

TESIS  
3974

# OPCIONES REALES

*“Cómo evaluar negocios en un mundo  
incierto y valorar apropiadamente la  
flexibilidad”*



Tutoría: Lic. María Cristina Defrieri  
**Maestría en Finanzas**  
**Universidad del Salvador**

**Ing. Eduardo Boschero**

**Diciembre, 2001.**

<b>OPCIONES REALES.....</b>	<b>3</b>
<b>Conceptos Preliminares.....</b>	<b>8</b>
Definiciones .....	8
Irreversibilidad .....	10
Incertidumbre .....	12
Los Dos Lados de la Incertidumbre y los efectos de Asimetría.....	13
Incertidumbre Económica e Incertidumbre Técnica .....	15
Incertidumbre Técnica y Dinámica de Información.....	18
Incertidumbre y Hedging.....	20
Analogía con una opción CALL: .....	22
Analogía Dividendo-Ganancia .....	22
GLOSARIO Y DEFINICIONES ADICIONALES.....	24
Grados de Libertad de la Gerencia, Opciones Reales, y Tiempo .....	26
REGLAS DE LA INVERSION: DCF versus Opciones Reales.....	28
<b>TEORIA DE LA VALUACION.....</b>	<b>30</b>
PROPOSICIONES DE MODIGLIANI & MILLER.....	31
<b>EL PROCESO DE SOLUCION DE LAS OPCIONES REALES .....</b>	<b>32</b>
<b>LAS CUATRO ETAPAS DEL PROCESO DE SOLUCION.....</b>	<b>32</b>
<b>PRIMERA ETAPA: Definir el marco de Aplicación.....</b>	<b>34</b>
LA DECISION.....	35
LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE.....	35
RIESGO PRIVADO.....	36
PERDIDA EN LA VALORACION DE ACTIVOS.....	37
<b>LA REGLA DE DECISION.....</b>	<b>38</b>
OBSERVAR LOS MERCADOS FINANCIEROS.....	39
Errores más comunes en la determinación del marco de las aplicaciones.....	40
REVISION DE LA TRANSPARENCIA Y DE LA SIMPLICIDAD.....	41
<b>SEGUNDA ETAPA: Implementar el Modelo de Valoración de Opciones.....</b>	<b>42</b>
ESTABLECER LOS INPUTS .....	42
VALORAR LA OPCION CON UNA "CALCULADORA DE OPCIONES" .....	45
<b>TERCERA ETAPA: Revisar los Resultados .....</b>	<b>46</b>
<b>CUARTA ETAPA: Rediseñar si es necesario.....</b>	<b>49</b>
<b>CALCULO DEL VALOR DE LAS OPCIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>APROXIMACIONES A LAS ESTRUCTURACIONES MATEMATICAS .....</b>	<b>53</b>
.-Soluciones a la PDE (ecuación diferencial parcial) .....	53
.-Modelos de Simulación.....	54
<b>EL MODELO BINOMIAL DE EVALUACION DE OPCIONES .....</b>	<b>56</b>
Representación binomial de la incertidumbre .....	56
Progresar hacia delante.....	62
Determinar la regla de Decisión.....	63
Actualizar los Valores .....	64
Cálculo de las probabilidades de neutralidad frente al riesgo y de las probabilidades reales.....	65
<b>UTILIZACION DE PRECIO DE OPCIONES PARA VALUAR LA FLEXIBILIDAD.....</b>	<b>69</b>
<b>OPCIONES SOBRE ACTIVOS .....</b>	<b>72</b>
COMPARACION DE METODOS DE DECISION .....	73
CLASIFICACION DE ACTIVOS CON OPCIONES .....	83
<b>EJEMPLOS PRACTICOS DE OPCIONES SOBRE ACTIVOS.....</b>	<b>89</b>
EXTRACCION DE HIDROCARBUROS.....	89
ACTIVIDAD MINERA.....	91

INVESTIGACION Y DESARROLLO FARMACEUTICO .....	93
LICENCIA MINERA .....	94
<b>OPCIONES SOBRE PASIVOS .....</b>	<b>95</b>
VALUACION DE UNA EMISION DE DEUDA CALL .....	96
VALUACION DE TITULOS CALL CONVERTIBLES .....	101
El Costo de Capital en Títulos Call Convertibles.....	104
<b>VALUACIONES EN MERCADOS EMERGENTES.....</b>	<b>108</b>
Una simple prima de riesgo no es suficiente .....	110
<i>Conclusiones</i> .....	<i>113</i>
<i>Recomendaciones</i> .....	<i>121</i>
<i>Citas Citables</i> .....	<i>123</i>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>124</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>125</b>



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

# OPCIONES REALES

El objetivo y alcance del trabajo es la presentación y desarrollo de un método de valoración de empresas o de proyectos que proporcionan algún tipo de flexibilidad futura -opciones reales-, que no pueden valorarse correctamente con las técnicas tradicionales de flujos de caja descontado (valor presente neto o tasa interna de retorno). Una opción real está presente en un proyecto de inversión cuando existe alguna posibilidad futura de actuación al conocerse la resolución de alguna incertidumbre actual.

El trabajo está centrado en los tipos de opciones reales asociados a la actividad de producción y exploración de hidrocarburos. Aunque los conceptos y métodos son fácilmente trasladables a otras actividades como concesiones mineras, opciones de posponer la inversión, opciones de ampliar negocios, opciones de abandonar negocios, inversiones en investigación y desarrollo en el área de biotecnología, telecomunicaciones, energías alternativas, etc.

Los estrategas y profesores de empresa han achacado reiteradamente a las finanzas -y a los analistas financieros- la falta de herramientas para valorar las implicaciones estratégicas de los proyectos de inversión y el posicionamiento estratégico de las empresas. Antes de la utilización de la teoría de las opciones, la gran mayoría de nuevas inversiones se ha realizado basándose únicamente en criterios cualitativos de política de empresa. La teoría de las opciones reales ayuda a valorar las oportunidades estratégicas de los proyectos: el análisis cualitativo y estratégico de la política de la empresa, permite tomar decisiones más correctas y racionales sobre el futuro de la empresa.

No considerar las opciones que contiene un proyecto puede llevarnos a subvalorarlo o, en general, a desechar proyectos que deberíamos encarar. Análogamente, si los proyectos considerados contienen opciones que podrían ser ejercidas por terceros (la flexibilidad futura juega en contra nuestra), la no consideración de las opciones que contienen los proyectos nos llevará a realizar inversiones en proyectos que deberíamos rechazar.

Como se demostrará luego, la valoración de opciones reales utilizando las fórmulas desarrolladas para valorar opciones financieras (por ejemplo la fórmula de Black & Scholes) tiene sentido muy pocas veces; es necesario utilizar fórmulas alternativas a las desarrolladas para opciones financieras. La lógica de la valoración de las opciones financieras se basa en el arbitraje: cómo es posible formar una cartera réplica que tendrá idéntica rentabilidad a la opción que tratamos de valorar, entonces (para evitar el arbitraje) la opción ha de tener el mismo valor que la cartera réplica. Si no se puede formar la cartera réplica, el anterior razonamiento no tiene ningún sustento. Las expectativas de revalorización del precio del subyacente de la opción no influyen en el valor de una opción financiera.

Los factores que determinan el valor de una opción financiera son distintos de los que afectan a una opción real. Estas diferencias en los parámetros aparecen en la siguiente tabla:

**Parámetros que influyen en el valor de una opción financiera y de una opción real**

<b>OPCION FINANCIERA</b>	<b>OPCION REAL</b>
Precio del subyacente  Precio de ejercicio Interés sin riesgo  Volatilidad del subyacente  Tiempo hasta el ejercicio  Dividendos	Valor esperado de los flujos  Costo de la inversión Tasa de descuento con riesgo  Volatilidad de los flujos esperados  Tiempo hasta el ejercicio  Mantenimiento de la opción
Su valor no depende de la revalorización esperada del subyacente	Su valor depende de la revalorización esperada de los flujos

A largo del trabajo se argumentan las consideraciones sobre la aplicación práctica de la teoría de opciones al análisis de proyectos de inversión:

- Tasas de interés elevadas suponen elevadas tasas de descuento, reduciendo el valor actual de los flujos de fondos futuros. Sin embargo, las tasas de descuento elevadas también reducen el valor de las opciones reales, especialmente el de las opciones de crecimiento.
- Existen dos tipos de opciones de crecimiento: exclusivas y compartidas. Las primeras son las más valiosas porque proporcionan a su poseedor el derecho exclusivo de ejercerlas.

Estas resultan de patentes, del conocimiento exclusivo del mercado por parte de la empresa o de una tecnología que la competencia no puede imitar. Las opciones de crecimiento compartidas son menos valiosas. Representan oportunidades "colectivas" del sector, como, por ejemplo, la posibilidad de entrar en un mercado no protegido por elevadas barreras o de construir una nueva fábrica para abastecer un particular segmento geográfico del mercado. Los proyectos de reducción de costos son normalmente opciones compartidas, porque normalmente la competencia también puede aprovecharlas.

- Las empresas, al realizar el análisis de proyectos de inversión, deberían clasificar los proyectos de acuerdo a las opciones reales que incluyen. El ranqueo y clasificación según los criterios tradicionales de reposición, reducción de costos, incremento de capacidad, e introducción de nuevos productos, resulta de poca utilidad. Una clasificación más apropiada sería distinguir entre proyectos cuyos beneficios futuros se generan principalmente a través de flujos de caja y aquéllos cuyos beneficios futuros incluyen opciones de posteriores inversiones (opciones reales).
- La empresa debe separar los proyectos que requieren una decisión inmediata sobre la totalidad del proyecto de aquéllos en los que tiene flexibilidad para decidir en el futuro.
- Al considerar las oportunidades de inversión desde el punto de vista de la valoración de opciones, será fácil que los directivos reconozcan que:
  1. El valor actual convencional puede infravalorar determinados proyectos al no tener en cuenta el valor de las opciones presentes en el proyecto;
  2. Se pueden aceptar proyectos con valor actual negativo si el valor de la opción asociada a la flexibilidad futura supera el valor actual de los flujos esperados del proyecto; y

3. La magnitud de la infravaloración y la medida en que los directivos podrían invertir justificadamente más de lo que dictan las reglas convencionales del valor actual se pueden cuantificar mediante la teoría de opciones.
- El marco de las opciones muestra que el valor de la flexibilidad futura de la dirección es mayor en entornos más inciertos. Este valor es mayor en períodos de altas tasas de interés y a medida que la duración de las oportunidades de inversión sea mayor. Por consiguiente, a diferencia de lo que se cree generalmente, a mayor incertidumbre, mayores tasas de interés y horizontes de inversión más lejanos (cuando se puede aplazar una parte de la inversión) no son necesariamente perjudiciales para el valor de una oportunidad de inversión. A pesar de que estas variables reducen el VAN estático de un proyecto, también pueden provocar un aumento del valor de las opciones del proyecto (valor de la flexibilidad del "management"), que pueden contrarrestar el efecto negativo anterior.

Finalmente, se presenta el valor de las opciones con algunos casos prácticos y se describe también que las opciones reales se encuentran en los dos lados del balance. Por ello se detallan las opciones sobre activos y pasivos. Además, el autor consideró oportuno hacer algunos comentarios sobre la valoración del riesgo en mercados emergentes.

# Conceptos Preliminares

## Definiciones

**Inversión:** es el acto de incurrir en un costo inmediato con la expectativa que de un retorno futuro<sup>1</sup>.

Tres características de la inversión son importantes para el desarrollo de la Teoría de Opciones Reales;

- ◆ *Irreversibilidad*
- ◆ *Incertidumbre*
- ◆ *Grados de Libertad para decisiones y Tiempo*

La mayoría de las inversiones son como un opción Call sobre una acción ordinaria, eso da al poseedor el derecho de hacer una inversión y recibir un "proyecto" a cambio. El valor del proyecto fluctúa estocásticamente y la mayoría de las opciones de inversión (u oportunidades de inversión) no son oportunidades "ahora o nunca". Tiene un valor esperar la inversión. Se ejecutará la opción (no la obligación) sólo si el proyecto es atractivo.

Los métodos utilizados para analizar opciones financieras son útiles para interpretar el contexto de las inversiones reales.

## El Retorno de una Inversión.

El retorno de una inversión, como el retorno de una acción, está compuesto de dos partes; ganancias de capital y dividendos. A través del tiempo, el retorno esperado de una inversión es igual a la suma del crecimiento esperado de capital más los dividendos, ver la siguiente ecuación:

$$\mu = \alpha + \delta$$

El retorno esperado se lo descuenta por la tasa de riesgo, calculada mediante un modelo de mercado como el CAPM (Capital Asset Pricing Model). En presencia de flexibilidad en la toma de decisiones, la tasa de descuento varía en el tiempo y el método del flujo de fondos descontado (DCF) se vuelve bastante complejo e inadecuado.



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

---

<sup>1</sup> Dixit & Pindyck, 1994, p.3

## Irreversibilidad

Las inversiones en capacidad productiva son en general, irreversibles; no se puede recuperar todo el dinero invertido si el negocio no fue exitoso. El costo de una inversión es parcial o completamente hundido.

Ejemplos en la industria del Petróleo;

- Completamente hundidos:
  - el costo de perforar un pozo es un costo completamente hundido, ya que el costo de recuperar materiales es mayor o igual que los materiales en sí.
  - si la productividad de un pozo es menor de la esperada o el precio del petróleo cae, nadie devolverá el dinero gastado.
  - el costo de recuperar el material de un oleoducto o gasoducto es mayor que el material en sí.
  
- Parcialmente hundidos:
  - Algunos equipos utilizados en un pozo se pueden adaptar para ser usados en otro pozo.
  - Algunas bombas o compresores utilizados en ciertos procesos se pueden adaptar a otros.

Pero aún en los ejemplos de costos parcialmente hundidos, hay un valor alternativo de material de segunda mano sólo si el problema es técnico (un pozo de baja productividad, se agotan las reservas en un campo, etc).

Si el problema es económico; por ejemplo el efecto de una caída de precios del petróleo afectando a la industria toda, el valor del material recuperado es muy bajo.

Hay otro tipo de equipos con más valor, como generadores eléctricos, camiones, computadoras, etc. Pero si la crisis no es

de una industria específica y el mundo atraviesa una recesión, el valor de los equipamientos se ve afectado por una baja demanda.



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

## Incertidumbre

Repasemos algunos conceptos;

Certeza: "se refiere a situaciones cuando el inversor conoce con probabilidad de 1 (100%) el retorno futuro de su inversión"<sup>2</sup>. Entonces incertidumbre es cuando se puede esperar más de un resultado con probabilidades estrictamente positivas para al menos dos valores posibles.

Se supone que los inversores tienen **expectativas racionales**, o sea que ellos están de acuerdo con el valor de los activos. En otras palabras, ellos tienen *expectativas racionales* con los procesos estocásticos que rigen el valor de los activos. Este es un modelo de equilibrio bajo incertidumbre. Este concepto es más aplicable que el de **expectativas adaptables** partiendo de precios históricos o que el concepto de **expectativas estáticas** que soporta la teoría tradicional de microeconomía de Marshallian. Por este último punto de *expectativas racionales*, su explicación y ejemplos ver Dixit / Pindyck, 1994, pág. 219-221.

El problema es maximizar el valor de la compañía, suponiendo dados los procesos estocásticos, que todos los inversores con *expectativas racionales* acuerden al alcanzar el equilibrio de precios. Aunque algunos autores hacen una distinción teórica entre **riesgo** e **incertidumbre**, en la práctica financiera estos dos términos tienen el mismo significado. Desde un punto de vista práctico, se prefiere el término **incertidumbre** porque su connotación neutral es más apropiada al estudio económico (**riesgo** tiene frecuentemente connotación negativa, o enfatiza el "lado malo" de la incertidumbre). El término *riesgo* es usual (y útil) en operaciones financieras corporativas (hedging, políticas de dividendos y endeudamiento) y mercados financieros; pero no en decisiones económicas.

---

<sup>2</sup> Levy & Sarnat, 1984, p 77