

# LA TEORÍA DE OPCIONES REALES, LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN Y LAS DECISIONES ESTRATÉGICAS DE NEGOCIOS

*Martha Beatriz Mota Aragón\**

## RESUMEN

*En la presente investigación se plantea el conocimiento de las opciones reales como una metodología que orienta las decisiones estratégicas de negocios, sobre todo en el proceso de adquisición. Las opciones reales, también conocidas como VPN modificado por considerar la flexibilidad, se han desarrollado con enorme interés en la literatura financiera en los últimos años, debido a que las empresas requieren conocer cada vez con mayor precisión y menor incertidumbre los resultados o impactos de sus decisiones estratégicas. Este proceso forma parte de la mundialización y la nueva economía de las organizaciones que comenzó a gestarse a mediados de los años ochenta del siglo pasado. En resumen, a la alta volatilidad y a los altos niveles de incertidumbre registrados en la economía mundial en las últimas*

\*Licenciada en Administración de Empresas, maestra en Finanzas UNAM, candidata a doctora en Filosofía en Administración (área de especialidad: Finanzas), EGADE-ITESM. Profesora titular "C" T. C. UAM. Asesora financiera en diversas instituciones. Candidata al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) – 2004 (en dictamen). Diversos artículos publicados en revistas especializadas de economía y finanzas, y asistencia a congresos nacionales e internacionales.

*décadas, la teoría financiera responde con nuevas herramientas financieras, que en el ámbito de las decisiones estratégicas de negocios de aceptar o rechazar un proyecto de inversión incorporan en forma correcta el valor de las decisiones utilizando opciones reales, especialmente en proyectos relacionados con adquisiciones estratégicas.*

Palabras clave: opciones reales, adquisiciones estratégicas, árboles binomiales.

## **Introducción**

En los últimos años se ha desarrollado con enorme interés en la literatura financiera la teoría de opciones reales, la cual representa una técnica novedosa para la valuación de proyectos de inversión. Esta teoría abarca prácticamente todas las áreas de aplicación de la economía de las organizaciones (Lander y Pinches, 1998; Schwartz, 2001), y con ello se ha quebrantado el paradigma de valuar proyectos de inversión utilizando como única herramienta la técnica de valor presente neto (VPN) o el método de flujos descontados (DCF, por sus siglas en inglés).

Este proceso forma parte de la mundialización y nueva economía de las organizaciones que se gesta a mediados de los años ochenta del siglo pasado. El uso de la metodología de opciones reales como herramienta de valuación se ha incrementado de manera importante en la empresa, sobre todo en proyectos de inversión con alta incertidumbre, altas tasas de cambio o flexibilidad. En la práctica encontramos aplicaciones en los proyectos de investigación y desarrollo (Ottoo, 2000), en los proyectos de valuación de tecnología (Schwartz y Moon, 2000), en los proyectos de recursos naturales (Brennan y Schwartz, 1985) o bien en los proyectos de manufactura, entre otros.

En este trabajo interesa resaltar la aplicación de la metodología en un área promisoría en el campo de la investigación: es el área de adquisiciones estratégicas. Kulatilaka (1993) propuso la aproximación de opciones reales para proyectos de inversión de capital que incluyen la flexibilidad entre sus peculiaridades. Años más tarde, Kulatilaka y Perotti (1998) desarrollaron un modelo de valuación

simple que incorpora el concepto de opciones reales para simular una adquisición estratégica.

En resumen, a la alta volatilidad y a los altos niveles de incertidumbre registrados en la economía mundial en las últimas décadas, la teoría financiera responde con nuevas herramientas financieras, que en el ámbito de las decisiones estratégicas de negocios de aceptar o rechazar un proyecto de inversión incorporan correctamente el valor de las decisiones utilizando opciones reales, especialmente en proyectos relacionados con adquisiciones estratégicas.

La primera parte de este estudio está dedicado a hacer una breve descripción del método de valor presente neto (VPN), contrastándolo con el método de opciones reales como herramientas de valuación. Se incluye un breve resumen de estudios previos en el área de opciones reales. Asimismo, se extiende y analiza la teoría de opciones reales desde la perspectiva de los proyectos de adquisición. La sección dos presenta una revisión de la teoría de estrategia, se incorpora la teoría de los recursos de las firmas RBV (*Resource Based-View*) (Barney, 1991). Ciertos recursos tienen un mayor impacto en el resultado de la empresa; estas competencias se llaman recursos centrales (*core-competences*) (Prahalad y Hamel, 1990). La sección tres presenta la metodología de árboles de decisión (Coss, Rox y Rubinstein, 1979) para valorar opciones reales. En la sección cuatro se muestran los resultados obtenidos. El método se aplica empíricamente a una adquisición realizada por un importante corporativo de la industria cementera en el año de 1994, la cual llamaremos "X" (el nombre real se omite para mantener la confidencialidad), y la información financiera utilizada en la valuación es *ex-post* al proceso de adquisición. En particular, las oportunidades en adquisiciones *estratégicas* pueden analizarse bajo el enfoque de opciones reales. Finalmente, en la sección cinco se plantean las conclusiones, así como algunos comentarios y sugerencias para investigaciones futuras.

## **1. Teoría tradicional (método de flujos descontados) versus teoría de opciones reales**

Por tradición, la valuación de proyectos de inversión se ha estudiado bajo el método VPN. Sin embargo, diversos estudios indican errores en dicho método de valuación, básicamente porque no consideran eventos como la incertidumbre

y la flexibilidad (Dixit y Pindyck, 1994) a diferencia de la teoría de opciones reales, que sí considera la incertidumbre y la flexibilidad. En este sentido, el método de VPN presenta diversas limitaciones así como la imposibilidad de incorporar las decisiones estratégicas de expandir, abandonar o intercambiar la inversión en cualquier momento de  $t$  si es necesario. Por su parte, la metodología de opciones reales tiene la oportunidad (la flexibilidad) de incorporar dichas decisiones en la valuación, eliminando así la incertidumbre prevaeciente en el ambiente de negocios.

Entonces, el método de opciones reales estima el valor de las inversiones estratégicas utilizando un VPN modificado ( $VPN = VPN + \ddot{o}$ ), el cual consiste en calcular los flujos de efectivo esperados del proyecto descontados a una tasa libre de riesgo y adicionar el valor de la flexibilidad de tomar decisiones futuras que incrementan el valor del proyecto, donde VPN es igual a los flujos de efectivo esperados y  $\ddot{o}$  es igual al valor de la opción de tomar una decisión de expandir, de abandonar o de intercambiar la inversión, entre otras.

La evaluación de la flexibilidad de tomar decisiones futuras que incrementan el valor del proyecto de inversión, o bien, la evaluación de las opciones reales detectadas en la empresa puede realizarse por diferentes métodos; se incluyen los modelos cerrados (VPN), los modelos de simulación (Monte Carlo), las aproximaciones binomiales y multinomiales, y las ecuaciones parciales diferenciales. Para efectos de esta investigación, se utiliza el método de árboles binomanales, que se analiza en la sección III. El modelo se construye y corre con el software de *Crystall Ball*.

Por otra parte, para una firma con grandes oportunidades de crecimiento el potencial del flujo de efectivo es muy volátil. Este hecho implica una dificultad e imprecisión en el cálculo de la prima de riesgo, la cual se usa para determinar una tasa de descuento apropiada. Además, el comportamiento del crecimiento de las oportunidades tiene un alto grado de no linealidad. Esto ocasiona un enorme problema para el método tradicional de VPN. Finalmente, este análisis es estático por naturaleza y asume que el crecimiento de oportunidades no es totalmente reversible (Otto, 2000).

El modelo de árboles de decisión es correcto para la naturaleza estática del modelo de VPN. Éste ciertamente reconoce que hay interdependencia entre

las decisiones de inversión inicial y las decisiones subsecuentes. El mayor problema de modelar con esta metodología es la dificultad inherente de encontrar una tasa de descuento apropiada para ser utilizada en el análisis. Esto ocurre porque las características del riesgo de las decisiones de incertidumbre cambian con el tiempo (Chávez, 1998).

Finalmente, los modelos contingentes resuelven muchas de las deficiencias del método de VPN en la evaluación del crecimiento de oportunidades (Otto, 2000). Estos modelos asumen implícitamente la flexibilidad y el crecimiento de oportunidades como una opción “*call*” u “opciones reales”. El crecimiento de oportunidades involucra a los activos de la firma. Entonces es necesario introducir técnicas de valuación que incorporen el valor de esos “activos” y, por ende, el propósito de modelar bajo la metodología de opciones reales.

En la práctica, el capital de inversión está determinado por la discreción administrativa, donde las opciones disponibles de inversión en activos reales se evalúan sobre una base continua. Las opciones reales son valiables porque modelan mejor la flexibilidad administrativa para tomar ventaja de oportunidades ante la perspectiva de incrementar utilidades o reducir pérdidas (Lander y Pinches, 1998). En efecto, las compañías que reconocen el valor de la flexibilidad en sus inversiones tienen mayor ventaja competitiva (Baldwin, 1987).

La tabla 1 muestra un resumen de los temas de opciones reales y las áreas de aplicación (Véase Lander y Pinches, 1998; y Schuartz, 2001).

TABLA 1. OPCIONES REALES: TEMAS Y ÁREAS DE APLICACIÓN

Area	Referencias
Recursos naturales	Tourinho (1979), Brennan y Schwartz (1985), Siegel, Smith y Paddock (1987), Paddock, Siegel y Smith (1998), Trigeorgis (1990), Schwartz (1997, 1998), Smith (1997), Tufano (1998), Cortazar, Schwartz y Casassus (2000), Moel y Tufano (2000).
Estrategia corporativa: competencia	Baldwin (1982, 1989, 1991), Trigeorgis (1991, 1996), Kulatilaka y Perotti (1992), Smith y Trigeorgis (1995), Grenadier y Weiss (1997), Farzin, Huisman y Kort (1998), Busby y Pitts (1997), Economies (1999).
Regulación corporativa	Mason y Baldwin (1998), Teisberg (1990, 1993, 1994), Edleson y Reinhardt (1995).
Adquisiciones y gobierno corporativo	Hathaway (1990), Smith y Triantis (1994, 1995), Hiraki (1995), Vila y Schary (1995), Ikenberry y Vermaelen (1996).
Comportamiento de la firma	Pindyck (1991), Dixit y Pindyck (1994).
Organización Industrial	Imai (2000), Huisman y Kort (2000).
Desarrollo, flexibilidad y conservación	Purvis, Boggess, Moss y Holt (1995), Wiebe, Tegene y Kuhn (1997).
Innovación y alta tecnología	Schwartz y Moon (2000), Kellogg y Charnes (2000), Bloom y Van Reenen (2001), Boer (2000), McGrath y MacMillan (2000).
Investigación y desarrollo	Morris, Teisberg y Kolbe (1991), Newton y Pearson (1994), Childs, Otto y Triantis (1995), Faulkner (1996), Otto y Thompson (1996), Herath y Parkm (1999), Carter & Edwards (2001), Perlits, Peske y Schrank (2001).
Manufactura	Kulatilaka (1984, 1988, 1993), Baldwin y Clark (1994, 1996), Pindyck (1992), Kamrad y Ernst (1995), Mauer y Otto (1995).
Contable: Inventarios	Chung (1990), Stowe y Gehr (1991), Stowe y Su (1997).
Bienes raíces	Stulz and Johnson (1985), Titman (1985), Capozza y Li (1994), Grenadier (1995, 1996), Childs, Riddiough y Triantis (1996), Sirmans (1997), Downing y Wallace (2000).
Ambito internacional	Baldwin (1987), Dixit (1989), Kogut y Kulatilaka (1994), Bell (1995), Buckley y Tse (1996), Capel (1997), Schich (1997), Buckley (1998).

TABLA I  
CONTINUACIÓN...

Area	Referencias
Financiera	
Tasas de interés	Ingersoll y Ross (1992), Ross (1995), Lee (1997).
Riesgo de capital	Sahlman (1993), Willner (1995), Gompers (1995), Zhang (1999).
Ofertas públicas	Epstein, Mayor, Schonbucher, Whalley, and Wilmott (1998).
Legales	Triantis y Triantis (1998).
Fuerza laboral	Kandel y Pearson (1995), Bloom (2000).

La revisión de literatura mostrada en el cuadro anterior no intenta ser, de ninguna manera, una revisión exhaustiva de estudios previos. Su propósito es mostrar el hecho de que las opciones reales pueden utilizarse en un sinnúmero de casos de evaluación de proyectos y en la investigación común de estos estudios. Algunas ventajas de la metodología son: por un lado, considerar la incertidumbre, la cual revela por sí misma algún tipo de oportunidad de crecimiento, diversificación o riesgo para la empresa (Smith y Triantis, 1998). Entonces, un valor importante de la metodología está dado por la posibilidad de adecuar capacidades administrativas que desde la perspectiva tradicional del método de valuación de VPN es imposible de evaluar. Por otro lado, OR integra consideraciones tecnológicas y estratégicas dentro de un modelo de valuación más general (McGrath y MacMillan, 2000). Finalmente, desde el punto de vista metodológico, un proceso basado en opciones reales ofrece una aproximación sistemática para invertir y valorar en un ambiente de alta incertidumbre y competencia.

Sin embargo, el propósito fundamental del modelo de opciones reales no siempre es utilizado adecuadamente por los administradores de la firma. Lander y Pinches (1998) examinaron diversos usos, subrayaron el hecho de que existe una distancia significativa entre esta aproximación sugerida y las prácticas actuales de valuación. De acuerdo con este estudio, los tipos de modelos normalmente usados no son bien conocidos o entendidos por los administradores corporativos. Los supuestos con frecuencia son violados en la práctica al aplicar opciones

reales, y los supuestos adicionales requieren una clara intención matemática aplicable.

Un área que emplea la aproximación de opciones reales es la estrategia corporativa. En este trabajo analizamos particularmente la estrategia a través del proceso de adquisiciones. La siguiente sección presenta algunas consideraciones intuitivas que podrían ser tomadas en cuenta por los administradores en sus planes corporativos de evaluación de adquisiciones. Algunas de estas consideraciones parecen dar valor al razonamiento de las OR.

### 1.1 *Las opciones en los proyectos de adquisición*

El tema de las adquisiciones ha sido un punto de interés tanto para la academia como para los administradores de la firma, y puede verse como una estrategia de crecimiento, de expansión, de diversificación de riesgo, de aprovechamiento de oportunidades, de disminución o fijación de costos, de competencia, de eficiencia de la operación, entre otros; en resumen, de crear valor en la empresa. Las adquisiciones han demostrado crear valor económico a la empresa (Chatterjee, 1986). Muchas adquisiciones crean *opciones valiables* (Smith and Triantis, 2000).

Las adquisiciones estratégicas son un vehículo que puede facilitar, por ejemplo, el crecimiento de la compañía. Primero: una empresa puede entrar rápidamente en un nuevo nicho de mercado y puede encontrar que es barato; incluso puede comprar esta opción de crecimiento y no desarrollarla. Segundo: la empresa adquiriente puede transferir tecnología. Tercero: puede lograr sinergias con la empresa adquirida a través de oportunidades comunes (Smith y Triantis, 2000).

El razonamiento de opciones reales tiene un sentido intuitivo para proyectos de adquisiciones. Por ejemplo, si una compañía hipotética tiene ventas altas en un mercado extranjero, eso puede ser un proyecto atractivo de inversión ya que representa una oportunidad para entrar a un nuevo mercado y a una nueva región, donde quizá no tenga presencia. Si se hace la adquisición, posteriormente se tendrá la posibilidad de hacer futuras inversiones en mercados vecinos. Si se



decide no hacer la adquisición, quizá no habría oportunidad de ingresar a nuevos mercados.

Entonces, la valuación en este momento de la adquisición para esta compañía puede resultar mayor que para el resto de las firmas de la industria. Dicha valuación del proyecto podría incluir una *opción de crecimiento* que lo hace aún más atractivo. Si este tipo de razonamiento es tomado en cuenta en la naturaleza incierta de los proyectos de adquisiciones, entonces por sí mismo será visto como una opción real.

Smith y Triantis (1998) definen tres tipos de opciones que pueden incluirse en el razonamiento de opciones reales; las de crecimiento, de flexibilidad y de transferencia. Cuando pensamos en la flexibilidad, el hecho de que se le pueda considerar bajo el enfoque de opciones reales significa que las firmas con una importante flexibilidad en la organización, mercado, producción y financiamiento pueden generar beneficios adicionales de sus adquisiciones a través de la diversificación. En este sentido, un programa de adquisición enfocado a la diversificación no sólo puede reducir la varianza de los flujos esperados de la firma, sino incluso puede incrementar el valor de la firma y el valor de la opción de flexibilidad. Kulatilaka (1994) elabora claramente un trabajo sobre la flexibilidad de la *opción* para un sistema de producción flexible.

Por otro lado, el análisis convencional de adquisiciones no siempre cuenta con la *opción* de transferir posteriormente las partes de las compañías adquiridas. Las ventas futuras de estos activos podrían valuarse y limitar de manera sustancial el nivel de riesgo, o bien definir con mayor claridad el perfil de ganancias o de pérdidas futuras. La opción de transferencia se ha analizado en diversos proyectos de recursos naturales y valuación de proyectos mineros (Schwartz y Brennan, 1985; Moel y Tufano, 2000; Cortazar, Schwartz y Casassus, 2000).

El resultado descrito en la literatura de opciones reales es que la incertidumbre incrementa el valor de un proyecto. Kulatilaka y Perotti (1998) encontraron que el valor de la estrategia (opción) de crecimiento es relativo en competencia imperfecta. También encontraron que si la inversión estratégica tiene un efecto significativo, dará como resultado un alto valor de la acción. Como resultado, el valor de la opción se incrementa mientras más aumenta la

incertidumbre. Por otro lado, cuando la utilidad ganada es menos significativa, un aumento de la volatilidad podría incrementar el valor de la no inversión. Finalmente, cuando un componente del riesgo sistemático se introduce en la volatilidad y este componente incrementa la volatilidad total, se desfavorece la inversión estratégica por el alto nivel de exposición.

## **2. Teoría de estrategia, adquisiciones y competencias centrales (*core-competences*)**

En la teoría de estrategia existe una larga tradición en la investigación de las adquisiciones. Posiblemente uno de los resultados más importantes ha sido que las empresas que adquieren a otras en negocios o giros relacionados han tenido un mejor desempeño en términos financieros (Rumelt, 1974; Christensen y Montgomery, 1981). Para Rumelt la razón principal del desempeño superior se explica a través de procesos de sinergia. La sinergia es la posibilidad de compartir recursos, y que de tal combinación el resultado sea mayor que la suma de sus partes, ya que sin esta sinergia la adquisición no tendría razón de ser, puesto que si dicha adquisición no aporta beneficio alguno para ambas empresas en su conjunto, no existirá una justificación para realizar dicha adquisición.

En paralelo al estudio de las adquisiciones relacionadas y no relacionadas, la teoría de estrategia estaba fuertemente influida por la teoría económica, en especial por la teoría basada en la estructura-conducta-desempeño (*structure-conduct-performance*), una buena recopilación es la que Porter (1980) resume en el modelo de las cinco fuerzas (*the five-forces model of environmental threats*), donde resalta los peligros de la rivalidad, los sustitutos, los nuevos entrantes y los proveedores. Por desgracia, en su libro no toma en cuenta las particularidades de cada empresa (Barney, 1996). Al abrir la caja negra, y al tomar en cuenta la heterogeneidad de los recursos y capacidades de las firmas, es posible desarrollar una nueva teoría, la llamada teoría de los recursos de las firmas RBV (*Resource Based-View*) (Barney, 1991). De acuerdo con los investigadores en RBV, la empresa puede generar una ventaja competitiva a través de “explotar sus fuerzas internas, mientras responde a las oportunidades del entorno, mientras evita las amenazas externas, evitando las debilidades internas” (Barney, 1991, p. 99). Por ello, para que la ventaja competitiva sea sustentable, los recursos y capacidades deben cumplir con ciertos requisitos: ser valiosos,

escasos, difíciles de imitar y sin sustitutos estratégicos, ya que sin esto otras empresas podrían imitar lo que hace la firma y, por lo tanto, perder la posibilidad de obtener utilidades por arriba de la media.

Al reconocer que los recursos de la empresa son valiosos, se dio un gran avance en cuanto a la posibilidad de explicar cuáles son los elementos que pueden permitir a una firma contar con una ventaja competitiva. Ciertos recursos tienen un mayor impacto en el resultado de la empresa, y se les conoce como recursos o competencias centrales (*core-competences*) (Prahalad y Hamel, 1990).

Ahora podemos preguntarnos cuál podría ser el papel de las competencias centrales en el proceso de adquisición. De acuerdo con Rumelt (1974), se debe esperar un proceso de sinergia entre el adquiriente y el adquirido, sinergia que puede generarse a través de los distintos recursos y capacidades que ambas empresas posean, de tal forma que, como está definido, las competencias centrales de una empresa necesariamente deben tener un efecto en la percepción del valor de la adquisición; por ejemplo Cannon Co., líder en la industria de las cámaras fotográficas, puede verse como un conjunto de recursos y capacidades con ciertas competencias centrales, entre ellas las competencias para el manejo de lentes y microelectrónica. Tales competencias centrales pueden explicar el éxito de esta empresa en la industria de las fotocopiadoras (Prahalad y Hamel, 1990). Aunque este ejemplo tiene el carácter de una adquisición en diferentes industrias, ésta no es una condición necesaria. Posiblemente el caso más sencillo es cuando una empresa adquiere a otra de su mismo giro.

### **3. Metodología: árboles binomiales**

La técnica que utilizaremos en este trabajo para valorar la opción real de adquisición de la empresa X es el método de árboles binomiales, muy útil para este propósito. Consiste en presentar diferentes trayectorias posibles que puede seguir el precio del subyacente, en este caso (flujos de efectivo) del proyecto en  $t$ , es decir, durante la vida de la opción (Hull, 2002).

En cada periodo ( $t$ ) pueden calcularse el valor presente de los flujos de efectivo (VPN) del proyecto y los valores correspondientes de la opción real.

De esta manera, la dirección tiene un abanico de escenarios posibles para tomar la mejor decisión en el momento adecuado. Los valores de los flujos de efectivo se calculan de manera recursiva “hacia delante”, comenzando en el periodo 1, mientras que los valores de la opción real se calculan “hacia atrás”, comenzando con los valores de la opción en la última etapa. El método puede presentarse para uno y dos periodos.

### 3.1 Modelo binomial de un periodo

Podemos generalizar el caso considerando el subyacente (flujos de efectivo) cuyo precio es  $Sf$  y una opción sobre el subyacente cuyo precio actual es  $f$ . Suponemos que la opción durará un tiempo  $T$  y que durante la vida de la opción el precio del subyacente puede moverse por encima de  $Sf$  hasta un nuevo nivel de  $Su$ , o moverse hacia abajo hasta un nuevo nivel  $Sd$  ( $u > 1$ ;  $d < 1$ ). El incremento proporcional en el precio del subyacente cuando hay un movimiento hacia arriba es  $u - 1$ ; el descenso proporcional en el precio del subyacente cuando hay un movimiento hacia abajo es  $1 - d$ . Si el precio del subyacente sube hasta  $Su$ , suponemos que el beneficio bruto (*payoff*) de la opción es  $fu$ , y si el precio baja hasta  $Sd$ , suponemos que el beneficio bruto de la opción es  $fa$ . La figura 1 muestra la posible dinámica de  $Sf$ .

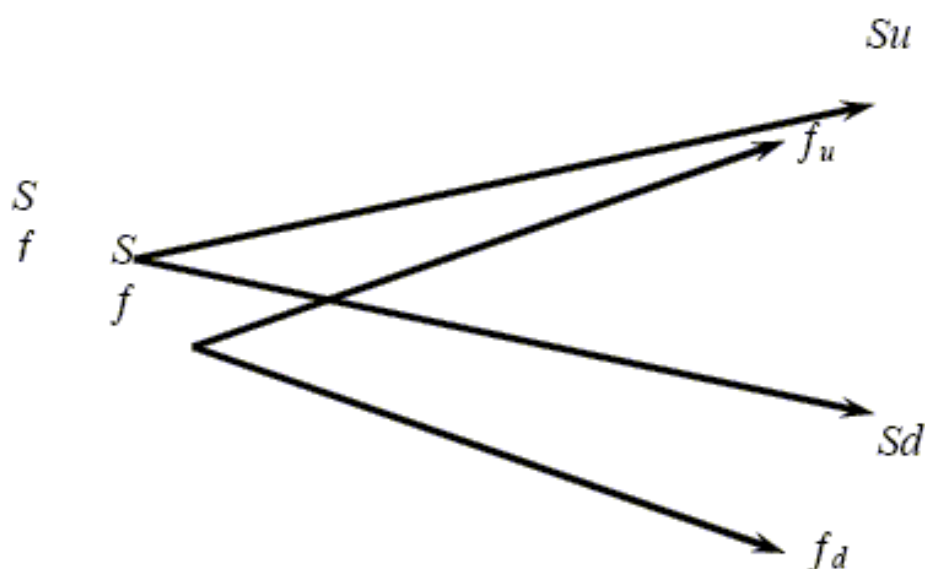


Figura 1. Precios del subyacente y opciones en el modelo binomial de un periodo.

Las cantidades  $u$  y  $d$  se pueden relacionar con un parámetro de volatilidad  $\sigma$  y la longitud del periodo en cuestión; sea  $T - t$  como sigue:

$$u = e^{\sigma \sqrt{T-t}} \quad \text{y} \quad d = 1/u$$

Pensemos en una cartera que consiste en una posición larga  $\Delta$  en el subyacente y una posición corta en una opción. Entonces se calcula el valor de  $\Delta$  que hace que la cartera sea libre de riesgo. Si sube el precio del subyacente, el valor de la cartera al final de la vida (en  $T$ ) de la opción será

$$Su \Delta - fu$$

Si, por el contrario, hay un movimiento hacia abajo en el valor del subyacente, éste será

$$Sd \Delta - fd$$

Ahora bien, los dos valores de la cartera son iguales cuando

$$Sfu \Delta - fu = Sfd \Delta - fd$$

$$\Delta = (fu - fd) / (Sfu - Sfd) \tag{1}$$

Suponemos un mundo neutral al riesgo o una cartera libre de riesgo, por lo que la cartera debe ganar una tasa de interés libre de riesgo. La ecuación 1 muestra que  $\Delta$  es el ratio entre el incremento en el precio de la opción y la variación en el precio del subyacente cuando nos movemos entre nodos.

Sustituyendo la ecuación 1 para  $\Delta$  y simplificando, esta ecuación se reduce a:

$$f = e^{-rT} [p fu + (1 - p) fd] \tag{2}$$

$$p = (e^{rT} f - d) / (u - d) \tag{3}$$

Las ecuaciones 2 y 3 permiten valorar una opción utilizando un modelo binomial de un periodo.

### 3.2 Modelo binomial de dos periodos

El modelo binomial se extiende a dos periodos. Aquí el precio del subyacente inicial empieza en  $Sf$ . En cada periodo este precio se mueve hacia arriba  $u$  veces su valor inicial o hacia abajo  $d$  veces su valor inicial. La notación para el valor de la opción se ve en el árbol. Como se observa después de dos movimientos, el valor de la opción es  $fuu$ . Suponemos que la tasa de interés libre de riesgo es  $r$  y que la duración del periodo es  $\delta t$  años.

Aplicando repetidas veces la ecuación 2, queda

$$fu = e^{-r\delta t} [pfuu + (1-p) fud] \quad (4)$$

$$fd = e^{-r\delta t} [pfud + (1-p) fdd] \quad (5)$$

$$f = e^{-r\delta t} [pfu + (1-p) fd] \quad (6)$$

Sustituyendo las ecuaciones 4 y 5 en la 6, tenemos

$$f = e^{-2r\delta t} [p^2fuu + 2(1-p) fud + (1-p)fdd] \quad (7)$$

Esto es consistente con el principio de valoración neutral al riesgo mencionado antes. Las variables  $p^2$ ,  $2(1-p)$ , y  $(1-p)^2$  son las probabilidades de obtener los nodos alto, medio y bajo finales. El precio de la opción es igual a su beneficio bruto esperado en un mundo neutral al riesgo, descontando la tasa de interés libre de riesgo.

## 4. Resultados

Para el análisis y aplicación de la metodología partimos de información financiera *ex-post*, misma que fue proporcionada por el corporativo estudiado. Se trata de una adquisición realizada en el año de 1994 por una de las empresas cementeras más importantes del mundo. Primero presentamos estados financieros históricos y proyectados, valuados por el método tradicional de VPN, los cuales se reexpresan en millones de dólares estadounidenses con inflación base 1994 y un

ESTADOS DE RESULTADOS HISTÓRICO Y PROYECTADO (DIA. 1994)  
 Valuación Tradicional por el método de VPN

Año	1989	1990	1991	1992	1993	al cierre 03-1994	0	1	2	3	4	5	6
							1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
IPC (1984=100)	500,300	504,800	1,17,700	943,300	1,302,900	1,302,900	2,095,200	3,341,800	5,697,400	10,048,700	13,644,040	16,850,200	
Inflación con base a 1984	0,10%	0,24%	0,34%	0,45%	0,62%	0,62%	1,00%	1,36%	3,10%	4,70%	6,91%	8,04%	
Precio del Dólar proyectado a 1994			144,000										
Historicos (Reexpresado en M de Dólares)													
Crecimiento Proyectado Ventas													
Incremento en costos (incluimos tasas que varían)													
Diminución de gastos: 15%													
Por eficiencia													
Ventas	6,663	10,666	15,245	31,274	31,783	31,783	22,865	23,673	24,478	25,284	26,089	26,894	27,699
Costos Totales	3,868	12,945	10,919	20,979	21,787	21,787	14,734	14,945	15,156	15,367	15,578	15,789	16,000
Utilidad Bruta	1,232	5,887	4,826	10,294	9,996	9,996	8,131	8,728	9,322	9,917	10,511	11,106	11,701
Depreciación	0,000	1,213	1,239	2,266	2,726	2,726	1,820	1,738	0,886	0,000	0,000	0,000	0,000
Gastos Totales	-0,514	0,74	1,335	3,993	5,199	5,199	2,957	3,254	2,031	1,833	1,683	1,514	1,377
Utilidad de Operación	2,376	3,285	3,287	4,399	4,871	4,871	5,173	4,715	5,395	7,467	8,828	9,187	9,181
Depreciación	0,000	1,715	1,229	2,328	2,726	2,726	1,820	1,828	0,886	0,000	0,000	0,000	0,000
EBITDA	2,376	5,199	3,456	6,726	4,801	4,801	6,533	6,263	6,829	7,467	8,182	8,787	9,287
Impuestos	0,828	1,185	0,790	1,540	0,725	0,725	1,279	1,657	2,081	2,610	2,827	3,048	3,273
Utilidad después de Imp.	1,601	2,869	1,673	2,860	1,341	1,341	2,460	3,077	3,883	4,847	6,348	5,639	5,954
Inversión Inicial							-317,000						
Flujo de caja						Yasa	0,140						
Saldo Inicial							-317,000	3,077	2,986	3,273	3,106	2,936	2,772
Saldo Final						Peri	0,000	3,277	6,095	9,337	12,445	15,382	18,101
							Peri	38,452	3,863	4,847	6,248	8,068	9,928

precio del dólar promedio de 148, 890 correspondiente a 1994. Para proyectar construimos un modelo compuesto básicamente de cuatro variables; incremento de ventas, disminución de costos, disminución de gastos y aumento de eficiencia. El camino de linealidad de las variables se definió con base en un estudio histórico exhaustivo de la empresa, del análisis del comportamiento de los precios, de un profundo análisis de la industria y de la consideración de las condiciones económicas, culturales, políticas y sociales del país de origen de la empresa adquirida; además con base en la experiencia de diversas conversaciones que mantuvimos con altos ejecutivos del corporativo, entre otros.

A partir de ahí calculamos el factor volatilidad ( $\sigma$ ), el cual arroja 0,1310, la media y la desviación estándar, y finalmente construimos el árbol binomial para más de dos periodos. El cálculo se hizo semestral consecutivo  $t = 1, 2, 3, \dots$ , para cinco años. Con los parámetros  $Sf = 38,457$  millones de dólares,  $\sigma = 0,1310$ ,  $r(0,T)$  (tasa libre de riesgo) = 13.5%, y precio de ejercicio  $KT = Sf e^{r(0,T)T}$ . Las probabilidades se calcularon con las fórmulas

$$u = e^{\sigma \sqrt{T-t}} \quad \text{y} \quad d = 1/u,$$

las cuales se definieron con anterioridad.

De acuerdo con el procedimiento descrito antes y utilizando la metodología de opciones reales para determinar en qué punto debe la empresa decidir si toma la opción de compra, de tal suerte que el VPN modificado del proyecto represente la mayor ganancia; es decir, que este punto el  $VPN > 0$  o positivo, y considerando los flujos de efectivo iniciales, del año 0 como  $I_0$ , llegamos a los siguientes resultados: El precio (valor) actual de los flujos de efectivo del proyecto de inversión es de 38,457 millones de dólares; es el valor presente del proyecto en el año 1 y la probabilidad pronosticada es de 1.31%. De acuerdo con las probabilidades calculadas, sabemos que al final del quinto año los valores serán de 38,472 mdd o de 38,452 mdd, por lo que el momento para tomar la opción de compra es en  $T = 10$  ya que el  $VPN \text{ modificado} = c(0,10) - I_0 > 0$ . Lo anterior se puede observar en el siguiente árbol.



FIGURA 1. ÁRBOL DE DECISIÓN DEL CORPORATIVO X PARA CINCO AÑOS

Periodo 0,5  
 Volatilidad 0,98  
 Probabilidad u 1,995366  
 Probabilidad d 0,501161

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	38,45241	76,72662	153,0976	305,4858	609,5557	1216,287	2426,936	4842,625	9662,806	19280,83	38472,3
1		19,27086	38,45241	76,72662	153,0976	305,4858	609,5557	1216,287	2426,936	4842,625	9662,806
2			9,65781	19,27086	38,45241	76,72662	153,0976	305,4858	609,5557	1216,287	2426,936
3				4,840121	9,65781	19,27086	38,45241	76,72662	153,0976	305,4858	609,5557
4					2,425681	4,840121	9,65781	19,27086	38,45241	76,72662	153,0976
5						1,215658	2,425681	4,840121	9,65781	19,27086	38,45241
6							0,609241	1,215658	2,425681	4,840121	9,65781
7								0,305328	0,609241	1,215658	2,425681
8									0,153018	0,305328	0,609241
9										0,076687	0,153018
10											0,038433

Los resultados obtenidos a través de la metodología de opciones reales muestran un valor mayor que el valor obtenido por el método tradicional del VPN. En el quinto año, la opción tiene su máximo valor por lo que será el momento adecuado para ejercerla. Al evaluar la *opción de crecimiento*, se presenta la posibilidad de decidir si continuar en el proyecto o abandonarlo.

## 5. Conclusiones

Este trabajo pretende presentar la teoría de opciones reales como una metodología más certera en el análisis de valuación de adquisiciones estratégicas. En este sentido resulta una herramienta importante en el análisis de las decisiones estratégicas de negocios particularmente, en las decisiones de proyectos de inversión.

Como observamos, la técnica de valuación de opciones reales es efectiva para capturar muchos de los beneficios estratégicos del proceso de adquisición que el método tradicional de VPN no captura y presenta un valor agregado al valor la flexibilidad de la opción.

Una opción real que se realiza a través de una adquisición puede valorarse en cualquier momento del tiempo (T-t) y es claro que tales opciones son mayormente valiables cuando se incrementan las condiciones de incertidumbre acerca del precio del subyacente.

El interés de este trabajo es resaltar la aplicación de la metodología de opciones reales en el análisis de proyectos de inversión, así como vincular el enfoque de opciones reales (teoría financiera) con la teoría de estrategia, particularmente, en el área de adquisiciones estratégicas como un camino para la creación de valor de la empresa. Para ello realizamos la aplicación empírica del método en un importante corporativo de la industria cementera, utilizando el método binomial. Como señalamos, existen diversas formas para valorar opciones reales, desde las fórmulas convencionales de Black-Scholes, distribución Lognormal (Kulatilaka and Perotti, 1998), ecuaciones parciales diferenciales, hasta el método binomial de Cox-Ross Rubinstein (1979).

Finalmente, presentamos los resultados de la investigación. Sin embargo, esta investigación no capta la totalidad de elementos por considerar en el complejo momento de la toma de decisiones de la adquisición estudiada, debido básicamente a que el mundo real no es neutral al riesgo, por lo que hay mucho por hacer en esta área en investigaciones futuras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barney, J. B. y W. Hesterly. "Organizational Economics: Understanding the relationship between organizations and economic analysis", en S. Clegg, C. Hardy y W. Nord (eds.), *Handbook of Organizational Studies*, SAGE, London, 1996.
- Brennan, M. y E. Schwartz. "A new approach to evaluating natural resource investments", *Midland Corporate Finance Journal*, núm. 3, vol. 1, pp. 37-47, 1985.
- Collis y Montgomery. *Corporate Strategy, Resources and the Scope of the firm*, Irwin, Boston, 1997.
- Copeland, T. Koller y J. Murrin. *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, John Wiley & Sons, New York, 1996.
- Cortazar, G., E. Schwartz y J. Casassus. *Optimal Exploration Investments Under Price and Geological Technical Uncertainty: A Real Options Model*, EFMA, Athens, 1998.
- Chávez, C. Valuación de proyectos utilizando la técnica de opciones reales y su aplicación en un caso específico: Flexibilidad de manufactura, 1998.
- Christensen, H. K. and C. A. "Montgomery. Corporate economic performance: Diversification strategy versus market structure", *Strategic Management Journal*, núm. 2, pp. 237-343, 1981.
- Downing, C. y N. Wallace. *A real options approach to housing investment*, FEDS Working Paper 2000-30, FEDS, USA, 2000.
- Economies, N. *Real options and the costs of the local telecommunications network*, New York University Working Paper 99-007, New York University, New York, 1999.
- Gummesson, Evert. *Qualitative Methods in Management Research*, SAGE publications, Thousand Oaks, 1991.
- Haspeslagh P. y D. Jemison. *Managing Acquisitions: Creating Value Through Corporate Renewal*, Collier Macmillan, Canada, Inc., N. Y., 1991.

- Herath, H. y C. Park. "Real options valuation and its relationship to Bayesian decision making methods", *The Engineering Economist*, núm. 46, vol. 1, pp. 1-32., 2001.
- Huisman, K. y P. Kort. *Strategic technology adoption taking into account future technological improvements: A real options approach*: Tilburg University Center for Economic Research, Working Paper núm. 52, Tilburg University Center for Economic Research, 2000.
- Hull. *Options, Futures, and Other Derivatives*, 5a. ed., Prentice Hall, USA, 2004.
- Ikenberry, D., J. Lakonishok y T. Vermaelen. *Stock repurchases in Canada: Performance and strategic trading*, NBER, Working Paper 7325, National Bureaus of Economic Research, 1999.
- Ingersoll, J. y S. Ross. "Waiting to invest: Investment and uncertainty", *Journal of Business*, núm. 65, vol. 1, pp. 1-29, 1992.
- Jick, Todd D. "Mixing qualitative and quantitative methods: triangulation in action", *Administrative Science Quarterly*, núm. 24, pp. 602-610, 1979.
- Kogut, B. y N. Kulatilaka. "Strategy, heuristics, and real options", *The Oxford Handbook of Strategy*,, 2001.
- Kulatilaka, N. y E. Perotti. "Strategic growth options", *Management Science*, núm. 44, vol. 8, pp. 1021-1031, 1998.
- Kulatilaka, N. y L. Trigerorgis. "The general flexibility to switch: Real options revisited", *International Journal of Finance*, núm. 6, vol. 2, pp. 27-54.
- Lander, D. y G. Pinches. "Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, núm. 38, pp. 537-567, 1998.
- Mcgrath, R. e I. MacMillan. "Assessing technology projects using real options reasoning", *Research Technology Management*, núm. 43, vol. 4, pp. 35-49, 2000.
- Moel, A. y P. Tufano. *When are real options exercised? An empirical study of mine closings*, Harvard Business School Working Paper 99-117, Harvard Business School, 2000.

- Otto, R. E. *Valuation of Corporate Growth Opportunities: A Real Options Approach*, Garland Publishing, New York, 2000.
- Porter, M. E. *Competitive strategy*, The Free Press, New York, 1980.
- Prahalad, C. K. y G. Hamel. "The Core Competence of the Corporation", *Harvard Business Review*, May-June, pp. 79-91, 1990.
- Rumelt, R. P. *Strategy, Structure, and Economic Performance*, Harvard Business School Press, Boston, Mass., 1986.
- Smith, K. y A. Triantis. "The value of options in strategic acquisitions", en L. Trigeorgis, L. (1999): *Real Options and Business Strategy: Applications to Decision Marketing*, Risk Books, 1998.
- Schwartz, E. y C. Zozaya-Gorostiza. *Valuation of information technology investments as real options*, AFA 2001 New Orleans Meetings, 2000.
- Schwartz, E. y M. Moon. "Rational pricing of internet companies". *Financial Analysis Journal*, núm. 56, vol. 3, pp. 1-31, 2000.
- Yin, Robert K. *Case Study Research, Design and Methods*, SAGE, Thousand Oaks, 1994.