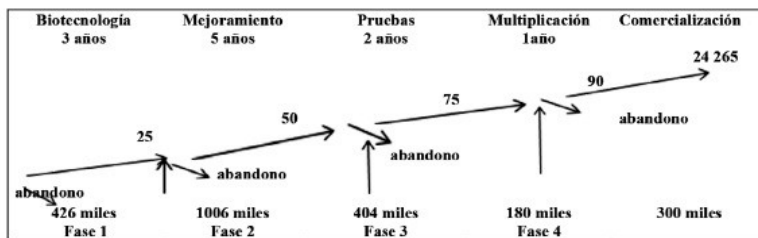
Ilustración 10. Ejemplo de árbol binomial



Fuente: Myers (2001)

Para hacer practico el uso de los árboles binomiales en la ilustración 10 se estudia un proyecto que implica fases que permiten a su vez opciones de abandono o cierre temporal esta es la ilustración de una opción compuesta que muestra como un proyecto puede expandirse sin generar una obligación sino un derecho a elegir la dirección.

Ilustración 11. Ejemplo árbol de decisión de un proyecto



Fuente: (Prior, ene./mar. 2015)

En la ilustración 10 se presentan diversas fases de un proyecto de mejoramiento genético lo que se aprecia es una cadena de opciones reales (opción real compuesta) donde se estima un valor por cada fase y un tiempo para cada desarrollo. Según (Mascareñas, 1999) este sistema de cálculo tiene en cuenta la posibilidad de detener el proceso, incluso cuando

se ha superado cualquier fase, por ejemplo, si en la fase de pruebas se ve que el proyecto va a ser un fracaso no se debería seguir hasta la comercialización.

1.3.3 Valorar las opciones reales Vs valor presente neto en diferentes escenarios

De acuerdo con lo descrito por Velez Gomez, (2005) una inversión es todo aquel desembolso que se realiza con la espera de unos flujos futuros y que para su realización requiere conocerse por lo menos tres variables:

1. La Inversión es parcial o totalmente irreversible; para la primera en el caso de hundirse podría recuperarse algo.
2. El grado de incertidumbre sobre los flujos, es importante dar una probabilidad a las alternativas.
3. La sincronización de la información es decir el tiempo que tengo para hacer esta inversión: Se puede o no posponer.

A continuación, se describen las aproximaciones conceptuales en materia de valoración por valor presente neto VPN y las opciones reales:

- Teoría ortodoxa: Consiste primero en calcular el valor presente de los flujos de caja esperados como beneficios, luego calculo el valor presente de los flujos de desembolsos que tiene que realizar para culminar toda la inversión; en seguida se compara el valor presente neto de la inversión (VPN) si los primeros son mayores el proyecto es viable de lo contrario no se debería llevar a cabo. El reto de esta teoría es dar un valor a todas las variables que refleje la realidad. (Velez Gomez, 2005)
- El método de las opciones: Consiste en agregar al VPN el costo de oportunidad del proyecto, es decir se le da valor a la versatilidad de la inversión, si puede posponerse, si puede abandonarse, si puede contraerse esto da un mayor valor a la inversión y lo que busca este método es que el valor del proyecto tome todos los ángulos, sin embargo cuando él VPN es extremadamente negativo la opción no puede representar un valor mayor al del VPN es estos casos sigue siendo un proyecto que no es viable. Vale la pena aclarar que no todas las inversiones tienen características de flexibilidad puede que hallan inversiones que deban tomarse inmediatamente y que además no presente una opción de abandonar con opción de recuperar la inversión. (Velez Gomez, 2005)

- Irreversibilidad y la habilidad de esperar: (Velez Gomez, 2005) define esta cualidad de la inversión como algo circunstancial, ya que puede que a plena vista cualquier activo tangible pueda recuperarse vendiéndolo, pero en condiciones específicas en que haya crisis en un sector por ejemplo esto no sea viable. Esto pasaría igualmente si una inversión. Por ejemplo, contaminante por normas deba cerrarse, y aunque tenga un precio de venta nadie va a querer comprarlo, sin embargo, hay inversiones que por su misma naturaleza no son irreversibles como una inversión en mercadeo.

Dados los argumentos planteados se pueden afirmar que el VPN y las opciones reales no son valoraciones excluyentes por el contrario son complementarias dependiendo de la situación. Para la aplicación de opciones reales en el caso de estudio, un proyecto de inversión que cambio en la gestión productiva de una organización se considera:

- Primero es necesario identificar las variables estratégicas de este proyecto y la aplicación de un modelo financiero, para estimar el valor que aportaría a la organización, aplicando el VPN al flujo de caja esperado del proyecto.
- En segunda instancia mediante la caracterización se evalúa la flexibilidad que posee la inversión, definiendo cual es el grado de irreversibilidad del proyecto y la posibilidad de posponerlo para formular las variables apropiadas de la opción real.
- La metodología de valoración de opciones reales que por sus características aplica es el árbol binomial porque por la incertidumbre se requiere detallar el comportamiento del subyacente a través del tiempo de una manera conceptualmente accesible. (Lamothe & Mendez, 2006)

2. Metodología de la investigación

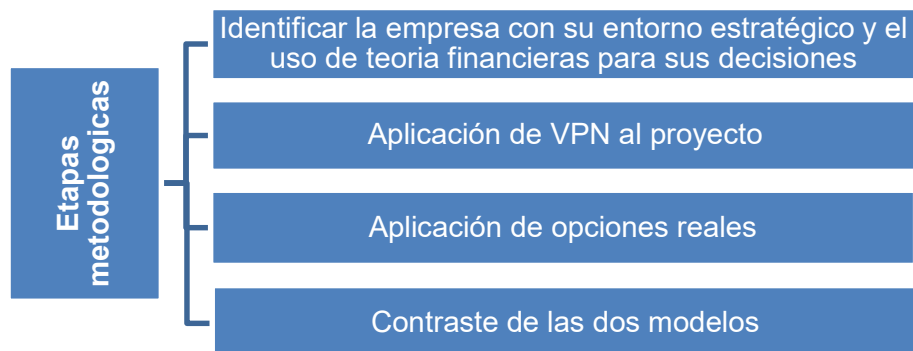
La investigación se desarrolló a través de un caso de estudio porque, se fundamenta en la participación del observador como sujeto activo para estudiar un problema del mundo real (Mingers, 2003) . La investigadora estructura el problema e introduce el enfoque cualitativo en la identificación de las variables e integración de la información para emplear las herramientas cualitativas en la aplicación de los distintos modelos para soportar las decisiones

El caso de estudio definido por García P. (2017) como la oportunidad de realizar un ejercicio que está en funcionamiento y lograr contextualizarlo. En un problema real, se decide sobre una inversión que cumple con los requerimientos para aplicar la teoría de valoración de opciones reales, como se mencionó. La decisión permite alterar la escala operacional, mejorar costos, con un riesgo asociado a la incertidumbre de los precios de importación versus los costos de fabricación. Las opciones reales además permiten considerar diferir, expandir o abandonar la compra de la maquina considerada.

2.1 Etapas metodológicas

Para mayor especificidad en las tareas desarrolladas en cada etapa a continuación se hará una breve descripción de la metodología por fases.

Ilustración 12. Etapas metodológicas



Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Identificar la empresa con su entorno estratégico y el uso de teoría financieras para sus decisiones

Para esta fase se realizó un diagnóstico de las variables que puedan aportar o restar flujos de caja según las decisiones a tomar: Iniciar, postergar o abandonar un proyecto. Para realizar esta tarea se usaron los elementos históricos que se tienen del actual modelo operativo y se cuestionaron los eventos futuros que probablemente pudieran agregar información a las variables bajo el nuevo modelo. Además, se revisaron las teorías financieras con las que han evaluado los proyectos en el pasado para atender los factores críticos en proyectos similares.

2.1.2 Aplicación de valor presente neto (VPN) al proyecto

Con las variables obtenidas en la primera parte del proyecto, se aplicó el valor presente neto, formulando a continuación:

Ilustración 13. Fórmula de Valor Presente Neto

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Fuente: Myers, S. C. (2001)

Inversión inicial previa (I₀): es el monto o valor del desembolso que la empresa hará en el momento inicial de efectuar la inversión.

Flujos netos de efectivo (F_t): Se estima ebitda en el estado de resultados.

Tasa de descuento (K): Se toma el valor de rentabilidad bruta promedio de los últimos 5 años de la organización.

Número de periodos: que retorne la inversión (n).

2.1.3 Aplicación de opciones reales

Se aplicó el modelo matemático para opciones reales de diferir que tiene su equivalencia en opciones financieras call (compra) como lo sustenta la siguiente ilustración:

Ilustración 14. Equivalencia entre opciones reales y opciones financieras.

Tipos de opciones reales	Opción de Venta	Opción de Compra
Diferir (retardar)		x
Expandir		x
Prolongar (extensión)		x
Abandonar	x	
Reducir	x	
Vender una fracción	x	

Fuente: (Tamara Ayus & Aristizábal Velásquez, 2012)

Para dicha aplicación se optó por el método binomial que posee la ventaja fundamental de permitir el análisis del proceso de difusión del proyecto utilizando información del mercado. (Lamothe & Mendez, 2006) Entre varias formas de replicar las inversiones se basa en reducir los posibles cambios en determinados periodos a dos: un movimiento “alcista” y uno “bajista”. (Myers, 2001) De manera que los periodos definen la expansión del árbol de decisiones, por tanto, las variables que se gestionan son:

U: determinado como 1+cambio ascendente denotado por la formula, $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$

Siendo:

- e = la base de los logaritmos naturales=2.718
- La desviación estándar σ : de los rendimientos definida por la volatilidad que más afectaba el proyecto (precio del petróleo)
- μ = Tasa de crecimiento o drif $\mu' = \mu - (k - r)$
- Δt = intervalo como fracción de un año.

D: determinado como el valor de descenso denotado por la fórmula $1/U$ se puede concluir que dependerá 100% de la determinación de la desviación planteada en U. (Myers, 2001)

Por último, se parte de la tasa libre de riesgo, el WACC, la tasa de crecimiento y la desviación estándar que se establece en el modelo de COX para determinar el factor ascenso U y el factor de descenso D y las probabilidades de alza y baja. Ahora invirtiendo el proceso donde a partir de la probabilidad de frecuencia en los precios con alza y baja con respecto al valor base tomado para el precio del chip de tolueno (promedio ponderado de los dos últimos años del precio) para el análisis del flujo de producción de materia prima,

se llega a la volatilidad que deberá tener el proyecto para que estas probabilidades sean posibles de acuerdo con la formulación.

- P: Probabilidad alcista= $\frac{1+\mu'\Delta t-d}{u-d}$ (Cox, Ross, & Rubinstein, 1979) para esta valoración se tomará las veces que el precio del chip bajo con respecto al precio tomado para los costó del chip usado en el flujo de producir, permitiendo mayor margen.
- 1-P: Probabilidad bajista= 1-P para esta valoración se tomará las veces que el precio del chip subió con respecto al precio tomado para los costó los costó del chip usado en el flujo de producir, haciendo que el margen bajara.

Conociendo las probabilidades de alza y baja se determina mediante la herramienta buscar objetivo, el valor de la volatilidad que se ajuste a estas probabilidades.

2.1.4 Contraste de modelo de Valor presente neto con opciones reales

Para contrastar los resultados para los dos modelos se usaron los siguientes métodos con el fin de describir los aportes del uso de opciones reales (Montoya Ariza, 2017):

- Método de análisis: Se identificarán aspectos relevantes de cada método iniciando por la interpretación de la literatura, explicando el método y observando los resultados.
- Método deductivo: Se iniciará con la observación de los resultados de la compañía, revisando los supuestos del modelo con la coherencia que deben llevar con relación al entorno organizacional y su fiabilidad con el propósito de analizar los aportes que ofrece esta aplicación de valoración.

3. Aportes de la teoría financiera de opciones reales al direccionamiento estratégico

La evolución del conocimiento financiero de acuerdo con Ríos (2008) comenzó centrada en aspectos legales como las creaciones y transformaciones de empresas a factores de quiebra, reorganización, liquidez y presupuestos de capital, hasta llegar al uso de las matemáticas y economía como herramientas, para el desarrollo de sofisticados modelos de análisis y predicción.

Razón por la cual Guerrero (2003) plantea que: “las teorías financieras modernas demandan que el profesional desarrolle más estrategias, disminuyendo el tiempo invertido en procesamiento de transacciones, mejorando así los procesos de presupuestación y proyección; haciéndolos dinámicos y basados en drivers operacionales. Con la ayuda de sistemas de información que se integran a los procesos de la organización”. En resumen, muestra la necesidad de darle un lugar destacado a la estrategia en labores financieras que requieren de procesamiento de datos y uso de información. De ahí que la teoría financiera demande el direccionamiento que ajusta la estrategia a un sistema de planificación que de acuerdo con Bueno (1993) se preocupa por planear, implementar, analizar y controlar, con naturaleza flexible y oportunista por tanto más creativo.

Sin embargo, existe una brecha que no facilita la interrelación entre la teoría financiera y la estrategia para cumplir los objetivos visionales de las organizaciones Guerrero (2003). Considera que una causa de esta premisa podría ser que se usan en momento diferentes:

- Las teorías financieras tradicionales como los son: el valor presente neto (VPN) o Tasa interna de retorno (TIR) suelen usarse en decisiones de inmediatez (es ahora o nunca) que aunque permiten observar un esquema de toma de decisiones en cuanto a la aceptación o rechazo de proyectos, con valores positivos o negativos en la generación

IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA Caso de estudio de una empresa manufacturera

de flujos, obvia los intangibles como: ventajas competitivas, oportunidades futuras, flexibilidad de la gerencia entre otros como lo manifiesta Calle Fernandez & Tamayo Bustamante, (2009) dichas valoraciones suponen un entorno estático (mantiene las características iniciales) que garantiza los flujos pero que no muestra del todo una realidad empresarial, que asume constantemente incertidumbres medidas en riesgo.

- La dirección estratégica permite tomar decisiones importantes para la asignación de recursos de capital en el largo plazo, pero que no implican necesariamente medidas cuantitativas Bueno (1993). La dirección estratégica como sistema de planificación de naturaleza flexible-oportunista, combina aspectos del entorno: dinámico, complejo y ambiguo, y la propia organización.

En el mismo sentido de brecha entre las teorías financieras usadas como soportes de la toma de decisiones con el fin de generar valor y la dirección estratégica, Myers (2001) argumenta este fenómeno en factores de:

- Diferencia de lenguaje y cultura del direccionamiento estratégico en relación con la teoría financiera.
- Análisis erróneos de flujos de caja descontados aplicados al análisis estratégico.
- Fallas en los análisis estratégicos desarrollados sobre análisis de flujos de caja adecuados

Para Myers (2001) las diferencias provienen primero de la disparidad de objetivos y segundo en el error de aplicación para la teoría o análisis del direccionamiento. Como respuesta a la problemática planteada en los últimos años se han comenzado a utilizar las opciones reales en evaluación de decisiones estratégicas donde se encuentra una alta incertidumbre, dejando de ser un dogma gerencial, que evade su evaluación en cuanto al impacto de la creación de valor (Contreras Andreoli & Muñoz Rojas, 2013).

Los aportes de las opciones para el direccionamiento estratégico son: a) ilustrar la flexibilidad respecto al momento de inicio del proyecto; y b) hacer evidente en la construcción del modelo los elementos de la decisión. En este caso se hizo evidente que el mayor problema, el riesgo de variación en el precio del insumo no se eliminaba con la máquina, sino que se trasladaba a la materia prima del insumo, aprendiendo más de la situación evaluada y pudiendo generar mejores soluciones.

4. Aplicación de Valoración

4.1 Caracterización de la organización usada para el caso se estudió y sus elementos de direccionamiento estratégico

La compañía en que se desarrolla el caso de estudio por decisión de presidencia pidió mantener su confidencialidad por tanto a lo largo de este documento se busca describir rasgos importantes para justificar la valoración, pero no se va a hacer hincapié en características que permita identificar la organización.

La compañía se dedica a la producción de fibras textiles para fines de construcción, infraestructura, vertimientos etc. tiene una antigüedad de 12 años, sus ventas anuales están en el orden de los 2.000.000 USD. La compañía de análisis tiene 130 empleados y vende en al menos 5 países de América latina.

Estratégicamente la compañía define su diferenciación como la calidad en los productos ofrecidos, que cuida desde sus materias primas, la cadena de producción y los recursos humanos construyéndose así sus ventajas competitivas. Las ventajas están soportadas en la verificación de los productos con su laboratorio acreditado. Además de ofrecer en el área técnica el soporte para que el cliente diseñe una solución de acuerdo con las necesidades y sus condiciones específicas. Los productos en términos generales corresponden a fibras textiles para usos civiles como mantos, mallas etc.

El propósito estratégico de la organización es la competitividad sin arriesgar la calidad de sus productos, el cual orienta la decisión considerada en este trabajo. Esta visión de negocio permite que se vea frente a sus competidores como una entidad diferenciadora y como expertos en sus ramas de suministro, con soluciones de alta calidad. Desde esta

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

premisa se estructura toda la estrategia de las áreas con decisiones micro administrativas guiadas siempre a la calidad y diferenciación.

En medio del entorno que le ofrece el mercado la empresa mantiene una propuesta de innovación y crecimiento sostenible soportado en: ampliación de mercados, incrementos de activos fijos y fidelización de empleados. Ejemplo de su evolución son las máquinas únicas en Colombia para mejorar o innovar en sus productos, y la generación de múltiples beneficios a los empleados para crear sentido de pertenencia y fidelización por la organización, aumentando su capital humano día a día.

Con base en lo descrito las directivas han propuesto evaluar una inversión de \$2.000.000 USD en una máquina que permite fabricar filamentos que son la principal materia prima de la compañía, debido a que a través de los años se evidencia una alta volatilidad en los precios de compra del filamento, este, similar al precio del petróleo que es un insumo para su producción con una correlación entre el precio del filamento y precio del barril petróleo del 0.6110 tomando el índice de referencia WTI y 0.6775 tomando el índice de referencia BRENT(anexo a). Como el resultado de la correlación es cercano a 1 hay un alto grado de asociación directa, es decir si el precio del petróleo sube, de la misma forma lo hará el precio del filamento. Viendo la correlación como un instrumento estadístico que mide el grado de asociación entre dos variables en cuanto dirección y cercanía sería apropiado decir que el precio del petróleo tiene una relación directa con el precio del filamento. (Lahura, 2003)

Para complementar el contexto con el fin de entender la oportunidad que brinda esta decisión, según el estudio del comportamiento de los precios entre el chip de tolueno y el filamento: se identifican momentos en que el chip de tolueno principal materia prima del filamento, muestra un menor precio respecto al filamento, por ejemplo la diferencia más destacada se da en agosto de 2018 donde el filamento costaba por Kg \$1.89 USD mientras el chip de tolueno costaba \$1.36USD por Kg con una diferencia que 0.53 USD que sería un 38.97% de diferencia en precios que permitiría iniciar la producción de filamentos asegurando ganancias, en la revisión de precios se muestra como en tres de los cinco años de estudio se hubiese obtenido mayor margen fabricando que comprando. (anexo d) Para esta valoración se aclara que la inversión en esta máquina tiene como fin controlar el

costo, si es posible hacia la baja. Dicha decisión se enmarca en estratégica porque como lo define Shank & Govindaraja, (1995) el análisis de costos es uno de los principales insumos para desarrollar estrategias que permitan alcanzar las ventajas competitivas y mantenerlas.

Para finalizar la compañía ha cumplido el objetivo estratégico de incrementar valor, gestionando sus riesgos y administrando su liquidez con una política clara de autofinanciamiento. (Amat, 2010) Esto se refleja en sus resultados financieros, en los cuales jamás han presentado pérdidas y sus ebitdas son estables o crecientes, las cifras de resultado son comparables e inclusive por encima de sus competidores en porcentajes entre el 15% y 20% superiores de ingresos.

4.2 Valoración de inversión por método de valor presente neto (VPN)

Para satisfacer la valoración que requiere dar cuenta del control de los costos sobre uno de los principales eslabones de la cadena productiva en una empresa manufactura, se define un horizonte de tiempo de valoración de 5 años que corresponde al tiempo en el que podría existir flexibilidad sobre el proyecto sin embargo se considera un valor de salvamento llevado a perpetuidad por las siguientes razones: a) se parte del supuesto de que la compañía va a continuar en marcha y que este eslabón productivo o de adquisición de la materia prima se mantendrá, b) la maquina tiene características técnicas que garantizan una vida útil de al menos 20 años , se parte de las siguientes variables que generan el flujo de caja libre:

Ingresos: Para proponer los ingresos asociados a esta inversión se parte de los productos fabricados hoy con los filamentos, de acuerdo con la participación que tiene el costo de los filamentos en estos productos se asigna porcentualmente el valor de ingresos como se evidencia en la tabla No 3:

Tabla 3. Asignación de ingresos al proyecto

Nombre del producto	Unidad	Suma de Ingresos		Suma de Cantidad	Costo	Costo del filamento /(kg)	costo total del filamento	Participacion del filamento en el costo total	Ingresos asociados al filamento
FORT UX	m2	15.754.526.453	42%	2.106.592	6.415.246.301	5.425	2.857.204.124	45%	7.016.706.116
FORT ALT	m2	8.627.478.772	23%	2.373.122	3.910.166.137	5.425	2.368.964.905	61%	5.226.937.606
TRAC TRM	m2	13.128.772.045	35%	1.995.118	6.108.665.083	5.425	2.262.224.736	37%	4.861.984.160
		37.510.777.270			16.434.077.521		7.488.393.765		17.105.627.882

Fuente: Elaboración propia a partir de datos contables de la compañía año 2020.

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

Se toma como factor de crecimiento de ingresos del 10%, estimado a partir del comportamiento de los últimos 5 años (revisar anexo B). Se resalta que la inversión no tiene incidencia en los ingresos porque se sustituye la compra de una materia prima por su fabricación por la organización, por lo tanto, los ingresos conservaran su comportamiento histórico. En el modelo además en cuanto a los volúmenes de la materia prima y en convergencia con los ingresos se calcula una cantidad igual de kilos producidos durante los 5 años evaluados con una demanda del 1.380.282 kg que contrastados con la capacidad de fabricación de la máquina implican un 93.61% de uso, estimando un desperdicio del 6%, lo que implica un uso total de la capacidad instalada de la maquina adquirida.

Costos: los costos del proyecto son la razón de ser de la valoración, porque la decisión a evaluar responde a la necesidad de controlarlos. El comportamiento cambiante de costos, correlacionados al del precio del petróleo (anexo a), como ya se mencionó, que no depende de políticas de países emergentes como el colombiano, y es sensible a múltiples variables que difícilmente logran proyectarse afecta los resultados de la organización porque, los precios de venta en el mercado colombiano en general conducen a incrementos del orden del IPC. De ahí que como lo describe (Golpe, 2017) los costos deben evaluarse desde la estrategia y hacer seguimiento sobre esta. Que en este caso busca disminuir el riesgo de precio por la volatilidad, apropiándose de un nuevo eslabón productivo que tendría los siguientes costos asociados:

El primer supuesto de este modelo de costos es el uso del 100% de la capacidad instalada de la máquina de acuerdo con la demanda actual en 115.024 Kilos mes la relación se muestra en la tabla No 4:

Tabla 4. Cantidad de Kilos de filamento demandados en relación con las ventas

Nombre del producto	Suma de Cantidad en m2	Kilos demandados por m2	Total en kilos demandados
FORT UX	2.106.592	0,250	526.648
FORT ALT	2.373.122	0,184	436.654
TRAC TRM	1.995.118	0,209	416.980
DEMANDA ANUAL			1.380.282
DEMANDA MENSUAL			115.024
CAPACIDAD INSTALADA			122.880
			94%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos contables de la compañía año 2020.

Las especificaciones técnicas de la maquina dice que el valor de kilos producido de chip de tolueno al mes es de 128.000, por experiencia estas especificaciones tienden a estar por encima del valor real de producción entre un 1% y 5%. Así que para el ejercicio de costos se toma un 4% quedando así el valor de producción mensual en 122.880 Kilos que corresponde al 94% de los kilos demandados para las ventas de 2020 (table 4), se mantiene el supuesto de producción del 100% de la capacidad del equipo ya que se debe mantener un inventario disponible.

Ilustración 15. Costo de fabricación de filamentos

FABRICACION			
MAQUINA NUEVA			
PRODUCCION			
		MES	ANUAL
6 LINEAS	TEORICO	128.000	1.536.000
	PRACTICO	122.880	1.474.560
	DEMANDA DE HILO	122.880	1.474.560
DIF ENTRE EL VAL TEORICO Y EL VAL REAL DE FAB		4%	% DE USO 100%
MATERIA PRIMA		4.161,11	
DISMINUCION DEL PESO EN LOS PRODUCTOS		-208,06	
OTROS COSTOS		203	
DESPERDICIO		6%	250
MANO DE OBRA			
OPERARIOS (2 OPERARIOS X TURNO EN 3 TURNOS) USO DE LA MAQUINA 24 HORAS		6.697.544	
INSUMOS			
ENERGIA/AIRE/AGUA/CAP MANT		25.065.167	
CIF		13.917.892	

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

MANTENIMIENTOS		
REPUESTOS		3.250.404
TOTAL COSTOS SIN MP		48.931.008
CLASIFICACION DE COSTOS SIN CHIP DE TOLUENO		
COSTOS FIJOS		13.917.892 13%
COSTOS VARIABLES		90.630.646 87%
COSTOS FIJOS	UNIDAD	113 2,36%
COSTOS VARIABLES	UNIDAD	738 15,4%
CIFRA DE CONTROL		
		-
VALOR POR KG PESOS (FABRICADO)		4.804
VALOR KG (B IMPORTADO) PESOS		5.425
		PARTICIPACION DE LA MATERIA PRIMA
		82%
DIF ENTRE FAB E IMPORTAR		-621

Fuente: Elaboración propia

El valor de desperdicio también obedece a un valor descrito técnicamente por el proveedor, los otros costos corresponden a costos directos del producto como aceite y químicos específicos para la producción.

En cuanto a la mano de obra se debe tener 2 personas por turno para trabajar 24 horas la máquina, porque este tipo de equipo generan desecho al apagarse, por tanto, solo se hace una vez al año durante el periodo de vacaciones colectivas, siendo este el momento adecuado para los mantenimientos preventivos.

Los insumos como energía, aire, agua y capacidad instalada corresponden al espacio de producción y almacenamiento, los repuestos corresponden a los valores la ficha técnica del producto.

Al final de la ilustración No 15 se hace una proporción de los costos fijos y variables de la fabricación de filamentos concluyendo que: la materia prima tiene una participación del 82% en el costo total del Kg de filamento. Los demás costos variables son 15.4% que corresponde a costos variables distintos a la materia prima (mano de obra, insumos, desperdicio, repuestos y otros costos). Y el costo fijo es un 2.36% del total del costo por kilogramo de filamento.

Para el precio del Chip de tolueno, que es importado y pagado en dólares se determinó su valor en pesos con la TRM de cada día a partir de la serie histórica de registro de compra

en los últimos 5 años (datos de un aliado estratégico que usa este insumo en su producción anexo c), con estos datos, se halló la correlación entre el precio del chip con el precio del petróleo (anexo a) que es del 0.73661. Una correlación más alta que con el filamento, justificando el uso de la volatilidad del precio del petróleo como la volatilidad del proyecto. Al precio del chip de tolueno se suma el 7% de gastos de importación. Por último, en el flujo de caja se estima un crecimiento del 0.94% en los costos, tomado del promedio de aumento y disminución del costo de la materia prima junto con los costos de producción de los últimos 5 años para la fabricación con el Chip de tolueno.

Gastos: Fabricar no implica un mayor gasto administrativo ya que los procesos hoy en día desarrollados para las compras de filamentos se mantendrían para otras compras y no hay variación en los ingresos, se mantienen los gastos de ventas y, por lo tanto, no se proyecta esta variable que no va a dar diferencial en el análisis y no agrega valor.

Impuestos: Se toma la tasa de impuestos del año 2020 que corresponde al 32% efectivo anual (Gomez & Steiner) para la organización de análisis.

Inversión: El valor de la maquina es de \$1.666.667 USD con un 20% de costos de puesta en marcha para un total de \$ 2.000.000 USD que se lleva a pesos con la TRM promedio del 2020 (\$3.696) corresponde a \$7.386.721.477 COP.

Costo de capital: La compañía por política no usa deuda y dentro de sus políticas evita pagar intereses y promueve capturar cualquier descuento por pago anticipado. En consecuencia, como lo indica (Barrios, 2012) el comportamiento del WAAC, en su componente de deuda (k_d) igual a cero y el costo del patrimonio (K_e) se puede asumir como el ROE (return over Equity) de los últimos 5 años (anexo b), que es lo que se ha rentado y los socios aceptan dada su permanencia en esta calidad y es el 14.50%. El retorno sobre el patrimonio es un buen estimador del WAAC y dado que el proyecto mejora eficiencias y no busca crecimiento, el retorno histórico se considera una medida adecuada.

Valor de salvamento: se toma un valor a perpetuidad a partir del flujo de caja del periodo cinco, porque se suponen flujos estables dado que la maquina alcanza uso pleno entre los años 5-6 y de ahí en adelante no permite generar más flujos. Por otra parte, el cambio a fabricación tendrá utilidad por la vigencia de la compañía. La empresa deprecia activos a 20 años, y según el proveedor de la maquina la vida útil son 30 años, en consecuencia, se

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

asumieron 20 de uso. Finalmente vale la pena recordar que flujos después de 10 años aportan poco al VPN. (Sabal Cardenas, 2014) En la ilustración No 16 se explica el cálculo del valor de salvamento:

Ilustración 16. Valor de salvamento

PARAMETROS	BASE AÑO 0	CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
VENTAS	17.105.627.882	10%	Crecimiento en los últimos 5 años
COSTOS	5.743.506.120	0,94%	Incremento de precio de compra en los últimos 5 años
IMPUESTOS			32%
COSTO CAPITAL		14,50%	Promedio ROE 2015-2019

		1	2	3	4	5
VP	-\$ 7.386.721.477	\$ 7.731.406.695	\$ 7.699.740.989	\$ 7.637.034.347	\$ 7.548.333.497	\$ 7.438.033.346
VPN	\$ 195.787.043.592					$=((H27))/(D6-D3)$

Fuente: Elaboración propia

El valor se toma del flujo del año 5 dividido por la diferencia entre el costo de capital el crecimiento del proyecto; y posteriormente descontando el costo de capital para llevarlo al momento de evaluación, para un resultado de \$165.119.216.194.

A continuación, se muestra el flujo de caja primero de la operación actual con la compra de filamentos donde la única variable que cambia con relación a las antes mencionadas es el costo:

1. Se determinan los costos en el de flujo de caja inicial tomando la cantidad de kilogramos al año demandadas, por el costo del promedio ponderado en pesos por kilogramo de las importaciones de los últimos dos años sumando un 10% de arancel y un 7% de gastos de importación. (Anexo C)
2. Se estima un crecimiento del costo en el flujo de 0.05% que corresponde a la variación promedio del precio del filamento en los últimos 5 años. (Anexo C)

Proyección del flujo con la compra del filamento sin compra de la maquina:

Ilustración 17. Flujo de caja actual – importación de materias primas

PARAMETROS	BASE AÑO 0	CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
VENTAS	17.105.627.882	10%	Crecimiento en los últimos 5 años
COSTOS	7.488.393.765	0,05%	Incremento de precio de compra en los últimos 5 años
IMPUESTOS			32%
COSTO CAPITAL		14,50%	Promedio ROE 2015-2019

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS		18.816.190.670	20.697.809.737	22.767.590.711	25.044.349.782	27.548.784.760
COSTOS		7.492.342.536	7.496.293.390	7.500.246.328	7.504.201.350	7.508.158.457
UTILIDAD BRUTA	-	11.323.848.134	13.201.516.347	15.267.344.383	17.540.148.433	20.040.626.304
- DEPRECIACIONES	-	-	-	-	-	-
- AMORTIZACIONES	-	-	-	-	-	-
EBITDA	-	11.323.848.134	13.201.516.347	15.267.344.383	17.540.148.433	20.040.626.304
IMPUESTOS		3.623.631.403	4.224.485.231	4.885.550.203	5.612.847.498	6.413.000.417
INVERSION ACTIVOS FIJOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$ 0	7.700.216.731	8.977.031.116	10.381.794.181	11.927.300.934	13.627.625.886
		1	2	3	4	5
VP	\$ 0	\$ 6.724.807.346	\$ 6.846.782.416	\$ 6.915.173.945	\$ 6.938.247.201	\$ 6.923.165.167
VPN	\$ 188.037.673.406					\$ 153.689.497.331

Fuente: Elaboración propia

Proyección del flujo con producción del filamento comprando la maquina:

Ilustración 18. Flujo de caja base – fabricación materias primas

PARAMETROS	BASE AÑO 0	CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
VENTAS	17.105.627.882	10%	Crecimiento en los últimos 5 años
COSTOS	5.743.506.120	0,94%	Incremento de precio de compra en los últimos 5 años
IMPUESTOS		32%	
COSTO CAPITAL		14,50%	Promedio ROE 2015-2019

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS		18.816.190.670	20.697.809.737	22.767.590.711	25.044.349.782	27.548.784.760
COSTOS		5.797.338.119	5.851.674.667	5.906.520.494	5.961.880.374	6.017.759.123
UTILIDAD BRUTA	-	13.018.852.551	14.846.135.070	16.861.070.217	19.082.469.409	21.531.025.638
- DEPRECIACIONES	-	-	-	-	-	-
- AMORTIZACIONES	-	-	-	-	-	-
EBITDA	-	13.018.852.551	14.846.135.070	16.861.070.217	19.082.469.409	21.531.025.638
IMPUESTOS		4.166.032.816	4.750.763.222	5.395.542.469	6.106.390.211	6.889.928.204
INVERSION ACTIVOS FIJOS	\$ 7.386.721.477	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
FLUJO DE CAJA LIBRE	-\$ 7.386.721.477	8.852.819.735	10.095.371.848	11.465.527.747	12.976.079.198	14.641.097.434
		1	2	3	4	5
VP	-\$ 7.386.721.477	\$ 7.731.406.695	\$ 7.699.740.989	\$ 7.637.034.347	\$ 7.548.333.497	\$ 7.438.033.346
VPN	\$ 195.787.043.592					\$ 165.119.216.194

Fuente: Elaboración propia

Para cerrar la valoración por valor presente neto (VPN) se resumen las variables de los dos modelos:

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

Ilustración 19. Resumen de variables base de la proyección de flujos de caja por VPN para 5 años

		COMPRAR	PRODUCIR	
Precio Filamento (comprando vs produciendo)		5.425	4.161	
INVERSION		IMPORTANDO	COMPRANDO LA MAQUINA	
		0	7.386.721.477	
INGRESOS	PRODUCTOS	3	3	100% CAPACIDAD INSTALADA
	CANTIDAD en Kg	1.380.282	1.380.282	
	INGRESO	17.105.627.882	17.105.627.882	
EGRESOS	MATERIAS PRIMAS MO CIF		5.743.506.120	
	COSTO COMPRA	7.488.393.765		
	MARGEN	R ACTUAL 9.617.234.117	R BASE 11.362.121.762	
VPN	COMPRANDO	188.037.673.406		
VPN	MAQUINA-PRODUCIR	195.787.043.592		
VPN NETO FABRICAR - COMPRAR			7.749.370.186	

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, cambiar el modelo de gestión de operación donde se adhiere un nuevo eslabón con la producción del filamento (que antes se compraba) generaría un aumento en el flujo de caja para la compañía de \$7.749.370.186 COP. Se acota que la decisión por VPN, es positiva bajo las siguientes condiciones: un enfoque tradicional básico sin realizar análisis de escenarios o sensibilidades, con un comportamiento en costos similar al de los últimos 5 años, crecimiento en los ingresos por el aumento de los precios del 10% y una demanda que cubra el uso del 100% de la capacidad instalada de la maquina comprada. Sin embargo, no permite ilustrar sobre la gestión de la incertidumbre en los precios de la materia prima (chip de tolueno) y en consecuencia se desarrolla la valoración por opciones reales.

4.3 Valoración opción real a diferir

De acuerdo con los datos antes señalados, si bien resulta atractivo fabricar las materias primas inicialmente por la reducción de costos, se identifica que en el tiempo de evaluación de los costos hay periodos en que el precio del chip de tolueno es muy cercano al del filamento (anexo d), se observa que en dos de los cinco años muestreados la diferencia entre el filamento y el Chip no cubriría el factor de producción que es el 17,76%(Valor tomado de costos-ilustración 14) correspondiente a la suma costos fijos por Kg de filamento

\$113 COP que corresponden al 2.36% mas \$735 COP por cada Kg de filamento que representan un 15.4% y que llevado a dólares tomando la TRM de \$3.655.71 (hallada de dividir el valor en pesos del chip de tolueno en el valor promedio en dólares del chip de tolueno). Con los costos ya descritos en la ilustración 14 será \$ 0.23 USD y, en este momento producir habría generado pérdida de valor, para ilustrar lo propuesto en el año 2020 en promedio se importó al \$1.15 USD el Kg de filamento y el Kg de chip de tolueno se importó a \$ 0.99 USD dejando una brecha de \$ \$0.16 USD que no cubre el factor de producción de \$0.23 USD. En este momento por ejemplo no se podría producir al mismo valor al que la competencia podría comprar esta materia prima y por esta razón se propone evaluar diferir la inversión hasta una coyuntura en que la previsión del comportamiento del mercado sea más favorable, a continuación, se describen las variables tomadas para dicha valoración:

Ilustración 20. Variables para estimación valor de la opción de diferir

Tasa de crecimiento (μ)	10,00%	Crecimiento ingresos	
WACC	14,50%	ROE promedio 5 años	
r (CDT de la Empresa)	8,50%	Tasa libre de riesgo	
Flujos de caja esperados	St	Log-retornos	ln(St)
Año 0	-\$ 7.386.721.477	INVERSION	
Año 1	\$ 8.852.819.735	-	22,9040
Año 2	\$ 10.095.371.848	0,1313	23,0353
Año 3	\$ 11.465.527.747	0,1273	23,1626
Año 4	\$ 12.976.079.198	0,1238	23,2864
Año 5	\$ 14.641.097.434	0,1207	23,4071
σ (Volatilidad)	141,611%	Desv. Estándar/Promedio	
Δt	1	Volatilidad ANUAL	

Modelo de enrejado de Cox

u	4,12	$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$	$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$
d	0,24		
μ'	0,04	$p = \frac{1 + \mu'\Delta t - d}{u - d}$	
P	20,56%		
1-P	79,44%		

Fuente: propia

La tasa de crecimiento (10%) se determina a partir del comportamiento de los ingresos en los últimos 5 años; el WACC se determinó como se explicó en el numeral 4.2 Valor Presente Neto en la sección de costo de capital; la tasa libre de riesgo corresponde al rendimiento que obtiene la compañía con inversiones seguras en CDT emitidos directamente por los bancos 8.5%, durante los últimos 5 años.

La desviación estándar (volatilidad): Se determina como la desviación estándar del proyecto el precio del petróleo de los ultimo 5 años dado la correlación ilustrada en párrafos

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

anteriores en el numeral 4.2. Es importante resaltar que no se cuenta con un fuente fiable del comportamiento de los precios de la materia prima del chip del tolueno a diario, porque no cotiza en bolsa, por tal razón y por otra parte la compra se realiza cuando se estima más conveniente, los precios no mostrarían el riesgo real por estas razones se buscó una variable que se correlacionara y que permitiera evidenciar el riesgo real de esta inversión.

El comportamiento del precio del chip de tolueno tiene una correlación del 0.7366 con el precio del petróleo índice de referencia WTI y de un 0.7263 con índice de referencia BRENT (anexo a). Y se determina el chip de tolueno como la variable más importante en el costo por tener un peso dentro del total del costo por kilo del filamento del 82%. Finalmente, la volatilidad como se muestra en la ilustración 19 se toma basada en la tabla No 6 del comportamiento de precio del petróleo y su volatilidad diaria y anual durante los ultimo 5 años, con los índices de referencia WTI y BRENT porque estos dependen del mercado estadounidense y europeo-asiático que tienen alta influencia en los proveedores ubicados en china (anexo a). Se toma para la valoración los precios del índice de referencia WTI porque existe el acuerdo comercial con Washington para la venta de barriles de petróleo a china que determinaría un grado de afectación de este indicador para los proveedores (<https://www.preciopetroleo.net/petroleo-china.html>, 2021):

Tabla 5. Resumen volatilidades precio del petróleo 2015 a 2020 y 2015 a 2019

	BRENT	WTI
Volatilidad Diario 2015 a 2020	2,73%	8,92%
Volatilidad anual 2015 a 2020	43,918%	141,611%
Volatilidad Diario 2015 a 2019	2,254%	2,342%
Volatilidad anual 2015 a 2019	36,208%	37,180%

Fuente: Elaboración propia partir de los datos históricos Futuros del petróleo crudo WTI y BRENT (investing.com, 2021), teniendo en cuenta el cambio de esta volatilidad de los datos de 2015 a 2020 con los de 2015 a 2019.

Para finalizar se determina el factor de alza de acuerdo con el enrejado de Cox $U=e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ dando un valor de 4.12 lo que significa que si bien la probabilidad es baja en un 20.56% si fuese alcista el resultado podría llevar el flujo de caja del año 0 al 1 a ser 4.12 veces más y que el $D=e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$ como factor de baja y que posee una probabilidad mayor de 79.44%

podría representar que estos flujos se redujeran en 0.24 veces del VPN actual. En la tabla 7 se muestra como funcionaria el enrejado con estos factores para los 5 años siguientes:

Tabla 6 Árbol de enrejado de Cox con volatilidad precio del petróleo 2015-2020

Árbol binomial para el Enrejado de Cox					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
					\$ 232.711.118.983.769
			\$ 13.702.627.762.200	\$ 56.469.052.051.186	\$ 13.702.627.762.200
		\$ 3.325.042.669.730	\$ 806.845.880.031	\$ 3.325.042.669.730	\$ 806.845.880.031
\$ 195.787.043.592	\$ 806.845.880.031	\$ 195.787.043.592	\$ 806.845.880.031	\$ 195.787.043.592	\$ 806.845.880.031
	\$ 47.509.155.574		\$ 47.509.155.574		\$ 47.509.155.574
		\$ 11.528.443.466	\$ 2.797.460.976	\$ 11.528.443.466	\$ 2.797.460.976
			\$ 2.797.460.976	\$ 678.824.330	\$ 2.797.460.976
				\$ 678.824.330	\$ 164.721.680

Fuente: Elaboración propia

En resumen, a partir de la volatilidad la rentabilidad de la inversión es atractiva, pero con un alto riesgo. Para calcular la opción de diferir a un año, se toma el costo de retrasar la inversión calculando el flujo de caja del primer año \$ 8.852.819.735 COP, que traído a valor descontando al WACC se obtiene un valor de \$7.731.406.695 COP y al dividirlo entre el VPN del proyecto que es \$195.787.043.592 da una tasa de 3.87% que es el porcentaje de flujo que se sacrifica por diferir un año.

Con esta información se descuenta el costo de retraso a los flujos de caja del año 1 es decir: se toma el valor del árbol binomial de enrejado de Cox t=1 alcista \$806.845.880.031 COP y se le descuenta la tasa de retraso 3.87% dando \$774.984.457.924,31 COP al valor bajista de la misma manera \$47.509.155.574 COP descontando el 3.87% dando \$45.633.073.291,90 COP:

Tabla 7 Flujo de caja al producir la materia prima diferido a un año descontando el costo de retraso

	\$ 774.984.457.924,31	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A UN AÑO DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67		
	\$ 45.633.073.291,90	

Fuente. Elaboración propia

Se procede a calcular el valor presente del flujo actual de compra de materia prima y se compara con el del flujo de caja de fabricación:

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

Tabla 8 Comparación de flujos de caja de comprar materia prima vs. fabricar la materia prima llevados a valor presente año 1.

Flujo de caja proyecto actual (comprar Materia prima)	\$ 188.037.673.406
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 204.020.875.646
Flujo de caja proyecto Base (Fabricar)	\$ 195.787.043.592
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 212.428.942.297
VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 8.408.066.651

Fuente. Elaboración propia

Esto para determinar el flujo de caja mínimo para ejercer la opción de compra de la máquina. Con el modelo de opciones se toma el (Max [el valor de del flujo de caja del año 1 determinado en el enrejado de COX alcista descontado el costo de retraso \$779.984.457.924,31 COP- S=204.020.875.646 COP flujo de comprar materia prima;0]), así mismo se compara el nodo inferior que por presentar perdidas (Max[\$45.633.073.291,90 COP- 204.020.75.646 COP = -158.387.802.354 COP;0]) se convierte en 0, ya que el inversor no ejercería la opción de la comprar de la maquina dando esta nueva visión del proyecto. Donde el segundo año se podría ganar hasta \$570.963.582.278,71 COP al cambiar la gestión operativa, dando un valor en el año 0 que se determina por las probabilidades de $(\$570.963.582.278.71 * 20.56\%) + (0 * 79.44\%) = 117.375.559.997,90$:

Tabla 9 Valor de la opción de diferir a un año con volatilidad del año 2015 a 2020

\$ 117.375.559.997,90	\$ 570.963.582.278,71	DIFERIR VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A UN AÑO
	\$ 0,00	
VPN TOTAL CON OPCION REAL DE DIFERIR	108.180.239.629	

Fuente. Elaboración propia

Esto daría un resultado de VPN total con la opción de diferir del año 0 al año 1 igual a \$108.180.239.629 COP ya que se descuenta a la tasa libre de riesgo al resultado original $\$117.375.559.997,90 / (1+8.50\%)$ COP; para finalizar el análisis de opciones reales de acuerdo con (Mascareñas, 1999) se define la opción de diferir $(\$99.772.172.978) = \text{VPN total (en este caso } \$108.180.239.629) - \text{VPN Básico (} 8.408.066.651)$. En resumen, para tomar la decisión, en un año la inversión de fabricar daría \$108.180.239.629 restando a

este valor el VPN básico, para hallar el valor de opción de diferir. Si el valor es positivo debe esperar, si no lo es debería invertirse ahora o descartar la inversión.

Tabla 10 Decisión con la información aportada por la opción de diferir

VPN Neto De Cambiar A La Fabricación	\$ 8.408.066.651
VPN Total Hallado Por Opciones Al Diferir Un Año	\$ 108.180.239.629
Decisión	Diferir
Opción De Diferir A Un Año	\$ 99.772.172.978

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, al restar al VPN total por opción de diferir (108 mil millones) el VPN base que resulta del diferencial entre fabricar y comprar el filamento (8 mil millones) resulta un valor de \$99.772.172.978, que es mayor al VPN base. Esto significa que vale la pena esperar porque generaría un aumento del VPN casi en 8 veces. Resultado que se puede explicar por la alta volatilidad y el valor de la opción que aumenta de igual manera que la incertidumbre.

Como se explicó en el apartado de las volatilidades siendo el año 2020 tan atípico por la pandemia del COVID-19 que afecto la economía mundial, realiza un análisis omitiéndolo, es prudente para revisar la opción con la volatilidad del precio del petróleo de los años 2015 a 2019 resultando un 37.180%:

Tabla 11. Valoración de opciones reales con volatilidad anual de 2015 a 2019

Tasa de crecimiento (μ)	10,00%	Crecimiento ingresos	
WACC	14,50%	ROE promedio 5 años	
r (CDT de la Empresa)	8,50%	Tasa libre de riesgo	
Flujos de caja esperados	St	Log-retornos	ln(St)
Año 0	-\$ 7.386.721.477	INVERSION	
Año 1	\$ 8.852.819.735	-	22,9040
Año 2	\$ 10.095.371.848	0,1313	23,0353
Año 3	\$ 11.465.527.747	0,1273	23,1626
Año 4	\$ 12.976.079.198	0,1238	23,2864
Año 5	\$ 14.641.097.434	0,1207	23,4071
σ (Volatilidad)	37,180%	Desv. Estándar/Promedio	
Δt	1	Volatilidad ANUAL	

Modelo de enrejado de Cox

u	1,45
d	0,69
μ'	0,04
P	46,06%
1-P	53,94%

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$$

$$p = \frac{1 + \mu'\Delta t - d}{u - d}$$

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

Árbol binomial para el Enrejado de Cox					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
				\$ 866.290.377.636	\$ 1.256.415.761.675
		\$ 411.835.442.779	\$ 597.301.499.454	\$ 411.835.442.779	\$ 597.301.499.454
\$ 195.787.043.592	\$ 283.957.820.438	\$ 195.787.043.592	\$ 283.957.820.438	\$ 195.787.043.592	\$ 283.957.820.438
	\$ 134.993.874.721	\$ 93.077.385.908	\$ 134.993.874.721	\$ 93.077.385.908	\$ 134.993.874.721
		\$ 64.176.243.444	\$ 64.176.243.444	\$ 44.249.096.409	\$ 64.176.243.444
				\$ 44.249.096.409	\$ 30.509.460.011

	\$ 272.744.650.486,82	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A UN AÑO DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67	\$ 129.663.120.818,04	
	\$ 68.723.774.841,22	DIFERIR VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A UN AÑO
\$ 31.655.445.986,37	\$ 0,00	
VPN TOTAL CON OPCION REAL DE DIFERIR	29.175.526.255	

En este caso el costo del retraso es del 3.95% se concluye que:

VPN Neto De Cambiar A La Fabricación	\$ 8.408.066.651
VPN Total Hallado Por Opciones Al Diferir Un Año	\$ 29.175.526.255
Decisión	Diferir
Opción De Diferir A Un Año	\$ 20.767.459.603

Fuente. Elaboración propia

Si bien se debería diferir la decisión de comprar la máquina para cambiar el modelo de gestión productiva porque el VPN total hallado por opciones al diferir un año es mayor al VPN básico = VPN neto de cambiar a la fabricación, aporta menos valor al tener el proyecto una volatilidad menor. Complementando el uso de la valoración de opciones en el anexo E se ilustran los cuadros de la metodología de opción aplicada al primer, segundo y tercer año, años con ambas volatilidades.

Por último, con el fin de revisar la probabilidad hallada para la frecuencia al alza y baja en el precio del chip de tolueno se realiza un último ejercicio de opciones que busca con el enrejado de Cox y sus fórmulas partir de las probabilidades para hallar los factores de alza y baja con una volatilidad dada matemáticamente para estos factores:

Tabla 12. Valoración de opciones reales con probabilidad de frecuencia en el precio del chip

Tasa de crecimiento (μ)	10,00%	Crecimiento ingresos	
WACC	14,50%	ROE promedio 5 años	
r (CDT de la Empresa)	8,50%	Tasa libre de riesgo	
Flujos de caja esperados	St	Log-retornos	ln(St)
Año 0	-\$ 7.386.721.477	INVERSION	
Año 1	\$ 8.852.819.735	-	22,9040
Año 2	\$ 10.095.371.848	0,1313	23,0353
Año 3	\$ 11.465.527.747	0,1273	23,1626
Año 4	\$ 12.976.079.198	0,1238	23,2864
Año 5	\$ 14.641.097.434	0,1207	23,4071
σ (Volatilidad)	10,080%	Desv. Estándar/Promedio	
Δt	1	Volatilidad ANUAL	

Modelo de enrejado de Cox

u	1,11	$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$	$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$
d	0,90		
μ'	0,04	$p = \frac{1 + \mu'\Delta t - d}{u - d}$	
P	67,27%		
$1-P$	32,73%		

t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
				\$ 293.016.099.985	\$ 324.092.042.183
		\$ 239.517.757.047	\$ 264.919.910.628	\$ 239.517.757.047	\$ 264.919.910.628
	\$ 216.551.318.490	\$ 216.551.318.490	\$ 216.551.318.490	\$ 216.551.318.490	\$ 216.551.318.490
\$ 195.787.043.592	\$ 177.013.775.329	\$ 195.787.043.592	\$ 177.013.775.329	\$ 195.787.043.592	\$ 177.013.775.329
		\$ 160.040.603.716	\$ 144.694.924.393	\$ 160.040.603.716	\$ 144.694.924.393
			\$ 130.820.683.370	\$ 130.820.683.370	\$ 118.276.790.075

\$ 195.787.043.591,67	\$ 207.999.954.299,40	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A UN AÑO DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
	\$ 170.023.703.551,59	
\$ 2.676.600.591,09	\$ 3.979.078.653,80	DIFERIR VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A UN AÑO
	\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR	2.466.912.987	

Manteniendo el costo del retraso del 3.95% del primer ejercicio se concluye que:

VPN Neto De Cambiar A La Fabricación	\$ 8.408.066.651
VPN Total Hallado Por Opciones Al Diferir Un Año	\$ 2.466.912.987
Decisión	NO DIFERIR
OPCIÓN DE DIFERIR A UN AÑO	-\$ 5.941.153.664

Fuente. Elaboración propia

Este modelo parte de la probabilidad de frecuencia, hallando una volatilidad del 10.080% que es muy diferente a las halladas en el precio del petróleo, se debería invertir ahora

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

porque resultaría una pérdida esperar con un riesgo tan bajo. La pregunta es ¿por qué ocurren estos resultados?, basados en la situación del caso de estudio las explicaciones son: 1) las compras de Chip no son diarias por tanto la volatilidad puede que no se asemeje al mercado del petróleo exactamente y 2) El empresario conoce el comportamiento de los precios de las materias primas, en consecuencia se cubre del riesgo de manera natural con compras adelantadas de inventarios cuando saben que están a la baja los precios o espera a que bajen cuando hay stock de material. Esto hace que este último ejercicio no muestre de una manera precisa el riesgo del proyecto, por tanto, resulta mejor argumentar la decisión desde la volatilidad hallada en una variable en que se posee más información que no necesariamente siempre tendría que ser el precio del petróleo. Por ejemplo, si el chip o el filamento cotizaran en bolsa esta podría ser una variable más precisa.

Para finalizar la aplicación de opciones reales, se podría afirmar que es importante hallar la incertidumbre de un proyecto obteniendo la mayor información posible sobre las variables que determinan los flujos de caja y de ser alta resultaría de un aporte importante en el análisis de valoración, para soportar la decisión; no sin olvidar que el valor presente neto es una parte importante de la valoración, porque determina el punto de partida del análisis.

5. Análisis de resultados

La valoración por Valor Presente Neto (VPN), en un enfoque tradicional básico y sin realizar análisis de escenarios o sensibilidades indica un valor adicional entre comprar y fabricar el filamento de \$7.749.370.186 COP, resultado de la diferencia del Valor Presente Neto (VPN) de fabricar \$195.787.043.592 COP menos un Valor Presente Neto (VPN) de comprar \$ 188.037.673.406 COP (ilustración 19). Dicho resultado complementando a partir del comportamiento histórico del precio de compra del filamento indica un riesgo porque podría obtenerse un precio de compra menor que el filamento producido, dando una ventaja a la competencia. Debido a esto, si bien el valor presente neto es positivo, por la incertidumbre del proyecto es recomendable valorar por opciones.

La opción de diferir un proyecto otorga a su propietario el derecho a posponerlo en un plazo determinado una inversión para iniciarlo, mientras se observa el comportamiento de una o más variables para ejercer o no esta opción, implicando esto que la opción actúe como un coste de oportunidad (Mascareñas, 1994). Para crear una equivalencia con el caso de estudio se define el propietario el derecho una empresa manufacturera, que debe decidir si invertir en una máquina que cambiaría su gestión de producción al adherir un nuevo eslabón de su cadena de operación produciendo su principal materia prima: el filamento. En principio bajo la valoración de valor presente neto resulta positivo, pero si se revisa el precio histórico de la materia prima del filamento chip de tolueno hay ocasiones en que su precio no posee el diferencial necesario que justifique producir; por tanto, es oportuno esperar mientras el diferencial de precio entre materia prima terminada y el insumo para producirla resulta más amplio para que resulte más conveniente fabricar.

Revisando la decisión desde su propósito que es el control de los costos para mejorar el margen se evidencia que, si bien las opciones eliminan la pérdida por posibles resultados negativos, el riesgo continuo porque proviene de la volatilidad en el precio del chip que se relaciona directamente con el precio del petróleo. En la tabla 13 se muestra el efecto de la volatilidad en las opciones reales y detalladas en los anexos, en donde se tiene las

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

valoraciones difiriendo a uno, dos y tres años con variables en las tres volatilidades consideradas:

Tabla 13. Resumen resultado de opción de diferir por años y volatilidades

VPN EXTENDIDO POR DIFERIR (VPN OPCION DE DIFERIR - VPN BASICO)				
PROBABILIDADES DE ENREJADO DE COX	20,557%	46,062%	67,267%	P
	79,443%	53,938%	32,733%	1-P
AÑOS A DIFERIR /VOLATILIDAD	141,611%	37,180%	10,080%	VPN NETO
1 AÑO	99.772.172.978	20.767.459.603	- 5.941.153.664	8.408.066.651
2 AÑOS	92.887.558.789	19.355.792.452	- 9.122.752.317	9.122.752.317
3 AÑOS	107.876.087.312	14.816.306.768	- 9.898.186.264	9.898.186.264

Fuente: Elaboración propia

Como puede observar cuando se tiene una volatilidad tan alta como lo es el 141.611% tomada del comportamiento de los precios del petróleo índice de referencia WIT del año 2015 al 2020 vale la pena esperar hasta por tres años, porque el factor de ascenso es tan elevado que aunque la probabilidad sea baja da un valor alto a la opción; ahora en el caso contrario la probabilidad calculada con la frecuencia, en los precio del chip de tolueno en descenso de precios con un 67.267% y las veces que subieron fue el 32.733% con respecto al valor promedio de dos años tomado en los costos, la recomendación sería invertir ahora, porque el costo de esperar es más alto que el beneficio, además con una volatilidad del 10.080% no se entendería que el proyecto tuviere una alta incertidumbre. Sin embargo, esta última valoración se descarta como base para la toma de decisiones puesto que los precios de compra no son diarios y dependen mucho de las condiciones del comprador que tiende a comprar cuando está más barato (cobertura natural) y solo comprar caro en situaciones de emergencia.

Como resumen del análisis de resultado se tiene:

El análisis de la situación actual desde el propósito estratégico definido de reducir los costos permitió determinar que:

-
- El costo de la materia prima (Chip de tolueno) representa el 82% del total del costo de producir 1Kg de filamento. Se determino que tiene una volatilidad importante 2015-2020, que puede ser atípico, por los efectos de Covid-19.
 - Para el efecto de la volatilidad 2015-2020, se decide valorar el proyecto con una volatilidad 2015-2019 y en este último caso, el resultado es que el proyecto disminuye su valor al considerar opciones con una volatilidad de 37.180% donde el valor neto de los VNP sigue siendo más bajo por tanto se debería diferir.
 - Si se toman las probabilidades de alza y baja de precios en los momentos de compra de materia prima chip de tolueno la volatilidad requerida bajaría a un 10.080%.
 - Los extremos en precios afectan directamente la volatilidad, indicando que la opción de diferir aumenta su valor si la volatilidad es alta y disminuye si la volatilidad es baja.
 - Para este caso de estudio producir resulta una buena oportunidad si el precio de la materia prima chip de tolueno no se acerca al valor el filamento al menos en los costos asociados a la producción.

Para finalizar el análisis si bien las opciones permiten que las empresas hagan un mejor ejercicio de proyección en distintos momentos del tiempo, es necesario identificar mediante el direccionamiento estratégico si estas soluciones realmente logran satisfacer el conocimiento que se requiere con respecto al riesgo de los proyectos. Es decir, la compañía ve una oportunidad que puede implicar un mejor flujo si los precios del filamento son altos con respecto al chip, que conducen por su parte a que la competencia este obligada a salir al mercado a comprar a un precio más alto que el de la compañía, dado que no todos los competidores están interesados en hacer estas inversiones importantes en maquinaria, es por esto por lo que este tipo de maquinaria seria única en América latina y daría una ventaja. Pero por otro lado si el precio del chip sube sin permitir un diferencial con respecto al filamento para cubrir los costos de producción se tendría una desventaja frente a la competencia que adquiere el filamento más económico.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Los aportes de la valoración de opciones reales para una organización manufacturera que se enfrenta a la posibilidad de transformar su gestión productiva. Están dados desde tres perspectivas:

- La necesidad que tiene este tipo de valoración de identificar la volatilidad que tendría el proyecto, que a su vez permite hallar el factor de aumento y descenso de los flujos en los deltas de tiempo revisados. La valoración de las opciones por el método de black a scholes o el árbol binomial permiten, de acuerdo con esta volatilidad al inversor evidenciar la probabilidad de aumentar o de perder flujos y decidir ejercer o no la opción dada. En resumen, permite ampliar el rango de posibles resultados para determinar el momento adecuado para tomar o no el proyecto.
- Las opciones son una herramienta que aportan valor a la aplicación del VPN, porque de acuerdo con cada opción se toma como referencia el resultado de esta valoración para comparar o sumar, siendo así la opción un complemento del VPN.
- La opción podría renovarse, pero cada periodo obliga al inversor a plantearse que información nueva se adquirió y cuáles son las variables actuales, tal sería el caso de diferir, que requiere evaluar en un $t=2$ o $t=3$ y que en cada periodo exige actualizar las variables y medir que tan rentable resulta la espera o si es mejor desechar el proyecto. Por tanto, se concluye que es un proceso dinámico.

Para alcanzar los objetivos de este trabajo se concluye que:

- La caracterización de la teoría financiera de valoración de opciones reales y sus aportes a los elementos del direccionamiento estratégico. Evidencio una alta interdependencia, si bien la valoración de opciones reales es una herramienta y el direccionamiento estratégico es la directriz que posee la organización para el cumplimiento de objetivos no es factible usar la herramienta sin tener claro el objeto de dicha valoración y en el sentido inverso no se puede tomar una decisión con una herramienta que no uso las variables definidas por la estrategia de la organización.

-
- La identificación las variables de flexibilidad que pueden generar flujos de caja futuros positivos o negativos en el proyecto, exige revisar que alternativas se generan, donde la incertidumbre es alta y por tanto la flexibilidad cobra un valor importante, tratando de mantener la oportunidad de invertir (opción) hasta cuando el riesgo sea menor y permitiendo que las inversiones lleguen a término, para así disminuir el riesgo de pérdida de los flujos de caja, y aportando en:
 - El momento de iniciar un proyecto de inversión (Velez Gomez, 2005) . En específico las condiciones para diferir, porque puede generar una ventaja competitiva, y en el caso de análisis se observa que con el flujo de caja actual donde se compra el filamento hay una equivalencia dada por volatilidades (anexo a) similares con el chip con el que se fabricaría. Dejando así en un porcentaje cercano al flujo de caja de comprar comparado con el de fabricar.
 - La irreversibilidad si bien el proyecto en ninguna valoración resulto negativo, si mostro que con una variación negativa del 7% en el costo (diferencia en flujos de caja base de fabricar con el de comprar) podría llegar a igualarse el costo de fabricación con el de la compra y hacer que el nuevo modelo de gestión productiva no fuera competitivo en costos. En dicho caso el valor de recuperación sería muy bajo e incluso nulo porque nadie quería comprar el equipo.

 - Evaluar la problemática descrita en el caso de estudio con: valor presente neto (modelo tradicional) y con opciones reales: El valor presente neto es la base de la valoración del proyecto de caso de estudio, sin embargo, las opciones aportan al inversor una gama de posibilidades que varían por la volatilidad y el tiempo en que esta se da. Es decir, integra los valores que requiere la valoración por valor presente neto, y agrega las volatilidades que se tienen, dando a conocer cuáles son las posibilidades de éxito o fracaso y cuál sería su impacto.

Los datos cuantitativos aportados permiten, desde la estrategia, definir hasta donde se acepta una pérdida o ganancia para gestionar el riesgo y se define un horizonte de decisión, en las opciones reales es el rechazo o aceptación.

La importancia de cualquier valoración radica en contar con elementos para decidir en relación con el objetivo que se busca con el proyecto e identificar que puede modificarse dentro o fuera de la organización, para que las variables que afectaban este rubro dentro

IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA Caso de estudio de una empresa manufacturera

del flujo de caja sean gestionadas. Es aquí donde el direccionamiento estratégico cobra mucha importancia porque permite decidir en cualquier proyecto qué oportunidad se tiene y el impacto de las contingencias negativas.

Además, se resalta que poseer información amplia sobre un proyecto permite identificar variables y hacer un diagnóstico más aterrizado de un problema, Un ejemplo de esto se observa en la ilustración 15 (valor teórico de producción vs valor real, % de desperdicio, los costos directos, los costos indirectos, un histórico de la materia prima utilizada en la valoración de costos con un horizonte de tiempo de 5 años etc.) donde es posible evidenciar que los resultados de tener elementos que complementen los costos de fabricación de filamentos hacen posible optimizar procesos y lograr mejores relaciones entre la administración, la gestión y la operación para mejorar los procesos en la organización.

Comparación con estudios similares

Se identificaron los siguientes estudios:

- Modelo de opciones reales y aplicación al mercado petrolero (Adrián Hernández del Valle y Claudia Icela Martínez García)
- Análisis de las opciones reales como herramientas de valoración financiera de proyectos de construcción de “Brand equity” (Fabiany Aicardo Montoya Ariza) y
- Aplicación de las opciones reales en la toma de decisiones en los mercados de electricidad (Isaza Cuervo, Felipe And Botero Botero, Sergio)

que sirvieron para revisar la metodología empleada, pero sus conclusiones son aplicables a casos particulares y no son generalizables.

En el análisis realizado por Keith & Desislava - 25 Years of Real Option Empirical Research in Management, (2019) quien hace un análisis de 57 proyectos que aplicaron opciones reales y se compara con los resultados del trabajo para evidenciar semejanzas y diferencias por estudios de opciones reales:

1. En cuanto a el origen de la incertidumbre se considera que, en mayor medida exógena, lo que implica que el proyecto se acerca en este aspecto a la mayoría de los estudios

porque la volatilidad en los precios de la materia prima es la principal incertidumbre y esta es de origen exógeno.

2. En cuanto a los moderadores del uso de opciones: si tomamos en cuenta factores como: la irreversibilidad, el cambio de opción y la competencia. Pero la extrapolación de tendencia no se tiene en cuenta ya que no tiene un fin comercial o de mercadeo. Resultando que el proyecto también tiene una tendencia similar a la mayoría de los proyectos.
3. En cuanto al estudio de una o varias variables de incertidumbre, en el caso de estudio del proyecto igual que los demás estudios toma una única y en este aspecto el informe de Keith & Desislava - 25 Years of Real Option Empirical Research in Management, (2019) es una debilidad.

6.2 Recomendaciones

Dentro de la valoración del caso de estudio se evidencio que la incertidumbre causada por una volatilidad importante en los costos está dada por factores de mercado que, si bien podrían resolverse con esquemas de negociación o cambios en la demanda en el producto, llevarían a un cambio mucho más profundo en el modelo de negocios, es por esto, que se propone herramientas financieras usadas para cubrir los precios con alta volatilidad como lo son las opciones financieras.

Esto sustentado en que la opción de diferir es viable y se requiere continuar revisando la valoración por lo menos por tres años, pero resulta improbable que volatilidad del petróleo puede controlarse con este tipo de inversiones y si este es el objeto las opciones reales no es la respuesta a la necesidad porque la causa que origina la variabilidad no se puede gestionar con esta herramienta. Lo que se ilustra es que esperar genera mayor valor, porque hay una oportunidad de que se puedan tener flujos de caja muy positivos, pero que están sujetos a un riesgo muy importante que no se va a poder controlar.

7. ANEXOS

A. Anexo: Correlaciones de precios Chip de tolueno, filamento y petróleo (cálculo de la volatilidad)

Índice de referencia WTI

Fecha (dd/mm/aaaa)	Precio Petróleo	Precio Chip
7/05/2015	\$ 58,94	\$ 1,10
1/09/2015	\$ 45,41	\$ 1,27
6/10/2015	\$ 48,53	\$ 1,22
10/11/2015	\$ 44,21	\$ 1,11
17/12/2015	\$ 41,85	\$ 1,02
13/01/2016	\$ 30,48	\$ 1,05
8/02/2016	\$ 29,69	\$ 1,05
18/02/2016	\$ 30,77	\$ 1,01
5/04/2016	\$ 33,89	\$ 1,02
27/04/2016	\$ 45,33	\$ 0,99
10/06/2016	\$ 49,07	\$ 1,05
14/07/2016	\$ 45,68	\$ 1,07
24/05/2016	\$ 48,62	\$ 1,10
24/06/2016	\$ 47,64	\$ 1,08
22/07/2016	\$ 44,19	\$ 1,12
25/08/2016	\$ 47,33	\$ 1,10
19/12/2016	\$ 52,12	\$ 1,16
20/01/2017	\$ 52,42	\$ 1,22
22/02/2017	\$ 53,59	\$ 1,25
24/03/2017	\$ 47,97	\$ 1,21
26/04/2017	\$ 49,62	\$ 1,18
31/10/2017	\$ 54,38	\$ 1,24
22/11/2017	\$ 58,02	\$ 1,25
21/12/2017	\$ 58,36	\$ 1,27
24/01/2018	\$ 65,61	\$ 1,33
15/02/2018	\$ 61,34	\$ 1,37
22/03/2018	\$ 64,30	\$ 1,33
26/04/2018	\$ 68,19	\$ 1,31
31/08/2018	\$ 69,80	\$ 1,36
30/09/2018	\$ 69,80	\$ 1,36
31/10/2018	\$ 65,31	\$ 1,39
31/12/2018	\$ 45,41	\$ 1,59
31/01/2019	\$ 53,79	\$ 1,53
28/02/2019	\$ 57,22	\$ 1,43
30/04/2019	\$ 63,91	\$ 1,33
30/04/2019	\$ 63,91	\$ 1,27
31/05/2019	\$ 53,50	\$ 1,29
30/06/2019	\$ 53,50	\$ 1,30
30/06/2019	\$ 53,50	\$ 1,29
31/08/2019	\$ 53,50	\$ 1,27
2/09/2019	\$ 54,66	\$ 1,18
24/09/2019	\$ 57,29	\$ 1,19
6/11/2019	\$ 56,35	\$ 1,13
11/12/2019	\$ 58,76	\$ 1,11
13/01/2020	\$ 58,08	\$ 1,11
22/01/2020	\$ 56,74	\$ 1,08
25/02/2020	\$ 49,90	\$ 1,08
20/05/2020	\$ 33,49	\$ 1,11
22/04/2020	\$ 13,78	\$ 1,06
25/06/2020	\$ 38,72	\$ 1,06
10/08/2020	\$ 41,94	\$ 0,83
11/09/2020	\$ 37,33	\$ 0,85
5/10/2020	\$ 39,22	\$ 0,86
12/11/2020	\$ 41,12	\$ 0,88
14/12/2020	\$ 46,99	\$ 1,01

Fecha (dd/mm/aaaa)	Precio Petróleo	Precio Filamento
16/06/2015	\$ 59,97	\$ 1,49
27/11/2015	\$ 41,71	\$ 1,33
18/01/2016	\$ 30,02	\$ 1,24
18/05/2016	\$ 48,19	\$ 1,20
1/06/2016	\$ 49,01	\$ 1,21
7/12/2016	\$ 49,77	\$ 1,24
18/07/2017	\$ 46,40	\$ 1,58
28/08/2017	\$ 46,57	\$ 1,58
24/11/2017	\$ 58,95	\$ 1,68
30/01/2018	\$ 64,50	\$ 1,79
12/02/2018	\$ 59,29	\$ 1,79
7/03/2018	\$ 61,15	\$ 1,89
13/03/2018	\$ 60,71	\$ 1,95
15/03/2018	\$ 61,19	\$ 2,03
29/08/2018	\$ 69,51	\$ 1,89
3/10/2018	\$ 76,41	\$ 1,91
15/11/2018	\$ 56,46	\$ 1,91
18/01/2019	\$ 53,80	\$ 1,75
1/04/2019	\$ 61,59	\$ 1,65
14/05/2019	\$ 61,78	\$ 1,62
15/05/2019	\$ 62,02	\$ 1,60
9/07/2019	\$ 57,83	\$ 1,49
10/08/2019	\$ 57,83	\$ 1,40
24/09/2019	\$ 57,29	\$ 1,32
13/02/2020	\$ 51,42	\$ 1,32
14/01/2020	\$ 58,23	\$ 1,27
4/03/2020	\$ 46,78	\$ 1,32
20/08/2020	\$ 42,58	\$ 1,00
21/09/2020	\$ 39,31	\$ 1,00
23/11/2020	\$ 43,06	\$ 0,96

Precios	Matriz de correlaciones		
	Filamento	Chip	Petróleo
Filamento	1	-	-
Chip		1	-
Petróleo	0,61101	0,73661	1

Con el fin de establecer una volatilidad que evidencie el riesgo de la inversión se identificó el precio del petróleo como una variable que cotiza en bolsa, con la información diaria disponible, además de tener correlación directa y fuerza en asociación (Laguna, 2014) con el precio del Kg de filamento en un 61.10% mientras en su, materia prima chip de tolueno un 73.66%. Diferencia que radica en el mayor grado de proceso de tiene el filamento.

Se muestra que una de las debilidades del proceso es la falta de información diaria, ya que estos comoditis no negocian en

IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA Caso de estudio de una empresa manufacturera

bolsa, razón por la cual los cuadros corresponde a información histórica en compras de la compañía.

Índice de referencia BRENT

Fecha (dd/mm/aaaa)	Precio Petróleo	Precio Chip
7/05/2015	\$ 65,54	\$ 1,10
1/09/2015	\$ 49,56	\$ 1,27
6/10/2015	\$ 51,92	\$ 1,22
10/11/2015	\$ 47,44	\$ 1,11
1/12/2015	\$ 44,44	\$ 1,02
13/01/2016	\$ 30,31	\$ 1,05
8/02/2016	\$ 32,88	\$ 1,05
18/02/2016	\$ 34,28	\$ 1,01
5/04/2016	\$ 37,87	\$ 1,02
27/04/2016	\$ 47,18	\$ 0,99
10/06/2016	\$ 50,54	\$ 1,05
14/07/2016	\$ 47,37	\$ 1,07
24/05/2016	\$ 48,61	\$ 1,10
24/06/2016	\$ 48,41	\$ 1,08
22/07/2016	\$ 45,69	\$ 1,12
25/08/2016	\$ 49,67	\$ 1,10
19/12/2016	\$ 54,92	\$ 1,16
20/01/2017	\$ 55,49	\$ 1,22
22/02/2017	\$ 55,84	\$ 1,25
24/03/2017	\$ 50,80	\$ 1,21
26/04/2017	\$ 51,82	\$ 1,18
31/10/2017	\$ 61,37	\$ 1,24
22/11/2017	\$ 63,32	\$ 1,25
21/12/2017	\$ 64,90	\$ 1,27
24/01/2018	\$ 70,53	\$ 1,33
15/02/2018	\$ 64,33	\$ 1,37
22/03/2018	\$ 68,91	\$ 1,33
26/04/2018	\$ 74,74	\$ 1,31
31/08/2018	\$ 77,42	\$ 1,36
30/09/2018	\$ 77,42	\$ 1,36
31/10/2018	\$ 75,47	\$ 1,39
31/12/2018	\$ 53,80	\$ 1,59
31/01/2019	\$ 61,89	\$ 1,53
28/02/2019	\$ 66,03	\$ 1,43
30/04/2019	\$ 72,80	\$ 1,33
30/04/2019	\$ 72,80	\$ 1,27
31/05/2019	\$ 64,49	\$ 1,29
30/06/2019	\$ 64,49	\$ 1,30
30/06/2019	\$ 64,49	\$ 1,29
31/08/2019	\$ 64,49	\$ 1,27
2/09/2019	\$ 58,66	\$ 1,18
24/09/2019	\$ 63,10	\$ 1,19
6/11/2019	\$ 61,74	\$ 1,13
11/12/2019	\$ 63,72	\$ 1,11
13/01/2020	\$ 64,20	\$ 1,11
22/01/2020	\$ 63,21	\$ 1,08
25/02/2020	\$ 54,95	\$ 1,08
20/05/2020	\$ 35,75	\$ 1,11
22/04/2020	\$ 20,37	\$ 1,06
25/06/2020	\$ 41,05	\$ 1,06
10/08/2020	\$ 44,99	\$ 0,83
11/09/2020	\$ 39,83	\$ 0,85
5/10/2020	\$ 41,29	\$ 0,86
12/11/2020	\$ 43,53	\$ 0,88
14/12/2020	\$ 50,29	\$ 1,01

Fecha (dd/mm/aaaa)	Precio Petróleo	Precio Hilaza
16/06/2015	\$ 63,70	\$ 1,49
27/11/2015	\$ 44,86	\$ 1,33
18/01/2016	\$ 28,55	\$ 1,24
18/05/2016	\$ 48,93	\$ 1,20
1/06/2016	\$ 49,72	\$ 1,21
7/12/2016	\$ 53,00	\$ 1,24
18/07/2017	\$ 48,84	\$ 1,58
28/08/2017	\$ 51,89	\$ 1,58
24/11/2017	\$ 63,86	\$ 1,68
30/01/2018	\$ 69,02	\$ 1,79
12/02/2018	\$ 62,59	\$ 1,79
7/03/2018	\$ 64,34	\$ 1,89
13/03/2018	\$ 64,64	\$ 1,95
15/03/2018	\$ 65,12	\$ 2,03
29/08/2018	\$ 77,14	\$ 1,89
3/10/2018	\$ 86,29	\$ 1,91
15/11/2018	\$ 66,62	\$ 1,91
18/01/2019	\$ 62,70	\$ 1,75
1/04/2019	\$ 69,01	\$ 1,65
14/05/2019	\$ 71,24	\$ 1,62
15/05/2019	\$ 71,77	\$ 1,60
9/07/2019	\$ 64,16	\$ 1,49
10/08/2019	\$ 64,16	\$ 1,40
24/09/2019	\$ 63,10	\$ 1,32
13/02/2020	\$ 56,34	\$ 1,32
14/01/2020	\$ 64,49	\$ 1,27
4/03/2020	\$ 51,13	\$ 1,32
20/08/2020	\$ 44,90	\$ 1,00
21/09/2020	\$ 41,44	\$ 1,00
23/11/2020	\$ 46,06	\$ 0,96

Precios	Matriz de correlaciones		
	Hilaza	Chip	Petróleo
Hilaza	1	-	-
Chip		1	-
Petróleo	0,6775	0,7263	1

Si bien el indicador WTI podría ser una base de revisión de la volatilidad ya que nuestros principales proveedores de materias primas se ubican en china y de acuerdo con lo establecido en el

acuerdo comercial con Washington se disparó 13 veces en noviembre de 2020 el importe de china a estados unidos de petróleo.

(<https://www.preciopetroleo.net/petroleo-china.html>, 2021), es importante también tener en cuenta el indicador Brent ya que tiene fuerza también en el mundo y china también importa en gran magnitud de toneladas el crudo de Rusia y Arabia Saudita. Bajo estos precios de un kilogramo de filamento tiene una correlación del 67.75% mientras que su materia prima chip de tolueno posee una correlación del 72.63%. Diferencia que se mantiene con respecto al precio de petróleo tomado con el indicador WTI.

Cálculo de las volatilidades del precio del petróleo

Se tomo la información de precios del índice de referencia WTI argumentando que existe un acuerdo comercial de Washington entre estados unidos y china exportación de crudo y además la correlación entre el índice de referencia Brent y el índice de referencia WTI es 0.9717:

Precios	Matriz de correlaciones
	Petróleo Wti
Petróleo Brent	0,9717

Para hallar la volatilidad del proyecto se calculan los logaritmos naturales de cada diferencia en los precios del petróleo, a estos logaritmos se les halla la desviación estándar de los mismos como a continuación se observa este valor por años con una desviación estándar del precio diario del 8.921%:

Años	Desvest de Log-retorno petróleo
2015	2,891%
2016	2,964%
2017	1,542%
2018	1,880%
2019	2,098%
2020	21,204%
Total general	8,921%

Como se requiere halla el valor anual se toma la desviación estándar diaria de los 5 años y se multiplica por la raíz de los días promedio en que se tiene un rendimiento por la cotización del índice que en promedio seria 252:

Fecha (dd/mm/aaaa)	Log-retorno petróleo
24/12/2020	0,230%
28/12/2020	-1,260%
29/12/2020	0,800%
30/12/2020	0,830%
31/12/2020	0,250%
Volatilidad diaria años 2015 al 2020	8,921%
Volatilidad anual años 2015 al 2020	=E2195*RAIZ(252)

B. Anexo: Comportamiento del estado de situación financiera y el estado de resultados histórico

ESTADO DE SITUACION FINANCIERA					
A 31 DE DICIEMBRE DE 2019, 2018, 2017, 2016 y 2015					
(Cifras expresadas en miles de pesos colombianos)					
	31 de Diciembre de 2019	31 de Diciembre de 2018	31 de Diciembre de 2017	31 de Diciembre de 2016	31 de Diciembre de 2015
ACTIVO					
ACTIVO CORRIENTE					
Efectivo y equivalentes de efectivo	20.468.807	11.635.833	4.560.424	8.673.895	11.993.786
Cuentas por cobrar comerciales y otras cuentas por cobrar	11.708.387	13.461.294	9.411.991	8.884.499	11.570.419
Inventarios	14.741.653	14.106.332	12.294.083	13.309.775	15.887.773
Activos financieros a valor razonable a través del estado de resultados	-	-	453.050	283.925	227.550
	46.918.848	39.203.459	26.719.548	31.152.094	39.679.528
ACTIVO NO CORRIENTE					
Cuentas por cobrar comerciales y otras cuentas por cobrar	5.841.422	6.498.543	7.042.684	7.493.270	10.039.147
Propiedades, planta y equipo	7.021.739	5.637.296	10.408.976	9.227.735	5.203.757
Propiedades de inversion	177.655	190.831	204.006	217.182	230.357
Activos intangibles	3.305.241	3.856.115	0	0	69.984
Inversion en subsidiaria	389.976	11.275.211	74.600	-	-
Impuesto diferido	514.838	1.160.162	1.505.009	1.523.784	1.671.521
	17.250.872	28.618.158	19.235.275	18.461.971	17.214.766
	-5%	48%	-7%	-13%	
TOTAL ACTIVO	64.169.720	67.821.616	45.954.823	49.614.065	56.894.294
PASIVO					
PASIVO CORRIENTE					
Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar	14.147.740	20.274.583	9.535.400	18.906.119	25.957.276
Prestamos	33.641	12.261	20.924	11.882	4.234
Impuesto sobre la renta corriente	-	-	-	27.318	132.296
Provisiones	618.807	181.109	-	-	-
Ingresos recibidos por anticipado	6.243.616	5.995.833	5.361.354	421.269	2.221.275
	21.043.804	26.463.786	14.917.678	19.366.588	28.315.082
PASIVO NO CORRIENTE					
Impuestos diferidos					
TOTAL PASIVO	21.043.804	26.463.786	14.917.678	19.366.588	28.315.082

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

PATRIMONIO					
Capital	84.482	12.500	12.500	12.500	12.500
Acciones en tesorería	6.494.500	6.494.500	6.494.500	6.494.500	6.494.500
Reservas	133.963	133.963	133.963	133.963	133.963
Utilidades del ejercicio	6.819.444	12.824.895	789.668	1.674.713	5.902.598
Utilidades acumuladas	29.593.526	20.885.149	23.606.514	21.931.801	16.035.651
ORI otros resultados integrales	-	1.006.823	-	-	-
TOTAL DEL PATRIMONIO	43.125.916	41.357.831	31.037.145	30.247.477	28.579.212
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	64.169.720	67.821.616	45.954.823	49.614.065	56.894.294

ESTADO DE RESULTADOS
A 31 DE DICIEMBRE DE 2019, 2018, 2017, 2016 y 2015
(Cifras expresadas en miles de pesos colombianos)

	31 de Diciembre de 2019	31 de Diciembre de 2018	31 de Diciembre de 2017	31 de Diciembre de 2016	31 de Diciembre de 2015	PROMEDIO
Crecimiento en el costo	-6%	-10%	3%	5%		-2%
Relacion del costo/ingreso	55%	60%	70%	67%	62%	63%
Crecimiento en ingresos	34%	41%	-7%	-27%		10%
Ingresos ordinarios Nacionales	38.737.410	29.908.171	22.782.803	25.585.777	29.929.209	
Ingresos ordinarios Exterior	12.735.772	8.590.710	4.610.199	3.858.889	10.486.224	
Costo de ventas	28.086.334	23.126.536	19.202.418	19.764.814	24.947.346	
Utilidad Bruta	23.386.848	15.372.345	8.190.584	9.679.852	15.468.087	
Relacion del Gasto	33%	32%	33%	30%	34%	32%
Gastos de administración	4.578.887	2.633.361	2.651.375	2.755.670	3.348.097	
Gastos de ventas	12.226.673	9.611.937	6.471.708	6.115.544	10.198.182	
Otros gastos	2.596.182	2.685.638	514.031	5.511.622	11.196.460	
Otros ingresos	3.424.945	2.237.746	755.622	6.083.760	13.384.588	
Utilidad Operacional	7.410.051	2.679.155	(690.907)	1.380.777	4.109.936	
Costos financieros	106.542	93.533	111.782	598.073	18.911	
Otros ingresos no operacionales	2.231.334	1.781.194	2.020.785	1.880.226	1.378.073	
Método de participación patrimonial	170.936	10.126.917	-	-	-	
Utilidad antes de la provision para impuesto sobre la renta	9.705.779	14.493.734	1.218.096	2.662.930	5.469.098	
Provisión para impuesto sobre la renta	2.886.335	1.668.839	428.428	988.217	433.501	
Utilidad Neta	6.819.444	12.824.895	789.668	1.674.713	5.035.597	
Ganancia (pérdida) por acción básica en operaciones continuadas en pesos colombianos	340,97	641,24	39,48	83,74	251,78	
PROMEDIO ROE	16%	31%	3%	6%	18%	

C. Anexo: Comportamiento del precio del chip y los filamentos en los últimos 5 años:

Relación de precio chip movimiento en dólares y pesos con el promedio de variación y la probabilidad de frecuencia a la baja y alza con relación al precio base usado (promedio ponderado de los dos últimos años):

Fecha	Cantidad	Unidad	Importe neto	Precio un Kg Chip	% importacion	% fabricacion	VI Chip Tolueno en planta Usd	% Aumento USD	TRM	VI Mat Chip Tolueno en planta cop	Importe neto COP	% Aumento COP	PRECIO BAJA	PRECIO BASE	PRECIO ALZA	
7/05/2015	63.000.00	kg	69.300.00	1.10	7%	18%	1.38		2.362	3.248	204.643.766		1	0	0	
1/09/2015	63.000.00	kg	80.010.00	1.27	7%	18%	1.59	15.5%	3.080	4.889	308.035.500	50.5%	0	0	1	
6/10/2015	63.000.00	kg	76.860.00	1.22	7%	18%	1.53	-3.9%	2.971	4.531	285.453.236	-7.3%	1	0	0	
10/11/2015	63.000.00	kg	69.930.00	1.11	7%	18%	1.39	-9.0%	2.921	4.053	255.345.024	-10.5%	1	0	0	
11/22/2015	84.000.00	kg	85.932.00	1.02	7%	18%	1.28	-7.8%	3.142	4.018	337.509.746	-0.9%	1	0	0	
13/01/2016	63.000.00	kg	66.087.00	1.05	7%	18%	1.31	2.5%	3.247	4.257	268.190.133	5.9%	1	0	0	
8/02/2016	63.000.00	kg	66.087.00	1.05	7%	18%	1.31	0.0%	3.320	4.354	274.301.528	2.3%	1	0	0	
18/02/2016	63.000.00	kg	63.630.00	1.01	7%	18%	1.26	-3.7%	3.392	4.282	269.780.860	-1.6%	1	0	0	
5/04/2016	42.000.00	kg	42.630.00	1.02	7%	18%	1.27	0.5%	3.067	3.891	163.429.565	-9.1%	1	0	0	
27/04/2016	21.000.00	kg	20.706.00	0.99	7%	18%	1.23	-2.9%	2.945	3.630	76.233.539	-6.7%	1	0	0	
10/06/2016	42.000.00	kg	43.974.00	1.05	7%	18%	1.31	6.2%	2.942	3.851	161.721.531	6.1%	1	0	0	
14/07/2016	42.000.00	kg	44.814.00	1.07	7%	18%	1.33	1.9%	2.937	3.917	164.497.069	1.7%	1	0	0	
24/05/2016	63.000.00	kg	69.552.00	1.10	7%	18%	1.38	3.5%	3.058	4.220	265.884.255	7.8%	1	0	0	
24/06/2016	63.000.00	kg	68.166.00	1.08	7%	18%	1.35	-2.0%	2.898	3.919	246.891.287	-7.1%	1	0	0	
22/07/2016	63.000.00	kg	70.749.00	1.12	7%	18%	1.40	3.8%	2.929	4.111	259.000.592	4.9%	1	0	0	
25/08/2016	63.000.00	kg	69.300.00	1.10	7%	18%	1.38	-2.0%	2.938	4.040	254.528.505	-1.7%	1	0	0	
19/12/2016	42.000.00	kg	48.799.80	1.16	7%	18%	1.45	5.6%	2.997	4.353	182.828.451	7.7%	1	0	0	
20/01/2017	42.000.00	kg	51.076.20	1.22	7%	18%	1.52	4.7%	2.938	4.466	187.592.667	2.6%	1	0	0	
22/02/2017	63.000.00	kg	78.504.30	1.25	7%	18%	1.56	2.5%	2.903	4.521	284.841.077	1.2%	1	0	0	
24/03/2017	63.000.00	kg	75.934.53	1.21	7%	18%	1.51	-3.3%	2.921	4.401	277.279.682	-2.7%	1	0	0	
26/04/2017	63.000.00	kg	74.421.90	1.18	7%	18%	1.48	-2.0%	2.899	4.281	269.898.454	-2.7%	1	0	0	
31/10/2017	63.000.00	kg	77.868.00	1.24	7%	18%	1.55	4.6%	3.011	4.653	293.118.512	8.7%	1	0	0	
22/11/2017	42.000.00	kg	52.416.00	1.25	7%	18%	1.56	1.0%	3.001	4.882	198.630.106	0.6%	1	0	0	
21/12/2017	42.000.00	kg	53.508.00	1.27	7%	18%	1.59	2.1%	2.966	4.723	198.365.526	0.9%	1	0	0	
24/01/2018	63.000.00	kg	83.519.10	1.33	7%	18%	1.66	4.1%	2.859	4.737	298.424.184	0.3%	1	0	0	
15/02/2018	63.000.00	kg	86.039.10	1.37	7%	18%	1.71	3.0%	2.896	4.943	311.438.957	4.4%	0	1	0	
22/03/2018	84.000.00	kg	111.694.80	1.33	7%	18%	1.66	-2.6%	2.851	4.738	398.009.062	-4.2%	1	0	0	
26/04/2018	63.000.00	kg	82.435.50	1.31	7%	18%	1.64	-1.6%	2.820	4.613	290.615.020	-2.6%	1	0	0	
31/08/2018	63.000.00	kg	85.541.40	1.36	7%	18%	1.70	3.8%	3.027	5.138	323.708.974	11.4%	0	0	1	
30/09/2018	63.000.00	kg	85.576.30	1.36	7%	18%	1.70	0.0%	2.972	5.047	317.935.209	-1.8%	0	0	1	
31/10/2018	63.000.00	kg	87.475.50	1.39	7%	18%	1.74	2.2%	3.202	5.558	350.168.800	10.1%	0	0	1	
31/12/2018	63.000.00	kg	100.365.30	1.59	7%	18%	1.99	14.7%	3.250	6.471	407.702.667	16.4%	0	0	1	
31/01/2019	63.000.00	kg	96.308.10	1.53	7%	18%	1.91	-4.0%	3.163	6.045	380.833.528	-6.6%	0	0	1	
28/02/2019	63.000.00	kg	89.875.80	1.43	7%	18%	1.78	-6.7%	3.072	5.478	345.124.195	-9.4%	0	0	1	
30/04/2019	63.000.00	kg	83.475.00	1.33	7%	18%	1.66	-7.1%	3.248	5.379	338.879.284	-1.8%	0	0	1	
30/04/2019	105.000.00	kg	133.455.00	1.27	7%	18%	1.59	-4.1%	3.248	5.160	541.780.591	-4.1%	0	0	1	
31/05/2019	42.000.00	kg	54.062.40	1.29	7%	18%	1.61	1.3%	3.358	5.403	226.914.760	4.7%	0	0	1	
30/06/2019	63.000.00	kg	82.202.40	1.30	7%	18%	1.63	1.4%	3.206	5.228	329.392.210	-3.2%	0	0	1	
30/06/2019	63.000.00	kg	81.389.70	1.29	7%	18%	1.61	-1.0%	3.206	5.177	326.135.649	-1.0%	0	0	1	
31/08/2019	63.000.00	kg	79.745.40	1.27	7%	18%	1.58	-2.0%	3.427	5.423	341.638.265	4.8%	0	0	1	
02/09/2019	63.000.00	kg	74.239.20	1.18	7%	18%	1.47	-6.9%	3.427	5.048	318.049.085	-6.9%	0	0	1	
24/09/2019	42.000.00	kg	49.908.60	1.19	7%	18%	1.49	0.8%	3.438	5.106	214.468.484	1.1%	0	0	1	
06/11/2019	63.000.00	kg	71.460.90	1.13	7%	18%	1.42	-4.5%	3.318	4.705	296.426.066	-7.9%	1	0	0	
11/12/2019	63.000.00	kg	70.119.00	1.11	7%	18%	1.39	-1.9%	3.419	4.756	299.636.893	1.1%	1	0	0	
13/01/2020	84.000.00	kg	93.130.80	1.11	7%	18%	1.39	-0.4%	3.273	4.535	380.977.148	-4.8%	1	0	0	
22/01/2020	63.000.00	kg	68.222.70	1.08	7%	18%	1.35	-2.3%	3.348	4.532	285.504.324	-0.1%	1	0	0	
25/02/2020	42.000.00	kg	45.427.20	1.08	7%	18%	1.35	-0.1%	3.432	4.640	194.859.974	2.4%	1	0	0	
20/05/2020	63.000.00	kg	69.709.50	1.11	7%	18%	1.38	2.3%	3.824	5.289	333.237.551	14.0%	0	0	1	
22/04/2020	63.000.00	kg	66.891.90	1.06	7%	18%	1.33	-4.0%	4.045	5.369	338.223.006	1.5%	0	0	1	
25/06/2020	63.000.00	kg	66.861.90	1.06	7%	18%	1.33	0.0%	3.722	4.938	311.097.556	-8.0%	0	0	1	
10/08/2020	84.000.00	kg	69.778.80	0.83	7%	18%	1.04	-21.7%	3.770	3.914	328.803.811	-20.7%	1	0	0	
11/09/2020	63.000.00	kg	53.814.60	0.85	7%	18%	1.07	2.8%	3.700	3.951	248.911.360	0.9%	1	0	0	
5/10/2020	63.000.00	kg	54.066.60	0.86	7%	18%	1.07	0.5%	3.882	4.164	262.344.660	5.4%	1	0	0	
12/11/2020	63.000.00	kg	55.143.90	0.88	7%	18%	1.09	2.0%	3.651	3.994	251.628.509	4.1%	1	0	0	
14/12/2020	63.000.00	kg	63.938.70	1.01	7%	18%	1.27	15.9%	3.433	4.356	274.412.912	9.1%	1	0	0	
PROMEDIO ANUAL	714.000		706.987	0.99	7%		1.06	0.02%		3.962	7.169.279.820	0,946%				
PROMEDIO 2 AÑOS	1.470.000		1.673.228	1.14	7%		1.22			4.877.06			65,45%	0,00%	34,55%	
												VALIDACION	0	36	0	19

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

Relación del precio de los filamentos importados en los últimos 5 años:

Fecha	Cantid	Unid	Precio unita	10%		7%		Total Kg filamentos US	Aumento US	% variacion	TRM DIA	Total Kg filamento	Aumento Co	% variaci	Importe net	Importe neto
				Arancel	Importacion	Arancel	Importacion									
16/06/2015	46.080	kg	1,49	0,15	0,10	1,74					2.536	4.421			68.659	203.712.856
27/11/2015	46.080	kg	1,33	0,13	0,09	1,56	-0,19	-11%			3.100	4.824	402,7	9%	61.286	222.267.847
18/01/2016	46.080	kg	1,24	0,12	0,09	1,45	-0,11	-7%			3.294	4.779	44,7	-1%	57.139	220.209.323
18/05/2016	23.040	kg	1,20	0,12	0,08	1,40	-0,05	-3%			3.021	4.241	537,5	-11%	27.648	97.720.233
1/06/2016	46.080	kg	1,21	0,12	0,08	1,42	0,01	1%			3.090	4.374	132,7	3%	55.757	201.554.727
7/12/2016	46.080	kg	1,24	0,12	0,09	1,45	0,04	2%			3.015	4.375	0,8	0%	57.139	201.592.806
18/07/2017	23.040	kg	1,58	0,16	0,11	1,85	0,40	27%			3.031	5.602	1.227,5	28%	36.403	129.078.539
28/08/2017	23.040	kg	1,58	0,16	0,11	1,85	0,00	0%			2.934	5.424	178,6	-3%	36.403	124.962.473
24/11/2017	46.080	kg	1,68	0,17	0,12	1,97	0,12	6%			2.983	5.863	439,1	8%	77.414	270.160.316
30/01/2018	23.040	kg	1,79	0,18	0,13	2,09	0,13	7%			2.843	5.953	90,5	2%	41.242	137.166.423
12/02/2018	23.040	kg	1,79	0,18	0,13	2,09	0,00	0%			2.909	6.092	138,3	2%	41.242	140.352.547
7/03/2018	23.040	kg	1,89	0,19	0,13	2,21	0,12	6%			2.845	6.291	199,6	3%	43.546	144.950.609
13/03/2018	23.760	kg	1,95	0,20	0,14	2,28	0,07	3%			2.852	6.506	215,2	3%	46.332	154.593.798
15/03/2018	69.120	kg	2,03	0,20	0,14	2,38	0,09	4%			2.846	6.759	252,5	4%	140.314	467.179.631
29/08/2018	23.040	kg	1,89	0,19	0,13	2,21	-0,16	-7%			2.966	6.559	200,2	-3%	43.546	151.112.812
3/10/2018	46.080	kg	1,91	0,19	0,13	2,23	0,02	1%			3.006	6.716	157,7	2%	88.013	309.491.290
15/11/2018	23.040	kg	1,91	0,19	0,13	2,23	0,00	0%			3.195	7.139	422,8	6%	44.006	164.487.078
18/01/2019	46.080	kg	1,75	0,18	0,12	2,05	-0,19	-8%			3.140	6.430	709,7	-10%	80.640	296.273.158
1/04/2019	23.040	kg	1,65	0,17	0,12	1,93	-0,12	-6%			3.175	6.129	300,6	-5%	38.016	141.210.595
14/05/2019	69.120	kg	1,62	0,16	0,11	1,90	-0,04	-2%			3.299	6.253	124,0	2%	111.974	432.203.458
15/05/2019	23.040	kg	1,60	0,16	0,11	1,87	-0,02	-1%			3.285	6.150	103,2	-2%	36.864	141.690.979
9/07/2019	23.040	kg	1,49	0,15	0,10	1,74	-0,13	-7%			3.208	5.592	557,9	-9%	34.330	128.837.691
10/08/2019	23.040	kg	1,40	0,14	0,10	1,64	-0,11	-6%			3.383	5.541	51,0	-1%	32.256	127.661.852
24/09/2019	23.040	kg	1,32	0,13	0,09	1,54	-0,09	-6%			3.438	5.309	231,6	-4%	30.413	122.326.443
13/02/2020	23.040	kg	1,32	0,13	0,09	1,54	0,00	0%			3.395	5.243	66,4	-1%	30.413	120.797.087
14/01/2020	46.080	kg	1,27	0,13	0,09	1,49	-0,06	-4%			3.288	4.886	357,2	-7%	58.522	225.133.678
4/03/2020	23.040	kg	1,32	0,13	0,09	1,54	0,06	4%			3.456	5.337	451,1	9%	30.413	122.959.109
20/08/2020	23.040	kg	1,00	0,10	0,07	1,17	-0,37	-24%			3.767	4.407	929,7	-17%	23.040	101.538.987
21/09/2020	23.040	kg	1,00	0,10	0,07	1,17	0,00	0%			3.725	4.359	48,4	-1%	23.040	100.424.054
23/11/2020	46.080	kg	0,96	0,10	0,07	1,12	-0,05	-4%			3.650	4.100	259,1	-6%	44.237	188.908.079
	PROMEDIO		1,38			1,62		-1,17%	variacion en dolares		PROMEDIO	5,425	0,05%	variacion en pesos		
	MINUCION EN EL ULTIMO AÑO		0,36			0,42					DISMINUCION EN EL ULTIMO AÑO	1,210				
	% DE DISMINUCION		27%			27%					% DE DISMINUCION	23%				

D. Anexo: Revisión de precio del filamento con relación al precio del chip de tolueno

Se toman los precios que se tienen del filamento importado vs los precio de chip de tolueno usado para la fabricación del filamento se resta el valor del chip al del filamento para dejar el valor que tendría la compañía para producir que de acuerdo al apartado de costos corresponde al 17.71% compuestos el 2.36% a costos fijos y 15.4% a costos variables para el ejercicio se toma como TRM el valor del costo base para la valoración de tolueno que es \$ 4.161 COP, que en dólares el promedio es 1.14 USD dando una TRM promedio \$3.655.71 y se lleva a dólares tomado los \$ 851 COP que valen estos costos dividiendo por la TRM hallada para mantener este factor de producción estático, ya que si se toma como porcentaje se vería afectado por la volatilidad de precio en las materia primas y estos costos se definen por valores en pesos que no dependen de este precio por tanto aunque se sabe que deberían llevarse al valor de cada año por un factor determinante de aumento, al no ser considerada esta cifra material se consideran constantes:

Precios de Materias p	2015						Total 2015	2016								Total 2016
	5	6	9	10	11	12		1	2	4	5	6	7	8	12	
Precio un Kg Filamento		1,49			1,33		1,41	1,24			1,20	1,21		1,24	1,22	
Precio un Kg Chip		1,10	1,27	1,22	1,11	1,02	1,14	1,05	1,03	1,00	1,10	1,06	1,10	1,10	1,07	
Valor de filamento menos el chip (dif para producir)					0,22		0,27	0,19			0,10	0,15			0,16	
Valor total de fabricacion en dolares					0,23		0,23	0,23			0,23	0,23			0,23	
Perdida o ganancia con el mercado					-0,01		0,04	-0,04			-0,13	-0,08			-0,07	

Precios de Materias primas	2017												Total 2017	2018												Total 2018
	1	2	3	4	7	8	10	11	12	1	2	3		4	8	9	10	11	12							
Precio un Kg Filamento					1,58	1,58			1,68				1,61	1,79	1,79	1,96	1,89	1,91	1,91	1,90						
Precio un Kg Chip		1,22	1,25	1,21	1,18		1,24	1,25	1,27				1,23	1,33	1,37	1,33	1,31	1,36	1,36	1,39	1,59	1,38				
Valor de filamento menos el chip (dif para producir)									0,43				0,38	0,46	0,42	0,63		0,53	0,52			0,52				
Valor total de fabricacion en dolares									0,23				0,23	0,23	0,23	0,23		0,23	0,23			0,23	0,23			
Perdida o ganancia con el mercado									0,20				0,15	0,23	0,19	0,40		0,30	0,29			0,29	0,29			

Precios de Materias primas	2019												Total 2019	2020												Total 2020 general
	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12	1	2		3	4	5	6	8	9	10	11	12				
Precio un Kg Filamento	1,75	1,65	1,61		1,49	1,40	1,32				1,55	1,27	1,32	1,32		1,00	1,00	0,96		1,15	1,51					
Precio un Kg Chip	1,53	1,43	1,30	1,29	1,30	1,27	1,18	1,13	1,11		1,28	1,10	1,08		1,06	1,11	1,06	0,83	0,85	0,86	0,88	1,01	0,99	1,17		
Valor de filamento menos el chip (dif para producir)	0,22	0,35	0,32			0,13	0,14				0,27	0,17	0,24			0,17	0,15	0,08		0,15	0,34					
Valor total de fabricacion en dolares	0,23	0,23	0,23			0,23	0,23				0,23	0,23	1,23			0,23	0,23	0,23		0,23	0,23					
Perdida o ganancia con el mercado	-0,01	0,12	0,09			-0,10	-0,09				0,04	-0,06	-0,99			-0,06	-0,08	-0,15		-0,08	0,11					

Como conclusión de los 5 años revisados en 2 se hubiese tenido una perdida por producir con respecto al valor de importar, en los demás años se hubiera obtenido una ganancia de ente el 0.4 USD y el 0.29 USD que sería esta última del año 2018 donde se identifica esta oportunidad.

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

E. Anexo: Opción de diferir a uno, dos y tres años con volatilidades de 2015 a 2020 y volatilidades de 2015 a 2019.

- Con volatilidad 141.611% precios del petróleo 2015 a 2020

Tasa de crecimiento (μ)	10,00%	Crecimiento ingresos	
WACC	14,50%	ROE promedio 5 años	
r (CDT de la Empresa)	8,50%	Tasa libre de riesgo	
Flujos de caja esperados	St	Log-retornos	ln(St)
Año 0	-\$ 7.386.721.477	INVERSION	
Año 1	\$ 8.852.819.735	-	22,9040
Año 2	\$ 10.095.371.848	0,1313	23,0353
Año 3	\$ 11.465.527.747	0,1273	23,1626
Año 4	\$ 12.976.079.198	0,1238	23,2864
Año 5	\$ 14.641.097.434	0,1207	23,4071
σ (Volatilidad)	141,611%	Desv. Estándar/Promedio	
Δt	1	Volatilidad ANUAL	

Modelo de enrejado de Cox

u	4,12	$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$
d	0,24	
μ'	0,04	$p = \frac{1 + \mu'\Delta t - d}{u - d}$
P	20,56%	
1-P	79,44%	

Árbol binomial para el Enrejado de Cox					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
				\$ 56.469.052.051.186	\$ 232.711.118.983.769
			\$ 13.702.627.762.200	\$ 3.325.042.669.730	\$ 13.702.627.762.200
	\$ 806.845.880.031	\$ 3.325.042.669.730	\$ 806.845.880.031	\$ 3.325.042.669.730	\$ 806.845.880.031
\$ 195.787.043.592	\$ 47.509.155.574	\$ 195.787.043.592	\$ 47.509.155.574	\$ 195.787.043.592	\$ 47.509.155.574
		\$ 11.528.443.466	\$ 2.797.460.976	\$ 11.528.443.466	\$ 2.797.460.976
				\$ 678.824.330	\$ 2.797.460.976
					\$ 164.721.680

VALOR PRESENTE AÑO 1 FCL	\$ 7.731.406.695
COSTO DE RETRASO AÑO 1	3,95%

VALOR PRESENTE AÑO 2 FCL	\$ 7.699.740.989
COSTO DE RETRASO AÑO 2	7,88%

VALOR PRESENTE AÑO 3 FCL	\$ 7.637.034.347
COSTO DE RETRASO AÑO 3	11,8%

PERDIDA RELATIVA ENTRE AÑO 1 Y 2	4,09%
---	--------------

PERDIDA RELATIVA ENTRE AÑO 2 Y 3	4,23%
---	--------------

	\$ 774.984.457.924,31	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A UN AÑO DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO	
\$ 195.787.043.591,67	\$ 45.633.073.291,90		
	\$ 570.963.582.278,71	DIFERIR VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A UN AÑO	
\$ 117.375.559.997,90	\$ 0,00		
VPN TOTAL CON OPCION REAL DE DIFERIR	108.180.239.629		
		\$ 3.062.976.173.637,86	
	\$ 774.984.457.924,31	\$ 180.355.895.907,03	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A DOS AÑOS DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67	\$ 45.633.073.291,90	\$ 34.767.773.218,88	
	\$ 2.841.613.523.562,38	DIFERIR VALOR DE LA OPCION VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A DOS AÑOS	
\$ 110.681.187.550,18	\$ 538.399.368.110,76	\$ 0,00	
	\$ 0,00	\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR	102.010.311.106		
			\$ 12.088.145.487.297,90
	\$ 774.984.457.924,31	\$ 3.062.976.173.637,86	
\$ 195.787.043.591,67	\$ 45.633.073.291,90	\$ 180.355.895.907,03	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A TRES AÑOS DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
		\$ 34.767.773.218,88	\$ 711.781.021.341,35
			\$ 41.911.492.782,26
			\$ 8.079.410.262,64
			\$ 11.847.967.011.966,00
	\$ 556.175.551.125,05	\$ 2.590.131.911.005,59	
\$ 127.785.086.829,88	\$ 16.929.931.546,98	\$ 89.354.344.165,92	DIFERIR VALOR DE LA OPCION VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO TRES AÑOS
		\$ 0,00	
		\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR	117.774.273.576		\$ 0,00

Flujo de caja proyecto actual (comprar Materia prima)	\$ 188.037.673.406
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 204.020.875.646
Flujo de caja proyecto actual AÑO 2	\$ 221.362.650.075
Flujo de caja proyecto actual AÑO 3	\$ 240.178.475.332

Flujo de caja proyecto Base (Fabricar)	\$ 195.787.043.592
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 212.428.942.297
Flujo de caja proyecto actual AÑO 2	\$ 230.485.402.392
Flujo de caja proyecto actual AÑO 3	\$ 250.076.661.596

IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA

Caso de estudio de una empresa manufacturera

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 8.408.066.651
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR UN AÑO	\$ 108.180.239.629
DECISIÓN	DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A UN AÑO	\$ 99.772.172.978

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 9.122.752.317
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR DOS AÑOS	102.010.311.106
DECISIÓN	DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A DOS AÑOS	\$ 92.887.558.789

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 9.898.186.264
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR A TRES AÑOS	117.774.273.576
DECISIÓN	DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A A TRES AÑOS	\$ 107.876.087.312

- Con volatilidad 37.180% precios del petróleo 2015 a 2019

Tasa de crecimiento (μ)	10,00%	Crecimiento ingresos	
WACC	14,50%	ROE promedio 5 años	
r (CDT de la Empresa)	8,50%	Tasa libre de riesgo	
Flujos de caja esperados	St	Log-retornos	ln(St)
Año 0	-\$ 7.386.721.477	INVERSION	
Año 1	\$ 8.852.819.735	-	22,9040
Año 2	\$ 10.095.371.848	0,1313	23,0353
Año 3	\$ 11.465.527.747	0,1273	23,1626
Año 4	\$ 12.976.079.198	0,1238	23,2864
Año 5	\$ 14.641.097.434	0,1207	23,4071
σ (Volatilidad)	37,180%	Desv. Estándar/Promedio	
Δt	1	Volatilidad ANUAL	

Modelo de enrejado de Cox

u	1,45
d	0,69
μ'	0,04

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$$

P	46,06%
$1-P$	53,94%

$$p = \frac{1 + \mu'\Delta t - d}{u - d}$$

Árbol binomial para el Enrejado de Cox					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
				\$ 866.290.377.636	\$ 1.256.415.761.675
			\$ 597.301.499.454	\$ 411.835.442.779	\$ 597.301.499.454
	\$ 283.957.820.438	\$ 411.835.442.779	\$ 283.957.820.438	\$ 195.787.043.592	\$ 283.957.820.438
\$ 195.787.043.592	\$ 134.993.874.721	\$ 195.787.043.592	\$ 134.993.874.721	\$ 93.077.385.908	\$ 134.993.874.721
		\$ 93.077.385.908	\$ 64.176.243.444	\$ 93.077.385.908	\$ 64.176.243.444
				\$ 44.249.096.409	\$ 64.176.243.444
					\$ 30.509.460.011

	\$ 272.744.650.486,82	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A UN AÑO DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67	\$ 129.663.120.818,04	

	\$ 68.723.774.841,22	DIFERIR VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A UN AÑO
\$ 31.655.445.986,37	\$ 0,00	
VPN TOTAL CON OPCION REAL DE DIFERIR	29.175.526.255	

	\$ 272.744.650.486,82	\$ 379.376.228.815,54	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A DOS AÑOS DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67	\$ 129.663.120.818,04	\$ 180.355.895.907,03	
		\$ 67.074.347.975,13	

	\$ 67.082.015.296,52	\$ 158.013.578.740,07	DIFERIR VALOR DE LA OPCION VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A DOS AÑOS
\$ 30.899.221.074,25	\$ 0,00	\$ 0,00	
	\$ 0,00	\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR	28.478.544.769		

	\$ 272.744.650.486,82	\$ 379.376.228.815,54	\$ 526.925.751.066,02	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A TRES AÑOS DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67	\$ 129.663.120.818,04	\$ 180.355.895.907,03	\$ 250.501.108.640,11	
		\$ 67.074.347.975,13	\$ 119.088.515.417,92	
			\$ 44.289.012.470,66	

	\$ 56.037.130.652,19	\$ 126.865.394.627,71	\$ 286.747.275.734,13	DIFERIR VALOR DE LA OPCION VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO TRES AÑOS
\$ 26.815.224.939,06	\$ 1.860.432.357,43	\$ 4.382.300.882,01	\$ 10.322.633.308,22	
	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR	24.714.493.031		\$ 0,00	

Flujo de caja proyecto actual (comprar Materia prima)	\$ 188.037.673.406
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 204.020.875.646
Flujo de caja proyecto actual AÑO 2	\$ 221.362.650.075
Flujo de caja proyecto actual AÑO 3	\$ 240.178.475.332

Flujo de caja proyecto Base (Fabricar)	\$ 195.787.043.592
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 212.428.942.297
Flujo de caja proyecto actual AÑO 2	\$ 230.485.402.392
Flujo de caja proyecto actual AÑO 3	\$ 250.076.661.596

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 8.408.066.651
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR UN AÑO	\$ 29.175.526.255
DECISIÓN	DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A UN AÑO	\$ 20.767.459.603

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 9.122.752.317
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR DOS AÑOS	28.478.544.769
DECISIÓN	DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A DOS AÑOS	\$ 19.355.792.452

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 9.898.186.264
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR A TRES AÑOS	24.714.493.031
DECISIÓN	DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A A TRES AÑOS	\$ 14.816.306.768

- Con volatilidad 10.080% tomada desde la probabilidad de frecuencia de baja de precios de 62.27% y alza en precios de 32.73% con relación a los precios del chip de tolueno tomado de los precios promedio en peso de compra de los dos últimos años.

Tasa de crecimiento (μ)	10,00%	Crecimiento ingresos	
WACC	14,50%	ROE promedio 5 años	
r (CDT de la Empresa)	8,50%	Tasa libre de riesgo	
Flujos de caja esperados	St	Log-retornos	ln(St)
Año 0	-\$ 7.386.721.477	INVERSION	
Año 1	\$ 8.852.819.735	-	22,9040
Año 2	\$ 10.095.371.848	0,1313	23,0353
Año 3	\$ 11.465.527.747	0,1273	23,1626
Año 4	\$ 12.976.079.198	0,1238	23,2864
Año 5	\$ 14.641.097.434	0,1207	23,4071
σ (Volatilidad)	10,08%	Desv. Estándar/Promedio	
Δt	1	Volatilidad ANUAL	

Modelo de enrejado de Cox

u	1,11
d	0,90
μ'	0,04
P	67,27%
1-P	32,73%

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$$

$$p = \frac{1 + \mu'\Delta t - d}{u - d}$$

Árbol binomial para el Enrejado de Cox					
t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
					\$ 324.092.042.183
			\$ 264.919.910.628	\$ 293.016.099.985	\$ 264.919.910.628
	\$ 216.551.318.490	\$ 239.517.757.047	\$ 216.551.318.490	\$ 239.517.757.047	\$ 216.551.318.490
\$ 195.787.043.592	\$ 177.013.775.329	\$ 195.787.043.592	\$ 177.013.775.329	\$ 195.787.043.592	\$ 177.013.775.329
		\$ 160.040.603.716	\$ 144.694.924.393	\$ 160.040.603.716	\$ 144.694.924.393
				\$ 130.820.683.370	\$ 118.276.790.075

	\$ 207.999.954.299,40	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A UN AÑO DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
\$ 195.787.043.591,67	\$ 170.023.703.551,59	
	\$ 3.979.078.653,80	DIFERIR VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A UN AÑO
\$ 2.676.600.591,09	\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR	2.466.912.987	

		\$ 207.999.954.299,40	\$ 220.639.930.331,28	
\$ 195.787.043.591,67			\$ 180.355.895.907,03	FLUJOS DE CAJA AL DIFERIR A DOS AÑOS DESCONTANDO EL COSTO DE RETRASO
		\$ 170.023.703.551,59		
			\$ 53.375.425.951,12	

			\$ 0,00	
\$ 0,00		\$ 0,00		DIFERIR VALOR DE LA OPCION VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO A DOS AÑOS
		\$ 0,00	\$ 0,00	
			\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR				

			\$ 220.639.930.331,28	\$ 233.706.299.092,74
\$ 195.787.043.591,67		\$ 207.999.954.299,40	\$ 180.355.895.907,03	\$ 191.036.630.988,33
		\$ 170.023.703.551,59		\$ 156.157.512.745,90
			\$ 53.375.425.951,12	\$ 46.214.035.401,29

			\$ 0,00	\$ 0,00
\$ 0,00		\$ 0,00		DIFERIR VALOR DE LA OPCION VALOR DE LA OPCION RESTANDO LOS FLUJOS DE CAJA DE COMPRAR EL FILAMENTO TRES AÑOS
		\$ 0,00	\$ 0,00	
			\$ 0,00	
VPN OPCION REAL DE DIFERIR				\$ 0,00

Flujo de caja proyecto actual (comprar Materia prima)	\$ 188.037.673.406
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 204.020.875.646
Flujo de caja proyecto actual AÑO 2	\$ 221.362.650.075
Flujo de caja proyecto actual AÑO 3	\$ 240.178.475.332

Flujo de caja proyecto Base (Fabricar)	\$ 195.787.043.592
Flujo de caja proyecto actual AÑO 1	\$ 212.428.942.297
Flujo de caja proyecto actual AÑO 2	\$ 230.485.402.392
Flujo de caja proyecto actual AÑO 3	\$ 250.076.661.596

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 8.408.066.651
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR UN AÑO	\$ 2.466.912.987
DECISIÓN	NO DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A UN AÑO	-\$ 5.941.153.664

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 9.122.752.317
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR DOS AÑOS	-
DECISIÓN	NO DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A DOS AÑOS	-\$ 9.122.752.317

VPN NETO DE CAMBIAR A LA FABRICACION	\$ 9.898.186.264
VPN TOTAL HALLADO POR OPCIONES AL DIFERIR A TRES AÑOS	-
DECISIÓN	NO DIFERIR
OPCION DE DIFERIR A A TRES AÑOS	-\$ 9.898.186.264

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

F. Anexo: Revisión de impacto del escudo fiscal proporcionado por la depreciación al flujo de caja del proyecto.

PARAMETROS	BASE AÑO 0	CRECIMIENTO	OBSERVACIONES
VENTAS	17.105.627.882	10%	Crecimiento en los últimos 5 años
COSTOS	6.731.720.165	0,946%	Incremento de precio de compra en los últimos 5 años
IMPUESTOS		32%	
COSTO CAPITAL		14,50%	Promedio ROE 2015-2019

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
INGRESOS		18.816.190.670	20.697.809.737	22.767.590.711	25.044.349.782	27.548.784.760	
COSTOS		6.795.401.590	6.859.685.435	6.924.577.399	6.990.083.235	7.056.208.750	
UTILIDAD BRUTA	-	12.020.789.080	13.838.124.302	15.843.013.312	18.054.266.547	20.492.576.010	
- DEPRECIACIONES	-	369.336.074	369.336.074	369.336.074	369.336.074	369.336.074	
- AMORTIZACIONES	-	-	-	-	-	-	
EBITDA	-	11.651.453.007	13.468.788.228	15.473.677.238	17.684.930.473	20.123.239.936	
IMPUESTOS		3.728.464.962	4.310.012.233	4.951.576.716	5.659.177.751	6.439.436.780	
INVERSION ACTIVOS FIJOS	\$ 7.386.721.477	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
FLUJO DE CAJA LIBRE	-\$ 7.386.721.477	7.922.988.044	9.158.775.995	10.522.100.522	12.025.752.722	13.683.803.157	
		1	2	3	4	5	
VP	-\$ 7.386.721.477	\$ 6.919.359.554	\$ 6.985.399.251	\$ 7.008.630.118	\$ 6.995.517.730	\$ 6.951.704.586	\$ 154.323.052.764
VPN	\$ 181.796.942.526						
Ajuste del efecto fiscal del modelo sin escudo fiscal de la dep	7.386.721.477	8.174.136.575	9.409.924.526	10.773.249.052	12.276.901.252	13.934.951.687	
		-3,17%	-2,74%	-2,39%	-2,09%	-1,84%	
	-	251.148.530	251.148.530	251.148.530	251.148.530	251.148.530	

Se analiza el uso de la depreciación como escudo fiscal por las deducciones en la renta del periodo que en condiciones normales y con las políticas de NIIF para propiedad, planta y equipo la compañía tendría un mayor flujo que va del 3,17% en el primer año y disminuyendo hasta el año 5 al 1,84%. Valores que no generan un cambio en la decisión.

Pero no se emplea en los flujos de la aplicación del proyecto ya que tiene varios factores que podrían cambiar, tales como: el uso de la maquina dependiendo de la demanda de producción cosa que podría alargar su vida útil, el tiempo que garantiza el fabricante hasta 30 años. Un cambio en el manejo del IVA de importación de la máquina que puede usarse como un descuento tributario. Y dichas razones tienden a disminuir este valor anualmente.

8. Bibliografía

- Alexander, C., & Chen, X. (2021). Model risk in real option valuation. *Annals of Operations Research*, 1025-1056.
- Alonso, R., & Carlos, J. (2013). *Estudio de opciones reales para decisiones de inversión en un proyecto minero de nueva ejecución*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <http://oa.upm.es/21541>
- Amat, O. (2010). La dirección financiera en épocas de crisis e incertidumbre. *Dossier*, 2-9.
- Barrios, A. P. (2012). REFLEXION EN TORNO AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES FINANCIERAS. *Revista FACCE A* 2(2), 108-118.
- Benitez Paredes, G. A. (2013). *Valoración de empresas. Aplicación modelo Black and scholes*. Quito Ecuador: Repositorio institucional UASB-DIGITAL.
- Bentura, J. (2009). *Análisis estratégico de la empresa*. Madrid, España: Paraninfo SA.
- Brealey, E. a. (2010). *Principios de finanzas corporativas*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Brennan, M. J. (2000). Real Opciones: Development and new contributions. *New York: Oxford University Press*, 1-10.
- Brennan, M., & Schwartz, E. (1982). An Equilibrium model of Bond Pricing and a. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 17,3,301-29.
- Brennan, M., & Schwartz, E. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business*, 135-157.
- Brigham, E., & Houston, J. (2005). *El Costo del Capital*. México D.F.: En Brigham, E. y Houston, J. Fundamentos de.
- Bueno Ampos, E., Dalmau Porta, J. I., & Renau Piqueras, J. J. (1993). *FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA DIRECCION ESTRATEGICA*. VALENCIA: Publicaciones de la REAL SOCIEDAD ECONOMICA DE LOS AMIGOS DEL PAIS.
- Calle Fernandez, A. M., & Tamayo Bustamante, V. M. (2009). Decisiones de inversión a través de las opciones reales. *estud.gerenc. vol.25 no.111 Cali* , 111-130.
- Cardona A., M., & Escobar A., S. (2012). *Innovación en la transformación productiva industrial: Aportes a la discusión*. Medellín: Universidad de Medellín.

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

- Ceballos, J. L., Calderón, D. F., & Villegas, R. A. (2017). *Prevalencia de los postulados de la teoría clásica en una pyme del sector de alimentos de la ciudad de Santiago de Cali*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6467885.pdf>
- Conde Alonso, A. B. (2004). *Valoración de empresas de internet*. Madrid: Dykinson S L Libros.
- Conde, C. G., Alarcón, M. E., Hoz, E. D., Pedroza, L. B., Cepeda, M. C., & Llamas, E. G. (2014). *Estandarización del proceso productivo de antipasto de pescado en la empresa ASOKANULIAA en Manaure, Guajira*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6939101>
- Contreras Andreoli, H., & Muñoz Rojas, G. (2013). *Opciones reales: Enfoque para las decisiones de inversión bajo alta incertidumbre*. Bogota: Ediciones de la U.
- Copeland, T., & Keenan, P. (1998). Making Real Options Real. *McKinsey Quarterly*, 128-14.
- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics* , 229–263.
- Cuervo, A. F., & Botero Botero, S. (2014). Aplicación de las opciones reales en la toma de decisiones en los mercados de electricidad. *Estudios gerenciales* , 30(133), 397-407. Recuperado el 2 de 12 de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232014000400009&script=sci_abstract&tIng=es
- Dixit, A. (1994). *Investment Under Uncertainty*. New Jersey: NJ: Princeton University Press.
- Fernandez, P. (2008). *Valoración de opciones reales: Dificultades, problemas y errores*. Recuperado el 17 de 12 de 2020, de <https://ideas.repec.org/p/ebg/iesewp/d-0760.html>
- García, M. L., García, M. L., & Domínguez, D. B. (2014). *Proyecto de inversión externa de una firma de autopartes: Opciones reales versus evaluación financiera*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <http://repositoriodigital.academica.mx/jspui/handle/987654321/248417>
- García, P. (1-6 de 2017). Aplicación De Opciones Reales En La Valoración Financiera De Un Campo Petrolero (Aplicación de opciones reales en la valoración financiera de un campo petrolero). *Odeón* , 1-48. Recuperado el 3 de 1 de 2020, de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3114233

- Golpe, A. M. (2017). *La gestion estrategica de costos: ABC, ABM y la necesidad de otras clasificaicones de costos*. Florianopolis: XXIV congreso brasileiro de custos.
- Gomez Villa, C. A. (2004). *Un caso de estudio para evaluar alternativas de inversión usando opciones reales*. Puerto Rico: Universidad de puerto rico recinto universitario de mayaguez.
- Gomez, H., & Steiner, R. (s.f.).
- González, C. L., Fúnez, P. A., & Velásquez, J. R. (2016). *La organización informal y sus efectos en las capacidades de innovación*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/4429>
- Guerrero, G. (2003). LOS RETOS DE LA GESTION FINANCIERA FRENTE A LA PLANEACION ESTRATEGICA DE LAS ORGANIZACIONES Y LA GLOBALIZACION. *INNOVAR*, 37-45.
- Hart, C. M. (2012). *Los experimentos de Hawthorne*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0864-34662012000100015
- <https://www.preciopetroleo.net/petroleo-china.html>. (20 de 01 de 2021). Obtenido de <https://www.preciopetroleo.net/petroleo-china.html>: www.preciopetroleo.net
- investing.com. (01 de 02 de 2021). *investing.com*. Obtenido de <https://es.investing.com/commodities/crude-oil-historical-data>
- Keith , D., & Desislava , D. (2019). 25 Years of Real Option Empirical Research in Management. *Spring 2019*, 55-68.
- Kester, W. C. (1984). Today's Options for Tomorrow's Growth. *the Magazine*, 153-160.
- Laguna, C. (2014). *Correalcion y regresion lineal*. Aragon: Instituto Aragones de ciencias de la salud.
- Lahura, E. (2003). *El coheficiente de correlaciones y correlaciones espúrea*. Lima : Documentos de trabajo <http://www.pucp.edu.pe/economia/pdf/DDD.pdf>.
- Lamothe, P., & Mendez, M. (2006). *VALORACIÓN A TRAVÉS DE UNA OPCIÓN REAL*. Madrid: Universidad Autonoma de Madrid.
- Larrea, Á. T. (2011). *Caracterización y eficiencia de la producción lechera en el Noreste de La Pampa (Argentina)*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de http://uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/aula/img/pictorex/26_12_24_tesis_larrea_definitiva.pdf
- Lo Nigro, G., & Morreale, G. (2013). user friendly real option based model to optimize pharmaceutical R&D portfolio. *Journal of Applied Operational*, 83-95.

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

- Londoño, D. C., & Bonilla, J. D. (2015). *Plan de mejoramiento: propuesta de un direccionamiento estratégico para la empresa Solsecol Ltda. ubicada en la ciudad Santiago de Cali*. Recuperado el 11 de 12 de 2020, de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/2410/1/plan_mejoramie nto_propuesta_direccionamiento_empresa_solsecol_cali_vernaza_2014.pdf
- López, F. (2001). *Trampas en la valoración de negocios*. Madrid: Harvard Deusto Bussiness Review.
- López, O. I., & Castrillón, M. A. (2010). *El direccionamiento estratégico en una empresa de alimentos para una zona industrial de Barranquilla*. Recuperado el 11 de 12 de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3882860.pdf>
- Lozano, G. I. (2011). *Indicadores DEA de eficiencia y productividad*. Bogota: Centro editorial facultad de ciencias economicas.
- Majd, S. (1987). Time to Build, Option Value and Investment Decisions. *Journal of Financial Economics*, 18.
- Manotas Duque , D. F., & Manyoma, P. C. (2001). Evaluación de Proyectos de Inversión Mediante Opciones Reales: Aspectos Conceptuales. *Ingeniería y competitividad Vol 3*, 7-18.
- Martin Sanchez, F. (2010). Arboles binomiales para la valoracion de opciones sobre procesos de derivados de la ecuacion diferencial estocástica autónoma. *Ingeniería y ciencia* , 145-170.
- Mascareñas, J. (1994). *Opción real de diferir un proyecto de inversion*. Madrid: Universidad complutense de madrid.
- Mascareñas, J. (1999). *Innovacion financiera*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Mejia, O. (2003). Para medir la flexibilidad se debe usar opciones reales: una vision global. *Estudios gerenciales*, 95-111.
- Mendoza, J. M. (2011). *Decisiones Estrategicas - Macroadministracion*. Barraquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Mingers, J. (2003). The paucity of multimethod research: a review of the information. *Info Systems*, 233-249.
- Montoya Ariza, F. A. (2017). *Analisis de las opciones reales como herramienta de valoracion financiera de proyectos de contruccion de "Brand equity"*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

- Myers, S. C. (2001). *FINANCE THEORY AND FINANCIAL STRATEGY IN: THE NEW CORPORATE FINANCE*. Mc Graw Hill.
- Neftci, S. N. (2008). *INGENIERIA FINANCIERA*. Mexico: Mac Graw-Hill.
- Olarte, J. C. (2006). *INCERTIDUMBRE Y EVALUACION DE RIESGOS FINANCIEROS*. Recuperado el 20 de 12 de 2020, de <http://redalyc.org/comocitar.oa?id=84911652061>
- Palacios Acero, L. C. (2016). *Direccion estrategica* . Ciudad de mexico: Ecoe Ediciones.
- Porter, M. E. (2011). ¿Qué es la estrategia? *Harvard Business Review*, 100-117.
- Prior, G. L. (ene./mar. 2015). Opciones reales: una propuesta para valorar proyectos de I+D en centros públicos de investigación agraria. *Contad. Adm vol.60 no.1 México* .
- Quigg, L. (1993). Empirical Testing of Real Option-Pricing Models. *Journal of Finance*, 621-640.
- Ramírez, Q., & María, L. (2012). *Modelos de gestión humana y psicología organizacional, un acercamiento a partir de la praxis [recurso electrónico]*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3287/4/cb-0449946.pdf>
- Renau Piqueras, J. J. (1993). *Fundamentos teoricos de la direccion estrategica: un analisis de su evolucion*. Vlaencia: Publicaciones de la REAL SOCIEDAD ECONOMICA DE AMIGOS DEL PAIS.
- Render, J. H. (2009). *ADMINISTRACION DE OPERACIONES*. Ciudad de Mexico: Pearson Educacion.
- Richard A. Brealey, S. C. (2010). *Principios De Finanzas Corporativas* . Mexico: Mc Graw Hill.
- Rios, L. s. (2008). EVOLUCION DE LA TEORIA FINANCIERA EN EL SIGLO XX. *ECOS DE ECONOMIA No 27 MEDELLIN*, PP. 145-168.
- Ruiz, R. V. (2017). *LA GESTIÓN EN LA PRODUCCIÓN*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.
- Saavedra Garcia, M. L., Saavedra Garcia, M. J., & Barnal Dominguez, D. (2013). Proyecto de inversión externa de una firma de autopartes: Opciones reales versus evaluación financiera. *Economía, vol. XXXVIII, núm. 35*, 127-156.
- Sabal Cardenas, J. (2014). *Erros comuns relativos ao valor terminal expressado em forma de perpetuidade*. Barcelona, España: ESADE Business School.

**IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES REALES EN UNA DECISIÓN
DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
Caso de estudio de una empresa manufacturera**

- Shank , J., & Govindaraja, V. (1995). *Gerencia estrategica de costos*. Editorial Norma SA.
- Soler, L. M. (2013). *Historia de la organización del trabajo*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/31676/1/organizacion.pdf>
- Tamara Ayus, A. L., & Aristizábal Velásquez, R. (2012). Las opciones reales como metodología alternativa en la evaluación de proyectos de inversión. *Ecós de Economía, Vol 16, Num 35*, 29-44.
- Titman, S. (1985). Urban Land Prices under Uncertainty. *American Economic Review*, 505.
- Trigeorgis, L. (1993). Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *Financial Management. Scientific Research Publishing*, 202-224.
- Trigeorgis, L. (1995). *Real Options: An Overview. Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport: U. S.: Praeger.
- Velez Gomez, L. D. (2005). *Un juicio sobre el valor presente neto como criterio de decision*. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.
- Williams, J. (1991). Real Estate Development as an Option. *Journal of Real Estate Finance & Economics*, 191-208.
- Zambrano, A. A., & Paredes, D. C. (2014). *Utilidad de las opciones reales en la valoración de proyectos de inversión*. Recuperado el 12 de 12 de 2020, de <http://redalyc.org/comocitar.oa?id=465545897007>