

Autor(es): **Juan Mascareñas**

## Título: **Las decisiones de inversión como opciones reales: Un enfoque conceptual**

Resumen:

---

### 1. Introducción

El objeto del presupuesto de capital es encontrar proyectos de inversión cuya rentabilidad supere al coste de llevarlos a cabo. El principal problema, dejando a un lado el de la determinación del coste de oportunidad del capital del proyecto, es el de la valoración del activo que se creará al realizar la inversión (una fábrica, un barco, una refinería, etcétera). Así, cuando valoramos un proyecto de inversión realizamos una previsión de los flujos de caja que promete generar en el futuro y procedemos a calcular su valor actual con objeto de poder comparar, en un momento determinado del tiempo (el actual), el valor global de dichos flujos de caja con respecto al desembolso inicial que implica la realización de dicho proyecto. Uno de los criterios de comparación más comúnmente empleados en las empresas es el del *valor actual neto* (VAN) que, además, es el criterio más acorde al objetivo general de todo directivo: la maximización del valor de la empresa para el accionista; puesto que indica exactamente cuanto aumentará de valor una empresa si realiza el proyecto que se está valorando. Su ecuación general es la siguiente:

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{FC_j}{(1+k)^j} \quad [1]$$

donde el desembolso inicial del proyecto viene representado por  $A$ , los diversos flujos de caja por  $FC_j$ , el horizonte temporal del proyecto por  $n$ , y la tasa de descuento (el coste de oportunidad del capital) apropiada al riesgo del proyecto por  $k$ . Este criterio considera efectuable un proyecto de inversión cuando el VAN es positivo, es decir, cuando la totalidad de los flujos de caja esperados descontados a una tasa apropiada al riesgo del proyecto supera al coste de realizarlo. Por el contrario, si el VAN fuese negativo, sería desaconsejable realizar el proyecto.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que cuando se analiza un proyecto de inversión bajo la óptica del criterio de valoración VAN se están realizando una serie de supuestos que afectan al resultado obtenido. Los principales son:

1. Los flujos de caja que el proyecto promete generar pueden reemplazarse por sus valores medios esperados

y éstos se pueden tratar como valores conocidos desde el principio del análisis. Este supuesto implica ignorar que la directiva puede alterarlos al adaptar su gestión a las condiciones imperantes en el mercado durante toda la vida del proyecto. Esta *flexibilidad* crea valor para el proyecto de inversión, valor que el método VAN, por ejemplo, es incapaz de reflejar.

2. La tasa de descuento es conocida y constante, dependiendo únicamente del riesgo del proyecto. Lo que implica suponer que el riesgo es constante, suposición falsa en la mayoría de los casos, puesto que el riesgo depende de la vida que le quede al proyecto y de la rentabilidad actual del mismo a través del efecto del apalancamiento operativo. Por tanto, la tasa de descuento varía con el tiempo y, además, es incierta.

3. La necesidad de proyectar los precios esperados a lo largo de todo el horizonte temporal del proyecto es algo imposible o temerario en algunos sectores, porque la gran variabilidad de aquéllos obligaría a esbozar todos los posibles caminos seguidos por los precios al contado a lo largo del horizonte de planificación. Como esto es muy difícil de hacer, de cara a la aplicación del VAN, arbitrariamente se eligen unos pocos de los muchos caminos posibles.

En resumidas cuentas, las principales limitaciones del VAN surgen básicamente por realizar una analogía entre una cartera de bonos sin riesgo y un proyecto de inversión real. Mientras que la analogía apropiada dependerá del tipo de proyecto analizado, así en el caso de los recursos naturales, en los proyectos de I+D y en otros tipos de proyectos reales las opciones financieras resultan ser una mejor analogía que las carteras de bonos.

El desafío para el analista financiero consiste en la elección de un activo cuyo valor es conocido y cuyas características sean lo más parecidas posibles al activo cuyo valor es necesario determinar. Como esto implica un elemento de juicio, el presupuesto de capital es más un arte que una ciencia, aunque después de la lectura de determinados libros de texto parezca, equivocadamente, que todo el problema se circunscribe a la mera aplicación de la regla del descuento de los flujos de caja esperados.

En todo caso, los métodos clásicos de valoración de proyectos, que son idóneos cuando se trata de evaluar decisiones de inversión que no admiten demora (ahora o nunca), infravaloran el proyecto si éste posee una flexibilidad operativa (se puede hacer ahora, o más adelante, o no hacerlo) u oportunidades de crecimiento contingentes. Lo que sucede cuando la directiva puede sacar el máximo partido del riesgo de los flujos de caja. Por tanto, "la posibilidad de retrasar un desembolso inicial irreversible puede afectar profundamente la decisión de invertir. Esto, también, erosiona la sencilla regla del valor actual neto, y desde aquí el fundamento

teórico de los típicos modelos de inversión neoclásicos".

Esto último nos lleva a redefinir la regla de decisión del VAN que, recordemos, recomendaba aceptar un proyecto cuando el valor de una unidad de capital era superior o igual a su coste de adquisición e instalación. Esta regla es incorrecta porque ignora el coste de oportunidad de ejecutar la inversión ahora, renunciando a la opción de esperar para obtener nueva información. Por tanto,

**para que un proyecto de inversión sea efectuable el valor actual de los flujos de caja esperados deberá exceder a su coste de adquisición e instalación, al menos, en una cantidad igual al valor de mantener viva la opción de inversión.**

Como veremos a lo largo de este capítulo, la valoración de proyectos a través de la metodología de las opciones reales se basa en que la decisión de invertir puede ser alterada fuertemente por: la irreversibilidad, la incertidumbre y el margen de maniobra del decisor.

## **2. Los proyectos de inversión analizados como opciones reales**

La posibilidad de realizar un proyecto de inversión tiene un gran parecido con una opción para comprar una acción. Ambos implican el derecho, pero no la obligación, de adquirir un activo pagando una cierta suma de dinero en cierto momento o, incluso, antes. El derecho a comprar una acción recibe el nombre de opción de compra y su sistema de valoración a través de la fórmula desarrollada por Black y Scholes para las opciones de tipo europeo (las que sólo se pueden ejercer en la fecha de vencimiento) que no pagan dividendos, se basa en cinco variables: el precio de la acción ( $S$ ), el precio de ejercicio ( $E$ ), el tiempo hasta el vencimiento ( $t$ ), la tasa de interés sin riesgo ( $r$ ) y la desviación típica de los rendimientos de la acción ( $s$ ).

Por su parte, la mayoría de los proyectos de inversión implican la realización de un desembolso para comprar o realizar un activo; lo que es análogo a ejercer una opción. Así (véase la tabla 1), la cantidad invertida es el precio de ejercicio ( $E$ ) y el valor del activo comprado o producido es el precio de la acción ( $S$ ), el tiempo que la empresa puede esperar sin perder la oportunidad de invertir es el tiempo hasta el vencimiento ( $t$ ), y el valor del riesgo del proyecto viene reflejado por la desviación típica de los rendimientos de la acción ( $s$ ). El valor temporal viene dado por la tasa de interés sin riesgo ( $r$ ).

<b>Proyecto de inversión</b>	<b>Variable</b>	<b>Opción de compra</b>
- Desembolsos requeridos para adquirir el activo	E	Precio de ejercicio

· Valor de los activos operativos que se van a adquirir	S	Precio de la acción
· Longitud del tiempo que se puede demorar la decisión de inversión	t	Tiempo hasta el vencimiento
· Riesgo del activo operativo subyacente	s <sup>2</sup>	Varianza de los rendimientos
· Valor temporal del dinero	r <sub>f</sub>	Tasa de interés sin riesgo

Tabla 1

Vamos a ver algo más en detalle algunas de las variables que acabamos de comentar.

La posibilidad de postponer una inversión proporciona a la empresa un tiempo adicional para examinar la tendencia de los acontecimientos futuros reduciendo, al mismo tiempo, la posibilidad de incurrir en costosos errores debido a que los acontecimientos se han desarrollado en contra de lo previsto. Cuanto mayor sea el intervalo de tiempo (t), que se tiene de margen para demorar la decisión final, mayor será la posibilidad de que los acontecimientos se desarrollen de forma favorable aumentando la rentabilidad del proyecto. Es evidente, que si dichos acontecimientos fuesen contrarios a los intereses del decisor, éste renunciaría a realizar el proyecto evitando así una pérdida innecesaria.

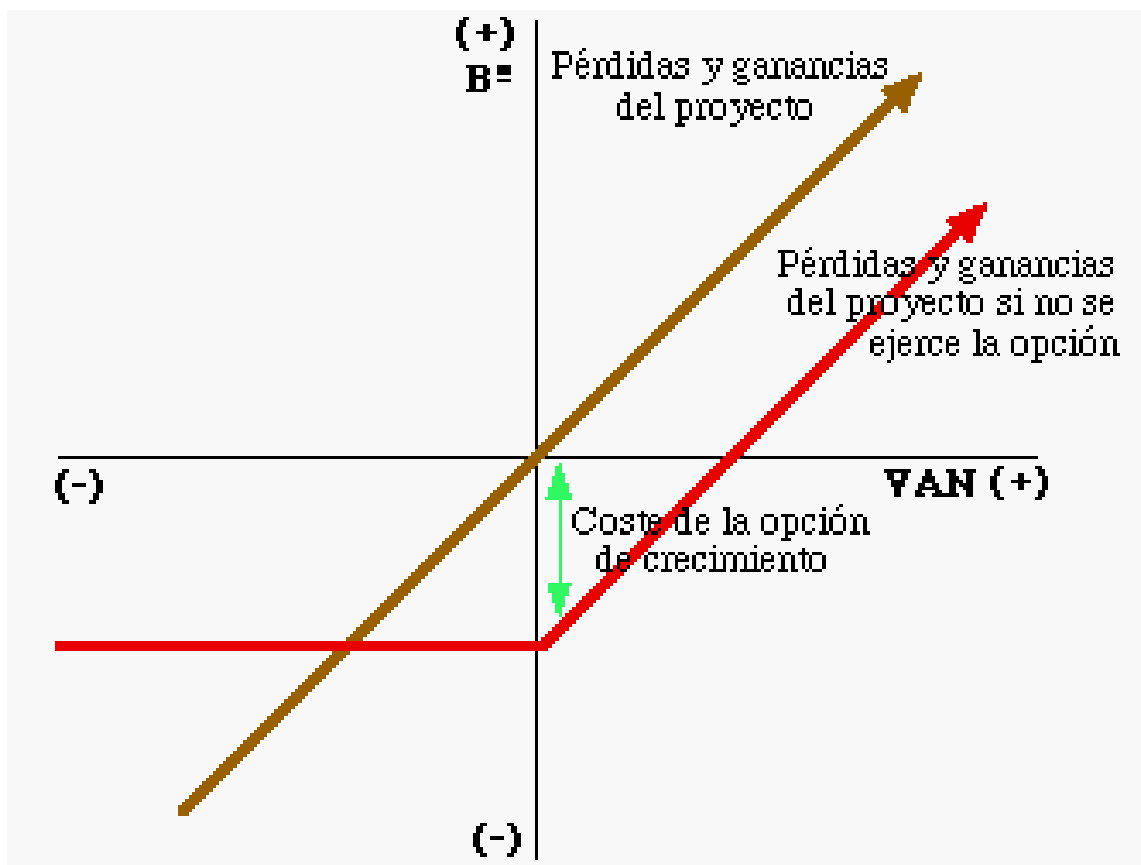


Fig.1 La asimetría entre las ganancias superiores y las pérdidas inferiores derivadas de la tenencia de una opción

En cuanto al riesgo asociado al proyecto ( $s$ ), es preciso señalar que cuanto más grande sea más valiosa será la opción sobre la inversión. Ello se debe a la asimetría existente entre pérdidas y ganancias; así, un aumento de las operaciones hará aumentar la positividad del VAN mientras que un gran descenso de aquéllas no necesariamente hará que el VAN sea negativo (porque, en este caso, se pueden eliminar las pérdidas al no ejercer la opción de inversión -véase la figura 1). Claro que hay que tener en cuenta que aunque un aumento del riesgo del proyecto puede aumentar el valor de la opción, en el contexto del presupuesto de capital, podría aumentar el coeficiente de volatilidad *beta* del activo y reducir el valor actual neto del escenario base a través del incremento de la tasa de descuento. Por ello, habrá casos en que el aumento de valor de la opción supere al descenso del VAN básico pero existirán otros en que ocurra exactamente lo contrario. Concretando, un aumento del valor de la opción de invertir no significa que aumente el deseo de hacerlo, puesto que el aumento del riesgo reduce el deseo de invertir (o retrasa la decisión de inversión) debido a que el incremento en el valor de la oportunidad de inversión se debe, precisamente, al valor de la espera. Por tanto, el aumento del valor de la opción de inversión refleja exactamente la necesidad de esperar todo lo que se pueda antes de proceder a realizar el proyecto de inversión.

Por la misma razón un aumento del tipo de interés sin riesgo ( $r_f$ ) produce un descenso del valor del activo (al penalizar el valor actual de los flujos de caja esperados) y, al mismo tiempo, reduce el valor actual del precio de ejercicio. Por lo general, pero no siempre, el efecto neto resultante induce a pensar que un aumento del tipo de interés sin riesgo provoca un ascenso del valor de los proyectos con opciones de expansión (esto es, que un aumento del tipo de interés sin riesgo suele reducir con más fuerza el valor actual del precio de ejercicio que el valor del activo).

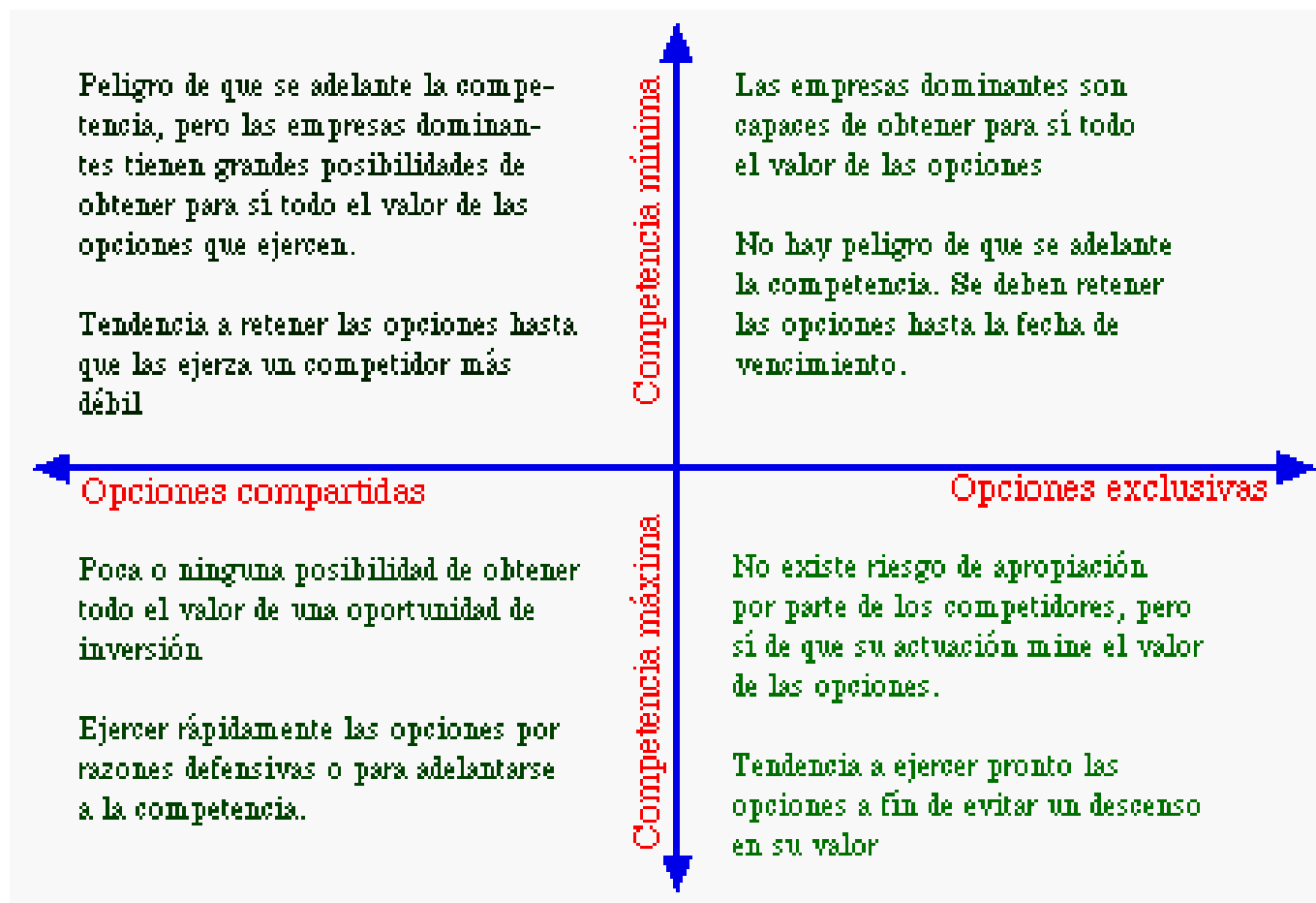


Fig.2 Las opciones de crecimiento y el factor tiempo [Fuente: Kester]

Kester observó que las empresas tienden a comprometer fondos en las inversiones más pronto que tarde, a pesar de la posibilidad de diferir en el tiempo dicho compromiso. La razón estriba en que una opción es más valiosa cuando se posee en exclusiva que cuando es compartida porque los competidores pueden replicar las inversiones de la empresa consiguiendo con ello la reducción de la rentabilidad del proyecto. Así que éste último se realizará antes de la fecha de vencimiento de la opción siempre que el coste de su diferimiento supere al valor sacrificado al ejercer la opción de inversión anticipadamente. Esto suele ocurrir cuando (véase la figura 2):

- Las opciones son compartidas
- El VAN del proyecto es alto
- Los niveles de riesgo y de tipo de interés son bajos
- Hay una gran competitividad en el sector

### **3. Relación entre los proyectos de inversión y las opciones a**

## través de su valoración

Como ya vimos anteriormente la regla de decisión del VAN dice que un proyecto es factible siempre que su VAN sea positivo lo que se produce cuando el valor actual de los flujos netos de caja esperados,  $VA(FC)$ , supera al valor actual de los desembolsos necesarios para realizar el proyecto,  $VA(A)$ . Podríamos reescribir la regla anterior y ponerla en forma de cociente con lo que obtendríamos el valor del *índice de rentabilidad* (IR):

$$IR = \frac{VA(FC)}{VA(A)} = \frac{S}{VA(E)} \rightarrow \text{Efectuable si } IR > 1 \quad [2]$$

obsérvese como utilizando las variables que vimos en la tabla 2, el  $VA(FC)$  puede ser sustituido por  $S$  -el valor actual del activo- y, a su vez, el  $VA(A)$  puede sustituirse por  $VA(E)$  -el valor actual del precio de ejercicio. Hay que resaltar que el VAN y el IR en la fecha de vencimiento de la opción coinciden a la hora de decidir si un proyecto es o no factible, lo que no tiene por qué ocurrir antes de la misma.

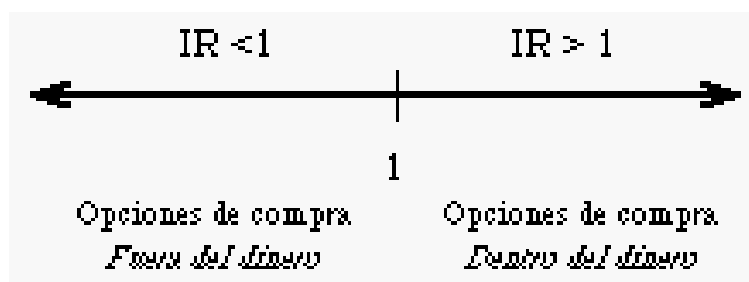


Fig. 3

De la misma forma, una opción de compra será ejercida siempre que  $S > VA(E)$ , es decir,

siempre que  $\frac{S}{VA(E)} > 1$  (en este caso la opción de compra se denomina *dentro del dinero*). Por tanto, el sistema tradicional para decidir si se invierte en un proyecto de inversión es el mismo que para decidir si se ejerce una opción de compra. El IR incluye cuatro de las cinco variables que analizamos en la tabla 1:  $S$ ,  $E$ ,  $r$  y  $t$ . Además, el valor de la opción tiene una relación directa con el valor del IR puesto que cuanto más grande sea éste último más valdrá aquella.

Si una decisión de inversión no puede retrasarse, tanto la opción de compra como el proyecto se pueden analizar utilizando el clásico método del VAN. Pero si tal posibilidad existiese nos encontraríamos ante una opción que aún no ha vencido, en este caso el IR (o el VAN) siguen siendo importantes pero ahora necesitamos incorporar en la valoración el riesgo del proyecto ( $s$ ).

La variabilidad, por unidad de tiempo, de los rendimientos del proyecto viene medida por la varianza de sus rendimientos ( $s^2$ ). Si la multiplicamos por la cantidad de períodos de tiempo que aún quedan hasta el vencimiento obtendremos la *varianza acumulada*,  $s^2t$ , que mide cuanto podrían variar las cosas antes de llegar al final del horizonte temporal a lo largo del que

podemos tomar la decisión de invertir. Cuanto mayor sea la varianza acumulada mayor será el valor de la opción.

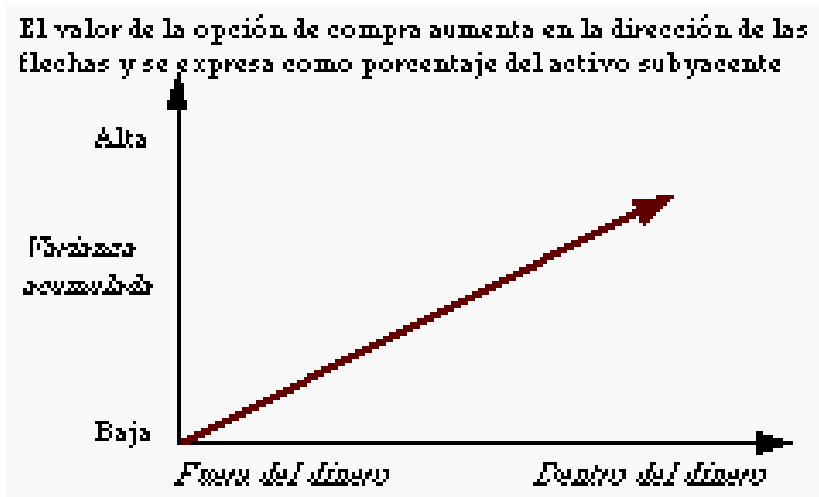


Fig. 4

Tanto la varianza acumulada como el IR son suficientes para valorar una opción de compra europea. Las opciones de inversión para las que  $s$  ó  $t$  sean cero no tendrán varianza acumulada y podrán valorarse a través del clásico VAN; pero si no son nulas éste último método dará resultados falsos al infravalorar el valor actual de los flujos de caja esperados.

Los diferentes casos que se pueden dar atendiendo al valor de su IR, de su VAN y de su varianza acumulada son los seis mostrados en la figura 5. Así, siguiendo el orden de las agujas de un reloj comenzamos por la zona I en la que se encuentran las opciones "dentro del dinero" que tienen un VAN positivo y cuya varianza acumulada es baja (debido a que prácticamente no varía el valor del activo subyacente o a que el vencimiento está muy próximo), en este caso lo ideal es acometer el proyecto ya, puesto que no hay ninguna ganancia en demorarlo.

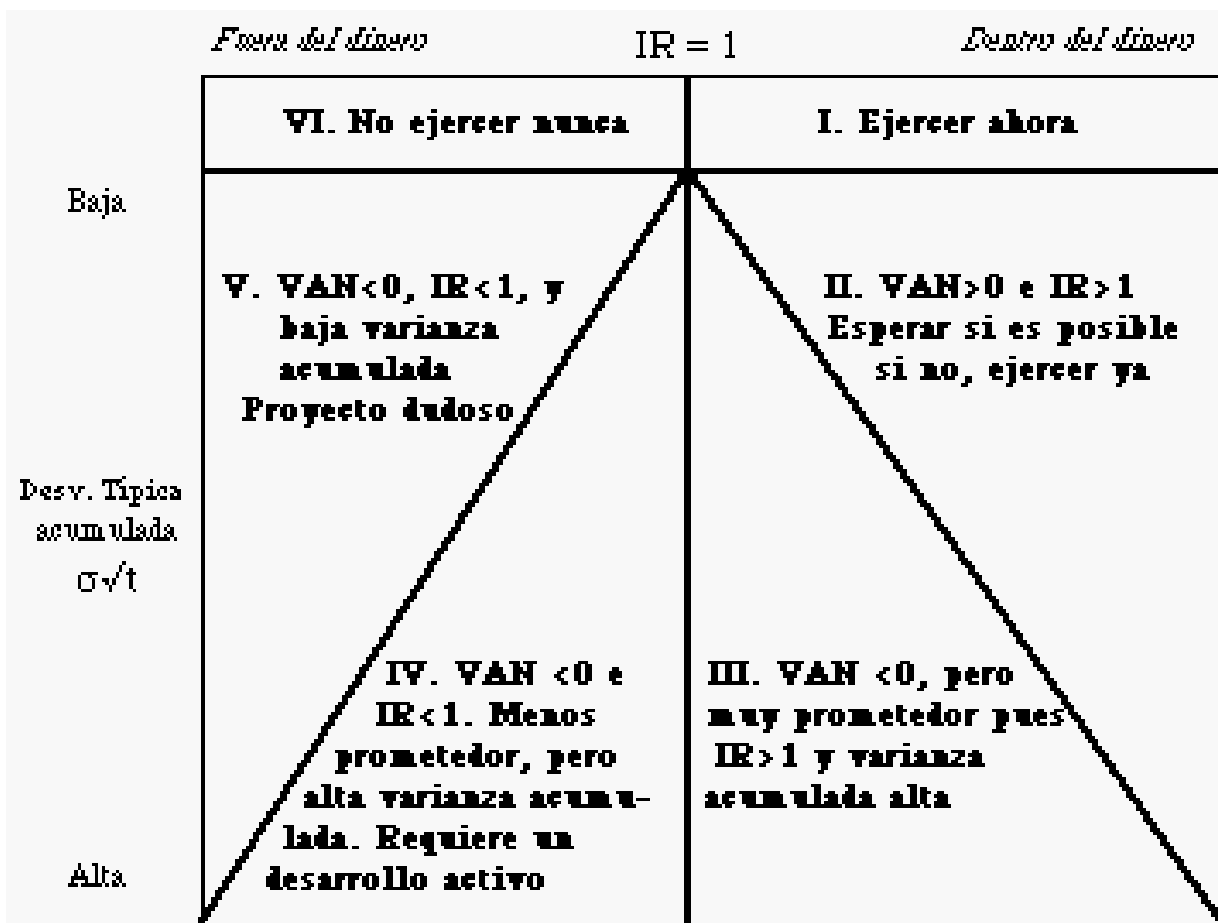


Fig.5

Si las opciones son *dentro del dinero*, su VAN es positivo y la varianza acumulada es grande nos encontraremos en la zona II, en cuyo caso lo ideal es postponer la decisión de invertir pues es muy probable que el valor del activo subyacente aumente con el tiempo. La excepción a esta regla viene dada en el caso de que el activo subyacente se deprecie con el tiempo debido, por ejemplo, a la acción de la competencia o porque ya está produciendo flujos de caja, lo que impulsaría a realizar la inversión antes de su vencimiento. Efectivamente, a veces es preferible ejercer anticipadamente las opciones de compra americanas, que pagan dividendos, en lugar de esperar a su vencimiento, dado que se consigue el dinero de éstos y se previene la erosión del valor de la opción aunque se renuncia al interés sobre el precio de ejercicio (la mayoría de las opciones reales son parecidas a las opciones de compra americanas con reparto de dividendos, por ello es muy importante conocer el funcionamiento de éstas últimas).

En la zona III figuran los proyectos que poseyendo un VAN negativo, tienen opciones *dentro del dinero* y su varianza acumulada es muy grande. En este caso al ser  $IR > 1$  lo indicado es esperar y comprobar si S y E varían, si no fuese así se dejaría expirar la opción sin ejercerla (es decir, no se realizaría el proyecto), pero en otros casos el desarrollo de los acontecimientos puede acabar haciendo interesante el realizar el proyecto en las cercanías de la fecha tope para ello. Veamos un ejemplo de este caso.

### Ejemplo:

Nos encontramos ante la posibilidad de realizar un proyecto de inversión cuyo desembolso inicial es de 1.000.000 de euros. Este desembolso puede realizarse ahora mismo o demorarse

hasta tres años en el tiempo sin variar su cantidad. El valor actual de los flujos de caja que se espera genere este proyecto es de 900.000 euros. La desviación típica de los rendimientos sobre el valor actual de los flujos de caja es del 40%. El tipo de interés sin riesgo es del 5%.

El valor actual neto toma, por tanto un valor:

$$\text{VAN} = -1.000.000 + 900.000 = -100.000 < 0 \text{ No efectuar}$$

La empresa dispone de una opción de compra, que expira dentro de tres años, con un precio de ejercicio de 1.000.000 euros sobre un activo subyacente cuyo valor medio es de 900.000 euros. El IR para esta opción, en la fecha de vencimiento, es igual a:

$$\text{IR} = \frac{S}{\text{VA}(E)} = \frac{900.000}{1.000.000 (1,05)^{-3}} = 1,0418$$

La varianza acumulada es igual a  $s^2 \times t = 0,42 \times 3 = 0,48$

La desviación típica acumulada es  $s = 0,6928$

Una opción con las características anteriores toma un valor del 28,8% del subyacente, es decir,  $0,288 \times 900.000 = \underline{259.200}$  euros.

El VAN total de esta inversión es igual a:

$$\text{VAN total} = \text{VAN básico} + \text{opción de diferir} = -100.000 + 259.200 = 159.200 \text{ euros} > 0$$

Esto significa que si realizásemos hoy el proyecto de inversión perderíamos 100.000 euros, pero si postponemos la decisión hasta un máximo de tres años es muy posible que las condiciones cambien y aquél llegue a proporcionar una ganancia. Así, aunque el  $\text{VAN} < 0$ , el  $\text{IR} > 1$ , o lo que es lo mismo aunque  $E > S$ , el  $\text{VA}(E) < S$ . Lo que quiere decir que esperamos que el valor del activo subyacente aumente a una tasa superior al tipo de interés sin riesgo en los próximos tres años, posibilidad que viene reflejada en el valor de la opción. Concretando, el valor actual neto total es positivo porque el valor de la opción de diferir el proyecto es suficiente para contrarrestar y superar la negatividad del VAN básico.

En la zona IV aparecen los proyectos de inversión que tienen un VAN negativo, un  $\text{IR} < 1$  pero aún disponen de una alta varianza acumulada, que puede resultar beneficiosa a la larga si se demora la realización de aquél a la espera de que mejore el valor del activo antes de la fecha de vencimiento de la opción. En la zona V las características del proyecto son similares al de la zona anterior salvo que la variabilidad del activo subyacente es menor lo que prácticamente desaconseja la realización del proyecto. Por último, en la zona VI se encuentran los proyectos que teniendo un  $\text{VAN} < 0$  y un  $\text{IR} < 1$  carecen de riesgo, lo que significa que no se deben ejercer bajo ningún concepto.

Para terminar, señalaremos que conforme el tiempo transcurra, la incertidumbre (variabilidad) se irá reduciendo y nos iremos desplazando hacia arriba en la figura 5. Por tanto, los gestores

tendrán dos misiones: intentar desplazar los proyectos de inversión hacia la derecha antes de que el tiempo transcurra totalmente; y, mientras tanto, intentar evitar los posibles errores al ejecutar sus decisiones.

### **3.1 Las opciones y el valor de la empresa**

Es evidente la lógica de la valoración de las opciones de crecimiento cuando se aplica a la totalidad de la empresa. Así, el valor de ésta última vendrá dado por el valor actual de los flujos de caja futuros proyectados para las operaciones existentes (más el valor actual de la desgravación fiscal debida al coste de la deuda) más el valor de las opciones implícitas en sus operaciones (I+D, inversiones internacionales, etc.) y el valor de las opciones de compra y de venta que pueden haberse acumulado como resultado de la financiación del negocio (éstas surgen con el transcurso del tiempo en, por ejemplo, las obligaciones con capacidad de amortización anticipada, *warrants*, etc., al variar los tipos de interés, los de cambio, el precio de las acciones,...- véase el capítulo siguiente-). Por tanto:

**Valor de la empresa =**

**VA de las operaciones actuales**

**+ VA de la desgravación fiscal**

**± VA de las opciones existentes sobre la financiación de la empresa**

**+ VA de las opciones en I+D, operaciones internacionales, actividades mineras, flexibilidad operativa, etc..**

## **4. La utilización de las opciones reales**

La utilización de esta aproximación ha aportado una mayor comprensión en la formulación y articulación de las decisiones sobre la conveniencia o no de acometer un proyecto de inversión pero, curiosamente, su implantación ha acarreado variados problemas, muchos de los cuáles, todavía siguen sin ser solucionados satisfactoriamente. Aunque, una de sus utilidades estriba en que a la hora de realizar un análisis ayuda a mantenerse alerta sobre si éste representa una respuesta exacta a un problema simplificado (o aproximado), o una respuesta aproximada a un problema exacto. Veamos algunas de ellas.

### **4.1 La simplificación de proyectos complejos**

La mayoría de los proyectos de inversión productivos son complejos; muchos de ellos, además, incorporan una combinación de activos y opciones en los que los gerentes se enfrentan a una serie de decisiones secuenciales. Este enfoque ayuda a simplificar dicho

problema haciéndolo más fácilmente comprensible y posibilitando su resolución analítica.

La mayoría de los problemas con opciones reales pueden ser descompuestos en una o varias opciones de compra simples. Una guía útil al simplificar consiste en buscar la incertidumbre más importante sobre la que los gerentes toman su decisión. En muchos casos, la resolución de una pequeña serie de incertidumbres determinará el resultado y podremos tomar alguna decisión sin conocer el proyecto en su totalidad.

Otro enfoque interesante consiste en construir simplificaciones tales que el proyecto resultante pueda valorarse y sea dominante o dominado en relación al proyecto real. Si el proyecto simplificado es dominado (vale menos) por el real lo podremos utilizar como un límite inferior del valor del proyecto. Si, por el contrario, fuese dominante (vale más) lo utilizaríamos como límite superior de aquél. En algunos casos es posible construir y calcular ambos tipos de límites.

## 4.2 La estimación de la volatilidad

Hay tres posibles formas de estimar la volatilidad del rendimiento del activo subyacente de la opción implícita en el proyecto de inversión.

1º. *Adivinar*. El coeficiente de volatilidad (*beta*) y el riesgo total (*s*) están positivamente correlacionados en una gran muestra de activos operativos, es decir, aquéllos que tengan grandes *betas* tendrán un mayor riesgo total. Los proyectos individuales suelen tener mayores volatilidades que una cartera diversificada de los mismos proyectos pero, obsérvese, que una volatilidad del 20-30% anual no es demasiado alta para un proyecto individual.

2º. *Utilizar datos históricos*: En algunos sectores la volatilidad puede estimarse a través de los datos históricos de los rendimientos de las inversiones. En otros casos, además, las volatilidades implícitas pueden calcularse a través de los precios de mercado de las opciones sobre acciones. Aunque es necesario realizar algún tipo de ajuste porque, por ejemplo, los rendimientos de las acciones están apalancados y son más volátiles que los rendimientos de los activos subyacentes.

3º. *Simular*. A través de la simulación Montecarlo y de las proyecciones sobre escenarios futuros en una hoja de cálculo se pueden extraer distribuciones de probabilidad de los rendimientos proyectados.

## 4.3 Comprobar los modelos y las distribuciones.

Las distribuciones de los rendimientos de los activos subyacentes en el caso de las opciones reales no siempre siguen una distribución de tipo logonormal tal y como exige el modelo de valoración de Black-Scholes. Una aproximación a este problema es estudiar el sesgo que tiene

la distribución simplificada con relación a la distribución real e interpretar el resultado como un límite, superior o inferior, del valor actual del proyecto. Otro camino consiste en aplicar un modelo de valoración apropiado a dicha distribución real, aunque éste tipo de modelos suele ser muy complejo y de poca utilidad en el campo de las opciones reales.

A veces, el problema procede de que los supuestos del modelo Black-Scholes no se cumplen en las opciones reales y las cinco (o seis si incluimos los dividendos) variables básicas de dicho modelo son insuficientes a la hora de lidiar con las opciones reales. Por ejemplo, dicho modelo supone que el activo subyacente es negociado continuamente y, sin embargo, hay activos reales que se negocian muy poco o nunca. En estos casos el análisis a través de los árboles de decisión, aunque formalmente no es valoración de opciones, puede permitir un mejor tratamiento de la incertidumbre que el VAN convencional.

#### **4.4 La interpretación de los resultados**

La simplificación es esencial si se quiere realizar un análisis que resulte de alguna utilidad. Por otra parte, alguna sofisticación es importante a la hora de interpretar los resultados lo que implica la realización de algún análisis de sensibilidad y la calificación de las inferencias. Así, por ejemplo, cuando tenemos que valorar un proyecto complicado lo simplificamos lo suficiente como para verlo como una opción de compra europea y lo valoramos a través de las cinco variables clásicas; posteriormente, después de situarlo en la figura 5, le volveremos a añadir algo de complejidad de cara a realizar un análisis de sensibilidad, lo que nos ayudará a comprender cuáles son las principales variables que gobiernan su comportamiento.

### **5. Ejemplo de opciones reales: Refinería y extracción de crudo**

Imagínese una compañía petrolera que, durante un año, tiene el derecho a explotar un terreno determinado debido a la posibilidad de que éste tenga reservas de crudo. Denominaremos  $A_0$  a los pagos provenientes de los costes de exploración, de la construcción de caminos y de la creación de otras infraestructuras necesarias. Por otro lado,  $A_1$  representará a los desembolsos necesarios para hacer frente a un nuevo sistema de procesamiento; pagos que tendrán lugar con posterioridad a los de  $A_0$ . A partir del último pago la compañía estará en disposición de generar los flujos de caja operativos.

Durante el proceso de construcción la gerencia puede tomar diversas decisiones con arreglo a las condiciones del mercado del crudo como, por ejemplo:

- a) Puede seguir adelante con el proyecto
- b) Puede reducir la escala de producción un  $c\%$ , ahorrando una porción del último pago  $A_c$  si nos encontramos ante un mercado débil.

c) Se podría diseñar el proceso de producción de forma flexible. Es decir, si los precios aumentasen por encima de lo previsto, la tasa de producción podría incrementarse en un  $x\%$  desembolsando una cantidad adicional  $AE$ .

d) En cualquier momento la gerencia podría liquidar su inversión obteniendo su valor residual o dedicándola a otra utilización alternativa.

Utilizaremos este ejemplo para ir analizando diversos tipos de opciones reales, y su forma de valorarlos, en los siguientes epígrafes. Pero antes de ello, pongámonle algunas cifras a nuestro caso.

Así, supongamos que tenemos la oportunidad de invertir ahora mismo  $A_0 = 104$  (millones de euros) en el proyecto consistente en la extracción de crudo. Además, hemos calculado que el valor actual de los flujos de caja esperados de dicho proyecto dentro de un período puede ser de  $VA_{+1} = 180$  millones si los precios del petróleo ascienden, o puede alcanzar un valor de  $VA_{-1} = 60$  millones si los precios cayesen. En principio, se asigna la misma probabilidad a ambas situaciones (figura 6). Además, los proyectos similares a éste, en plazo y en riesgo, están proporcionando un rendimiento  $k = 20\%$ , mientras que el tipo de interés libre de riesgo es  $r_f = 8\%$ .

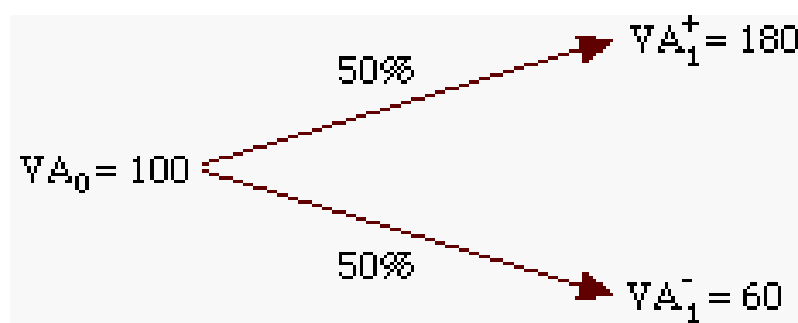


Fig.6

Evidentemente, si calculamos el VAN del proyecto en el instante inicial obtendremos un valor negativo:

$$VAN = -A_0 + VA_0 = -104 + \frac{(0,5 \times 180) + (0,5 \times 60)}{(1 + 0,2)} = -104 + 100 = -4 < 0$$

este valor del VAN básico indicaría la necesidad de rechazar el proyecto de inversión al no tener en cuenta el valor de las opciones implícitas.

Ahora bien, tales opciones pueden ser valoradas si realizamos un proceso de valoración que sea neutral al riesgo a través del cual el valor actual de cualquier derecho contingente puede ser calculado utilizando sus valores futuros esperados (utilizando las probabilidades neutrales al riesgo) descontados al tipo de interés libre de riesgo ( $r_f$ ).

Esto es así, porque si nosotros tenemos una opción cualquiera sobre el proyecto, por ejemplo la de diferirlo un período, sólo ejerceremos ese derecho cuando obtengamos un beneficio y renunciaremos a él en el caso contrario; es decir, no habrá riesgo. Mientras que si decidimos realizar el proyecto en la actualidad, podemos ganar 46 millones o perder 54 millones con la misma probabilidad; es decir, estamos asumiendo un riesgo. Por ello, en el primer caso, al carecer de riesgo, utilizaremos para descontar los flujos de caja futuros el tipo de interés libre de riesgo y, además, recalcularemos las probabilidades de dichos flujos para adaptarlas a la nueva situación sin que alteren el resultado inicial (en ausencia de las opciones reales, claro está). De tal manera que las probabilidades neutrales al riesgo de que los precios asciendan ( $p$ ) y de que descendan ( $1-p$ ) surgen de despejar  $p$  en la siguiente expresión:

$$VA_0 = \frac{VA_1^+ p + VA_1^- (1-p)}{(1+r_f)} \quad [3]$$

$$p = \frac{(1+r_f)VA_0 - VA_1^-}{VA_1^+ - VA_1^-} = \frac{(1+0,08) \times 100 - 60}{180 - 60} = 0,4 \quad [4]$$

$$1 - p = 0,6$$

En este mundo neutral al riesgo el valor actual del proyecto ( $E_0$ ), o el valor de los derechos de los accionistas, será igual a:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} \quad [5]$$

donde  $E_{+1}$  indica el valor del proyecto (suponiendo neutralidad con respecto al riesgo) dentro de un período en el caso de que aumenten los precios, y  $E_{-1}$  lo mismo, en el caso de que éstos descendan. Estos valores nos van a ser muy útiles a la hora de estimar el valor de las opciones reales. Con objeto de comprobar que en ausencia de opciones reales el valor del VAN por este procedimiento sigue siendo el mismo, baste decir que en este caso  $E_{+1} = VA_{+1} = 180$  y que  $E_{-1} = VA_{-1} = 60$  y que el valor actual es igual a:

$$E_0 = \frac{p E_1^+ + (1-p) E_1^-}{(1+r_f)} = \frac{0,4 \times 180 + 0,6 \times 60}{1 + 0,08} = 100$$

Así, el valor es el mismo tanto si lo calculamos con las probabilidades subjetivas asociadas (50% de alza o descenso de los precios) y con un tipo de descuento acorde al riesgo (el 20%), como si lo obtenemos a través de unas probabilidades neutrales al riesgo (40% y 60%, respectivamente, para el alza y el descenso) y con un tipo de descuento libre de riesgo (8%). Estas probabilidades neutrales al riesgo son las que a partir de ahora utilizaremos al estimar el valor de las diversas opciones reales.

Seguidamente, vamos a analizar la valoración de diversas opciones reales que pueden

encontrarse en los proyectos de inversión productivos y vamos a hacerlo de forma individualizada, es decir, estudiaremos cada opción como si sólo existiese esa opción real y ninguna más. Pero el lector debe estar avisado de que en los proyectos de inversión puede haber varias opciones reales simultáneamente por lo que si ha entendido bien el proceso de su valoración individual podrá estimar su valor conjunto con pequeños ajustes. Si el proyecto resultara muy complejo le remitimos al epígrafe 4.1 anterior.

## 6. La opción de diferir una inversión

La posesión del derecho temporal sobre el terreno proporciona la posibilidad de diferir el proyecto de inversión durante un año con objeto de reducir la incertidumbre sobre el comportamiento de los precios del petróleo en el futuro próximo. Así, si el precio del crudo aumenta suficientemente a lo largo del año, al final del mismo la directiva procederá a invertir  $A_1$  ejerciendo su opción a extraer el crudo. La creación de valor un instante antes de expirar su derecho es igual a:

$$E_1 = \text{Máx}[VA_1 - A_1 ; 0] \quad [6]$$

lo que quiere decir que la *opción de diferir* es similar a una opción de compra americana sobre el valor actualizado de los flujos de caja esperados del proyecto ( $VA$ ) y cuyo precio de ejercicio es  $A_1$ . Debido a que la realización anticipada del proyecto implica renunciar a la opción de diferirlo, el valor de ésta última actúa como un coste de oportunidad, justificando la realización del proyecto sólo cuando el valor actual de los flujos de caja excede del valor actual del desembolso inicial por una cantidad importante (cantidad que representa el valor de la opción de diferimiento).

Así  $A_1$  será igual a  $104 \times 1,08 = 112,32$  millones de euros, mientras que los valores actuales del proyecto dentro de un año, en el caso de neutralidad al riesgo, se calculan aplicando la ecuación 6:

$$E_{1+} = \text{Máx}[VA_{+1} - A_1 ; 0] = \text{Máx} [180 - 112,32 ; 0] = 67,68$$

$$E_{1-} = \text{Máx}[VA_{-1} - A_1 ; 0] = \text{Máx} [60 - 112,32 ; 0] = 0$$

El valor total del proyecto, opción de diferimiento incluida, se calcula a través de la ecuación 5:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} = \frac{0,4 \times 67,6 + 0,6 \times 0}{1 + 0,08} = 25,07$$

por tanto, si ahora quisiéramos conocer el valor de la opción de diferir el proyecto no tendríamos más que restarle a su valor total (25,07 millones de euros) su propio VAN básico (-

4 millones de euros) con lo que obtendríamos un valor de la opción de diferimiento del proyecto de 29,07 millones de euros:

$$\text{Opción de diferir} = \text{VAN total} - \text{VAN básico} = 25,07 - (-4) = 29,07 \text{ mill. eur.}$$

Como el valor actual de los flujos de caja esperados es de 100 millones de euros, quiere decir que el valor de la opción de diferir es igual al 29% del valor de dichos flujos. Un valor importante.

## **7. La opción de ampliar una inversión**

Si los precios, u otras condiciones del mercado, resultan ser mucho más favorables que lo inicialmente esperado, la dirección podría acelerar sus planes de expansión de la producción (en un x%) incurriendo en un coste adicional (AE). Esto es lo mismo que adquirir una opción de compra sobre una parte adicional del proyecto base con un precio de ejercicio igual a AE.

Por tanto, la oportunidad de inversión con la opción de ampliación incorporada puede ser contemplada como un proyecto de inversión base (VA) más una opción de compra sobre una inversión futura:

$$E_1 = VA_1 + \text{Máx} [xVA_1 - AE ; 0] \quad [7]$$

La opción de ampliar la escala productiva puede ser estratégicamente importante de cara a posibilitar a la compañía la capitalización de las futuras oportunidades de crecimiento. Esta opción, que sólo será ejercida cuando el comportamiento futuro del mercado se vuelva claramente favorable, puede hacer que un proyecto de inversión aparentemente desaconsejable (basado en el VAN básico) tenga un valor positivo.

Volviendo a nuestro ejemplo, supongamos que la empresa tiene la oportunidad de acelerar la tasa de producción en un 50% más ( $x = 0,5$ ) incurriendo en un desembolso adicional posterior de 40 millones de euros (AE), siempre que las condiciones posteriores resulten ser claramente favorables.

Así, transcurrido un año el equipo directivo puede elegir entre continuar con la escala de producción actual o ampliarla 1,5 veces pagando una cantidad adicional:

$$E_{1+} = VA_{+1} + \text{Máx} [xVA_{+1} - AE ; 0] = 180 + \text{Máx} [180 \times 0,5 - 40 ; 0] = 230 \text{ (ampliar)}$$

$$E_{1-} = VA_{-1} + \text{Máx} [xVA_{-1} - AE ; 0] = 60 + \text{Máx} [60 \times 0,5 - 40 ; 0] = 60 \text{ (no ampliar)}$$

El valor total del proyecto ( $E_0$ ), opción de ampliación incluida, será igual a:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} - A_0 = \frac{0,4 \times 230 + 0,6 \times 60}{1+0,08} - 104 = 14,5 \text{ mill. eur.}$$

y el valor de la opción de ampliar tendrá un valor de 18,5 millones de euros (el 18,5% del valor actual de los flujos de caja):

$$\text{Opción de ampliar} = \text{VAN total} - \text{VAN básico} = 14,5 - (-4) = 18,5 \text{ mill. eur.}$$

Un claro ejemplo de este tipo de opciones es el proceso de inversión por etapas seguido por los fondos de inversión en capital-riesgo. Así, de cara a reducir su riesgo, dichos fondos van invirtiendo dinero en la empresa paso a paso, con la condición de que la etapa previa haya proporcionado un resultado aceptable; de esta manera van ejerciendo las diversas opciones de ampliación de su inversión. En caso contrario, si el resultado fuese desfavorable, siempre puede ejercer la opción de abandonar el proyecto (véase el epígrafe 10). En conclusión, la inversión por etapas les permite obtener las opciones de crecimiento y de abandono y de decidir cuál ejercen según sea la información que vayan recogiendo a lo largo del horizonte de planificación.

## **8. La opción para reducir**

En este apartado vamos a ver el caso contrario al contemplado en el anterior. Si las condiciones del mercado resultasen ser peores que las esperadas, la compañía podría operar con menor capacidad productiva e, incluso, podría optar por reducirla en un c%, lo que le permitiría ahorrar parte de los desembolsos iniciales previstos ( $A_r$ ). Esta flexibilidad para reducir las pérdidas se puede contemplar como una opción de venta sobre parte (un c%) del proyecto inicialmente previsto, con un precio de ejercicio igual al ahorro de los costes potenciales ( $A_r$ ), y que viene proporcionada por

$$\text{Máx } [A_r - c \text{ VA}_1 ; 0] \text{ [8]}$$

Este tipo de opción puede resultar muy útil en el caso de la introducción de nuevos productos en mercados inciertos, o en el caso de tener que elegir entre tecnologías o plantas industriales con diferentes relaciones construcción-mantenimiento en cuanto a costes (por ej., se podría elegir una planta de bajo coste de construcción pero alto coste de mantenimiento, que permitiese la reducción de éste último en caso de que la demanda no respondiese adecuadamente).

Supongamos que en nuestra explotación petrolífera el desembolso inicial de 104 millones de euros se puede dividir en dos pagos: 50 millones ahora y 58,32 millones el año próximo (esta cantidad surge de calcular el valor futuro de los 54 millones restantes:  $54 \times 1,08 = 58,32$ ). De esta última cifra 18,32 millones serán costes fijos y el resto variables, que se pueden subdividir en 33,32 millones de publicidad y 6,68 de mantenimiento.

Al transcurrir un año, el equipo directivo tiene la opción de reducir la escala productiva a la mitad ( $c = 0,5$ ) desembolsando en dicho instante sólo 25 millones de euros (con lo que se ahorrará 33,32 millones al eliminar totalmente los gastos en publicidad). Opción que ejercerá siempre que las ventas sean claramente inferiores a lo previsto. Es decir, el valor actual global será igual a:

$$E_1 = (VA_1 - A_1) + \text{Máx} [A_r - c VA_1 ; 0] \quad [9]$$

sustituyendo las variables por las cifras de nuestro ejemplo obtendremos:

$$E_{1+} = (VA_{+1} - A_1) + \text{Máx} [A_r - c VA_{+1}; 0] = (180 - 58,32) + \text{Máx} [33,32 - 0,5 \times 180 ; 0] =$$

$$= 121,68 \text{ mill. de euros (no reducir)}$$

$$E_{1-} = (VA_{-1} - A_1) + \text{Máx} [A_r - c VA_{-1}; 0] = (60 - 58,32) + \text{Máx} [33,32 - 0,5 \times 60 ; 0] =$$

$$= 5 \text{ mill. de euros (reducir)}$$

El valor del proyecto, opción de reducción incluida, es igual a:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} - A_0 = \frac{0,4 \times 121,68 + 0,6 \times 5}{1 + 0,08} - 50 = -2,16 \text{ mill. de eur.}$$

y, por tanto, el valor de la opción de reducir la producción alcanza un valor de:

$$\text{Opción de reducir} = \text{VAN total} - \text{VAN básico} = -2,16 - (-4) = 1,84 \text{ mill. eur.}$$

## **9. La opción de cerrar temporalmente las operaciones**

En cierto tipo de industrias como las de extracción de recursos naturales (minería, petróleo, gas, etc.), o en la planificación y construcción de industrias cíclicas, moda, bienes de consumo, etc., existe la posibilidad de detener temporalmente la totalidad del proceso productivo cuando los ingresos obtenidos son insuficientes para hacer frente a los costes variables operativos (como los de mantenimiento, por ejemplo) y de volver a producir cuando la situación se haya invertido.

Por tanto, podemos contemplar las operaciones anuales como opciones de compra de los ingresos de ese año ( $C$ ) y cuyo precio de ejercicio viene dado por los costes variables

operativos ( $A_v$ ). El valor de dichas opciones se puede calcular a través de la siguiente expresión:

$$\text{Máx [C - } A_v; 0] \quad [10]$$

Volvamos a tomar los datos del punto anterior con alguna información adicional. Así, supongamos que la directiva puede realizar un primer pago de 50 millones de euros y un segundo pago al final del año de 58,32 millones. Este último se subdivide en 25 millones de costes de mantenimiento (20 de costes fijos y el resto de costes variables) y 33,32 millones de costes de publicidad (todos variables). Es decir, los costes fijos totales representan 20 millones de euros y los variables son 38,32 millones.

Supongamos que al final del año 1 se espera que los ingresos sean iguales al 30% del valor actual del proyecto en dicho instante ( $C = 0,3VA_1$ ), es decir:

$$C_+ = 0,3 VA_+ = 0,3 \times 180 = 54$$

$$C_- = 0,3 VA_- = 0,3 \times 60 = 18$$

Si la gerencia desea conseguir dichos ingresos deberá incurrir en 38,32 millones de costes variables. Así, pues, aquélla tiene la opción de hacerse con el valor del proyecto  $VA$  (neto de costes fijos  $AF$ ) menos los costes variables, o bien abandonarlo temporalmente recibiendo a cambio el valor del proyecto menos los ingresos a los que se renuncia ( $C$ ):

$$E_1 = \text{Máx [} VA_1 - A_v ; VA_1 - C] - AF = (VA_1 - AF) - \text{Min [} A_v ; C] \quad [11]$$

Sustituyendo las variables por sus valores, obtendremos:

$$E_{+1} = (VA_{+1} - AF) - \text{Min [} A_v ; C_+] = (180 - 20) - \text{Min [} 38,32 ; 54] = 121,68 \text{ (continuar)}$$

$$E_{-1} = (VA_{-1} - AF) - \text{Min [} A_v ; C_-] = (60 - 20) - \text{Min [} 38,32 ; 18] = 22 \text{ (abandonar)}$$

El valor del proyecto, opción de cierre temporal incluida, es igual a:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} - A_0 = \frac{0,4 \times 121,68 + 0,6 \times 22}{1 + 0,08} - 50 = 7,29 \text{ mill. eur.}$$

y, por tanto, el valor de la opción aisladamente considerada alcanzará un valor de:

$$\text{Opción de cerrar temporalmente} = \text{VAN total} - \text{VAN básico} = 7,29 - (-4) = 11,29 \text{ mill. eur.}$$

Un ejemplo típico de este tipo de opción es el de la explotación de una mina de carbón. Su dueño cerrará temporalmente las operaciones de extracción del mineral no cuando el precio de mercado de la tonelada de carbón sea inferior a su coste de extracción, sino cuando la pérdida sea tan grande que contrarreste los costes de cerrar temporalmente la mina. Mientras ello no

ocurra, aún perdiendo dinero, la seguirá explotando. Por una razón similar, una vez cerrada procederá a reabrirla cuando el beneficio obtenido supere a los costes de reapertura.

## 10. La opción de cerrar definitivamente las operaciones

La gerencia no tendrá que seguir incurriendo en costes fijos si no se vislumbra una mejora del precio del petróleo o existen otras causas que aconsejen el abandono definitivo del proyecto. Esto es, la directiva tiene una opción para abandonar el proyecto a cambio de su valor residual (éste puede ser su valor de liquidación, la venta de la compañía, etc.). Dicha opción de venta sobre el valor actual del proyecto (VA) es de tipo americano, cuyo precio de ejercicio es el valor residual o el de la mejor alternativa posible (VR), y capacita a la directiva a recibir:

$$VA + \text{Máx} [VR - VA ; 0] = \text{Máx} [VA ; VR] \quad [12]$$

Así, supongamos que el valor residual de la empresa de explotación petrolífera (o el de su mejor alternativa) se distribuye según el esquema temporal mostrado en la figura 7.

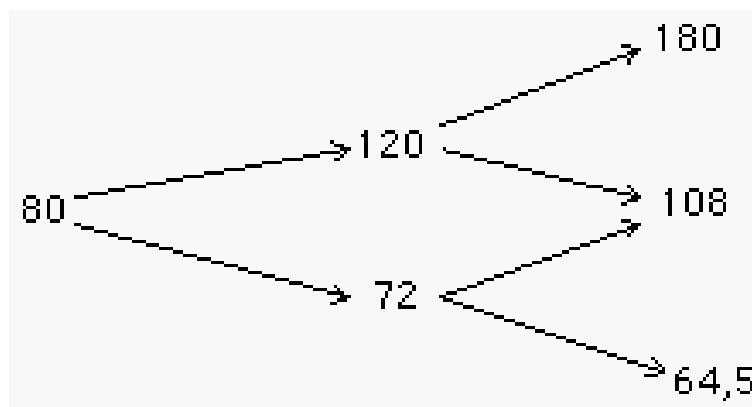


Fig. 7

En el que se puede observar como el valor residual actual ( $VR_0 = 80$  millones) es inferior al valor actual del proyecto ( $VA_0 = 100$  millones), puesto que si esto no fuese así la directiva habría optado directamente por no acometer éste último; además tiene la misma tasa de rendimiento interno que el proyecto (20%) y una menor varianza (así, si las cosas van bien no será óptimo abandonar tempranamente el proyecto, pero si van mal podría ser aconsejable). Por tanto, el valor del proyecto para los accionistas será:

$$E_{+1} = \text{Máx} [VA_{1+} ; VR_{1+}] = \text{Máx} [180 ; 120] = 180 \text{ (continuar)}$$

$$E_{-1} = \text{Máx} [VA_{1-} ; VR_{1-}] = \text{Máx} [60 ; 72] = 72 \text{ (abandonar)}$$

El valor del proyecto, opción de abandono incluida, será:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} - A_0 = \frac{0,4 \times 180 + 0,6 \times 72}{1 + 0,08} - 104 = 2,67 \text{ mill. de eur.}$$

y, por tanto, el valor de la opción de abandonar totalmente la producción es igual a:

$$\text{Opción de cerrar} = \text{Valor total} - \text{VAN básico} = 2,67 - (-4) = 6,67 \text{ mill. de euros}$$

Este tipo de opciones, aparece en muchos tipos de negocios. Por ejemplo, los capitalistas-riesgo cuando comprometen una determinada cantidad de dinero en una nueva empresa lo suelen hacer por etapas (como ya comentamos en el epígrafe 7), lo que les permite mantener la opción de abandonar el proyecto en cuanto consideren que su futuro es bastante oscuro. De hecho, la principal razón de racionar el dinero invertido a través de su reparto por etapas es precisamente el mantenimiento de la opción de abandono.

El valor de la opción de abandono aumenta: a) cuanto mayor sea la incertidumbre sobre el valor futuro del negocio; b) cuanto mayor sea la cantidad de tiempo de que se dispone para ejercer dicha opción; c) cuanto mayor sea la relación entre el valor de abandono del proyecto (su valor de liquidación) respecto de su valor continuado (valor actual de los flujos de caja libres restantes menos la inversión adicional a realizar).

### 10.1 El caso de dos períodos

Vamos a aprovechar este epígrafe para comentar que, evidentemente, la valoración del proyecto de inversión o de las propias opciones no se limita sólo al próximo período sino que se puede extrapolar a períodos posteriores. Vamos a ver, por ejemplo, cómo se podría hacer este cálculo para los dos próximos años en el caso que estamos analizando aquí.

Para calcular el valor del proyecto al final del año 1 es necesario recordar que el valor actual del mismo en dicho instante podía ser o bien  $VA_{+1} = 180$  millones, o bien  $VA_{-1} = 60$  millones según que las cosas fuesen bien o mal, respectivamente. Obsérvese que el factor de crecimiento del valor del proyecto es del 1,8 y el de decrecimiento es del 0,6 (véase la figura 8).

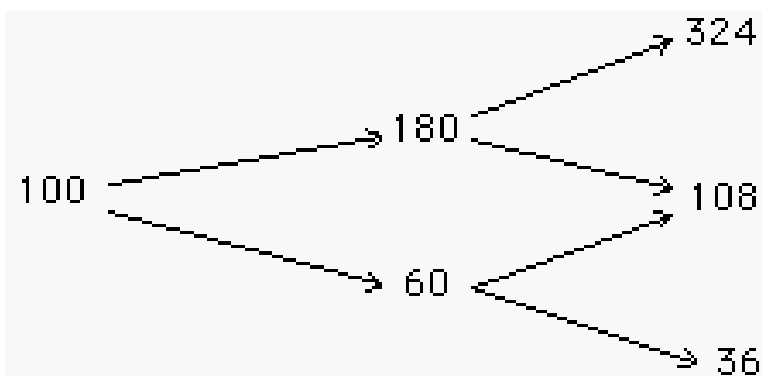


Fig. 8

En el caso de que las condiciones sean optimistas el  $VA_{++2} = VA_{+1} \times 1,8 = 324$  millones, si son intermedias el  $VA_{+-2} = VA_{+1} \times 0,6 = 108$  millones, mientras que si fuesen pesimistas  $VA_{--2} = VA_{-1} \times 0,6 = 36$  millones.

$1 \times 0,6 = 36$  millones. Por tanto, los posibles valores del proyecto al final del año 2, con la posibilidad de abandonarlo totalmente, serían:

$$E_{++} = \text{Máx} [VA_{2++} ; VR_{2++}] = \text{Máx} [324 ; 180] = 324 \text{ millones (continuar)}$$

$$E_{+-} = \text{Máx} [VA_{2+-} ; VR_{2+-}] = \text{Máx} [108 ; 108] = 108 \text{ millones}$$

$$E_{--} = \text{Máx} [VA_{2--} ; VR_{2--}] = \text{Máx} [36 ; 64,5] = 64,5 \text{ millones (abandonar)}$$

Con estos datos se puede calcular el valor del proyecto al final del año 1 si las condiciones son optimistas:

$$E_1^+ = \frac{pE_2^{++} + (1-p)E_2^{+-}}{(1+r_f)} = \frac{0,4 \times 324 + 0,6 \times 108}{1 + 0,08} = 180 \text{ millones}$$

y si son pesimistas:

$$E_1^- = \frac{pE_2^{+-} + (1-p)E_2^{--}}{(1+r_f)} = \frac{0,4 \times 108 + 0,6 \times 64,5}{1 + 0,08} = 75,8 \text{ millones}$$

Por tanto, el valor del proyecto, opción de abandono incluida, será:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{(1+r_f)} - A_0 = \frac{0,4 \times 180 + 0,6 \times 75,8}{1 + 0,08} - 104 = 4,78 \text{ millones}$$

y, por tanto, el valor de la opción de abandonar totalmente la producción es igual a:

$$\text{Opción de cerrar} = \text{Valor total} - \text{VAN básico} = 4,78 - (-4) = 8,78 \text{ mill. de euros}$$

Obsérvese que, como ya señalamos anteriormente, al tener en cuenta un mayor plazo de tiempo el valor de la opción es mayor lo que es lógico puesto que el valor de las opciones aumenta con el horizonte temporal.

## 11. Conclusiones

A lo largo de este trabajo hemos visto como la metodología de análisis de los proyectos de inversión complementa a la utilizada por los métodos de valoración consistentes en el descuento de los flujos de caja a una tasa acorde a su riesgo. Efectivamente, el método del valor actual neto, principal representante de la metodología del descuento de flujos de caja, infravalora los proyectos de inversión que incorporan consideraciones de tipo estratégico.

La metodología de valoración consistente en incluir las diversas opciones reales, llamadas así para distinguirlas de las opciones financieras, permite incorporar la flexibilidad empresarial a un método que prácticamente carece de ella (salvo que sea ayudado con técnicas como los árboles de decisión o la simulación). Esto es, permite tener en cuenta al momento idóneo para realizar el proyecto, la capacidad de aumentar la producción, la posibilidad de reducirla e incluso de abandonar el proyecto en plena realización como forma de reducir las pérdidas, etcétera.

En concreto, la valoración de proyectos a través de las opciones reales, tiene el potencial no sólo de ayudar a integrar el presupuesto de capital con la planificación estratégica, sino también a ofrecer un método consistente de análisis de la totalidad de la dirección financiera empresarial (implicando tanto decisiones financieras como reales).

## **Bibliografía utilizada**

AGMON, Tamir: "Capital Budgeting and the Utilization of Full Information: Performance Evaluation and the Exercise of Real Options" en AGGARWAL, Raj (ed.): *Capital Budgeting Under Uncertainty*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1993. Cap. 13

BREALEY, Richard y MYERS, Stewart: *Fundamentos de Financiación Empresarial*. McGraw Hill. Madrid. 1993(4ª de.). Cap. 21

BRENNAN, Michael y SCHWARTZ, Eduardo: "A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments". En CHEW, Donald (ed.): *The New Corporate Finance*. McGraw Hill. Nueva York. 1993. Págs.: 98-107

BUCKLEY, Adrian: *International Capital Budgeting*. Prentice Hall. Londres. 1996. Cap. 3º

DIXIT, Avinash y PINDYCK, Robert: *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press. Princeton (NJ). 1994

DIXIT, Avinash y PINDYCK, Robert: "The Options Approach to Capital Investment". *Harvard Business Review*. Mayo-Junio. 1995. Págs.: 105-115

EDLESON, Michael: "Real Options: Valuing Managerial Flexibility (A)". *Harvard Business School*. Note nº 9-294-109. 1994

KASANEN, Eero y TRIGEORGIS, Lenos: "Flexibility, Synergy, and Control in Strategic Investment Planning" en AGGARWAL, Raj (ed.): *Capital Budgeting Under Uncertainty*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1993. Cap. 12

KESTER, W. Carl: "Today's options for tomorrow's growth" *Harvard*

*Business Review* (Marzo-Abril) 1984. Págs.: 153-160. Existe traducción al español "Las opciones de hoy para el crecimiento futuro". *Análisis Financiero* 54, 1991. Págs.: 65-74

KESTER, W.Carl: "An Options Approach to Corporate Finance", en ALTMAN, Edward (ed.): *Handbook of Corporate Finance*. John Wiley. Nueva York. 1986. Cap.5º

KESTER, W.Carl:"Turning Growth Options Into Real Assets" en AGGARWAL, Raj (ed.): *Capital Budgeting Under Uncertainty*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NJ). 1993. Cap. 11

LUEHRMAN, Timothy: "Capital Projects as Real Options: An Introduction". *Harvard Business School*. Note nº 9-295-074. 1995

MASON, Scott y MERTON, Robert: "Aplicaciones de la Teoría de Opciones para las Finanzas de la Empresa". *Análisis Financiero* 54. 1991. Págs.: 38-53

TRIGEORGIS, Lenos y MASON, Scott: "Valoración de la Flexibilidad Futura en las Decisiones de Inversión". *Análisis Financiero* 54. 1991. Págs.: 56-64

TRIGEORGIS, Lenos (ed.): *Real Options in Capital Investments*. Praeger. Westport (Conn). 1995

WESTON, J.Fred y COPELAND, Thomas: *Managerial Finance*. Dryden Press. Fort Worth (Texas). 1992 (5ª de.). Cap. 13

## **Apéndice: Tipos de Opciones Reales y su Metodología**

Existen más tipos de opciones reales además de los anteriormente expuestos todos ellos pueden verse de forma resumida en la tabla 2, en la que además se muestra qué especialistas los han analizado.

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importante en:</b>	<b>Analizado por:</b>

<p><b>Opción para diferir</b></p>	<p>La gerencia mantiene un alquiler o una opción de compra sobre un terreno, o recurso, valioso. Puede esperar (x años) para ver si los precios de los outputs justifican la construcción de un edificio, instalaciones, o el desarrollo del terreno.</p>	<p>Todas las industrias extractivas de recursos naturales;</p> <p>inmobiliarias;</p> <p>granjas; papeleras; etc.</p>	<p>Tourinho (1979): "The Option Value of Reserves of Natural Resources". <i>Working Paper</i>. University of California-Berkeley.</p> <p>Titman (1985): "Urban Land Prices under Uncertainty", <i>American Economic Review</i> 75, 3 (Jun). Pp.: 505-514</p> <p>McDonald &amp; Siegel (1986): "The Value of Waiting to Invest". <i>Quarterly Journal of Economics</i> 101,4 (Nov.) Pp.: 707-727</p> <p>Paddock, Siegel &amp; Smith (1988): "Option Valuation Of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases", <i>Quarterly Journal of Economics</i> 103,3 (Ago) Pp.: 479-508</p> <p>Ingersoll &amp; Ross (1992): "Waiting to Invest: Investment and Uncertainty". <i>Journal of Business</i> 65,1 (Ene). Pp.: 1-29</p>
<p><b>Tiempo para crear la opción (inversión por etapas)</b></p>	<p>La inversión en etapas, a través de una serie de desembolsos, crea la opción de abandonar el proyecto a mitad de camino si la nueva información fuese desfavorable. Cada etapa puede ser contemplada como una opción sobre el valor de las etapas posteriores y valorada como una opción compuesta</p>	<p>Proyectos de I+D, especialmente farmacéuticos;</p> <p>Proyectos que impliquen grandes desembolsos durante mucho tiempo: construcción a gran escala, plantas generadoras de energía, capital-riesgo al arrancar un negocio, etc.</p>	<p>Majd &amp; Pindyck (1987): "Time to Build, Option Value, and Investment Decisions", <i>Journal of Financial Economics</i> 18 (Mar.). Pp.: 7-27</p> <p>Carr (1988): "The Valuation of Sequential Exchange Opportunities", <i>Journal of Finance</i> 43,5 (Dic.) Pp.: 1235-1256</p> <p>Trigeorgis (1993): "Real Options and Interactions with Financial Flexibility",</p>

			<p><i>Financial Management</i> 22,3 (Otoño). Pp.: 202-224</p>
<p>Opción para <i>alterar la escala de las operaciones</i> (p.e. <b>expandir, reducir, cerrar y reiniciar</b>)</p>	<p>Si las condiciones del mercado son más favorables que las esperadas, la empresa podrá expandir la escala de producción o acelerar la utilización de los recursos.</p> <p>Si no ocurriese así, se podrá reducir la escala de las operaciones y en casos extremos se podrían detener totalmente y reiniciarlas cuando convenga.</p>	<p>Industrias de recursos naturales como las mineras;</p> <p>Planificación y construcción de productos en sectores cíclicos;</p> <p>Moda;</p> <p>Bienes de consumo;</p> <p>Inmobiliarias, etc.</p>	<p>Brennan &amp; Schwartz (1985): "Evaluating Natural Resource Investments", <i>Journal of Business</i> 58,2 (Abril). Pp.: 135-157</p> <p>McDonald &amp; Siegel (1985): "Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down", <i>International Economic Review</i> 26,2 (Jun.), pp.: 331-349</p> <p>Trigeorgis &amp; Mason (1987): "Valuing Managerial Flexibility", <i>Midland Corporate Finance Journal</i> 5,1 (Primavera). Pp.: 14-21</p> <p>Pindyck (1988): "Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm", <i>American Economic Review</i> 78, 5 (Dic.) Pp.: 969-985</p>
<p>Opción de <b>abandono</b></p>	<p>Si las condiciones del mercado descienden fuertemente, la gerencia puede abandonar las operaciones actuales permanentemente y proceder a liquidar los activos de la empresa en el mercado de segunda mano.</p>	<p>Industrias de capital intensivo: aerolíneas y ferrocarriles;</p> <p>Servicios financieros;</p> <p>Introducción de nuevos productos en mercados inciertos.</p>	<p>Myers &amp; Majd (1990): "Abandonment Value and project Life" <i>Advances in Futures and Options Research</i> 4. Pp.: 1-21</p>

<p>Opción de <b>cambio</b> (p.e. <i>outputs</i> o <i>inputs</i>)</p>	<p>Si los precios o la demanda varían, la gerencia puede cambiar la combinación de los outputs ofertados (flexibilidad de la producción). Alternativamente, los mismos outputs pueden fabricarse utilizando diferentes tipos de inputs (flexibilidad del proceso).</p>	<p><u>Cambios en los outputs:</u></p> <p>Bienes con una demanda muy volátil, p.e: electrónica de consumo, juguetes, componentes de maquinaria, autos...</p> <p><u>Cambios en los inputs:</u></p> <p>Productos que dependen fuertemente del suministro de materias primas, p.e.: petróleo, energía eléctrica, química, agrícolas...</p>	<p>Margrabe (1978): "The Value of an Option to Exchange One Asset for Another". <i>Journal of Finance</i> 33, 1 (Mar.). pp.: 349-360</p> <p>Kensinger (1987): "Adding the Value of Active Management into the Capital Budgeting Equation", <i>Midland Corporate Finance Journal</i> 5, 1 (Primavera) Pp.: 31-42</p> <p>Kulatilaka (1988): "Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems", <i>IEEE Transactions in Engineering Management</i> 35, 4. Pp.: 250-257</p> <p>Kulatilaka &amp; Trigeorgis (1994): "The General Flexibility to Swicht: Real Options Revisited", <i>International Journal of Finance</i> 6,2 (Primavera)</p>
	<p>Una inversión temprana (p.e. I+D, arrendamiento sobre terreno no desarrollado o reservas petrolíferas, adquisición</p>	<p>Industrias basadas en infraestructura o</p>	<p>Myers (1977): "Determinants of Corporate Borrowing". <i>Journal of Financial Economics</i> 5,2 (Nov) Pp.: 147-175</p> <p>Brealey &amp; Myers (1991): <i>Principles of Corporate Finance</i>. McGraw Hill. Nueva York</p> <p>Kester (1984): "Today's Options for Tomorrow's Growth", <i>Harvard Business Review</i> 62,2 (Mar). Pp.:153-160</p> <p>Kester (1993): "Turning Growth</p>

<p>Opciones de <b>crecimiento</b></p>	<p>estratégica, redes/ infraestructura de información) es un prerequisite o enlace en una cadena de proyectos interrelacionados, que posibilitan futuras oportunidades de crecimiento (p.e. procesos o productos de nueva generación, acceso a nuevos mercados, fortalecimiento de las capacidades internas). Como opciones compuestas dentro del proyecto global.</p>	<p>estratégicas, especialmente de alta tecnología, I+D, o industrias con múltiples generaciones o aplicaciones de productos (p.e: informática, farmacéuticas...);</p> <p>Operaciones multinacionales;</p> <p>Adquisiciones estratégicas.</p>	<p>Options into Real Assets" en AGGARWAL: <i>Capital Budgeting under Uncertainty</i>. Prentice Hall Englewood Cliffs. Pp.: 187-207</p> <p>Trigeorgis (1988): "A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting". <i>Advances in Futures and Options Research</i> 3. Pp.: 145-167</p> <p>Pindyck (1988): "Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm", <i>American Economic Review</i> 78, 5 (Dic.) Pp.: 969-985</p> <p>Chung &amp; Charoenwong (1991): "Investment Options, Assets in Place, and the Risk of Stocks", <i>Financial Management</i> 20,2 (Otoño). Pp.: 21-33</p>
<p>Opciones con múltiples <b>interacciones</b></p>	<p>En la vida real los proyectos implican a menudo un <i>compendio</i> de varias opciones, que favoreciendo el crecimiento en caso de ascenso (call) y protegiendo en caso de descenso (put), se presentan conjuntamente. Su valor combinado puede diferir de la suma de las opciones individuales (porque interactúan entre sí). Pueden también interactuar con opciones de flexibilidad financiera</p>	<p>Los proyectos de la mayoría de las industrias comentados anteriormente.</p>	<p>Trigeorgis (1993): "Real Options and Interactions with Financial Flexibility", <i>Financial Management</i> 22,3 (Otoño). Pp.: 202-224</p> <p>Brennan &amp; Schwartz (1985): "Evaluating Natural Resource Investments", <i>Journal of Business</i> 58,2 (Abril). Pp.: 135-157</p> <p>Kulatilaka &amp; Trigeorgis (1994): "The General Flexibility to Swicht: Real Options Revisited", <i>International Journal of Finance</i> 6,2 (Primavera)</p>

## Tabla 2. Principales opciones reales

Este cuadro está basado en TRIGEORGIS, Lenos: "Real Options: An Overview", en TRIGEORGIS, Lenos: *Real Options in Capital Investments*. Praeger. Westport (Conn). 1995, págs.: 3-4