

EL MÉTODO DE VALORACIÓN POR OPCIONES REALES

Aplicación en el Sector Energético.

Teresa Clavería Cariñena.

ÍNDICE

1. Introducción	3
a. Motivación del trabajo	3
b. Objetivos.....	6
c. Metodología de investigación	7
2. Marco teórico	7
a. Conceptos clave	7
b. Estudios previos sobre valoración por opciones reales	9
c. Características de la industria del petróleo y su valoración	13
3. Teoría de valoración por opciones reales	16
a. Punto de partida: Las opciones financieras	16
b. Tipos de opciones reales	22
c. Valoración de opciones reales	25
d. Limitaciones del método de valoración por opciones reales.....	29
4. Comparación con otros métodos de valoración	30
a. Métodos tradicionales.....	30
b. Descuento de flujos de caja	31
c. Métodos comparativos o por múltiples.....	33
5. Análisis de casos prácticos	34
6. Ventajas del roo en el sector energético.....	41
7. Resumen y Conclusiones	43
8. Futuras investigaciones	46
9. Referencias bibliográficas	47

1. INTRODUCCIÓN

a. Motivación del trabajo

Cada vez más en la realidad económica y empresarial, resulta necesario hacer una valoración lo más objetiva posible de activos, proyectos de inversión y empresas, con la finalidad de ayudar a la toma de decisiones dentro de las compañías. La valoración conlleva un análisis en profundidad de los puntos fuertes y débiles de la compañía, una comparación con el resto de empresas de características similares en el mercado y la búsqueda de mejorar el funcionamiento y la rentabilidad. Por ello, resulta indispensable para los negocios, conocer exactamente su valor actual y potencial. Sin embargo, no solamente se trata de una práctica tremendamente útil y necesaria para la propia empresa, sino que para todos los inversores y agentes del mercado resulta cada vez más importante obtener una información clara, precisa y adecuada para tomar decisiones y actuar sobre el mercado.

Así, con el objetivo de convertir la información existente cada vez en una más perfecta, existen múltiples métodos de valoración en continuo desarrollo y que, basándose en información histórica, en proyecciones de crecimiento y rentabilidad futura, y en el comportamiento de empresas comparables, tratan de proporcionar un valor lo más real y fiable posible.

En este sentido, en la línea de avance en el ámbito de la valoración, surge un método conocido como “análisis de opciones reales” o “valoración por opciones reales” (en inglés: ROV- Real Options Valuation). Éste se utiliza para tomar decisiones acerca de presupuestos e inversiones de capital a través de técnicas valorativas con opciones. Una opción, tal y como se conoce en el mundo financiero, es un instrumento derivado financiero que otorga al comprador el derecho, y no la obligación, a comprar o vender bienes (activo subyacente) a un precio pactado (strike) en el momento de vencimiento.

Trasladando esto a otros sectores, se pueden considerar las opciones como el derecho, y no la obligación, de tomar ciertas iniciativas empresariales como el aplazamiento, el abandono, la ampliación, la implantación o la contratación de proyectos de inversión de capital. De este modo, la oportunidad de invertir en la ampliación de una fábrica de la empresa, o bien vender la fábrica según la situación en el momento de vencimiento, es lo que entenderíamos por una “real call- opción real de

compra” o una “real put- opción real de venta”, respectivamente. Como se desarrollará más adelante, se pueden distinguir las opciones reales de las opciones financieras convencionales porque las primeras no se comercializan normalmente como valores y porque no implican decisiones sobre un activo subyacente que se comercializa como una seguridad financiera.

El ROV es un análisis que se desarrolla a partir de su aplicación en las finanzas corporativas, con el fin de aplicarlo a decisiones empresariales del mundo real. Es por tanto una herramienta en la formulación de la estrategia empresarial.

Por todas estas razones empresariales, éste puede tratarse de un tema de utilidad para las compañías que empiezan a utilizar el ROV como método de valoración en el sector energético, así como para aquellas que no lo han hecho o para empresas de otros sectores que no tienen en cuenta las ventajas del método o no saben cómo corregir los inconvenientes que a priori existen.

Adicionalmente, en cuanto a las motivaciones académicas, parece útil tratar este tema ya que se trata de un método totalmente innovador y cuyo desarrollo queda un poco eclipsado por el uso común e histórico de métodos de valoración más tradicionales. El ROV es un método de valoración relativamente nuevo, acuñado por el profesor Stewart Myers, de la Sloan School of Management del MIT en 1977. Debido a su reciente aparición, este método todavía no ha sido totalmente desarrollado ni ha sido puesto en práctica de forma extensiva. De hecho, valorados algunos de sus resultados, como se expondrá más adelante, únicamente parece haber sido implantado de forma más contundente en el sector energético y parece interesante estudiar dicho fenómeno. Igualmente, debido a su juventud puede resultar complicado encontrar información sobre el método de valoración, pero también por este motivo parece muy útil e interesante investigar sobre su funcionamiento y su implantación.

Para poder entender cómo se ha llegado a la situación actual, en la que aparentemente prevalecen los métodos tradicionales y la introducción de uno nuevo resulta complicada, parece necesario buscar antecedentes que expliquen la evolución de este método. Aunque en el marco teórico se expondrá una detallada revisión de la literatura, parece interesante exponer brevemente en la introducción algunos aspectos de la misma para asimilar la motivación académica de este trabajo.

La historia de la valoración por opciones nace varios años atrás, a finales del siglo XIX con la publicación de Charles Castelli de un libro relativo a la valoración de estos activos y a la definición de volatilidad de los mismos. Desarrollaba de forma amplia el concepto de activo subyacente, las opciones de arbitraje y desarrolla un modelo con cálculos muy simples. A partir de aquí, las matemáticas que envolvían dicha valoración empezaron a cobrar mayor interés y diferentes autores como Louis Bachelier, que aplicaba el movimiento browniano aritmético a la modelización de variación de precios (Courtault et al, 2000, pp 344), y algunos posteriores como Paul Samuelson, que matizaba este concepto y aplicaba un movimiento browniano geométrico en su lugar, fueron los pioneros en esta materia.

Este modelo de valoración basado en el movimiento browniano, así como las teorías del comercio de valores reales y el modelo depicting (Kassouf, ST y Thorp, E.O., 1967) fueron desarrollados durante la segunda mitad del siglo XX. Ya entonces, Merton y Black Scholes aplicaron esta teoría al sector de la energía.

Así, de manera progresiva a lo largo de los años setenta y ochenta del siglo XX, la valoración de opciones y su aplicación en las finanzas cuantitativas empezó a extenderse a otras áreas económicas. Resulta esencial mencionar el libro de “Options valuation and pricing: A simplified approach” desarrollado por Ross, Cox y Rubinstein (1979) que aplicaron por primera vez el modelo binomial.

Únicamente cuando la teoría genérica sobre valoración de opciones sobre acciones estaba avanzada, comenzó la evolución del modelo de opción real, que proponía la aplicación del modelo a situaciones de la vida real como la planificación de inversiones o la evaluación de proyectos. Para esta aplicación fue necesario modificar dos aspectos de la teoría genérica:

Por un lado, se pasa de un modelo estático a un modelo estocástico, que tiene en cuenta un conjunto de posibles trayectorias de un fenómeno y la probabilidad de cada una de ellas. Tal y como se explica en la obra de “Investment under uncertainty” (Avinash, Dixit y Pindyck, Robert, 1994), esto permite desarrollar un modelo que tiene en cuenta todas las posibles decisiones del empresario y diferentes evaluaciones sobre el desarrollo de la industria.

Se plantea el conjunto de posibles futuros a través de árboles binomiales (Copeland, Tuffano, 2004).

Desde ese momento hasta la actualidad, numerosos matemáticos y economistas han continuado con la investigación de este modelo y buscando diferentes aplicaciones de las opciones reales a la gestión. Utilizando como base en algunos de los artículos y libros más recientes sobre este tema, mencionados en la bibliografía, el propósito académico de este trabajo es investigar sobre el modelo y darle una perspectiva desde la teoría estudiada en la universidad.

Finalmente, desde una perspectiva personal, resulta interesante y enriquecedor, investigar sobre un método innovador y analizarlo y compararlo con los métodos convencionales.

b. Objetivos

El propósito de este trabajo es investigar sobre los fundamentos del método de valoración por opciones reales, sacando una conclusión sobre sus ventajas e inconvenientes. Para ello, se comparará dicho método con otros métodos tradicionales de valoración como pueden ser el Descuento de Flujos de Caja y la valoración por Dividendos. A partir de ahí, se busca entender cómo dichas ventajas e inconvenientes se valoran de forma diferente en los diversos sectores, reduciendo el uso de este método casi de modo exclusivo al sector energético.

Adicionalmente, a través de esta investigación se persigue adquirir el conocimiento suficiente para poder hacer una recomendación formal sobre el método, además de una simulación sobre la posible aplicación en diferentes escenarios.

Para alcanzar dicho objetivo general, se fijan los siguiente sub-objetivos:

- Estudiar en profundidad el funcionamiento de este método: en qué consiste, en qué hipótesis se basa para replicar el mecanismo financiero con decisiones reales de estrategia y tipos que existen.
- Comparar brevemente este método de valoración con otros métodos dinámicos como el DFC (Descuento de Flujos de Caja) y la Valoración por Comparables.

- Plantear cuáles pueden ser las limitaciones del modelo que causan que este método caiga en el desuso, mientras las empresas que siguen recurriendo a otros métodos como el DFC.
- Estudiar las ventajas de este método en el sector energético.
- Llevar a la práctica la teoría desarrollada, analizando tres casos prácticos de diferentes tipos de opciones reales.

c. Metodología de investigación

La primera parte del trabajo es fundamentalmente cualitativa, siendo deductiva en primera instancia como inductiva al final. En primer lugar, se llevará a cabo una revisión de la literatura para conseguir una definición y un conocimiento claros y precisos sobre los fundamentos del ROV y a partir de ahí, deductivamente, establecer las ventajas y limitaciones del método.

Una vez llevada a cabo la investigación teórica, se utilizará una metodología cuantitativa para poner en práctica y mostrar sobre ejemplos concretos aplicaciones del método de Valoración por Opciones Reales.

2. MARCO TEÓRICO

La finalidad de desarrollar este marco teórico es definir algunos conceptos básicos que se necesitan para la comprensión de la valoración por opciones reales, mostrar cuáles han sido los estudios previos en este campo y hacer un breve resumen sobre las características fundamentales del sector energético (industria del petróleo), ya que es el contexto en el que desarrollaremos el análisis del caso práctico.

a. Conceptos clave

En primer lugar, resulta necesario definir *valoración*. Según el significado literal que nos determina el diccionario de la lengua española (RAE, 2001), la valoración es la acción de señalar el precio de algo. El precio se define como el importe monetario de la transacción, que es un punto de equilibrio entre oferta y demanda y que depende únicamente de las condiciones de mercado.

No obstante, en este estudio se considerará la valoración como el proceso cuyo objetivo es determinar el valor de un activo, una compañía o un proyecto, entendiendo como valor no únicamente la suma de los precios de sus componentes, sino también todo el valor añadido que pueda tener. Este valor es algo subjetivo, ya que queda sujeto a la apreciación que tienen las personas del activo del que se trate (Gregorio Labatut, 2008). No obstante, queda claro que el valor que se otorga siempre está sujeto a dos elementos esenciales (Rojo Ramírez, 1995): la utilidad, que hace referencia a los beneficios esperados en el futuro, y el coste, que es el precio pagado y los costes de oportunidad.

Las finalidades de la valoración son muchas y muy diversas. Entre otras, se utiliza para tomar decisiones sobre compra-venta de empresas (fusiones y adquisiciones), sobre salidas a Bolsa, sobre escisiones o liquidaciones, sobre inversiones, sobre expansión del negocio, etc. Se observa entonces, por todo lo anterior, que la valoración es un proceso complicado, pero esencial para tomar cualquier tipo de decisiones de gestión y de inversión.

Adicionalmente, es relevante tener una breve y sencilla definición de *opción* a la que recurrir a lo largo del estudio. Una opción ofrece a su propietario el derecho, pero no la obligación, a realizar una operación determinada durante un periodo de tiempo prefijado. Por ejemplo, al comprar una entrada para ver una película, usted está comprando la opción de verla durante el periodo de reproducción establecido por el cine, es decir, el derecho a hacerlo. No obstante, usted ejercerá este derecho si considera que esto puede reportarle un beneficio, y renunciará a ejercerlo si considera lo contrario. Bajo esta definición, podemos considerar opciones como el derecho a tomar una decisión en un futuro. Y, teniendo en cuenta que una opción es un derecho y no una obligación, ésta tiene un coste llamado prima que el comprador debe pagar. Una opción financiera es un instrumento financiero derivado, cuyo activo subyacente es un activo financiero como, por ejemplo, acciones, índices bursátiles, obligaciones, divisas, etc. Por otro lado, una opción real es la posibilidad que se le otorga al comprador la decisión de ejecutar o no un proyecto en un futuro. Es decir, su activo subyacente es un activo real como, por ejemplo, un inmueble, un proyecto de inversión, una empresa, una patente, etc. En este sentido, no se considera un instrumento derivado, ya que recaen

sobre activos tangibles en lugar de instrumentos financieros. A través de la valoración de estas opciones reales, la empresa tomará decisiones sobre expansión, reducción o abandono de proyectos en función de los beneficios que éstos le puedan reportar.

Por otro lado, vamos a hacer referencia a los conceptos de *proceso estocástico* y de simulación, ya que ambos aparecerán de forma continuada a lo largo de la investigación. Al valorar opciones, tanto las financieras como las reales, se requiere una proyección de un proceso estocástico sobre el activo subyacente. El activo subyacente es aquel sobre el que recae la opción. En opciones financieras puede ser otro activo financiero o una materia prima, y en las opciones reales, son proyectos de expansión, inversión o abandono, entre otros. Un proceso estocástico es un tipo de modelo matemático del que partimos, que tiene como característica que sólo tiene en cuenta dos momentos del tiempo: el inicial o momento actual (spot) y un momento futuro. Con este método de modelización financiera, lo que se busca es estimar la probabilidad de los resultados futuros a partir de unas variables aleatorias limitadas por datos históricos.

Por último, y en relación con el anterior, es necesario describir el concepto de simulación, en concreto, la *Simulación de Monte Carlo*. Se trata de una técnica para resolver problemas a través de la aproximación de las probabilidades de ciertos resultados, mediante la ejecución de varias “pruebas” o “escenarios”, que entendemos como “simulaciones”. En la valoración por opciones reales, se hace un continuo uso de esta técnica, ya que precisamente la posible ejecución de las opciones dependerá de que se den o no unos escenarios, es decir, partiremos en muchos casos de los llamados árboles de decisión. Por eso, utilizar esta herramienta es esencial para desarrollar cuáles serán las probabilidades de que en un futuro se de una situación u otra.

b. Estudios previos sobre valoración por opciones reales

Aunque la valoración es una práctica que se ha llevado a cabo durante muchos años para tomar decisiones de inversión de capital, el término “opción real”, es relativamente nuevo, acuñado por Stewart Myers (1977). Anteriormente, era ya Irving Fisher (1930) quién, a través de su libro *“Teoría del interés”*, introducía el concepto de

opción para un empresario, haciendo referencia a las alternativas que se le presentaban y a su necesidad de discernir y de tomar decisiones. Sin embargo, la descripción de estas alternativas u oportunidades como opciones reales no empezó a cobrar sentido hasta el desarrollo del análisis técnico de las opciones financieras, llevado a cabo por Black- Scholes (1973). Es a partir de aquí donde se puede empezar a ligar las opciones reales con las financieras.

En las tres últimas décadas, las opciones reales han sido un campo de investigación académica muy activo. Los pioneros de esta investigación fueron, entre otros, Schwartz y Brennan (1985). Ambos desarrollaron un modelo para valorar las inversiones sobre recursos naturales basándose en único factor de decisión. A partir de esa hipótesis, sometían la valoración a un movimiento browniano geométrico, asumiendo que el precio actual (spot) era el único elemento variable. Simultáneamente, otros autores como Wklund y Ösund (1997), desarrollaron una teoría que establece unas reglas sobre las condiciones que deben darse para un abandono óptimo, un cierre temporal o para el retraso de operaciones. Este estudio fue clave pues, sumándolo al estudio anterior e incluyendo una tasa de interés y de intercambio, se obtiene un modelo muy parecido sobre el cuál se trabaja hoy en día.

Más adelante, Moel y Tufano (2002) retomaron el modelo desarrollado por Schwartz y Brennan y llevaron a cabo un estudio empírico que trasladaba el campo de investigación a proyectos mineros, buscando así valorar los proyectos de apertura o cierre de algunas minas americanas. Comparaban el método de opciones reales con un modelo que no tuviera en cuenta la volatilidad, llegando a la conclusión de que ésta era un elemento clave a incluir en las valoraciones, ya que ofrecía una predicción mucho más fiable. A lo largo del estudio, buscaban todos los factores que podían ser determinantes en la decisión final de apertura o abandono de la mina, y los incluían en un modelo econométrico cuya variable dependiente era la rentabilidad.

Paralelamente a la investigación que se llevaba a cabo sobre el desarrollo matemático del método, McDonald y Siegel (1986) trataron de adaptar la idea de opciones reales sobre proyectos de inversión. Siguiendo el proceso estocástico que se había desarrollado hasta el momento, y retomando el movimiento browniano, buscaban un patrón sobre la evolución del valor actual de los beneficios y de los costes de

inversión. La restricción que añadían al modelo anterior era el modelo de Poisson al proceso, que permitía así que los flujos de caja de los proyectos financieros llegaran a cero, sin tener que ser siempre crecientes e infinitos como proyectos industriales.

Con la misma tendencia, el estudio de las opciones reales como método de valoración para proyectos industriales y de inversión siguió siendo de gran interés y generó muchos avances en la década de los 90. De este modo, Ingersoll y Ross (1992) resaltaron que la presencia de una tasa de interés suponía que todos los proyectos tenían un valor flexible, al tratarse de un entorno económico incierto. Este posible error, debía incluirse en el modelo econométrico como riesgo residual. En su tesis, exponen que el efecto que dicha incertidumbre puede tener sobre el retraso de inversiones es un efecto medible. La discusión se establecía entre dos posturas. La primera, proponía que, de todos modos, la opción de retraso puede llegar a considerarse insignificante en muchos proyectos, ya que no tiene un efecto definitivo en el valor de los mismos, por lo que esta incertidumbre del entorno económico debe estimarse despreciable; Y la segunda, que argumentaba que en las industrias donde se produzca un rápido crecimiento y donde la captura de este crecimiento sea importante, la posposición de una inversión afectará determinantemente a cada uno de los flujos de caja de la misma, por lo que la incertidumbre del entorno debería tener gran peso en la ecuación econométrica.

La investigación y el término de opciones reales comenzó a popularizarse a través de estudios como los anteriormente descritos a partir del siglo XXI, y sobre todo cuando ésta empezó a hacerse palpable en proyectos reales. Fue entonces Mauboussin quién trasladó este concepto y utilizó las opciones reales para explicar la diferencia entre los precios de mercado de algunas empresas y su valor intrínseco (valoración).

Así, tras todas estas propuestas y avances sobre la teoría matemática por un lado y las aplicaciones a proyectos de inversión por otro, en el año 2000 se tomaron nuevos rumbos en la investigación, estudiando la importancia de tomar decisiones correctas de inversión, fueran o no evaluadas con el método de opciones reales. Se llevaron a cabo indagaciones sobre el uso real de este método, buscando los motivos por los que no se implantaba en las compañías. Se dedujo así que, aunque parecía un método de valoración muy realista y útil a la hora de obtener un valor ajustado sobre proyectos de inversión, las empresas lo consideraban un modelo complejo, con requerimiento de estimaciones sobre la volatilidad difíciles de llevar a cabo, y complicado de transmitirlo

a los clientes. Linden y Plemic (2001) hicieron un sondeo entre grandes compañías y llegaron a una conclusión similar: los métodos de valoración de descuento de flujos de caja y por múltiplos era el más utilizado ya que el enfoque de las opciones reales supone un coste de tiempo y dinero en estimaciones muy grande.

Como conclusión de lo anterior, se deduce que la teoría de opciones reales se considera una herramienta muy útil para la estrategia empresarial y además un método de valoración muy fiable. Sin embargo, también se define como algo muy costoso y complicado, lo que justifica que la investigación se haya quedado estancada en los últimos años.

No obstante, en la actualidad, algunos autores están retomando este método de valoración, tratando de darle una visión más simplificada y más ajustada a la realidad. Así, nació en el año 2007 la “*Real Options Organization*”, que se encarga de organizar una conferencia anual en la que se presentan avances sobre el método de valoración y se recuperan trabajos de años anteriores. En primer lugar, se toma como base la actualización del modelo de Schwartz (2001), en el que el precio actual (spot) ya no es la única variable en el modelo, sino que se incluye la incertidumbre como nueva variable, añadiendo el factor error. Stick y Triantis (2003) desarrollaron esta idea de la inclusión de la incertidumbre como factor decisivo en el modelo, de manera que ya no se trataba de una probabilidad de error, sino como una variable más que debía estimarse con los métodos de proyección anteriores.

Sin embargo, esta solución no resultaba del todo exacta a la realidad porque las probabilidades utilizadas no eran excluyentes. Fueron Myers (2004) y Pindyck (2005), del MIT, quienes introdujeron el concepto de sucesos excluyentes en lo que a opciones reales se refieren. Cambiaron el modelo que hasta ahora se había seguido, de manera que las opciones eran individuales y no tenían consecuencias unas sobre otras. Precisamente por tratarse de decisiones independientes, Merton (2006), de la universidad de Harvard, pensó en la posibilidad de utilizar los árboles de decisiones como esquema gráfico de las probabilidades, calculando el valor de cada alternativa, y a partir de ahí incluir una matriz de decisión.

A partir de entonces, se implantó la técnica de árboles de decisión como una herramienta fundamental en el método de valoración por opciones reales y, desde entonces, los posteriores investigadores como Rubinstein (2007) entre otros, han tratado de elaborar árboles cada vez más precisos. Con este nuevo mecanismo, el método empezó a implantarse de forma práctica en empresas reales pero, tal y como se expondrá más adelante, el proyecto presenta la limitación de variedad de información. Por eso, según Copeland (2008), el método resulta completamente fiable en los mercados en los que los precios sean ciertamente conocidos y homogéneos, como ocurre en el sector energético. Con este argumento, y desde ese momento, todas las investigaciones se han llevado a cabo dentro de este sector. Todos los años, en las conferencias llevadas a cabo por la Real Options Organization, se presentan trabajos académicos relativos a proyectos en diferentes lugares del mundo y con un mecanismo de fijación de precios del petróleo muy dispar. Resulta indiscutible, que el mayor investigador sobre la Valoración por Opciones Reales de este siglo, es el fundador y presidente de la asociación y gran matemático y economista Trigeoris, ya que fue el impulsor de llevar toda la teoría estudiada anteriormente a la práctica. En 2010, se entregó el premio a Kensinger por el desarrollo de un programa matemático que permite la construcción de árboles binomiales incluyendo cambios de información. Así, otros premios como Dixit (2011) y Paxson (2012), han sido figuras destacadas en el desarrollo práctico del modelo, tanto en su programación y puesta en marcha como en su aplicación del modelo a los campos mineros.

c. Características de la industria del petróleo y su valoración

Para exponer los antecedentes sobre la valoración por opciones reales en la industria del petróleo, se desarrollará un breve estudio sobre investigaciones anteriores. En primer lugar, Paddock et al. (1998) hicieron una selección de los arrendamientos de minas petroleras en alta mar en el Golfo de Méjico y desarrollar un modelo con una única variable dependiente (opción), en el que la incertidumbre sobre el precio actual del petróleo sigue un movimiento geométrico Browniano. El resultado indicaba que las valoraciones históricas llevadas a cabo por el estado tendían a infravalorar las ofertas industriales. Utilizando este método de valoración, se conseguían valores más aproximados a los valores reales. La prima de la opción varía entre el 10 y el 50% en comparación con lo anterior, y las ofertas más altas eran llegaban a doblarse cuando se

valoraban con este método. No obstante, la opción de abandono no se contemplaba, y los costes de inversión se consideraban más tardíos de lo que realmente podían ser, y todo esto podía generar desconfianza en los resultados.

Hurn y Wright (1994) examinaron la influencia de las variables económicas sobre el retraso que existía entre el descubrimiento del yacimiento y el desarrollo del mismo, basándose en datos de los yacimientos petrolíferos del Mar del Norte. Se dedujo que los precios esperados del petróleo y el nivel de reservas eran variables muy significativas en la evaluación de la duración de este retraso, mientras que la variación del precio del petróleo no lo era tanto. De hecho, las variables no económicas fueron las más significativas en la investigación, por lo que el estudio no daba mucho soporte a la valoración por opciones reales.

Más adelante, Smith y Mccardle (1996), valoraban las propiedades petroleras utilizando la valoración por opciones para evaluar los riesgos en los que se podía incurrir. La valoración se llevó a cabo con las siguientes restricciones en el entorno: tiempo discreto, horizonte infinito y sin incertidumbres. En su estudio, los autores comparan los resultados obtenidos con este método de valoración y los obtenidos con métodos convencionales, llegando a la conclusión de que, aunque los convencionales podían llegar a ofrecer un valor correcto, no estaban teniendo en cuenta la aversión al riesgo y las oportunidades de mercado.

Laughton (1998a) empieza a debatir sobre la creciente preocupación en la industria del petróleo por el uso del descuento de flujos de caja (DFC) como método de valoración. Centrándose sobre todo en la infravaloración del valor de reserva, la parcialidad sobre la capacidad de construcción, que lleva a la ineficacia, y la falta de antecedentes de riesgo en proyectos similares, discute la posibilidad de aumentar la tasa de descuento utilizada en el DFC para aumentar la imparcialidad de los resultados.

Más adelante, Laughton (1998b) lleva a cabo una investigación sobre cómo el valor de los proyectos de la industria depende del precio y de la incertidumbre sobre el tamaño del yacimiento petrolífero. Para el estudio, se considera una opción de abandono. Los resultados indican que los dos tipos de riesgo, aumentaban el valor del proyecto. Es más, tal y como se mencionaba en el apartado anterior, la incertidumbre sobre el precio hacía aumentar la posibilidad de retrasar los proyectos, mientras que un mayor riesgo sobre el tamaño del yacimiento implicaba una acción más precoz.

Gibson et al. (1990) desarrollaron un método de valoración sobre activos financieros y reales de la industria del petróleo, utilizando dos variables: el precio actual y el rendimiento de conveniencia en cada momento. El modelo estaba diseñado para obtener buenos resultados en los precios de contratos de futuros a corto plazo, pero los resultados empeoraban cuando los contratos tenían una madurez superior a 6 meses. No obstante, si se llevaba a cabo una actualización semanal del valor del riesgo, se obtenía un precio mucho más exacto.

Mientras que los precios actuales parecen seguir una trayectoria aleatoria (*random walk*), el rendimiento de conveniencia era muy reversible en términos medios. Schwartz (1997a) compara tres modelos diferentes teniendo en cuenta la reversión del precio del petróleo crudo. El primero es un modelo simple con un único factor dependiente, en el cual se considera que el logaritmo del precio de la commodity sigue un proceso reversible. El segundo modelo es el de Gibson y Shwartz y el tercero incluye un proceso estocástico de los tipos de interés. Los tres modelos son comparados posteriormente con el método de DFC y el de opciones reales olvidándose de la reversión. Los resultados obtenidos sugieren que los modelos de reversión convencionales son inservibles para predecir la estructura temporal de los contratos de futuros sobre el petróleo. Sin embargo, las valoraciones que utilizan múltiples factores, son extraordinariamente exactos. Comparablemente, el método de opciones reales resultó, a su vez, ser también mucho más exacto que el método de DFC en cuanto a la madurez de los contratos y a la valoración futura de los proyectos.

Tras llevar a cabo futuras investigaciones del mismo orden, Schwartz y Smith (2000) propusieron un nuevo modelo de dos factores, que permitía la reversión de las variaciones en los precios en el corto plazo y la presencia de incertidumbre sobre el nivel de equilibrio en el que los precios revierten. No se incluía ninguna hipótesis de partida sobre el rendimiento de conveniencia, pero el modelo es equivalente al modelo original de dos factores del que se hablaba anteriormente. Las desviaciones en el precio a corto plazo se incluían en el modelo como una función lineal del rendimiento de conveniencia instantáneo. Así, la conclusión del modelo era la obtención de una valoración por opciones reales infinitamente más sencilla de aplicar, debido a que la estimación requerida de los parámetros se reduce únicamente a los dos factores del modelo.

3. TEORÍA DE VALORACIÓN POR OPCIONES REALES

a. Punto de partida: Las opciones financieras

Partiendo del planteamiento general que se exponía en la introducción, vamos a analizar en profundidad la teoría de valoración por opciones reales. Para ello, considero necesario hacer previamente una breve aproximación a las opciones financieras y a su valoración, ya que es el concepto a partir del cual nace la extrapolación a los proyectos reales.

Las opciones financieras son instrumentos financieros que otorgan:

- Al comprador de la opción, el derecho a comprar (call) o vender (put) un activo subyacente en una fecha determinada (vencimiento) a un precio determinado (precio de ejercicio o strike).
- Al vendedor de la opción, la obligación a vender (call) o comprar (put) el activo subyacente a esa fecha y a ese strike.

Por tanto, para el comprador, las opciones constituyen activos, mientras que para el vendedor constituyen pasivos.

En el momento inicial ($t=0$), se establecen las condiciones del contrato (se fija la fecha de vencimiento y el precio de ejercicio) y el comprador de la opción debe pagar una prima al vendedor. A partir de ese momento inicial, a priori no se producen más intercambios de flujos hasta el momento de vencimiento de la opción. En este momento ($t=T$), el comprador tiene derecho a decidir si ejerce dicha opción (compra el activo subyacente de la call/ vende el activo subyacente de la put al vendedor al precio de ejercicio pactado) o si prefiere no hacerlo, en cuyo caso no habría contraprestación y el beneficio para el vendedor sería la prima cobrada en el momento inicial.

De este modo, se podrían expresar los resultados obtenidos por compradores y vendedor de la siguiente manera:

COMPRA DE CALL (alcista)	
Momento inicial: $t=0$	Paga prima "c"
Momento vencimiento: $t=T$	Cobra: $\max [0; S(T) - K]$

VENTA DE CALL (bajista)	
Momento inicial: $t=0$	Cobra prima "c"
Momento vencimiento: $t=T$	Paga: $\text{máx } [0; S(T) - K]$

COMPRA DE PUT (bajista)	
Momento inicial: $t=0$	Paga prima "p"
Momento vencimiento: $t=T$	Cobra: $\text{máx } [0; K - S(T)]$
VENTA DE PUT (alcista)	
Momento inicial: $t=0$	Cobra prima "p"
Momento vencimiento: $t=T$	Paga: $\text{máx } [0; K - S(T)]$

Donde $S(T)$ = valor del subyacente en el momento T y K = precio de ejercicio o strike establecido.

El resumen anterior hace referencia en todo momento a opciones europeas. Son opciones que no pueden ejercerse hasta la fecha de vencimiento. Existen, además, otro tipo de opciones que pueden ejercerse en cualquier momento, sin tener que esperar a dicho momento. Son las opciones americanas. No obstante, como el objeto de esta aproximación a las opciones financieras es simplemente establecer una base de partida para la posterior explicación de las opciones reales, que se asemejan más a las europeas, no considero necesario profundizar en su funcionamiento.

Para entender de forma clara el mecanismo y el objetivo de las opciones, pondremos un ejemplo.

Nos encontramos en el mercado de la harina, que es el activo subyacente de las opciones en cuestión. A un panadero, le interesa asegurarse un precio de compra para la harina que necesitará para fabricar el pan. Le interesa tener un precio fijo, que no varíe, y por eso compra una call sobre la harina que le dará el derecho a comprar la harina llegado el vencimiento a un precio pactado hoy.

Desde el otro punto de vista, el dueño de una fábrica de harina está interesado en el precio de venta de la harina, y lo que quiere es asegurarse un precio fijo al que vender

su producto. En este caso entonces, comprará una opción put sobre la harina, que le dará el derecho a vender su harina llegado el vencimiento a un precio pactado hoy.

Se puede entender por tanto la postura del comprador de una opción, sea call o put. Se asegura un precio y, llegado el vencimiento, puede decidir si ejercerla a ese strike o si operar libremente en el mercado. Pero, ¿qué recibe el vendedor? La prima. El vendedor de la call está convencido de que, llegado el vencimiento, el strike que pactó será superior al precio de la harina en el mercado, y que por tanto su comprador no ejercerá su derecho de compra (porque puede comprar harina más barata en el mercado) y así él, como vendedor, habrá obtenido como beneficio la prima. Del mismo modo, pero con expectativas alcistas, sucedería si vendiera una put.

Este era un ejemplo de operación de compra o venta de la opción con motivo de cobertura, en la que la liquidación se hace por entrega del subyacente. No obstante, existe también la liquidación por diferencia cuando la compra o venta de la opción tiene motivo de especulación.

En cuanto a la valoración de las opciones financieras, se entiende que la prima que el comprador paga en el momento inicial, al cerrar el contrato, es el valor de la opción. La prima se compone de un valor intrínseco, que es el valor que tendría la opción si es ejercitada en el momento y que coincide con la diferencia entre precio de ejercicio y valor de subyacente; y de un valor extrínseco o temporal, que hace referencia a la probabilidad de que la opción sea ejercida en el futuro en base al tiempo restante hasta el vencimiento, a la volatilidad del subyacente, el tipo de interés y a los posibles gastos o ingresos que puede generar el subyacente.

Existen diferentes maneras de calcular cuál debe ser el precio justo para esta prima:

- A partir de la construcción de una cartera replicante con acciones y bonos que equivalga a una opción, bajo el supuesto de ausencia de oportunidades de arbitraje.
- A partir de la construcción de una cartera sin riesgo con opciones y acciones, bajo la misma hipótesis.
- Por último, a partir de la construcción de una cartera con pagos nulos compuesta por opciones y por una cartera replicante de acciones y bonos.

De modo informal, puede definirse una operación de arbitraje como aquella que consigue beneficios sin riesgo y sin inversión inicial, aprovechando una ineficiencia del mercado. Sin embargo, tal y como decía anteriormente, para buscar el valor exacto de las opciones (sus primas), debemos partir del supuesto de que los mercados son plenamente eficientes y que por tanto estas operaciones no pueden tener lugar.

No obstante, sabemos que el mercado real sí sufre ineficiencias, por lo que el arbitraje puede tener lugar y estos métodos de valoración de las opciones quedarían en algo idílico. Dado que vamos a extrapolar esta teoría a operaciones reales, es conveniente saber que no se puede dar un valor exacto a las opciones si no se comparan con otros instrumentos financieros o si se sujeta a numerosas hipótesis.

Si bien, podemos asegurar, que la prima de una opción europea se encontrará siempre dentro de estos límites:

$$\text{Límite superior:} \quad c \leq S_0 \quad p \leq K e^{-rt}$$

$$\text{Límite inferior:} \quad c \geq S_0 - D - K e^{-rt} \quad p \geq D + K e^{-rt} - S_0$$

donde: c y p son la prima (valor de la opción) de la call y la put. S_0 es el valor actual del activo subyacente, K es el precio de ejercicio o strike, D son los dividendos, r es la tasa de descuento o tipo de interés, y t es el tiempo hasta vencimiento.

Con esta base sobre el mecanismo fundamental de las opciones financieras y sobre su valoración, ya podemos introducirnos en el método de valoración que es objeto de estudio, la valoración por opciones reales (ROV).

Tal y como se explicaba en la introducción de forma general, las opciones reales constituyen, al igual que las opciones financieras, un contrato que otorga un derecho al comprador y una obligación al vendedor. Sin embargo, tienen como diferencia el activo subyacente sobre el que recaen. En el caso de las opciones reales, este activo subyacente hace referencia a proyectos de inversión. Entendemos las opciones como el derecho, y no la obligación, de tomar ciertas iniciativas empresariales.

Podemos distinguir igualmente entre real call, cuando la opción otorga un derecho de compra y una real put, cuando se trate de una iniciativa de venta. Por ejemplo, la inversión en una empresa o la compra de un determinado negocio o activo equivale a una call, mientras que la venta de una fábrica sería una put.

A partir de esto, podemos desarrollar la relación que existe entre las opciones financieras y las opciones reales, sus semejanzas y sus diferencias.

Las variables de las que dependen el valor de las opciones son:

VARIABLES	OPCIONES FINANCIERAS	OPCIONES REALES
Precio del activo subyacente (S)	Indica el precio actual del activo financiero subyacente.	Indica el valor actual del activo real subyacente, es decir, el valor actual de los flujos de caja que se espera obtener de dicho activo a lo largo de su vida futura.
Precio de ejercicio (K)	Indica el precio al que el propietario de la opción puede ejercerla, es decir, el precio que pagará por comprar el activo subyacente (call) o por venderlo (put).	Indica el precio a pagar por adquirir (call) el activo real subyacente, es decir, con sus flujos de caja, o por venderlo (put). (Ej: desembolso inicial en una inversión).
Tiempo hasta vencimiento (t)	Tiempo disponible para ejercer la opción.	
Volatilidad o riesgo	Varianza de los rendimientos del activo subyacente, es decir, volatilidad del activo subyacente cuyo precio medio es S pero que variará en el futuro.	Indica cómo de erróneas pueden ser las estimaciones acerca del valor del activo subyacente.
Tipo de interés sin riesgo (Rf)	Refleja el valor temporal del dinero.	
Dividendos (D)	Dinero líquido generado por el activo subyacente. Pertenece al propietario del subyacente, no al de la opción.	Dinero que genera el activo subyacente o al que se renuncia (podría llegar a generarlo en el futuro) mientras el propietario de la opción no la ejerce.

Todas estas variables tienen un impacto sobre el valor de las opciones que, como se explicaba anteriormente, se compone de un valor intrínseco (en el que influyen el precio del activo subyacente y el precio de ejercicio) y de un valor extrínseco o temporal (que depende del tiempo hasta vencimiento, la volatilidad o riesgo, el tipo de interés sin riesgo y los dividendos). Una diferencia entre las opciones financieras y las opciones reales es la forma en la que impacta la variación de una de estas variables sobre el valor de la opción.

- En una opción de compra (financiera o real), el valor de la opción se comporta de manera similar al del activo subyacente. Si el precio del activo subyacente aumenta, el de la opción también lo hace y viceversa. Si la opción es de venta, ocurre lo contrario.
- En una opción de compra (financiera o real), el valor de la opción se comporta de manera opuesta al precio de ejercicio. Si éste aumenta, el valor de la opción disminuirá y viceversa. Si la opción es de venta, ocurre lo contrario, actúan de forma paralela.
- En las opciones financieras, cuando el tiempo hasta vencimiento aumenta, el valor de éstas también lo hace, sean de compra o de venta.

En las opciones reales, cuanto mayor sea el tiempo hasta vencimiento, mayor será el margen de decisión. Esto también implica un mayor valor de la opción, puesto que equivale a un mayor margen para obtener información para reducir el riesgo a equivocarse. Es decir, cuando el tiempo a vencimiento aumenta, mayor es la posibilidad de que los acontecimientos se desarrollen favorablemente, incrementando así la rentabilidad del proyecto. Podría darse que a pesar de tener mayor tiempo para obtener más información, los acontecimientos fueran desfavorables para el inversor, pero en ese caso éste renuncia al proyecto (no ejercitando la opción).

- Cuanto mayor es el riesgo, para ambos tipos de opciones, el valor de la prima es mayor como consecuencia de la diferencia entre pérdidas y ganancias.

Como conclusión de lo anterior, podríamos decir que el comportamiento del valor de las opciones ante variaciones de las variables anteriores, es muy similar tanto para las financieras como las reales. No obstante, debemos tener en cuenta que en las opciones reales pueden darse excepciones. En primer lugar, ocurre que un mayor tiempo hasta vencimiento no siempre supone un aumento en el valor de la opción real.

Esto es así porque el valor temporal de los flujos de caja a los que se renuncia (los dividendos), también es mayor si se prolonga en el tiempo. Del mismo modo, en segundo lugar, hay que asumir que pueden existir diferentes fuentes de incertidumbre (riesgo o volatilidad) que influye en el valor de la opción real. No se trata únicamente del riesgo de precio, sino muchos otros que, conjuntamente, pueden no suponer un aumento en el valor de la opción.

Una vez definido el concepto de opciones reales y descrito el punto de partida del método de valoración, las opciones financieras y su funcionamiento, junto con el análisis de las diferencias que existen entre éstas y las opciones reales, ya se puede iniciar un análisis exhaustivo del uso de dichas opciones como método de valoración.

b. Tipos de opciones reales

Para poder aplicar las opciones reales como método de valoración, es necesario conocer de antemano los tipos que existen y las diferencias entre ellas. Aunque más adelante, se hará un análisis más profundo y se pondrán ejemplos sobre los mismos, aquí se muestra un breve esquema.

Para distinguir unas clases de otras, es necesario partir del concepto de opcionalidad. Esto es el motivo por el que un proyecto puede dar lugar a una opción real; es la razón sobre la que se basan. Por ejemplo, constituirán opcionalidad la flexibilidad, la incertidumbre y la posibilidad de cambio. A partir de aquí, las opciones reales pueden ser clasificadas según diferentes criterios.

- 1) En primer lugar, según el *tamaño del proyecto*. En el caso de que el alcance del proyecto no se pueda medir con certeza, será válida y constituye opcionalidad, la flexibilidad en cuanto al tamaño de las instalaciones pertinentes.
 - Opción de expansión: Cuando el proyecto se ha diseñado con una capacidad que excede el nivel de resultados esperado, significa que podría producir a una mayor velocidad si fuera necesario. Así, el consejo de administración o la dirección tendrán la opción (pero no la obligación) de ejercer la opción si las condiciones resultaran

favorables. De este modo, sólo tomarán la decisión de expandirse cuando puedan construir unas expectativas sólidas.

Un proyecto con opción de expansión tiene unos costes de constitución más altos que sin ella, y este exceso es lo que constituye la prima. Esto equivale a una opción de compra (call).

- Opción de contracción: El proyecto está diseñado de forma que los resultados puedan verse disminuidos en caso de que las condiciones sean desfavorables. Ejercer la opción de contracción equivale a renunciar a estos gastos futuros que se producirán.

De nuevo, el exceso en el precio de un proyecto con esta opción es la prima. En este caso, la opción equivale a una opción de venta (put).

- Opción de expansión o contracción/ Opción de cambio: Las expectativas con las que se ha diseñado estos proyectos son neutras, es decir, los resultados pueden ser positivos o negativos, según las condiciones. La dirección podrá cerrar parte o el total de la operación cuando las condiciones sean desfavorables (opción put), o por el contrario reanudarla si las condiciones son buenas (opción call). Un ejemplo de este tipo de opciones es la que se da en los sistemas de fabricaciones flexibles.

- 2) En segundo lugar, según la *vida y ritmo del proyecto*. En este caso, constituyen opcionalidad la incertidumbre sobre el tiempo, la forma y las condiciones que tendrán lugar, así como la flexibilidad y ritmo del proyecto. Las opciones de crecimiento son las más genéricas en esta categoría, ya que implican una sola ejecución de la opción si las proyecciones estiman que dichos proyectos son rentables en el momento de inicio.

- Opción de iniciación o aplazamiento: En este caso, la dirección posee flexibilidad para tomar la decisión sobre el momento de inicio del proyecto.

- Opción de abandono o término: La dirección puede decidir si quiere detener un proyecto en cualquier momento a lo largo de la vida del mismo y, si fuera posible, hacerlo a su máximo valor de recuperación. En este caso, cuando el valor actual de los flujos de caja restantes cae por debajo del valor de liquidación, el activo debería ser vendido, ejerciendo la opción de venta (put).
- Secuenciación de opciones: en relación con la opción de iniciación, esta opción implica flexibilidad en cuanto al ritmo de varios proyectos relacionados entre sí. Es necesario hacer un análisis sobre las ventajas e inconvenientes que puede tener la implantación de los proyectos en secuencia o en paralelo. Observando los resultados del primer proyecto, la empresa podrá resolver parte de la incertidumbre sobre el conjunto y, a partir de ahí, la dirección tendrá la opción de proceder o no con el desarrollo de los otros proyectos relacionados. Si son proyectos en paralelo, la compañía habrá invertido ya parte de los recursos y el valor de la opción se habrá perdido. Sin embargo, si los proyectos son secuenciados, se puede buscar la estrategia de la opción para evitar el impacto de dichos costes.

3) Por último, según la **operación del proyecto**. La flexibilidad relativa a la producción del producto y en el proceso de fabricación constituyen opcionalidad.

- Opción de mezcla de productos salientes (resultados) (Output mix): La opción de producir diferentes productos salientes (outputs) a partir del misma materia y habilidad, se conoce como flexibilidad de producto. Estas opciones son muy importantes en industrias en las que la demanda es volátil o en las que las cantidades demandadas de un producto son generalmente bajas, ya que con la opción, la empresa podrá tomar la decisión de cambiar de producto rápidamente si fuera necesario.

- Opción de mezcla de productos entrantes (Input mix): En este caso hablamos de flexibilidad en el proceso, de manera que la empresa puede utilizar diferentes materiales y productos entrantes (inputs) para producir los mismos productos salientes finales (outputs). Por ejemplo, en la industria de la electricidad, la empresa podrá, gracias a la opción, cambiar diferentes fuentes de combustible para producir electricidad, según el precio y la situación de cada combustible.

- Opciones de escala operativa o de intensidad: La empresa tendrá la opción de cambiar el ratio de producción por unidad de tiempo o de cambiar el tiempo total de la producción en respuesta a cambios en el mercado.

c. Valoración de opciones reales

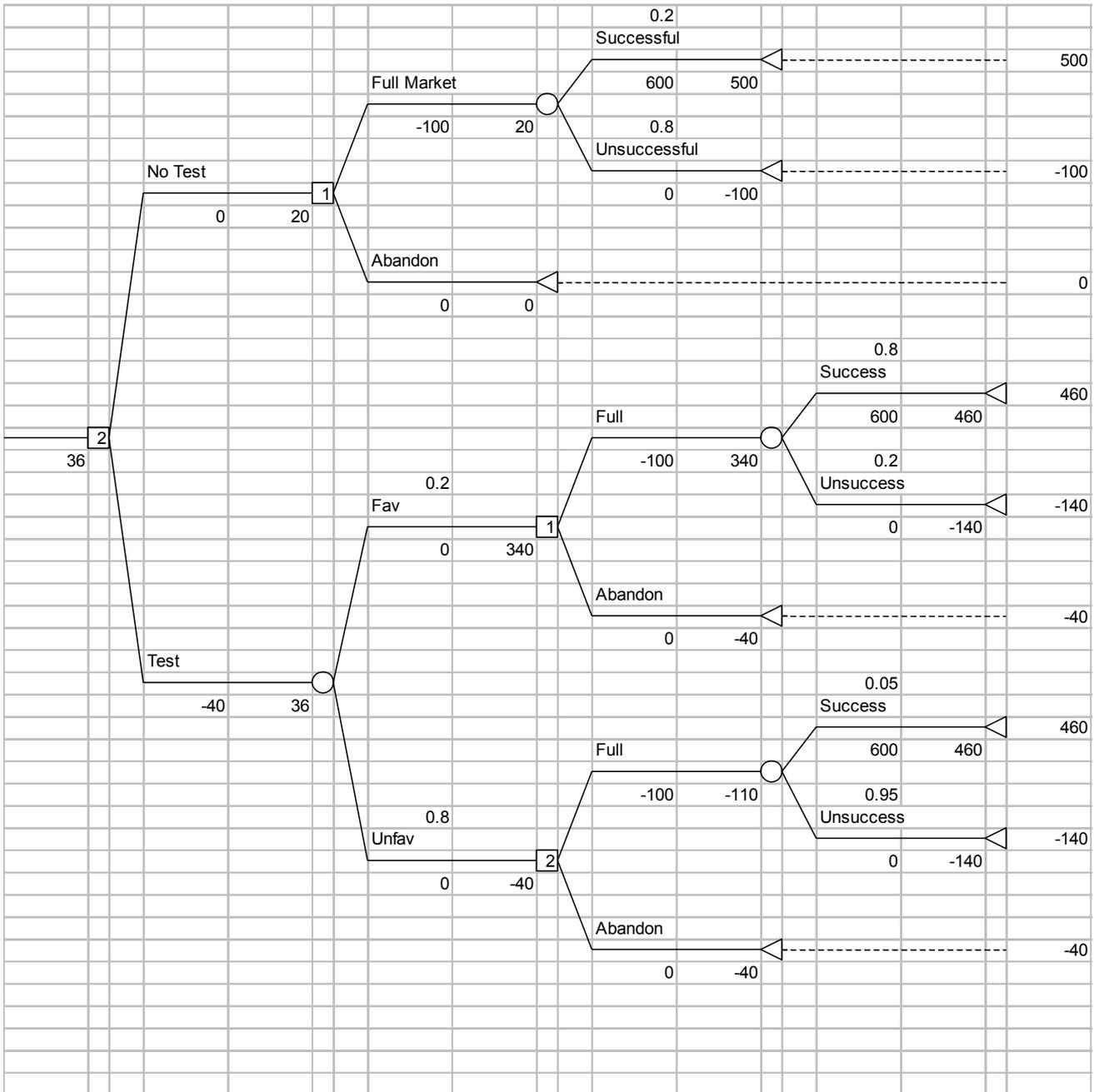
Tal y como hemos visto en los apartados anteriores, una opción real es el derecho a tomar una decisión empresarial, como por ejemplo la inversión de capital. La diferencia principal con las opciones financieras es que el activo subyacente sobre la que se basan las opciones reales suelen ser proyectos empresariales, activos que no se negocian en los mercados competitivos. A pesar de esta diferencia, la mayoría de los principios sobre opciones financieras que se han desarrollado previamente son de aplicación. Como las opciones reales ofrecen la posibilidad al tomador de la decisión empresarial, elegir la alternativa más atractiva tras haber recibido toda la información. Precisamente por esto, la existencia de las opciones reales añaden valor a la oportunidad de inversión. Éste puede ser un valor considerable, sobre todo en entornos de gran incertidumbre. Así, para tomar la decisión de inversión más precisas, el valor de estas opciones debe tomarse en cuenta en el proceso de decisión.

Normalmente, al hacer un presupuesto de un proyecto, los métodos de valoración que se suelen utilizar, se centran en la decisión de la inversión inicial, sin considerar necesariamente las futuras decisiones que deberán tomarse a lo largo de la vida del proyecto. De hecho, asumen que las proyecciones sobre los flujos de caja futuros esperados ya incorporan el efecto de cualquier decisión futura sobre el proyecto. Esto sin embargo no es así. Por eso, con el método de valoración por opciones reales, se

hace un análisis más detallado de dichos flujos de caja y del valor presente del proyecto, tomando en consideración las posibles decisiones futuras que la empresa tenga que hacer a lo largo de la vida del proyecto. Para ello, es necesario introducir el concepto de *árbol de decisión*.

Tal y como se explicaba en el párrafo anterior, en la realidad, la mayoría de los proyectos empresariales quedan abiertos a la posibilidad de reevaluar la decisión de inversión más adelante en el tiempo. Un árbol de decisión es una representación gráfica de las decisiones futuras y de la resolución de la incertidumbre. A diferencia de los árboles binomiales, en los que las ramas del árbol representan una incertidumbre que no se puede controlar, en un árbol de decisión, se incluyen varias ramas con las diferentes elecciones que el tomador de la decisión tiene. En un árbol de decisión existen dos tipos de nudos: los nudos de decisión (cuadrados), que son los que dividen el árbol en las ramas que representan a las distintas decisiones que se pueden tomar, y los nudos de información (círculos), que son los que implican una incertidumbre fuera del alcance sobre el conocimiento de nueva información.

En los árboles de decisión en los que intervienen opciones reales, se añade la posibilidad de que el tomador de la decisión espere hasta tener información para resolver el nudo de información. Esta flexibilidad u opcionalidad tiene un valor, ya que puede preservar al decisor de tomar una decisión incorrecta precipitadamente e incurrir en pérdidas. A continuación se representa con un ejemplo muy sencillo:



La primera decisión que debe tomar la empresa es si debe hacer o no un test de partida para estudiar el mercado en el que va a introducirse. Hacer una investigación de mercado conlleva un coste elevado, por lo que la empresa se plantea el hacerlo o no (Primer nudo de decisión).

Si no lleva a cabo el test, la empresa debe tomar inmediatamente la decisión de entrar en el mercado (full market) o de abandonar el proyecto (Segundo nudo de decisión). Si abandona el proyecto, ahí acaba el árbol de decisión, obteniendo con esta alternativa un valor del proyecto. En el caso de entrar en el mercado, puede darse la circunstancia de éxito o de fracaso (nudo de información).

Si, por el contrario, lleva a cabo el test, el árbol de decisión se prolonga un poco más. El test puede resultar favorable o no (nudo de información) y a partir de ahí, la empresa deberá realizar el proceso de decisión que se explicaba anteriormente.

Con este ejemplo, se ilustra una decisión ante un proyecto empresarial. En este caso, vemos por ejemplo el uso de opciones reales cuando la empresa decide llevar a cabo el test, y puede esperar a ver si el resultado es favorable o no para tomar la decisión de entrar o de abandonar el mercado. En el caso de no llevar a cabo el test, no entran en juego las opciones reales porque la empresa toma directamente la decisión, sin información previa, y el árbol de decisión acaba en un nudo de información que la empresa no puede resolver (éxito o fracaso).

Poder esperar a saber el resultado del test, tendrá un precio. La flexibilidad tiene un valor, y ese es el valor de la opción real (su prima). ¿Cuál es el valor de la opción real para el tomador de la decisión? Para simplificar, se asume que el decisor es una persona con una aversión al riesgo moderada o neutral y que el tiempo que transcurre desde la decisión del test hasta la decisión final y la implantación del proyecto es muy breve, para evitar el descuento del mismo. El valor de la opción real se puede calcular comparando el resultado esperado sin la opción real (sin llevar a cabo el test y esperar a conocer su resultado) con el resultado esperado con la opción. En el gráfico se deduce el resultado de cada una de las alternativas: si no se lleva a cabo el test, el resultado son 20\$, y en el caso de llevarlo a cabo es igual a 36\$. Por tanto, el valor de la opción real es la diferencia, es decir, 16\$.

La descripción práctica anterior explica claramente cuál es el mecanismo de valoración del método por opciones reales. Consiste en hacer una comparación entre el valor del proyecto en la situación en la que no existe la posibilidad de esperar a tomar una decisión (opción real), con el valor del mismo en el caso de tenerla. El valor cuando no hay opción real se calcula como se hacía anteriormente con la valoración tradicional y calculando su probabilidad, y el valor con opción real se hace de la misma manera pero derivando cada término del árbol de decisión. La diferencia entre ellos es el valor más preciso de la opción real.

d. Limitaciones del método de valoración por opciones reales

La ventaja que más se aprecia de la valoración por opciones reales, tal y como se ha venido plasmando a lo largo del análisis, es la incorporación de la flexibilidad empresarial como factor de valoración. Otro factor positivo es que no resulta necesario añadir un “factor de indecisión” para ajustar el riesgo de la tasa de descuento, sino que los flujos pueden ser descontados a la tasa libre de riesgo.

No obstante, el método también tiene ciertos inconvenientes. En primer lugar, los altos costes que surgen a la hora de ponerlo en práctica. Sólo la valoración conlleva un coste de investigación y desarrollo y, además, los presupuestos necesarios para el software y el hardware son muy elevados.

En segundo lugar, se considera un factor negativo la falta de estructura. Tal y como se ha visto en el desarrollo de la teoría sobre el método, no se sigue siempre una estructura y una metodología definida sino que, partiendo de la existencia de árboles de decisión y de las estimaciones de las probabilidades de cada suceso, el camino para la valoración final puede ser muy diferente en cada caso.

Un tercer aspecto hace referencia a competidores que también poseen opciones reales. Si todos los competidores tienen opciones reales, las interacciones competitivas empiezan a perderse y, siendo éstas uno de los factores más importantes en las reglas del juego, la utilidad de las opciones se anularía.

Por último, la complejidad del método recae sobre la falta de generalidad. A la hora de determinar el valor de un proyecto único, resulta necesario encontrar una cartera y una estrategia empresarial que replique perfectamente los flujos de caja del proyecto, lo cual resulta muy difícil. Precisamente es esta complejidad la que provoca que el método de valoración por opciones reales no haya sido implantado en el entorno empresarial actual. Ligados al sector de la energía, existen mercados financieros desarrollados capaces de gestionar los precios del gas y el petróleo y sus riesgos, lo que implica que la réplica necesaria que se menciona más arriba puede obtenerse más fácilmente y por tanto, en la industria energética, el método de valoración por opciones reales cobra mayor viabilidad.

4. COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS DE VALORACIÓN

Parece interesante, a la hora de introducir un nuevo método de valoración, hacer una breve confrontación entre éste y los métodos ya existentes, analizando las ventajas e inconvenientes de cada uno comparativamente. Sin embargo, es importante partir de que el ROV no es un método que trate de sustituir a los tradicionales, sino que, todo lo contrario, trata de complementarlos.

a. Métodos tradicionales

El valor se define como el único resultado temporal que se puede obtener descontando un valor representativo de toda la rentabilidad futura. No obstante, el precio de mercado de un activo puede o no ser idéntico a este valor. Aquí surge el concepto de valoración. La idea de valoración para crear un valor de mercado justo, tiene como objetivo determinar el precio que más se ajusta y se parece al valor real de ese activo. Nacen así los métodos tradicionales de valoración, que lo hacen desde diferentes enfoques.

Enfoque de Mercado – Este enfoque se centra en observar activos comparables dentro del mercado y sus precios correspondientes, asumiendo que las fuerzas del mercado tenderán a mover el precio de mercado hacia un nivel de equilibrio. Mas allá, asume que el precio de mercado se iguala al valor real tras ajustar los costes de transacción y los diferenciales de riesgo.

Enfoque de Ingresos – Este enfoque fija toda su atención en el beneficio potencial futuro y en los flujos de caja libre que se podrían generar. Trata, por tanto de cuantificar, pronosticar y descontar estos flujos de caja libres netos a un valor actual. Para el descuento, se busca una tasa media de coste. Los costes de implementación, adquisición y desarrollo del activo se sustraerán después de ese valor presente, para obtener una valoración.

Enfoque de Costes – A diferencia de los anteriores, este enfoque centra su mirada sobre los costes en los que la empresa tendría que incurrir si quisiera reproducir la rentabilidad potencial futura incluyendo los costes intangibles de estrategia y desarrollo. Hace una simulación como si los activos pudieran producirse desde el final, para ver realmente los costes que deben imputarse a su valor actual.

Otros Enfoques Tradicionales – Otros enfoques utilizados en la valoración recaen sobre la cuantificación de la viabilidad económica y de las ganancias económicas reales que un activo puede generar en la empresa. Este tipo de valoración se utiliza sobre todo para marcas y nombres comerciales. Al fin y al cabo, existen diferentes formas de valoración, pero todas ellas combinan los enfoques anteriores.

La metodología tradicional de valoración que depende de una serie de flujos de caja descontados no llega a tomar en consideración algunos de los atributos intrínsecos de los activos o las oportunidades de inversión. Los métodos tradicionales asumen que la inversión es una estrategia de todo o nada, y no tienen en cuenta la flexibilidad administrativa, que es el hecho de que la empresa puede tomar decisiones y alterar el curso de una inversión a lo largo de la vida de la misma cuando ciertos aspectos del proyecto que se consideraban inciertos se dan a conocer. Por tanto, esta es la principal diferencia que existe el método de valoración por opciones reales, que existirá también con el método de descuento de flujos de caja.

b. Descuento de flujos de caja

Partiendo de la base de los métodos tradicionales, surge como método de valoración el descuento de flujos de caja (DFC). Este método de valoración, que sirve para estimar el atractivo que puede tener una oportunidad de inversión, consiste en hacer proyecciones sobre los flujos de caja futuros y descontarlos a día de hoy a la tasa $wacc$ (coste de capital medio ponderado) para obtener un valor actual. Si el valor presente obtenido es más alto que el coste actual de la inversión, se puede tratar de una buena oportunidad. Este método es muy útil, ya que incluye todos los enfoques anteriores. Con estas proyecciones sobre los flujos de caja, deben estimarse tanto la evolución de los precios de mercado y de la economía, como los costes e ingresos que tendrá la empresa en un futuro. Sin embargo, como ocurría con los métodos tradicionales, vemos que el DFC no tiene en cuenta la capacidad de la empresa para crear, ejecutar y abandonar proyectos, es decir, no es un método muy aproximado cuando existe opcionalidad estratégica.

Además de lo anterior, existen numerosas limitaciones que hacen que éste no sea el mejor método de valoración. Entre estos problemas, se encuentran la infravaloración de los activos que actualmente producen un flujo de caja muy pequeño o nulo, el hecho

de que la tasa de descuento wacc no puede ser constante a lo largo del tiempo, los errores de aproximación en las proyecciones de los flujos de caja y la falta de pruebas suficientes para la plausibilidad de los resultados finales.

El descuento de flujos de caja como método de valoración tiene un gran número de ventajas. Se trata de un método que sigue un criterio claro y consistente para la decisión sobre los proyectos. Cuantitativamente, tiene un nivel de precisión alto y económicamente razonable y, además tiene en cuenta los factores de valor en el tiempo y de las estructuras de riesgo. Se trata de un método simple, ampliamente reconocido y ampliamente aceptado y, conceptualmente es muy intuitivo: si los beneficios superan a los costes, es una buena inversión.

Para aprovechar todas las ventajas de los métodos tradicionales pero poder corregir algunos de los inconvenientes mencionados, nace el método de valoración por opciones reales. El mundo actual es completamente cambiante y estocástico, por lo que los modelos deterministas como el DFC, en los que no cabe la posibilidad de cambio, tienen altas probabilidades de infravalorar el valor de un proyecto. Asume que desde un principio, las estimaciones futuras serán fijas, lo que en esencia significa que no da valor a la flexibilidad. Sin embargo, como se ha venido demostrando en esta investigación, el entorno empresarial actual es muy fluido y las condiciones son muy cambiantes. Por eso, surge esta comparación:

ASUNCIONES DEL DFC	REALIDAD
Las decisiones se toman ahora, y los flujos de caja están fijados para el futuro.	Existe incertidumbre y variabilidad sobre los resultados futuros. No todas las decisiones se toman hoy, sino que algunas son aplazadas hasta obtener información y resolver parte de la incertidumbre.
Una vez iniciados, todos los proyectos se administran y se dirigen de forma pasiva.	Los proyectos suelen gestionarse activamente durante todo su ciclo de vida, incluyendo el control, opciones de decisión, restricciones en el presupuesto, etc.
Los flujos de caja libres futuros y sus variaciones son altamente predecibles.	Puede resultar complicado estimar los flujos de caja futuro porque son estocásticos y arriesgados por naturaleza.

La tasa de descuento utilizada es una oportunidad de coste de capital, que es proporcional al riesgo no- diversificable.	Existen múltiples fuentes de riesgo empresarial con diferentes características, y algunas son diversificables a través de los proyectos o del paso del tiempo.
Todo el riesgo está incluido en la tasa de descuento.	El riesgo empresarial y del proyecto pueden cambiar a lo largo de la vida de los mismos.
Todos los factores que pueden afectar a los resultados de un proyecto y al valor para los accionistas, están reflejados en el modelo DFC a través del VAN y la TIR.	Debido a la complejidad de los proyectos y a la existencia de externalidades, resulta muy difícil o imposible cuantificar todos los factores en términos de flujos de caja incrementales. Muchos factores que no se incluyen pueden ser altamente significativos estratégicamente.
Los factores desconocidos, intangibles o inmedibles se valoran como nulos.	Una gran parte de los beneficios pueden darse gracias a activos intangibles y posiciones cualitativas estratégicas.

En esta tabla se muestran las asunciones del DFC que no son cierta y que, en contraposición, las opciones reales eliminan. Con el método por opciones reales, la valoración no ignora la inflación, ni la incertidumbre en las diferentes fases del proyecto (diferentes tasas de descuento) y además tiene en cuenta la capacidad que tiene la empresa tanto de tomar decisiones como de reducir el riesgo a través de la diversificación. Es un método flexible.

c. Métodos comparativos o por múltiples

La valoración de múltiples trata de calcular el valor de una empresa a través del valor conocido de otras empresas comparables. Parte de la hipótesis de mercados eficientes y de que la información es totalmente perfecta y disponible. Se puede distinguir entre la comparación directa, a través de empresas cotizadas similares, o de adquisiciones recientes o de ofertas públicas de ventas y la comparación indirecta, que se conoce como la aproximación de acciones y deuda, considerando la financiación de una empresa. Para esta comparación, suelen utilizarse como base una serie de múltiples financieros como el PER, el EV/EBITDA, las ventas, la rentabilidad, etc.

Este método de valoración es fiable en cuanto a la realidad que engloba. Tiene en cuenta, efectivamente, las similitudes entre la empresa valorada y sus comparables, el estado actual y los cambios potenciales de la economía, así como los factores que influyen en las rentabilidades de los proyectos. El método de valoración por múltiplos tiene la ventaja, frente al método de DFC, de reflejar mejor las fluctuaciones de mercado a corto plazo y la capacidad de dar una estimación a pesar de la inexistencia de caja o beneficios.

No obstante, es un método de valoración que se utiliza en todas las ocasiones como algo complementario. En primer lugar puede resultar un método muy útil para dar una orientación e indicios sobre los rangos en los que el valor de un proyecto debe encontrarse. A partir de ahí, es necesario seguir con una valoración detallada y amplia del proyecto en concreto, un análisis más específico. Y, finalmente, se hace una comparación con los valores iniciales de empresas comparables, casi como método de comprobación.

5. ANÁLISIS DE CASOS PRÁCTICOS

El caso que se exponía anteriormente sobre la decisión de llevar a cabo o no un test, a través de un árbol de decisión, es una buena forma de ilustrar gráficamente el mecanismo del ROV. Sin embargo, según la decisión que se deba tomar, cada caso es muy diferente. Por eso, vamos a centrarnos en explicar tres de los tipos de opciones más importantes en el mercado actual, a través de su análisis en casos prácticos: (1) la opción de posponer una oportunidad de inversión, (2) la opción de expansión o crecimiento y (3) la opción de abandonar un proyecto de inversión.

1- Opción de posponer una oportunidad de inversión

En el ejemplo anterior se ilustra muy bien cómo la posibilidad de elegir el momento óptimo para realizar una inversión tiene un valor. Normalmente, un aplazamiento de una inversión suele conllevar un coste para la empresa. Si por ejemplo ésta decide esperar a tener mayor información para tomar la decisión, en ese tiempo de retraso estará perdiendo o dejando de ganar cualquier beneficio que el proyecto podría estar generando. A este coste, se añade que los competidores podrían aprovechar este

aplazamiento para desarrollar por su parte una estrategia competitiva. Por tanto, vemos que la decisión de esperar requiere una compensación entre estos costes y el beneficio flexible restante.

Este tipo de opciones actúan como las opciones financieras de compra (call), y para entenderlas, se aplica un ejemplo. Se considera la siguiente oportunidad de inversión: se negocia un trato con una cadena de restaurantes para abrir una franquicia en la ciudad. Los términos del contrato especifican que el restaurante debe abrirse inmediatamente o exactamente dentro de un año. Si no se lleva a cabo en ninguno de los dos momentos, se pierde el derecho a abrir el restaurante. La pregunta que este trabajo de investigación plantea es: ¿Cuánto debería pagarse por esta oportunidad? ¿Cuál es su valor?

El coste de abrir el restaurante es de 5 millones de euros en cualquiera de los dos momentos. Si se abre el restaurante inmediatamente, se espera generar un flujo de caja de 600.000€ en el primer año, mientras que los flujos de caja futuros variarán en función del comportamiento de los consumidores y del estado de la economía, pero se espera que crezcan a una tasa del 2% anual. Si el coste de capital para esta inversión es del 12%, el valor estimado del restaurante si se abriera hoy sería:

$$V = \frac{600.000\text{€}}{(12\% - 2\%)} = 6.000.000\text{€}$$

Tomando ese valor como referencia y utilizando comparables, se estimará si éste es un valor caro o barato y si compensa o no llevar a cabo la operación inmediatamente o aplazarla.

Si, por ejemplo, utilizando comparables se observa que el valor actual de apertura de un restaurante similar al del caso es de 1 millón de euros, se deduce que el valor de la opción será por lo menos igual a este importe. Sin embargo, este no es dato suficiente para poder decidir el momento de apertura del restaurante. Resulta necesario calcular el valor actual de esperar un año para abrirlo, y así poder compararlo.

Si se aplaza un año la inversión, se tendrá la opción de gastar 5 millones de euros entonces o se perderá el derecho a abrirlo. En ese momento, tomar la decisión resultará muy fácil: se abrirá el restaurante si su valor en ese momento es superior a los 5 millones de euros. Pero las proyecciones sobre ese valor son difíciles de calcular,

porque existe un gran grado de incertidumbre sobre el comportamiento de los consumidores y la economía. No obstante, se puede añadir dicha incertidumbre a la estimación del valor de la opción, de manera que el resultado obtenido tras el aplazamiento es equivalente al resultado de una opción call europea que tiene como subyacente el restaurante y un valor de prima de 5 millones de euros. Suponiendo que la tasa de interés libre de riesgo es del 5%, se puede estimar la volatilidad del valor del restaurante a través de la volatilidad de la rentabilidad obtenida por las comparables, por ejemplo del 40%. Finalmente, si se espera un año para abrir el restaurante, habrá que tener en cuenta que se pierde el flujo de caja esperado para ese primer año (600.000€). Este flujo de caja, si se traslada a las opciones financieras, equivaldría a un dividendo pagado por las acciones subyacentes. Por tanto, el tenedor de la opción no recibe ese dividendo hasta ejercerla.

Con todo ello y utilizando como base los parámetros de la fórmula de Black-Scholes para opciones financieras, podemos deducir que el valor actual sin los dividendos que se dejarán de ganar es:

$$S^x = S - VA(Div) = 6.000.000€ - \frac{600.000€}{1'12} = 5'46 \text{ millones de €}$$

Además de el valor actual de los flujos de caja perdidos (para los que se ha utilizado como coste de capital el 12%), debe tenerse en cuenta el valor presente del coste de apertura del restaurante un año más tarde. Como este es un flujo de caja conocido, se descuenta a la tasa libre de riesgo:

$$PV(K) = \frac{5.000.000€}{1'05} = 4'76 \text{ millones de €}$$

El valor de la opción de compra call:

$$d1 = \frac{\ln\left[S^x \frac{1}{PV(K)}\right] + \frac{\sigma\sqrt{T}}{2}}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\left(\frac{5'46}{4'76}\right) + 0'2}{0'4} = 0'543$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{T} = 0'543 - 0'4 = 0'143$$

$$\rightarrow C = S^x \cdot N(d1) - PV(K) \cdot N(d2) = (5'46 \text{ millones} \cdot 0'706) - (4'76 \text{ millones} \cdot 0'557) = 1'2 \text{ millones de €}$$

Este resultado indica que el valor que tiene hoy la opción de esperar un año para invertir en el restaurante, abriéndolo únicamente en el caso de que fuera rentable, es de 1'2 millones de euros. Este valor excede al valor neto actual de abrir el restaurante hoy, es decir, un millón de euros. Por ello, queda claro que la espera es una mejor opción y que el valor del contrato, de la opción real, es 1'2 millones de euros.

La ventaja que se obtiene al aplazar la inversión es que se obtendrá más y mejor información sobre el éxito o fracaso del restaurante, de manera que si la demanda o la popularidad del restaurante se vieran disminuidas, la empresa podría abandonar el proyecto a través de la no ejecución de la opción. Es cierto que se pierden los beneficios que podrían generarse durante el primer año, pero comparando las ganancias perdidas y los beneficios de preservar el derecho a cambiar de decisión, queda claro que es mejor la segunda opción.

A la hora de analizar el caso, queda reflejado como la opción real afecta a la decisión de inversión. Normalmente, si no existiera esta opción, simplemente invertiríamos en el proyecto cuando tuviera un VAN > 0. Sin embargo, al poder decidir entre dos proyectos excluyentes, buscamos el que tiene un VAN mayor.

Además del VAN, hay otros factores que influyen en la decisión de inversión. En primer lugar, la volatilidad. Al aplazar una inversión, se puede basar la decisión en información adicional. La opción de esperar tiene mayor valor cuanto mayor es el grado de incertidumbre respecto al valor futuro del proyecto. En segundo lugar, tal y como se demuestra en el caso, un factor muy influyente es la existencia de dividendos. Como se explicaba con las opciones financieras, la ausencia de dividendos hace que ejecutar la opción tempranamente no sea nunca el resultado más óptimo. En opciones reales, los dividendos corresponden a cualquier valor de la inversión al que se está renunciando durante la espera. Siempre es mejor esperar a no ser que esta espera tenga costes, en cuyo caso a mayor coste menos atractivo del aplazamiento.

2- Opción de expansión o crecimiento de una inversión

Cuando una empresa tiene la opción real de invertir en el futuro, se conoce como opción de crecimiento.

Para hablar de este tipo de opciones, es necesario saber valorar el potencial de crecimiento correctamente. Oportunidades de crecimiento futuras se pueden entender como un conjunto de opciones reales de compra (call) de proyectos potenciales. Estas opciones suelen ser OTM (out of the money), porque el componente de crecimiento del valor de la empresa es más arriesgado que si no hubiera movimiento y las expectativas no fueran de aumento. Esto puede tenerse en cuenta a la hora de valorar una empresa en su conjunto, analizando el conjunto de sus oportunidades de crecimiento.

Sin embargo, el crecimiento futuro no sólo es importante para el valor de la empresa, sino que también puede tomar una gran relevancia a la hora de valorar proyectos de inversión individuales. Cuando se lleva a cabo un proyecto, la empresa suele obtener la oportunidad de invertir en nuevos proyectos a los que empresas de otras industrias no pueden acceder. Por ejemplo, un diseñador que introduce una nueva línea de moda, sabe que si resulta exitoso podrá lanzar nuevas líneas de accesorios o zapatos complementarios basándose en esa primera línea.

Como en el caso anterior, se toma como base el siguiente ejemplo. Una oportunidad de inversión con opciones de crecimiento requiere una inversión inicial de 10 millones € a día de hoy. En un año, podrá verse si el resultado y la trayectoria del proyecto ha sido satisfactorio, lo que conllevará la introducción de un nuevo producto al mercado. La probabilidad (con riesgo neutral) de que el proyecto genere un millón al año en perpetuidad es del 50%; si no, el negocio no generará beneficios. En cualquier momento, puede multiplicarse por dos el tamaño del proyecto y sus condiciones iniciales.

Asumiendo que la tasa libre de riesgo es del 6% al año, que es constante, e ignorando la opción de duplicar, se invierte hoy. En este caso, los flujos de caja serán de 1 millón € x 0,5 = 500.000€/ año. Haciendo el VAN:

$$VAN (\text{sin opción real}) = \frac{500.000}{0,06} - 10.000.000 = -1'667 \text{ millones } \text{€}$$

Según este análisis, parece que invertir hoy en el proyecto no es óptimo, lo que a su vez implica que nunca llegará a conocerse si hubiera sido o no exitoso.

Sin embargo, considerando ahora que se invierte en el proyecto y que se ejerce la opción de crecimiento (de duplicar el valor en un año si el producto empieza a tener éxito), el valor será:

$$VAN(\text{duplicar}) = \frac{1.000.000}{0'06} - 10.000.000 = 6'667 \text{ millones } \text{€}$$

La probabilidad (con riesgo neutral) de que ocurra este evento es del 50%, por lo que el valor esperado de esta opción de crecimiento será = 6'667 millones € x 0'5 = 3'333 millones €, y el valor actual:

$$VA(\text{opción de crecimiento}) = \frac{3'333}{1'06} = 3'145 \text{ millones } \text{€}$$

Como se observa, es satisfactorio y óptima la inversión. Sin embargo, hay que recordar que sólo se tiene este derecho, esta opción, en el caso de invertir hoy. Por eso, aunque se obtenga en el primer caso un resultado negativo, resulta mejor invertir y esperar a ver cuál es el resultado y, en función de ello, ejercer o no la opción real de duplicar y crecer.

3- Opción de abandonar oportunidad de inversión

Cuando una compañía tiene la opción real de reducir la escala de su inversión en un proyecto o desinvertir, se conoce como opción de abandono.

Los dos ejemplos anteriores plantean casos en los que la empresa tiene la opción de crecer o expandirse si el proyecto resulta satisfactorio. Contrariamente, cuando el proyecto resulta un fracaso, la empresa puede tener el derecho de mitigar la pérdida a través del abandono del mismo. Aunque la primera impresión pueda decir lo contrario, las opciones reales de abandono pueden dar valor adicional a los proyectos porque implica para las compañías un menor riesgo.

Para ilustrarlo, se toma como ejemplo una empresa que posee una cadena con una gran cantidad de tiendas de comida gourmet en el país. La empresa está considerando la posibilidad de abrir una nueva tienda en uno de los edificios más conocidos de la ciudad y que ha sido restaurado recientemente. Si no se paga la señal del alquiler a día de hoy, lo hará uno de los competidores, y la apertura de una nueva

tienda no podrá llevarse a cabo hasta encontrar otro lugar u otras posibilidades. Se trata de un contrato de arrendamiento que incluye como cláusula la posibilidad de dejar el alquiler sin ningún coste a partir de los dos años de permanencia. Esto genera una opción real. La empresa, aunque no sabe con seguridad si la nueva tienda tendrá éxito en esta ubicación y si la demanda será suficiente, sabe que no corre un riesgo demasiado grande, pues puede abandonar el contrato sin coste alguno pasados dos años.

Incluyendo los pagos del arrendamiento, la nueva tienda tiene un coste de 10.000€ al mes. Al ser un edificio nuevo, no sabemos cómo será el flujo peatonal: si el paso de clientes queda limitado a unas horas por la mañana y otras por la tarde, se espera generar un beneficio de 8.000€ al mes en perpetuidad; sin embargo, si por la zona en la que se encuentra el edificio, se convirtiera en una atracción turística, se estima que el beneficio fuera el doble. Se estima que hay un 50% de probabilidades de que el edificio, por su historia y ubicación, acabe convirtiéndose en una atracción turística. El coste de abrir y poner a punto la tienda ascienden a 400.000€, se asume que el coste de capital será del 7% anual.

Con todos estos datos, se plantearía un árbol de decisión para evaluar las opciones de abrir o no hacerlo, y en el caso de apertura, las posibilidades de abandono en función del éxito o el fracaso.

Si la empresa estuviera obligada a abrir el restaurante, el beneficio esperado sería $(8.000€ \times 0,5) + (16.000 \times 0,5) = 12.000€$, y descontándolo a la tasa mensual de $1,07^{1/12} = 0,565\%$, $VAN = \frac{12.000 - 10.000}{0,565\%} - 400.000 = -46.018 €$, por lo que no compensaría abrir la tienda.

No obstante, está claro que una vez abierta, no hay obligación de mantener la tienda operativa. Tiene la opción de abandonar el contrato de arrendamiento pasados dos años sin coste. Por tanto, las opciones que tiene la empresa son no abrirla, o hacerlo. En el caso de abrirla, esperarán a ver si se trata o no de una atracción turística, y a partir de esa información, decidirá abandonar o no el contrato de alquiler.

Si el edificio resulta ser finalmente una atracción turística, el VAN de la operación será $= \frac{16.000 - 10.000}{0,565\%} - 400.000 = 661.947 €$. Y si resulta no ser así, se cerrará la tienda pasados dos años, y el VAN de esta alternativa será:

$$VAN = \frac{8.000-10.000}{0'565\%} \cdot \left(1 - \frac{1}{1'00565^{24}}\right) - 400.000 = -444.770 \text{ €}.$$

Sabiendo que la probabilidad de que ocurra cualquiera de estos dos sucesos es la misma: $(661.947\text{€} \times 0'5) + (-444.770 \times 0'5) = 108.589\text{€}$.

Ejerciendo la opción de abandono, se limitan las pérdidas futuras, y el VAN de llevar a cabo el proyecto se convierte en positivo. El valor de la opción real es la diferencia que existe entre el VAN con y sin la opción: $108.589\text{€} - (-46.018\text{€}) = 154.607\text{€}$.

Vemos, como conclusión que la opción de abandono debe siempre considerarse como alternativa ya que, si la continuación de un proyecto tiene un VAN negativo, puede crearse valor de abandono por las pérdidas que dejan de generarse.

6. VENTAJAS DEL ROV EN EL SECTOR ENERGÉTICO

En el sector energético, en concreto en la industria del petróleo y el gas, las empresas gastan dinero continuamente en la renovación de sus refinerías y en añadir nueva tecnología. De esta situación ha surgido la necesidad de crear una opción real de cambio, que permita a las empresas prever y modificar el resultado final de sus procesos de fabricación (el conjunto de combustibles, diesel y otros productos químicos). Estas opciones reales facilitan la toma de decisiones referentes al capital y a la inversión, y con ellas, se permite que la refinería pueda cambiar su producto final a uno más rentable y que se constituye en base a los precios vigentes en el mercado, captando así la demanda y el ciclo histórico de los precios en el mercado.

Tal y como se ha desarrollado a lo largo del trabajo, se puede afirmar que el ROV es el método de valoración actual más preciso en la teoría a la hora de dar un valor a proyectos empresariales. Sin embargo, existe la limitación de la difícil accesibilidad a información clara y precisa sobre precios, la limitación de un mercado muy cambiante y muy diverso en cada sector. Estas limitaciones implicaban que el valor de los precios sobre los que ha de basarse la valoración no fueran del todo fiables, y este es uno de los motivos de que la realidad empresarial, de forma general, castigue al modelo. No

obstante, el sector de la energía, tal y como se veía en la introducción, es un sector con unas características muy particulares. En gran parte del mundo, esta industria constituye un mercado de oligopolio, en el que existe un pequeño número de oferentes y en el que, por tanto, existe una situación de equilibrio total en el lado de la oferta. Esta situación, tiene como privilegio la posibilidad de estimar los precios de mercados tanto través de comparables como del estudio de datos históricos, lo que reduce al mínimo una de las grandes limitaciones del ROV.

Este es el motivo por el que dicho modelo de valoración no ha sido llevado a la práctica en otros sectores, y por el que todos los estudios sobre el método centran sus miradas y sus casos prácticos en empresas de la industria energética.

Al igual que en la presente investigación, la mayoría de los trabajos académicos sobre este método de valoración describen cuatro tipos de opciones reales: la opción de espera o aplazamiento, la opción de expansión o crecimiento, la opción de reducción o abandono y la opción de variación de la mezcla de productos salientes (mix of outputs). En este trabajo se han descrito tres casos prácticos que ponen de manifiesto el mecanismo y funcionamiento del modelo y, del mismo modo, en la industria del petróleo y el gas solamente se llevan a la práctica los tres primeros.

La opción de expansión implica la oportunidad de continuar con una inversión. Si una empresa decide desarrollar un proyecto en la industria energética, se enfrenta a una serie de fases secuenciales de inversión a lo largo de la vida del proyecto. Cuando los proyectos avanzan, las empresas adquieren nueva información sobre las condiciones de mercado, la tecnología, los costes y sobre la cantidad total de reservas extraíbles y de ratios de producción. Si el nivel de precios del petróleo está en crecimiento, la producción proyectará unos resultados positivos, por lo que la empresa inversora querrá expandir el proyecto, incrementando el número de exploraciones y producciones mineras. Adicionalmente, las empresas suelen mostrar interés en llevar a cabo el desarrollo de petróleo y gas lo más rápido posible para aprovecharse de las oportunidades efímeras del mercado ya que, tal y como se explicaba anteriormente, se trata de un oligopolio y el mercado tiene a estar en constante equilibrio. Estas oportunidades, que con la inclusión de opciones reales pasan a ser derechos, y no obligaciones, de expansión, tienen un gran valor ya que pueden contribuir a incrementar la rentabilidad de los proyectos.

La opción de aplazamiento, que consiste en esperar a obtener la suficiente información antes de actuar, otorga a las empresas la oportunidad de evaluar los proyectos y las condiciones de mercado antes de elegir qué campo desarrollar. Incluso si un proyecto tiene un VAN positivo, tal y como se veía en el caso práctico, puede ser interesante aplazarlo. De nuevo, si se espera una subida en los precios del petróleo en el futuro, poder esperar a comprobarlo puede tener un gran valor, incluso si llevándolo a cabo en ese momento resultara rentable. Este valor se genera porque, con la espera, no se gastan los barriles de petróleo en el suelo, sino que pospone la producción y los ingresos relacionados. Los costes de la espera equivalen a los beneficios que no se están obteniendo de producir ahora mismo. Como conclusión, podemos decir que una empresa sólo tomará la opción de aplazamiento mientras el VAN de los crecimientos futuros de precios sea mayor que el valor que deja de ganarse por la producción de hoy.

Por último, la opción de reducción o abandono es la contraria a la de expansión de proyectos. Si las empresas se encuentran con desafíos tecnológicos complicados, ratios de producción más bajos, mayores costes y/o un nivel de precios del petróleo menor del esperado, puede que estén interesadas en reducir o abandonar su inversión. Y, si los costes de abandono son menores que los de seguir adelante, la opción de abandono es óptima. En el sector energético, las empresas pueden optar a la opción temporal de abandono. Si las condiciones de mercado, tras un periodo de pausa del proyecto, vuelven a mejorar y se revuelven las dificultades del proyecto, puede darse el caso de retomar el proyecto, ya que el trabajo previo en este sector se considera irreversible.

7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Esta investigación se propuso por una serie de motivaciones tanto empresariales como académicas. Dada la importancia que tiene hoy en día en el ámbito empresarial y económico la valoración justa, fiable y más próxima al valor real, parecía muy interesante estudiar el método ROV, como modelo renovador y avanzado de la valoración de activos, proyectos y empresas. Además, no sólo es un tema de actualidad y de importancia empresarial, sino que se trata también de un tema de actual

investigación. Se trata de un método de valoración muy reciente y poco estudiado, por lo que su corta historia hace de éste, un trabajo académico de gran interés.

Para iniciar la investigación, resultaba necesario hacer una revisión de la literatura, para comprender el punto en el que se encontraban los estudios sobre el mismo. Tras analizar la historia del nacimiento del método de valoración por opciones reales y su posterior evolución, resultaba interesante encaminar este trabajo desde un punto de vista teórico que relacionara su mecanismo con el de las opciones financieras y, tras analizar su funcionamiento, ponerlo en práctica en casos concretos.

Al estudiar la teoría de valoración, se tomaba como punto de partida las opciones financieras. Las opciones reales resultan muy similares a éstas, ya que su mecanismo deriva de las anteriores: las opciones reales otorgan el derecho a tomar una decisión en el futuro sobre, en lugar de una compra (call) o una venta (put), sobre la ejecución, expansión o abandono de un proyecto de inversión. El valor de las opciones financieras equivale a la prima pagada, lo que en opciones reales se traduce costes reales incurridos. Una decisión de inversión o un proyecto empresarial debe incurrir en una serie de costes que se considerarán fijos cuando no puedan recuperarse con el paso del tiempo. Esa es la definición de prima o valor en el caso de las opciones reales. En la investigación se explica cómo, a la hora de ponerlo en práctica, se obtenía como conclusión que resulta más sencillo obtener el valor de la opción real como la diferencia que existe entre el valor del proyecto con y sin opción real.

Para la teoría de valoración por opciones reales, resultaba necesario introducir el concepto de árboles de decisión. Al tratarse de proyectos reales de inversión, cada uno con unas consignas y unas condiciones diferentes, no existen fórmulas específicas para valorar las opciones o saber cuál debe el valor del proyecto para el ejercicio de las opciones, como ocurría con las opciones financieras. En este caso, debe construirse un árbol de decisión en el que se estudian todas las posibilidades futuras, se proyectan todos los costes e ingresos en cada caso, y se obtiene un valor final para cada alternativa. Es a partir de esta visualización gráfica de dónde podemos comparar los escenarios, y obtener un valor de la opción real, es decir, de la oportunidad de esperar a obtener la información necesaria para tomar una decisión.

Como método de valoración, se puede concluir que se trata de un modelo muy preciso, del que se obtiene un valor muy aproximado al valor real. Es, hasta ahora, el

método de valoración que proporciona mayor exactitud, ya que tiene en cuenta el paso del tiempo y la posibilidad real de cambiar el rumbo de los proyectos empresariales. Sin embargo, tiene ciertas limitaciones, como los altos costes de su puesta en práctica, la posible entrada de competidores, y la falta de estructura y de generalidad. En conclusión, se trata de un método insuficientemente desarrollado en lo relativo a su puesta en práctica y a la estandarización necesaria para su uso común.

En cuanto a su comparación con modelos anteriores, la conclusión de esta investigación es que el método de valoración por opciones reales difiere de todos los métodos de valoración tradicionales. La valoración a través del ROV tiene como resultado un valor esperado más alto que con los otros métodos. De hecho, con este método se llega siempre a una conclusión de inversión eficaz: se invierte en los proyectos que son rentables desde un principio, pero también en aquellos que en un principio no lo son pero que a través de las opciones pueden llegar a obtener rentabilidad.

Asimismo, una de las conclusiones que se extrae de este trabajo es que la aplicación del método de valoración por opciones reales depende en gran medida del caso particular que se aborde. Es por ello que en esta investigación se han puesto de manifiesto tres casos de diferentes tipos de opciones reales: posposición, expansión y abandono. En todos ellos, se obtiene como conclusión que la valoración por opciones reales es sin duda la forma más precisa de valoración, ya que incluye en él todas las alternativas que pueden existir a lo largo de la vida de un proyecto. Se ve cómo un valor inicial puede sufrir una transformación total con el paso del tiempo, cambiando así la rentabilidad que el proyecto ofrece para la empresa. Se considera por tanto un modelo útil y exacto.

Por último, haciendo un análisis de su puesta en práctica en la actualidad, resulta evidente que en la mayoría de los sectores industriales existe un rechazo común hacia este método por las limitaciones que anteriormente se exponían. No obstante, podemos concluir que en el sector de la energía, el ROV resulta ser el método de valoración más apropiado, ya que tiene en cuenta la flexibilidad y la incertidumbre de este mercado y, como parte de los datos necesarios a través de los precios de mercados comparables, su puesta en práctica menos compleja y más precisa.

De forma esquemática, las conclusiones de este proyecto de investigación son:

- Es necesario seguir investigando sobre métodos de valoración, para obtener una información cada vez más objetiva sobre activos, proyectos y empresas.
- Resulta interesante desarrollar y conocer más sobre este método de valoración ya que tiene una breve historia pero resulta ser el modelo más objetivo hasta el momento.
- Toma como base el mecanismo de las opciones financieras, y su valoración equivale también a la prima o costes fijos en los que se incurre.
- En la práctica, resulta más útil obtener el valor de las opciones reales por la diferencia que existe entre el valor de los proyectos con y sin opción real.
- La mayor ventaja del método es que tiene en cuenta la posibilidad de cambio de rumbo a lo largo de la vida del proyecto empresarial, dando un valor a cada toma de decisión. Es decir, se trata de un modelo muy dinámico, como los proyectos reales.
- En la comparación del ROV con métodos tradicionales de valoración, se concluye que el primero tiene como resultado un valor esperado mayor y, más importante, un valor más preciso.
- Las debilidades del método son sus altos costes en la práctica y, sobre todo, su falta de estructura y generalidad. No se ha desarrollado un modelo con una plantilla o fórmulas a seguir, sino que cada caso debe ser estudiado individualmente a partir de su árbol de decisión.
- Además, tiene como inconveniente a la hora de llevarlo al mercado actual, que requiere un conocimiento perfecto de los precios, y eso no resulta totalmente aplicable. Por eso, el único sector en el que éste método se está llevando a la práctica, es el sector energético, que puede considerarse prácticamente un oligopolio y los precios son conocidos.

8. FUTURAS INVESTIGACIONES

En futuras investigaciones sobre el método de valoración por opciones reales, deben tratar de resolverse algunos aspectos sobre su puesta en práctica, haciendo un esfuerzo por desarrollar una metodología estándar para el cálculo de opciones reales. En un marco estandarizado, toda la teoría desarrollada en este trabajo podría ponerse en

práctica más fácilmente y de manera más lógica. Se convertiría en un método de valoración menos idealizado y más útil.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- McDonald, RL 2006, 'The Role of Real Options in Capital Budgeting: Theory and Practice', *Journal Of Applied Corporate Finance*, 18, 2, pp. 28-39.
- Dimitrakopoulos, R, & Abdel Sabour, S 2007, 'Evaluating mine plans under uncertainty: Can the real options make a difference?' *Resources Policy*, 32, 3, pp. 116-125.
- Schwartz, ES 1997, "The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging", *Journal Of Finance*, 52, 3, pp. 922-973.
- Mathews, S 2009, 'VALUING RISKY PROJECTS WITH REAL OPTIONS', *Research Technology Management*, 52, 5, pp. 32-41.
- Kvalevag Thomas 2009, "How do discounted cash flow analysis and real options differ as basis for decision making about oil and gas field developments?", *Copenhagen Business School*.
- Chvalkovská Jana 2010, "THE REAL OPTION MODEL – EVOLUTION AND APPLICATIONS".
- Kasper, H, Sullivan, E, & Weithers, T 1991, 'Louis Bachelier: The Father of Modern Option Pricing', *Journal Of Economic Education*, 22, 2, pp. 165-171.
- Cox, J, Ross, S, & Rubinstein, M 1979, 'OPTION PRICING: A SIMPLIFIED APPROACH', *Journal Of Financial Economics*, 7, 3, pp. 229-263.
- Arnold, T, & Shockley Jr., R 2010, 'Real Options Analysis and the Assumptions of Corporate Finance: A Non-Technical Review', *Multinational Finance Journal*, 14, 3/4, pp. 209-250.
- Mascareñas, J 2010, 'Introducción a las opciones Reales', pp. 1-9.
- Mun, J 2006, 'Real Options Analysis versus Traditional DCF Valuation in Layman's Terms'.

- Grafström C, & Lundquist, L 2002, 'Real Option Valuation vs. DCF Valuation- An application to a North Sea oilfield'.
- Berk, J & DeMarzo, P 2011, 'Corporate Finance: Chapter 22: Real Options'.
- Schwartz, E. S. 1997a. 'The stochastic behavior of commodity prices: implications for valuation and hedging. Journal of Finance 52', pp. 923-973.
- Schwartz, E. S. 1997b. 'Valuing Long Term Commodity Assets. Working paper'. Anderson Graduate School of Management, UCLA.
- Bessembinder, H., Coughenour J. F., Seguin P. J., Monroe Smoller M., (1995). Mean reversion in equilibrium asset prices: evidence from the futures term structure. Journal of Finance 50, 361-375.
- Brandt, W., Crowley D., Hodder M., Juiniti R., Ohara S., Rushton S., 1998. Deepening the search for offshore hydrocarbons. Oilfield Review 10, 2-21.
- TRIGEORGIS, Lenos (ed.) (1995): Real Options in Capital Investments. Praeger. Westport (Conn).
- LUEHRMAN, Timothy (1995): "Capital Projects as Real Options: An Introduction". Note no 9-295-074.
- Harvard Business School.
- GRAHAM, John y HARVEY, Campbell (2001): "The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from
- the Field". Journal of Financial Economics, 60 (2-3), 187-244
- AMRAN, Martha y KULATILAKA, Nalim (1999): Real Options. Harvard University Press.
- Emhjellen, M., Alaouze, C.M., A comparison of discounted cash flow and modern asset pricing methods – project selection and policy implications, Energy Policy 31, pp. 1213-1220, 2003
- Copeland, T.E, Keenan, P.T, How much is flexibility worth?, The McKinsey Quarterly 1998, Number 2.
- Smith, J.E., McCardle, K.F., Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches, Operations Research Vol. 46, No. 2, March-April, 1998