

V Semana de Investigación y
Tecnología
Facultad de Ingeniería
Politécnico Grancolombiano

Opciones financieras y reales:
El valor de la flexibilidad

Ignacio Vélez Pareja
Profesor
Octubre 5 de 2006

Referencia

- Esta presentación está basada en el capítulo 10 de Vélez Pareja, I., Decisiones empresariales bajo riesgo e incertidumbre, Norma, 2003.
- Las diapositivas están disponibles en www.poligran.edu.co/decisiones

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

2

Derivados (derivatives)

Un derivado es un instrumento financiero que depende de otro.

El valor de los derivados está determinado por el valor de otro activo que se llama subyacente.

Estos activos pueden ser bonos, contratos de seguros, acciones, bonos convertibles en acciones, proyectos de inversión y muchos otros.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

3

Las opciones

- ¿Qué es una opción? Una opción es una estrategia financiera que le da al poseedor de la opción el **derecho**, mas **no la obligación**, de comprar o vender un activo a un precio determinado durante un cierto período de tiempo.
- Ese derecho de vender o comprar el activo se llama **flexibilidad**. En general se puede considerar que una opción es el derecho de ejecutar una acción, por ejemplo, la de aplazar, expandir, contratar o abandonar un proyecto durante un determinado tiempo, el cual se conoce como la vida de la opción. Es muy importante reconocer dónde aparecen estos derechos.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

4

Opción de compra (call option)

Una *opción de compra (call option)* otorga al tenedor el derecho a comprar una acción a un *precio de ejercicio (exercise o strike price)*. Se puede tener una opción para comprar una acción de la Compañía ABC en \$5.000 antes de cierta fecha, por \$500.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

5

Opción de venta (put option)

Una *opción de venta (put option)* otorga al *tenedor el derecho a vender* y al *emisor de la opción la obligación de comprar* una acción a un precio de ejercicio (*exercise o strike price*). Se puede tener una opción para vender una acción de la compañía XYZ en \$4.800 antes de cierta fecha, por \$300.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

6

¿Dónde se negocian?

El mercado de opciones en Colombia no está desarrollado aún, pero la globalización de la economía permite transar opciones en otros mercados, lo cual hace que su estudio sea tema obligado de las finanzas. El primer mercado de opciones se creó en Chicago en 1973. Es el Chicago Board Options Exchange (CBOE).

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

7

Opciones europeas y americanas

Una opción tiene una fecha de vencimiento. La *opción europea* sólo puede hacerse efectiva *en la fecha de vencimiento*. La *opción americana* puede hacerse efectiva *en cualquier fecha entre la compra y la fecha de vencimiento*, inclusive.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

8

Valor de una opción

La idea detrás de una opción es la siguiente: si se puede comprar una acción, por ejemplo, a un precio predefinido, se espera que en el momento de ejercer el derecho de compra el precio de la acción esté más alto que el precio de mercado. Para una opción de venta la situación es la contraria: se espera que el precio de mercado de la acción sea menor que el pactado en la opción de venta.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

9

¿Cómo se calcula?

- De modo que el valor de una opción de compra, por ejemplo, está definido por

$$V_o = \max(V_m - VE_t, 0)$$

- donde V_o es el valor de la opción, V_m es el precio de mercado de la acción, VE_t es el precio de ejercicio de la opción en el período t y \max significa el máximo valor entre $(V_m - VE_t)$ y 0 . Esto significa que una opción no puede tener valor negativo.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

10

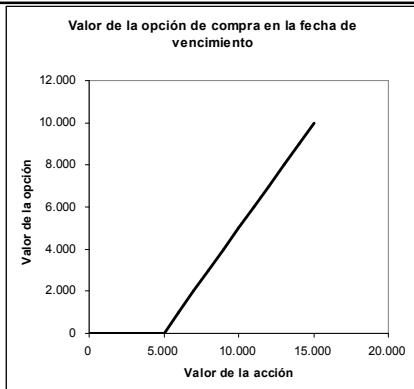
Ejemplo

- Si se posee la opción de compra para la acción de ABC y el valor de mercado de la acción en la fecha estipulada fuera de \$5.700, entonces el valor de la opción sería de \$700 ($5.700 - 5.000$). En cambio, si el precio hubiera sido \$4.700, el valor de la opción sería \$0 y no -\$300 ($4.700 - 5.000$).

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

11



10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

12

¿Es gratis?

Como se indicó en el ejemplo las opciones tienen un precio. El precio o prima que se paga define la ganancia o pérdida del poseedor de la opción de compra.

$$G = -P \text{ si } V_m < VE_t$$

$$G = V_m - VE_t - P \text{ si } V_m > VE_t$$

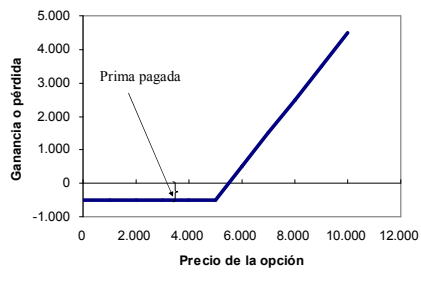
donde P es la prima que se paga.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

13

Ganancia o pérdida del tenedor de una opción de compra



10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

14

Una opción de venta

- El comportamiento de una opción de venta es diferente y está definido por

$$V_o = \max(VE_t - V_m, 0)$$

- donde V_o es el valor de la opción, V_m es el precio de mercado de la acción, VE_t es el precio de ejercicio de la opción en el período t y max significa el máximo valor entre $(VE_t - V_m)$ y 0. Esto significa que una opción no puede tener valor negativo.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

15

Ejemplo

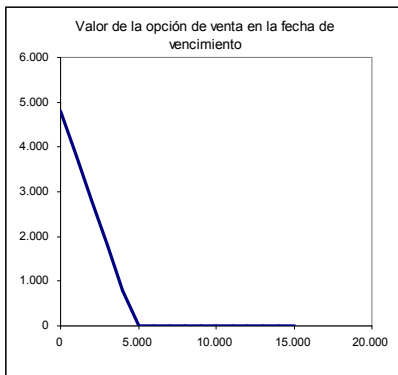
- Si se posee la opción de venta para la acción de XYZ ya mencionada y el valor de mercado de la acción en la fecha fuera de \$4.300, entonces el valor de la opción sería de \$500 (4.800-4.300). En cambio, si el precio hubiera sido \$4.900, el valor de la opción sería \$0 y no -\$100 (4.800-4.900).

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

16

Valor de la opción de venta en la fecha de vencimiento



10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

17

También tiene un precio

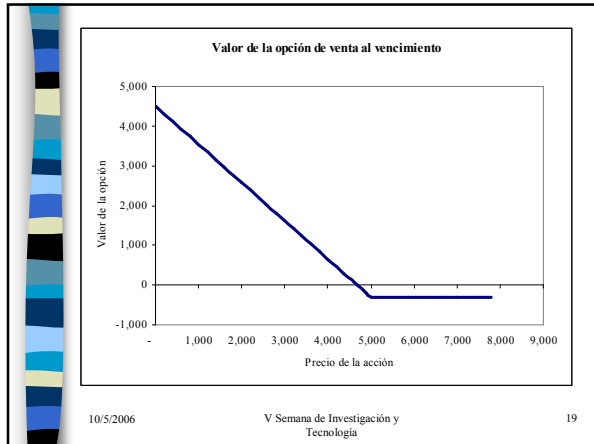
Las opciones de venta también tienen un precio o prima y ello define la ganancia o pérdida del emisor de la opción de venta.

- $G=P$ si $V_m > V_{Et}$
- $G=$ si $V_m < V_{Et}$, $V_{Et}-P-V_m$
- donde P es la prima que se recibe.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

18



El efecto del tiempo

- El hecho de que una opción expire en el futuro hace que el mercado le asigne valores que pueden ser superiores a los ya señalados. Esto ocurre porque el ejercicio del derecho es un evento futuro que está sujeto a incertidumbre.

La probabilidad

- Si el mercado estima que, en el caso de una opción de compra, el precio pueda subir, aunque en la actualidad el precio de mercado sea menor que el precio de ejercicio (valor de la opción = 0), entonces a ese evento le asigna una probabilidad de ocurrencia y entonces el valor esperado puede ser mayor que cero.

Ejemplo

- Si para la acción de XYZ la *expectativa* de precio en la fecha de ejercicio fuera de \$5.800 con una probabilidad de 40%, entonces el valor de la opción en la fecha de expiración con un precio de mercado hoy de \$4.700 no sería cero sino

$$0 \times 0,6 + (5.800 - 4.800) \times 0,4 = 400$$

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

22

Variables que influyen en el valor de la opción

Aumento en valor de opción de	... compra	... venta
Valor del activo subyacente	Aumenta	Disminuye
Precio de ejercicio	Disminuye	Aumenta
Tasa de interés	Aumenta	Disminuye
Periodo de maduración	Aumenta	Aumenta
Volatilidad del activo	Aumenta	Aumenta
Aumento en dividendos o flujos de caja	Disminuye	Aumenta

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

23

Cobertura (*Hedge position*)

- Tener una posición de cobertura significa que si se tienen dos activos, por ejemplo, una acción y la opción de compra sobre esa acción, un movimiento en el precio de uno de ellos sea compensado por un movimiento contrario en el otro (si uno sube, el otro baja).

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

24

La delta de la opción

- Para encontrar la relación que establece la cobertura, se define la delta o relación de cobertura de la opción, así:

$$\text{Delta de la opción} = \frac{\text{Diferencia entre valores de la opción}}{\text{Diferencia entre precios de la acción}}$$

$$\text{Delta de la opción} = \frac{uV_0 - dV_0}{uV_s - dV_s}$$

- donde uV_0 es el valor más alto de la opción cuando el precio de la acción es uV_s y dV_0 es el más bajo, cuando el precio de la acción es dV_s , todos estos precios y valores, al vencimiento. Delta indica la proporción de opciones y acciones que se deben tener para cubrirse.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

25

Ejemplo (1)

- Considere una opción europea, sin dividendos con 12 meses hasta la expiración. No hay costos de transacción en las operaciones con acciones y opciones. Como se trata de una situación bajo riesgo, entonces la tasa de interés (tasa de descuento) deberá ser libre de riesgo, porque se va a considerar de manera explícita.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

26

Ejemplo (2)

- Dentro de 12 meses se pueden esperar dos resultados posibles:
- Que el precio de la acción sea mayor que el precio actual con probabilidad p
- Que el precio de la acción sea menor que el precio actual con probabilidad $(1-p)$

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

27

Ejemplo (3)

- Si se supone que el precio actual de la acción es \$4.800, que el aumento posible es 20%, la disminución posible es 10% y que el valor de ejercicio VE es \$5.000. El valor de la opción, si sube, es $\max(5.760 - 5.000, 0) = 760$
- Valor de la opción, si baja, es $\max(4.320 - 5.000, 0) = 0$
- Entonces la delta de la opción será:

$$\text{Delta de la opción} = \frac{760 - 0}{5.760 - 4.320} = \frac{760}{1.440} = \frac{19}{36}$$

¿Cómo se cubre?

- Para generar la cobertura se debe comprar 36 opciones (posición corta) y 19 acciones (posición larga). De manera que se tendrían las siguientes posibilidades:

Ejemplo (4) Cobertura

Precio de la acción al vencimiento	Valor de la posición	Valor de la posición en opciones	Valor combinado
5.760	$5.760 \times 19 = 109.440$	$-36 \times 760 = -27.360$	82.080
4.320	$4.320 \times 19 = 82.080$	0	82.080

Ejemplo (5) Valor de la opción

- Ahora se debe encontrar el valor de la opción que hace que el valor de la inversión hoy (compra de las acciones menos emisión de las opciones de compra) llevada a futuro con la tasa de descuento (12%) sea igual al valor futuro del valor de cobertura.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

31

Ejemplo (6) Valor de la opción

- Inversión: $4.800 \times 19 - 36 \times VO_0$
 - Valor futuro de la inversión a 12%
 $= (4.800 \times 19 - 36 \times VO_0) 1,12 = 4.320 \times 19 - 36 \times 0$
 $= 82.080$
- Despejando VO_0 , se encuentra que es igual a \$497,62.
- $(91.200 - 36 \times VO_0) = 82.080 / 1,12 = 73.285,71$
 - $(91.200 - 73.285,71) = 36 \times VO_0$
 - $VO_0 = 17.914,29 / 36$
 - $VO_0 = 497,62$

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

32

La inversión y su rentabilidad

Entonces

$$\begin{aligned} \text{Inversión} &= 4.800 \times 19 - 36 \times VO_0 \\ &= 91.200 - 36 \times 497,62 \\ &= 91.200 - 17.914,32 \\ &= 73.285,68 \end{aligned}$$

Esto quiere decir que la inversión total es de 73.285,68 para obtener \$82.080 después de 12 meses, lo cual produce exactamente una rentabilidad de 12%, tal como se esperaba.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

33

El modelo Black Scholes

- Hasta aquí se ha hecho el cálculo de valor de la opción de manera muy sencilla con muchas restricciones. Usualmente se usa el modelo de Black y Scholes, quienes recientemente recibieron el premio Nobel por este trabajo. Se basa en que los resultados de las opciones, ejercerlas o no, siguen un comportamiento binomial.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

34

El modelo en general: supuestos ⁽¹⁾

- Como todos los modelos, este tiene unos supuestos sobre los cuales se diseñó:
- Se consideran opciones europeas
- No hay costos de transacción. Son divisibles y existe información gratuita.
- No hay imperfecciones al emitir o subscribir una opción.
- La tasa de interés a corto plazo se conoce y es constante durante la duración del contrato. Los que participan en el mercado pueden recibir y dar en préstamo a esa tasa.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

35

El modelo en general: supuestos ⁽²⁾

- La acción no paga dividendos
- Los precios de las acciones obedecen a lo que se conoce como camino o paseo aleatorio (*random walk*)
- La distribución de probabilidad de la rentabilidad de las acciones es normal.
- La varianza de la rentabilidad de la acción es constante y conocida por los participantes del mercado

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

36

El modelo específico (1)

$$V_o = V_s N(d_1) - \frac{VE}{e^{rt}} N(d_2)$$
$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_s}{VE}\right) + \left(r + \frac{1}{2}(\sigma^2)\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$
$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V_s}{VE}\right) + \left(r - \frac{1}{2}(\sigma^2)\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

37

El modelo específico (2)

- N(d) = distribución acumulada de la normal
- V_s = precio actual de la acción
- VE = precio de ejercicio de la opción
- e = 2,71828 base de los logaritmos naturales
- r = tasa de interés a corto plazo
- t = periodo de tiempo
- ln logaritmo natural
- σ = desviación estándar de la rentabilidad de las acciones
- Hay calculadoras en la web que hacen esto.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

38


Inversiones

- Una inversión es el sacrificio de unos recursos hoy con la esperanza de recibir algún beneficio en el futuro. Las inversiones tienen algunas características que son pertinentes en el enfoque de opciones reales:
 - Irreversibilidad
 - Incertidumbre
 - Discrecionalidad y libertad
- La mayoría de las inversiones se pueden considerar como una opción de compra sobre una inversión que otorga al tenedor de la opción el derecho a hacer la inversión y recibir el proyecto.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología


39



Irreversibilidad

- Característica típica de inversiones en capacidad productiva:
 - una línea de producción
 - un pozo petrolero
 - una mina de carbón
 - un edificio.
- Se consideran irreversibles porque o no se puede recuperar el dinero o es muy difícil hacerlo si el negocio fracasa. Es un costo muerto o casi muerto.
- Un ejemplo de estos costos se presenta en la industria petrolera. Hay costos irre recuperables tales como la perforación del pozo o el ducto en el caso de una explotación marina. Son semimueritos los relacionados con los equipos submarinos que se utilizan para llevar a cabo la perforación en el fondo del mar o los relacionados con lo que se conoce como el árbol de navidad (*Wet Christmas Tree (WCT)*).
- Si los equipos son muy especializados y sólo se utilizan en estos proyectos, los precios de mercado del producto (petróleo, en este ejemplo) pueden hacer que los precios de esos equipos bajen tanto que no amerite su recuperación y se convierten en costos muertos.


10/5/2006 V Semana de Investigación y Tecnología 40



Riesgo e incertidumbre

- Incetidumbre: se conocen los posibles resultados, pero no la distribución de probabilidad. Riesgo: se puede asignar una probabilidad a cada evento.
- Esto significa que los eventos futuros pueden tener un resultado favorable o desfavorable. Por ejemplo, el precio del café, de una acción o del petróleo puede subir o bajar.
- Toma decisiones no es una actividad pasiva, es muy dinámica y los gerentes se adaptan y ajustan sus expectativas a medida que la incertidumbre se resuelve. O sea, a medida que aquellas variables inciertas asumen su valor real. De manera que los gerentes pueden y deben revisar sus decisiones para ajustarlas a la realidad cambiante. La "estrategia" es tomar ventaja en la época de las "vacas gordas" y aminorar las pérdidas en la época de las "vacas flacas". Cuando existe incertidumbre la gerencia puede añadir valor que no se tiene en cuenta cuando se hace un análisis tradicional donde se supone que los flujos de caja son únicos.
- Esperar permite al gerente mirar la evolución de las condiciones económicas, precios por ejemplo, antes de tomar una decisión irreversible: Si los precios aumentan lo suficiente, se hará la inversión. Si no aumentan no se hará. Se puede detener el proyecto si los resultados no son favorables o seguir con el proyecto si los resultados son positivos.
- A mayor riesgo, mayor el valor de la flexibilidad. Recordemos las variables que influyen en el precio de una opción.

10/5/2006 V Semana de Investigación y Tecnología 41



Riesgo económico y riesgo técnico

- Existen dos tipos de riesgo que tienen efectos opuestos en la regla de decisión: El riesgo económico y el riesgo técnico o privado. El primero se puede asociar con el riesgo sistemático, no diversificable y el segundo con el riesgo no sistemático o específico, diversificable.
- El riesgo económico o sistemático se asocia con la situación general de la economía (precios, cambios en los costos). Este riesgo es externo a la decisión. Este tipo de riesgo estimula la decisión de esperar para ver si las condiciones cambian.
- El riesgo técnico no tiene que ver con la economía. Es un riesgo propio, específico del proyecto. Es interno del proyecto. Por ejemplo, el nivel de capacidad instalada disponible en una línea de producción no depende de la situación de la economía sino de las condiciones de las piezas de una determinada máquina y de los materiales de que está hecha. En estos casos esperar no cambia la situación. Más bien, la empeora. Lo que se debe hacer en este caso es tomar las precauciones apropiadas para hacer un mantenimiento preventivo adecuado y mantener un nivel de repuestos que garanticen el flujo de la producción.
- ¿Cuál es la diferencia entre un inversionista que posee una acción de una empresa y un gerente que tiene un paquete de proyectos en su empresa? El inversionista sólo puede beneficiarse del riesgo sistemático. El mercado no le paga el riesgo no sistemático porque puede diversificarlo. En cambio el gerente puede beneficiarse del riesgo técnico o diversificable haciendo una gestión óptima de sus proyectos. Aunque parezca contradictorio, a los gerentes no les interesa deshacerse del riesgo no sistemático sino aprovecharse de él. Para un gerente el riesgo técnico o no sistemático es un activo valioso que puede utilizar a su favor para aumentar el valor de la firma.

10/5/2006 V Semana de Investigación y Tecnología 42

Discrecionalidad y libertad

- Están referidas a la elección de cuándo emprender o terminar o ampliar la inversión. En la mayoría de los proyectos existe flexibilidad y tiene valor. A mayor grado de libertad de la gerencia al respecto, mayor es el valor de esa inversión. Por ejemplo, un gerente puede tomar las siguientes decisiones respecto de una explotación petrolera:
 - Expandir la explotación de un pozo que ya tiene un costo muerto implícito.
 - Esperar y preservar los recursos disponibles para cuando haya mejores precios.
 - Reactivar el pozo.
 - Suspenderlo de manera temporal varias veces sin incurrir en el costo de cerrarlo en forma definitiva.
 - Cambiar la forma de extracción.
 - Abandonarlo.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

43

La importancia de la flexibilidad

- La flexibilidad en la valoración de inversiones añade valor a la firma. Si en lugar de usar la tradicional regla del Valor Presente Neto (VPN), que subestima estas posibilidades, utilizamos el enfoque de opciones reales, podemos darle valor a la habilidad (este tipo de habilidades es el que aprecian las firmas en sus gerentes) de invertir ahora, hacerle un seguimiento para ver cómo evoluciona el proyecto de inversión y si resulta exitoso seguir invirtiendo en él, ya sea por expansión o simplemente manteniendo la inversión realizada. Son situaciones típicas de los sectores farmacéutico, minero, petrolero y similares.
- Otra de las posibilidades características de la flexibilidad en el análisis de inversiones es considerar el abandono de un proyecto de inversión que ha mostrado ser un fracaso. Esto significa liquidar el proyecto y recuperar un cierto valor de salvamento.
- Otra posibilidad adicional de flexibilidad consiste en comprar información o esperar y ver cómo resulta el proyecto en etapas preliminares. Esto también se conoce como esperar para que la incertidumbre se resuelva.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

44

Opciones reales para valorar la flexibilidad

- En finanzas los activos subyacentes pueden ser acciones, divisas, contratos a futuro, índices accionarios, etc. En el contexto de inversiones en proyectos (inversiones reales las llaman, aunque las financieras son también reales, y muy reales) el valor del proyecto es el activo subyacente y los flujos de caja libre equivalen o representan los dividendos. El valor del proyecto puede variar como una variable aleatoria y la mayoría de las inversiones u opciones reales no son un asunto de "todo o nada" de "ahora o nunca". Aplazar o liquidar en un determinado momento una inversión es valioso para el inversionista. El inversionista ejercerá la opción de invertir sólo si el proyecto tiene suficientes beneficios.
- La evaluación de los proyectos de inversión se ha hecho fijando una vida de los proyectos y calculando los VPN. Esto supone que no hay posibilidad de hacer cambios en los proyectos. Si las hay, se conocen como opciones reales. En estos casos el valor de un proyecto será el VPN del proyecto más el valor de la opción.
Valor presente del proyecto = VPN + Valor de la opción

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

45

Reconocer opciones reales

- El enfoque de opciones no sólo se aplica a acciones. Hay muchas situaciones que se pueden analizar como opciones. Entre ellas las conocidas como opciones reales. Dos de las más importantes son la opción de expansión y la opción de abandonar un proyecto.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

46

Situaciones que pueden generar opciones reales, por sector (1)

- **Industria aeroespacial y de defensa**
- Valoración de opciones en contratos (por ej. la cancelación de ciertas características del producto o servicio)
- **Fabricación de maquinaria y ensamblaje.** Cuándo invertir en nuevas fábricas
- **Automotriz** Valoración de decisiones para modificar diseños de los carros que puedan incluirse en los ciclos de desarrollo de los productos.
- **Financiero/bancario** Valoración de arriendo inmobiliario
- **Químico** Cuándo invertir en nuevas fábricas
- **Bienes de consumo masivo** Opciones para inversiones en I&D y pruebas de mercadeo.
- **Electrónica** Opciones para entrar o salir del Mercado de ensamblaje de PCs

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

47

Situaciones que pueden generar opciones reales, por sector (2)

- **Energía** Cuándo desarrollar y explotar pozos de gas y de petróleo
- **Seguros** Valoración de contingencias tales como préstamos versus valor de las pólizas
- **Medios y entretenimiento** Planeación de lanzamiento de nuevos productos
- **Metales y minería** Cuándo desarrollar nuevas minas
- **Farmacéutico** Establecimiento prioridades entre proyectos de I&D
- **Pulpa y papel** Cuándo talar los bosques
- **Ventas al detal** Cuándo expandirse a mercados extranjeros
- **Telecomunicaciones** Fusiones y adquisiciones para lograr expansión geográfica
- **Transporte** La opción de extender o contratar estructuras de rutas
Copeland, Thomas E. y Philip T. Keenan The McKinsey Quarterly 1998 Number 3, pp. 118-141, 1998.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

48

Opción de expansión

- Ejemplo: un hipermercado puede comprar un lote adyacente que en la actualidad no tenga mucho valor inmediato, pero le da la opción de expandir la operación en el futuro.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

49

Opción de abandonar

- Hay la necesidad de una nueva planta para producir un nuevo producto. Se presentan dos alternativas: la A que empieza a construirse y la B que se empieza a construir dentro de un año. Si existe la posibilidad de que durante el año la demanda del producto caiga, la B sería la mejor alternativa porque le da la opción de abandonar el proyecto durante los próximos 12 meses.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

50

Otras opciones

- Opción de variar el volumen de producción (en el caso de expandir: opción de crecimiento; en el caso de reducir puede llegar hasta el cierre: opción de cierre).
- Opción de aplazar.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

51

Cómo calcular opciones reales

- Las opciones reales son difíciles de calcular. Los modelos como el de Black-Scholes, no funcionan en estos casos, hay que recurrir a árboles de decisión, simulación de Montecarlo y enfoques diseñados para cada caso.
- En particular, la opción de abandono se evalúa teniendo en cuenta el valor presente del proyecto hasta el momento de abandonar y el valor presente del valor de abandono. Por ejemplo, existe la necesidad de una nueva planta para producir un nuevo producto. Se presentan dos alternativas: la A que se empieza a construir ya y la B que se empieza a construir dentro de un año. Si existe la posibilidad de que durante el año la demanda del producto caiga, la B sería la mejor alternativa porque le da la opción de abandonar el proyecto durante los próximos 12 meses.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

52

Evaluar decisión de abandono

- Para evaluar una decisión de abandono se puede utilizar el siguiente enfoque:

- $$VP_a = \sum_{t=1}^a \frac{A_t}{(1+i)^t} + \frac{VA_a}{(1+i)^a} \quad (10.14)$$

- donde VP_a es el valor presente del proyecto en el momento de analizar si se abandona o no. a es el momento en que se abandona el proyecto. A_t es el flujo de caja neto del proyecto en el período t . i es la tasa de descuento y VA_a es el valor de abandono del proyecto en el período a .

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

53

Continuar el proyecto

- Para estos casos entonces la regla de decisión es la siguiente:

- Si
$$\sum_{t=1}^a \frac{A_t}{(1+i)^t} > \frac{VA_a}{(1+i)^a}$$

- se debe continuar el proyecto y evaluar la decisión en el siguiente período.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

54

Si no...

■ Si
$$\sum_{t=1}^a \frac{A_t}{(1+i)^t} \leq \frac{VA_a}{(1+i)^a}$$

- se debe evaluar con $t = a - 1$.

¡Abandone ya!

■ Si
$$\sum_{t=1}^a \frac{A_t}{(1+i)^t} \leq \frac{VA_a}{(1+i)^a}$$

- para todos los t , entonces se debe abandonar el proyecto de inmediato

VPN versus Opciones reales

- La regla de decisión del VPN es: Invierta si $VPN > 0$; no invierta si $VPN < 0$; y si se trata de alternativas mutuamente excluyentes, elija aquella que tenga mayor VPN. En algunos casos esta regla de decisión puede conducir a resultados erróneos.
- Cuando nos encontramos con un VPN negativo, estático, podemos rechazar un proyecto para el cual puede ser mejor esperar o puede resultar que una buena decisión es invertir en buenos proyectos de investigación y desarrollo que tendrían muy buenas expectativas.
- O al revés, aceptar proyectos con un VPN alto, pero que evita que la firma se embarque en proyectos menores.
- El criterio de decisión con las opciones reales dice que no es suficiente que la inversión tenga un VPN positivo porque puede suceder que los precios cambien y se pueda tomar en un proyecto indeseable. Lo que se sugiere es que a veces es apropiado esperar para tener mejor información. Otras veces es preferible esperar para invertir cuando las condiciones sean más favorables.

Ejemplo simple

- Dixit y Pindyck (1994) presentan un ejemplo muy sencillo para ilustrar tanto la idea de abandono del proyecto como la de aplazamiento de la decisión. El ejemplo también se encuentra en Copeland *et al.* (2000 y 2001).
- Suponga que se debe decidir si se invierten \$1.600 en un proyecto que produce cierto artículo. El flujo de caja estimado hoy por cada artículo es de \$200, pero se espera que cambie al final del primer año. Este cambio es una variable aleatoria y tiene valores de \$300 o \$100 con una probabilidad de 50% para cada uno. A partir de ese cambio se espera que permanezca constante para siempre. Si se vende cada artículo por anticipado, es decir, se paga al inicio el flujo de caja a perpetuidad sería de \$200 desde el año 0, o sea, el valor esperado de \$300 y \$100. Si embargo, si se tiene en cuenta la resolución de la incertidumbre al final del primer año el análisis puede ser muy diferente. Supongamos que la tasa de descuento es de 10% anual. Examinemos diferentes enfoques a este problema. Recordemos antes que el valor de una perpetuidad se calcula como C/i entonces:

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

58

Con el VPN

- Si se utiliza el VPN bajo el supuesto de un flujo a perpetuidad por \$200 se tiene:

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -1.600 + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{200}{(1,1)^t} \\ &= -1.600 + 200 + \frac{200}{0,1} \\ &= -1.600 + 200 + 2.000 \\ &= 600 \end{aligned}$$

- Este VPN es el valor descontado del flujo a perpetuidad menos la inversión inicial más el valor de la primera unidad vendida en el año 0.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

59

VPN con ponderación

- Si el precio del primer año es un hecho cierto (se vende anticipado) y después es un hecho incierto con las probabilidades ya mencionadas, y se trabaja con el valor esperado a partir del año 1, se tiene

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -1.600 + 200 + 0,5 \sum_{t=1}^{\infty} \frac{300}{(1,1)^t} + 0,5 \sum_{t=1}^{\infty} \frac{100}{(1,1)^t} \\ &= -1.600 + 200 + 0,5 \times 3.000 + 0,5 \times 1.000 \\ &= -1.600 + 2.200 \\ &= 600 \end{aligned}$$

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

60

Da lo mismo

- Esto significa que no es suficiente considerar los diferentes eventos con sus probabilidades asociadas para aprovechar la variabilidad. Se obtiene el mismo resultado.

10/5/2006 V Semana de Investigación y Tecnología 61

Como opción real según resultado

- Si se puede iniciar ahora y discontinuar el proyecto dependiendo del resultado del precio al final del año 1, se tiene (con valor de salvamento de 1.600).

$$VPN = 0,5 \max \left[-1.600 + 200 + \frac{300}{0,1}, 0 \right]$$

$$+ 0,5 \max \left[-1.600 + 200 + \frac{100}{0,1}, 200 - 1.600 + \frac{1.600}{1,1} \right]$$

$$= 0,5 \times (-1.600 + 200 + 3.000) + 0,5 \times (200 - 1.600 + 1.454,54)$$

$$= 0,5 \times 1.600 + 0,5 \times 54,54$$

$$= 827,27$$

10/5/2006 V Semana de Investigación y Tecnología 62

Aplazando...

- Si se aplaza la inversión hasta cuando se resuelva la incertidumbre del precio, se tiene

$$VPN = 0,5 \left[\max \left[\frac{-1.600 + 300}{1,1} + \frac{300}{0,1 \times 1,1}, 0 \right] \right] + 0,5 \left[\max \left[\frac{-1.600 + 100}{1,1} + \frac{100}{0,1 \times 1,1}, 0 \right] \right]$$

$$= 0,5 \left[\max \left[\frac{-1.600 + 3.300}{1,1}, 0 \right] \right] + 0,5 \left[\max \left[\frac{-1.600 + 1.100}{1,1}, 0 \right] \right]$$

$$= 0,5 \frac{1.700}{1,1}$$

$$= 772,73$$

10/5/2006 V Semana de Investigación y Tecnología 63

Las decisiones serán diferentes

- Se puede ver, entonces, cómo al hacer consideraciones de opciones reales se puede aumentar el valor de una inversión. En este caso, la mejor alternativa es invertir ahora y considerar la opción de abandonar el proyecto si el resultado del precio al final del año 1 es desfavorable.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

64

¿Cuál es la mejor?

- El valor de la flexibilidad puede medirse como la diferencia entre el VPN tradicional (en nuestro ejemplo, \$600) y el resultado de la opción real. En estos casos se tiene:
- Flexibilidad del VPN tradicional = $600 - 600 = 0$.
- Flexibilidad del VPN con eventos probabilísticos = $600 - 600 = 0$.
- Flexibilidad para considerar abandono (valor de salvamento = 1.600) = $827,27 - 600 = 227,27$.
- Flexibilidad para invertir un año más tarde: $772,73 - 600 = 172,73$.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

65

A mayor riesgo, mayor valor

- Ahora vamos a ilustrar cómo a mayor variabilidad (mayor riesgo) el valor de la flexibilidad aumenta. Supongamos que los precios pueden variar entre 350 y 50, por lo tanto, su valor esperado es 200, pero con mayor variabilidad (o volatilidad, se dice también). Veamos cómo resulta cada caso estudiado arriba.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

66

Hay mayor creación de valor

- Igual que en la primera parte de este ejemplo, el valor de la flexibilidad es la diferencia entre el VPN tradicional (en nuestro ejemplo, \$600) y el resultado de la opción real. En estos casos se tiene:
- Flexibilidad del VPN tradicional = $\$600 - \$600 = 0$
- Flexibilidad del VPN con eventos probabilísticos = $\$600 - \$600 = 0$
- Flexibilidad para considerar abandono (valor de salvamento = 1.600): $1.077,27 - 600 = 477,27$.
- Flexibilidad para invertir un año más tarde: $1.022,73 - 600 = 422,73$.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

67

Conclusiones

- Hemos presentado un enfoque moderno de manejo del riesgo que consiste en las opciones y las opciones reales. Este enfoque reduce las deficiencias que presenta el Valor Presente Neto, VPN, que no incluye la flexibilidad que generalmente se encuentra en los proyectos de inversión. Un examen de la bibliografía indica que lo estudiado en este capítulo es apenas un abrebocas sobre el tema. Hay una amplia y especializada literatura sobre opciones y opciones reales, que invitamos al lector interesado a explorar.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

68

Bibliografía

- Black, Fischer y Myron Scholes, 1973, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 81, pp. 637-654.
- Copeland, Thomas y Philip T. Keenan, 1998, Making Real Options Real, *The McKinsey Quarterly*, Number 3, pp128-141.
- Copeland, Thomas y Vladimir Antikarov, 2001, *Real Options, Texere*.
- Copeland, Thomas, Tim Koller and Jack Murrin, 2000, *Valuation. Measuring and Managing the Value of Companies*, 3rd edition, Wiley.
- Damodaran, A., (sin fecha), The Promise and Peril of Real Options. Disponible en su sitio <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pdfiles/papers/realopt.pdf> en el enlace
- Dixit, A. y R. Pindyck, 1994, *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press.
- Hull, John C., 1997, *Options, Futures and Other Derivatives*, 3ª edición, Prentice-Hall.
- Levy, H. & M. Sarnat (1984): *Portfolio and Investment Selection: Theory and Practice* Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, NJ. Hay nueva edición.
- Roll, Richard, 1977, "An Analytic Valuation Formula for Unprotected American Call Options with Known Dividends", *Journal of Financial Economics*, Vol. 4, pp 251-258. (Citado por Hull.)
- Ross, Stephen, 1995, "Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present Value Rule", *Financial Management*, Vol 24, N. 3, pp. 96-102.

10/5/2006

V Semana de Investigación y
Tecnología

69
