



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE NEGOCIOS

PROGRAMA ACADÉMICO DE ADMINISTRACIÓN DE BANCA Y

FINANZAS

EVALUACION DE PROYECTOS MEDIANTE OPCIONES REALES

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Licenciado en Administración de Banca y Finanzas

AUTORES

Morales Barrera, Stephanie Lucero (0000-0003-2804-7575)

Kanashiro Huillca, Saori Kiara (0000-0001-8234-0372)

ASESOR

Ojeda Pino, Jorge Luis (0000-0002-9590-033X)

Lima, 14 de junio del 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por la constante exigencia académica demostrada durante todo este tiempo, que ha permitido contribuir a nuestro desarrollo como profesionales de la carrera. De igual manera agradecemos de manera especial a todos los autores que han aportado sus posiciones en cada uno de sus artículos y que han hecho posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

RESUMEN

Este artículo presenta la gran importancia del uso del método de valorización de opciones reales en proyectos de inversión con alto grado de incertidumbre, y el por qué es una mejor opción a diferencia de los métodos tradicionales que actualmente se conocen, los cuales son difíciles de adaptar a situaciones donde existe un gran índice de incertidumbre.

El presente artículo da una mirada general a las opciones reales desde una revisión literaria y el surgimiento de las mismas a base de las opciones financieras, los tipos de opciones reales que existen y las distintas metodologías que se requieren para hallarla el valor de las mismas. Finalmente se muestra seis estudios realizados por distintos autores donde muestra que esta metodología es la más adecuada para la evaluación de proyectos ya que toma en cuenta la flexibilidad que se requiere en proyectos que se encuentran en mercados de alta volatilidad como son el sector de construcción, la minería, biotecnología, entre otros.

Palabras clave: Opciones Reales, Incertidumbre, flexibilidad, Proyectos de inversión, Volatilidad.

ABSTRACT

This article presents the great importance of the use of the real options valuation method in investment projects with a high degree of uncertainty, and why it is a better option unlike the traditional methods currently known, which are difficult to adapt to. situations where there is a high index of uncertainty.

This article gives an overview of real options from a literary review and the emergence of them based on financial options, the types of real options that exist and the different methodologies required to find their value. Finally, six studies carried out by different authors are shown, showing that this methodology is the most appropriate for evaluating projects, since it takes into account the flexibility required in projects that are in highly volatile markets such as the construction sector, mining, biotechnology, among others.

Keywords: Real Options, Uncertainty, flexibility, Investment projects, Volatility.

Introducción

En un mundo caracterizado por un constante cambio la toma de decisiones de inversión en las empresas genera incertidumbre y temor, ya que es difícil predecir el contexto del mercado actual o el entorno macroeconómico de cualquier rubro de la economía (García, P. 2017), es por ello que ante un escenario de incertidumbre es importante que las empresas evalúen opciones para actuar frente las diversas circunstancias futuras. (Zapata, C. 2019)

En ese sentido, también es importante contar con directivos inteligentes que apuesten y tengan una visión amplia, con disposición del capital, estar abierto a un mundo de opciones, etc. Estos directivos reconocen y crean opciones reales de valor a diferencia de los directivos tradicionales que solo se preocupan en mantener un “status quo” o maximizar la rentabilidad en un corto plazo. (Méndez, Suarez & Fernández, 2013)

Actualmente existen una variedad de métodos para valorizar proyectos de inversión de empresas, uno de los más conocidos y usados hoy en día es el método del flujo de caja descontado, este pronostica los flujos que tendrá un determinado proyecto durante toda su vida útil, el cual es descontado a una tasa de interés, el resultado que esta metodología genera es el VAN (valor actual neto), este valor debe ser positivo para que un proyecto sea considerado como apto y sea considerado creador de valor para la compañía (Tresierra & Carrasco, 2016).

Por otro lado a pesar de que este es uno de los métodos más utilizados actualmente también es un método muy criticado pues según los autores Otero, Andalaft y Vásquez(2008) este método no proporciona la flexibilidad futura al momento de tomar las decisiones de inversión pues no contempla todos los escenarios en los que se puede ver envuelto un proyecto como por ejemplo la situación económica del país, las condiciones del mercado o simplemente factores internos de un proyecto, ya que a diferencia de la metodología de opciones reales el flujo de caja descontado, se caracteriza por ser un modelo determinístico pues no es flexible para cualquier proyecto de inversión, ya que solo muestra un resultado y no los posibles escenarios que este pueda llegar a tener. (Rudolf, 2013)

Ante lo expuesto anteriormente, surgió otra metodología para valorar un proyecto mediante el enfoque de las opciones reales, este método nace ante las deficiencias que posee el método mencionado en el párrafo anterior donde, por ejemplo, una empresa que no tiene un panorama de su desempeño financiero en el futuro no puede seguir en marcha y tiene que

abandonar el proyecto o desertar en el camino. Este método representa la flexibilidad que un proyecto debería tener, el cuál es ir adaptándose a los sucesos o acontecimientos que se vayan presentando en un futuro. (Otero, Andalaft y Vásquez, 2008)

Las opciones reales son consideradas como herramientas que ayudan a actuar ante eventos que pueden generar incertidumbres (Hull, 2014 citado en Manco, Pérez & Loreto, 2018). Esta metodología sirve como complemento para el análisis del valor presente neto del flujo de caja libre, pues solo considera un escenario posible mientras que por otro lado las opciones reales consideran que tener más de una alternativa posible ayuda a afrontar mejor cualquier situación, pues se tendría otras opciones que ayudarían a reducir las pérdidas si una alternativa no funcionó según lo esperado.

Las opciones reales pueden ser clasificadas en tres grupos según las acciones que requiera el proyecto o según el nivel de incertidumbre en el que se pueda encontrar el proyecto: La primera es diferir para aprender, lo que quiere decir que se puede retrasar el proyecto con el fin de enriquecer los conocimientos con una mayor fuente de información y que esta sirva como base para que el proyecto tenga éxito en el futuro. El segundo tipo es invertir para crecer, en este punto se debe ampliar la visión del negocio para que este pueda llegar a más personas o por otro lado cambiar el rumbo del proyecto hacia otras opciones que puedan generar una mayor ganancia o rentabilidad del proyecto que está en marcha. Por último, desinvertir para sembrar en esta parte se tiene como opción abandonar el proyecto si este no cumple con la proyección esperada o el mercado no tiene un gran potencial de crecimiento o en caso el proyecto arroje resultados negativos se puede tomar medidas que no sean tan drásticas como reducción de la escala del proyecto, es decir reducir costos que ayuden a mantener a flote el proyecto mientras no se obtenga buenos resultados. (Mascareñas 2007 citado en Cobián, Brambila, Chalita & Vivar 2011)

Para los autores Gupta & Chevalier (2002) la incertidumbre no es un impedimento para dejar de llevar a cabo un proyecto por el contrario debe ser vista como una oportunidad que permite crear valor para las compañías. Las opciones reales pueden servir para evaluar empresas que operan bajo un panorama incierto e inestable y donde sería muy difícil la proyección de flujos durante la vida útil del mismo, por ejemplo este método puede ser aplicable en su mayoría para el caso de las empresas nuevas en el mercado donde proyectar sus flujos es una tarea difícil o para el caso de una empresa minera que está llevando a cabo un proyecto de exploración y donde las etapas de exploración pueden durar años de inversión

hasta poder obtener las ganancias , empresas de tecnología o proyectos que requieren de la protección de una patente(Hernández , Güemes & Ponce, 2018). Sin embargo, la complejidad matemática de las opciones reales, ha restringido su uso en la industria, ya que, en el caso de las opciones financieras, los valores de mercado u otros activos financieros tienen características que simplifican la valoración de la opción, como los datos históricos, precios de mercado, etc. (Brendao & Dyer, 2005).

La primera persona en utilizar el concepto de opciones reales fue Myers alrededor del año 1977, el cual, a partir de la teoría de Black y Scholes sobre valorización de empresas mediante las opciones financieras, y como complemento al modelo de flujos descontados trato de aplicar los mismos conceptos de este a activos reales de las empresas. Myers afirmó en su momento que este modelo también podría ser utilizado para varios proyectos de inversión en mercados reales donde existe gran incertidumbre de lo que puede suceder. (Alexander & Chen, 2019)

Myers también propone que existe cierta correspondencia entre las opciones reales y las opciones financieras, por lo que una opción financiera de compra puede considerarse una opción real, pues otorga el derecho a comprar un activo subyacente a un precio de ejercicio futuro, en el caso de los proyectos que utilicen las opciones reales tienen la potestad de seguir, ampliar o abandonar el mismo en un futuro. (Hernández, Güemes & Ponce, 2018)

El modelo Black - Scholes es la base para entender el concepto de opciones reales, desarrollado por los economistas Fisher Black y Myron Scholes de nacionalidades estadounidense y canadiense respectivamente, los cuales fueron premiados con el premio Nobel en Economía en el año 1997 por dicho modelo (Nicolls, Lewis & Zhang 2014) , ambos evaluaron las opciones financieras, para determinar el precio de los activos financieros a través del tiempo, este método se convirtió en la base de donde parten las opciones reales, las cuales están relacionadas con activos no financieros. (Méndez & Fernández, 2013).

El desarrollo y conceptualización de los distintos métodos son de suma importancia para la aplicación de opciones reales en proyectos de inversión. Para identificar las opciones reales es de suma importancia decidir qué modelo matemático será utilizado para su cálculo, existen tres principales modelos que son: El modelo de Black and Scholes. No obstante, este modelo no suele ser muy utilizado para la valorización de proyectos debido a que métodos como el binominal y el de simulación de Monte Carlo tienen mejor capacidad de adaptarse

a los proyectos de inversión y son mucho más sencillos de aplicar. Según Cobián (2011), este método es muy útil para las opciones reales simples, aquellas que tienen una sola fuente de incertidumbre y una única fecha de decisión.

Por otro lado, existe otros dos modelos de gran importancia en este tema que son el modelo binomial, el cual es representado mediante un esquema tipo árbol en donde se especifican los diferentes caminos que puede tomar el precio del activo subyacente en un determinado tiempo, este método se diferencia del de Black and Scholes, ya que su aplicación numérica es simple y fácil de comprender. (Arango & Botero 2017). El segundo modelo es el de Monte Carlo, este permite simular las distintas fuentes de incertidumbre que posee la opción real partiendo de datos estimados, la flexibilidad de este modelo permite combinar distintas variables que generan incertidumbre con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. (Mendiola, Aguirre, Castillo, Ccopa, Flores & Ortiz, 2014)

Además de Myers existen otros autores que también han investigado sobre opciones reales entre los que sobresalen los siguientes, los cuales se destacaron por sus aportes hacia el tema. Uno de ellos fue el doctor Trigeorgis (1993) el enfoque del DFC es un método que no contempla la flexibilidad que muchos proyectos requieren para que la gerencia pueda tomar decisiones, por un lado, el VPN estima los flujos esperados del proyecto de inicio a fin, pero el mercado real basado en un constante cambio e incertidumbre de lo que pueda pasar no permite realizar estas estimaciones de manera exacta. Por otro lado, el mismo autor postula que “La flexibilidad mejora el valor, ya que proporciona un conjunto complejo de opciones operativas y estratégicas” (Trigeorgis, 1993 citado en Choi, Ming, Masaaki, Trigeorgis & Zhang, 2017).

Para los autores Dixit y Pindyck (1995), la incertidumbre es un término que genera valor al proyecto, ya que las opciones reales proporcionan diversos escenarios tanto favorables como desfavorables en donde los inversionistas pueden sacarle provecho y tener el poder de decidir si seguir con el proyecto o abandonarlo con este disminuir el menor riesgo posible ante posibles pérdidas. (Citado en Garrido & Adalaft, 2003). Por el contrario, autores más recientes como Copeland y Antikarov (2003), Mun (2006) y Brandão, Dyer y Hahn (2005; 2012) argumentan que la metodología de opciones reales tiene dificultades en la manera en cómo se estiman su volatilidad pues el comportamiento del mercado puede ser un tanto incierto (citados en Pareja, Prada & Moreno, 2017).

Han (2007) postula que a pesar de la dificultad de estimación de la volatilidad que requiere las opciones reales a diferencia de las opciones financieras, la cuales pueden ser fáciles de estimar debido a que existe un histórico de precios de los activos financieros y que las metodologías que hay hoy en día sobre volatilidad no son del todo exactas pues se requiere de información histórica lo que dificulta muchas veces a gerentes de empresas a utilizar este método para valorar proyectos.

Publicaciones recientes como la del autor Mascareñas (2018) mencionan que métodos como el VAN no consideran el costo de oportunidad que pueden generar los proyectos de inversión más adelante si se considera que se tiene un mercado menos volátil o se tiene un mayor conocimiento del mercado, esto contradiciendo a lo postulado por el método del flujo de caja descontado. Además, considera que la volatilidad de algunos proyectos es una ventaja pues esto implica que la gerencia se informe más, requiera de mayor información y conocimientos acerca de lo que requiere el proyecto ante de tomar una decisión es por eso que dicho autor considera que los proyectos que presentan mayor índice de volatilidad pueden ser considerados los más valiosos.

El objetivo del presente trabajo de investigación es mostrar la importancia de evaluar proyectos mediante la metodología de opciones reales, evidenciar las ventajas y desventajas que este tiene y por qué actualmente no es el método de mayor utilización en el mundo gerencial. Además, se pretende presentar el impacto que tiene la aplicación de esta metodología en diversos sectores de la economía como son la minería, construcción, biotecnología y agricultura. Adicionalmente este trabajo se centra en resumir de forma clara y concisa los conceptos de opciones reales y su aplicación en los distintos rubros de la economía. Además, de brindar una explicación teórica y práctica para su aplicación en mercados reales.

El tema de evaluación de proyectos mediante las opciones reales permite mostrar al público un enfoque diferente para evaluar proyectos al tradicional, que era el de los flujos descontados , el objetivo es dar a conocer a los gerentes que las opciones reales son un método flexible y a la vez rentable para los inversionistas pues considera características que no consideran los métodos que se conocían pues este requiere de mayor investigación , de mayor estudio para invertir , ampliar o abandonar.

El artículo consta de tres secciones: En primer lugar, para este trabajo de investigación se ha realizado una revisión literaria sobre el nacimiento de opciones reales con una revisión literaria acerca de las opciones financieras. La segunda sección hará una revisión sobre las características, tipos y metodologías de las opciones reales. Además, se hará mención de los distintos métodos para valoración de proyectos de inversión como lo son el método binomial, el método de simulación de Monte Carlo y el método de Black and Scholes identificando la mejor opción para que sea aplicado con las opciones reales. En la última sección, se mostrará distintos estudios de diversos autores a lo largo del tiempo quienes han investigado acerca del tema de opciones reales. Además, se mostrará porque el método de las opciones reales suele ser de mayor utilidad cuando se aplican en rubros donde existe mayor índice de volatilidad. Por último, se expondrán las diversas conclusiones obtenidas de este trabajo de investigación acerca de evaluación de proyectos mediante opciones reales.

Antecedentes Teóricos

OPCIONES FINANCIERAS

Para poder comprender mejor lo que son las opciones reales se requiere conocer cómo se originaron las opciones financieras y cómo es su funcionamiento, pues son la base del origen de estas. A continuación, se tocarán puntos como una revisión de la literatura, definiciones, tipo y conceptos que se deben conocer sobre opciones financieras.

Las opciones se originan desde el año 624 – 543 antes de cristo, cuando Tales de Mileto obtuvo casi todas las opciones de su región, de almazaras, fue un año en que se creía que habría una buena cosecha de aceitunas, al cumplirse su pronóstico, alcanzó ganancias vendiendo a los olivaderos dichas opciones. Por consiguiente, en aquel tiempo Tales de Mileto, realizó un contrato en el cual se transfiere del vendedor al comprador los derechos a cambio de una compensación. (Martínez, 1987)

En el siglo XVII se incorporó la primera negociación de opciones en el mercado de Londres. Sin embargo, el Chicago Board Exchange (CBOE) influyó el interés por invertir en estos títulos, y fue creado en el año 1973 para negociar opciones de compra y en 1977 de venta. Poco después del CBOE, se publicó un famoso artículo de Fisher Black y Myron Scholes “El precio de las opciones y las obligaciones de la empresa”, el cual ocuparía un lugar en la teoría financiera. El mismo año, Merton examinó el efecto de los dividendos, aplicando la teoría de opciones. (Martínez, 1987).

Las opciones financieras se basan en activos financieros, estas dan el derecho al dueño de las opciones de comprar o vender una cantidad del activo subyacente, estos activos pueden ser bonos, acciones, índices bursátiles, divisas, materia prima, entre otros. Al establecer el contrato de la opción se debe proceder a pagar una prima, la cual otorga al propietario el poder de cubrirse ante posibles alzas en el mercado que afecten el valor de su activo subyacente, sin embargo, el valor asignado a la prima dependerá de la volatilidad del precio de la misma. (Mendiola, Aguirre, Castillo, Ccopa, Flores & Ortiz, 2014)

Para una mejor comprensión de las opciones financieras es necesario revisar el modelo Black and Scholes, pues es la base del modelo de las opciones, ya que se puede calcular el valor de las opciones y también en su desarrollo se puede calcular el valor de estas. Por la complejidad de este modelo, no es común su uso en las opciones reales. Por otro lado, el modelo binomial y simulación para proyectos son más usados para valorar opciones reales debido a que son más versátiles. Sin embargo, es necesario comprender y analizar el modelo Black and Scholes, ya que nos permitirá tener un razonamiento muy útil a la hora de evaluar proyectos bajo la perspectiva de opciones reales. (Méndez, Suarez, Mariano & Fernández, 2013)

Según los autores Black and Scholes (1973) su planteamiento de la fórmula del modelo se asume una posición ideal en donde para poder aplicarla se debe asumir lo siguiente:

- a) La tasa de interés es constante en el transcurrir del tiempo.
- b) La volatilidad se mantiene constante.
- c) La acción no genera dividendos.
- d) La opción debe ser de tipo europea, es decir, solo se puede ejercer al vencimiento del mismo
- e) No hay costos de transacción por la compra o venta de opciones ni costos por impuestos.
- g) No hay penalizaciones por ventas en corto.

Según los autores Mendiola, Aguirre, Castillo, Ccopa, Flores & Ortiz (2014), en función al derecho que se le otorga al propietario estas opciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Opciones CALL: estas opciones proporcionan al propietario un derecho (Prima) de comprar un activo subyacente a un precio y tiempo establecido en el contrato.
- b) Opciones PUT: Proporciona el derecho de vender un activo subyacente, a un tiempo y un precio determinado.

Asimismo, Según los autores Black and Scholes (1973) con respecto al plazo, estas se clasifican de la siguiente manera:

- a) Opciones Europeas: Sólo pueden ser ejecutadas sólo al vencimiento del plazo del contrato establecido, suelen ser menos compleja al momento de su evaluación ya que posee una determinada fecha de vencimiento.
- b) Opciones Americanas: esta clase opciones pueden ejecutarse en cualquier momento durante toda la vida útil del contrato, este tipo de opciones son las más usadas en el mercado ya que tienen un mayor valor y no existe una fecha definida para ejecutarla

Las opciones financieras cumplen con ciertas características como: su antigüedad en el mundo es desde hace más de cuatro décadas atrás, poseen una madurez de corto plazo, mayormente en meses. Asimismo, las inversiones oscilan entre cientos y miles de dólares, además, el precio que se le otorga al activo subyacente es el mismo al precio de la opción. En ese sentido, el valor de la opción, tiene un valor establecido y no puede adulterarse por el precio de las opciones. Así, es preciso señalar que las opciones financieras se encuentran listadas en un mercado formal. (Mota, 2005)

Existen variables que ayudan a determinar el valor de las opciones, según el autor Mascareñas (2007), las opciones tanto financieras como reales están compuestas por seis variables sumamente importantes las cuales influyen en su valor:

1. El precio del activo subyacente (S_t): En las opciones financieras es el precio de los activos financieros, mientras que en las opciones reales el precio del activo real, el cual está determinado por los flujos de caja asociados a este activo. (Mascareñas, 2007)
2. El precio del ejercicio (K): En el caso de las opciones financieras es el precio al que el poseedor de la opción lo comprará y al que lo venderá y en el caso de la opción real, se refiere los flujos de caja del activo real o el precio al que el poseedor de la opción de venderlo. Por ejemplo, si queremos aplicarlo en un proyecto de inversión, el precio del ejercicio sería la inversión inicial que hace el propietario.
3. El tiempo al vencimiento ($T-t$): El tiempo en que se demora el poseedor de la opción para ejercerla. Este puede a su vez afectar a otras tres variables a la volatilidad, precio del ejercicio y dividendos.

4. Varianza (s): es la volatilidad del precio de la acción y puede ser representada por la desviación estándar del proyecto, este precio puede ir cambiando de acuerdo a la vida útil de la opción.
5. El interés sin riesgo (R): tasa libre de riesgo, la cual representa la rentabilidad libre de riesgo de un activo con duración similar a las opciones.
6. Los dividendos: el dinero que genera el activo subyacente al poseedor de la opción en un determinado tiempo en la cual no ejecuta la opción.

En el siguiente cuadro elaborado por el autor Mascareñas (1999) se muestran las principales diferencias entre las variables mencionadas anteriormente para cada tipo de opción, a fin de establecer una mejor comprensión de las mismas.

Tabla 1

Diferencia entre las variables de las opciones financieras y opciones reales

Opción Financiera	Opción Real
Precio del activo subyacente	Valor esperado de los flujos de caja
Precio del ejercicio	Costo de la inversión
Volatilidad del subyacente	Incertidumbre sobre los precios del proyecto
Fecha de ejercicio	Plazo hasta que la oportunidad desaparece
Dividendos u otros rendimientos	Mantenimiento de la opción
Su valor depende de la revalorización esperada del subyacente	Su valor depende de la revalorización esperada de los flujos de caja.
Tasa de interés libre de riesgo	Tasa de interés libre de riesgo

Nota: Tabla elaborada por Mascareñas 1999

Por otro lado, en el caso de las opciones reales funcionan con activos reales tangibles como, por ejemplo: obras de infraestructura, unidades de negocio, entre otras, mientras que las opciones financieras trabajan con activos financieros los cuales son intangibles. (Venegas & Fundía, 2006)

Según la tabla 2 elaborado por los autores Mendiola, Aguirre, Del castillo, Ccopa, Flores & Ortiz (2014), se muestran las principales características a nivel comparativo de ambos tipos de opciones.

Tabla 2

Características a nivel comparativo de opciones reales y financieras

OPCION FINANCIERA	OPCION REAL
Se hacen sobre títulos que circulan en el mercado.	Se hacen sobre activos reales disponibles en el mercado.
En su mayoría no son emitidas por las empresas cuyas acciones son contingentes, sino por agentes independientes.	Estas son creadas o encontradas por los administradores de las empresas que controlan los activos objetos de la opción.
El agente que emite la opción no influye sobre las acciones (en términos de decisiones realizadas) de la empresa ni sobre el valor de sus activos (acciones).	La administración de la empresa propietaria del activo dispone de este a voluntad (derechos residuos de control).
El riesgo es completamente exógeno; la incertidumbre sobre la tasa de retorno del activo no puede ser manipulada por los agentes que compran y/o venden.	Las acciones de la empresa pueden afectar las acciones de la competencia y modificar la incertidumbre asociada a la opción real (propiedad monopolística o no del derecho a realizar la inversión).
Se basa en el arbitraje y en la formación de una cartera equivalente, la cual proporciona flujos idénticos a la opción.	Casi nunca forman carteras equivalentes, aunque se pueden modificar las fórmulas para considerar la no formación de esta cartera.
No depende de la revalorización esperada del activo subyacente.	El valor de esta opción depende de la revalorización esperada del subyacente.
Normalmente, el precio del ejercicio de una opción financiera es fijo.	El precio está asociado a los costos de la inversión; puede ser volátil, debido a que fluctúa con las condiciones de mercado, y los precios de insumos, activos o empresas de servicios.
El tenedor no está en condiciones de afectar el valor del activo subyacente (precio de la acción).	El valor de un proyecto puede modificarse por acciones deliberadas de la gerencia.

Nota. Tabla elaborada por Mendiola, Aguirre, Del Castillo, Ccopa, Flores & Ortiz (2014).

Tanto el valor de las opciones financieras como las reales aumentan a través del tiempo y la volatilidad del activo subyacente respectivamente, esto implica una mayor flexibilidad para tomar nuevas decisiones que sean conveniente para el proyecto de inversión puesto que existe un mayor índice de incertidumbre. (Venegas & Fundía, 2006)

OPCIONES REALES

Las opciones reales nacen del paralelismo de un proyecto de inversión y una opción financiera. Las opciones reales pueden ser de tres tipos. En primer lugar, diferir-aprendizaje, estas opciones permiten al propietario del proyecto aplazar su ejecución en un determinado plazo. Se puede adquirir información sobre un producto o mercado a cambio de un costo, el cual sería una opción de aprendizaje. En segundo lugar, inversión, ampliación, crecimiento. Estas opciones son de escala o alcance ya que, se apalancan del proyecto para incursionar en otros mercados vinculados. Por último, reducir, estas opciones permiten abandonar el proyecto en un determinado tiempo o por otro lado, reducirlo, por un coste de desinversión de proyecto.

A pesar de lo provechoso del método de las opciones reales, los gerentes no suelen utilizar dicho método al elegir algún proyecto o adquisición. Una de las principales razones es que no pueden seguir los pasos de la metodología en orden. Asimismo, han observado resultados favorables utilizando el VPN, además de ser un método sofisticado. Por el contrario, la principal razón para utilizar opciones reales es que facilitan herramientas que ayudan a ampliar la estrategia e integran flexibilidad al análisis. Además, las opciones reales hacen reflexionar sobre la incertidumbre y su valor en el tiempo. (Herrera R, Guames D, 2018)

Para los autores Baker, Dutta y Saadi (2011), el uso de las opciones reales en la evaluación de proyectos sirve para constituir una mejor visión estratégica de la empresa, lo que puede ser útil para estar prevenidos ante los cambios constantes que se pueden presentar en un mercado real. Además, proporciona flexibilidad a la hora de tomar decisiones, ya que se puede optar por elegir entre varias opciones, la que sea más conveniente. (Citado en Hernández, Güemes & Ponce, 2018)

Para Amram y Kulatilaka (2000), las opciones reales son consideradas una herramienta potencialmente útil para obtener un panorama más amplio sobre oportunidades de negocio en el futuro proporcionan una forma poderosa de pensar.

Los gerentes utilizan las opciones reales como un método que les ayuda a tomar decisiones, por ejemplo, tener mapeado los factores que se puedan atravesar en el futuro en un proyecto, ayuda a tomar acciones sobre ello, y esto con el tiempo genera que obtengan un mejor desarrollo del pensamiento estratégico, el cual los ayudará a anticiparse a los problemas y evitar que estos ocurran o que sus consecuencias no sean catastróficas. (Baker, Dutta & Saadi, 2011)

Según los autores Chance y Peterson (2002) indicaron que la información empírica que existe actualmente sobre opciones reales es realmente limitada y no es de mucha ayuda para la aplicación en el mercado real. También autores como Mathew, Datar y Johnson (2007) que, debido a la complejidad de las técnicas y la difícil adaptación de estas con las estrategias de una empresa, su uso llega a ser limitado. (Citados en Baker, Dutta & Saadi, 2011)

Según los autores Pareja, Prada & Moreno (2017), consideran que uno de los grandes inconvenientes para la aplicación de las opciones reales, es la complejidad matemática de este a diferencia del método del flujo de caja descontado, ya que para hallarlo se requiere tener calculados los seis parámetros, uno de estos parámetros es la volatilidad que muchos consideran difícil de estimar. Asimismo los autores Copeland y Antikarov (2001), concuerdan también que la estimación de la volatilidad de las opciones reales es un gran reto para muchos, ya que a diferencia de las opciones financieras que utilizan datos históricos para hallar la volatilidad, una opción real presenta las siguientes dificultades como por ejemplo, no se cuenta con data histórica para estimar la volatilidad, al tener una de las características principales que es la incertidumbre las opciones reales dependen mucho de cómo funciona el mercado y su cambio constante, los proyectos de inversión casi nunca son iguales lo que difícilmente es comparable con otros proyectos de mercado.

Existen tipos de opciones reales que son las presentadas a continuación:

- Opción de Abandonar:

Según los autores Gallardo y Andalaft (2013) este tipo de opción esta presenta en un proyecto donde se tiene la opción de decidir si se continua o no con la inversión; el propietario de la opción tiene un el derecho de vender, liquidar o cerrar un proyecto cuando este tiene un futuro bastante incierto, por un precio determinado. (citado en Gacia P., 2017)

El precio de este tipo de opción no se determina con la inversión inicial si no, se determina cuando la opción alcanzo su máximo valor en un determinado tiempo. (Calle A., 2008)

- Opción de Diferir:

Según el autor Mauboussin (1999) esta opción permite posponer la inversión en un proyecto con el fin de adquirir mayores conocimientos, habilidades o esperar a que las condiciones del mercado al que se dirige el proyecto mejoren, con este el inversionista adquiere aprendizaje con miras a un beneficio de su proyecto de inversión. (Citado en García, 2017)

- Opción de Expandir:

Si el proyecto de inversión está teniendo éxito en relación a su demanda se requiere de una ampliación de su escala. Además, proporciona al propietario de la opción adquirir una parte adicional a un determinado precio y como consecuencia el proyecto obtendrá un tamaño mayor a la inicial. (Mascareñas J., 1999)

Existen tres metodologías que nos ayudan a valorizar las opciones reales o en otras palabras hallar el precio que hay que pagar de una opción real. Dentro de estas metodologías se encuentran la simulación de Montecarlo, el modelo binomial y la teoría de Black and Scholes. (Calle y Tamayo, 2008)

1. Simulación de Montecarlo:

Según los autores Mun y Housel (2010) indican que esta metodología en la generación de números de manera aleatoria, los cuales son de gran utilidad para realizar estimaciones o pronósticos.

Este modelo además de que permite combinar varias incertidumbres, se utiliza para resolver problema o tomar decisiones que tienen movimientos no determinísticos y sometidos al azar, es por eso que el valor de las opciones reales mediante este método requiere de una simulación de datos mediante una distribución de probabilidades. (Mendiola, Aguirre, Castillo, Ccopa, Flores & Ortiz, 2014)

El método Monte Carlo trabaja mediante un sistema en el cual ingresa datos del tema que se desea abordar y genera valores. La simulación se puede generar varias veces hasta tener la seguridad de que variables elegir. Es una herramienta eficiente al momento de realizar estimaciones. Asimismo, es muy recomendable a la hora de gestionar la incertidumbre ya que, proporciona valiosa información producido a partir de las diferentes combinaciones de los sucesos establecidos en la simulación y su respectiva solución para el proyecto.(Landares, Ricco & Silveira, 2020)

2. Modelo Binomial:

Este método fue desarrollado por Cox, Ross y Rubinstein en 1979, su cálculo suele ser mucho más sencillo, y es uno de los métodos más utilizados debido a su versatilidad y fácil adaptación a los activos reales. (Méndez, Suárez, Mariano y Fernández, 2013)

Este modelo desarrollo distintas trayectorias que puede seguir el precio activo real o subyacente, esto puede calcular realizando el flujo de caja del mismo.

El método binomial es muy popular porque en cada periodo, tanto el valor presente de los flujos de efectivo esperados del proyecto subyacente, como los correspondientes valores de la opción real pueden calcularse, lo que permite tener alguna idea de las decisiones que se deben tomar en el futuro. En el modelo binomial los posibles valores del valor presente de los flujos de efectivo esperados son calculados de modo recursivo “hacia delante” comenzando con el valor presente de los flujos de efectivo esperados de la primera etapa. Los posibles valores de la opción real son calculados de modo recursivo “hacia atrás” comenzando con los posibles valores de la opción en la última etapa. (Venegas y Fundía, 2006, p. 378)

En la siguiente figura se observa la expansión de un árbol binomial de una etapa a otra, donde S_t es el valor esperado de los flujos y este al mismo tiempo puede tomar dos valores posibles representados por uS_t y dS_t .

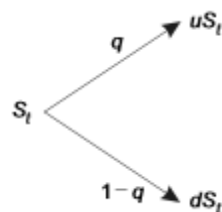


Figura 1: Expansión del árbol binomial para la etapa S_t por Venegas y Fundía (2006).

Por otro lado, S_t también puede expandirse a distintos periodos cada uno de longitud $(T-t)$, las distintas trayectorias pueden ser las que se muestra en la figura.

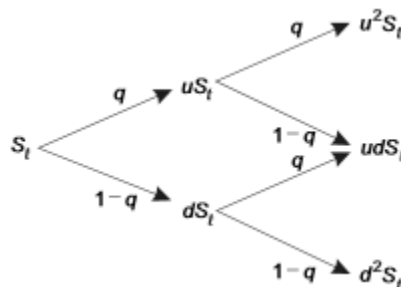


Figura 2: Expansión del árbol binomial de dos periodos para la etapa S_t

De los métodos de opciones reales existente, el método binomial es uno de los más entendidos por sus cálculos matemáticos sencillos. Este requiere menos conocimientos matemáticos que el modelo Black and Scholes. Asimismo, se representa por un árbol de opciones donde se visualiza todos los medios posibles que podría tomar el proyecto durante la vida de la opción. Este desglosa el tiempo del proyecto hasta el vencimiento, donde se conocen los resultados de todas las posibles opciones el cual tiene una flexibilidad dependiendo de la volatilidad. (Michailidis & Mattas, 2007)

3. Black and Scholes:

Este modelo permite estimar el valor de la opción real mediante una fórmula matemática, para autores como Mun(2006) , esta metodología es la que mas se acerca a la realidad . (García, 2017)

Para la opción call la fórmula es la siguiente:

$$C = SN(d1) - Ke^{Rf(T-t)} * N(d2)$$

Para la opción put la fórmula es la siguiente:

$$P = Ke^{-Rf(T-t)} * N(d2) - SN(-d1)$$

Sin embargo, para Copeland (2010) esta metodología en su mayoría es usada para opciones de tipo americana, donde usualmente hay pago de dividendos, existen además varios factores que generan incertidumbre y por último las opciones reales son de trayectoria dependiente, por lo cual su aplicación no puede ser muy utilizada aplicada a los casos reales de valuación de proyectos. (citado en García, 2017)

ESTADO DE LA CUESTION

Tomando en cuenta las ventajas y beneficios del método de opciones reales para evaluar proyectos de inversión, al largo del tiempo diversos autores han realizado estudios en diversas áreas para su comprobación.

Con el fin de poder responder a esta la hipótesis planteada al inicio del documento nos basaremos en diversas publicaciones y autores con sus respectivas investigaciones y puntos de vista acerca del tema, en primer lugar “La valoración de un proyecto de inversión biotecnológico como una opción real compuesta” escrita por Juan Mascareñas; En segundo lugar “Método de diferencias finitas en evaluación de opciones reales” escrita por Sebastián Otero G, Alejandro Andalaft C. y Evelyn Vásquez S. ; en tercer lugar “Opciones Reales en Inversiones Públicas: Un eslabón que falta” escrita por Sergio Alejandro Hinojosa; en cuarto lugar “Aplicación del método de opciones reales en la valoración de proyectos inmobiliarios” escrita por Eric Forcael, Alejandro Andalaft, Roberto Schovelin y Pablo Vargas; en quinto lugar “Evaluación de la conversión a café orgánico usando la metodología de opciones reales escrita por Gabriel Delgado Juárez y Pablo Pérez Akaki; en sexto lugar “Valorización de opciones reales: modelo Ornstein-Uhlenbeck” escrita por Álvaro Tresierra y Claudia Carrasco.

Según la investigación realizada en España por el autor Mascareñas (2005), el cual realizo una investigación en el área de biotecnología. Para llegar a la comercialización de los fármacos primero se debe pasar por fases de investigación y desarrollo, las cuales requieren de una gran inversión de dinero y en la mayoría de veces en estas aún no se genera ningún ingreso, además en cada fase se puede encontrar con algún riesgo externos que afecte al proyecto como la volatilidad de precios de materiales, es a aquí donde entra la flexibilidad operativa del proyecto y se valoriza mediante las opciones reales.

Según Kellog, Charnes y Demirer (1999) para desarrollar un fármaco se necesita pasar por siete etapas, el cuadro y el grafico del mismo se encuentra en el Anexo 1 y Anexo 2 respectivamente (Citado por Mascareñas, 2005)

Para el autor éxito de los fármacos se puede medir de la siguiente manera, de acuerdo si estos fueron un gran éxito o un fracaso total.

Tabla 3

Clasificación de los fármacos según el éxito o fracaso

CLASIFICACION ÉXITO/FRACASO DE LOS FARMACOS
1) Gran éxito: los fármacos que más rentable son para las empresas
2) Éxito: proporcionan buenos ingresos, pero sin llegar al gran éxito.
3) En la Media: proporcionan una ganancia normal
4) Fracaso: la rentabilidad que general es menor a la normal
5) Gran Fracaso: fármacos que no lograron alcanzar las ganancias esperadas en su etapa de comercialización.

Nota: Elaboración Propia. Fuente: Mascareñas 2005

Según los niveles mencionados en el cuadro anterior, el autor obtuvo el valor del actual neto de la elaboración de un fármaco en cada escenario.

Tabla 4

Valor actual neto según nivel de éxito

	Valor Actual	Coste	Prob	VA x Prob	Coste x Prob
Gran éxito	100,0	13,0	10%	10,0	1,3
Éxito moderado	42,9	13,0	20%	8,6	2,6
Regular	25,2	13,0	40%	10,1	5,2
Fracaso moderado	15,3	13,0	20%	3,1	2,6
Fracaso total	10,7	13,0	10%	1,1	1,3
			Total =	32,8	13,0
			D.T.=	24,6	

Nota. Elaborado por Mascareñas 2005

Según la imagen anterior el proyecto tiene un horizonte de 9 años y un VAN de 32,8 millones de euros y requiere de una inversión de 13 millones de euros.

El autor diseño un árbol de decisión donde se muestra la inversión que requiere el proyecto en cada fase.

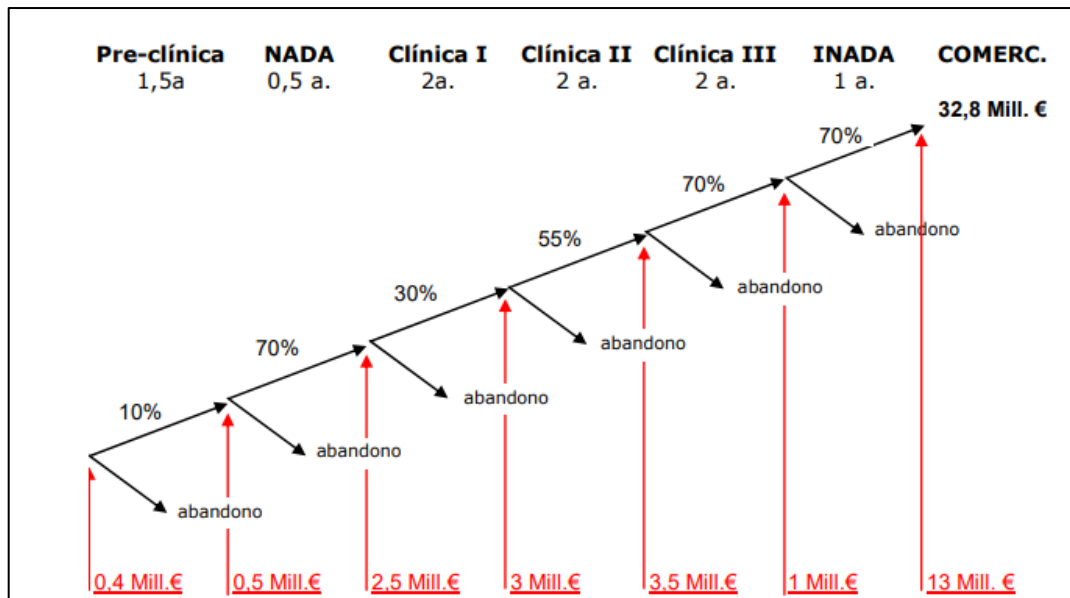


Figura 3. inversión de cada fase del proyecto, por Macareñas 2005

Un proyecto de inversión en biotecnología requiere de muchos años hasta su comercialización en el mercado y que requiere de flexibilidad para su puesta en marcha. Los autores Villiger y Bogdan (2005) concordaron también con Mascareñas que las opciones reales son de gran aporte en este rubro, su escaso uso para evaluar proyectos de esta índole se debe a que en ciertas ocasiones la flexibilidad es sobrevalorada lo que genera que en muchos casos se obtengan volatilidades de más del 80%, lo cual genera resultados demasiados altos y difíciles de creer, esto se debe a que las ventas en esta industria son difíciles de pronosticar ya sea por regulaciones de los gobiernos, las aplicaciones de los fármacos, entre otras. (Villiger & Bogdan, 2005)

Tabla 5

Valor actual neto del proyecto con opciones

VAN DEL PROYECTO CON OPCIONES (millones de euros)							
FASE	Inversión Inicial	Precio del ejercicio	Valor del activo subyacente	Tasa Libre de Riesgo	PERIODO	Volatilidad Anual	VAN
6	1 EUR	13EUR	29.53EUR	TEA 4%	1 año	93.59%	18.6 EUR
5	3.5 EUR	1 EUR	15.1 EUR	TEA 4%	2 años	138.22%.	14.36 EUR
4	3 EUR	3.5 EUR	14.36 EUR	TEA 4%	2 años	110.73%	9.36 EUR
3	2.5 EUR	3 EUR	7.6 EUR	TEA 4%	2 años	150.42%	6.33 EUR
2	0.5 EUR	2.5 EUR	6.01 EUR	TEA 4%	6 meses	132.61%	3.85 EUR
1	0.4 EUR	0.5 EUR	3.29 EUR	TEA 4%	1 año y medio	300.1%	3.21 EUR

Nota: Elaboración propia. Fuente: Mascareñas 2005

Tabla 6

Valor actual neto del proyecto sin opciones

Etapa	Probabilidad condicionada al éxito de la etapa precedente	Probabilidad acumulada de la etapa	FCL	FCF ponderado por la probabilidad	Fecha	VA
Preclínica		1	-0,4	-0,40	0,0	-0,40
NADA	0,1	0,1	-0,5	-0,05	1,5	-0,04
Clínica I	0,7	0,07	-2,5	-0,18	2,0	-0,14
Clínica II	0,3	0,021	-3,0	-0,06	4,0	-0,04
Clínica III	0,55	0,01155	-3,5	-0,04	6,0	-0,02
INADA	0,7	0,008085	-1,0	-0,01	8,0	0,00
Comercialización	0,7	0,0056595	19,8	0,11	9,0	0,04
VAN						-0,61

Nota: Elaborado por Mascareñas 2005

Sin embargo al concluir el autor nos dice que si bien los valores obtenidos fueron positivos obteniendo un valor actual del proyecto con opciones de 3.41 millones de Euros frente a un -0.61 millones de euros sin opciones, existe un 99% que el proyecto fracase y solo un 0.1% que tenga éxito, sin embargo esto se ha logrado con el pronóstico hecho y entonces gracias a la metodología de opciones reales se puede abandonar el proyecto. (Mascareñas, 2005)

Otra investigación realizada en el año 2008 en la ciudad de Concepción en Chile por los autores Otero, Andalft y Vásquez (2008), describen un caso real que fue propuesto por Becker (2001) para evaluar el proyecto de “Implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para controlar la cartografía de las plantaciones pertenecientes a Forestal Mininco S.A.”, el cual consistía en mejorar el análisis y desarrollo de la información de dicha empresa, y fue resuelto mediante la metodología del árbol binomial por Garrido 2003 citado en Otero, Andalft y Vásquez (2008). Los autores analizaron y resolvieron el mismo caso propuesto por Becker mediante la metodología de diferencias finitas, esta metodología propuesta por Brennan y Schwartz en 1985, este método a diferencia del método de Black and Scholes donde solo se pueden evaluar variables constantes en el tiempo, este permite evaluar coeficientes que son variables en el tiempo. En el caso se consideraron cinco tipos de opciones reales y consideraron un total de 32 combinaciones que pueden visualizarse en el Anexo 3.

Finalmente se puede observar la tabla del anexo 4 que a comparación de los resultados que se obtuvieron de las 32 combinaciones de opciones, los resultados utilizando la metodología del VAN tradicional son menores al VAN expandido de las opciones, con esto se puede concluir que una de las grandes debilidades de los métodos tradicionales es que no consideran la importancia de la flexibilidad operativa durante los años de un proyecto considerar esta variable genera un gran valor agregado a los proyectos, pues a simple vista un proyecto no puede parecer rentable pero si se analiza detenidamente las distintas condiciones del proyecto tanto favorables como desfavorable permita hacer frente a ellos y tomar las medidas respectivas así como una mejor toma de decisiones. (Otero, Andalft y Vásquez 2008)

En el 2010 se realizó otra investigación en Chile por el autor Hinojosa (2010), este explica el caso de la concesión para la construcción del puente sobre el canal de Chacao en Chile, el gobierno chileno tenía planeado invertir 300 millones de dólares en dicho proyecto, la

principal incertidumbre encontrada fue los riesgos de ingeniería, así como también financiamiento y los problemas geológicos. El contrato le indica al gobierno que este tiene la potestad de ejercer la opción de salida si este lo requiere. Finalmente, la concesionaria a cargo índico que la inversión ascendería a \$910 millones de dólares monto que sobrepasa lo estipula por el gobierno chileno por lo que el gobierno ejerce la opción de salida. Como conclusión el autor cuestiona si la teoría de opciones reales debería utilizarse en la evaluación de proyectos del sector público, en el cual concluyó que si es importante el uso de opciones reales como un complemento cuando exista la incertidumbre y flexibilidad como es el caso que el monto de la inversión sobrepasó lo estipulado por el gobierno chileno, esto ayuda que se tome una decisión.

El puente planea ser construido por el sector privado, el cual podrá tener la concesión de una duración de 35 años. El cual se adjudicó en el 2005 a una asociación de empresas de construcción e ingeniería. La inversión que realizó El Estado a la hora de la adjudicación fue de 410 millones de dólares. El plazo evaluado para terminar el proyecto fue de 5 años aproximadamente. Por otro lado, los ingresos de la concesionaria provienen del cobro de peajes por cruzar el puente, el cual varían cada año por la inflación anual y los distintos precios dependiendo del tipo de vehículo.

Este proyecto posee incertidumbre por los riesgos que pueden presentarse, como el riesgo de ingeniería que es principalmente de tipo geológico e ingresos. Para aplacar el primer riesgo El Gobierno de Chile ha propuesto la opción de abandono del proyecto, el cual puede ser efectuado tanto por el gobierno como por la concesionaria. En el segundo riesgo, se va considerar el IMG que es una garantía de ingresos mínimos que puede ser ajustada como una opción de venta put, referente a los ingresos del proyecto.

Tomando en cuenta la evaluación social y usando la metodología costo beneficio se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7

Puente sobre el Canal de Chacao-Indicadores de rentabilidad social

Indicador	Valor
TIR (real)	29.38%
VAN (10%) ³⁶ En Millones de USD	4,297

Nota: Elaborado por MOP 2003.

Además, se tomó en cuenta el análisis de sensibilidad con respecto a inversión, beneficios y crecimiento.

Tabla 8

Puente sobre el Canal de Chacao: Resumen de indicadores

Escenario	TIR	VAN (Millones de USD)
Inversión + 20%	28,02%	4,258
Beneficios por tiempo -50%	24,41%	2,052
Crecimiento del PIB Pesimista SDG	21,76%	2,044

Nota: Elaboración propia, Fuente: Adaptado de MOP 2003

Una acotación importante en la evaluación social es que no se ve de manera clara la incertidumbre y riesgos del proyecto. Por ello, se realiza un contrato en donde se implementan las opciones reales para mitigar riesgos. Este se separó en tres fases, la Fase 1 ingeniería, la cual está dividida en 3 subfases que se presentan en la tabla presentada en el anexo 5.

La Fase 2 construcciones, una vez se termine la fase 1, la concesionaria se responsabiliza del riesgo de construcción. Por lo cual debe abonar al gobierno una garantía de 40 millones de dólares y una contribución al capital por 50 millones de dólares. En esta misma fase y con el propósito de favorecer el financiamiento en dólares, el gobierno le otorga a la concesionaria una garantía por tipo de cambio opción compra call. Esta garantía le otorga una opción de compra call a la concesionaria con un precio 10% por encima del TC vigente, esto quiere decir que el inversionista recibe un pago si el dólar se aprecia más del 10%. Por

otro lado, el Gobierno ejerce la opción put dólares con un precio 10% por debajo del TC al cierre, entonces el Gobierno recibiría un pago si el dólar se deprecia más del 10%.

En el siguiente cuadro se puede observar la explicación anterior.

En la última fase 3, en esta fase se planea dividir los riesgos ocasionados por la incertidumbre, que se refiere al peaje durante el periodo de explotación. Esto se denomina IMG que es el financiamiento a lo de los ingresos mínimos garantizados.

Como resultado final la obra tuvo costos por 910 millones de dólares, muy por encima de los 300 millones de dólares que el Gobierno estaba presto a financiar. En consecuencia, el Gobierno decidió ejercer la opción de abandono por considerarlo perjudicial para el mismo. En ese sentido, no se prosigue a las subfases ni las opciones reales en la fase 2 y 3.

El mismo autor se refiere a que los proyectos para inversión pública son proyectos fundamentales para el desarrollo de un país, como la construcción de alcantarillados, carreteras, electricidad y agua potable. En ese sentido, para tomar las mejores decisiones la mayoría de los países optan por evaluar los distintos proyectos para contribuir a su economía. Asimismo, en los últimos años las opciones reales han sido utilizadas como complemento a la evaluación financiera tradicional, ya que consideran el método valor actual neto es incompleto, es por ello que aplicar esta metodología en este tipo de proyectos es de gran utilidad al evaluar una inversión.

Del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9

Opción	VAN tradicional	Valor de la opción	VAN expandido
Abandonar	UF4064	UF946	UF5010
Expandir	UF4064	UF1083	UF5147
Opciones en conjunto	UF4064	UF2029	UF6093

Nota. Elaboración fuente de Amram y Kuatilaka, 2000

Otra investigación también realizada en Chile por los autores Forcael, Andalaft, Schovelin y Vargas (2013), realizaron también un estudio en el mismo sector. El proyecto fue de un condominio que pertenece a los proyectos inmobiliarios del país de Chile ya sea de forma individual o de un proyecto grande que se divide en etapas. Este condominio consta de 38

casas individuales, con una medida de 50 a 75 m², el cual se llamará Proyecto Casas. Este proyecto cuenta con una estructura de costos e ingresos, también del promedio de la utilidad sobre la inversión y sobre las ventas. Para la ubicación y los precios de ventas del Proyecto Casas se tomaron en cuenta las proyecciones y estimaciones de la Cámara de Comercio de Chile sobre su informe inmobiliario.

El proyecto está situado en un lote de 5033 m² y 2270 m² construidos (considerando también el estacionamiento de cada casa). Además, las áreas verdes y comunes tienen 2763 m² y los precios oscilan entre UF900 y UF1596. Por otro lado, la primera opción a evaluar en el proyecto es la de abandonar, ya que una vez obtenido el permiso de edificación se comienza a vender, por lo que, dependiendo de las ventas del primer trimestre, se obtiene un indicador de la aceptación de las viviendas. Por ello, se evalúa la opción de abandonar con una inversión de $IA=UF1074$ que corresponde al pago de intereses más gastos de administración del financiamiento.

La segunda opción del proyecto es la de expandir el número de casas en el mismo terreno, en 50% que equivale a 19 casas en el 5to trimestre, ocupando el espacio que en un principio fue asignado para las áreas verdes y comunes. Además, es sin un financiamiento externo, con una inversión de $IE= UF 10109$. Los resultados obtenidos se pueden visualizar en el Anexo 6.

Finalmente, los autores Forcael, Andalaft & otros (2013) indican que la incertidumbre debería ser incluida de manera cuantitativa en la evaluación de proyectos del sector para poder tomar decisiones más eficientes. En el caso se presentó la construcción de un condominio en Chile, tomaron en cuenta dos opciones abandonar si es que no hay aceptación del público en la compra de las viviendas y la segunda opción es la de expandir en caso la acogida sea buena se construirán 19 viviendas más de las proyectadas inicialmente, Posteriormente al analizar el rendimiento mediante el método binomial, demostraron que al considerar las opciones en la evaluación, el valor del proyecto fue mejor al método del VAN.

Como se puede observar la VAN tradicional del proyecto fue mucho menor a la VAN de optar por ambas opciones, con esto se afirma que las opciones generan un valor agregado al proyecto a diferencia de los métodos tradicionales, el autor considera que las opciones reales son de gran utilidad en la evaluación de proyectos en el sector inmobiliario. (Forcael, Andalaft & otros 2013).

Otra investigación llevada a cabo en México, enfocada específicamente en el sector agrícola fue realizada por los autores Delgado y Akaki (2013), quienes realizaron un proyecto mediante la metodología de opciones reales aplicados a los costos del café orgánico en la ciudad de Veracruz en México, el proyecto fue realizado con el fin de comenzar a producir café orgánico en vez de producir el café tradicional, el cual utiliza productos agroquímicos, para ello se requiere una inversión y es lo que se evaluó en el proyecto.

La fase de transición dura alrededor de tres años y cada uno será representado mediante una opción, lo que al final se tendrá una opción compuesta. Cada año se evaluará si se seguirá o no con el proyecto.

Como se mencionó en el párrafo anterior se plantearon utilizar tres opciones reales de tipo abandono al finalizar cada año del proyecto, ya que esto permite que se analice el entorno económico, y facilita la toma de decisiones de que tan conveniente es seguir o no con el proyecto. Se aplicó el método binomial para la evaluación de la misma.

Tabla 10

Resultados de la investigación

VAN DEL PROYECTO S/OPCIONES	5 810.78
VAN DE LAS OPCIONES	76 547.55
VAN TOTAL DEL PROYECTO CON OPCIONES	82 358.33

Nota: Elaboración propia. Fuente Espinoza, (2009) citado en Delgada y Akaki (2013)

Del cuadro anterior se deduce que en el proyecto los resultados del van sin opción de abandonar y su resultado fue \$5,810.78 y el van con opción de abandonar el cual genero \$82,358.33, lográndose notar la diferencia entre las dos metodologías.

Finalmente, los autores indicaron que ante las diversas exposiciones al riesgo que puede tener el sector cafetalero en sus distintas etapas, el uso de esta metodología es de gran aporte,

ya que permite determinar mejores decisiones de inversión, pues es un sector que cambia constantemente. (Delgado y Akaki, 2013)

En la investigación de los autores Tresierra y Carrasco (2016) realizado en Perú, los cuales hicieron una investigación acerca de la aplicación de opciones reales en la evaluación de proyectos de inversión en minería, con el fin de facilitar a los inversionistas la toma de decisiones para proyectos auríferos mineros.

Para hallar el flujo de caja del proyecto se utilizaron dos metodologías, para hallar los ingresos se aplicó el modelo de Ornstein-Uhlenbeck, el cual se utiliza para determinar el precio de los commodities, este modelo es un complemento al modelo browniano, el cual consiste en un proceso estocástico que describe la velocidad de una partícula browniana bajo la influencia de una fricción. Según los autores Lucia y Schwartz (2002) este modelo ha sido utilizado en varias investigaciones sobre proyectos de inversión con opciones reales. (Citado en Tresierra y Carrasco 2016). Este modelo fue utilizado empíricamente debido a que no se obtuvo información exacta sobre el crecimiento del precio del oro. Se propusieron dos escenarios uno alcista en donde se utilizó un precio promedio del oro de \$2000 y uno bajista donde el precio promedio fue US\$ 1 450. Por otro lado, para la estimación de egresos se tomó como referencia datos históricos de los flujos de caja de la Minera aurífera Poderosa S.A ubicada en Trujillo, se proyectaron costos de ventas (70% fijos y 30% variables), gastos operacionales del proyecto que consisten netamente en gastos de explotación y desarrollo, gastos de administración y ventas.

Los resultados obtenidos se realizaron bajo una opción de cierre temporal de las operaciones del proyecto minero, en este tipo de sectores cuando no existe ingresos suficientes para hacer frente a los costos y gastos incurridos en el proyecto se puede proceder a realizar un cierre temporal del proceso y volver a producir cuando la situación mejore.

Tabla 11

Resultados obtenidos en escenario alcista y escenario bajista

Escenario	Alcista	Bajista
VAN SIN OPCION	-99.203	-119.118
VAN CON OPCION	52.307	38.994

Nota. Elaboración propia. Fuente Tresierra & Carrasco, 2016 Valorización de opciones reales: modelo Ornstein-Uhlenbeck, Lima, Perú

Con los resultados de los valores esperados en el cuadro anterior se concluye que el valor de la opción sería de 151 510 millones de dólares, en un escenario bajista sería de 158 112 millones de dólares. Esto demuestran que a diferencia de la metodología tradicional del flujo de caja descontado y la VAN, este modelo de opciones reales funciona en situaciones de altos niveles de incertidumbre como son los proyectos mineros, además describen que el futuro es considerado una oportunidad que genera valor a muchas compañías de este rubro. (Tresierra & Carrasco, 2016)

Estudios más recientes como el de los autores Hoo, Beom & Kim (2019), sobre la planificación de infraestructura para los recursos hídricos a partir del cambio climático en el caso de la presa de Boryeong que está ubicada en la provincia de Chungcheongnam-do en el país de Corea del Sur. Esta presa suministra de agua dulce a 8 ciudades y zonas vecinas. En dicha provincia hubo nueve sequías entre los años de 1968 al 2012 y desde el 2014 sufrió una sequía severa que duró varios años. Los niveles de la etapa grave reflejan niveles de sequía extrema del plan de contingencia del gobierno.

Este plan impone la restricción de suministros de agua desde octubre del 2015 a febrero del 2016. En consecuencia, 480 mil personas padecieron la escasez de agua potable. Asimismo, hubo daño en el sector agrícola debido a la falta de agua, causando daño en los cultivos. Para detener los daños, el gobierno coreano decidió construir un conducto de agua que enlace la presa de Boryeong (aguas arriba) con la presa con Baekje (aguas abajo) en el río Geum en 2015.

Los costos estimados para la construcción y operación es de 58 millones de dólares, además un millón de dólares por año. Se han observado las series de entrada por 500 años y la tendencia relativa es de 0.025 anualmente y una tendencia relativa inferior es de 0.08 mensuales. Este proyecto es muy controversial debido a su inversión económica y el agua que es un derecho para los ciudadanos. Por ello, este estudio planea evaluar su viabilidad empleando las opciones reales.

Este método es indicado cuando hay incertidumbre, en este caso el clima tiene un papel muy importante que no puede pasar desapercibido a la hora de tomar una decisión. Debido a que puede haber épocas de sequías, para ello el plan de contingencia de la presa Boryeong se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12

Plan de contingencia de la presa Boryeong

Dam reference elevation	Contingency plan (Water supply restriction)
Normal	No restriction (flexible additional release)
Concern	No restriction
Caution	Restriction on environmental flow (up to 100%)
Warning	Restriction on agricultural water supply (up to 100%)
Severe warning	Restriction on municipal and industrial water supply

Nota: Fuente Chungnam Institute, 2016

Según la tabla la cantidad de escape de agua está restringida para prevenir el desgaste del almacenamiento de agua de la presa.

Además, la probabilidad de que ocurra una sequía se calcula con las series de entrada observadas de las presas por los 500 años, sus entradas mensuales son generadas por un modelo periódico de donde se obtiene un promedio. Posteriormente, las series mensuales se evalúan por un modelo de depósito de sequía que aparece en la tabla 3 y los días por año se calculan cuando el acopio de la presa está por debajo de la advertencia severa. Si asumimos que el año 2015 fue un año de sequías y este obtuvo más de 135 días por la etapa de advertencia severa se considera un año de sequía severa, por el contrario, es este es menor a los 135 días es una sequía moderada y si se mantiene se considera un año normal. Como

resultado de la simulación se obtuvo que la probabilidad de sequía severa es de 1.43% y 4.90%.

Existente varias opciones que se podría utilizar usando el enfoque del árbol de decisiones. Según Trigeorgis se podría elegir entre la opción de invertir, retrasar, y abandonar. En la presente investigación si se opta por la opción de invertir, se realiza el proyecto en ese año y comienza a operar desde el siguiente año hasta la conclusión del planeamiento. Pero, si se opta por la opción de retrasar, la construcción del proyecto se aplaza hasta el año siguiente.

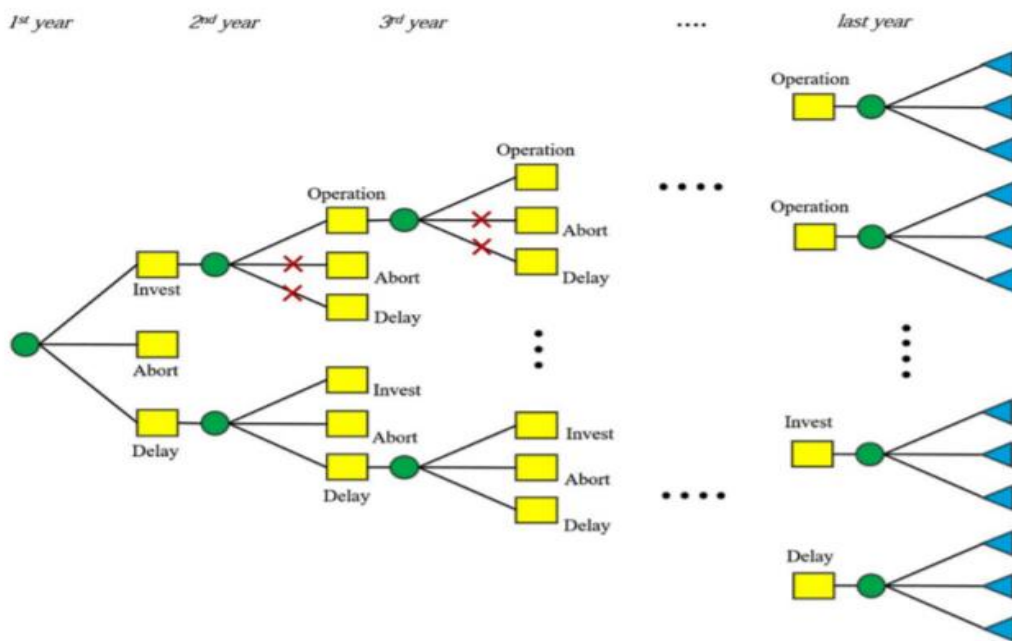


Figura 4. Árbol de decisiones en base de tres opciones: invertir, retrasar, abandonar por Sun Hoo, Seung Beom and Young-Oh Kim (2019)

Por otro lado, si se decide abandonar el proyecto, no se realiza ninguna inversión. Como se observa en la figura 2, desde el primer año las tres opciones son consideradas.

Tabla 13

Results of BCA for Boryeong Dam Conduit Project

Models	DFC _{KDI}	DFC _{VALID}	DFC _{UNC}	ROA _{UNC}	DFC _{UNC,S}	ROA _{UNC,S}
Total benefit	NPV	NPV	NPV	ENPV	NPV	ENPV
(millón USD)	-83.4	-83.0	-89.3	-2.0	-94.3	-79.5

Nota: Sun Hoo, Seung Beom and Young-Oh Kim (2019)

En la tabla 13 se muestran todos los resultados del proyecto. El estudio tomó como modelo el proyecto de la presa que se realizó en el 2016 tomando los datos de costo e inversión el cual ya tenía un VPN que lo ponen en el estudio como DCF KDI que como dato tiene un resultado de -83.4. Luego el mismo VPN, pero mejorado tiene un resultado de -83.0 y lo llaman DCF VALID el cual como se puede observar no tiene casi ninguna diferencia. Lo cual verifica que el modelo avanzado utilizando el árbol de decisiones es confiable ya que se asemeja a su primer VPN.

Siguiendo con la evaluación le añaden la incertidumbre climática y lo llaman DCF UNC el cual tiene un resultado de -89.3 aquí si hay una diferencia de 7% que equivale a 5,9 millones de dólares si se compara con el DCF KDI. Entonces se puede deducir que hubo una sobre estimación del proyecto al no considerar la incertidumbre del clima. Asimismo, se evalúa con las opciones y le llaman ROA UNC el cual optó que abandonar es la mejor opción económica para el proyecto en comparación con los otros resultados, aun así, siga siendo negativo.

Este resultado se da porque los costos de daño estimados por una posible sequía tienen un resultado menor que los gastos totales de la construcción y operación del conducto en toda la planificación. El OP por la opción abandonar fue de 81.4 millones de dólares. Lo que demostró que se economiza una gran suma de dinero si se decide cancelar el proyecto del conducto. En ese sentido, añadiendo el costo de carga por la sequía el VPN disminuyó como era previsto. No obstante, no hay mucha diferencia en ellos DCF UNC y el DCF UNC S (con sequía). Ello es debido a que el conducto es capaz de aliviar de manera considerable la carga de la sequía.

Por otra parte, si hay una gran diferencia entre el ROA UNC y el ROA UNC S porque al añadirle una carga por escasez de agua este ROA UNC S eligió la opción de invertir. Esta carga por la probabilidad de sequía genera un estrés mental que tiene un papel importante en el ROA. A pesar de ello, el ROA sigue determinando que el proyecto no es económicamente viable de construir para el horizonte planificado.

Finalmente, este estudio desarrolló una nueva perspectiva de la evaluación en la planificación de infraestructura de recursos hídricos empleando el ROA con el método del árbol de decisiones, al reevaluar el proyecto de la presa Boryeong. Asimismo, se incorporó

el análisis de sensibilidad que puede indagar con otras condiciones que podrían cambiar y mejorar el proyecto actual. Como se mencionó al principio del estudio, la presa de Boryeong generó conmoción en todo el país por su gran costo de inversión.

A pesar de ello, el conducto se llevó a cabo en el año 2016 el cual actualmente provee de agua a la presa de Boryeong. No obstante, al reevaluar el proyecto se descubrió que la opción abandonar sería la más viable económicamente para obtener la menor cantidad de pérdida a lo largo del horizonte planificado. Si solo se enfoca desde la perspectiva tradicional como el DCF no se podría ver todas las opciones adaptativas que genera el árbol de decisiones. Para ello, debe emplearse el ROA ya que toma en cuenta la incertidumbre de un clima cambiante, siendo esta la mejor opción.

A pesar de que, los gastos del proyecto, instalación, operación y mantenimiento fueron tomados del informe existente del KDI 2016 aún queda incertidumbre por varios costos de estimación por los mismos. Además, las opciones pueden ser utilizadas en todo el horizonte del proyecto, si más adelante hay un cambio en las probabilidades de sequía después de la instalación se pueden dar la opción de “detener” y “reanudar”. Por lo tanto, el modelo ROA se puede ampliar si hay datos y suposiciones adecuadas.

Conclusiones y Discusión

El mundo actual se caracteriza por el constante cambio, la competencia entre empresas y sobre todo la incertidumbre de no saber con certeza el impacto de este en el futuro tanto a nivel económico, climático o político. En este caso los gerentes de las empresas deberían tener una visión más amplia a la hora de evaluar financieramente diversos proyectos de inversión, una de las herramientas que es de gran utilidad en situaciones de alto índice de incertidumbre son las opciones reales.

Luego de haber revisado diferentes investigaciones, gran parte de estos autores han llegado a la conclusión que el modelo de opciones reales da una mayor visión del proyecto, dándole un mayor valor agregado al mismo. La importancia de estas en proyectos de inversión es de mucha utilidad para obtener resultados más acordes a la realidad. Por otro lado, la importancia radica que, si no se evaluaran algunos proyectos con la metodología de opciones reales, la evaluación por el método tradicional del VAN indicaría que este no es factible, mientras que por opciones reales se observa que hay valor en otras opciones.

Pero ¿Por qué actualmente las opciones reales no es el método más utilizado al evaluar proyectos de inversión? Esto se debe a que es considerado un método más sofisticado debido a su alta complejidad matemática, la cual dificulta para muchos su comprensión y adaptación al proyecto que se quiere evaluar, a comparación de las metodologías tradicionales como la VAN y la TIR. Por otro lado, una de las ventajas de esta metodología es que se caracteriza por ser aplicable en sectores económicos donde existe alto índice de volatilidad e incertidumbre, estas brindan la flexibilidad a los inversionistas de poder adaptarse a las condiciones que se presenten en el mercado. Además, permite tomar decisiones más eficientes y de forma estratégica por su variedad y consideración de información más real.

Como se logró identificar en este trabajo de investigación los estudios analizados por los diferentes autores coinciden en que esta metodología de opciones reales son altamente aplicables en sectores de construcción, inmobiliario, biotecnología, minería y agricultura, ya que estas contienen componentes de incertidumbre, si estas son utilizadas con los métodos tradicionales como la VAN, pueden ser infravaloradas y darse de baja cuando muchas veces las opciones pueden otorgar un valor agregado a los proyectos de inversión.

Por otro lado, los diversos estudios realizados en el sector construcción e inmobiliario por autores como Hinojosa, Forcael, Andalaft, Schovelin y Vargas coinciden que esta metodología tiene un papel relevante en este sector, ya que la actividad de construir se reduce cuando hay un aumento de incertidumbre, esto confirma como la flexibilidad de un proyecto puede llevar a tomar decisiones más convenientes sea favor o no del proyecto. En sectores como el de biotecnología donde para llegar a la comercialización de un fármaco se requiere de pasar por varias fases, y en cada una se puede encontrar con algún riesgo externo que afecte al proyecto, es a aquí donde entra la flexibilidad operativa del proyecto y se valoriza mediante las opciones reales.

Además se evidencio que los resultados obtenidos al realizar la evaluación de los proyectos con opciones reales son mayores en comparación a los obtenidos solo con el uso de la VAN, la diferencia de los resultados se debe al factor flexibilidad, ya que en un proyecto a largo plazo este genera valor agregado a los mismos pues muchos proyectos pueden parecer no ser rentable en un inicio pero si se analiza los componentes del proyecto así como las condiciones del mismo un resultado que puede parecer desfavorable puede convertirse en uno con gran índice de rentabilidad .

Referencias

Alexander, C., Chen, X. (2019). Model risk in real option valuation. *Annals of Operations Research*, 1-31. doi:10.1007/s10479-019-03273-4

Brendao, L., Dyer, J. (2005). Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation. *Annals of Operations Research*, 135, 21–39.

Calle, A.M. y Tamayo, V.M. (2009). Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales* 25, N°111, 107-126

Choi, J., Ming, J., Masaaki, K., Trigeorgis I., & Zhang, X. (2018). Flexibility as firm value driver: Evidence from offshore outsourcing. *Global Strategy Journal*, 8, 351–376. doi:10.1002/gsj.1181

Delgado & Akaki (2013). Evaluación de la conversión a café orgánico usando la metodología de opciones reales. *Contaduría y Administración*, 58(1), 87-115. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0186-10422013000100005&lng=es&nrm=iso

Forcael, E., Andalaft, A., Schovelin, R. y Vargas, P. (2013). Aplicación del método de opciones reales en la valoración de proyectos inmobiliarios. *Obras y Proyectos* 14, 58-70

García, E. (2017). Aplicación de opciones reales en la valoración financiera de un campo petrolero. *Odeon*, 12, 7-54. doi: <https://doi.org/10.18601/17941113.n12.02>

Garrido, I., & Andalaft, A. (2003). EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN BASADA EN LA TEORÍA DE OPCIONES REALES. *Revista Ingeniería Industrial*, 1, 83-90. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3996606.pdf>

Gupta, J., & Chevalier, A. (2005). Pertinence of Real Options Approach to the Valuation of Internet Companies. *Operational Research An International Journal*, 2 (2), 187-207.

Han, H. (2007). ESTIMATING PROJECT VOLATILITY AND DEVELOPING DECISION SUPPORT SYSTEM IN REAL OPTIONS ANALYSIS (Tesis para optar por el grado de doctor en Filosofía, Universidad de Auburn, Alabama). Recuperado de https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/147/Han_Hyun_51.pdf?sequence=1&id=147&Allowed=y

Hinojosa, S. (2008). *Opciones Reales en Inversiones Públicas: Revisión de literatura, desarrollos conceptuales y aplicaciones*. Tesis doctoral Escuela Superior de Administración y Dirección de Empresas ESADE, Barcelona

Hernández, R., Güemes, D., & Ponce, I. (2018). A real option based model for the valuation of patent protected technological innovation projects. *World Patent Information*, 53, 24-38. doi:10.1016/j.wpi.2018.05.002

Laudares A., Ricco M., Silveira dos Santos R. (2020). Monte Carlo Simulation Applied to Risk Management in Logistics' Procurement for Defense Projects. *Operations Management for Social Good. POMS 2018. Springer Proceedings in Business and Economics*. Springer, Cham. pp 851-861

Majd, S. and Pindyck, R. (1987). Time to Build, Option Value, and Investment Decisions. *Journal of Financial Economics* 18(1), 7-27

Mascareñas, J. (2018). Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión. *Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas*, 30, 1-24. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=2316027>

Méndez, M. & Fernández, P. (2013). Opciones reales: métodos de simulación y valoración. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcsp/detail.action?docID=3215424>.

Michailidis A. & Mattas K. (2007) . Using Real Options Theory to Irrigation Dam Investment Analysis: An Application of Binomial Option Pricing Model. *Water Resour Manage*, 21:1717–1733. DOI 10.1007/s11269-006-9122-3

Nichols, G., Lewis, N., Zhang, L., & Zhuoyuan, J. (2014). Breakeven Volatility for Real Option Valuation. *Engineering Management Journal*, 26 (2), 49-62.

Otero, S., Andalaft A., & Vásquez, E. (2008). El método de diferencias finitas en evaluación de opciones reales. *Revista chilena de ingeniería*, 16 (2), 232-243.

Pareja, J., Prada, M., & Moreno, M. (2019). Volatilidad en Opciones Reales: Revisión Literaria y un Caso de Aplicación en el Sector Petrolero Colombiano. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 27, 136-155. Recuperado de www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2820

Sun Hoo, Seung Beom and Young-Oh Kim (2019) Valuation of Water Resources Infrastructure Planning from Climate Change Adaptation Perspective using Real Option Analysis. *KSCE Journal of Civil Engineering* (2019) 23(6):2794-2802 DOI 10.1007/s12205-019-1722-6

Titman, S. (1985). Urban land prices under uncertainty. *The American Economic Review* 3(75), 505-514

Trigeorgis, L. (1993). Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *Financial Management*, 22 (3), 202-224. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/3665939>

Tresierra, A. & Carrasco, C. (2016). Valorización de opciones reales: modelo Ornstein-Uhlenbeck. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 21, 56-62. doi: 10.1016/j.jefas.2016.07.001

Zapata, C. (2019). Valoración de opciones reales con múltiples incertidumbres mediante modelos k-dimensionales. *Odeon*, 16, 97-121. doi: <https://doi.org/10.18601/17941113.n16.05>

Anexos

ANEXO 1

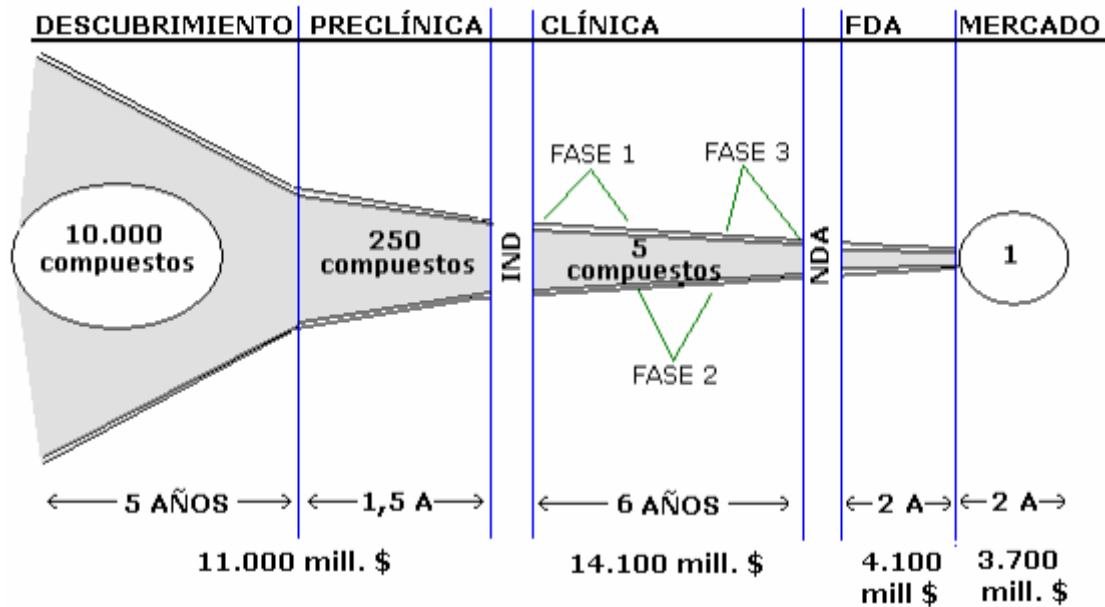
El siguiente cuadro muestra las etapas del desarrollo de un fármaco por Mascareñas 2005.

ETAPA	ACTIVIDAD
1. Descubrimiento	Desarrollo e investigación de la nueva entidad molecular, en esta etapa puede llegar a patentarse la NEM.
2. Pre-clínica	Se realizan estudios de la nueva entidad molecular y se presenta los estudios para que esta pueda continuar y posteriormente se desarrolle como fármaco.
3. Fase clínica I	Se realizan las pruebas entre 20 a 80 personas, para acumular información sobre sus efectos.
4. Fase clínica II	Se realiza las pruebas a una mayor cantidad de personas entre 100 y 300.
5. Fase clínica III	Se aplican pruebas a gran escala y se analizan si estas tienen alguna reacción negativa.
6. Archivo y revisión en la FDA	Se envía la información a las entidades correspondientes para que se apruebe la comercialización del fármaco.
7. Post-aprobación	Se inicia la comercialización del fármaco, y a su vez se sigue realizando investigaciones del mismo para apoyar su venta.

Elaboración propia 2020. Adaptado de Mascareñas 2005.

ANEXO 2

La siguiente grafica muestra las etapas del desarrollo de un fármaco, por Mascareñas 2005



ANEXO 3

Tipo de opciones reales para la Implementación de un sistema de información geográfica

(SIG) para controlar la cartografía de las plantaciones pertenecientes a Forestal Mininco

S.A.”,

Tipo de Opción	Descripción
Opción de esperar (E)	Para un período hasta $T_1 = 1$ para realizar la inversión inicial $I_0 = US\$ 201.500$.
Opción de abandonar (A)	Sin realizar la inversión en el año 1, pero con una nueva inversión $I_1 = US\$135.900$

Opción de contraer (C)	Contraer el 30% del proyecto en el año generando un ahorro $I_c = US\$ 75.000$.
Opción de expandir (X)	Expandir el proyecto en el tercer año en un 20% con una inversión $I_e = US\$50.000$
Opción de cambio (K)	Considerar en el cuarto y quinto año una mejor alternativa con un valor de salvamento del proyecto $K = US\$200.000$

Elaboración Propia: Fuente Otero, Andalft y Vásquez (2008)

ANEXO 4

Alternativa	Opciones	VAN Tradicional	VAN Expandido						
			ABTL	DFI 1	DFI 2	DFI 3	DFI 4	DFI 5	DFI 6
1	-	79,6	79,6	79,6	79,4	79,4	77,9	78,1	78,5
2	E	79,6	281,1	79,6	79,4	79,4	77,9	78,1	78,5
3	A	79,6	114,1	140,5	140,0	140,0	310,0	610,4	1223,6
4	C	79,6	92,5	120,4	120,4	120,5	205,2	341,1	611,5
5	X	79,6	126,9	146,5	146,6	146,7	216,0	325,8	543,2
6	K	79,6	121,8	247,0	246,7	246,7	659,6	1318,9	2627,8
7	E+A	79,6	315,6	140,5	140,0	140,0	310,0	610,4	1223,6
8	E+C	79,6	294,0	120,4	120,4	120,5	205,2	341,1	611,5
9	E+X	79,6	328,4	146,5	146,6	146,7	216,0	325,8	543,2
10	E+K	79,6	323,3	247,0	246,7	246,7	659,6	1318,9	2627,8
11	A+C	79,6	127,0	154,3	153,7	153,8	343,7	668,7	1327,7
12	A+X	79,6	161,4	204,4	203,8	203,8	431,9	819,3	1602,6
13	A+K	79,6	156,3	247,0	246,7	246,7	659,6	1318,9	2627,7
14	C+X	79,6	139,7	186,7	186,9	187,0	340,3	582,8	1064,0
15	C+K	79,6	125,5	248,6	248,1	248,1	660,8	1319,7	2628,2
16	X+K	79,6	170,5	317,6	317,1	317,1	813,7	1604,7	3175,1
17	E+A+C	79,6	328,5	154,3	153,7	153,8	343,7	668,7	1327,7
18	E+A+X	79,6	362,9	204,4	203,8	203,8	431,9	819,3	1602,6
19	E+A+K	79,6	357,8	247,2	246,7	246,7	659,6	1318,9	2627,7
20	E+C+X	79,6	341,2	186,7	186,9	187,0	340,3	582,8	1064,0
21	E+C+K	79,6	327,0	248,6	248,1	248,1	660,8	1319,7	2628,2
22	E+X+K	79,6	372,0	317,6	317,1	317,1	813,7	1604,7	3175,1
23	A+C+X	79,6	174,2	218,7	218,2	218,2	468,8	885,8	1724,6
24	A+C+K	79,6	160,0	248,6	248,1	248,1	660,8	1319,7	2628,2
25	A+X+K	79,6	205,0	317,6	317,1	317,1	813,7	1604,7	3175,1
26	C+X+K	79,6	174,0	318,9	318,4	318,4	814,7	1605,5	3175,6
27	E+A+C+X	79,6	375,7	218,7	218,2	218,2	468,8	885,8	1724,6
28	E+A+C+K	79,6	361,5	248,6	248,1	248,1	660,8	1319,7	2628,2
29	E-A+X+K	79,6	406,5	317,6	317,1	317,1	813,7	1604,7	3175,1
30	E+C+X+K	79,6	375,5	318,9	318,4	318,4	814,7	1605,5	3175,6
31	A+C+X+K	79,6	208,5	318,9	318,4	318,4	814,7	1605,5	3175,6
32	E+A+C+X+K	79,6	410,0	318,9	318,4	318,4	814,7	1605,5	3175,6

Fuente: Otero, Andalft y Vásquez (2008)

ANEXO 5

Cuadro 5: Puente sobre el Canal de Chacao: Tipología de opciones reales

Sub Fase	Descripción Subfase	Variable de Riesgos	Descripción de la Opción	Precio
1	La concesionaria deberá ejecutar todos los sondeos y prospecciones necesarios para complementar la totalidad de los estudios y requerimientos para la ingeniería definitiva. Adicionalmente deberá entregar un informe incluyendo la opinión de la concesionaria en relación con la conveniencia o no de continuar con las actividades asociadas a las subfases siguientes.	Sobrecostos y sobreplazos debido a riesgo de geología y condiciones del fondo marino, tomando como referencia un presupuesto de 410 millones de dólares	El Estado tiene la opción de colocar término anticipado al contrato de concesión debido a la inconveniencia para el interés fiscal de continuar adelante con las siguientes fases	USD 3 millones
2	La concesionaria deberá desarrollar y presentar todos los parámetros de diseño que sean necesarios y requeridos para la ingeniería definitiva de todas las obras. Además, deberá entregar un presupuesto con el costo total del puente. Este monto deberá incluir todos los costos asociados al diseño, construcción, mantenimiento, y explotación de la Concesión, incorporando los respectivos costos financieros.	Sobrecostos en cubicaciones, precios unitarios de materiales y costos del financiamiento para la etapa de construcción tomando como referencia un presupuesto de USD 410 millones.	El Estado tiene la opción de colocar término anticipado al contrato de concesión debido a la inconveniencia para el interés fiscal de continuar adelante con las siguientes fases dado que el costo total presentada por la concesionaria supera el monto de 609 millones de dólares, valor máximo que el Estado puede garantizar para la etapa de construcción.	USD 3 millones
3	La concesionaria deberá desarrollar todos los proyectos de ingeniería definitiva de todas aquellas obras y la estructura financiera definitiva necesaria para materializar esta obra.	Sobrecostos de construcción y de tasa de interés de financiamiento tomando como referencia un presupuesto de USD 410 millones.	El Estado tiene la opción de colocar término anticipado al contrato de concesión debido a la inconveniencia para el interés fiscal de continuar adelante con la fase 2 de Construcción dado que el costo total presentada por la concesionaria supera el monto de 609 millones de dólares, valor máximo que el Estado puede garantizar para la etapa de construcción.	USD 20 millones

ANEXO 6

VAN del proyecto sin opciones

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	4688								
Operador	0.9385								
P	0.6001								
$1 - P$	0.3999								
								38240.7	47247.1
						25051.1	30951.1	25087.6	30996.2
				16410.8	20275.8	16434.6	20305.3	16458.6	20334.9
		13282.5	16410.8	13301.8	16434.6	13321.2	16458.6	13340.6	16458.6
	10750.5	8713.9	10766.2	8726.6	10781.8	8739.3	10797.5	8752.0	10797.5
4064	7052.8	5716.7	7063.1	5725.0	7073.4	5733.4	7083.7	5741.7	7083.7
			4633.7	3755.9	4640.4	3761.3	4647.2	3766.8	4647.2
					3044.3	2467.6	3048.8	2471.2	3048.8
							2000.1	1621.2	2000.1
VAN	4064								1621.2

Elaboración propia: Fuente, Tabla 3 VAN del proyecto de casas sin opciones

VAN expandido del proyecto considerando la primera opción de abandonar

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	4688								
Operador	0.9385								
P	0.6001								
1=P	0.3999								
Opción de Abandono			1074						47247.1
							38240.7		
						30951.1		30996.2	
					25051.1		25087.6		
				20275.8		20305.3		20334.9	
			16410.8		16434.6		16458.6		
		14356.5		13301.8		13321.2		13340.6	
	11758.5		10766.2		10781.8		10797.5		
5010		9787.9		8726.6		8739.3		8752	
	8060.7		7063.1		7073.4		7083.7		
		6790.7		5725		5733.4		5741.7	
			4633.7		4640.6		4647.2		
				3755.9		3761.3		3766.8	
Van	4064				3044.3		3048.8		
Van Expandido	5010.1					2467.6		2471.2	
Valor de la Opción	946						2000.1		
								1621.2	

Elaboración propia: Fuente, Tabla 4 valor de la opción de abandonar el proyecto de casas

VAN expandido muestra la segunda opción de expandir el proyecto

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	4688								
Operador	0.93385								
P	0.6001								
1=P	0.3999								
Op. de Exp.						10109			47247
							3095.1	38241	30996
						27467.7		25088	
				21637			20305.3		20335
			17177		1634.6			16459	
		14788		13302		13321.2			13341
		12002	10766		10781.8		10798		
	5147		9787.9	8726.6		8739.3		8752	
		8061	7063.1		7073.4		7083.7		
			6790.7		5725		5733.4		5742
				4633.7		4640.4		4647.2	
					3755.9		3761.3		3767
Van	4064					3044.3		3048.8	
Van Expandido	5147						2467.6		2471
Valor de la Operación	1083							2000.1	
									1621

Elaboración propia fuente Tabla 5 Valor de la opción de expandir el proyecto de casas