

# The Option Pricing Theory in the evaluation of real estate projects: the waiting option

Washington Macías, Ph.D.<sup>1</sup>, Katía Rodríguez, Ph.D.<sup>1</sup>, Edmundo Lizarzaburu, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Ecuador,  
wamacias@espol.edu.ec, krodrig@espol.edu.ec

<sup>2</sup>Universidad ESAN, Perú, elizarzaburu@esan.edu.pe

*Abstract– This paper shows an application of the Option Pricing Theory in the evaluation of real estate projects. Particularly, valuation methods of binomial trees and the Black & Scholes model are reviewed, adopting the latter for the valuation of a real estate project with a presale stage. This characteristic aligns to the waiting option, as financial literature describes. The project with the presale stage, analyzed with the Black & Scholes model, obtained a valuation of \$570,859, while the project in a non-presale scenario obtained a value of \$393,951. Comparing these values, the waiting option added value to the project for \$ 176,908, due to the reduction of the failure risk. This paper contributes to the scarce literature about the evaluation of real estate projects, with embedded real options.*

*Keywords– project evaluation, real estate projects, real options, Black & Scholes.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.10>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# La Teoría de Opciones en la evaluación de proyectos inmobiliarios: la opción de esperar

Washington Macías, Ph.D.<sup>1</sup>, Katía Rodríguez, Ph.D.<sup>1</sup>, Edmundo Lizaraburu, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Ecuador,  
wamacias@espol.edu.ec, krodrig@espol.edu.ec

<sup>2</sup>Universidad ESAN, Perú, elizaraburu@esan.edu.pe

**Abstract**– *This paper shows an application of the Option Pricing Theory in the evaluation of real estate projects. Particularly, valuation methods of binomial trees and the Black & Scholes model are reviewed, adopting the latter for the valuation of a real estate project with a presale stage. This characteristic aligns to the waiting option, as financial literature describes. The project with the presale stage, analyzed with the Black & Scholes model, obtained a valuation of \$570,859, while the project in a non-presale scenario obtained a value of \$393,951. Comparing these values, the waiting option added value to the project for \$ 176,908, due to the reduction of the failure risk. This paper contributes to the scarce literature about the evaluation of real estate projects, with embedded real options.*

**Keywords**– *project evaluation, real estate projects, real options, Black & Scholes.*

**Resumen**– *Este artículo presenta una aplicación de la teoría de opciones en la evaluación financiera de proyectos inmobiliarios. De manera particular, se revisan los métodos de valoración por árboles binomiales y por el modelo de Black & Scholes, adoptando este último para la valoración de un proyecto inmobiliario con etapa de preventa. Esta característica se ajusta a lo que en la literatura se define como la opción de esperar. El proyecto con etapa de preventa, evaluado mediante el modelo de Black & Scholes, obtuvo una valoración de \$570,859, mientras que el proyecto en un escenario sin preventa obtuvo un valor \$393,951, dando como resultado que la opción de esperar agrega valor al proyecto por \$176,908, debido a la reducción del riesgo de fracaso. Este artículo contribuye a la escasa literatura sobre evaluación de proyectos inmobiliarios que incluyen opciones reales.*

**Palabras claves**– *evaluación de proyectos, proyectos inmobiliarios, opciones reales, Black & Scholes.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los proyectos inmobiliarios desarrollados con etapa de venta en planos, o pre-venta, permiten determinar con mayor certeza la demanda potencial del proyecto, mitigando riesgos para el constructor. En escenarios en que la pre-venta es exitosa, o que durante dicho periodo se tenga información favorable para las estimaciones futuras, se da inicio a la construcción de las unidades inmobiliarias, mientras que si las expectativas sobre el proyecto no se traducen en una rentabilidad mínima atractiva, no se lleva a cabo el proyecto.

Esto implica una flexibilidad que agrega valor al proyecto, y que debe ser incorporada con una técnica que modele de mejor manera la situación descrita. La valoración por medio de la aplicación de la Teoría de Opciones en los proyectos (Opciones Reales) se convierte en un complemento al enfoque

de Flujo de Caja Descontado en la medida que permite incluir el valor de la flexibilidad [1] [2]. El propósito de este trabajo es analizar la pertinencia de aplicar la Teoría de Opciones; en particular el modelo de Black & Scholes [3], para evaluar un proyecto inmobiliario en Ecuador, que contiene la denominada opción de esperar [4].

En la sección II se resume la literatura sobre dos enfoques de evaluación de proyectos: Flujo de Caja Descontado y Opciones Reales, incluyendo los métodos de valoración de dichas opciones. En la tercera sección se describe el caso de aplicación. La sección IV presenta un análisis crítico para la selección del método de evaluación más apropiado para el caso y se detalla la metodología a aplicar en la evaluación del proyecto. La sección V resume los resultados de la evaluación y, finalmente, en la sección VI se presentan las conclusiones.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. La evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos consiste, de manera general, en “la recopilación, creación y sistematización de información que permita identificar ideas de negocios y medir cuantitativamente los costos y beneficios de un eventual emprendimiento comercial” [5]. Una de las últimas fases de la evaluación del proyecto es determinar la viabilidad económica o financiera del mismo, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados de un proyecto, y la estimación de la rentabilidad de la inversión que se demanda [5]. Un enfoque que suele recomendarse para determinar esta viabilidad es el de Flujo de Caja Descontado, según el cual el valor de una empresa o un proyecto se estima con el valor presente de sus flujos futuros, considerando una tasa de descuento que refleje el riesgo de la inversión [4].

### B. Flujo de Caja Descontado

Tanto en evaluación de proyectos como en valoración de empresas, el Flujo de Caja Descontado (FCD) es un enfoque de valoración que se recomienda debido a que considera el potencial futuro de generación de flujos de una inversión [4], sea esta una empresa, un proyecto, un activo financiero o, inclusive, un activo intangible. Hay algunas variantes en el enfoque de FCD, como se explica en la tabla #1 [4] [5].

### C. Teoría de Opciones y Opciones Reales

Una opción financiera es un tipo de “activo derivado” que le da a su tenedor el derecho, no la obligación, de comprar o vender una cantidad estandarizada de un activo subyacente en una fecha futura, a un precio predeterminado, llamado precio de ejercicio (K). Las opciones que dan derecho a comprar se

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.10>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

denominan opciones de compra (*call options*), mientras que las que dan derecho a vender se denominan opciones de venta (*put options*). Las opciones tienen un costo denominado prima, cuyo valor es función de la volatilidad ( $\sigma$ ) y precio actual del activo subyacente en el mercado ( $S_0$ ), del nivel de las tasas de interés y del plazo de vencimiento de la opción ( $T$ ). Las opciones europeas pueden ejercerse solamente al vencimiento, mientras que las americanas pueden ejercerse en cualquier momento durante la vida del contrato. Las opciones financieras se transan en bolsas de valores organizadas, como el *Chicago Board Options Exchange*, uno de los mayores operadores de opciones financieras en el mundo [6].

Las opciones reales son situaciones que se presentan en las empresas o en los proyectos, que tienen características similares a las de las opciones financieras. Por lo tanto, haciendo una correcta analogía de sus elementos, se pueden valorar las opciones reales con los modelos de valoración de opciones financieras. Según Lizarzaburu et al. [1], las más comunes son: opción de abandono, opción de esperar y opción de crecimiento o expansión.

TABLA I  
VARIANTES DEL FCD

Ámbito de aplicación		Descripción: estructura del flujo y tasa de descuento
Valoración de empresas	Evaluación de proyectos	
Método: Flujo de caja libre de los activos	Método: Flujo de caja del proyecto	Flujo de caja después de impuestos e inversiones, que no considera flujos por endeudamiento. Tasa de descuento: Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC*), que combina costo exigido por los accionistas ( $K_e$ ) y por los acreedores, después de impuestos [ $K_b \cdot (1 - T_c)$ ].
Resultado: Valor de la empresa	Resultado: Valor Actual Neto (VAN) del proyecto	
Método: Flujo de caja libre del accionista	Método: Flujo de caja del inversionista	Flujo de caja libre de los activos/proyecto menos el flujo por el endeudamiento. Tasa de descuento: costo exigido por los accionistas ( $K_e$ ).
Resultado: Valor del patrimonio	Resultado: VAN para el inversionista	
Método: Valor presente ajustado	Método: Valor presente ajustado	Flujo de caja libre de los activos/proyecto, descontado al costo de capital de una empresa 100% patrimonio. Más el valor presente de los beneficios y costos del endeudamiento, descontados a la tasa del costo de la deuda ( $K_b$ ).
Resultado: Valor de la empresa	Resultado: VAN del proyecto	

\*Por sus siglas en inglés.

#### D. Valoración de opciones

Hay dos métodos que se explican a continuación, para el caso de opciones europeas [7]:

1) *Modelo binomial*: En la versión más simple de este modelo, el activo subyacente no genera ingresos durante la vigencia de la opción, y puede incrementar o reducir su precio. Replicando el ejemplo de Hull y Basu [7], supongamos que existe una opción de compra a 3 meses, a un precio de ejercicio  $K = \$21$ , suscrita sobre una acción que hoy tiene un precio

$S_0 = \$20$ . En 3 meses, la acción puede subir a  $\$22$  o bajar a  $\$18$ , lo que implica que la opción generaría un flujo de  $\$1$  por ejercerla en el escenario alcista, y de  $\$0$  por no ejercerla en el escenario bajista. La estrategia para valorar esta opción es crear un portafolio que contenga una cantidad  $\Delta$  de acciones y una posición corta en la opción de compra, pero que en ambos escenarios genere el mismo resultado. Tomar la posición corta implica vender hoy la *call* a un precio  $f$  y convertirse en la contraparte de quien adquiere la opción, es decir, de quien tiene posición larga. Tiene sentido pensar en una posición corta, ya que la forma más intuitiva de que el portafolio que contiene las acciones genere el mismo flujo en ambos escenarios, es que la ganancia en acciones en el escenario alcista se compense con una pérdida derivada de la posición en la opción (Fig. #1 y Fig. #2). Así, el  $\Delta$  necesario es:

$$\Delta 22 - 1 = \Delta 18$$

$$\Delta = 0.25$$

$$\text{Y el flujo del portafolios es } (0.25)22 - 1 = (0.25)18 = 4.5$$

El portafolio descrito, al generar el mismo resultado en los dos escenarios posibles, se convierte en un portafolio libre de riesgo y, por lo tanto, su valor actual debería calcularse a la tasa libre de riesgo ( $r$ ). En ausencia de oportunidades de arbitraje, el valor actual del portafolio libre de riesgo debería igualar a  $\Delta S_0$  (posición larga en acciones) -  $f$  (posición corta en la opción). Con una tasa libre de riesgo del 6% anual y asumiendo capitalización continua, el valor presente del portafolio es:

$$4.5e^{-0.06(3/12)} = 4.433 = \Delta S_0 - f$$

$$\text{De donde se obtiene el valor de la opción: } f = 0.567$$

Generalizando el procedimiento anterior, el precio de una opción de compra, según el modelo binomial de un periodo, es:

$$f = e^{-rT} [pf_u + (1 - p)f_d] \quad (1)$$

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \quad (2)$$

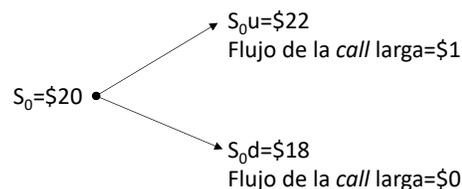


Fig. 1 Precio de la acción y flujo de la *call* larga  
Nota: u y d son factores de incremento y reducción, respectivamente.

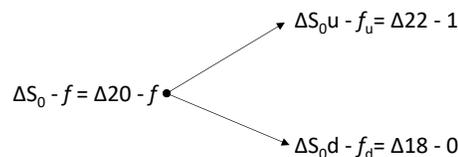


Fig. 2 Portafolio:  $\Delta$  acciones y una *call* corta ( $\Delta S - f$ )

2) *Modelo de Black & Scholes*: Asume que los cambios porcentuales del precio del activo subyacente, p.ej. una acción, en cortos periodos de tiempo se distribuyen normal, siendo  $\mu$  el retorno esperado de la acción y  $\sigma$  la volatilidad del precio. Es decir:

$$\frac{\delta S}{S} \sim \phi(\mu \delta t, \sigma \sqrt{\delta t}) \quad (3)$$

Luego, el precio de una opción europea ( $c$ ) suscrita sobre una acción que no paga dividendos durante la vigencia del contrato es:

$$c = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (4)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma \sqrt{T}} \quad (5)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} \quad (6)$$

Donde  $N(x)$  es la distribución de probabilidad acumulada para una distribución normal estándar.

El supuesto de que el precio del activo subyacente siga un proceso binomial es más entendible en periodos cortos. En cambio, en periodos largos, es difícil creer que el activo subyacente sólo pueda tomar dos rumbos. Sin embargo, si se construye un árbol binomial lo suficientemente “denso”, es decir, con muchos periodos entre el inicio y el vencimiento, el precio del activo subyacente podría tomar muchos rumbos y el enfoque binomial se aproxima al enfoque de tiempo continuo que se asume en el modelo de Black & Scholes (B&S).

Al utilizar el modelo binomial, dos de los inputs más importantes son  $u$  y  $d$ , los factores de subida y bajada de precio, respectivamente. En el modelo continuo, estos inputs son reemplazados por  $\sigma$ , la volatilidad del activo subyacente.

### III. CASO DE APLICACIÓN

El caso consiste en un proyecto urbanístico en una exclusiva zona residencial del cantón Samborondón, junto a la ciudad de Guayaquil. Se proyecta construir 56 casas en terrenos de 400  $\text{m}^2$  cuadrados sobre un macrolote de 6,5 hectáreas. Además, el proyecto contempla áreas verdes, áreas deportivas, club social, acceso controlado a la urbanización y seguridad privada.

Un estudio de factibilidad financiera en un escenario base muestra que el proyecto tendría un valor presente de ingresos menos costos igual a \$3,911,260 (venta de casas menos costo de construcción de las casas, comisiones por ventas, comisiones legales y gastos de comercialización). Si se decide empezar a construir en  $t=0$ , la inversión en valor presente sería de \$1,567,309. Esta inversión incluiría la publicidad y la construcción de la infraestructura de la urbanización (obras de iniciación, movimiento de tierra, obras viales y peatonales, obras de drenaje y obras de agua potable). Adicionalmente, el macrolote donde se edificaría el proyecto está valorado en \$1,950,000. Si se decide, en cambio, llevar a cabo primero la venta en planos, los promotores deberán destinar recursos para publicidad por \$144,266, valorados en  $t=0$ . Dentro de seis meses, si la preventa resulta exitosa, la inversión por la publicidad adicional más la construcción de la infraestructura de la urbanización ascendería a \$1,441,926.

La modalidad del proyecto con el periodo de venta en planos permite que luego de seis meses se analice con mayor certeza la factibilidad financiera. Es decir, puede pasar que la preventa sea exitosa y permita asegurar un VAN positivo, con

lo cual la decisión sería empezar el proyecto (ejercer la opción). En su defecto, si la preventa no es exitosa, lo que implica que el VAN se convierte en negativo, la decisión adecuada sería no hacer el proyecto y revertir las promesas de compra-venta con los clientes (no ejercer). En cualquier caso, la inversión realizada en publicidad (\$144,266) sería un costo hundido, como lo es la prima pagada al tomar posición larga en una opción. Por lo descrito, el proyecto con etapa de preventa representa la opción de esperar.

### IV. METODOLOGÍA

El enfoque tradicional del Flujo de Caja Descontado podría reflejar el valor del proyecto en un escenario base. Calculando el VAN de dichos flujos, se puede concluir sobre la conveniencia o no de realizarlo. El FCD asume que no se toman decisiones futuras y que los flujos estarían predefinidos dependiendo del escenario. El análisis con opciones reales usa árboles binomiales o el modelo B&S para representar los múltiples escenarios futuros y las decisiones óptimas a tomar en respuesta a dichos escenarios. Además, usa portafolios réplica para encontrar el valor de la opción bajo el supuesto de que se cumple la ley de un solo precio.

Una de las ventajas del modelo B&S sobre el modelo binomial, es que el primero puede hacer uso de simulación de Montecarlo [8] para determinar la volatilidad del valor presente del proyecto, lo cual sustituye el determinar periodos discretos de subidas y bajadas de precios, así como los factores  $u$  y  $d$ .

Como concluyen Lizarzaburu et al. [1] el análisis de inversiones a través del VAN y las opciones reales no son excluyentes, sino complementarios, porque el método de opciones reales capta el valor agregado por la flexibilidad de ejercer o no la opción. Las opciones reales reconocen que los negocios son dinámicos, e incorporan esta característica en la valoración. En un proyecto en donde se define un periodo de preventa (periodo de espera), la flexibilidad se puede valorar aplicando la teoría de opciones, ya que nos permite modelar dos aspectos fundamentales: (i) el riesgo o incertidumbre, representado por los múltiples escenarios simulados y resumidos en la volatilidad, y (ii) la posibilidad de tomar la decisión de que se haga o no el proyecto luego del periodo de espera. En consecuencia, se propone evaluar el proyecto en los siguientes pasos:

1) *Aplicación de FCD*: Se valorará el proyecto asumiendo que se empieza a construir y comercializar en  $t=0$ , sin etapa de preventa (sin opción de esperar).

2) *Aplicación de la Teoría de Opciones*: Se valorará el proyecto considerando la etapa de preventa (opción de esperar). Para esto se aplicará el modelo B&S. Como se explicó anteriormente, un elemento crucial para preferir el modelo B&S sobre el modelo binomial discreto es la volatilidad del activo subyacente, para cuya estimación se realizará una simulación de Montecarlo al valor presente de los flujos futuros del proyecto (ingresos – egresos). La tabla 2 presenta una analogía entre una opción financiera y la opción real, para efectos de aplicar el modelo B&S.

ANALOGÍA ENTRE OPCIÓN FINANCIERA Y OPCIÓN REAL

Opción financiera	Opción real
Precio actual activo subyacente, $S_0$	Valor presente de los flujos futuros (ingresos – egresos) si se hace el proyecto hoy ( $t=0$ ), sin incluir la inversión inicial.
Precio de ejercicio, K	Inversión inicial para ejecutar el proyecto. No incluye costos asociados a la preventa, ya que estos se incurren independientemente de la decisión que se tome
Volatilidad de los retornos (capitalización continua) de la acción, $\sigma$	Desviación estándar del logaritmo natural del valor presente de los flujos futuros.
Tiempo al vencimiento, en años, T	Duración de la preventa, en años.
Tasa libre de riesgo anual, r	Tasa libre de riesgo anual

<sup>a</sup>Fuente: Damodaran [4].

Con respecto a la simulación de Montecarlo, en cada caso a analizar el evaluador tiene que discernir las variables de entrada determinantes para el comportamiento de los flujos del proyecto. Damodaran [9] provee una guía práctica para elegir las distribuciones de probabilidad más adecuadas para las variables de entrada en una simulación. En este proyecto se han definido como variables de entrada aquellas que históricamente han evidenciado mayor importancia en los resultados de los proyectos de la compañía. Primero, el precio promedio de venta de las casas. Al haber varios modelos con distinto precio, el valor de la construcción es aleatorio, sin embargo, el valor de venta del terreno se proyecta constante por ser terrenos iguales. En segundo lugar se consideró la cantidad de casas vendidas por mes, y, finalmente, el costo de construcción como porcentaje del precio (Tab. #3). Los parámetros de la primera variable se fijaron a partir de los precios de los distintos modelos de casas y su participación esperada en las ventas totales. Los parámetros de las otras dos variables se fijaron a partir de la experiencia en proyectos pasados.

VARIABLES DE ENTRADA SIMULACIÓN DE MONTECARLO

Precio promedio de casas, sólo edificación (normal)	Media <sup>a</sup>	148,356.65
	Desv. Est. <sup>a</sup>	3,428.30
Casas por mes (uniforme discreta)	Valor	Probabilidad
	1	0.45
	2	0.40
	3	0.10
Costo (%) de construcción (uniforme continua)	Mínimo	0.600
	Máximo	0.800

<sup>a</sup> A partir de precios de distintos modelos de casas y la participación esperada.

3) *Estimación del valor de la opción:* Al restar el valor del proyecto en (2) menos el valor del proyecto en (1) se obtiene, específicamente, el valor de la opción de esperar.

## V. RESULTADOS

Luego de aplicar la metodología descrita, se obtuvieron los siguientes resultados:

1) *Aplicación de FCD para el proyecto sin etapa de preventa:* En el escenario base tomado para la proyección, el proyecto sin la opción de esperar tendría un VAN de \$393,951 (Tab. #4).

VAN DEL PROYECTO POR FCD – ESCENARIO BASE

Rubro	Valor
Valor presente de ingresos – costos	\$3,911,260
Inversión urbanización + publicidad	(\$1,567,309)
Costo del macrolote	(\$1,950,000)
VAN	\$393,951

2) *Aplicación de la Teoría de Opciones para el proyecto con etapa de preventa:* Aplicando el modelo B&S se obtuvo que el valor del proyecto con la opción de esperar es de \$570,859. La tabla 5 detalla los resultados de la simulación de Montecarlo con 10,000 repeticiones, aplicando el software *Crystal Ball*, mientras que la tabla 6 resume la aplicación del modelo de valoración de opciones. En el anexo se muestra la estructura del flujo de caja considerando los seis meses de preventa.

3) *Estimación del valor de la opción:* Al restar el valor del proyecto con la etapa de preventa menos el valor del proyecto son dicha opción, se obtiene un valor positivo de \$176,908, lo que muestra que la opción de esperar agrega valor al proyecto debido a la reducción del riesgo de fracaso. Recordemos que la opción permite dejar de hacer el proyecto si en la etapa de preventa se vislumbra una baja posibilidad de venta de las unidades habitacionales.

RESULTADOS SIMULACIÓN DE MONTECARLO

Estadísticos	VP (ingresos – costos)	ln(VP)
Media	\$3,638,101	15.10
Mediana	\$3,639,269	15.11
Desviación estándar	\$356,778	0.10
Varianza	\$127,290,416,059	0.01

RESULTADOS DEL MODELO DE B&S

Variable	Valor
$S_0$ : Valor presente de los flujos futuros (ingresos – egresos)	\$3,911,260
K: Inversión inicial para ejecutar el proyecto.	\$3,391,926
$\sigma$ : Desviación estándar del logaritmo natural del valor presente de los flujos futuros.	0.10
T: Duración de la preventa, en años.	0.50

Variable	Valor
r: Tasa libre de riesgo anual	2.50%
$d_1$	1.60
$N(d_1)$	0.95
$d_2$	1.50
$N(d_2)$	0.93
c: Valor del proyecto con opción real	\$570,859

## VI. CONCLUSIONES

En este artículo se ha mostrado que la aplicación de la teoría de opciones permite reflejar la flexibilidad en la valoración de un proyecto inmobiliario con etapa de pre-venta, que se interpreta como la opción de esperar. Como implicación práctica, la opción de esperar permite reducir el riesgo de la inversión, lo cual, a su vez, promueve el desarrollo urbanístico en lo que respecta al acceso a vivienda.

Este trabajo contribuye a la escasa literatura sobre evaluación de proyectos con teoría de opciones aplicada a proyectos inmobiliarios [2][10]. Los analistas y administradores deben elegir las herramientas apropiadas para valorar correctamente los proyectos, ya que una mala evaluación puede llevar a decisiones de sobreinversión o subinversión. En este caso, si bien el proyecto mostraba la conveniencia de realizarlo en  $t=0$  debido al VAN positivo, valía más si se posponía, ya que permitía mitigar el riesgo, incorporando nueva información en el tiempo sobre la demanda del proyecto y, de esa forma, permitía descartar la ejecución en escenarios negativos. Esta metodología se vería aún más útil si el VAN de ejecutar el proyecto en  $t=0$  fuera negativo, y se tornara positivo al incorporar la opción de esperar [9].

De manera particular, se prefirió el modelo de valoración de B&S en lugar del modelo binomial, ya que el primero no asume periodos discretos con subidas y bajadas arbitrarias en el valor del activo subyacente (los flujos del proyecto), sino un mayor rango de escenarios que se reflejan en la volatilidad. En este caso se aplicó la simulación de Montecarlo para estimar dicha volatilidad, pero también hay la alternativa de estimarla a partir de la volatilidad en el retorno de acciones de negocios similares que se transan en bolsas de valores. Esta última alternativa se soporta en el supuesto de que la información sobre los eventos riesgosos que afectan positiva o negativamente a los flujos del proyecto se refleja inmediatamente en el precio de las acciones, es decir, el supuesto de mercados eficientes. En Ecuador, el mercado de valores y, en particular, el mercado de acciones, es poco profundo y altamente ilíquido [11], lo cual se refleja en un limitado número de empresas del sector en análisis que transan sus acciones en bolsa, y peor aún, empresas que tengan una presencia bursátil mínima que permita suponer que la información sobre los riesgos se transmite a los precios.

Finalmente, se resalta el uso de esta metodología en los mercados actuales en donde las situaciones son cada vez más cambiantes y las empresas pueden enfrentar opciones reales de

diferente tipo. Incorporarlas permitiría reflejar el verdadero valor de los negocios y contar con un mejor referente para la gestión de los mismos.

## REFERENCIAS

- [1] E. Lizarzaburu, E. Noriega, W. Macías, K. Rodríguez y L. Berggrun, Innovación y finanzas en empresas mineras de Latinoamérica. *Revista Orbis*, vol. 43, pp. 50-70. Julio 2019.
- [2] A. Calle, y V. Tamayo, Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales*, vol. 25, no. 3, pp. 107-126. Abril - Junio 2009.
- [3] F. Black y M. Scholes, The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, vol. 81, no. 3, pp. 637-659. Mayo - Junio 1973
- [4] A. Damodaran, *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset*, 3<sup>rd</sup> ed., New York: Wiley Finance, 2012.
- [5] N. Sapag, *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación*, 2<sup>da</sup> ed., Chile: Pearson Educación, 2011.
- [6] Markets Division: U.S. Options, Chicago Board of Exchanges. <http://www.cboe.com/marketsdivision>
- [7] J. Hull y S. Basu, *Options, Futures, and Other Derivatives*, 10<sup>th</sup> ed., India: Pearson Education, 2018.
- [8] A. Gamba, *Real Options Valuation: A Monte Carlo Approach*, Working Paper, SSRN, 2002
- [9] A. Damodaran, *Strategic Risk Taking*, 1<sup>st</sup> ed., New Jersey: Pearson Education, Inc. 2008.
- [10] F. Armerin, *Waiting in real options with applications to real estate development valuation*, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, 2016.
- [11] W. Macías, D. Cumbe, M. Mora, y R. Consuegra, Desarrollo financiero y sus determinantes: análisis comparativo para Ecuador. *Revista PODIUM*, vol. 25, pp. 9-25. Junio 2014.

ANEXO  
RESUMEN DEL FLUJO DE CAJA MENSUAL

	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10	Mes11	Mes12	Mes13
Ingresos por ventas <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	11,063	22,125	33,188	44,251	66,376	88,501	110,627
Construcción de casas <sup>b</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,573
Construcción urbanización	-	-	-	-	-	-	220,238	146,825	146,825	146,825	146,825	73,413	73,413
Promoción	40,580	30,435	30,435	20,290	20,290	6,087	6,087	6,087	6,087	6,087	6,087	6,087	6,087
Comisión por ventas <sup>c</sup>	-	-	-	-	-	-	443	885	1,328	1,770	2,655	3,540	4,425
Otros gastos de comercialización <sup>d</sup>	-	-	-	-	-	-	553	1,106	1,659	2,213	3,319	4,425	5,531
Comisiones legales <sup>e</sup>	-	-	-	-	-	-	111	221	332	443	664	885	1,106
Flujo antes de impuestos	(40,580)	(30,435)	(30,435)	(20,290)	(20,290)	(6,087)	(216,369)	(133,000)	(123,043)	(113,087)	(93,174)	151	(18,508)

<sup>a</sup> Constituye el precio de venta (edificación + terreno). Los ingresos se reciben: 30% de entrada dividido en doce meses. Luego, un mes de gracia y finalmente el saldo, que suele ser mediante crédito con una institución financiera.

<sup>b</sup> Seis meses después del inicio de pago de la entrada, empieza la construcción.

<sup>c</sup> 6% del precio de venta, en el momento de la venta

<sup>d</sup> 5% del precio de venta, en el momento de la venta

<sup>e</sup> 1% del precio de venta, en el momento de la venta