

Opciones reales y su aplicación en la valoración de proyectos TI

Real options and its application in IT project valuation

Nahur M. Meléndez Araya^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-9414-9145>

Nahur J. Meléndez Castillo²  <https://orcid.org/0009-0000-5709-4907>

Recibido 09 de diciembre de 2024 aceptado 09 de Mayo de 2025

Received: December 09, 2024 Accepted: May 09, 2025

RESUMEN

Los entornos en los que se desarrollan los proyectos de inversión TI son bastantes inciertos debido a que durante el período en el que se lleva a cabo la inversión se presentan modificaciones tanto de las variables microeconómicas como de las macroeconómicas, como son los casos de la inflación, las tasas de interés y el producto interno bruto, entre otros. Las opciones reales se convierten en una herramienta fundamental y complementaria a la hora de evaluar financieramente los proyectos de inversión TI al aportar al cálculo del VPN valores del mundo real, lo cual otorga una visión más estratégica sobre el momento en el que se deben tomar las decisiones. En este contexto el presente trabajo presenta una recopilación sobre la temática de opciones reales y su utilización en la valorización de proyectos de inversión TI. El análisis de las opciones reales permite considerar inversiones que inicialmente serían rechazadas si fueran valuadas bajo las técnicas tradicionales de evaluación, por lo que la aplicación de esta herramienta será de valiosa aplicación para fomentar inversiones más eficientes.

Palabras clave: Opciones reales, incertidumbre, valor del proyecto, volatilidad cambiante, evaluación de riesgos.

ABSTRACT

The environments in which investment IT projects are developed are often characterized by significant uncertainty. Throughout the investment period, various microeconomic and macroeconomic variables –such as inflation, interest rates, and gross domestic product– are subject to change. In this context, real options become a crucial and complementary tool for the financial evaluation of investment IT projects. Unlike traditional Net Present Value (NPV) calculations, which may not fully capture the strategic flexibility of investments, real options provide a more nuanced view of when decisions should be made by incorporating the value of managerial decisions and future opportunities. In this context, this study presents an overview of realistic options and their use in the valuation of IT investment projects. Through real options analysis, it is possible to identify and assess opportunities that might otherwise be overlooked or rejected when using conventional evaluation techniques. This approach allows for a more strategic and adaptable investment analysis, potentially leading to more efficient and informed investment decisions in uncertain and dynamic business environments.

Keywords: Real options, uncertainty, project value, changing volatility, risk evaluation.

¹ Universidad de Atacama. Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación. Copiapó. Chile.
E-mail: nahur.melendez@uda.cl.

² MConsultores. La Serena. Chile. E-mail: nmelendez@mconsultores.cl

* Autor de correspondencia: nahur.melendez@uda.cl

INTRODUCCIÓN

Las herramientas de evaluación económica tradicionales, como el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros o la tasa interna de retorno (TIR), resultan inapropiadas para evaluar proyectos de inversión que poseen flexibilidad en la toma de decisiones y están afectados de grandes incertidumbres [1], [2]. Esto se debe a que no consideran la capacidad de cambiar dinámicamente las decisiones de inversión en la medida que las incertidumbres se resuelven progresivamente en el tiempo. Cuando las condiciones de mercado son sumamente inciertas, proyectos que contengan opciones de flexibilidad pueden añadir un significativo valor económico y volverse atractivos [3].

En presencia de incertidumbres, la flexibilidad tiene valor económico pudiéndose expresar en términos monetarios para comparar con otros costos y beneficios [4]. Por lo tanto, es necesario disponer de métodos que reconozcan el valor de las opciones embebidas en las oportunidades de inversión para asistir al inversor en tomar la elección óptima. En general, la flexibilidad o la opcionalidad es un componente importante y contribuye de manera considerable al valor de un activo o proyecto de inversión [4].

A diferencia del VPN, el enfoque de Opciones Reales puede tratar apropiadamente la flexibilidad para cambiar o revisar decisiones cuando la incertidumbre sobre algunas variables críticas es resuelta a medida que arriba nueva información [4]. Según [5], las Opciones Reales representan una extensión conceptual de la teoría de opciones financieras aplicadas sobre activos tangibles o reales. En [4] se indica que una opción financiera da a su propietario el derecho, pero no la obligación, a comprar o vender un activo financiero a un precio determinado. Análogamente, una empresa que realiza inversiones estratégicas tiene el derecho, pero no la obligación, de aprovechar estas oportunidades para obtener beneficios en el futuro. Una oportunidad de inversión estratégica se puede considerar como una fuente de flujos de efectivo más una serie de opciones o decisiones contingentes. El enfoque de Opciones Reales, al igual que el de opciones financieras, proporciona al titular del derecho una protección frente a las pérdidas mientras que no limita las ganancias [4].

En este contexto el presente trabajo presenta una recopilación sobre la temática de opciones reales y su utilización en la valorización de proyectos de inversión TI.

Técnicas de evaluación de proyectos

Los entornos en los que se desarrollan los proyectos de inversión TI son bastantes inciertos debido a que durante el período en el que se lleva a cabo la inversión se presentan modificaciones tanto de las variables microeconómicas como de las macroeconómicas, como son los casos de la inflación, las tasas de interés y el producto interno bruto, entre otros [6].

Históricamente se han propuesto diversas metodologías para la valoración de proyectos de inversión TI. Las más utilizadas en la actualidad son las basadas en flujos de caja descontados (FCD), como por ejemplo el valor presente neto (VPN), donde se proyectan los flujos que se espera obtener y se traen a valor presente con una tasa de descuento ajustada por el riesgo del proyecto [7].

Para evaluar financieramente un proyecto tradicionalmente se ha contado con los flujos de caja que se derivan de la inversión inicial que se haga en él y con base en esta herramienta se han venido aplicando diversas metodologías de evaluación, entre las más comunes: el VPN, la TIR, el período de recuperación (PR), entre otras [6]. En [7] se afirma que en la actualidad esta es la metodología que se utiliza con mayor frecuencia para analizar proyectos de inversión (Tabla 1); no obstante, permite trabajar bajo muy pocos escenarios de proyección, convirtiéndose en una metodología rígida en su composición y en su criterio de decisión, el cual consiste en aceptar el proyecto cuando su VPN es positivo, sin analizar las diferentes trayectorias que puede tomar dicho proyecto en el futuro.

En [6] llevaron a cabo un estudio con 392 directivos de empresas norteamericanas, que permitió determinar la masificación de las técnicas, al igual que los modelos desarrollados por la teoría financiera, cuyo resumen es posible ver en la Tabla 1, donde se ve claramente que la tasa TIR y el VPN son las técnicas más utilizadas para evaluar proyectos de inversión.

Además, en [6] se plantea que la utilización de todos estos métodos puede ser efectiva y práctica siempre y cuando la decisión de inversión se haga

Tabla 1. Utilización de los métodos de valoración.

Métodos de Valoración	Porcentaje
Tasa interna de retorno (TIR)	75,61
Valor presente neto (VPN)	74,93
Tasa de rendimiento requerida	56,94
Período de recuperación	56,74
Análisis de sensibilidad	51,54
Múltiplo de beneficios	38,92
Período de recuperación descontado	29,45
Opciones reales	26,59
Tasa de rendimiento contable	20,29
Simulación/Valor en riesgo (VAR)	13,66
Índice de rentabilidad	11,87
Valor actual ajustado	10,78

Fuente: Elaboración propia.

en un momento dado, es decir, ahora o nunca. Sin embargo, existen proyectos TI que permiten, dada la incertidumbre, tomar decisiones en varios momentos, y es aquí donde la valoración por opciones reales se convierte en un elemento importantísimo a la hora de decidir si se lleva a cabo el proyecto o no [6].

Como alternativa, el método de simulación Monte Carlo permite generar múltiples escenarios de valoración [8]; sin embargo, las inversiones futuras del proyecto se toman como dadas en un determinado período de tiempo, por lo cual este método tampoco incluye la flexibilidad existente en las decisiones de un proyecto, la cual consiste en poder introducirle variaciones conforme se reúne más información relevante. Para incorporar la flexibilidad se utiliza la metodología de árboles de decisión, que reconoce la existencia de un abanico de posibilidades futuras; no obstante, el riesgo sigue teniendo una connotación negativa pues a mayor riesgo, mayor es la tasa de descuento aplicable a los flujos de caja esperados. En contraste a las limitaciones de los métodos tradicionales, la aplicación de esta metodología a los proyectos de inversión considera la cuantificación del riesgo y las flexibilidades de estos, dando un valor agregado en la evaluación financiera [9]. En otras palabras, permite evaluar los diferentes escenarios de acción sobre los que puede decidir un inversionista para obtener resultados más favorables, entre los cuales se encuentra retrasar o posponer una decisión [10], e incluso, abandonar el proyecto cuando este no resulta favorable [11].

OPCIONES REALES

Las opciones reales se definen en [6] como: “opciones de compra sobre una oportunidad, lo que da el derecho de detenerse, comenzar o modificar un proyecto en una fecha futura”. En [6] se plantea que la visión de las opciones reales es un eslabón más de la cadena de elementos que se deben tener en cuenta para la decisión de invertir en un proyecto y considera cuatro elementos fundamentales a la hora de invertir:

- El tiempo durante el cual se puede decidir si se lleva a cabo o no el proyecto.
- El riesgo que corre el proyecto.
- Los tipos de interés.
- El grado de exclusividad que pueda tener la empresa sobre el proyecto

La teoría de las opciones reales, que tiene sus raíces en la teoría de los precios de las opciones financieras de Merton [12] y de Black y Scholes [5]. La teoría de las opciones financieras ha dado base al concepto de las opciones reales, y por eso se hace necesario definir una opción como el derecho (mas no la obligación) de realizar una operación determinada durante un tiempo determinado [6]. Las opciones financieras se clasifican en opciones *call* y opciones *put*; cada una de ellas tiene ciertos elementos que la caracterizan, los cuales se pueden relacionar con determinantes fundamentales a la hora de evaluar un proyecto de inversión.

Según [7], el ROA permite combinar la flexibilidad en la toma de decisiones y la posibilidad de considerar las diferentes trayectorias que puede seguir el valor del proyecto hacia el futuro. Con el ROA se consideran aquellas decisiones que afectan positivamente el valor del proyecto, pues la variabilidad positiva se asume a favor y se rechaza la variabilidad negativa, lo que permite incorporar una asimetría positiva a los flujos de caja del proyecto, asimetría que generalmente le agrega valor a este [7]. Es así que en el ROA se combinan las finanzas corporativas con la gerencia estratégica para la toma de decisiones, y el riesgo deja de tener una connotación negativa para convertirse en una oportunidad.

En [6] se plantean las opciones reales como un método de valorar proyectos de inversión semejante a las opciones financieras (*call* –comprar– y *put* –vender–)

y no a una cartera de bonos sin riesgo como el VPN. Esto dictamina las siguientes situaciones en las cuales se pueden desarrollar las opciones reales:

- Cuando hay decisiones de inversión contingentes.
- Cuando la incertidumbre es bastante extensa.
- Cuando el valor es apropiado por las futuras opciones de crecimiento.
- Cuando hay actualización de proyectos y correcciones de estrategias a medio curso.

Al analizar los mercados financieros podemos encontrar varios tipos de opciones; así, opciones de tipo europeo serán aquellas en las que se podrá ejercer el derecho (comprar o vender) solo en la fecha de vencimiento, mientras que en las opciones estadounidenses se podrá ejercer el derecho (de comprar o vender) en cualquier momento de vida de la opción. De esta manera, el tipo de opción estipula la metodología más apropiada para su valoración. Dentro de estos modelos encontramos la valoración por Black y Scholes [5], el modelo binomial estructurado por Cox, Ross y Rubinstein [6] y la simulación Monte Carlo [8]. Una relación entre las opciones reales y los diversos tipos de valoración se expresan en la Figura 1.

Lo anterior hace necesario relacionar los distintos tipos de proyectos de inversión con las opciones financieras *call* y *put*, ya que al momento de ejercer una opción *call* (Hay que tener en cuenta que, en el caso de una opción europea, solo se ejerce cuando $t = T$) el resultado será ecuación (1):

$$Max(S_t - X; 0) = \begin{cases} 0, & \text{si } S_t < X \\ S_t - X, & \text{si } S_t > X \end{cases} \quad (1)$$

Mientras que en una opción *put* el resultado que se tiene al ejercer la opción será ecuación (2):

$$Max(X - S_t; 0) = \begin{cases} 0, & \text{si } S_t > X \\ X - S_t, & \text{si } S_t < X \end{cases} \quad (2)$$

donde S_t : Precio de mercado, al momento t , del activo subyacente.

X : Precio de ejercicio de la opción de compra.

Al tener en cuenta las diversas formas en que las opciones reales pueden aparecer en un proyecto es fundamental saber identificar la opción real dentro del proyecto y su equivalencia con las opciones financieras. La Tabla 2 nos muestra la similitud entre las opciones financieras y las opciones reales.

Para la valoración de las opciones reales suele recurrirse a los métodos aplicables a las opciones financieras, como el propuesto inicialmente por [5] y [12]. En Tabla 3 y Tabla 4 se presenta un paralelo entre los parámetros que se utilizan para la valoración de opciones reales y los de las opciones financieras.

El activo subyacente S_t a una opción real es el valor presente (VP) de los flujos de caja del proyecto, sin tener en cuenta la inversión inicial requerida. El precio de ejercicio (X) es el costo de la inversión (I)

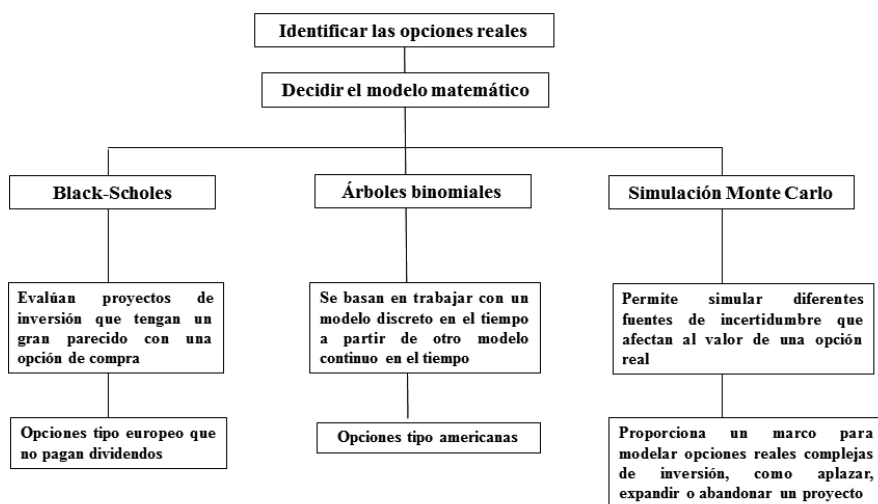


Figura 1. Formas de valorar opciones reales [6].

Tabla 2. 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: Elaboración propia.

Tabla 3. Parámetros de las opciones financieras.

Parámetro	Opción financiera
S_t	Precio del activo subyacente en t .
X	Precio de ejercicio de la opción.
R	Tasa de interés libre de riesgo.
Σ	Volatilidad de los rendimientos del activo subyacente.
$T-t$	Plazo para la expiración del contrato de opción.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Parámetros de las opciones reales.

Parámetro	Opción Real
VP_t	Valor presente en t de los flujos de efectivo esperados.
I_t	Costo de inversión en t .
R	Tasa de descuento para la opción real.
Σ	Volatilidad del proyecto.
$T-t$	Tiempo en que existe la oportunidad de inversión.

Fuente: Elaboración propia.

que se asume al tomar la decisión [7]. En opciones financieras se utiliza la tasa libre de riesgo para descontar el ingreso esperado de la opción con base en el método de valoración de riesgo neutral, el cual supone la posibilidad de construir un portafolio réplica. Sin embargo, la conformación de dicho portafolio es factible solo en algunos casos, por lo cual se hace necesario ajustar la tasa de interés con una prima de riesgo [7].

Así según [7], la volatilidad (σ) se calcula como la desviación estándar de los retornos del activo subyacente; este es un parámetro fundamental para

la valoración tanto en opciones financieras como en las opciones reales. Finalmente, la expiración de la opción ($T-t$) es el tiempo en que es posible ejercer la opción y depende de las circunstancias concretas de cada proyecto.

VALORIZACIÓN BAJO OPCIONES REALES

Como fue dicho anteriormente, las distintas opciones reales se pueden asimilar a una opción de compra o de venta para su valoración. Por ejemplo, si se considera una opción de expansión la cual demanda una inversión para poder ser ejercida. Este tipo de opción se puede comparar con una opción de compra, donde su valor intrínseco V_e es el máximo entre cero y el diferencial entre el valor adicional del proyecto generado por la expansión y la inversión requerida [7], de la siguiente forma (ecuación (3)).

$$V_e = \text{Max}(0, VP_e - I_e). \quad (3)$$

V_e : Valor de la opción de expandir.

VP_e : Valor Presente de los flujos de caja adicionales al expandir el proyecto.

I_e : Inversión asociada a la expansión.

Ahora bien, el valor total de un proyecto bajo ROA es la suma del valor del proyecto sin flexibilidad o VPN pasivo más el valor de la opción real que este genera, lo que se conoce como VPN expandido o valor con flexibilidad (V_f), según la fórmula de la ecuación (4):

$$V_f = V_{sf} + OR. \quad (4)$$

V_f : Valor del proyecto bajo ROA, valor con flexibilidad o VPN expandido.

V_{sf} : Valor del proyecto sin flexibilidad.

OR : Valor de las opciones reales.

Para valorar opciones reales se recurre al modelo de Black y Scholes [5] y Merton para opciones europeas [12] y al binomial para opciones americanas [7]. El primero de ellos parte del supuesto de que los rendimientos continuos del activo subyacente se comportan siguiendo un proceso normal, pero esto no es válido generalmente para el valor de un proyecto de inversión. Por otro lado, solo se aplica para opciones cuyo ejercicio anticipado no sea óptimo, como puede suceder en las opciones americanas.

Por el contrario, el modelo binomial se puede utilizar para valorar opciones de tipo americano [7]. Este

modelo asume que la volatilidad del subyacente es constante en el tiempo y los demás supuestos de [5] y [12], pero modela el comportamiento del subyacente partiendo de un proceso estocástico discreto de distribución binomial.

La volatilidad es la razón de la existencia de las opciones, y por eso es fundamental su adecuada estimación. Para ello, una primera metodología parte de la construcción de un portafolio réplica del ingreso de la opción, utilizando acciones de empresas similares al proyecto que se está valorando y que se negocian en mercados bursátiles [7]. La volatilidad de la opción se estima como la desviación estándar de los retornos periódicos de dichas acciones, con la ventaja de que se parte de información disponible en el mercado [7]. Sin embargo, en ocasiones es difícil encontrar compañías cuyo objeto social sea asimilable exactamente al del proyecto, lo cual puede dar lugar a error en la valoración. Para aplicar esta metodología debe tenerse en cuenta que la volatilidad de la empresa réplica contiene en sí el apalancamiento propio, por lo cual se recomienda desapalancar y apalancar nuevamente con la realidad del proyecto que se va a valorar bajo ROA [7].

Una segunda metodología consiste en calcular la volatilidad del factor predominante de riesgo del proyecto. La volatilidad en este caso se calcula como la desviación estándar de las variaciones logarítmicas de dicho factor. Por ejemplo, para proyectos de energía eléctrica, en [7] se plantea que el precio de la energía define el nivel de rentabilidad, por lo que se convierte en el factor predominante en proyectos de esta naturaleza. Esta metodología es simple de utilizar y generalmente es muy intuitiva; sin embargo, se podría estar sobrestimando el riesgo, al descartar factores correlacionados negativamente con el factor predominante [7].

Una tercera metodología es la de calcular la volatilidad futura implícita del proyecto, consistente en la desviación estándar de las rentabilidades futuras proyectadas a partir de la construcción de un modelo de valoración tradicional [7]. Para esta metodología es indispensable identificar aquellas variables que más inciden en los flujos de caja del proyecto y su comportamiento estocástico, simular los flujos de caja con base en el método de Monte Carlo, para finalmente calcular la rentabilidad del proyecto y su volatilidad. Para no incurrir en riesgo

de modelación en la aplicación del método Monte Carlo es necesario identificar la distribución o el proceso, según el caso, que siguen las variables definidas, determinar las autocorrelaciones existentes y las correlaciones con otras variables y estudiar su estacionariedad, en forma tal que sea posible hacer predicciones de su comportamiento futuro [7].

A continuación, a modo de ejemplo se aplica el método Monte Carlo generando múltiples trayectorias para el valor del proyecto y para la variable de rentabilidad. La volatilidad futura implícita del proyecto será la de su indicador de rentabilidad, tal como lo proponen en [7]. Estos autores parten del supuesto *Market Asset Disclaimer* (MAD), de acuerdo con el cual, en el caso de un proyecto que no es un activo que se negocie en el mercado, la mejor forma de calcular su volatilidad es partiendo del mismo proyecto sin flexibilidad. La variable de rentabilidad propuesta z es calculada de la siguiente manera (ecuación (5) y ecuación (6)):

$$z = \ln \left(\frac{PV_1 + FCF_1}{PV_0} \right) \quad (5)$$

Donde

$$PV_1 = \sum \frac{FCF_t}{(1+WACC)^{t-1}} \quad (6)$$

FCF_t : Es el flujo de caja libre de cada periodo.

PV_t : Es el valor presente de los flujos de caja en cada periodo.

$WACC$: *Weighted Average Cost of Capital*, también denominado coste promedio ponderado del capital (*CPPC*).

Para el cálculo se debe dejar el valor presente en el año cero constante (VP_0), pues de lo contrario convergería en el $WACC$. Esta medida de rentabilidad muestra cómo varía el valor presente en el año uno (VP_1) en relación con el valor presente constante del año cero (VP_0).

Otra alternativa para el indicador de rentabilidad del proyecto es la tasa interna de retorno (TIR); sin embargo, existen diversas limitaciones en la utilización de este indicador, debido a la posibilidad de que un proyecto tenga múltiples TIR o que no tenga ninguna. En su lugar, es más conveniente utilizar la tasa verdadera de rentabilidad, conocida como TIR

modificada (TIRM), que permite utilizar una tasa diferencial para las inversiones y reinversiones de capital y para los flujos de caja positivos del proyecto. Los primeros se llevan a valor presente a la tasa de financiación y los segundos a valor futuro a la tasa de reinversión, estimando el crecimiento geométrico efectivo anual del proyecto, de la siguiente manera (ecuación (7)):

$$TIRM = \left(\frac{VF_n}{VP_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \quad (7)$$

Donde

n : Numero de periodos del proyecto.

VF_n : Valor futuro de los flujos positivos del proyecto en n .

VP_1 : Valor presente de las inversiones y reinversiones en el periodo 1.

CONCLUSIONES

Las opciones reales se convierten en una herramienta fundamental y complementaria a la hora de evaluar financieramente los proyectos de inversión TI al aportar al cálculo del VPN valores del mundo real, lo cual otorga una visión más estratégica sobre el momento en el que se deben tomar las decisiones.

El riesgo que existe en este tipo de proyecto afecta de manera positiva el valor de la opción real debido a la expectativa que se tiene en cuanto al monto de ganancia. Lo anterior influye sobre la decisión del inversionista, ya que él puede tener mayor interés sobre proyectos riesgosos al pretender obtener un mayor valor de ellos.

Los criterios de decisión tradicionales consideran un escenario estático, asumiendo valores ciertos e irreversibles, donde los flujos de caja del proyecto no tendrán estados más o menos favorables de los previstos en la valoración inicial. Sin embargo, al aplicar las opciones reales como método de valoración financiera, el proyecto es considerado viable financieramente, ya que permite evaluar los escenarios de decisión sobre los cuales puede decidir el inversionista.

La literatura moderna de evaluación de inversiones reconoce el Análisis de Opciones Reales como una herramienta avanzada para valorar proyectos parcial o totalmente irreversibles en entornos competitivos

sujetos a importantes incertidumbres y que disponen de flexibilidad gerencial en la toma de decisiones.

Finalmente, al valorar los proyectos TI con el enfoque de opciones reales, el mayor valor obtenido en comparación con el método tradicional de VPN sin flexibilidad permite concluir que dichos proyectos sí son viables financieramente. Análisis previos que concluyen lo contrario no han tenido en consideración el valor extendido del proyecto que propone la teoría financiera. Es decir, el análisis de las opciones reales permite rechazar inversiones que inicialmente fueron aceptadas si fueran valuadas bajo las técnicas tradicionales de evaluación, por lo que la aplicación de esta herramienta será de valiosa aplicación para fomentar inversiones más eficientes en la expansión de del sistema de generación.

REFERENCIAS

- [1] E.S. Schwartz and L. Trigeorgis, *Real options and investment under uncertain-ty: classical readings and recent contributions*, Cambridge Massachusetts, USA: MIT Press, 2004.
- [2] S.P. Feinstein and D.M. Lander, "A better understanding of why NPV under-values managerial flexibility," *The Engineering Economist*, vol. 47, no. 4, pp. 418-435, 2002, doi: 10.1080/00137910208965043.
- [3] L. Trigeorgis and A.E. Tsekrekos, "Real Options in Operations Research: A Review," *European Journal of Operational Research*, vol. 270, no. 1, pp. 1-24, 2018, doi: 10.1016/j.ejor.2017.11.055.
- [4] R. Pringles, F. Penizzotto, and F. Olsina, "Assessment of Flexible Investments in Solar-Photovoltaic Generation," in *XII Latin American Congress on Electricity Generation & Transmission*, vol. 7, Buenos Aires, Argentina, November 12-15, 2017.
- [5] F. Black and M. Scholes, "The pricing of options and corporate liabilities," in *World Scientific Reference on Contingent Claims Analysis in Corporate Finance*, M. Crouhy, D. Galai, and Z. Wiener, Eds., vol. 1, New York, USA: World Scientific 2019, pp. 3-21, doi: 10.1142/9789814759588_0001.
- [6] A.A. Velázquez Alejos, J. Morgan Beltrán y H. Banda Ortiz, "Ejercicio de decisiones de inversión a través de valoración por opciones reales", *Horizontes Empresariales*, vol. 22, no. 1, 2023, doi: 10.22320/hem.v22i1.6023.

- [7] B. Murgas Téllez, A.A. Henao-Pérez y L. Guzmán Acuña, “Opciones Reales y su aplicación en proyectos de energía renovable. Revisión de estado del arte”, *Región Científica*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.58763/rc202349.
- [8] J. Inquilla-Mamani y O.M. Rodríguez-Limachi, “Análisis de riesgo mediante el método de simulación de Montecarlo aplicado a la inversión pública en el sector educativo peruano: el caso del departamento de Puno”, *Praxis*, vol. 15, no. 2, pp. 163-176, 2019. [En línea]. Disponible: <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/praxis/article/view/2858/2611>
- [9] A. Barón Sánchez y C.F. Medina Naranjo, “Análisis de volatilidad del flujo de caja utilizando el enfoque de opciones reales para la construcción de la pequeña central hidroeléctrica - PCH Vequedo ubicada en el departamento de Antioquia Colombia”, Tesis de Magister, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, Colombia, 2020, doi: 10.57998/bdigital.handle.001.3575.
- [10] C. Boongaling Agaton, “Will a Geopolitical Conflict Accelerate Energy Transition in Oil-Importing Countries? A Case Study of the Philippines from a Real Options Perspective,” *Resources*, vol. 11, no. 6, Art. no. 59, 2022, doi: 10.3390/resources11060059.
- [11] Y. Martínez-Ruiz, Yessenia, D.F. Manotas-Duque y H. Ramírez-Malule, “Análisis de opciones reales para la valoración financiera de proyectos de energía geotérmica en Colombia”, *Revista CEA*, vol. 7, no. 15, 2021, doi: 10.22430/24223182.1944.
- [12] B. Dhingra, S. Batra, V. Aggarwal, M. Yadav, and P. Kumar, “Stock market volatility: a systematic review,” *Journal of Modelling in Management*, vol. 19, no. 3, pp. 925-952, 2024, doi: 10.1108/JM2-04-2023-0080.