

TRABAJO DE GRADO: PROYECTO INSTITUCIONAL DE EVALUACIÓN DE
PROYECTOS A TRAVÉS DE OPCIONES REALES



**Universidad
de La Sabana**

PRESENTADO POR:

FABIÁN RODRÍGUEZ ALEA

ASESOR:

PEDRO ÁNGEL

UNIVERSIDAD DE LA SABANA

ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y MERCADO DE CAPITALES

SEPTIEMBRE 2010

ÍNDICE GENERAL

1. QUÉ SON LAS OPCIONES REALES?	6
1.1 ELEMENTOS TENIDOS EN CUENTA.....	7
1.1.1 La incertidumbre.....	7
1.1.2 El riesgo.....	10
1.1.3 Alineación con los mercados financieros.	11
1.1.4 Características adicionales.....	11
1.2 EL MÉTODO BLACK- MERTON- SCHOLES PARA VALORACIÓN DE OPCIONES REALES.....	13
1.2.1 Ventajas de BMS.....	15
1.2.2 Implicaciones de BMS.	16
1.2.3 Motivos adicionales para la aplicación efectiva de las Opciones Reales.....	17
1.3 EL MERCADO FINANCIERO PRESENTE EN LA METODOLOGÍA DE LAS OPCIONES REALES.....	17
1.3.1 Riesgos que dificultan el seguimiento dinámico.....	18
1.3.2 Costos de seguimiento.....	19
1.4 EL PAPEL DE LA ESTRATEGIA DENTRO DE LA METODOLOGÍA DE LAS OPCIONES REALES.....	21
2. PROCESO DE SOLUCIÓN DE LAS OPCIONES REALES.....	25
2.1 PRINCIPALES INDICACIONES O PAUTAS A SEGUIR PARA SU VALORACIÓN	25
2.1.1 Primera etapa: Definir el marco de aplicación.....	26
2.1.2 Segunda etapa: Implementar el modelo de valoración de opciones.....	30
2.1.3 Tercera etapa: revisar los resultados.....	31
2.1.4 Cuarta etapa: Rediseñar si es necesario.	33
2.2 CÁLCULO DEL VALOR DE LAS OPCIONES.....	33

2.2.1	Solución PDE.....	35
2.2.2	Programación dinámica.....	36
2.2.3	Modelos de simulación.....	38
2.3	ECUACIÓN DE BLACK SCHOLES	38
2.4	AJUSTES EN MODELO PARA RECOGER LAS PERDIDAS DE VALOR.....	40
2.4.1	Concepto de rentabilidad de conveniencia.	41
2.4.2	Para tener en cuenta cuando se deban recoger las perdidas de valor...	42
3.	MANEJO DE LA VOLATILIDAD DENTRO DE LA METODOLOGÍA.....	44
3.1	ORIGEN Y GENERALIDADES.....	44
3.2	LA VOLATILIDAD DENTRO DE BLACK SCHOLES.....	47
3.3	MEDICIÓN DE LA VOLATILIDAD.....	47
4.	BÚSQUEDA DE PETRÓLEO.....	50
5.	CONCLUSIONES.....	55

INDICE DE GRÁFICAS

<u>Gráfica 1: La incertidumbre aumenta el valor</u>	10
<u>Gráfica 2: Etapas de implementación de las Opciones Reales</u>	26
<u>Gráfica 3: Etapas 3 y 4 en detalle</u>	32
<u>Gráfica 4: Cuadro resumen para el cálculo de valor de opciones</u>	33
<u>Gráfica 5: Dos puntos de vista de la resolución de la incertidumbre</u>	45
<u>Gráfica 6: Distribución de resultados y la función de retorno</u>	46
<u>Gráfica 7: Estructura de una secuencia de inversiones para la búsqueda de petróleo</u>	51
<u>Gráfica 8: Esquema de una decisión de búsqueda de petróleo</u>	52

INTRODUCCIÓN

Los autores del libro a través del mismo plantean una serie de beneficios que traen consigo las Opciones Reales, desde el punto de vista estratégico y desde el punto de vista de la explotación de las opciones que trae un proyecto; es decir aprovechar todas aquellas oportunidades que brinda un proyecto, ya sea desde el mismo planteamiento de este o durante su ejecución. A continuación se podrá ver de forma sencilla como la teoría de las Opciones Reales es descrita por los autores y que es lo que se debe tener en cuenta en el momento de llevar la teoría a la práctica, logrando resultados claros en la aplicación de la metodología de las Opciones Reales.

Este documento está estructurado de tal forma que cada capítulo cubra cada uno de los objetivos planteados inicialmente para este trabajo de grado, esta distribución permitirá al lector entender de forma clara y sencilla como se abordaron cada uno de los temas del libro. Los objetivos a desarrollar en este trabajo de grado son los siguientes:

1. Explicar que son las Opciones Reales según lo planteado por los autores.
2. Realizar un resumen de los postulados planteados por los autores Martha Amram y Nalin Kulatilaka en su libro Opciones Reales: Evaluación de inversiones en un mundo incierto.
3. Dar una explicación de cómo es manejada la volatilidad de las Opciones Reales según los autores del libro.
4. Explicar el ejemplo de excavación de nuevos pozos petroleros descrito en el libro Opciones Reales: Evaluación de inversiones en un mundo incierto.

1. ¿QUÉ SON LAS OPCIONES REALES?

Las Opciones Reales son una herramienta que se aplica en la valoración de los proyectos de inversión, presentando de forma clara las implicaciones que este trae y el posicionamiento que la empresa puede lograr, en el corto, mediano y largo plazo, con el desarrollo del mismo.

Esta herramienta, como se denominó inicialmente, brinda la posibilidad de realizar análisis cuantitativos en los proyectos, evitando que los análisis realizados para la toma de decisiones se hagan basados únicamente en enfoques cualitativos y en políticas empresariales durante el desarrollo del proyecto. Esta convergencia de análisis cualitativo y cuantitativo, sumado a políticas gerenciales permite tomar mejores decisiones, siendo estas correctas y racionales teniendo en cuenta el futuro de la organización.

El hecho de no tener en cuenta todas las opciones que se presentan con cada proyecto, nos llevaría a la subvaloración del proyecto en sí, desechando proyectos que se deberían desarrollar o teniendo en cuenta otros que en realidad no aportan nada a la vida del proyecto.

1.1 ELEMENTOS TENIDOS EN CUENTA

Ya teniendo claro como una opción tiene un papel importante durante la vida de un proyecto, se mencionarán todos aquellos elementos que hacen parte de este método de valoración. Estos elementos, que se describirán mas adelante, son la incertidumbre, el riesgo y la alineación que se debe tener con los mercados financieros.

1.1.1 La incertidumbre.

Todos los proyectos que se emprenden en la vida tiene cierto grado de incertidumbre, ya sean familiares, personales o empresariales; sin embargo estos últimos traen aparte de la incertidumbre en la inversión que se realiza, otras variables importantes como las grandes cantidades de capital requeridas, entornos constantemente cambiantes y en ocasiones “complejas estructuras de activos debido a la formación de asociaciones”¹, presión de competidores y la creación de nuevos mercados financieros que crean valor.

Las circunstancias que rodean a cada proyecto por lo general apelan al miedo y la precaución, seguido de la frustración que produce el hecho de no contar con herramientas que generen seguridad en la toma de decisiones. Debido a este contexto, que es el más frecuente en la vida real, los gerentes de proyecto deben ser conscientes de la brecha que existe entre lo que ellos quieren hacer y la utilidad de los instrumentos para la toma de decisiones que poseen, los cuales en su mayoría no son cuantitativos.

¹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 24. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Problemas significativos en la práctica:

1. El análisis realizado por los gerentes de proyecto, empresarios o cualquier persona involucrada con el proyecto se hace por medio de proyecciones subjetivas, las cuales en ciertas ocasiones entran en el plano de lo aleatorio según la experiencia del analista, por lo tanto se presenta que:
 - “Se realizan proyecciones muy optimistas por parte de los “defensores” del proyecto.
 - Las tasas de crecimiento y los beneficios de la provisión no son nada claros; para el caso de un solo escenario como en el de varios, la previsión de los flujos de caja se convierten en inputs subjetivos del proyecto.”²

2. “Las decisiones futuras de inversión están determinadas desde un principio.”³ Este problema que se presenta en la práctica se refiere a que el análisis realizado para el proyecto y la estructuración para el desarrollo del mismo, sólo tienen en cuenta lo planeado inicialmente; es decir que el entorno va cambiando, pero el modelo planteado al inicio del proyecto no. Por esta razón se abre una brecha entre las herramientas de análisis y la realidad, por lo tanto al final las decisiones importantes que pueden llegar a alterar el resultado final de un proyecto, se basan en las mal llamadas “consideraciones estratégicas” (que la mayoría de las veces son realmente subjetivas) y al “carisma directivo”.

² “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 36. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

³ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 36. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Conociendo estos problemas recurrentes en la realidad de las inversiones y en el mundo real en general, se puede afirmar que la incertidumbre se debe tener en cuenta de forma explícita de tal forma que se logra tener un cambio significativo en el proceso de toma de decisiones, dejando a un lado la subjetividad de las mismas.

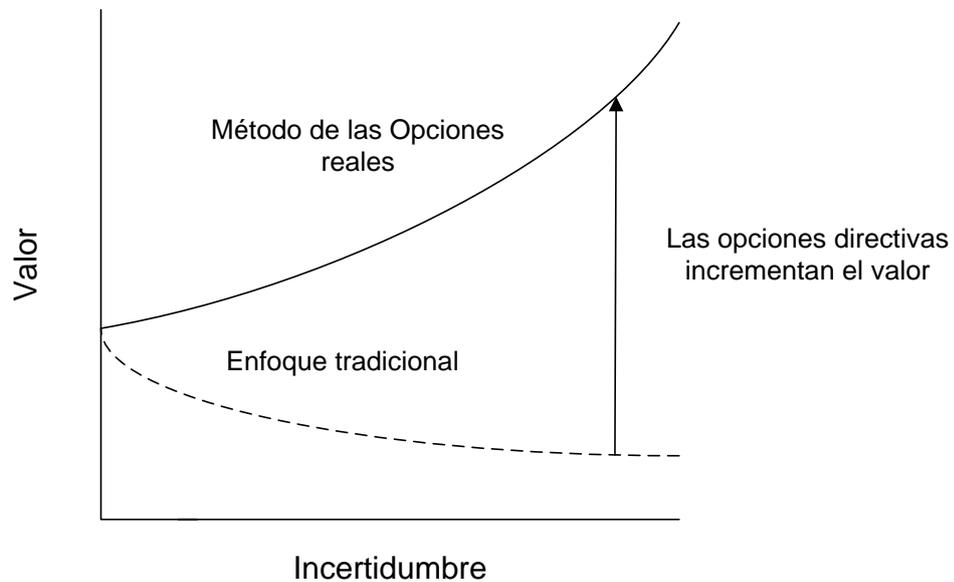
A partir de tomar la incertidumbre como un hecho, se debe ver el mercado en el que está la inversión o proyecto “teniendo en cuenta el origen, la trayectoria y la evolución de la incertidumbre”⁴ con el fin de definir que tan expuesto está el proyecto a la misma.

Un punto importante a destacar es la diferenciación que debe existir entre el punto de vista tradicional y las Opciones Reales (Ver grafica 1). Desde el punto de vista tradicional, a mayor incertidumbre, menor será el valor del activo; caso contrario ocurre con las Opciones Reales ya que a mayor incertidumbre, mayor valor del activo. Este enfoque de las opciones se da sólo en caso de que los directivos logren identificar y aplicar las opciones que se presentan en el proyecto, con el fin de responder con flexibilidad al desarrollo de los acontecimientos que se presenten.

Bajo esta forma de ver los proyectos, se puede concluir que la clave de un proyecto que tenga en cuenta las Opciones Reales, es el conocimiento del vínculo que existe entre el tiempo y la incertidumbre.

⁴ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 36. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Gráfica 1: La incertidumbre aumenta el valor⁵



1.1.2 El riesgo.

El otro elemento tenido en cuenta es el riesgo; este es un punto delicado al interior del proyecto, ya que existen diversos tipos de riesgo (riesgo privado, riesgo sistemático, riesgo base, etc. de los que se hablará más adelante) que hacen que el empresario encargado del proyecto tome decisiones instintivas basadas en factores subjetivos como su aversión al riesgo, su optimismo frente al proyecto y su experiencia en el campo en el que se desarrolla el mismo. Esto afecta negativamente el proyecto porque quien lo lidera llega a perder credibilidad frente a todas las personas involucradas en el mismo, impidiendo que en el corto plazo el proyecto genere valor para la empresa debido a que no existen bases sólidas para su consolidación dentro de un equipo de trabajo.

⁵ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 37. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

El método de las Opciones Reales es un marco de referencia que permite reinterpretar las medidas y los análisis existentes, facilitando la identificación de los riesgos que hacen parte del proyecto. Para el caso de este método, es importante identificar el Riesgo Total, el cual se define como la totalidad de los posibles resultados que preocupan a los directivos. Es importante tener claro que el Riesgo Total tiene en cuenta el Riesgo Sistemático (relación entre el valor de un activo y un sistema económico más amplio)

1.1.3 Alineación con los mercados financieros.

“Las opciones reales y financieras, se valoran en relación a los precios de los activos negociados, incorporando pautas disciplinarias y objetividad. Ello permite que el método de las Opciones Reales proporcione unas valoraciones consistentes con sus aplicaciones internas y externas permitiendo comparar “manzanas con manzanas” de todas las oportunidades estratégicas, incluidas las oportunidades de usar las transacciones del mercado financiero para gestionar inversiones y sus riesgos.”⁶

1.1.4 Características adicionales.

En adición a los temas de la incertidumbre y el riesgo de un proyecto, hay claridad en un problema clave tanto en las organizaciones como en sus proyectos; los directivos consideran la táctica, la estrategia y la valoración como temas independientes, lo cual no ayuda, es un error considerable ya que estos tres factores mencionados anteriormente se complementan unos con otros y hacen parte de un conjunto de elementos que generan valor a la hora de desarrollar proyectos.

⁶ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 25. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Las Opciones Reales tienen tres características claves que las identifican⁷:

- *Está basada en decisiones contingentes*: El retorno de la opción no es lineal, cambia en función de la decisión. Una decisión no contingente tiene retornos lineales porque la decisión siempre es la misma.
- Las valoraciones de la opción corresponden a las valoraciones de los mercados financieros. En otras palabras las Opciones Reales utilizan inputs y conceptos del mercado financiero para realizar valoraciones de los retornos de los activos reales, comparación de “manzanas con manzanas”.
- El método de las Opciones Reales se puede usar para diseñar y gestionar activamente las inversiones estratégicas. En una inversión estratégica:
 - Se identifican y valoran opciones
 - Se rediseñan inversiones con el fin de dar un mejor uso a las opciones
 - Se realiza una gestión activa de la inversión a través de las opciones creadas

Estas características permiten que las Opciones Reales se puedan (y de hecho se deban) personalizar a cada industria y a cada mercado, es lo que hace que sea una metodología aplicable a una gran cantidad de industrias alrededor del mundo.

⁷ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 24. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

1.2 EL MÉTODO BLACK- MERTON- SCHOLES PARA VALORACIÓN DE OPCIONES REALES

En el mundo de las inversiones existen diferentes instrumentos de valoración, los cuales son útiles dependiendo del tipo de inversión y del tipo de análisis que quiere hacer la gerencia para determinar los beneficios que el proyecto traerá. Sin embargo ninguno de estos instrumentos tiene el enfoque que tiene el método de Black- Merton- Scholes (de ahora en adelante BMS). A continuación se describen algunos instrumentos de valoración.

- *“Análisis del flujo de caja descontado para valorar oportunidades de inversión contingente.* Este método no es claro ya que no existe ningún tipo de descuento capaz de actualizar estos flujos hasta el presente, por lo tanto una inversión que implique Opciones Reales no tiene solución dentro del marco del análisis tradicional del flujo de caja descontado.
- *Los modelos de simulación* también tienen un problema práctico, ya que los análisis realizados por este método se basan en la asignación subjetiva de probabilidades basadas en la experiencia de los analistas del proyecto. Esta situación lleva a que el manejo dado a la incertidumbre termine siendo a través de la manipulación de los posibles resultados definidos con anterioridad.”⁸

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se puede concluir que estos métodos no sirven en el marco de las Opciones Reales porque no tienen en cuenta el proceso de toma de decisiones de los directivos en la modificación de resultados.

⁸ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 69. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Por otra parte, el modelo BMS tiene un enfoque radicalmente distinto, apartado de los modelos descritos anteriormente.

BMS: “establece el valor de una opción, constituyendo una cartera de títulos negociados conocida como cartera de referencia (de la que se controlan todos los movimientos y cambios) que tiene los mismos retornos que la opción.”⁹

El valor de la opción obtenido mediante la aplicación del modelo, debe estar libre de oportunidades de arbitraje. El modelo BMS al no usar el arbitraje, garantiza dinámicamente que el valor de la opción es equivalente al valor de la cartera a medida que va evolucionando el precio de la acción, lo que los autores denominan como seguimiento dinámico de la trayectoria de los valores.

“El precio de la opción esta basado en el precio de los títulos incluidos en la cartera de referencia, basándose en la valoración del activo subyacente en el mercado financiero. Por lo tanto el precio de la opción estará sujeto de forma directa a los retornos en relación a la decisión contingente, al intervalo de tiempo hasta el momento de la decisión y a la volatilidad.”¹⁰

BMS plantea en su ecuación la evolución matemática del valor de la opción en términos del valor del activo subyacente, su volatilidad y la tasa de rentabilidad libre de riesgo.

Notas:

⁹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 65. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

¹⁰ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 66. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- *La fórmula inicial del modelo fue planteada por Black Scholes, mientras que el aporte dado por Merton fue el planteamiento del no arbitraje dentro del modelo.*
- *Este modelo usa “Law of One Price” (Ley de precio único): dos activos que tienen los mismos retornos futuros deben tener el mismo valor actual.*

Es importante aclarar que el modelo BMS es útil en Opciones Reales simples, es decir aquellas que tienen una sola fuente de incertidumbre y una única fecha de decisión. En caso de tener varias fuentes de incertidumbre o varias fechas de decisión, no se pueden obtener soluciones analíticas por lo tanto se deben usar métodos numéricos como el modelo binomial de opciones de Cox-Ross-Rubinstein.

Cox-Ross-Rubinstein: muestra como hay neutralidad frente al riesgo, es decir como los valores de la opción son independientes de las preferencias por el riesgo de cada uno (neutralidad frente al riesgo).

1.2.1 Ventajas de BMS.¹¹

- Puede desencadenar una gran cantidad de aplicaciones de las Opciones Reales, incluidas aquellas que tienen cierta complejidad.

¹¹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 61. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- Es práctico para muchos usuarios, ya que es consistente con la teoría de valoración de opciones pero mantiene la apariencia del análisis del flujo descontado.
- La incertidumbre y las consecuencias de las decisiones contingentes se describen de una forma natural.

1.2.2 Implicaciones de BMS.¹²

- “Tener en cuenta el riesgo total, a través del seguimiento dinámico, se va actualizando el valor de una opción en función de las fluctuaciones del activo subyacente.
- Las opciones pueden tener más riesgo que el activo subyacente
- Normalmente se necesita muy poca información sobre el activo subyacente, simplemente su valor actual y su volatilidad estimada. Es probable que con el paso del tiempo la volatilidad sea más estable que cualquier otra variable de la que se hagan estimaciones.
- Las opciones se valoran sin arbitraje; cuando se usa un input subjetivo se está generando una oportunidad de arbitraje para otra persona.
- Las opciones se pueden valorar sin necesidad de ser negociadas. El método se puede aplicar tanto a las decisiones de inversión internas como a transacciones externas.
- Los por qué y los cuándo de un seguimiento imperfecto son transparentes. Cuando el seguimiento dinámico no funciona perfectamente, el modelo de valoración de opciones proporciona instrumentos para comprender por qué.”

¹² “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 67. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Conociendo las ventajas y las implicaciones del modelo BMS para la valoración de Opciones Reales, se puede decir que frente al método de Flujo de Caja Descontado, Análisis de Decisión y Análisis de Simulación es mucho mejor ya que da muchos detalles sobre la determinación del marco de las aplicaciones; una determinación correcta de este marco es el punto fundamental en la determinación del éxito de una inversión.

1.2.3 Motivos adicionales para la aplicación efectiva de las Opciones Reales.

- Los retornos de la decisión de inversión contingente se pueden determinar prácticamente ante cualquier situación.
- Revela la naturaleza del riesgo implícito en dichos activos. Algunos son originados en el mercado, otros proceden de fuentes privadas que no afectan a nadie más.

1.3 EL MERCADO FINANCIERO PRESENTE EN LA METODOLOGÍA DE LAS OPCIONES REALES

Las Opciones Reales incorporan en su metodología el riesgo con el fin de valorar las oportunidades que le brinda una inversión estratégica, esta incorporación se refiere a la valoración a través de las opciones financieras. Este tipo de opciones tienen en cuenta los efectos del riesgo de mercado y el riesgo privado.

El mercado financiero puede hacer que la ley de precio único (Law of One Price) no se mantenga y que el seguimiento que se haga del activo subyacente basado en una cartera de referencia del sector financiero se dificulte. “Las

consecuencias de esta imprecisión dependen de las especificaciones de la empresa y el sector industrial al que pertenezca”¹³.

Nota: la cartera de referencia puede incluir productos básicos (commodities) o incluso producto y servicios específicos.

Los errores de seguimiento se presentan por dos razones: los costos de seguimiento y la calidad del seguimiento. “Un seguimiento dinámico perfecto requiere actualizaciones frecuentes en la cartera de referencia. Cuando cambiar las posiciones de la cartera tiene costos elevados, puede ser óptimo dejar que el valor de la cartera de referencia se desvíe del valor de la opción durante un breve periodo de tiempo.”¹⁴

Por otra parte un movimiento imperfecto se puede clasificar como negativo o como positivo dentro del análisis que se hace. Es negativo, cuando el cambio en el valor de la cartera de referencia es superior al cambio en el valor de la opción; o viceversa para cuando el cambio es positivo.

1.3.1 Riesgos que dificultan el seguimiento dinámico.¹⁵

- “*Mermas*” de valor: los activos reales pueden generar pagos al contado similares a un dividendo o requerir inyecciones de capital. Sólo el tenedor del activo (no el de la opción) obtiene la rentabilidad de

¹³ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 84. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

¹⁴ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 85. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

¹⁵ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 85. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

conveniencia¹⁶ y los fondos generados por el activo subyacente. Para los demás hay una “merma” en el valor del activo subyacente.

- Se debe realizar un ajuste en el modelo de valoración de opciones porque el tenedor de la opción y la cartera de referencia no recogen los fondos generados o las rentabilidades de conveniencia, por el contrario experimentan una pérdida de valor.
- *Riesgo base*: cuando la correlación imperfecta está causada por diferencias en la calidad del producto, localización de la entrega o cumplimiento de los plazos, el origen del error de seguimiento se conoce como riesgo base.
- *Riesgo privado*: son riesgos cuyo precio no está determinado por los mercados financieros. El efecto del riesgo privado en un modelo de valoración de opciones se puede cuantificar, pero no es seguido por los títulos negociados.”

1.3.2 Costos de seguimiento.¹⁷

“Cuando son significativos los costos, la cartera de referencia se actualiza con menor frecuencia, provocando errores de seguimiento. Los costos de seguimiento incluyen honorarios y gastos directos, pero aparte incluyen:

- *Negociación poco frecuente*: la negociación en los mercados de productos básicos, bienes y servicios puede no ser tan continua y el seguimiento puede que solo se consiga en algunas ocasiones.

¹⁶ El término rentabilidad de conveniencia será tratado más a fondo en el capítulo 2 de este trabajo.

¹⁷ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 90. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- Liquidez: la baja liquidez incrementa costos porque produce una mayor diversificación entre la oferta y la demanda y puede hacer que el precio del mercado se vaya moviendo mientras se va constituyendo y actualizando la cartera de referencia.
- Aumento de los costos de control, coordinación y documentación: la naturaleza física de los activos reales requiere infraestructuras personalizadas.
- Observabilidad infrecuente: la cartera de referencia de una Opción Real puede incluir títulos que se negocian fuera del mercado, de los que se informa con muy poca frecuencia.”

A partir de los riesgos que dificultan el seguimiento y de los costos implícitos por la realización del mismo, el inversionista entra en el dilema de escoger un título de correlación baja con el activo subyacente, pero con costos bajos de seguimiento o podría escoger un título de correlación alta con el activo subyacente, pero con costos de seguimiento altos. Independientemente de la opción que elija se presentará error de seguimiento ya que se podría decir que es imposible el seguimiento perfecto de un título con un activo subyacente.

Dada esta situación, por lo general se prefiere optar por los costos bajos, y no por la calidad del seguimiento. Esta elección es la preferida por los gerentes de proyectos en la práctica, porque piensan que al elevar los costos del proyecto, la ganancia que obtendrán por la opción tomada será menor; mientras que por otra parte piensan que pueden tolerar el hecho de que el seguimiento no tenga la calidad deseada mientras tengan una noción más o

menos ajustada a la realidad del valor de la opción que están tomando (o que esperan tomar en el futuro).

Existe otro problema que se presenta durante la etapa de seguimiento de la cartera de referencia; este se relaciona con los nuevos usuarios de las Opciones Reales, los cuales tienden a incluir demasiadas fuentes de incertidumbre en el marco del modelo que plantean inicialmente para el estudio de adquisición de una opción. Al incluir demasiadas fuentes de incertidumbre se aumenta la probabilidad de cometer errores en el seguimiento; en otras palabras (un poco más acordes con el lenguaje que estamos manejando en este trabajo) el exagerado detalle de la definición del riesgo privado aumenta el error del modelo planteado.

1.4 EL PAPEL DE LA ESTRATEGIA DENTRO DE LA METODOLOGÍA DE LAS OPCIONES REALES

Como se ha descrito a través de este trabajo las Opciones Reales traen una serie de beneficios durante la ejecución de un proyecto que al final lo que pretende es incrementar la creación de valor de este, sin importar que se haya tomado una opción o no. Lo realmente importante es que se hayan estudiado las diferentes opciones que se presentaron y se haya escogida la mejor para el proyecto, de tal forma que la opción tomada sea la mejor decisión para la consecución final del proyecto.

Adicionalmente a todos estos beneficios, las Opciones Reales respaldan el proceso de creación de estrategias por medio de los siguientes puntos:

- La forma de ver las cosas desde el punto de vista de las Opciones Reales. Este punto de vista amplía la visión y las alternativas consideradas en la creación de una estrategia.
- El conjunto de herramientas que acompañan las Opciones Reales traduce la visión estratégica en un plan de inversión táctico.

Estos puntos descritos por los autores toman mayor sentido cuando se profundiza en ellos y se especifica porque respaldan el proceso de creación de una estrategia:

- “Amplía el menú de recursos y alternativas estratégicas evaluadas. Las opciones y valores se pueden obtener internamente o mediante contratos realizados en los mercados financieros y de productos.
- Amplía el rango de mercados evaluados. Los mercados están relacionados y el conjunto de instrumentos de Opciones Reales resalta estas relaciones.
- Aclara el riesgo de las alternativas estratégicas. La estrategia empresarial debe estar en consonancia con la tolerancia empresarial del riesgo.
- Proporciona comparaciones de proyectos internos, contratos y transacciones del mercado del tipo “manzanas con manzanas”. Las valoraciones corresponden con los mercados financieros, permite comparar distintas oportunidades de inversión, qué se gana y qué se pierde con cada una de ellas.
- Aclara el valor y el riesgo de los contratos. Las Opciones Reales refuerzan los acuerdos vinculando las especificaciones y condiciones a la configuración de activos reales para conseguir una implementación con éxito.

- Se concentra en cuestiones adecuadas. Identifica los riesgos y los posibles peligros que acompañan a las complejas oportunidades empresariales contingentes que surgen de los mercados cada vez más cambiantes.
- Reconoce el papel de la suerte. Las Opciones Reales cuentan con instrumentos necesarios para posicionar los activos en el rango de resultados posibles y para separar el papel que juega la suerte del que juegan las decisiones directivas.”¹⁸

Los puntos descritos anteriormente permiten ver que la metodología de las Opciones Reales además de ser un método para valorar opciones de un proyecto como tal, permite tener una visión más clara de todos los factores que hacen parte de un proyecto y en cierta forma los factores que llegan incidir en el día a día de una empresa.

En cuanto al tema estratégico para algunas empresas llega a ser necesario y por que no decirlo imperativo, ya que por el tipo de industria al que pertenecen sus retornos en las inversiones no son lineales o porque para realizar inversiones que generen valor para la empresa solamente los pueden hacer a través de alianzas con otra empresas del sector o mediante la adquisición de licencias. A partir de esta necesidad para algunas industrias, los autores plantean dos puntos complementarios:

- “Las Opciones Reales desarrollan políticas corrientes de generación de activos óptimos basados en información del mercado del producto.

¹⁸ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 98. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- Se pueden usar para ampliar el análisis a los contratos y a otras transacciones que complementen la política corriente, al mismo tiempo que crean valor manejando el riesgo de mercado para los usuarios finales.”¹⁹

A medida que se evoluciona en la implementación de las Opciones Reales y a medida que esta implementación pasa de ser una simple implementación a un “estilo de vida” dentro de los diferentes proyectos que pueda plantearse la compañía; las personas que hagan parte de estos proyectos empezarán a combinar las perspectivas externas e internas que los rodean de tal forma que paulatinamente irán adquiriendo nuevas habilidades para la evaluación de diversas alternativas estratégicas.

Igualmente podrán tener la suficiente claridad para determinar la flexibilidad que deberán tener en la implementación de la estrategia, basados en el entorno que les rodea.

¹⁹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 101. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

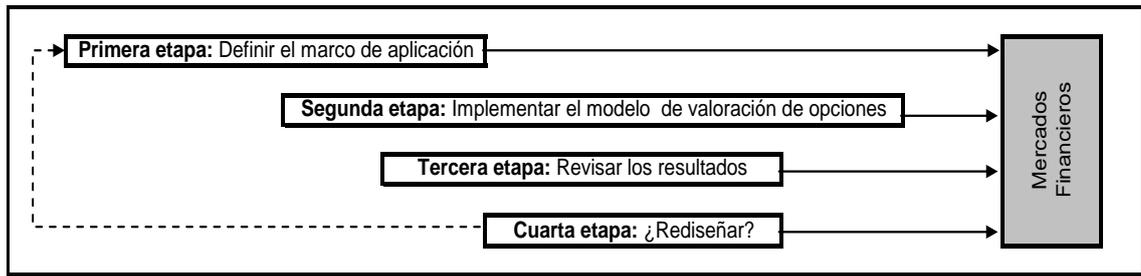
2. PROCESO DE SOLUCIÓN DE LAS OPCIONES REALES

Durante este capítulo se describirá la forma en la que los autores pasan de la teoría expuesta en el capítulo anterior a la práctica; es decir se dejan de lado las descripciones y las comparaciones con otras metodologías para ver cómo se trabaja con las Opciones Reales en la vida real y así lograr un acercamiento con lo que un empresario debe hacer cuando decide utilizar esta metodología en su próximo proyecto de inversión.

2.1 PRINCIPALES INDICACIONES O PAUTAS A SEGUIR PARA SU VALORACIÓN

Los planteamientos de los autores se basan en cuatro etapas que permiten la implementación de las Opciones Reales de una organización que tenga proyectos que impliquen inversiones. Estas etapas son las que logran el desarrollo de una nueva forma de ver las cosas desde el punto de vista de las Opciones Reales. Ver gráfica 2.

Gráfica 2: Etapas de implementación de las Opciones Reales²⁰



2.1.1 Primera etapa: Definir el marco de aplicación.

En Opciones Reales es importante pensar en función del marco de aplicación, teniendo en cuenta las pautas adecuadas; por una parte con el fin de conservar la simplicidad que permita el manejo de la intuición y por otra los beneficios que traen resultados útiles y realistas.

Entre más simple el modelo mejor, ya que los cálculos se facilitarán, las estimaciones y la comprensión del modelo será de fácil entendimiento; mientras que al hacer un modelo demasiado ajustado a la realidad se dificultan estos factores. En conclusión, una mala definición del marco de aplicación, lleva a la implementación errónea de las Opciones Reales.

- **“La decisión:** crear un cuadro de conceptos: ¿cuáles son las decisiones posibles, cuándo hay que tomarlas y quién las va a tomar?

²⁰ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 132. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- **La incertidumbre:** Identificar cómo va a evolucionar cada una de las fuentes de incertidumbre y definir cualquier flujo de caja y/o rentabilidad de conveniencia.
- **La regla de la decisión:** Crear una expresión matemática sencilla.
- **Analizar los mercados financieros:** ¿Cuáles son las fuentes de incertidumbre privadas y cuáles son las de mercado? ¿Existe algún marco de aplicación alternativo que utilice mejor la información del mercado financiero?
- **Revisar la transparencia y la simplicidad:** ¿Quién va a entender este marco de aplicación? ¿Los directivos que ya toman actualmente este tipo de decisiones? ¿Un analista del sector? ¿Su jefe?”²¹

a. La decisión.

En el momento de la toma de la decisión debe existir una mezcla de autoridad y de conocimiento por parte de la persona que la toma; es decir por una parte esta el directivo con la experiencia suficiente y la intuición precisa para saber qué decisiones tomar y en qué momento; y por otra, el analista que está encargado del proceso de implementación. En otras palabras, se debe lograr el equilibrio ente los responsables del proyecto y los encargados de la toma de decisiones en la empresa.

Durante la definición del marco debe quedar por escrito:

- Definición clara de cual es la decisión contingente
- Variables que desencadenan la decisión

²¹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 133. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- Cual es la autoridad que la ejecuta

La mayoría de las veces se presentan “Opciones Complejas”, es decir Opciones Reales que contienen una combinación de opciones que se estructuran de forma escalonada o de forma secuencial. Para este tipo de opciones se debe descomponer la opción compleja en opciones más sencillas, con el fin de que la valoración de la opción compleja sea más sencilla, permitiendo el uso de la intuición dentro de la decisión tomada.

b. La incertidumbre.

“Para establecer la(s) fuente(s) de incertidumbre en una aplicación de Opciones Reales hay que tener un buen conocimiento de la argumentación relativa a la valoración de opciones y de la elaboración de criterios. Por lo tanto se deben identificar y estructurar las fuentes de incertidumbre que les afectan”²²

Riesgo privado

Como se mencionó anteriormente, el riesgo privado se presenta dentro de la aplicación de las Opciones Reales, el cual varía con el paso del tiempo (aumentando o disminuyendo según la situación).

²² “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 135. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Es necesario que el riesgo privado sea especificado de forma minuciosa, de tal forma que al conocerlo con mucho detalle (forma y orígenes) se obtengan mejores resultados. Al conocer todas las fuentes de riesgo privado, se pueden elegir las más relevantes y aquellas que afectan las decisiones finales.

Nota: poner atención a las “mermas” de valor, las modificaciones y los ajustes al modelo de valoración.

c. La regla de la decisión.

La regla de la decisión se refiere a preguntas más específicas: ¿De qué depende realmente la decisión? La respuesta es: se toma la decisión cuando los beneficios variables son mayores a los costos variables. También en este punto se plantean preguntas como ¿Qué hay que hacer para tomar una decisión? ¿Qué se puede ignorar para tomar una decisión, pero no para tomar otra?

d. Observar los mercados financieros.

Este punto se refiere a la forma como el activo subyacente capta los riesgos clave que afectan el valor de la opción basándose en los valores de los mercado financieros.

e. Revisar la transparencia y la simplicidad.

El último punto de la primera etapa hace énfasis en la simplicidad y la claridad que debe tener el modelo con el fin de conseguir los resultados deseados, entre más complicado el modelo, la aplicación del mismo será complicada (por tiempo, aceptación del modelo dentro de un grupo de trabajo, etc.)

2.1.2 Segunda etapa: Implementar el modelo de valoración de opciones.

La segunda etapa está compuesta por dos pasos básicos:

- Establecer los inputs
- Valorar la opción con una “calculadora de opciones”

a. Establecer los inputs.

Dentro de los modelos de valoración de Opciones Reales se manejan los siguientes inputs:

- El valor actual del activo subyacente: “es el tamaño de los títulos utilizados para seguir la trayectoria del activo subyacente”²³
- La pérdida de valor que surge entre puntos de decisión.
- La volatilidad del activo subyacente (riesgo de mercado): “se realiza a partir de cálculos estocásticos de datos históricos o el precio de los

²³ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 144. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

contratos de opciones sobre el mismo activo subyacente.”²⁴ Se debe tener en cuenta la volatilidad implícita del precio de la opción y de los otros inputs (En el capítulo 3 de este trabajo se tratará nuevamente el tema de la volatilidad planteado por el autor).

- Riesgo privado: “Se refiere a la estimación del rango de incertidumbre en relación al valor en que se basan los datos históricos, información actual, estimaciones de ingeniería, etc.”²⁵
- Tasa de rentabilidad libre de riesgo: “En Opciones Reales el tipo libre de riesgo es la recuperación de la posición de cobertura dentro de un periodo de tiempo corto”²⁶ es decir sólo se usa la tasa de rentabilidad a corto plazo, incluso en el caso de proyectos de larga duración.

b. Valorar la opción con una “calculadora de opciones”.

En este punto de la implementación se suele usar la “calculadora de opciones” por medio de métodos como el binomial y la ecuación Black Scholes lo cual se describirá con mayor detalle en el numeral 2.2

2.1.3 Tercera etapa: revisar los resultados.

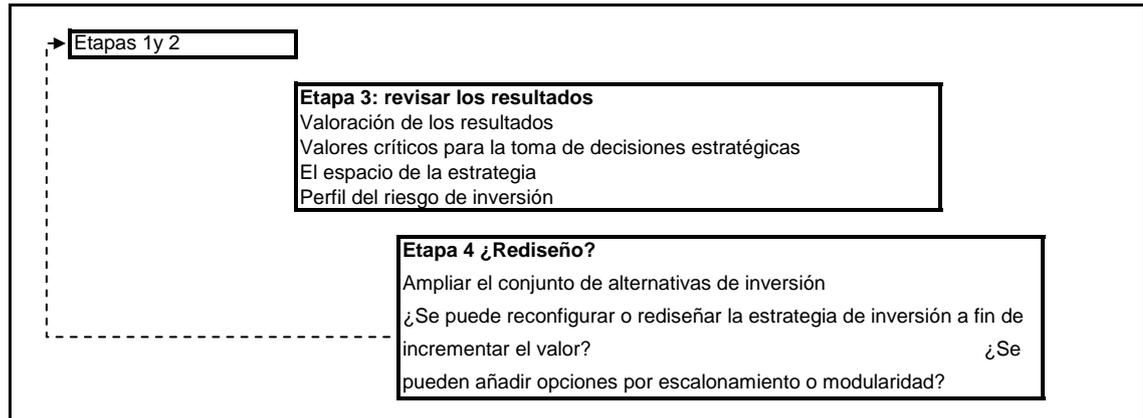
²⁴ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 145. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

²⁵ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 145. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

²⁶ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 145. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Hasta aquí ya se han cubierto las dos primeras etapas de implementación de la metodología expuesta, a continuación las dos etapas finales que representan una retroalimentación a lo hecho anteriormente. Ver gráfica 3.

Gráfica 3: Etapas 3 y 4 en detalle²⁷



Para esta etapa de la implementación se tienen en cuenta:

- Los valores críticos para la toma de decisiones estratégicas. El precio o valor en pesos (o la moneda en que se haga el estudio) del flujo de caja descontado, valor de las opciones y valor del activo subyacente.
- Espacio de la estrategia: es el punto para la toma de decisiones importantes en el proyecto como lo son abandonar, continuar o modificar la inversión.
- Perfil del riesgo de inversión, asignación de probabilidades del cumplimiento de los retornos esperados.

²⁷ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 147. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

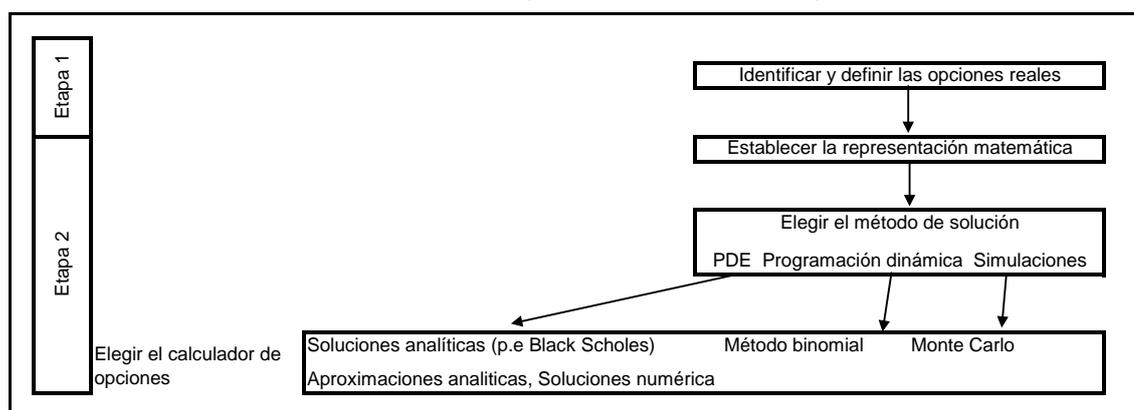
2.1.4 Cuarta etapa: Rediseñar si es necesario.

En este punto se hace el planteamiento sobre ampliar el conjunto de alternativas de inversión, rediseñar la estrategia para aumentar valor o añadir opciones con el fin de ir construyendo opciones complejas a través de escalonamiento o modularidad.

2.2 CÁLCULO DEL VALOR DE LAS OPCIONES

Existen diversos métodos matemáticos con diferentes enfoques que sirven en la valoración de opciones. Si los inputs del modelo y el marco de aplicación definidos son correctos, el resultado será el mismo para cualquier método usado (teniendo en cuenta también la precisión de los cálculos realizados). Por lo tanto, la elección del método de valoración no debe afectar los resultados. Ver gráfica 4.

Gráfica 4: Cuadro resumen para el cálculo de valor de opciones²⁸



²⁸ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 155. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

En esta etapa, el primer paso es establecer el marco matemático, una representación de los procesos estocásticos, las funciones de retorno y las reglas de decisión en términos matemáticos.

Los métodos señalados en la gráfica anterior son²⁹:

- “El método PDE resuelve una ecuación diferencial parcial (Partial Differential Equation, PDE) que iguala el cambio en el valor de la opción al cambio en el valor de la cartera de referencia.
- El método de la programación dinámica define posibles resultados futuros y actualiza el valor de la estrategia futura óptima.
- El método de simulación calcula la media del valor de la estrategia óptima en la fecha de decisión para miles de resultados posibles”

Para cada método de solución hay varias técnicas de computación alternativas (calculadoras de opciones) estas son:

- El modelo binomial: tiene gran flexibilidad y puede usarse en gran cantidad de aplicaciones.

²⁹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 154. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- La solución BS: aplica para menos Opciones Reales, pero cuando aplica da soluciones simples y rápidas.
- Simulación de Montecarlo

2.2.1 Solución PDE.

Consiste en una ecuación diferencial parcial y unas condiciones particulares. Estas condiciones particulares especifican la opción que se va a valorar, su valor en determinados puntos y su valor en los extremos.

La solución analítica más típica a una PDE junto al grupo de condiciones particulares que define una opción de compra europea es la ecuación BS.

El usuario de Opciones Reales no debe esperar obtener una solución analítica por cada aplicación, en realidad se trata de ver si existe una solución estándar disponible.

Las soluciones numéricas se utilizan para resolver los PDE cuando es posible obtener una solución analítica y se basan en la transformación de la PDE en una serie de ecuaciones que se deben mantener durante unos breves intervalos de tiempo.

Ventajas:

- Para soluciones numéricas hay mucho software disponible y los algoritmos son bastante rápidos.

Desventajas:

- La complejidad del cálculo aumenta a medida que aumenta la incertidumbre.
- La estructura de la decisión en una solución numérica es difícil de seguir a través de la toma de decisiones contingentes.

2.2.2 Programación dinámica.

Este método resuelve el problema de cómo tomar decisiones óptimas cuando la decisión actual afecta a retornos futuros, es decir recoge valores posibles del activo subyacente a lo largo de la vida de la opción y después actualiza el valor futuro de la decisión óptima.

Este método utiliza el principio de Bellman: “una vez elegida la estrategia inicial, la estrategia óptima en el periodo siguiente es aquella estrategia que se elegiría si todo el análisis fuera a comenzar en dicho periodo”.³⁰

La solución resuelve el problema de la estrategia óptima retrocediendo en el tiempo de una forma recursiva, actualizando los valores y los flujos de caja futuros y considerándolos en la decisión actual.

Ventajas:

- Maneja varias especificaciones de los activos reales y las Opciones Reales de un modo transparente.

³⁰ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 156. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- Los valores de las decisiones intermedias son visibles, lo cual permite desarrollar una intuición más firme en relación a las fuentes de valor de las opciones.

Desventajas:

- Maneja estructuras de decisión complejas, relaciones complejas entre el valor del activo subyacente y formas de pérdidas complicadas, como los que varían con el tiempo y con el valor del activo subyacente.

Las ventajas descritas están presentes en el modelo binomial, por lo tanto este será la mejor elección a la hora de elegir un calculador de opciones.

Nota:

- *El modelo binomial se basa en la evolución del valor del activo subyacente, en cada periodo de tiempo, el activo subyacente puede tomar uno o dos valores posibles (ya sea mayor al inicial o menor).*
- *Recordar que para las opciones europeas se recomienda BS, mientras que para las opciones americanas se recomienda el modelo binomial; esto se debe a las características propias de cada modelo y de cada tipo de opción.*
- *La opción europea es aquella que sólo se puede ejercer al final del periodo pactado y la opción americana se puede ejercer en cualquier momento hasta el momento del vencimiento de la opción o solamente hasta el momento del vencimiento de la opción.*

2.2.3 Modelos de simulación.³¹

Los modelos de simulación comprenden las posibles trayectorias de evolución del activo subyacente de la opción, desde el momento presente hasta la fecha de la decisión final. Utiliza como calculador de opciones el método de simulación de Montecarlo, al final de cada trayectoria se determina la estrategia de inversión óptima y se calcula el retorno. El valor actual de la opción se calcula a partir de la medida de dichos retornos y actualizando después el valor de esa medida al momento presente.

Ventajas:

- Puede manejar aplicaciones del mundo real.
- La incorporación de una nueva fuente de incertidumbre en un análisis de simulación es menos costosa que en el caso de otros modelos numéricos.
- Puede resolver opciones que dependen de la trayectoria.

2.3 ECUACIÓN DE BLACK SCHOLES

La solución BS requiere de una ecuación y cinco inputs.

$$V = N(d_1) A - N(d_2) X e^{-rT}$$

Definiendo:

³¹ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 157. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

V = Valor actual de una opción

A = Valor actual del activo subyacente

X = Coste de la inversión

r = Tasa de rentabilidad libre de riesgo

T = Tiempo para la expiración

σ = Volatilidad del activo subyacente

N (d₁) y N (d₂) son los valores de la distribución normal en d₁ y d₂

$$d_1 = [\ln (A/X) + (r + 0,5 \sigma^2) T] / \sigma \sqrt{T}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

BS presenta una relación entre seguimiento dinámico de la trayectoria de los valores y la valoración de opciones de indiferencia frente al riesgo.

En esta ecuación el cambio en el valor de la opción debido a un pequeño cambio en el valor del activo subyacente se conoce como Delta, Delta es una medida importante para el seguimiento dinámico de la trayectoria porque cuantifica la sensibilidad que debe tener la cartera de referencia y por lo tanto el número y el tipo de valores para actualizar esta cartera.

$$\Delta = N (d_1)$$

2.4 AJUSTES EN MODELO PARA RECOGER LAS PÉRDIDAS DE VALOR

Durante el proceso de aplicación de las Opciones Reales, los activos reales pierden valor, lo que a su vez hace que se vea afectada la evolución del valor del activo subyacente, afectando de igual modo el valor de la opción y la mejor decisión de inversión del proyecto.

Las pérdidas de valor del activo deben ser tenidas en cuenta explícitamente en el modelo planteado para la aplicación de Opciones Reales. “Esta pérdida se produce porque el tenedor del activo subyacente es el único que obtiene el flujo de caja y/o la rentabilidad de conveniencia del mismo. Para el tenedor del contrato de la opción existe pérdida en el rendimiento de dicho activo subyacente.”³²

Las posibles fuentes de pérdida son³³:

- Flujo de caja explícitos (dividendos, renta, intereses, licencias)
- Flujos de caja negativos explícitos (costos de almacenaje, impuestos, comisiones de licencias/cánones, costos de seguros, etc.)
- Beneficios implícitos (rentabilidades de conveniencia)

Como se presentan estas pérdidas de valor se debe llevar a cabo una nueva valoración de opciones, teniendo en cuenta esta pérdida, de lo contrario la valoración actual no será correcta.

³² “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 177. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

³³ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 177. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Nota: recordar que todos los activos reales tienen flujos de caja (positivos o negativos) independiente de las situaciones que este presente.

2.4.1 Concepto de rentabilidad de conveniencia.

“El valor de conveniencia procede de la capacidad de almacenar un producto básico y venderlo voluntariamente en el mercado al contado. El tipo al que se acumula el valor de conveniencia se conoce como rentabilidad de conveniencia y se expresa como un porcentaje del valor del activo subyacente”.³⁴

El valor de conveniencia es la razón por la cual las empresas conservan su inventario, incluso cuando los rendimientos son bajos o negativos.

En conclusión la rentabilidad de mantener el producto básico, descontando los costos de almacenaje es la rentabilidad de conveniencia. Si los inventarios son importantes y hay pocas posibilidades de reducirlos, la rentabilidad de conveniencia será baja. Si los participantes en el mercado anticipan reducciones de inventario, la rentabilidad de conveniencia será elevada. Por ejemplo en un periodo frío inesperado (en una época diferente a invierno), sube el precio del combustible y su rentabilidad de conveniencia.

³⁴ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 181. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

2.4.2 Para tener en cuenta cuando se deban recoger las pérdidas de valor.

A continuación se mencionan puntos que se deben tener en cuenta cuando se presenten las pérdidas de valor:

- Cuando se presenten pérdidas de valor, se debe realizar un ajuste a la cartera de referencia que permita continuar con el seguimiento de la opción.
- Cuando se debe ajustar el modelo, se debe hacer un trade-off entre precisión en la valoración y la complejidad del modelo.
- Puedo tener una valoración inicial con Black Scholes, pero en el ajuste puedo valorar con el modelo binomial.
- Se debe tener en cuenta el calendario de pagos en efectivo que haga la organización, ya que este afecta la valoración inicial realizada. Por lo tanto se debe mirar la valoración para cada uno de estos pagos.
- Existen pérdidas constantes dentro de algunos modelos, por lo tanto se debe hacer constante el uso de rentabilidades de conveniencia.
- Se pueden presentar pérdidas que cambian con el tiempo o el valor del activo subyacente, esto se presenta cuando las rentabilidades de conveniencia siguen trayectorias estacionales.
- Black Scholes no sirve para valorar opciones con rentabilidades de conveniencia con trayectoria estacional, en este caso se debe usar el

modelo binomial de valoración, ya que en este modelo la rentabilidad del activo subyacente es independiente de su valor.

- Omitir ajustes puede llevar a la subvaloración de una opción y por consiguiente a la toma errada de decisiones de inversión.

3. MANEJO DE LA VOLATILIDAD DENTRO DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se desarrollará la forma como los autores hacen referencia a la volatilidad, la cual es de gran relevancia en el cálculo del valor de una opción financiera o real.

3.1 ORIGEN Y GENERALIDADES

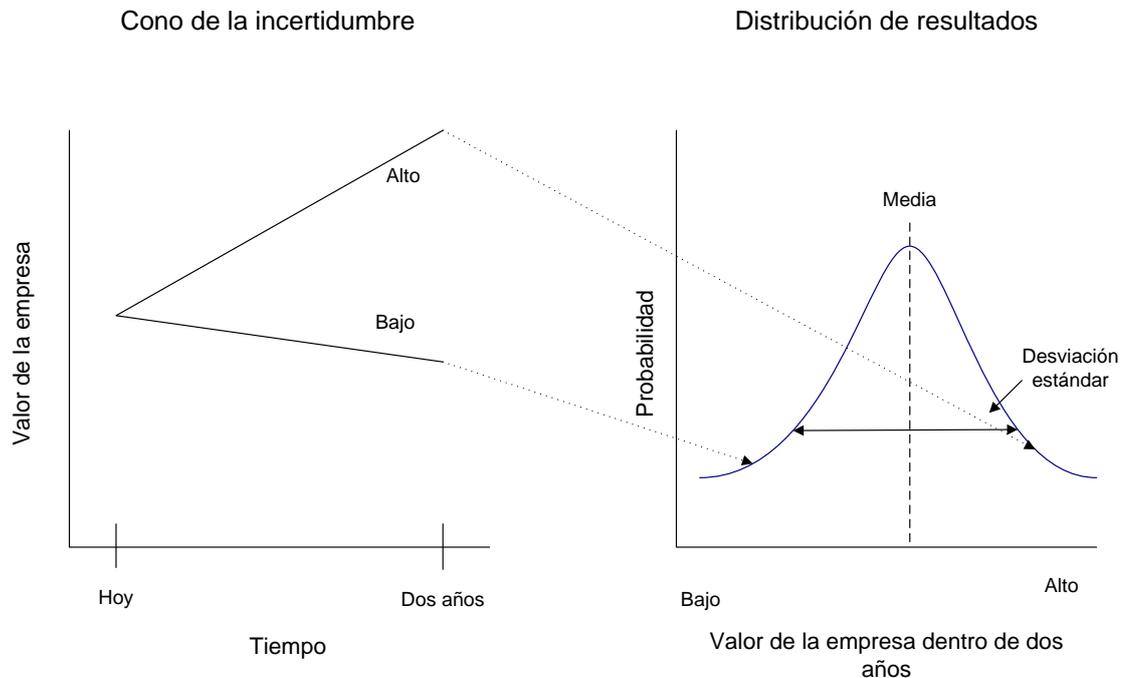
Como ya se mencionó anteriormente la incertidumbre es algo implícito en cualquier tipo de opción, esta incertidumbre debe ser manejada de tal forma que sea explícita dentro del proyecto, tanto sus fuentes como su impacto en el desarrollo del mismo.

Adicionalmente se hizo referencia a la relación existente entre el tiempo y la incertidumbre; lo que permite concluir que los procesos de valoración para una Opción Real y su posterior proceso de toma de decisión se concentran en la volatilidad, la cual es la cuantificación de la incertidumbre.

A partir de esta afirmación los autores plantean el cono de la incertidumbre; en el cual se presentan los posibles rendimientos de una opción ya sean altos o bajos. El cono de la incertidumbre a su vez se refleja en la distribución de resultados. “El valor esperado al final de cierto tiempo se calcula por la media

de la distribución y su desviación estándar³⁵. En conclusión la desviación estándar de la tasa de rentabilidad esperada representa la volatilidad.

Gráfica 5: Dos puntos de vista de la resolución de la incertidumbre³⁶



Otro punto importante a tener en cuenta es que cuando la volatilidad es elevada, la distribución de resultados es más amplia³⁷, lo que permite concluir que un nivel superior de volatilidad se refleja en un valor superior de la opción. En conclusión a mayor volatilidad, mayor incertidumbre y mayor valor de la opción. Recordar que este razonamiento aplica en el análisis de Opciones

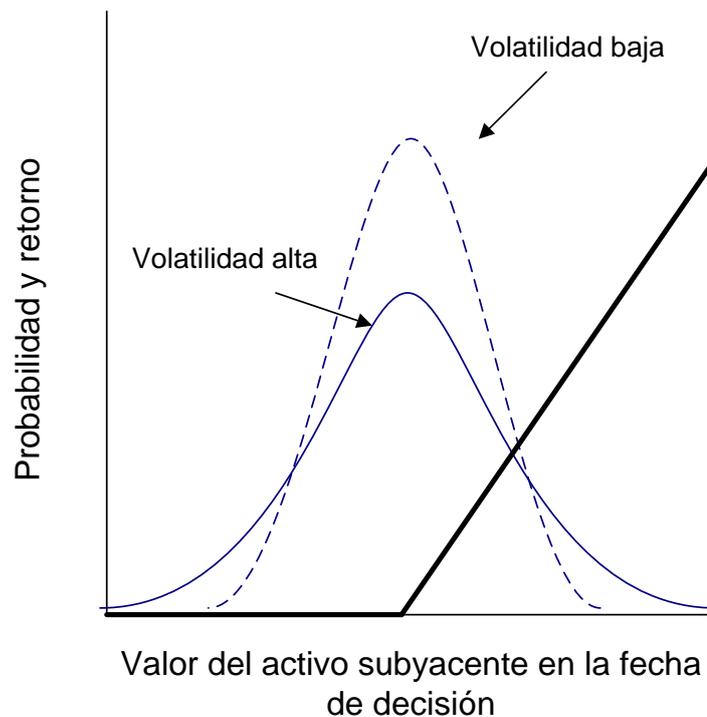
³⁵ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 39. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

³⁶ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 39. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

³⁷ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 64. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Reales, en las opciones convencionales a mayor incertidumbre, menor valor de la opción.

Gráfica 6: Distribución de resultados y la función de retorno³⁸



Adicionalmente a lo planteado, el hecho de que la volatilidad aumente la probabilidad de cualquier resultado (bueno o malo) confirma su relación con el valor de la opción. En otras palabras, una mayor volatilidad aumenta la probabilidad de un mal resultado, pero limitando las pérdidas; sin embargo la volatilidad también aumenta la probabilidad de un mejor resultado, creando valor, siendo este último el objetivo final de un proyecto y de la empresa que lo lleva a cabo.

³⁸ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 64. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

3.2 LA VOLATILIDAD DENTRO DE BLACK SCHOLES

Al ser la volatilidad tan relevante dentro de las Opciones Reales, es obvio que haga parte de la ecuación de Black Scholes (una de las metodologías señaladas para la valoración de Opciones Reales).

La fórmula de Black Scholes definirá la evolución del valor de la opción en términos del valor del activo subyacente, la tasa de rentabilidad libre de riesgo y la volatilidad. Por supuesto no se puede olvidar que también están el tiempo y el costo de la opción.

Es necesario mencionar que la volatilidad tiene una particularidad que la diferencia de las demás variables que hacen parte de la ecuación de Black Scholes; la cual es que por lo general es el único input estimado dentro de los inputs de la valoración, pero a medida que pasa el tiempo se convierte en la variable más estable.

3.3 MEDICIÓN DE LA VOLATILIDAD

La volatilidad tiene dos formas de ser medida:

Para los activos reales, se estima la volatilidad mediante un cálculo estadístico a partir de datos históricos, para lo cual los autores plantean las siguientes consideraciones:

- “La estimación será más precisa cuanto más datos se utilicen, pero la volatilidad real puede ir cambiando lentamente con el transcurso del

tiempo, por lo que puede que el pasado lejano no sea una buena predicción del futuro.

- Como mínimo, el periodo de tiempo histórico debería ser tan largo como el plazo de vencimiento de la acción. De este modo se recogerán los movimientos poco frecuentes pero importantes del activo subyacente. (Para opciones que tienen como activo de referencia el valor de la acción de empresas del sector en bolsa)
- La volatilidad se mide por periodos, se puede medir por semana o por mes y pueden haber ocasiones en que haya que convertir una estimación en una frecuencia diferente³⁹.

A continuación se plantea un ejemplo de la volatilidad del precio de la acción de Ecopetrol en el mes de Julio de 2010.

³⁹ "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 146. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

Fecha	Precio Cierre	Ratio de precios Beneficio diario	
		At / At-1	Ln (At / At-1)
01/07/2010	2.735,00		
02/07/2010	2.725,00	0,996	-0,366%
06/07/2010	2.755,00	1,011	1,095%
07/07/2010	2.765,00	1,004	0,362%
08/07/2010	2.795,00	1,011	1,079%
09/07/2010	2.825,00	1,011	1,068%
12/07/2010	2.850,00	1,009	0,881%
13/07/2010	2.860,00	1,004	0,350%
14/07/2010	2.930,00	1,024	2,418%
15/07/2010	2.980,00	1,017	1,692%
16/07/2010	2.990,00	1,003	0,335%
19/07/2010	3.005,00	1,005	0,500%
21/07/2010	3.100,00	1,032	3,112%
22/07/2010	3.135,00	1,011	1,123%
23/07/2010	3.085,00	0,984	-1,608%
26/07/2010	3.165,00	1,026	2,560%
27/07/2010	3.130,00	0,989	-1,112%
28/07/2010	3.135,00	1,002	0,160%
29/07/2010	3.095,00	0,987	-1,284%
30/07/2010	3.105,00	1,003	0,323%
Volatilidad mensual			1,255%
Volatilidad anual			4,349%

Como se puede ver en el cuadro anterior la volatilidad mensual se halla mediante la desviación estándar de los logaritmos naturales de cada una de las relaciones existentes entre A_t y A_{t-1} ; por otra parte, la volatilidad anual será el resultado de la multiplicación de la volatilidad mensual por la raíz de 12, que es el número de meses del año.

El otro método existente para la medición de la volatilidad es el uso del precio de los contratos de opciones sobre el mismo activo subyacente. En el libro que analizamos esta metodología es llamada “volatilidad implícita” y es considerada como una previsión del mercado financiero de la volatilidad esperada hasta la fecha de vencimiento de los contratos.

4. BÚSQUEDA DE PETRÓLEO

En este capítulo se describen las opciones relacionadas con los proyectos de búsqueda de petróleo. Aquí se pasa de la teoría planteada por los autores a un ejemplo práctico que permitirá al lector una comprensión más clara de lo que es una Opción Real, las diferentes variables que hacen parte de la misma y como llega a influir en la estrategia de una empresa involucrada con este tipo de proyectos.

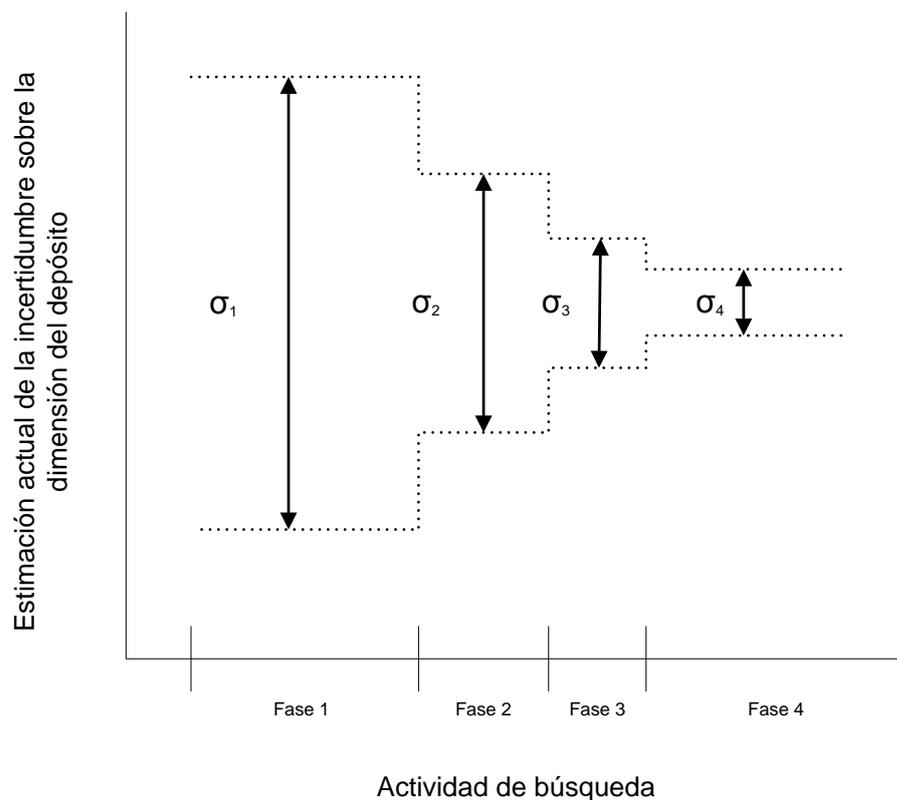
Las opciones de búsqueda de petróleo son generalmente opciones de aprendizaje, las cuales como veremos más adelante están relacionadas con la información que se puede obtener de los estudios realizados previos al desarrollo del proyecto.

Un proyecto de este tipo de industria tiene cuatro fases; en las cuales siempre está presente la incertidumbre; la cual, a su vez se va reduciendo a través de cada una de estas fases. Inicialmente las estimaciones se hacen a partir de datos gubernamentales y mapas, lo que hace que la incertidumbre sea muy grande, ya en una etapa posterior las estimaciones se hacen con mayor seguridad porque se hacen basados en exploración y análisis de datos. La incertidumbre será cada vez menor a medida que las actividades de búsqueda aumenten ya que permitirán dar más certeza a las estimaciones realizadas. (Ver gráfico 7)

Ante esta situación presentada en este tipo de proyectos los autores hacen el siguiente planteamiento:

“La opción de seguir explorando se ejercerá si las estimaciones revisadas son lo suficientemente buenas, teniendo en cuenta la reducción de la incertidumbre con respecto a su valor”⁴⁰

Gráfica 7: Estructura de una secuencia de inversiones para la búsqueda de petróleo⁴¹



Adicional a la incertidumbre en cada una de las fases, el proyecto presenta opciones en cada una de sus etapas (ver gráfico 8):

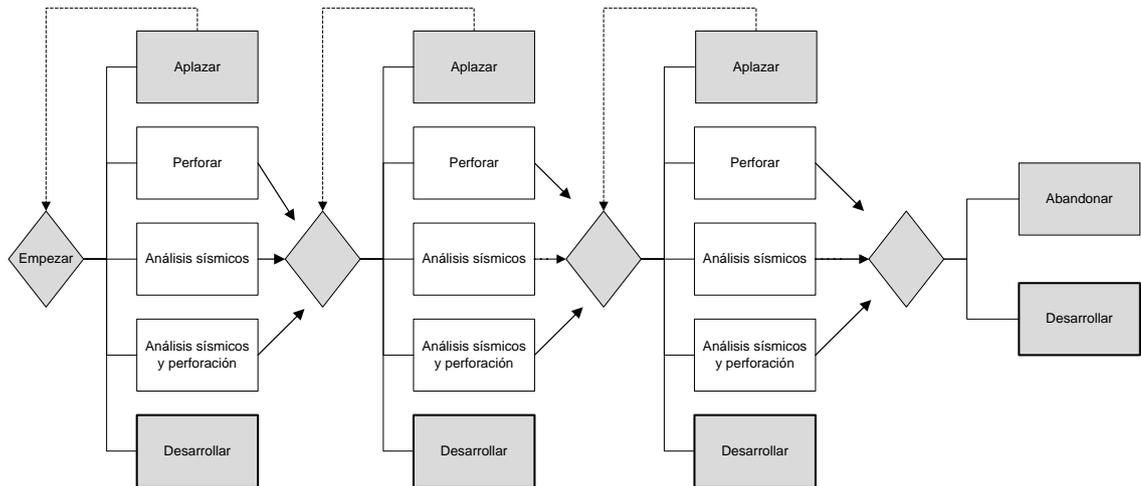
- Aplazar
- Explorar utilizando análisis sísmicos

⁴⁰ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 215. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

⁴¹ “Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto”. Pág. 215. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- Explorar mediante la perforación
- Explorar mediante análisis sísmico y perforaciones a la vez
- Desarrollar inmediatamente

Gráfica 8: Esquema de una decisión de búsqueda de petróleo⁴²



La elección de cada una de estas opciones depende de la calidad de información que posea la empresa encargada del proyecto, el riesgo que desean asumir basado en su experiencia y en el contexto en el que se presente la opción; sin embargo más allá de estas consideraciones la decisión de tomar una opción u otra depende más de la estrategia planteada por la empresa. Es decir, que en cada una de las fases del proyecto se tendrán en cuenta la información, el riesgo y el entorno como tal, pero la estrategia de la empresa será un factor determinante en el momento de la toma de decisiones en cada una de las fases.

Con el fin de aclarar los factores nombrados anteriormente que definen la decisión que se llevará a cabo, a continuación se describen cada uno de ellos.

⁴² "Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Pág. 216. Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).

- La incertidumbre se relaciona con los precios del crudo y el tamaño del depósito.

En cuanto a las dimensiones del yacimiento, la incertidumbre se resuelve antes del inicio de la producción mediante las actividades de exploración y desarrollo. Por una parte la exploración determina si hay o no petróleo y a su vez proporciona datos que permiten estimar la dimensión del yacimiento; por otra, las actividades de desarrollo proporcionan datos que permitan mejorar la estimación y crear la infraestructura necesaria para la producción.

- El riesgo se relaciona con la baja probabilidad de éxito de la exploración, ya que la misma de encontrar petróleo es de apenas 10%; por otra parte un terreno inexplorado no llega a producir hasta después de seis a quince años. Estas cifras están acompañadas del hecho de que este tipo de proyectos implican altas cantidades de dinero tanto en la etapa de exploración como en el desarrollo del proyecto como tal.
- El contexto en el que se presenta la opción se refiere a los precios del crudo en el momento de la toma de decisión, a la situación de la empresa y la industria de la que hace parte.

Es importante resaltar que la opción de abandonar es tenida en cuenta únicamente en la última fase del proyecto, porque siempre existe la probabilidad de que se produzca un aumento en el precio del crudo. Mientras que la opción de aplazar es la que se presenta más frecuentemente cuando los precios del crudo no están bien y no vale la pena invertir en este producto.

La decisión final se toma teniendo en cuenta la valoración del yacimiento y la estrategia de exploración. La estrategia tomada será aquella que genere el valor más elevado del yacimiento, teniendo en cuenta cada una de las opciones presentadas y los factores asociados a cada una de estas opciones.

Con la información anteriormente descrita, se confirma que las opciones planteadas para este tipo de industrias son en su mayoría de aprendizaje, por esta razón el resultado final en estos proyectos de búsquedas de petróleo, los cuales incluyen estudios previos, se relacionan con el valor de la información. En otras palabras, el valor de la información obtenida se refiere a cuánto estaría dispuesta a pagar un empresa petrolera por información que les ayude a solucionar incertidumbres relacionadas con el tamaño de un depósito o con la probabilidad de éxito de la exploración.

5. CONCLUSIONES

Después de estudiar la teoría de la metodología de las Opciones Reales y un poco de su aplicación según el ejemplo descrito en el capítulo 4, se pueden hacer una serie de conclusiones.

- La metodología de las Opciones Reales hace que un proyecto de inversión sea manejado con flexibilidad, es decir que al tener decisiones contingentes como parte de su estructura permite que las decisiones a través del tiempo puedan ser cambiantes dependiendo del entorno presentado en determinado momento de la vida del proyecto.

- Así mismo esta metodología tiene características que la diferencian de otras metodologías de valoración; las cuales dan un valor agregado a la hora de tomar decisiones, estas características son:
 - Reducción de la subjetividad en el análisis de la opción (no se puede hablar de eliminación de la subjetividad, porque en todo proyecto independientemente de la metodología usada, siempre existirá la presencia, aunque mínima, de la subjetividad). Esta reducción de la subjetividad se da por el uso de herramientas cuantitativas, las cuales se relacionan con la referencia constante que existe con los precios manejados en los mercados financieros.

 - Conocimiento explícito de la incertidumbre, considerando su origen, trayectoria y evolución; de tal forma que en todo momento se tenga claro como manejarla.

 - Facilidad para identificar los riesgos que hacen parte del proyecto. Al conocer todo aquello que representa un riesgo, independiente

de su naturaleza, se puede saber la forma de mitigarlos o la forma de estar preparado para su manejo en determinadas situaciones.

Todas estas características permiten que las Opciones Reales sean una metodología que se adapta a cualquier tipo de industria en cualquier tipo de mercado.

- Para los autores la metodología de valoración que mejor se ajusta a lo que son las Opciones Reales es la ecuación de Black Merton Scholes, ya que esta ecuación tiene en cuenta los mismos factores que tienen en cuenta las Opciones Reales, es decir tiene en cuenta la volatilidad y el riesgo, dejando claro que no hay posibilidad de arbitraje permitiendo a su vez el seguimiento dinámico a través de las fluctuaciones del activo subyacente.
- Las Opciones Reales amplían la visión desde el punto de vista estratégico, es decir que permite tener una visión más amplia del entorno y de las opciones que hacen parte de un proyecto, permitiendo tomar mejores decisiones y generar valor a la inversión realizada relacionando la inversión estratégica con el diseño de planes de inversión tácticos.
- La aplicación de la metodología de las Opciones Reales a través de los cuatro pasos descritos por los autores, muestran que existe un ciclo constante durante su aplicación; en otras palabras es claro que la aplicación se basa en DEFINIR-IMPLEMENTAR-REVISAR-REDISEÑAR (cuando es necesario) siempre teniendo como referencia los mercados financieros.
- La volatilidad es un factor preponderante dentro de las Opciones Reales, ya que es la cuantificación de la incertidumbre, la cual como se mencionó anteriormente se debe manejar de forma explícita. La volatilidad aclara porque en las Opciones Reales a mayor incertidumbre, mayor valor de la opción; esto es porque la volatilidad está relacionada

con la distribución de resultados de la opción, por lo tanto si la volatilidad es alta la distribución de resultados se amplía.

Adicional a las conclusiones mencionadas anteriormente, las cuales se hicieron desde un punto de vista netamente teórico, a continuación se plantean conclusiones desde el punto de vista de la estrategia:

- Las Opciones Reales se pueden aplicar en todos los campos de la vida de una persona; en el campo profesional, familiar, personal, educativo, etc. En otras palabras las Opciones Reales nos abren la perspectiva de las situaciones que vivimos día a día, permitiéndonos tener en cuenta las opciones que se nos presentan en cualquier actividad que realicemos y en cualquier proyecto que emprendamos.

Al tener una nueva visión en cada situación puedo llegar a estudiar las diferentes opciones que se presentan, conociendo sus pros y sus contras para finalmente escoger o desechar una opción presentada.

El punto es hacer un análisis completo (conocer todas mis opciones), objetivo (saber cual es la mejor opción para mi proyecto independiente de su naturaleza) y flexible (poder cambiar la decisión de un proyecto basado en el contexto en el que se me presente una opción) de estas opciones.

- En mi opinión esta metodología es una muy buena herramienta para el desarrollo de los diferentes proyectos que se desarrollan en una organización. Por esta razón debería ser tenida en cuenta en muchos tipos de industrias, aprovechando la capacidad de adaptación que tienen las Opciones Reales a diferentes tipos de proyectos; con el fin de realizar mejores procesos de toma de decisiones basados en las situaciones que se van presentando durante la vida del proyecto y no sobre supuestos planteados al inicio de cada uno de estos.

Adicionalmente las Opciones Reales al ser flexibles en cuanto al rumbo que toman las decisiones en un proyecto, hacen que en cada una de sus etapas estén alineadas las decisiones tomadas con la estrategia de la empresa, logrando generar valor al proyecto y por ende a la empresa que es lo que espera la gerencia siempre que inicia un proyecto.

Finalmente esta metodología debería ser tenida en cuenta de forma masiva a nivel local, ya que en las industrias del extranjero en las que ha sido implementada ha arrojado resultados positivos.

No.	VARIABLES	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE
1	NOMBRE DEL POSTGRADO	Especialización en Finanzas y Mercado de Capitales
2	TÍTULO DEL PROYECTO	Proyecto especial: Proyecto institucional de evaluación de proyectos a través de Opciones Reales.
3	AUTOR(es)	Rodríguez Alea Fabián
4	AÑO Y MES	2010 - Septiembre
5	NOMBRE DEL ASESOR(a)	Pedro Angel
6	DESCRIPCIÓN O ABSTRACT	<p>Las Opciones Reales tienen características claves que las identifican:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Está basada en decisiones contingentes: El retorno de la opción cambia en función de la decisión. • El método de las Opciones Reales se puede usar para diseñar y gestionar activamente las inversiones estratégicas. Aquí: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Se identifican y valoran opciones ▣ Se rediseñan inversiones con el fin de dar un mejor uso a las opciones ▣ Se realiza una gestión activa de la inversión a través de las opciones creadas <p>El proceso de solución de Opciones Reales contiene cuatro etapas que son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el marco de aplicación 2. Implementar el modelo de valoración de opciones 3. Revisar los resultados 4. Rediseñar si es necesario <p>Abstract</p> <p>The Real Options have key characteristics that identified this methodology:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Is based in contingency decisions: the return of the option change in function of the decision. • The Real Options method could be used to design and process actively the strategic investments. Here: <ul style="list-style-type: none"> o Options are identified and valued o Investments are re-designed in order to give a better use of the options. o An active investment administration is done by the created options <p>The solution process of the Real Options contains four steps that are:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. To define the application frame 2. To implement the options valuation model 3. To review the results 4. To re-design, if necessary.
7	PALABRAS CLAVES O DESCRIPTORES	Opciones, Reales, Estrategia, Incertidumbre, Riesgo, Volatilidad, Metodología, Black, Scholes.
8	SECTOR ECONÓMICO AL QUE PERTENECE EL PROYECTO	Sector Financiero
9	TIPO DE INVESTIGACIÓN	Investigación aplicada a los conceptos planteados por los autores del libro estudiado.
10	OBJETIVO GENERAL	Leer el libro libro Opciones Reales: Evaluación de inversiones en un mundo incierto de los autores Martha Amram y Nalin Kulatilaka

11	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explicar que son las Opciones Reales según lo planteado por los autores. 2. Realizar un resumen de los postulados planteados por los autores Martha Amram y Nalin Kulatilaka en su libro Opciones Reales: Evaluación de inversiones en un mundo incierto. 3. Dar una explicación de cómo es manejada la volatilidad de las Opciones Reales según los autores del libro. 4. Explicar el ejemplo de excavación de nuevos pozos petroleros descrito en el libro Opciones Reales: Evaluación de inversiones en un mundo incierto.
12	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	Opciones reales; Evaluación de inversiones en un mundo incierto". Martha Amram y Nalin Kulatilaka (2000).
13	RESUMEN O CONTENIDO	<p>Las Opciones Reales tienen características claves que las identifican:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Está basada en decisiones contingentes: El retorno de la opción cambia en función de la decisión. • El método de las Opciones Reales se puede usar para diseñar y gestionar activamente las inversiones estratégicas. Aquí: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Se identifican y valoran opciones ▣ Se rediseñan inversiones con el fin de dar un mejor uso a las opciones ▣ Se realiza una gestión activa de la inversión a través de las opciones creadas <p>El proceso de solución de Opciones Reales contiene cuatro etapas que son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el marco de aplicación 2. Implementar el modelo de valoración de opciones 3. Revisar los resultados 4. Rediseñar si es necesario
14	METODOLOGÍA	La metodología utilizada fue la lectura del libro definido por el asesor del trabajo, luego se extrajo en un documento el aporte de los autores a la teoría de las Opciones Reales de tal forma que se resaltarán sus puntos de vista frente a esta metodología.
15	CONCLUSIONES	<ul style="list-style-type: none"> • La metodología de las Opciones Reales hace que un proyecto de inversión sea manejado con flexibilidad. • Para los autores la metodología de valoración que mejor se ajusta a lo que son las Opciones Reales es la ecuación de Black Merton Scholes, ya que esta ecuación tiene en cuenta los mismos factores que tienen en cuenta las Opciones Reales. • Las Opciones Reales amplían la visión desde el punto de vista estratégico. • La volatilidad es un factor preponderante dentro de las Opciones Reales, ya que es la cuantificación de la incertidumbre.
16	RECOMENDACIONES	
*	CÓDIGO DE LA BIBLIOTECA	