

OPCIONES REALES

Gabriel Pérez Lance

OPCIONES REALES

Gabriel Pérez Lance

Índice

- 1) Introducción.
- 2) Resumen.
- 3) Historia y aplicación de las opciones reales.
- 4) Opciones financieras.
- 5) Similitud y diferencia entre opciones reales y opciones financieras.
- 6) Limitación del método de valuación por flujo de fondos descontados.
- 7) Aplicación de las opciones financieras a la valuación de opciones reales.
- 8) Aplicación de los modelos obtenidos a la valuación de una empresa argentina.
- 9) Conclusiones.
- 10) Bibliografía.

1) Introducción

En la práctica, para determinar el valor de una empresa, se utilizan técnicas de valuación tradicionales y en algunos casos dichas técnicas no contemplan el valor estratégico de las decisiones sobre alternativas que pudieran elegirse en relación a los proyectos con un management activo que puede adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado.

Tanto la valuación por múltiplos como la técnica del Valor Actual Neto, tienen la

ventaja de una relativa simplicidad para su cálculo, pero dejan a un costado un componente de valor importante: El valor combinado de las opciones reales.

Es fundamental, al momento de valorar una empresa, considerar todas las fuentes de valor de la misma; ya sea para analizar la venta (o compra) de la misma, o bien para la elección de las decisiones estratégicas a considerar.

2) Resumen

El presente trabajo intentará, a través de un caso concreto, mostrar la importancia de considerar en la valuación de una empresa, el concepto de valor debido a cuestiones estratégicas mediante un modelo de opciones reales. Se contrastará el análisis con las técnicas de valuación tradicionales.

Para el enfoque en el que consideraremos el componente estratégico de flexibilidad, se utilizaron modelos de valuación de opciones reales que contemplan la existencia de procesos estocásticos.

Previamente se realizaron las disquisiciones teórico conceptuales y desarrollos necesarios de los modelos a utilizar.

A partir de los estados contables y las proyecciones, surgen los parámetros necesarios para utilizar como inputs en dichos modelos y luego se determinará por el método propuesto el valor de la empresa.

Trataremos también de identificar los principales generadores de valor desde este enfoque, de modo de poder utilizar este conocimiento para la toma de decisiones con la finalidad de maximizar el valor de la empresa.

3) Historia y aplicación de las opciones reales

Las opciones reales son derechos que las empresas poseen sobre algunos activos, los cuales les dan la posibilidad de adaptarse al cambio con mayor flexibilidad.

Así, incorporando la teoría de opciones reales, el activo total de una empresa está compuesto por las inversiones concretadas y también por sus futuras oportunidades de inversión. El valor que no queda explicado por el componente de activos tangibles e intangibles actuales que la empresa posee, es debido al valor de sus opciones reales.

Justamente un argumento que señalan algunos académicos es que además de los activos tangibles e intangibles, las empresas poseen opciones reales, que les agregan valor debido a que aportan flexibilización a sus decisiones estratégicas (Trigeorgis, 1993).

La mayoría de las decisiones de inversión llevan implícitos tres elementos que son:

- 1) La característica de irreversible por parte de la inversión
- 2) La incertidumbre acerca de los futuros flujos de caja
- 3) La incertidumbre respecto del momento óptimo para llevar a cabo dicha inversión.

Estos tres items influyen sobre el valor que la inversión representa para la empresa.

Las opciones reales, consideradas como parte integrante en el proceso de valuación, capturan el valor de la posibilidad de modificar las decisiones de gestión a medida que se va obteniendo información y eliminando la incertidumbre con el devenir de los sucesos.

Los métodos de valuación tradicionales suponen que los directivos mantienen una actitud pasiva una vez decidida la estrategia original.

Un modo de superar esta limitación suele ser propuesto mediante el uso de árboles de decisión que brindan la posibilidad de trabajar y modelizar el futuro contingente considerando los distintos escenarios posibles de ese futuro. Para cada uno de esos escenarios es preciso establecer una probabilidad de ocurrencia.

Sin embargo, el tratamiento mediante árboles de decisión sigue siendo incompleto puesto que el costo de capital a utilizar no es el mismo para cada escenario contingente, debido al distinto riesgo que cada uno de ellos lleva implícito.

El empleo de opciones reales, permite obtener un único valor del proyecto considerando su flexibilidad prescindiendo del hecho de conocer el costo de capital para cada escenario, utilizando el concepto de probabilidad neutral al riesgo (Trigeorgis, 1991).

Myers señaló la importancia de las opciones reales y su influencia en el valor de la empresa. A partir de esto, muchos trabajos hacen referencia al cálculo del valor de una empresa como la suma de los flujos de fondos descontados más el valor de las opciones reales que la misma tenga.

Génesis y evolución del estudio de las opciones reales

- Origen:

Myers (1977): Determinants of Corporate Borrowing

Kester (1984): Today's Options for Tomorrow's Growth

- Primeros trabajos:

Tourinho (1979); Brennan & Schwartz (1985); McDonald & Siegel (1985 y 1986); Majd & Pindyck (1987); Paddock, Siegel & Smith (1988); Dixit (1989); Pindyck (1991); Myers & Majd (1990).

- Primeros manuales:

Dixit & Pindyck (1994); Trigeorgis (1996); Amram & Kulatilaka (1999; 2000) y Buckley (1998).

- Recopilaciones: Trigeorgis (1995; 1999); Brennan y Trigeorgis (1999); Schwartz y Trigeorgis (2001); Midland Corporate Finance Journal y de la Quarterly Review of Economics and Finance.

Hasta Brealey y Myers (1998, cap. 21), Van Horne (1996, cap. 7), Weston y Copeland (1995, cap. 12); Copeland, Koller y Murrin (1996, cap. 15); Damodaran (1996, cap. 18) o Fernández (2001, cap. 34); Fernández (1996); Copeland y Antikarov (2001); Newton (2001), Alleman (2001), Otto (2001), Mun (2002), Fuente (2004), Mascarellas y otros (2005)...

El tema no sólo ha sido abordado en el ámbito académico, sino que muchas empresas han adoptado como práctica usual, el método de valuación mediante opciones reales.

Las pioneras en aplicarlo han sido las petroleras, mineras y farmacéuticas; es decir, aquellas industrias donde hay alto grado de incertidumbre, debido a que por la naturaleza de sus procesos tienen una etapa de investigación y luego en función del resultado obtenido en la etapa de investigación, le sigue eventualmente una expansión o un abandono del proyecto original.

Hoy muchas empresas utilizan las opciones reales como herramienta de valuación, ya no sólo restringido a los ámbitos de minería, petróleo o medicina; sino también en la industria de la tecnología en general.

A modo de referencia, podemos mencionar:

La inversión en investigación y desarrollo en nuevos productos y nuevas tecnologías proporciona opciones de inversión y crecimiento (Merck, Glaxo, Petrobras, British Petroleum, Shell).

La inversión en exceso de capacidad proporciona opciones de expansión (REE, Sprint, AT&T).

El desarrollo simultáneo de diferentes nuevos productos proporciona la opción de elección en el desarrollo y posterior lanzamiento (Airbus, Boeing, Philips).

La inversión simultánea en diferentes países proporciona opciones de intercambio de productos y factores (HP-Compaq, General Motors).

La inversión en instalaciones no eficientes de uso alternativo proporcionan opciones de intercambio de factores (Enron, New England Electric).

Resulta prácticamente imposible pensar en un proyecto de inversión que no entrañe la posibilidad de actuar, de un modo u otro, sobre su estado y, por tanto, sobre sus resultados. (Myers, 1996).

En todos estos casos, su aplicación permite evitar el rechazo de oportunidades que contribuyen a: crear valor en la empresa debido a la existencia de opciones reales; evitar el ejercicio ineficiente ya sea por anticipado, o bien por tardío, de las opciones disponibles; evitar la costosa duplicación de opciones previamente adquiridas por la empresa; reconocer las opciones reales más valiosas para la empresa.

En definitiva, la más adecuada planificación y gestión de una de las principales fuentes de valor en la empresa.

El tratamiento mediante opciones reales, permite transformar lo adverso de la volatilidad, medida tradicional del riesgo, en un aliado y justamente allí radica la fuente de valor que las opciones reales capturan, permitiendo transformar en

valor la asimetría de la volatilidad.

Mediante las opciones reales, se puede extraer valor de la incertidumbre y encontrar estrategias para coberturas de posibles pérdidas.

La existencia de opciones reales en la empresa afecta positivamente su valor de mercado (Brealey - Myers, 1998). Cuando existen opciones reales y no se tienen en cuenta, la volatilidad del sector es adversa y negativa para la valoración de la empresa en el mercado.

La metodología de valoración de opciones que incluye las opciones reales, ofrece a la empresa la flexibilidad de tener en cuenta el momento óptimo 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.

Las opciones reales se basan en reconocer que todo proyecto tiene un conjunto de opciones que agregan valor. Tiene el potencial no sólo de ayudar a integrar el presupuesto de capital con la planificación estratégica, sino también de ofrecer un método consistente de análisis financiero total conjugando así tanto las decisiones financieras como las reales.

Este enfoque tiene en cuenta el valor de la oportunidad de inversión además del valor tradicional, para que juntos den como resultado el verdadero valor del proyecto. Se puede decir que la valuación del riesgo mediante los árboles de decisión vinculados con las opciones reales, tienen como función optimizar el valor obtenido por herramientas tradicionales.

4) Opciones Financieras

Una opción representa el derecho mas no la obligación que tiene el tenedor de ésta, para vender o comprar una cantidad determinada de un bien o activo subyacente a un precio preestablecido llamado precio de ejercicio o precio *strike* dentro de un período determinado que comprende cualquier fecha anterior o igual a la fecha de expiración de la opción. El subyacente puede ser una acción, mercancía básica, divisa, instrumento financiero, etc.

Las opciones son instrumentos muy adecuados para la administración de riesgos. En los mercados financieros internacionales se comercian opciones sobre acciones, divisas, instrumentos de deuda y sobre tasas de interés, así como contratos de futuros. Muchas entidades utilizan opciones de divisas, de tasas de interés y de precios de mercancías básicas para especular y cubrirse. Las opciones sobre tasas de interés internacionales y tipos de cambio tienen un gran potencial para quienes participan en los mercados cambiarios y de divisas.

La manera más sencilla de entender la esencia de un contrato de opciones es estableciendo su similitud con una póliza de seguro. Por ejemplo, si una persona desea asegurar su automóvil contra riesgos de accidente durante un año, le paga a una compañía aseguradora una prima cuyo monto dependerá de la

probabilidad de que el accidente suceda. A cambio, la aseguradora subsana con cierta cantidad de dinero, en caso de que en el transcurso del contrato, ocurra un accidente. Si el siniestro no se presenta, el asegurado pierde su prima y únicamente pagó por la protección. Aunque el enfoque no siempre se centra en estas coincidencias, la póliza de seguro es una opción. De hecho, la aseguradora vendió la opción de recibir una indemnización determinada; opción que puede ser ejercida únicamente si existe el accidente. Lo que en los mercados internacionales se conoce como opciones es lo que se refiere a opciones financieras de acciones, índices accionarios, divisas, tasas de interés y opciones sobre mercancías básicas: petróleo, plata, café, etc. Estas funcionan como una póliza de seguros en la siguiente forma: un inversionista con acciones de una empresa quiere proteger el precio de venta de dichas acciones. Puede pagar una prima por una opción de venta para adquirir el derecho a vender sus acciones a un precio dado, el precio de ejercicio, durante un período determinado.

Si el precio de las acciones baja hasta el precio de ejercicio o incluso por debajo de éste, el inversionista estará protegido. Puede vender sus acciones al precio más alto posible, de acuerdo con su contrato de opciones. Sin embargo, si el precio de las acciones se mantiene por arriba del precio de ejercicio, la opción expira sin haberse utilizado y el inversionista solo pierde la prima de cobertura. Como es un derecho y no una obligación, el poseedor de la opción puede elegir no ejercer el derecho y permitir que la opción expire.

Existen dos tipos de opciones:

- Opción put u opción de venta
- Opción call u opción de compra

En principio, todos los contratos de opciones, ya sea para comprar (call) o para vender (put) deben especificar las siguientes características:

- El activo o bien subyacente
- El monto o precio del activo subyacente
- El precio de ejercicio al cual se puede ejercer la opción
- El tiempo de vencimiento

Una opción call indica el derecho pero no la obligación del comprador de la opción a comprar el activo subyacente a un precio de ejercicio, en cualquier tiempo determinado anterior o igual a la expiración de la opción. El comprador paga un precio por este derecho, llamado prima.

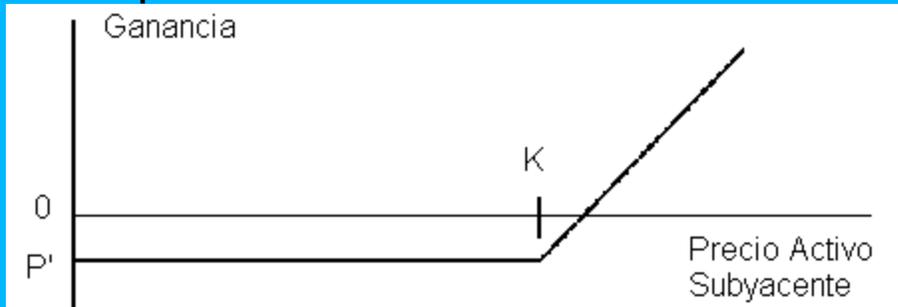
Si a la fecha de expiración, el valor del activo es menor al precio *strike* (precio al que se puede adquirir el subyacente si se ejerce la opción), la opción no se ejerce y expira sin valor. Si, por otro lado, el valor del activo es mayor que el precio de ejercicio, entonces la opción es ejercida; esto es, el tenedor de la opción compra el activo al precio de ejercicio y la diferencia entre el valor del activo y este precio constituye la ganancia bruta de la inversión.

La ganancia neta de la inversión es la diferencia entre la ganancia bruta y el precio pagado por el call al inicio.

El diagrama muestra el pago en efectivo de una opción al momento de su

expiración. El eje vertical muestra las utilidades o pérdidas netas derivadas de los movimientos en el precio del bien subyacente, una vez que se adquirió la opción. El eje horizontal indica el precio del bien subyacente.

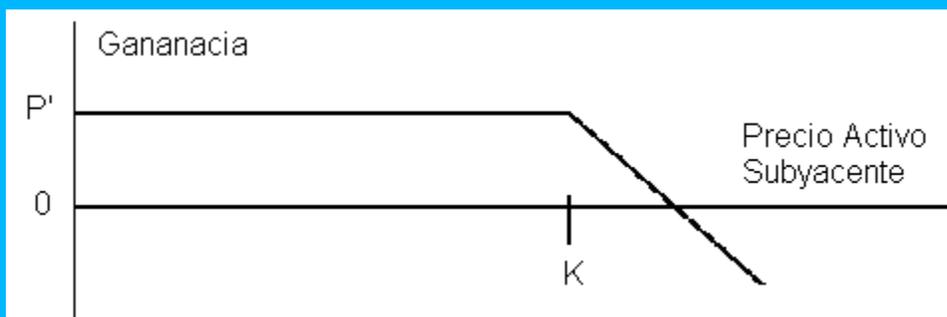
Comprador de un call



El comprador de la opción paga una prima, la cual representa una pérdida neta. Para un call, el pago final neto es negativo e igual al precio pagado por el call si el valor del activo subyacente es menor que el precio de ejercicio y bajo este esquema, la pérdida máxima ascendería al monto de la prima P' . Si, por otro lado, el precio del activo subyacente es mayor que el precio de ejercicio K , el pago bruto es la diferencia entre el valor del activo subyacente y el precio de ejercicio y el pago neto es la diferencia existente entre el pago bruto y el precio de la prima de la opción call. Mientras más alto sea el precio del mercado con relación al precio de ejercicio, mayor será la utilidad neta; así lo muestra la recta de pendiente positiva. Esta función no corta el eje de abscisas en el precio de ejercicio, aunque el poseedor de la opción call puede ejercerla en este punto, sus utilidades netas son positivas hasta que recupera la prima. El comprador de un call tiene un riesgo conocido y limitado de pérdida, y una posibilidad desconocida e ilimitada de ganancia. Cuando un individuo adquiere un seguro, paga una cuota de riesgo sin conocer en algunos casos, a cuánto ascenderá el monto máximo de cobertura.

A continuación, se muestra la ganancia del vendedor de la opción call. Es una imagen inversa a la anterior: el vendedor de esta opción recibe una prima P' .

Vendedor de un call



A medida que el precio del bien subyacente permanece por debajo del precio de ejercicio K , la opción no se ejerce y su utilidad es la prima. Pero si se ejerce, el vendedor está obligado a ofrecer cierta cantidad del bien subyacente al precio de ejercicio, que por definición, será menor al del mercado. Mientras mayor sea el precio en el mercado con respecto al precio de ejercicio, mayores serán las pérdidas netas del vendedor de la opción y esto es representado por la función con pendiente negativa. Esta línea no corta el eje de abscisas en K pues aunque la opción se ejerza, el vendedor no registrará una pérdida neta hasta que el precio de mercado sea tan alto en relación con el precio de ejercicio que sobrepase el monto de la prima. El vendedor de un call tiene potencial de ganancia que es conocido y limitado y un potencial de pérdida desconocido e ilimitado. Por esta razón, las bolsas requieren que los vendedores de opciones entreguen margen. Aquél que venda opciones en los mercados de mostrador, debe contar con una calidad crediticia muy alta y, en caso de que se les pida, constituir un depósito como margen en el banco comprador. Este es un concepto equivalente al capital mínimo de garantía de una compañía de seguros.

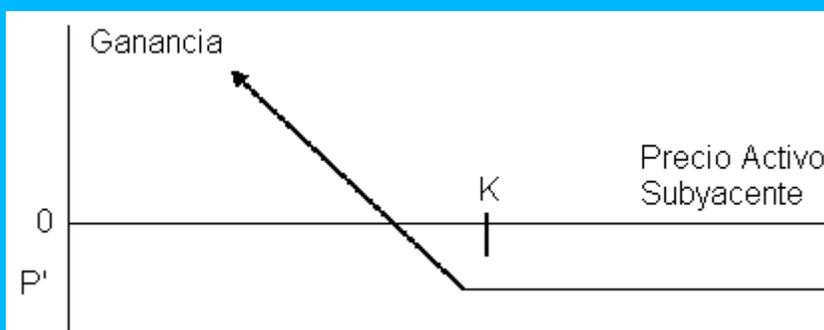
Una opción put le otorga a su comprador el derecho y no la obligación de vender cierta cantidad de un bien, el activo subyacente, a un precio determinado, precio de ejercicio, durante un lapso previsto, cualquier fecha anterior o igual a la fecha de expiración. Para adquirir este derecho, se debe pagar una prima.

Si el precio del activo subyacente es mayor que el precio de ejercicio, la opción no será ejercida y expirará sin valor. Si por otro lado, el precio del activo subyacente es menor que el precio de ejercicio, el poseedor de la opción put ejercerá la opción y venderá la acción al precio *strike*, siendo el pago bruto la diferencia entre el precio strike y el valor de mercado del activo.

Una vez más, al incluir el costo inicial pagado por el put, es decir la prima, se obtiene el pago neto de la transacción.

Un put tiene pago neto negativo si el valor del activo subyacente es mayor que el precio de ejercicio, y tiene un pago bruto igual a la diferencia entre el precio strike y el valor del bien subyacente si el valor del activo es menor a este precio. El Diagrama a continuación muestra el perfil de riesgo o ganancia del comprador de una opción put.

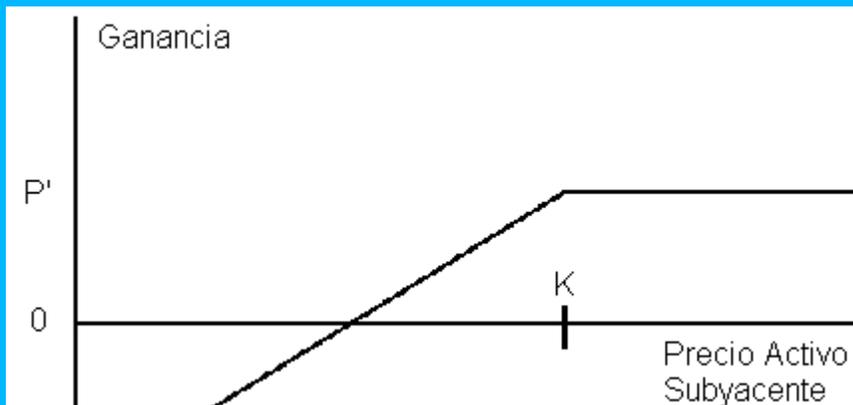
Comprador de un put



El eje de ordenadas indica las ganancias y pérdidas netas, que corresponden a movimientos del precio del bien subyacente durante el plazo de vigencia de la opción. El eje de abscisas mide el precio del activo subyacente, siendo K el precio de ejercicio. El comprador de la opción paga una prima que representa el gasto neto P' . Si el precio del activo subyacente es mayor que el de ejercicio, el comprador del put solamente pierde la prima. En cambio, si el precio es menor o igual que K , el tenedor del put puede ejercerla y vender el activo al precio de ejercicio. Mientras más bajo sea el precio de mercado con relación al de ejercicio, mayores serán las ganancias, hecho que demuestra la función de pendiente negativa. Esta no corta el eje horizontal en K pues si el comprador ejerce su opción de venta, sus utilidades netas serán positivas hasta que recupere la prima. El comprador de un put tiene un riesgo conocido y limitado de pérdida, y una posibilidad desconocida de ganancias, limitada a que el precio del subyacente baje hasta cero, no es ilimitada porque este precio no puede ser negativo.

El próximo esquema corresponde a la ganancia del vendedor de una opción put. Análogamente, representa el inverso del gráfico anterior.

Vendedor de un put



El vendedor de un put recibe la prima P' y a medida que el precio del activo subyacente sea mayor que el de ejercicio K , el vendedor conserva la prima. Una vez que la opción es ejercida su vendedor está obligado a comprar una cantidad del bien subyacente de acuerdo con el contrato de opción, al precio de ejercicio, que por definición, es superior al de mercado. Mientras menor sea el precio de mercado, respecto al de ejercicio, mayores serán las pérdidas netas del vendedor de la opción put. La anterior aseveración puede observarse en la línea con pendiente positiva, que no corta el eje horizontal en K ya que incluso cuando se ejerce la opción, el vendedor no registrará una pérdida neta sino hasta que el precio de mercado sea más bajo que el de ejercicio, generando una pérdida que supere la ganancia neta obtenida de la prima.

El vendedor de una opción put tiene una ganancia potencial conocida y limitada,

y una pérdida potencial desconocida y limitada a que el precio del subyacente baje hasta cero. Se requiere que los vendedores de opciones en bolsa constituyan un depósito de margen y si el precio del activo subyacente se mueve en contra del vendedor, puede requerírsele margen adicional. Los vendedores de opciones en el mercado extrabursátil deben contar con una calificación crediticia muy alta y probablemente se les exija constituir depósitos o reservas de buena fe.

Las primas de las opciones se determinan mediante la interacción de la oferta y la demanda, que depende de las variables que relacionan el activo subyacente con los mercados financieros:

1) Valor actual del activo subyacente

Las opciones son acciones que derivan su valor de un activo subyacente. Consecuentemente, los cambios en el valor de éste, afectan el valor de las opciones sobre esa acción. Como los calls dan el derecho de comprar el activo subyacente a un precio establecido, un incremento en el valor de dicho activo, incrementará su valor. Por otro lado, los puts se vuelven menos valiosos al incrementar el valor del activo subyacente.

2) Varianza en el valor del activo subyacente

El comprador de una opción adquiere el derecho de comprar o vender el activo subyacente a un precio fijo. Mientras más alta sea la varianza en el valor de ese activo, mayor será el valor de la opción. Esto se cumple tanto para los puts como para los calls. Aunque pareciera obvio que un incremento en la medida de riesgo debería incrementar el valor, el supuesto no es redundante al tener en cuenta que las opciones son diferentes a otros instrumentos ya que los compradores de opciones nunca pueden perder más que el precio que pagaron por ellas; de hecho, tienen el potencial de ganar retornos significativos al existir movimientos de precio grandes.

3) Precio de ejercicio de la opción

Una característica clave que se usa para describir una opción es su precio del ejercicio. En el caso de calls, donde el comprador adquiere el derecho de comprar a un precio fijo, el valor del call declinará mientras dicho precio se incremente. En el caso de puts, donde el comprador tiene derecho de vender a un precio fijo, el valor incrementará mientras este precio se incrementa. En un call, si el precio de mercado es menor que el de ejercicio, la opción no puede ser ejercida y queda fuera del dinero, *out of the money* (el precio de ejercicio es tal, que no conviene ejercer la opción). Si el precio de mercado es igual al de ejercicio, entonces sí puede ejercerse y se dice que está en el dinero, *at the money*. Cuando el precio de mercado es mayor que el de ejercicio, la opción puede ejercerse con una utilidad, en la medida que el precio de mercado sea más alto en relación con el precio de ejercicio y en este caso se dice que la opción está dentro del dinero, *in the money*. Cuando una opción put, está fuera del dinero su valor es menor.

4) Tiempo de duración de la opción

Las opciones son activos que se deprecian con el tiempo. De la misma forma en que una póliza de seguro por un año cuesta más que otra por una semana, una opción a más largo plazo cuesta más que una a plazo menor. Tanto los puts como los calls incrementan su valor dependiendo de su duración. Esto es porque mientras más grande sea el período, es mayor el tiempo que el activo subyacente tiene para variar su valor, y la opción para ejercerse, haciendo que el valor para ambos tipos de opciones crezca. Adicionalmente, en el caso de un call donde el comprador tiene que pagar un precio fijo a la expiración, el valor presente de este precio fijo disminuye cuando la duración de la opción se incrementa, haciendo que el valor del call aumente.

5) Tasa de interés libre de riesgo correspondiente al período de vida de la opción
 Cuando el comprador de una opción paga el precio de carátula de la opción, se involucra un costo de oportunidad por haber invertido en una opción en vez de elegir otro instrumento financiero. Este costo dependerá del nivel de las tasas de interés y el tiempo hasta la expiración de la opción. La tasa libre de riesgo también entra en la valuación de opciones cuando el valor presente del precio de ejercicio se calcula, pues este precio no tiene que ser pagado, o recibido, hasta la expiración de los calls, o puts. Cuando la tasa de interés aumente, se incrementará el valor de los calls y se reducirá el valor de los puts.

6) Dividendos pagados sobre el activo subyacente
 El valor del activo subyacente puede disminuir si se hacen pagos de dividendos sobre este activo durante la duración de la opción. En consecuencia, el valor de un call es una función decreciente del monto esperado de los pagos de dividendos, y el valor de un put es una función creciente de los pagos esperados de dividendos. Una manera más intuitiva para enfocar los pagos de dividendos en las opciones call, es el costo de posponer el ejercicio de las opciones in the money. Considérese una opción sobre una acción intercambiada. Una vez que la opción call está in the money, esto es, el poseedor de la opción tendrá un pago bruto al ejercer la opción. El ejercer la opción call proveerá al tenedor con la acción y lo hace acreedor a los dividendos sobre la acción en períodos subsecuentes. El no ejercer la opción implicará que estos dividendos se pierdan.

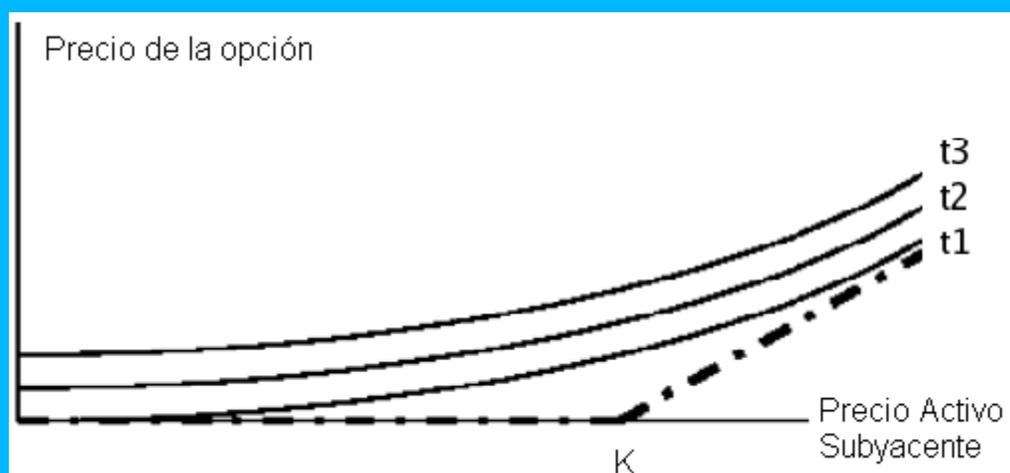
Resumiendo:

Variable (incremento)	Valor del call	Valor del put
Valor del activo subyacente	+	-
Precio de ejercicio	-	+
Varianza del activo subyacente	+	+
Tiempo hasta el vencimiento	+	+
Tasa de interés libre de riesgo	+	-
Dividendos pagados	-	+

El tiempo hasta el vencimiento y la varianza determinan el valor por tiempo de una opción y la relación entre el precio del bien subyacente con el precio de ejercicio determinan el valor intrínseco. El valor total de una opción está dado por:

Valor de la opción = valor por tiempo + valor intrínseco

El siguiente diagrama muestra la disminución del valor por tiempo durante la vida de la opción. Por ejemplo, siendo $t_3 > t_2 > t_1$, la opción call a t_3 meses tiene un valor por tiempo mayor que la de t_2 y ésta más que la de t_1 . Finalmente, al vencimiento de la opción, su valor de tiempo es de cero, y el valor de la opción es precisamente su valor intrínseco.



Opciones Americanas y Opciones Europeas

Una distinción primaria entre las opciones Americanas y las Europeas es que las primeras pueden ser ejercidas en cualquier tiempo anterior a su expiración, mientras las segundas solamente se pueden ejercer en la fecha de expiración. La posibilidad de un ejercicio anticipado hace que las opciones Americanas sean más valiosas que sus similares Europeas; también por eso son más difíciles de valorar aunque existe un factor de compensación que permite que lo continuo, es decir la posibilidad de efectuar el ejercicio en cualquier período anterior a la fecha puntual, sea valuado usando modelos diseñados para lo discreto, es decir el ejercicio en la fecha puntual. En muchos casos, la prima de tiempo asociada a la vida restante de una opción y los costos de transacción hacen que el ejercicio anticipado no sea la decisión óptima. En otras palabras, los tenedores de opciones *in the money* (se denomina así al caso en que el precio del activo subyacente es tal, que conviene ejercer la opción) generalmente obtendrán más vendiéndolas a alguien más, en caso de que no quieran conservarlas, que ejerciéndolas anticipadamente. Aunque el ejercicio anticipado no es lo más recomendable generalmente, existen al menos dos excepciones a la regla:

- 1) Cuando el activo subyacente paga grandes dividendos, ya que esta característica reduce el valor del activo y cualquier opción call sobre ese activo. En este caso, las opciones call pueden ejercerse justo antes de una fecha anterior a la entrega de dividendos si la prima de tiempo de las opciones es

menor que la disminución esperada en el valor del activo a consecuencia del pago de tal dividendo.

2) Cuando un inversionista tiene un put in the money sobre un activo en un período en que las tasas de interés son altas. En este caso, la prima de tiempo del put puede ser menor que la ganancia potencial de ejercer el put anticipadamente y ganar interés sobre el precio del ejercicio.

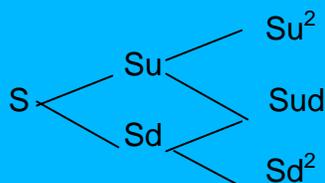
Valuación de opciones. Modelos

La teoría de valuación de opciones ha mostrado algunos cambios desde 1972 cuando Black y Scholes publicaron su trabajo mostrando un modelo para valuar opciones Europeas protegidas de la entrega de dividendos. Black y Scholes utilizaron un portafolio de réplica para obtener su fórmula final. Este portafolio estaba compuesto por el activo subyacente y el activo libre de riesgo que tenía los mismos flujos de efectivo que la opción que se estaba evaluando.

Mientras esta derivación es matemáticamente complicada, existe un modelo binomial para valuar opciones que es bastante más simple y que contiene la misma lógica.

El modelo binomial

Este modelo está basado en una formulación simple para el proceso de precio del activo, en el cual el activo, en cualquier período de tiempo, puede moverse de uno a dos precios posibles. La fórmula general de un proceso de precio accionario que sigue de una binomial es de la siguiente forma:



En esta figura, S es el precio accionario actual; el precio se mueve hacia arriba hasta Su con probabilidad p y hacia abajo hasta Sd con probabilidad 1-p en cualquier periodo de tiempo.

Creación del portafolio de réplica

El objetivo es el uso de una combinación de una tasa libre de riesgo que tome los factores de deuda e inversión y el activo subyacente para crear los mismos flujos de efectivo que en la opción que se está evaluando. En este modelo se aplican los principios del arbitraje, además de que el valor de la opción debe ser igual al valor de su portafolio de réplica. En el caso de la formulación general mencionada antes, donde los precios de la acción pueden moverse tanto hacia arriba Su como hacia abajo Sd en cualquier periodo de tiempo, el portafolio de réplica para un call con precio de ejercicio K, implica que será necesario pedir prestado B pesos a la tasa libre de riesgo y adquirir Δ unidades del activo subyacente, donde:

$\Delta = (C_u - C_d) / (S_u - S_d)$ = Número de unidades del activo subyacente que se han comprado

C_u = Valor del call si el precio de la acción es S_u

C_d = Valor del call si el precio de la acción es S_d

En un proceso binomial multiperiodico, la valuación debe proceder iterativamente; esto es, empezando con el último período de tiempo y moviéndose hacia atrás en el tiempo hasta el punto actual. Los portafolios que replican la opción son creados en cada paso y deben evaluarse; obteniendo así, valores para la opción en cada periodo de tiempo. La salida final para el modelo binomial de valuación de opciones es el valor de la opción en términos de los portafolios de réplica, compuestos por Δ acciones del activo subyacente y la tasa combinada de deuda e inversión libre de riesgo.

Así, el valor del call es igual al valor actual del activo subyacente por Δ menos la cantidad que se pide prestada necesaria para replicar la opción

Valor del call = $S \cdot \Delta - B$

El modelo binomial representa un enfoque para los determinantes del valor de una opción. El valor de una opción no está determinado por el precio esperado del activo, sino por su precio actual, que por supuesto, refleja las expectativas sobre el futuro. Esto es una consecuencia directa del arbitraje. Si el valor de la opción se desvía del valor del portafolio de réplica, los inversionistas pueden crear una posición de arbitraje; esto es, un negocio que no requiere inversión, no involucra riesgo y entrega retornos positivos. Si el portafolio que replica el call cuesta más que el call en el mercado, un inversionista podría comprar el call, vender el portafolio de réplica y de esta forma garantizar la diferencia como ganancia. Los flujos de efectivo en las dos posiciones se compensarían uno con otro, originando inexistencia de flujos en períodos subsecuentes. El valor de la opción también aumenta al extenderse el tiempo hasta la expiración, al aumentar los movimientos de precio, u y d , y al incrementarse la tasa de interés.

Black - Scholes. Modelo

Mientras que el modelo binomial representa la aproximación intuitiva para los determinantes del valor de una opción, se requiere un gran número de entradas, en términos de los futuros precios esperados, en cada nodo. El modelo de Black Scholes no es alternativo al binomial, sino un caso límite de éste. El modelo binomial es un modelo discreto de tiempo para movimientos de precio de un activo, que incluye un intervalo Δt de tiempo entre estos movimientos.

Mientras se acorta este intervalo de tiempo, la distribución límite que se forma mientras Δt tiende a cero, puede tomar dos formas:

Si al aproximarse Δt a cero, los cambios de precio van haciéndose menores cada vez, la distribución límite es la normal y se trata de un proceso de precio continuo.

Si al aproximarse Δt a cero, los cambios en precio permanecen espaciados,

la distribución límite es la Poisson; esto es, una distribución que permite saltos de precio y se habla de un proceso de precio discreto.

El modelo de Black Scholes aplica cuando la distribución límite es la normal y se asume explícitamente que el proceso de precio es continuo y no existen discontinuidades en los precios de activos.

La versión del modelo presentado por Black Scholes fue diseñada para valuar opciones Europeas, que están protegidas de dividendos. Esto implica que el modelo no puede ser afectado por la posibilidad de ejercicio anticipado ni por pagos de dividendos. El valor de una opción call en el modelo Black Scholes puede ser representado como una función de las siguientes variables:

S = Valor actual del activo subyacente

K = Precio de ejercicio de la acción

t = Tiempo a la expiración de la opción

r = Tasa de interés libre de riesgo que corresponde a la duración de la opción

σ^2 = Varianza en el valor del activo subyacente

El modelo puede expresarse de la siguiente forma:

$$C = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2)$$

donde C representa el valor del call

d1 y d2 se calculan según:

$$d_1 = \frac{[\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) \cdot t]}{[\sigma \cdot \sqrt{t}]} \quad \text{y} \quad d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$$

siendo S, K, σ^2 , t y r, los parámetros antes mencionados

N(d1) y N(d2) son las funciones de probabilidad acumulada normales estandarizadas.

“e” es la base de los logaritmos naturales y su valor es aproximadamente 2,718281828.

\sqrt{t} representa la raíz cuadrada de “t”.

El proceso de valuación de opciones usando el modelo Black Scholes implica calcular primero d1 y d2 a partir de las expresiones respectivas. Luego se estima el valor presente del precio de ejercicio, usando la versión para tiempo continuo de la fórmula de valor presente:

$$\text{Valor presente del precio de ejercicio} = K \cdot e^{-r \cdot t}$$

Después se calculan las distribuciones normales N(d1) y N(d2) correspondientes a estas variables normales estandarizadas. Finalmente se calcula el valor del call utilizando la fórmula de Black Scholes.

Cartera de réplica para Black Scholes

Los determinantes de valor en este modelo son los mismos que en el binomial:

el valor actual del precio accionario del activo subyacente, la variabilidad en los precios, el tiempo de duración de la opción, el precio de ejercicio y la tasa libre de riesgo. El principio de la cartera replicante se utiliza para la valuación binomial, también sustenta este modelo. De hecho, la cartera de réplica se encuentra implícita en el modelo Black Scholes.

Así, el valor del call está compuesto por dos términos. El primero de ellos: $S \cdot N(d1)$ representa “comprar $N(d1)$ acciones” mientras que el segundo $-K e^{-rt} \cdot N(d2)$ equivale a “pedir prestado $N(d2)$ a la tasa r ”

$N(d1)$, que es el número de acciones que se necesitan para crear la cartera de réplica se llama opción delta. Esta cartera es autofinanciada y tiene el mismo valor que el call en cada estado de la vida de la opción. Las probabilidades $N(d1)$ y $N(d2)$, implícitas en el modelo de valuación de opciones también tienen uso en el análisis. Representan, aproximadamente, el rango de probabilidad de que la opción estará *in the money* en la fecha de expiración, esto es, la probabilidad de que $S > K$. $N(d1)$ representa el final superior del rango porque siempre será mayor que $N(d2)$.

Limitaciones del modelo

La versión del modelo de Black Scholes presentada anteriormente, no toma en cuenta la posibilidad de ejercicio anticipado ya que trata el caso de una opción Europea; ni el pago de dividendos. Ambas características impactan el valor de las opciones. Existen ajustes que otorgan correcciones parciales al valor.

Ajuste por pago de dividendos

El pago de dividendos reduce el precio del activo subyacente. En consecuencia, las opciones call se volverán menos valiosas y las opciones put más valiosas mientras el pago de dividendos se incrementa. Una aproximación para determinar el valor de las opciones, es manejar los dividendos de tal forma que pueda estimarse el valor presente del esperado de dividendos pagados por el activo subyacente durante la vida de la opción y sustraerlo del valor actual del activo para usar S como en el modelo. Como esto se vuelve poco práctico mientras el tiempo de vida de la opción se alargue, se sugeriría utilizar una aproximación alternativa. Si se espera que el campo de dividendos del activo subyacente permanezca sin cambios durante la vida de la opción, el modelo Black Scholes puede modificarse de tal forma que tome en cuenta los dividendos.

Siendo:

$$y = \frac{\text{dividendos}}{\text{valor actual del activo}}$$

Entonces el valor de un call para el caso en que existan dividendos, se podrá calcular según:

$$C = S \cdot e^{-y \cdot t} N(d1) - K \cdot e^{-r \cdot t} N(d2)$$

d1 y d2 surgen de:

$$d1 = [\ln(S/K) + (r - y + \sigma^2/2) \cdot t] / [s \cdot \sqrt{t}] \quad \text{y} \quad d2 = d1 - s \cdot \sqrt{t}$$

S = Valor actual del activo subyacente

K = Precio de ejercicio de la acción

t = Tiempo a la expiración de la opción

r = Tasa de interés libre de riesgo que corresponde a la duración de la opción

σ^2 = Varianza en el valor del activo subyacente

N(d1) y N(d2) son las funciones de probabilidad acumulada normales estandarizadas.

“e” es la base de los logaritmos naturales y su valor es aproximadamente 2,718281828 y \sqrt{t} representa la raíz cuadrada de “t”.

Intuitivamente, los ajustes tienen dos efectos. Primero, el valor del activo se descuenta a la tasa de los dividendos con el fin de tomar en cuenta la caída esperada en el valor a partir del pago de éstos. Segundo, la tasa de interés está compensada por el campo de dividendos para reflejar el costo de conservar el activo en la cartera de réplica. El efecto neto será la reducción en el valor de los calls, con ajuste y un incremento en el valor de los puts.

Ajuste por ejercicio anticipado

El modelo Black Scholes está diseñado para evaluar opciones Europeas, esto es, opciones que no pueden ser ejercidas hasta su fecha de expiración. Algunas opciones importantes son Americanas, es decir que pueden ser ejercidas cualquier fecha anterior a su expiración. Sin trabajar con la mecánica de los modelos de valuación, una opción Americana siempre debe valer al menos tanto o más que la Europea debido a la posibilidad del ejercicio anticipado. La primera de tres aproximaciones básicas diseñadas para manejar esta posibilidad, es continuar usando el Black Scholes sin ajustar y mantener el valor resultante como un piso o estimación conservadora del valor verdadero.

La segunda aproximación es valorar la opción en cada fecha potencial de ejercicio. Con opciones sobre acciones, esto requiere básicamente, que se evalúen las opciones a cada fecha de retiro de dividendos y se elija el máximo de los valores call estimados. La tercera aproximación es utilizar una versión modificada del modelo binomial para considerar la posibilidad de ejercicio anticipado. Mientras que es difícil estimar precios para cada nodo de una binomial, existe una forma en que las varianzas estimadas a partir de datos históricos pueden utilizarse para calcular los movimientos esperados hacia arriba o hacia abajo de la binomial. Para ilustrar, si σ^2 es la varianza de los precios, los movimientos hacia arriba o hacia abajo en la binomial pueden estimarse como sigue:

$$u = E \left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) \left(\frac{t}{m} \right) + \sqrt{\frac{\sigma^2 t}{m}} \right]$$

$$d = E \left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) \left(\frac{t}{m} \right) - \sqrt{\frac{\sigma^2 t}{m}} \right]$$

donde u y d son los movimientos hacia arriba y hacia abajo por unidad de tiempo de la binomial, t es el tiempo de vida de la opción y m es el número de períodos en ese tiempo. Multiplicando el precio en cada estadio por u y d originará los precios superior e inferior, que podrán entonces ser usados para valorar el activo.

Valuación de opciones put

El valor de un put puede derivarse del valor de un call con el mismo precio de ejercicio y la misma fecha de expiración, a través de una relación de arbitraje que especifica que:

$$C - P = S - K e^{-r \cdot t}$$

donde:

S = Valor actual del activo subyacente

K = Precio de ejercicio de la acción

t = Tiempo a la expiración de la opción

r = Tasa de interés libre de riesgo que corresponde a la duración de la opción

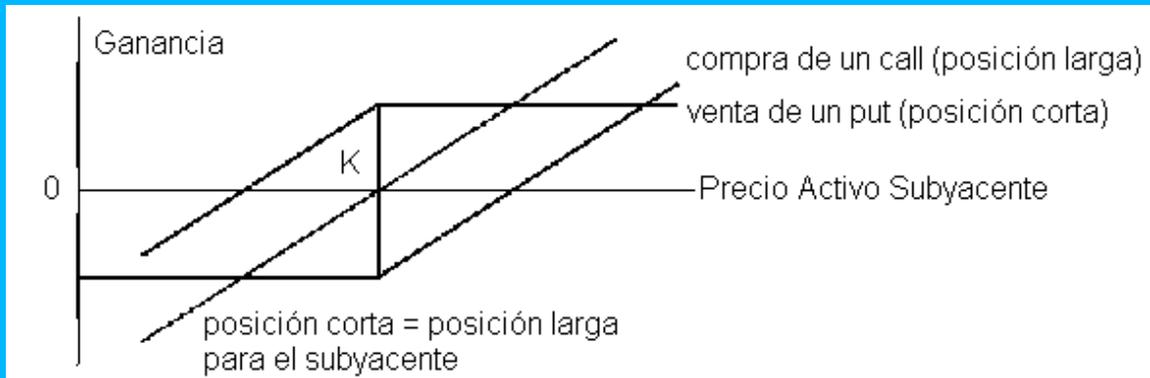
C = Valor del call

P = Valor del put que tiene el mismo precio de ejercicio y tiempo de expiración

Esta relación de arbitraje puede derivarse muy fácilmente y se llama paridad put call, que se satisface por completo para las opciones Europeas, mientras que para las Americanas solo se cumple de manera aproximada. Al nivel más sencillo, esta paridad se expresa como la relación entre las posiciones larga y corta en los mercados de opciones y posiciones larga y corta sobre el activo subyacente.

Cuando los precios de ejercicio de las opciones son iguales al precio de mercado del bien subyacente se tiene que:

Posición larga en el activo subyacente = Posición larga en opción call + posición corta en opción put



Si las primas de las opciones son tales que dichas posiciones no son equivalentes, existen oportunidades para obtener ganancias sin riesgo. En la medida que los arbitrajistas vendan la opción sobrevaluada y compren la subvaluada, las primas de las opciones call y put se realinearán nuevamente.

Otra forma de demostrar cómo se mantiene esta paridad, es considerando la creación del siguiente portafolio:

a) Vender un call y comprar un put con precio de ejercicio K y la misma fecha de expiración t

b) Vender el activo a su precio actual, S

El pago desde esta posición es libre de riesgo y siempre lleva a K a la expiración (t). Debe suponerse que el precio accionario a la expiración es S*:

Como esta posición utiliza a K con certeza, debe ser igual al valor presente de K a la tasa libre de riesgo ($Ke^{-r.t}$):

$$\begin{aligned} S + P - C &= Ke^{-r.t} \\ C - P &= S - Ke^{-r.t} \end{aligned}$$

Esta relación puede usarse para evaluar puts. Al sustituir la fórmula Black Scholes por el valor de un call equivalente:

$$P = S e^{-yt} [N(d1) - 1] - K e^{-r.t} [N(d2) - 1]$$

Siendo:

P = Valor del Put

S = Valor actual del activo subyacente

K = Precio de ejercicio de la acción

t = Tiempo a la expiración de la opción

r = Tasa de interés libre de riesgo que corresponde a la duración de la opción

C = Valor del call

y = [dividendos] / [valor actual del activo]

N(d1) y N(d2) son las funciones de probabilidad acumulada normales

estandarizadas.

“e” es la base de los logaritmos naturales y su valor es aproximadamente 2,718281828 y \sqrt{t} representa la raíz cuadrada de “t”.

Veamos ahora algunas modificaciones necesarias de ser consideradas para aplicar el modelo para la valuación de opciones reales.

Los modelos anteriormente descritos pueden usarse para evaluar cualquier activo que tenga las características de una opción, con algunas modificaciones. En muchos casos, las opciones que están evaluándose no son activos de intercambio financiero (como stocks o commodities) sino opciones reales (como proyectos o reservas de recursos naturales).

Comenzaremos por ver algunas implicaciones de las aplicaciones de los modelos de valuación de opciones a estos casos y se sugieren algunos ajustes que se podrían necesitar para hacer estos modelos:

1) El activo subyacente no es intercambiable:

La teoría de valuación de opciones, tal como se presenta en los modelos Binomial y Black Scholes, se construye bajo la premisa de que puede crearse un portafolio de réplica usando el activo subyacente y el préstamo libre de riesgo. Mientras que este es un supuesto perfectamente justificable en el contexto de opciones financieras, se vuelve menos cierto cuando el activo subyacente no es intercambiable y entonces el arbitraje no es factible. Cuando las opciones a evaluar se construyen sobre activos que no son intercambiados en ningún tipo de mercado, los valores de los modelos de valuación de opciones deben ser interpretados con mucha cautela.

2) El precio del activo sigue un proceso continuo:

Como ya se dijo, el modelo de valuación de opciones Black Scholes deriva del supuesto de que el proceso de precio del activo subyacente es continuo. Si se viola dicho supuesto, como ocurre en muchas opciones reales, el modelo subestimarán el valor de las opciones *out of the money*. Una solución es usar estimaciones de varianza más altas para evaluar este tipo de opciones y menores estimaciones de varianza para las opciones at the money o las in the money; otra solución es el utilizar un modelo de valuación de opciones que explícitamente permita discontinuidades en el precio, aunque es muy difícil estimar las entradas de estos modelos.

3) La varianza es conocida y no cambia a través del tiempo de vida de la opción:

El supuesto que sustenta los modelos de valuación de opciones es el de que la varianza es conocida y no cambia sobre el tiempo de duración de la opción. Este pareciera muy lógico cuando se aplica a opciones a corto plazo de lista o a acciones intercambiables. Cuando la teoría de valuación de opciones se aplica a opciones reales a largo plazo, existen problemas con este supuesto, pues es poco probable que la varianza se mantenga constante a lo largo de periodos extendidos de tiempo y de hecho, puede ser mucho más difícil de estimar bajo estas condiciones. Una vez más, existen versiones modificadas del modelo de valuación de opciones, que permiten cambiar varianzas, aunque requieren que

el proceso por el cual cambia la varianza sea modelado de manera muy explícita.

4) El ejercicio es instantáneo:

Los modelos de valuación de opciones están basados en la premisa de que el ejercicio de una opción es instantáneo. Este supuesto puede ser difícil de justificar con opciones reales; sin embargo, el ejercicio puede requerir el construir una planta o construir un pozo petrolero, por ejemplo. Estas acciones no pasan en un instante. El hecho de que el ejercicio tome tiempo también implica que la vida real de una opción real a menudo es menor a la que se considera. Así, mientras una empresa pueda poseer los derechos de una reserva de petróleo por los siguientes diez años, el hecho de que toma mucho tiempo el extraer el petróleo reduce la vida de la opción del recurso natural que la firma posee.

El primer cuestionamiento que surge al abordar este tema es el saber si puede adaptarse eficientemente el modelo de valuación de opciones financieras en las opciones que surgen de los proyectos de inversión de activos reales, de tal forma que puedan extraerse datos concisos que permita tomar decisiones incorporando más información que la que se obtiene por métodos tradicionales de flujos de efectivo descontados.

Una razón para que este modelo funcione bien para aplicaciones de activos reales es que los pagos de las decisiones contingentes de inversión pueden ser empatados con cualquier situación, característica que es particularmente importante para el diseño proactivo de productos y contratos. Otra razón es que enfoca la naturaleza del riesgo implícito en activos reales. Las empresas saben que aunque algunos de los riesgos que enfrentan provienen de la naturaleza del mercado, otros vienen de fuentes particulares por producto o condiciones financieras específicas de la empresa. El enfoque de opciones reales extiende el modelo de valuación financiera de opciones incorporando los efectos del riesgo del mercado de precios y el riesgo particular de valuación de oportunidades estratégicas de inversión.

La valuación de opciones, tanto financieras como reales, puede ser poco precisa en la práctica debido a ciertas características de los propios activos y del mercado que pueden evitar que se cumpla la Ley de un Solo Precio que afirma que dos activos que tienen los mismos pagos finales futuros deben tener el mismo valor actual. El modelo de valuación de opciones utiliza el supuesto de ausencia de arbitraje para asegurar de manera dinámica, que el valor de la opción iguala el valor del portafolio mientras evolucionan los precios accionarios. Esto se conoce como tracking dinámico. Las consecuencias de la imprecisión dependen directamente de los requerimientos financieros y de comercialización de la firma y el tipo de industria en el que se desarrolla.

El modelo de valuación de opciones puede representar claramente y de forma visual, la magnitud de la imprecisión en la valuación, ya que cada vez que el activo subyacente fluctúa en valor, la composición del portafolio de réplica se

actualiza dinámicamente, el cambio en el valor de la opción se ajusta con precisión a través del cambio de valor en el portafolio tracking.

Existen dos características básicas en los activos reales que provocan el error de réplica:

- 1) Los costos de replicar
- 2) La calidad de la réplica, es decir, qué tan cerca se mueve el portafolio del valor de la opción

El tracking o réplica perfectamente dinámico requiere de actualizaciones frecuentes al portafolio. Cuando es muy costoso cambiar las posiciones del portafolio, puede ser óptimo el dejar que el valor del portafolio de réplica se mueva hacia el valor de la opción durante un período corto de tiempo. En las opciones reales, el portafolio de réplica puede incluir mercancías básicas, productos, servicios y otros activos reales que tienen tres características que dificultan el tracking dinámico

Cuando existen costos significativos de réplica, el portafolio se debe actualizar con menos frecuencia y esto origina el error de réplica. En adición a los impuestos directos y gastos de inversión, entre los principales costos de réplica se cuentan:

a) Intercambio esporádico

Los activos del mercado sostienen un intercambio continuo en los mercados, pero tratándose de bienes de consumo, los mercados de productos y servicios tienen un intercambio mucho menos frecuente y el tracking dinámico solo se puede lograr de una manera poco continua.

b) Liquidez

Un volumen bajo de intercambio en las acciones incrementa el costo del tracking dinámico porque origina rangos de precio más extendidos y puede causar que el precio se mueva aleatoriamente antes de establecer y actualizar el portafolio de réplica. El intercambio esporádico origina pocos pagos finales para las acciones, volviéndose éstas acciones sin liquidez, característica que se presenta en ciertos segmentos del mercado financiero muy frecuentemente, principalmente en aquellos de tecnologías estáticas y costosas.

c) Elevados costos de monitoreo, coordinación y documentación

Por definición, los activos reales requieren infraestructuras a la medida. Por ejemplo: ¿cómo replicar la propiedad de la electricidad si ésta se mueve a través del mercado nacional?, ¿Cómo puede utilizarse como activo subyacente en los contratos de opciones? En la actualidad, muchos mercados de activos reales no están tan estandarizados como los mercados financieros, reduciendo con esto, el valor obtenido del activo subyacente y la opción.

d) Comprobación esporádica: El portafolio de réplica para una opción real puede incluir activos financieros que se intercambian extraoficialmente y no cuentan con reportes oficiales. Por ejemplo, el mercado de gas en Estados Unidos, antes

de ser regulado establecía contratos mensuales que debían ser renegociados; a través del mes, los errores de réplica eran altos y se perdían las oportunidades de ejercer las opciones a su más alto valor. Una empresa se aprovechó de esta oportunidad de mercado y comenzó ofreciendo seguridades de gas natural basándose en precios diarios.

Error de réplica versus costos de réplica

Al seleccionar activos financieros para modelar el portafolio de réplica, a menudo se requiere de un intercambio entre una acción que se correlaciona débilmente con el activo subyacente pero que tiene costos bajos de réplica y una acción que está altamente correlacionada con el activo pero que tiene altos costos de réplica. Cualquiera de estas elecciones causará error de réplica. Y el caracterizar y cuantificar este intercambio es uno de los mayores retos de la investigación de mercados financieros. La experiencia reciente acerca de productos fracasados en intercambios de mercancías básicas muestra que los participantes del mercado están dispuestos a pasar por alto la calidad de réplica a cambio de reducir los costos de ésta. Aunque el modelo de valuación de opciones incrementa la habilidad para evaluar activos financieros y no financieros, no pasa de ser un modelo. La experiencia indica que al modelar el riesgo causado por entradas poco estructuradas y un marco estricto, se falla en la captura de los factores que realmente indican el valor de una opción y es la fuente potencial más remarcada para encontrar errores en la aproximación de opciones reales. Los modelos de ajuste requieren de intercambios. El error más común al aplicar las opciones reales es incluir demasiadas fuentes de incertidumbre en el modelo, incrementando el potencial del error de réplica, otro error común en el modelo es sobreespecificar el riesgo privado. En muchos casos, puede evitarse el modelaje de éste porque los mercados financieros ya han valuado el nivel de riesgo base con un margen que considera el privado. La aproximación de opciones reales puede ser ajustada a cada aplicación, incluyendo las características específicas de los activos reales. A través de innovaciones continuas, los mercados financieros están cambiando el riesgo privado y el base hacia precio valuado por el mercado y otorgando con ello nuevas oportunidades para manejar el riesgo de las inversiones estratégicas. La teoría de réplica respalda el supuesto de que es posible adaptar las condiciones de un activo real a las de un activo financiero siempre que se tengan en cuenta las restricciones representadas en los errores y costos de réplica.

5) Similitud y diferencia entre opciones reales y opciones financieras.

Las opciones reales y las opciones financieras tienen, afortunadamente, mucho en común. Esto permite encontrar, por analogía, un modo de valuarlas. Para poder usar la teoría de opciones financieras a la valuación de opciones reales, es necesario realizar algunas consideraciones.

La prima de las opciones financieras tiene dos componentes, el valor intrínseco

y el valor temporal. Dicho valor intrínseco es el valor que tendría la opción en un momento dado si se ejerciese. Este valor es el máximo entre cero y la diferencia entre el precio de las acciones de la empresa en ese momento y el precio de ejercicio.

Este es el valor que utilizaremos para aproximar el valor de las opciones reales con que cuenta la empresa.

Si aceptamos que el mercado de acciones es eficiente, entonces los precios de los activos que se cotizan en él, deberían recoger toda la información que hubiera disponible en ese momento. Por esto, el precio de ejercicio de una opción recoge toda la información que los agentes poseen sobre la evolución previsible del valor de las acciones en el momento de comprar la opción. Esa información debería ser tenida en cuenta por los agentes del mercado de acciones y así el precio de ejercicio de la opción debería estar atado al valor de la acción en el momento presente y hasta el momento en que expira.

Por lo tanto, si la información disponible en el mercado no cambia, el valor intrínseco de las opciones debería ser cero, debido a que los agentes del mercado de opciones y los agentes del mercado de acciones realizarían la misma valuación de la empresa.

Pero ocurre que mientras la opción está vigente (es decir antes de su vencimiento), el mercado recibe nueva información, por lo tanto el precio de las acciones se modificará, pero el precio de ejercicio de la opción se mantiene fijo. De este modo, en caso de que la información implique un aumento en el valor de la empresa, la opción de compra de acciones (call) tendrá un valor positivo pues se podrán obtener acciones de dicha empresa a un precio menor que el que ahora tienen.

Ahora bien, el valor intrínseco cambia porque se modifica el valor del subyacente que en este caso es la empresa. Esto, a su vez, puede darse porque la empresa modificó sus activos o porque se producen variaciones en el contexto que el mercado no había podido prever.

Por lo tanto, en una empresa que mantiene constantes sus activos tangibles e intangibles, sólo podrá existir un cambio en el valor si modifica su componente de opciones reales o bien si los resultados no se dan como habían sido proyectados.

Este componente cambia ya sea porque la empresa adquiere o vende opciones de esa naturaleza o bien porque en el entorno se modifica la incertidumbre en relación a las opciones reales que ya tenga, y por lo tanto, el valor de las mismas.

Esto significa que los cambios que pudieran existir en el valor intrínseco de las opciones financieras de una empresa, se pueden interpretar como cambios en el valor de las opciones reales de las mismas, que juegan el papel de subyacentes. Lo arriba mencionado justifica el abordaje del cálculo de las opciones reales mediante los modelos elaborados para la valuación de opciones financieras.

Hay que agregar que existen limitaciones para la aplicación de los modelos de valuación de opciones financieras para las opciones reales planteado, pues está implícito el hecho de que no exista distribución de dividendos y que la tasa de interés sea constante.

Las opciones reales se relacionan con los distintos tipos de situaciones de inversión que enfrenta una empresa. Así se establecen los siguientes tipos de opciones reales:

1. Opción de esperar para invertir
2. Opción de expansión
3. Opción de flexibilidad
4. Opción de abandono
5. Opción de aprendizaje
6. Opción de crecimiento

1. Opción de esperar para invertir.

Un proyecto rentable hoy puede ser más valioso esperando y llevándolo a cabo luego de cierto tiempo. Dejar abierta la oportunidad de invertir es como tener un call. La opción de aplazar el comienzo consiste en la posibilidad que tiene la empresa de diferir el comienzo del proyecto de inversión hasta una fecha posterior sin que por ello pierda la oportunidad de emprenderlo. Esta opción permite a la empresa captar más información sobre la evolución esperada del mercado. Así, si el mercado evoluciona de manera favorable, la decisión de inversión se realizará con más confianza que en el momento inicial; si por el contrario la evolución del mercado resulta negativa, estamos a tiempo de no invertir y evitar las pérdidas que en otro caso habríamos tenido que soportar.

2. Opción de expansión.

Permiten capturar los beneficios de aumentos en el valor de un proyecto. El ejercicio en general implica realizar inversiones adicionales si se evalúa que la evolución del proyecto es favorable y las expectativas de rentabilidad aumentan. También en este caso es como tener un call.

3. Opción de flexibilidad

En algunos casos es posible adaptar los costos del proyecto a la evolución de las ventas. También a veces es factible contar con distintas alternativas en la línea de producción de modo de ir adaptándose al cambio.

En la opción de cambio del nivel de producción, el valor de la flexibilidad proviene de la posibilidad que tiene la empresa de ampliar la escala de producción si las condiciones del mercado son más favorables de lo que se esperaban, o reducir el nivel de producción en caso contrario. En casos extremos la producción podría ser interrumpida y reiniciada posteriormente.

4. Opción de abandono

Otorga la posibilidad de asegurarse contra pérdidas o reducciones de valor de un proyecto. El ejercicio de este tipo de opción conlleva costos y permite obtener

un valor de recuperación. Se ejerce cuando las expectativas de rentabilidad disminuyen. Es equivalente a tener un put.

La opción de abandono permite a la empresa abandonar el proyecto de inversión si las condiciones del mercado son desfavorables, recuperando un valor residual a través de la venta de la empresa o de una parte de ella en un mercado secundario.

5. Opción de aprendizaje

A veces, invertir en opciones operativas puede usarse para crear una ventana al aprendizaje en investigación y desarrollo. Se puede comenzar con un proyecto piloto y observar su evolución, y de acuerdo con dicha evolución explorar nuevas alternativas tanto en productos como así también en tecnología.

6. Opción de crecimiento

Consiste en la posibilidad que tiene la empresa de, una vez realizadas las inversiones del proyecto inicial, invertir nuevos capitales en el lanzamiento de nuevos productos o en el acceso a nuevos mercados si la coyuntura es favorable, no estando obligado a realizar las inversiones en caso contrario. El proyecto de inversión a escala inicial crea futuras oportunidades de crecimiento, mediante sucesivas opciones de ampliación.

Existen también opciones llamadas “*nested*” (compuestas). Se trata de proyectos donde existen opciones combinadas. En este caso, el ejercicio se lleva a cabo si la rentabilidad analizada globalmente, aumenta.

Dado que hay muchas opciones reales que existen simultáneamente, se puede escoger entre abandonar, reducir o cerrar temporalmente. Es un problema complejo porque el valor de las múltiples opciones reales puede no ser aditivo y dicho valor es en general interdependiente. El ejercicio de una opción puede eliminar otras.

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 (K)

El tiempo hasta el vencimiento (t)

La tasa de interés sin riesgo (r)

La desviación típica de los rendimientos de la acción (σ)

Se puede hacer una comparación entre las variables vinculadas a un proyecto de inversión y las variables necesarias para valorar una opción, tal como se muestra a continuación:

Equivalencia entre opciones reales y un call:

Proyecto de Inversión	Variable	Opción de Compra
Desembolsos requeridos para adquirir el activo	K	Precio de ejercicio
Valor de los activos operativos que se van a adquirir	S	Precio de la acción
Tiempo que se puede diferir la decisión de inversión	t	Tiempo de expiración de la opción
Volatilidad de los flujos del activo subyacente	σ^2	Varianza de los rendimientos
Valor temporal del dinero	r	Tasa libre de riesgo

Las opciones son parte de sistemas reales. Los proyectos a menudo contienen flexibilidades similares a las opciones. Suponen derechos, no obligaciones, proveen retornos asimétricos, se lleva a cabo el ejercicio sólo si es ventajoso. Por ejemplo, para el caso de procesos de manufactura flexible, la habilidad de seleccionar modo de operación (si uso la planta A o la planta B) es una opción. Se trata de una oportunidad continua puesto que se puede cambiar en cualquier momento.

La expresión analítica del modelo de Black-Scholes (1972) es la siguiente:

$$C = S \cdot N(d1) - K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d2)$$

donde C representa el valor del call

Siendo:

S = Valor actual del activo subyacente

K = Precio de ejercicio de la acción

t = Tiempo a la expiración de la opción

r = Tasa de interés libre de riesgo que corresponde a la duración de la opción

σ^2 = Varianza en el valor del activo subyacente

d1 y d2 se calculan según:

$$d1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}} \quad \text{y} \quad d2 = d1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$$

N(d1) y N(d2) son las funciones de probabilidad acumulada normales estandarizadas.

“e” es la base de los logaritmos naturales y su valor es aproximadamente 2,718281828.

sqrt(t) representa la raíz cuadrada de “t”.

A continuación analizamos la relación de cada uno de los parámetros indicados (S , K , t , σ , r) con el valor de la opción de crecimiento, recogida en la expresión analítica del modelo y que nos permite definir los fundamentos de la teoría de valoración de opciones de crecimiento.

Valor presente de los flujos de caja futuros (S)

El valor de la opción de crecimiento será mayor cuanto mayor sea el valor presente de los flujos de caja futuros que genera la realización de la oportunidad de crecimiento. Analíticamente se observa que cuanto mayor es S , mayor será el valor de la opción.

Valor de las inversiones necesarias (K)

El valor de las oportunidades de crecimiento será mayor cuanto menores sean las inversiones a realizar para obtener los flujos de caja asociados a esos proyectos de crecimiento.

Tiempo hasta que se realicen las inversiones futuras (t)

El vencimiento de la opción de crecimiento define el periodo de tiempo durante el cual se puede ejercer la misma, es decir, emprender el proyecto de crecimiento. Cuanto mayor sea ese vencimiento más tiempo habrá para que se pueda producir la contingencia favorable del mercado que esperamos ó deseamos y, por tanto, mayor será el valor de la opción.

Volatilidad o riesgo asociado a los flujos de caja futuros (σ)

La existencia de un mayor riesgo asociado a los flujos de caja futuros que generará el proyecto de crecimiento redundará en un mayor valor para la opción de crecimiento. Al existir una mayor volatilidad existe mayor probabilidad de que se produzca la evolución favorable del mercado. Cuando el mercado es desfavorable, es indiferente, pues de todos modos no ejercemos la opción y su valor es cero. Pero cuando la evolución es positiva la importancia de la volatilidad es crucial pues nos define no sólo la probabilidad de que se llegue a esa situación favorable, sino también la magnitud del beneficio que resultará de la misma. La volatilidad es un aspecto muy importante ya que bajo la perspectiva de los métodos tradicionales es considerada como un factor de influencia negativa sobre el valor. Al tratarse de proyectos de inversión materializados, no de opciones, existe simetría en la evolución de los resultados, de modo que un mayor riesgo permite que los beneficios sean mayores si el mercado evoluciona al alza, pero también aumenta las pérdidas si el mercado desciende. En el caso de la opción esto último no tiene lugar, ya que por muy desfavorable que evolucione el mercado la opción nunca alcanzará un valor negativo. Estamos ante un comportamiento asimétrico entre las pérdidas y las ganancias: un aumento de las operaciones haría aumentar la positividad del Valor Actual Neto (VAN) mientras que un descenso de aquellas no hará que el VAN sea menor o negativo.

En resumen, en caso de existir opciones reales y no considerarlas, el riesgo juega un papel adverso en el análisis tradicional mediante el VAN. En cambio, si

utilizamos el modelo de opciones reales observamos que el riesgo es uno de los generadores de valor.

Tasa libre de riesgo (r)

La subida de las tasas de interés del mercado, incluida la tasa de interés libre de riesgo, afecta de manera positiva al valor de la opción. Un aumento de la tasa de interés sin riesgo produce un descenso del valor actual de los flujos de caja esperados, pero también reduce el valor actual del precio de ejercicio o sea el costo de la inversión futura, compensando de esta forma el primer efecto. Por lo general, el efecto neto resultante induce a pensar que un aumento de la tasa de interés provoca un aumento del valor de las opciones de crecimiento asociadas a un proyecto de inversión. En el análisis tradicional de inversiones cuanto mayores son las tasas de interés menor es el valor actual de los flujos de caja y menor es el VAN del proyecto. Como vemos, el efecto es inverso al producido en el valor de la opciones.

6) Limitación del método de valuación por flujo de fondos descontados

Como hemos comentado anteriormente, los métodos tradicionales basados en el método del valor presente neto resultan incompletos para ciertos casos, ya que suponen un solo escenario de flujos de caja, y no contempla la flexibilidad que realmente existe. Por otra parte el análisis mediante árboles de decisión puede ser también inadecuado puesto que además de la complejidad existe el hecho de que la tasa de descuento depende del escenario contingente.

En algunos casos puede abordarse el problema con escenarios alternativos y asignando a cada uno de ellos una tasa diferente. Sin embargo existen situaciones donde aún con esta metodología se obtiene un VAN negativo, pero cuando abordamos el problema mediante la teoría de opciones encontramos que tiene el valor suficiente para que corresponda tomarse la decisión de llevar a cabo el proyecto.

La necesidad de un método que no presente los problemas antes mencionados, es el desencadenante para el abordaje del análisis mediante la teoría de opciones.

El análisis mediante la teoría de opciones es un método que permite evaluar flexibilidad.

Este método es uno de los pilares actuales en la ingeniería financiera.

Consideremos por ejemplo un proyecto de investigación y desarrollo. Las decisiones no son fijas y vinculadas únicamente al inicio del proyecto. A lo largo del proyecto hay nodos donde cada una de las decisiones internas puede generar escenarios alternativos.

Muy posiblemente en un momento intermedio de la vida del proyecto, se plantee la pregunta de si pasamos de investigación a desarrollo, y cuándo lo hacemos. O bien la pregunta puede ser "¿cuándo lanzamos el producto?".

El empleo de opciones reales permite valorar el hecho de poder tomar decisiones a partir de la observación de resultados parciales. Esto es: valorar la flexibilidad.

En algunos casos nos permitirá tener la habilidad para abandonar un proyecto cuando vemos que dicha decisión tiene un valor significativo pues limita el downside y así continuar sólo si observamos que es ventajoso. Por otro lado el VAN estándar no captura el valor de esta opción.

No considera un rango de resultados posibles.

La técnica del VAN estándar distorsiona valor cuando hay riesgo. Supone que hay linealidad entre causa y efecto, pues asume que el VAN con valores esperados coincide con el VAN esperado, lo cual no es necesariamente cierto dado la alinealidad que introduce el proceso de actualización al dividir por el factor de actualización.

Además, en realidad el proceso arroja como consecuencia escenarios que tienen asimetrías y esto es captado por la teoría de opciones pero no por el VAN.

En un entorno económico como el actual, caracterizado por la globalización, el dinamismo y el avance tecnológico, la flexibilidad constituye un factor esencial para la empresa. Una organización productiva es flexible cuando tiene la opción de poder alterar el curso de una acción planeada para el futuro, dada una información disponible.

La flexibilidad se manifiesta en proyectos de inversión que cuentan con opciones reales, es decir, con posibilidades de ampliar a nuevos productos o mercados, de reducir la escala, de cambiar los outputs o los inputs, de abandonar el proyecto, de diferir el comienzo del mismo, etc.

Por supuesto, para que esto sea posible deben darse algunas condiciones, como por ejemplo tener los derechos exclusivos si se trata de una opción de esperar. Es importante señalar que si bien el análisis mediante opciones reales permite detectar y considerar valor que en algunos casos puede pasar desapercibido, hay que tener en cuenta que estos modelos tienen limitaciones.

Las opciones reales adquieren una especial importancia en la valoración de proyectos de inversión, pues en muchas ocasiones, su valor supera al propio valor derivado de las previsiones de beneficios y flujos de caja asociados a las inversiones ya previstas. Diversos estudios realizados por Brennan y Schwartz en 1985, Paddock en 1988, Ingersoll y Roll en 1992, han demostrado lo valioso que resulta la opción de diferir la inversión en situaciones de alta incertidumbre.

También se ha estudiado la gran influencia de la opción de abandono a la hora de tomar las decisiones de presupuesto de capital.

En particular, para la opción de expansión ó de crecimiento, los trabajos de Kester en 1984 constatan que, en muchos sectores y proyectos concretos, el valor de dicha opción representa una parte decisiva del valor total de la inversión.

El criterio tradicional de valoración y selección de proyectos de inversión es el

VAN, basado en la comparación de las inversiones necesarias para la realización del proyecto con la suma actualizada de los flujos netos de caja esperados a lo largo de la vida útil del proyecto.

Sin embargo, este criterio no resulta válido como método para valorar opciones reales, ya que supone que el directivo adopta su decisión de aceptación ó rechazo de la inversión bajo el supuesto de que permanecerá pasivo frente a las situaciones reales que se le presenten durante la vida del proyecto, algo improbable en un mercado incierto, dinámico y en continuo cambio tecnológico.

Una segunda limitación de ese criterio es que la tasa de actualización que emplea, correspondiente al riesgo del proyecto, se supone conocida y constante durante todo el horizonte temporal, lo cual es demasiado restrictivo ya que el riesgo del proyecto va a ser cambiante en la medida que el entorno cambie y el directivo adopte decisiones de adaptación al mismo.

Esta problemática del VAN ha dado origen a pensar en las opciones como alternativa a las técnicas tradicionales para resolver los inconvenientes anteriormente analizados, ya que, por una parte, permiten un tratamiento analítico de los efectos asimétricos derivados de escenarios favorables frente a los desfavorables y por otra, resuelven el problema de la tasa de actualización adecuada para descontar flujos de caja ante un contexto de riesgo cambiante mediante la valoración neutral al riesgo.

En este sentido, la teoría de valoración de opciones reales y, en particular, el modelo de Black-Scholes para la valoración de la opción de crecimiento, definidos sobre las bases de la teoría de valoración de opciones financieras (Black y Sholes, 1973), han sido ampliamente tratados por la literatura académica, demostrando su ventaja frente a las técnicas tradicionales de valoración de inversiones.

Los modelos de valoración de opciones aparecen así como técnicas complementarias a los métodos tradicionales de valoración de inversiones, extendiendo el concepto de VAN tradicional a uno más general.

Se introduce así, el concepto de VAN ampliado, el cual incorpora el valor de las opciones reales (flexibilidad) con que cuentan los proyectos de inversión:

$$\text{VAN (ampliado)} = \text{VAN (tradicional)} + \text{Valor Opciones Reales (Flexibilidad)}$$

Aunque existe un consenso generalizado sobre las posibilidades teóricas de las opciones reales, la utilización e implementación práctica de la nueva metodología en la empresa es una cuestión que aún parece estar en sus primeras fases. Los primeros estudios de cierta entidad para determinar la forma en que las empresas evalúan sus inversiones tienen lugar a partir de los años 70. Gitman y Forrester (1977), con un sondeo realizado sobre 103 grandes compañías, encuentran que el 53,6% de las empresas emplean la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) como método principal de valoración de proyectos de inversión. Stanley y Block (1984), en un estudio similar, obtienen para el TIR un

porcentaje del 65%. Posteriormente, Bierman (1993), Trahan y Gitman (1995), y Bruner y otros (1998), con estudios realizados sobre muestras de entre 80-100 empresas concluyen que casi la totalidad de las grandes empresas utilizan el descuento de flujos de caja (VAN ó TIR) como modelo principal de valoración de inversiones.

7) Aplicación de las opciones financieras a la valuación de opciones reales.

Las herramientas de valuación y toma de decisiones de uso común en el ámbito financiero, deben ser tales que se adapten a las realidades de las nuevas formas de hacer negocios; pues éstas involucran inversiones estratégicas con gran incertidumbre y elevados requerimientos de capital, proyectos que deben adaptarse a condiciones continuamente cambiantes y estructuras complejas de activos que incluyen sociedades, licencias tecnológicas y patentes.

A todo esto se suma la presión que ejercen los mercados financieros en demanda de una estrategia que genere valor al momento de tomar decisiones a partir de la incertidumbre. La incertidumbre es la aleatoriedad del ambiente. Ni las decisiones financieras ni las estratégicas pueden cambiar su medida. La exposición al riesgo de una empresa, la sensibilidad de los flujos y el valor de ésta hacia la fuente de incertidumbre, se determina a raíz de muchos factores que incluyen la línea de negocios, la estructura de costos y la naturaleza de los contratos.

Las decisiones empresariales pueden cambiar la exposición al riesgo de los activos a través de las inversiones, después de que se analiza la incertidumbre externa. Para una empresa, la consecuencia económica adversa de esta exposición se llama riesgo.

El crecimiento de los negocios requiere que se asuma constantemente el riesgo de tomar decisiones estratégicas bajo un ambiente incierto; esto es, manejar proactivamente las inversiones ajustando y cambiando subsecuentemente los planes como respuesta a las condiciones del mercado.

El enfoque que ofrecen las opciones reales es una manera de plantear la valuación y la toma de decisiones que ya ha logrado cambiar la ecuación económica de varias industrias, principalmente por los tres componentes clave que involucran:

Las opciones son decisiones contingentes

Una opción es la oportunidad de tomar la decisión después de que se observó cómo se desarrollaron los eventos; si en la fecha en que debe tomarse la decisión los eventos se desarrollaron favorablemente, se tomará una decisión, pero si su comportamiento fue el opuesto, se optará por la alternativa que se adapte más a las nuevas condiciones. Esto significa que el resultado final de dicha opción es no lineal, ya que cambia de acuerdo a la decisión que se tome; en contraposición de los esquemas tradicionales basados en las decisiones no

contingentes que tienen resultados finales lineales porque, sin importar cómo se desarrollen los eventos, la decisión será la misma.

La valuación de opciones integra la metodología de valuación de los mercados financieros

El enfoque de opciones reales utiliza datos de los mercados financieros y conceptos para evaluar resultados finales para todos los tipos de activos reales. Como resultado, se comparan en un ámbito similar todos los agentes involucrados: opciones directivas, alternativas de los mercados financieros, oportunidades internas de inversión y transacción como las licencias tecnológicas y adquisiciones.

El enfoque de opciones puede usarse para diseñar y manejar dinámicamente las inversiones estratégicas

Los resultados finales no lineales también pueden ser una herramienta de diseño para modelar la exposición al riesgo, el incremento de buenos resultados; siguiendo tres pasos:

- 1) Identificar y evaluar las opciones involucradas en un proyecto de inversión
- 2) Rediseñar el proyecto para usar las opciones en su nivel óptimo
- 3) Manejar las inversiones dinámicamente a través de las opciones creadas

De esta forma podemos afirmar que el enfoque de opciones reales es la extensión de la teoría financiera de opciones tradicionales hacia opciones sobre activos reales no financieros, la diferencia es que las opciones financieras se detallan en un contrato mercantil y las opciones reales implícitas en proyectos de inversión pueden identificarse y valuarse pero son más una herramienta de análisis y toma de decisión que un contrato que pueda ser intercambiable en sí mismo.

Al integrar la valuación con el proceso de toma de decisiones bajo cierto nivel de incertidumbre en un período de tiempo, el modelo de opciones reales responde muchos de los cuestionamientos que surgen en la estrategia corporativa, pues distingue los elementos de azar de los predecibles. Esta aproximación expande el conjunto de alternativas que se consideran en la toma de decisiones para que se puedan identificar y evaluar las oportunidades de elaborar contratos en los mercados financieros y de productos.

Otra característica de esta estrategia de valuación de proyectos, es la creación de un vínculo entre los análisis de proyectos de inversión y las visiones de estrategia corporativa, al identificar las oportunidades que son únicas para la empresa o el proyecto de inversión, y el monto y tipo de riesgo que debe ser tomado y el que debe ser eliminado para la creación de valor al implementar las decisiones.

Adicionalmente, este enfoque sienta las bases para agregar el valor del proyecto y la estructura para manejar la exposición neta al riesgo de la empresa. Esto permite ver más claramente los efectos que la incertidumbre tiene sobre el valor de un proyecto.

Para ello es fundamental:

- 1) Considerar la incertidumbre y sus efectos en la valuación a través del tiempo.
- 2) Incorporar la teoría de los mercados financieros a la valuación interna para la toma de decisiones.
- 3) Ajustar los proyectos con la aplicación de opciones reales, especialmente lo relativo a la naturaleza de la incertidumbre y las oportunidades que presenta un esquema contingente para la toma de decisiones.
- 4) Tener claro que un enfoque de opciones reales puede usarse casi en cualquier tipo de organización y proyecto.

La consideración de estos cuatro items permite manejar las oportunidades para tomar la mejor ventaja posible sobre las opciones que origina cada inversión, incluyendo la creación de opciones en el diseño original del proyecto para incrementar el valor ex ante.

El enfoque de opciones reales representa una herramienta de toma de decisiones y valuación que refleja una buena dirección de proyectos al asegurar que estas decisiones implicarán la valuación más alta del mercado de estrategias corporativas. Esta metodología requiere que las empresas creen valor a través del manejo exitoso de inversiones estratégicas en un mundo de incertidumbre.

El modelo de flujos de efectivo descontados representa la plataforma básica para la mayoría de los análisis financieros. En el análisis de inversiones, por ejemplo, el punto de vista convencional es que el valor presente neto de un proyecto es la medida del valor que ese proyecto añadirá a la empresa que lo lleve a cabo. De esta forma, el invertir en un proyecto con valor presente neto positivo o negativo, aumentará o disminuirá el valor de la firma. En las decisiones de estructura de capital, una mezcla financiera que minimiza el costo de capital sin desequilibrar los flujos operativos de efectivo, incrementa el valor de la empresa y es visto como la mezcla óptima. En valuación, el valor de una compañía es el valor presente de los flujos futuros de caja esperados generados por la firma.

El valor presente neto de un proyecto no captura los valores de las opciones de posponer, expandir o abandonar un proyecto. Cuando se compara con inversiones, la aproximación tradicional de escoger el modelo con el retorno más alto o el valor presente puede pasar por alto a las inversiones que ofrecen más flexibilidad para las operaciones de una empresa. Un modelo financiero que se enfoca en minimizar los costos de capital actuales, no considera el valor de la flexibilidad financiera. En un enfoque similar, las empresas que se abstienen de regresar utilidades a sus accionistas y acumulan grandes saldos de efectivo, tendrían también la posibilidad de ser guiadas por el objetivo de flexibilidad financiera. El valor de la acción obtenido de un modelo de valuación de flujos de efectivo descontados, no cuantifica la opción de controlar, y de ser necesario, liquidar la empresa que los inversionistas de dicha acción poseen, e ignora otras opciones que podría tener la empresa.

En valuación de adquisiciones, a menudo no son consideradas las opciones estratégicas que pueden abrirse para la firma adquiriente como resultado de la

transacción. Las limitantes principales que han encontrado los esquemas tradicionales de valuación, se pueden resumir en que se apoyan totalmente en los pronósticos de los flujos, sin recordar que se trata sólo de valores esperados. Algunas compañías tratan de evitar esto expandiendo el análisis a varios escenarios de predicción, sin que tal estrategia pueda eliminar la subjetividad de los pronósticos de los flujos.

Otro problema es que estos modelos hacen tomar decisiones estáticas que al final del período, pueden no ajustarse a la realidad presentada.

Cuando se considera a la incertidumbre como una variable para los modelos de valuación, el marco de toma de decisiones cambia por completo y éste es uno de los principales objetivos de la manera de enfocar un problema bajo opciones reales: la incertidumbre crea oportunidades. Al rediseñar las estrategias de valuación, deben enfocarse los mercados en términos de la fuente, tendencia y evolución de la incertidumbre, determinar el grado de exposición de la inversión y repositionar los planteamientos de tal manera que se tome la mayor ventaja posible de la incertidumbre.

El enfoque de opciones reales considera los efectos de tiempo e incertidumbre en la valuación a través de la teoría financiera que respalda los modelos de valuación de opciones y es por esto que debe explorarse con profundidad dicha teoría antes de determinar y definir las opciones involucradas en la toma de decisiones con respecto a activos reales. Estas opciones necesitan no sólo ser consideradas de forma explícita y ser evaluadas, sino que también el valor de estas opciones puede ser sustancial. Muchas inversiones y adquisiciones que no serían justificables por otros medios de valuación, pueden tener un valor muy atractivo si se consideran las opciones incluidas en ellas. Aunque existan opciones involucradas en las acciones, deben tenerse en cuenta las condiciones que tienen que cumplirse para que estas opciones tengan valor.

Asimilación de un proyecto de inversión a una opción real

Una oportunidad de inversión es como una opción call porque la empresa tiene el derecho, pero no la obligación de adquirir por ejemplo, los activos involucrados en un nuevo negocio. Si pudiera encontrarse una opción call lo suficientemente similar a la oportunidad de inversión, el valor de la opción proporcionaría información relevante sobre el valor de la oportunidad. Desafortunadamente, muchas oportunidades de negocio son únicas, así que la posibilidad de encontrar una opción similar es muy baja y la única manera viable de lograrlo es construyendo la opción.

Para hacerlo, es necesario establecer la correspondencia entre las características del proyecto y las cinco variables que determinan el valor de una opción call simple en un intercambio de acciones. Al relacionar estas características con la oportunidad de negocio, bajo la estructura de una opción call, se obtiene un modelo del proyecto que combina sus características particulares con la estructura de dicha opción.

Se modela con un call Europeo, que es la más simple de todas las opciones

porque puede ser ejercida sólo en su fecha de expiración y la opción que resulta de este modelo, si bien no es un sustituto perfecto para la oportunidad real, es una muy buena aproximación.

Algunos proyectos involucran un gasto grande para construir un activo productivo. Invertir para explotar una oportunidad de negocios tal, es análogo a ejercer una opción en un intercambio de acciones. El monto de dinero invertido corresponde al precio de ejercicio de la opción (K). El valor presente del activo adquirido corresponde al precio de venta de las acciones (S). El tiempo en la cual la compañía puede diferir la decisión de inversión sin perder la oportunidad corresponde al tiempo de expiración de la opción (t). La incertidumbre sobre el valor futuro de los flujos de efectivo del proyecto, esto es, el riesgo del proyecto, corresponde a la desviación estándar de ganancias sobre el activo (σ). El valor del dinero en el tiempo, está dado en ambos casos por la tasa libre de riesgo (r).

Las técnicas de flujos de caja descontados, muestran las oportunidades al presentar los valores presentes netos. El valor actual neto (VAN) es la diferencia entre cuánto valen los activos operantes a valor presente y cuánto cuestan los mismos, es decir la inversión que debe efectuarse. De este modo, tenemos:

$$\text{VAN} = \text{Valor presente de los activos (S)} - \text{Costo de capital requerido (K)}$$

Si el VAN es positivo, la empresa incrementará su propio valor al llevar a cabo la inversión. Cuando el VAN es negativo, es más recomendable que la empresa no invierta.

Cuando una decisión final sobre el proyecto no puede ser diferida por más tiempo el VAN y el valor de opción del proyecto son iguales; esto es, cuando la opción de la compañía ha alcanzado su fecha de expiración. En ese momento, se toma el que sea mayor de ambos:

$$\text{Valor de la opción} = S - K \quad \text{ó} \quad \text{Valor de la opción} = 0$$

Se sabe que a partir del mapa de correspondencias, S es el valor presente de los activos del proyecto y K es igual al gasto de capital requerido para la inversión. Para compararlos solamente es necesario observar que cuando el VAN es negativo, la empresa no invertirá, así que el valor del proyecto es efectivamente cero, como ocurre en el valor de una opción; en vez de negativo, ya que todavía no se ha elaborado la inversión y por eso no se pierde nada. De esta forma, puede concluirse que ambos métodos recurren al mismo número y la misma decisión.

Esta coincidencia entre el VAN y el valor de las opciones, tiene una gran utilidad práctica. Significa que la información de una empresa vinculada al VAN convencional es útil para la valuación de opciones. Cualquier cálculo que derive del VAN ya contiene la información necesaria para computar S y K, que son dos de las cinco variables en la valuación de opciones. De acuerdo a esto, los

ejecutivos que quieren utilizar la valuación de opciones no necesitan desechar sus sistemas de valuación basados en el flujo de efectivo descontado.

La técnica del VAN y la valuación mediante opciones divergen cuando tenemos en cuenta que la decisión de inversión puede diferirse o incluso no concretarse. La posibilidad de aplazamiento da cabida a dos recursos adicionales de valor:

1) Siempre se prefiere pagar una deuda en el mayor plazo de tiempo posible, siempre que esto no implique un mayor costo y asumiendo que las demás variables permanecen constantes, porque podría ganarse el valor del dinero en el tiempo al diferir el gasto.

2) Mientras esperamos, el contexto podría modificarse. El cambio podría ser sobre el valor de los activos operantes que se adquirirán. Si los valores suben, aún pueden adquirirse simplemente llevando a cabo la inversión, es decir, ejerciendo la opción. Si el valor baja, podría decidirse no adquirirlos; esto también sería correcto y adecuado porque al esperar, se evita llevar a cabo una mala inversión, preservando la habilidad de participar en buenas salidas.

Análisis de inversión y costo de capital

En el análisis de inversión tradicional, un proyecto o nueva inversión debería ser aceptado solamente si los retornos sobre el proyecto exceden la tasa de deuda o el costo de capital; en el contexto de flujos de efectivo y tasas de descuento, esto se traduce en proyectos con valores presentes netos positivos. La limitante con este punto de vista, que analiza proyectos en la base de flujos esperados y tasas de descuento, es que falla en considerar completamente las múltiples opciones que usualmente están asociadas con algunas inversiones.

Veamos, a modo de ejemplo, tres opciones que están implícitas en proyectos de presupuesto de capital. La primera, es la opción de posponer un proyecto, especialmente cuando la empresa tiene derechos exclusivos sobre él. La segunda, es la opción de expandir un proyecto para cubrir nuevos productos o mercados en algún tiempo futuro. La tercera, es la opción de abandonar un proyecto si los flujos de efectivo no alcanzan las expectativas.

1) Opción de posponer un proyecto

Los proyectos son analizados comúnmente basándose en los flujos de efectivo esperados y las tasas de descuento al momento del análisis; el valor presente neto calculado bajo esas bases es una medida de su valor y aceptabilidad a ese tiempo. Los flujos de efectivo esperados y las tasas de descuento cambian a lo largo del tiempo y de la misma forma, lo hace el valor presente neto. Así pues, un proyecto que tiene valor presente neto negativo el día de hoy puede tener valor presente neto positivo en el futuro. En un medio competitivo, en el que las empresas no tienen ventajas especiales sobre sus competidoras al tomar los proyectos, esto pudiera no parecer significativo. Pero en un medio en el que un proyecto puede tomarse solamente por una empresa, debido a las restricciones legales u otras barreras de entrada para competidores, los cambios en el valor del proyecto a través del tiempo, le dan las características de una opción call. Es

decir que una condición necesaria para la aplicación del modelo de opciones reales a este caso, es que la empresa tenga derechos exclusivos sobre el proyecto bajo estudio.

Se supone que un proyecto requiere una inversión inicial de K y el valor presente esperado de los flujos internos calculado al día de hoy es S . El valor actual neto del proyecto es la diferencia entre los dos: $VAN = S - K$

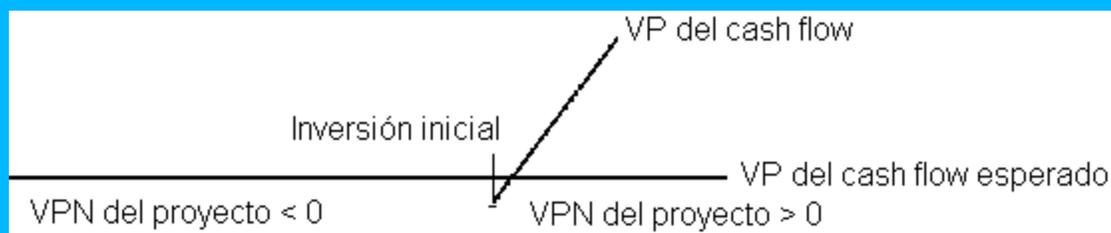
También asumimos que el valor presente de los flujos internos puede cambiar a través del tiempo, debido a cambios ya sea en los flujos de efectivo o la tasa de descuento. Así, el proyecto pudiera tener un valor presente neto negativo ahora, pero aún así ser un buen proyecto si la empresa espera. Al redefinir S como el valor presente de los flujos de efectivo, la regla de decisión de la empresa sobre este proyecto puede resumirse de la siguiente forma:

Si $S > K$ entonces tomar el proyecto pues tiene valor presente neto positivo.

Si $S < K$ entonces no tomar el proyecto pues tiene valor presente neto negativo.

Si la empresa no toma el proyecto, esto implica que no habrá flujos de efectivo adicionales, aunque se pierda lo que originalmente se invirtió en dicho proyecto. Esta relación puede presentarse en un diagrama de pagos de flujos de efectivo sobre este proyecto, como se muestra en la siguiente figura, suponiendo que la empresa espera hasta el final del periodo para el que tiene derechos exclusivos sobre el proyecto:

Opción de posponer un proyecto



Hay que destacar que este diagrama de pagos es para una opción call: el activo subyacente es el proyecto, el precio de ejercicio de la opción es la inversión que se necesita para tomar el proyecto y la vida de la opción es el periodo por el cual la empresa tiene derecho sobre el proyecto. El valor presente de los flujos de efectivo sobre este proyecto y la varianza esperada en dicho valor presente representan el valor y la varianza del activo subyacente

Para aplicar la teoría de valuación de opciones a la valuación de la opción de posponer son las mismas que se necesitarían para cualquier opción. Se precisa conocer el valor del activo subyacente, la varianza sobre ese valor, el tiempo a la expiración de la opción, el precio de ejercicio, la tasa libre de riesgo y la equivalente de dividendos. El equivalente de dividendos modeliza el costo de posponer.

1) Valor del activo subyacente

En el caso de opciones de productos, el activo subyacente es el proyecto por sí mismo. El valor actual de este activo es el valor presente de flujos de efectivo esperados de iniciar el proyecto ahora, sin incluir la inversión inicial, que puede obtenerse al hacer un análisis estándar de presupuesto de capital. Sin embargo, es posible que exista discrepancia y confusión en las estimaciones de los flujos de efectivo y el valor presente. En vez de verlo como un problema, esta incertidumbre debe verse como la razón por la que la opción de posponer el proyecto tiene valor. Si los flujos de efectivo esperados sobre el proyecto se conocieran con certeza y no se esperara que cambiaran, no habría necesidad de adoptar un soporte de valuación de opciones, pues no habría valor para la opción.

2) Varianza en el valor del activo

Como se dijo en el ítem anterior, es posible que exista incertidumbre asociada con las estimaciones de los flujos de efectivo y el valor presente que mide el valor del activo a la fecha actual. Esto es, en parte porque el tamaño del mercado potencial del producto puede ser desconocido y en parte porque los avances tecnológicos pueden cambiar la estructura de costos y rentabilidad del producto. La varianza en el valor presente de los flujos de efectivo del proyecto puede estimarse en tres posibles formas:

a) Si se han introducido proyectos similares en el pasado, la varianza en los flujos de efectivo sobre estos proyectos se puede utilizar como un estimado. Esta puede ser la forma en la que una compañía de productos de consumo podría estimar la varianza asociada a introducir una en alguna de sus marcas.

b) Se pueden asignar probabilidades a varios escenarios de mercado, flujos de efectivo estimados bajo cada escenario y la varianza estimada a través de valores presentes. Alternativamente, las distribuciones probabilísticas se pueden estimar para cada una de las entradas del análisis del proyecto: el tamaño del mercado, la participación de mercado y el margen de beneficio, por ejemplo; y las simulaciones que se usan para estimar la varianza en los valores presentes que se requieran. Esta aproximación tiende a trabajar mejor cuando solamente existen una o dos fuentes (como la aleatoriedad en ingresos y egresos) de incertidumbre sobre los flujos de efectivo futuros.

c) Como un estimado de la varianza puede utilizarse la varianza en el valor de la empresa o empresas involucradas en el mismo negocio que el proyecto que se está considerando. Así, la varianza promedio en el valor de una empresa aseguradora, podría representar la varianza del valor presente de un proyecto particular de seguros. Desgraciadamente, en general este tipo de información no se da a conocer públicamente.

El valor de la opción está ampliamente influido por la varianza en los flujos de efectivo: a mayor varianza, mayor será el valor de la opción de posponer el proyecto. Entonces el valor de la opción de hacer un proyecto en un negocio

estable será menor que el valor de una en un entorno donde la tecnología, competencia y resultados finales cambian constantemente.

3) Precio de ejercicio de la opción

Una opción de posponer un proyecto se ejerce cuando la empresa que posee derechos sobre el proyecto decide invertir en él. El costo de hacer esta inversión es el precio de ejercicio de la opción. El supuesto implícito es que este costo permanece constante en valor presente, y que cualquier incertidumbre asociada con el producto se refleja en el valor presente de los flujos de efectivo del producto.

4) Expiración de la opción

La opción de posponer el proyecto expira cuando los derechos sobre el proyecto terminan su plazo, se supone que las inversiones hechas después de que los derechos del proyecto expiran, originan un valor presente neto de cero como retornos de competencia hacia la tasa requerida.

5) Tasa libre de riesgo

La tasa libre de riesgo que se usa en la valuación de opciones debe ser la que corresponda a la expiración de la opción. Mientras esta variable puede estimarse relativamente fácil cuando las empresas tienen derechos explícitos sobre un proyecto, por ejemplo a través de una licencia o patente, se vuelve más difícil de obtener cuando las empresas sólo tienen una ventaja competitiva para tomar un proyecto. Como las ventajas competitivas se disuelven al pasar el tiempo, el número de años por los que la empresa puede esperar tener estas ventajas es la vida de la opción.

6) Costo de posponer

Existe un costo al posponer un proyecto, una vez que el valor presente neto se vuelve positivo. Como los derechos sobre un proyecto expiran después de un período fijo, se elabora el supuesto de que los beneficios en exceso, que son la fuente de un valor presente positivo, desaparecen después del tiempo a la par que van emergiendo nuevos competidores, cada año de retraso se traduce en un año menos de flujos de efectivo que crean valor. Si los flujos de efectivo se distribuyen sobre el tiempo y la vigencia de la patente es de n años, el costo de posponer se puede expresar como:

Costo anual de posponer = $1 / n$

De este modo, si los derechos sobre el proyecto son por 10 años, el costo anual de posponer se vuelve de 10% anual. Este costo de posponer se incrementa cada año haciendo que el mencionado costo de posponer sea mayor a lo largo del tiempo.

Veamos ahora un ejemplo acerca de cómo valorar la opción de posponer un proyecto.

Un inversionista está interesado en adquirir los derechos exclusivos del mercado de un producto nuevo que hará más veloz y versátil el acceso y las búsquedas en bases de datos a través de internet. El valor de los derechos sobre el producto, es justamente el valor de la opción de posponer la decisión de llevar a

cabo el proyecto, con la ventaja de poder tomar dicha decisión una vez que se obtuvo mayor información acerca de las perspectivas del negocio por el hecho de haber esperado. Para llevar a cabo el proyecto, se tendrán que pagar \$500.000 al inicio para montar la infraestructura necesaria para proveer el servicio. Dicha infraestructura se considera obsoleta luego de 5 años, por esta razón no se tiene en cuenta ningún valor de liquidación de esos bienes. Basándose en las proyecciones actuales, se cree que el servicio generará \$100.000 en los flujos libres de impuesto cada año. Adicionalmente, se espera operar sin competencia seria durante los primeros 5 años.

Desde un punto de vista estático, el valor actual neto de este proyecto puede calcularse tomando el valor presente de los flujos de efectivo esperados por los siguientes 5 años. Se considera una tasa de descuento del 15%, y se obtiene el siguiente valor actual neto para el proyecto:

$$\text{VAN del proyecto} = -500.000 + 100.000 \cdot a(15\% \ 5) =$$
$$\text{VAN} = -500.000 + 335.000 = -165.000$$
observamos que el VAN de este proyecto es negativo

La mayor fuente de incertidumbre en este proyecto es el número de gente que estará interesada en este producto. Mientras que las pruebas de mercado indican que podrá capturarse un número relativamente pequeño de clientes, por ejemplo ejecutivos en viajes de negocios, también indican la posibilidad de que el mercado potencial pueda ampliarse mucho más a través del tiempo. Es decir, si bien está especificado que el flujo anual es igual a \$100.000, recordemos que este valor es la esperanza matemática de una variable aleatoria que tiene una gran volatilidad, y justamente allí radica la posibilidad de que este valor crezca. De hecho, una simulación de los flujos del proyecto, muestra una desviación estándar del 42% en el valor presente de éstos, con un valor esperado de \$335.000.

Para evaluar los derechos exclusivos para este proyecto, se definen los inputs para el modelo de valuación de opciones:

Valor del activo subyacente (S) = Valor presente de los flujos si el proyecto empezara hoy mismo = 335.000

Precio de ejercicio (K) = Inversión inicial necesitada para iniciar el proyecto = 500.000

Varianza en el valor del activo subyacente (σ^2) = $0.422^2 = 0.1764$

Tiempo hasta la expiración (t) = Período de derechos exclusivos sobre el proyecto = 5 años

Tasa de dividendos (y) = $1/\text{Vida de la patente} = 1/5 = 0.20$

Asumimos que la tasa libre de riesgo por 5 años es $r=5\%$.

El valor de la opción se estima de la siguiente forma:

$$\text{Valor del call} = S e^{-y \cdot t} N(d1) - K e^{-r \cdot t} N(d2)$$

$$d1 = [\ln(S/K) + (r - y + \sigma^2 / 2) \cdot t] / [\sigma \cdot \text{sqrt}(t)]$$

$$d2 = d1 - \sigma \cdot \text{sqrt}(t)$$

Por lo tanto,

$$d1 = [\ln(335.000 / 500.000) + (0,05 - 0,20 + 0,1764/2) \cdot 5] / [0,422 \cdot \text{sqrt}(5)] =$$

$$d1 = -0,755448$$

$$d2 = -0,75545 - 0,422 \cdot \text{sqrt}(5) = -1,6946$$

$$N(d1) = 0,225 \quad N(d2) = 0,045$$

y así:

$$\text{Valor del call} = 335.000 e^{-0,20 \cdot 5} \cdot 0,225 - 500.000 e^{-0,05 \cdot 5} \cdot 0,045 = \$10.175$$

Los derechos sobre este producto, que tiene valor presente neto negativo si se inicia el día de hoy, equivalen a \$10.175 valuados según la teoría de opciones. Hay que destacar que la probabilidad de que este proyecto se vuelva viable antes de su expiración es muy baja (entre 4,5% y 22,5%) de acuerdo a lo que indican las variables $N(d1)$ y $N(d2)$.

El origen del valor de la opción está en el hecho de tener la posibilidad de adquirir dentro de cinco años algo que hoy vale \$335.000, pero que en ese momento puede valer mucho más que \$500.000 debido a la gran varianza; y si valiera menos de \$500.000 tengo la libertad de no llevar a cabo el proyecto. Por lo tanto el modelo por opciones me deja ver que estoy capturando el valor de la aleatoriedad, cuando ésta me beneficia, mientras que no cargo al mismo tiempo con la pérdida, si se diera el escenario adverso.

El hecho de ver la posibilidad de posponer un negocio, como una opción, tiene algunas implicancias:

- 1) El proyecto podría tener VAN menor que cero, basándose en los flujos de efectivo esperados actualmente, pero aún así ser valioso debido a las características de la opción; esto es, mientras un valor presente neto negativo debería hacer pensar a la empresa en rechazar el proyecto, no debería conducirla a concluir que los derechos sobre este proyecto no valen la pena.
- 2) Un proyecto puede tener valor presente neto positivo, pero no ser aceptado de inmediato. Esto es porque la empresa puede ganar más al esperar y tomar el proyecto en un período futuro, por las mismas razones que los inversionistas no siempre ejercen la opción solo porque está *in the money*. Esto es más probable que pase cuando la empresa tiene derechos para el proyecto durante un largo período de tiempo y la varianza en los flujos del proyecto es alta. Como ejemplo, hay que pensar en una empresa que tiene derechos de patente para producir un nuevo tipo de entrada de disco para construir sistemas, y que la construcción de una nueva planta originaría un valor presente neto positivo al día de hoy. Si la tecnología para fabricar esa unidad de disco está en constante desarrollo, la firma podría retrasar el tomar el proyecto, esperando que una nueva tecnología

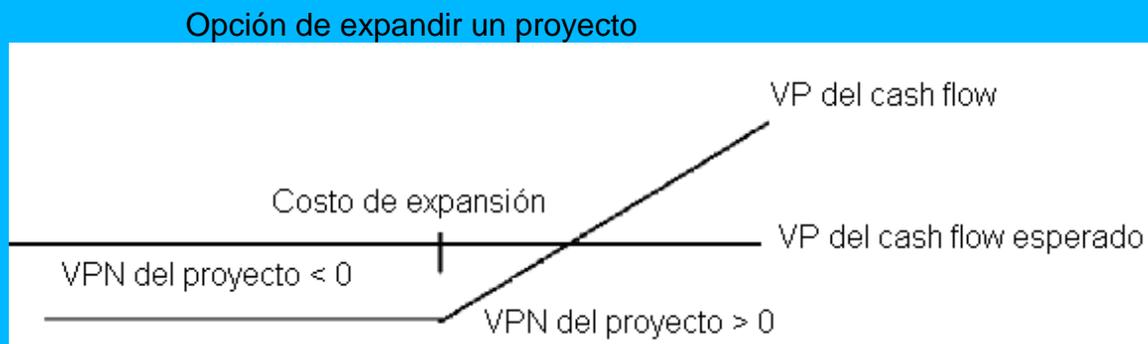
incremente los flujos esperados y en consecuencia, el valor del proyecto. Tiene que comparar esto contra el costo de posponer el proyecto, que serán los flujos que se sacrificarán al no tomar el proyecto ahora mismo.

3) Algunos factores que pueden volver un proyecto menos atractivo en un análisis estático, pueden hacer los derechos sobre el proyecto más valiosos. Un ejemplo es el considerar el efecto de la incertidumbre sobre cuánto tiempo será capaz de operar una empresa sin competencia y ganar exceso de retornos. En un análisis estático, al incrementarse la incertidumbre se incrementa el riesgo del proyecto y pudiera parecer menos atractivo. Cuando el proyecto se ve como una opción, el incremento en incertidumbre, puede de hecho, hacer que la opción sea más valiosa.

II) Aplicación de la valuación mediante opciones a la posibilidad de expansión de un proyecto

En algunos casos, las empresas inician proyectos únicamente porque al hacerlo, se permiten acceso a otros proyectos o la entrada a otros mercados en el futuro. En tales casos, puede argumentarse que los proyectos iniciales son opciones que permiten que la firma amplíe sus horizontes y por lo tanto, debería estar dispuesta a pagar un precio por dichas opciones, aceptando valores presentes netos negativos en el proyecto inicial debido a la probabilidad de valores presentes positivos elevados en proyectos futuros.

Para examinar esta opción utilizando el método desarrollado anteriormente, se supone que el valor presente de los flujos esperados al entrar a un mercado nuevo o tomar un nuevo proyecto es S y que la inversión total que se necesita es K . Se considera que la empresa tiene un horizonte de tiempo al final del cual tiene que tomar la decisión final sobre si toma o no ventaja sobre esta oportunidad. También se supone que la empresa no puede seguir adelante con esta oportunidad si no toma el proyecto inicial. Este escenario implica que los pagos finales son como en la siguiente figura:



Como puede observarse, en la expiración del horizonte fijo de tiempo, la empresa ingresará al nuevo mercado o tomará el nuevo proyecto si el valor

presente de los flujos esperados en ese punto de tiempo excede al costo de entrar al mercado.

Ejemplo vinculado a la valuación de la opción de expansión de un negocio: Supongamos que una gran cadena de supermercados está considerando abrir una sucursal en una región donde no existen esquemas de negocios como el que esta cadena propone. La construcción de la nueva sucursal costará \$3.000.000 y el valor presente de los flujos esperados de dicha sucursal es de \$2.500.000, por lo que, a primera vista, la tienda tiene un valor actual neto negativo de \$500.000.

Sin embargo, se sabe que al abrir la sucursal, el inversionista adquiere la opción de expandirse y convertirse en la sucursal más grande y dominante en la región durante los siguientes 5 años. El costo de esta expansión sería de \$5.000.000 y dicha expansión se efectuaría solo si el valor presente de los flujos esperados excede esta cantidad. En este momento, el valor presente de los flujos esperados de la expansión se estima en solamente \$3.750.000. Si fuera mayor, la corporación hubiera abierto la sucursal en grande desde el principio.

La empresa todavía no conoce mucho sobre el mercado potencial en la zona y existe una considerable incertidumbre sobre la estimación. La varianza es 0.08. El valor de la opción de expandir puede ser estimada, definiendo las entradas al modelo de valuación de opciones de la siguiente manera:

Valor del activo subyacente (S) = Valor presente de los flujos esperados de la expansión al día de hoy = \$3.750.000

Varianza del activo subyacente = 0.08

Precio de ejercicio (K) = Costo de expansión = \$5.000.000

Tiempo hasta la expiración (t) = Período en el que aplica la opción de expansión = 5 años

Tasa libre de riesgo para un período de 5 años (r) = 6%.

Por lo tanto, el valor de la opción se estima de la siguiente forma:

Valor del call = $S \cdot N(d1) - K \cdot e^{-r \cdot t} N(d2)$

$d1 = [\ln(S/K) + (r + \sigma^2 / 2) \cdot t] / [\sigma \cdot \sqrt{t}]$

$d2 = d1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$

Reemplazando por los datos:

$d1 = [\ln(3.750.000 / 5.000.000) + (0,06 + 0,08/2) \cdot 5] / [\sqrt{0,08} \cdot \sqrt{5}] =$

$d1 = 0,3357$

luego $d2 = 0,3357 - \sqrt{0,08} \cdot \sqrt{5} = -0,2968$

y obtenemos:

$N(d1) = 0,6314$ $N(d2) = 0,3833$

de este modo:

Valor de call = $3.750.000 \cdot 0,6314 - 5.000.000 \cdot e^{-0,06 \cdot 5} \cdot 0,3833 = \948.066

Este valor puede añadirse al valor presente neto del proyecto original que se está considerando.

Valor actual neto (VAN) de la sucursal =

$\$2.500.000 - \$3.000.000 = - \$500.000$

Valor de la opción de expandir = \$948.066

Valor Presente Neto de la sucursal con la opción de expansión =
 $-\$500.000 + \948.066

Valor Presente Neto de la sucursal con la opción de expansión = \$448.066

Por lo tanto, la corporación debe optar por abrir la sucursal, aunque el proyecto tenga VAN negativo porque en consecuencia, adquiere una opción de mucho más valor.

Del mismo modo que en el ejemplo vinculado con la opción de posponer, el hecho abrir la sucursal me otorga la posibilidad de evaluar cómo evoluciona el negocio y las perspectivas del mercado. Así, al abrir dicha sucursal estoy adquiriendo la posibilidad de tener, pagando \$5.000.000, dentro de cinco años algo que vale hoy \$3.750.000, pero que en ese momento futuro puede valer mucho más que \$5.000.000.

El concepto de la opción de expansión se utiliza implícitamente en las empresas que toman proyectos que tienen valor presente neto negativo, pero saben que esto origina oportunidades para incursionar en nuevos mercados o vender nuevos productos. La teoría de valuación de opciones aporta rigor a este argumento al estimar el valor de esta opción y profundiza en las ocasiones en que estas oportunidades son más valiosas. En general, la opción de expandir es claramente más valiosa para los negocios valiosos con altos retornos sobre los proyectos, como ocurre en biotecnología o software, que en los negocios estables con bajos retornos, como es el caso de la construcción, bienes de consumo o producción de automóviles.

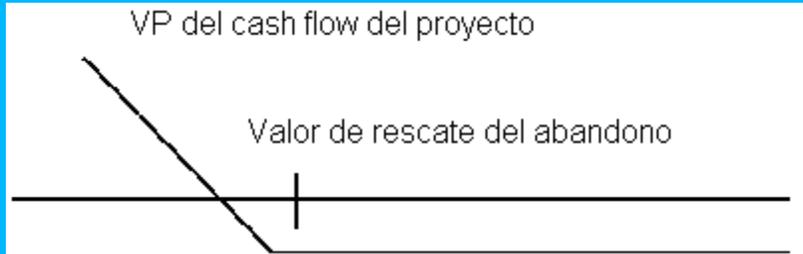
III) Aplicación de la teoría de opciones a la valuación de la posibilidad de abandonar un proyecto

Se considerará la valuación de la posibilidad de abandonar un proyecto cuando sus flujos no cumplen con las expectativas. Una forma de reflejar este valor es a través de árboles de decisión. Esta aproximación ha limitado la aplicación en la mayoría de análisis de inversión del mundo real, trabaja típicamente en proyectos con múltiples alternativas y requiere entradas de probabilidad para cada fase del proyecto. La aproximación de valuación de opciones representa una forma más general de estimar y construir el valor de abandono en un valor de opción.

Supóngase que S es el valor remanente de un proyecto si éste continúa hasta el final de su duración, y K es la liquidación que surge del hecho de abandonar el proyecto en el mismo punto del tiempo. Si el proyecto tiene una vida de n años, el valor de continuar con el proyecto puede compararse al valor de liquidación o abandono; si continuar con el proyecto tiene asociado más valor que abandonarlo, entonces se debe seguir adelante con el proyecto; en caso contrario, el tenedor de la opción podrá considerar la alternativa de abandonar dicho proyecto:

Pago final por poseer una opción de abandono = $\{ 0 \text{ si } S > K \quad K - S \text{ si } S \leq K \}$

Pagos finales en el caso de una opción de abandonar un proyecto



A diferencia de los casos anteriores, la opción de abandonar tiene las características de una opción put.

Finalmente veremos un ejemplo de aplicación de la opción de abandonar un proyecto

Supóngase que una firma considera tomar un proyecto de 10 años que requiere una inversión inicial de \$50.000.000 en sociedad con el gobierno, donde el valor presente de los flujos esperados es de \$55.000.000. Aunque el valor presente neto de \$5.000.000 es pequeño, se supone que la empresa tiene la opción de abandonar este proyecto a los 10 años y vender su participación de la sociedad a los otros socios en \$25.000.000. La varianza en el valor presente de los flujos de estar en la sociedad es de 0.09. El valor de la opción de abandonar puede estimarse al determinar las características de la opción put:

Valor del activo subyacente (S) = Valor presente de los flujos del proyecto = \$55.000.000

Precio de ejercicio (K) = Valor de rescate del abandono = \$25.000.000

Tiempo a la expiración (t) = Período en que se tiene la opción de abandono = 10 años

Se considera una tasa libre de riesgo por 10 años del 6%. Además se supone que la propiedad no pierde valor durante los siguientes 10 años.

El valor de la opción put puede estimarse de la siguiente forma:

Valor del call = $S \cdot N(d1) - K \cdot e^{-r \cdot t} N(d2)$

con: $d1 = [\ln(S/K) + (r + \sigma^2 / 2) \cdot t] / [\sigma \cdot \sqrt{t}]$

y $d2 = d1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$

Reemplazando por los datos:

$d1 = [\ln(55.000.000 / 25.000.000) + (0,06 + 0,09/2) \cdot 10] / [\sqrt{0,09} \cdot \sqrt{10}] =$

$d1 = 1,9382$

luego $d2 = 1,9382 - \sqrt{0,09} \cdot \sqrt{10} = 0,9891$

y obtenemos:

$N(d1) = 0,9737$ $N(d2) = 0,8387$

y entonces:

$$\text{Valor del call} = 55.000.000 \cdot 0,9737 - 25.000.000 e^{-0,06 \cdot 10} \cdot 0,8387 = 42.045.000$$

esto implica que:

$$\text{Valor del Put} = S [N(d1) - 1] - K e^{-r \cdot t} [N(d2) - 1] =$$

$$\text{Valor del Put} = \text{Valor del Call} - S + K \exp(-r \cdot t) =$$

$$\text{Valor del Put} = 42.045.000 - 55.000.000 + 25.000.000 e^{-0,06 \cdot 10} = 765.000$$

El valor de la opción de abandono tiene que añadirse al valor presente neto del proyecto de \$5.000.000, originando un valor presente neto total con la opción de abandono de \$5.765.000. Hay que destacar que el abandono se vuelve una opción más y más atractiva mientras la duración del proyecto disminuye, pues el valor presente de los flujos remanentes va a disminuir.

Es importante señalar que uno realiza la valuación en el presente y con los datos que cuenta en ese presente. Así decimos que el proyecto tiene un VAN igual a \$5.000.000, y también decimos que la posibilidad de abandonar vale hoy \$765.000, más allá de que abandone o no en el futuro. Se supone que los \$5.000.000 del VAN contemplan la aleatoriedad vinculada al hecho de que pueda abandonar, pues dicho VAN es un valor esperado, una esperanza matemática. Desde luego que si en el futuro se da la contingencia de abandonar, el VAN "a posteriori" va a cambiar, del mismo modo que la probabilidad cambia a medida que van ocurriendo los eventos. El VAN que hemos calculado mediante la técnica tradicional es el VAN "a priori".

Para ejemplificar este concepto, pensemos en el caso de un negocio que requiere una inversión de \$900 y genera un flujo aleatorio (F) dentro de 1 año que puede ser: \$1300 o \$1100 con 50% de probabilidad para cada escenario. Suponiendo que la tasa fuera el 20%, entonces el VAN esperado sería:

$$E(\text{VAN}) = [1300/1,20 - 900] \cdot 0,50 + [1100/1,20 - 900] \cdot 0,50 = \\ = 183,33 \cdot 0,50 + 16,67 \cdot 0,50 = 100$$

Ahora bien, éste es el VAN esperado.

Si dentro de un año observamos que se dio el escenario donde el flujo F es \$1100, entonces diríamos el VAN no fue \$100, sino que fue \$16,67.

Pero, ¿sería esto correcto?, no debemos confundir el valor particular 16,67 obtenido por la variable aleatoria VAN, con el valor 100, que es su esperanza matemática.

El hecho de que la opción de abandono tenga valor, representa una razón para que las empresas planeen con flexibilidad operativa para cancelar o terminar proyectos si no cumplen con las expectativas.

8) Aplicación de los modelos obtenidos a la valuación de una empresa argentina

La empresa ISC SRL se dedica a la capacitación en el ámbito de la computación y la informática en general. Tiene su sede en Capital Federal con dos años funcionando y se estima que puede continuar por 10 años más.

Ha firmado convenios con importantes empresas multinacionales, que le otorgan derechos exclusivos para la comercialización de determinados productos de software y hardware, y también para la capacitación de los usuarios de dichos productos.

Por lo tanto puede considerar la opción de expandirse a otras zonas de Capital y también del Gran Buenos Aires.

Hay conflictos entre los socios actuales, por lo cual se plantea llevar a cabo la venta de la empresa.

El comprador evalúa el potencial de la empresa dado la situación actual más su opción de expansión.

Considera que durante un año puede evaluar e intentar penetrar en los mercados de otras zonas y eventualmente expandirse.

En caso de expandirse asume 3 escenarios: pesimista, medio, optimista

La expansión consistiría en abrir 3 sedes más: Belgrano, Pilar y La Plata
Estudios sobre el mercado y la competencia en dichas zonas, llevan a estimar cada uno de los escenarios para cada zona.

Valor de la empresa hoy sin considerar la opción de expansión

Datos:

impuesto a las ganancias: 35%

Total de horas semanales en cada nivel: 12

Cantidad de niveles: 3

Cantidad de semanas al año: 40

Crecimiento anual estimado de los sueldos: 8%

Sueldo administrativo inicial: \$1200

Coeficiente de crecimiento anual para gastos varios: 1,12

Período	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
coef crecim										
valor cuota		1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
anual										
valor de la	170	187	206	226	249	274	301	331	364	401
cuota										
mensual										
cant horas	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
prof al año										
por nivel										
cantidad de	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
niveles										
coef crecim										
costo hora		1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
prof										
costo hora	25	27	30	32	35	38	42	46	50	54
prof										
cant										
administrati	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
vos										
coef crecim										
sueld admin		1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Sueldo										
anual por	15.600	16.848	18.196	19.652	21.224	22.922	24.755	26.736	28.875	31.184
administ										
cant										
alumnos	320	400	430	450	450	450	450	450	450	450
% beca										
promedio	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

A continuación se detalla el cuadro económico, del cual obtenemos en su última fila el flujo de fondos libres (ganancia después de impuestos), que utilizamos para calcular el valor presente del negocio.

Se aclara que en este ejercicio el resultado económico equivale al flujo de fondos libres, considerando que no hay amortizaciones y que tanto los ingresos como los egresos se producen al contado.

Período	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ingresos	435.200	598.400	707.608	814.572	896.029	985.632	1.084.195	1.192.615	1.311.876	1.443.064

Sueldos administrat	62.400	67.392	72.783	78.606	84.895	91.686	99.021	106.943	115.498	124.738
Sueldos prof	36.000	39.240	42.772	46.621	50.817	55.390	60.376	65.809	71.732	78.188
Gtos equip	15.000	16.800	18.816	21.074	23.603	26.435	29.607	33.160	37.139	41.596
Gtos ofic	2.400	2.688	3.011	3.372	3.776	4.230	4.737	5.306	5.942	6.655
Luz. etc	1.800	2.016	2.258	2.529	2.832	3.172	3.553	3.979	4.457	4.992
Teléfono	2.400	2.688	3.011	3.372	3.776	4.230	4.737	5.306	5.942	6.655
Internet	2.400	2.688	3.011	3.372	3.776	4.230	4.737	5.306	5.942	6.655
Seguros	500	560	627	702	787	881	987	1.105	1.238	1.387
Alarma	1.800	2.016	2.258	2.529	2.832	3.172	3.553	3.979	4.457	4.992
Alquiler	54.000	60.480	67.738	75.866	84.970	95.166	106.586	119.377	133.702	149.746
ABL	240	269	301	337	378	423	474	531	594	666
Publicidad	36.000	40.320	45.158	50.577	56.647	63.444	71.058	79.585	89.135	99.831
Gtos cdor y abogado	8.400	9.408	10.537	11.801	13.218	14.804	16.580	18.570	20.798	23.294
Total egresos	223.340	246.565	272.280	300.759	332.307	367.264	406.006	448.955	496.577	549.395
Ganancia ant Imp	211.860	351.835	435.328	513.813	563.722	618.369	678.189	743.660	815.299	893.669
Impuesto ganancias	74.151	123.142	152.365	179.835	197.303	216.429	237.366	260.281	285.355	312.784
Ganancia desp imp	137.709	228.693	282.963	333.979	366.419	401.940	440.823	483.379	529.944	580.885

Así el valor presente de le empresa descontando con un 20% el flujo de fondos libres y sin tener en cuenta la opción de expansión es \$1.574.661. No se considera valor terminal de la empresa, por cuanto se ha estimado que las actividades finalizan en el año 2015.

La siguiente matriz indica para cada zona y cada escenario, el valor presente (VP) de los flujos generados por la expansión:

	Pesimista	Medio	Optimista
Belgrano	440.000	750.000	2.500.000
Pilar	370.000	650.000	1.900.000
La Plata	290.000	470.000	1.600.000

Consideramos todos equiprobables por zona. También asumimos que no están correlacionados.

Si denominamos X a la variable aleatoria que representa el valor presente de los flujos generados por la expansión en Belgrano, y análogamente Y y Z para Pilar y La Plata respectivamente, entonces la esperanza matemática de X es:

$$E(X) = \sum_{i=1}^3 x_i \cdot p(x_i) \quad \text{donde la } i=1, 2 \text{ y } 3 \text{ representan los escenarios Pesimista,}$$

Medio y Optimista y $p(x_i)$ es la probabilidad de ocurrencia asociada a cada uno de dichos escenarios.

De igual modo, la esperanza matemática para Y y Z es:

$$E(Y) = \sum_{i=1}^3 y_i \cdot p(y_i)$$

y

$$E(Z) = \sum_{i=1}^3 z_i \cdot p(z_i)$$

Entonces si reemplazamos los valores de la tabla anterior en la fórmula de E(X), obtenemos:

$$E(X) = 440.000 \cdot 1/3 + 750.000 \cdot 1/3 + 2.500.000 \cdot 1/3 = 1.230.000$$

Análogamente se procede para obtener E(Y) y E(Z).

Además, la varianza de X, Y y Z está dada por:

$$\sigma^2(X) = \sum_{i=1}^3 x_i^2 \cdot p(x_i) - E^2(X) \quad , \quad \sigma^2(Y) = \sum_{i=1}^3 y_i^2 \cdot p(y_i) - E^2(Y)$$

y

$$\sigma^2(Z) = \sum_{i=1}^3 z_i^2 \cdot p(z_i) - E^2(Z)$$

Con los datos de la tabla anterior en la fórmula de $\sigma^2(X)$, se puede escribir:
 $\sigma^2(X) = [440.000^2 \cdot 1/3 + 750.000^2 \cdot 1/3 + 2.500.000^2 \cdot 1/3] - 1.230.000^2$
 $\sigma^2(X) = 8,22 \cdot 10^{11}$

Repitiendo para Y y para Z, y junto con los resultados obtenidos para E(X), E(Y) y E(Z), se puede obtener la Esperanza (μ) y la Varianza (σ^2) del VP de la expansión según se muestra en el siguiente cuadro:

	μ	σ^2
Belgrano	1230000	8.22E+011
Pilar	973333	4.42E+011
La Plata	786667	3.36E+011
Total:	2990000	1.60E+012

(S)

Para llevar a cabo dicha expansión habría que realizar una inversión de 3.000.000 (K) en concepto de refacciones, publicidad, compra de equipos instalaciones, etc.

Cálculo de la esperanza y de la varianza de la rentabilidad

La utilidad es la suma de los valores presentes de los flujos debido a la expansión en cada zona menos el costo de dicha expansión.
 Luego, la rentabilidad es el cociente entre la utilidad y el costo de la expansión.
 Esto se aplica a cada uno de las distintas combinaciones de escenarios para cada zona.
 Así, a modo de ejemplo, si se diera el escenario Pesimista en las 3 zonas

(primera fila de la tabla que se muestra a continuación), la utilidad sería:
 $U = [440.000 + 370.000 + 290.000] - 3.000.000 = -1.900.000$
 Luego, la rentabilidad es: $\text{rentabilidad} = U / K = -1.900.000 / 3.000.000 = -0,6333$

Repitiendo este procedimiento para cada uno de los escenarios posibles, obtenemos la siguiente tabla:

Belgrano	Pilar	La Plata	rentabilidad	probabilidad
440.000	370.000	290.000	-0,6333	3.704%
440.000	370.000	470.000	-0,5733	3.704%
440.000	370.000	1.600.000	-0,1967	3.704%
440.000	650.000	290.000	-0,5400	3.704%
440.000	650.000	470.000	-0,4800	3.704%
440.000	650.000	1.600.000	-0,1033	3.704%
440.000	1.900.000	290.000	-0,1233	3.704%
440.000	1.900.000	470.000	-0,0633	3.704%
440.000	1.900.000	1.600.000	0,3133	3.704%
750.000	370.000	290.000	-0,5300	3.704%
750.000	370.000	470.000	-0,4700	3.704%
750.000	370.000	1.600.000	-0,0933	3.704%
750.000	650.000	290.000	-0,4367	3.704%
750.000	650.000	470.000	-0,3767	3.704%
750.000	650.000	1.600.000	0,0000	3.704%
750.000	1.900.000	290.000	-0,0200	3.704%
750.000	1.900.000	470.000	0,0400	3.704%
750.000	1.900.000	1.600.000	0,4167	3.704%
2.500.000	370.000	290.000	0,0533	3.704%
2.500.000	370.000	470.000	0,1133	3.704%
2.500.000	370.000	1.600.000	0,4900	3.704%
2.500.000	650.000	290.000	0,1467	3.704%
2.500.000	650.000	470.000	0,2067	3.704%
2.500.000	650.000	1.600.000	0,5833	3.704%
2.500.000	1.900.000	290.000	0,5633	3.704%
2.500.000	1.900.000	470.000	0,6233	3.704%
2.500.000	1.900.000	1.600.000	1,0000	3.704%

Dado que la esperanza y la varianza de la rentabilidad (R) se puede calcular según:

$$E(R) = \sum_{i=1}^n r_i \cdot p(r_i)$$

$$\sigma^2(R) = \sum_{i=1}^n r_i^2 \cdot p(r_i) - E^2(R)$$

Donde “n” es la cantidad de escenarios combinados, es decir $n=3^3 = 27$ (pues son 3 zonas y 3 escenarios posibles para cada una).

Así, con los datos de la tabla anterior en las fórmulas mencionadas, se obtiene:

$$E[\text{rentabilidad}] = -0,3333\%$$

$$\text{Var}[\text{rentabilidad}] = 0,17789$$

Vamos ahora a valorar la opción de expansión:

Valor del activo subyacente hoy: VP de los flujos esperados de la expansión
 $S = 2.990.000$

Precio de ejercicio: Costo de la expansión
 $K = 3.000.000$

Varianza de la rentabilidad del activo subyacente:
 $\sigma^2 = 0,17789$

Tiempo de expiración:
 $t = 1$ año

Tasa libre de riesgo:
 $r = 0,05$

$$\text{Siendo } d1 = [\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) \cdot t] / [\sigma \cdot \sqrt{t}] =$$

entonces, al reemplazar por los datos:

$$d1 = [\ln(2.990.000 / 3.000.000) + (0,05 + 0,17789/2) \cdot 1] / [\sqrt{0,17789} \cdot \sqrt{1}] =$$

$$d1 = 0,3215$$

$$\text{luego } d2 = d1 - \sigma \cdot \sqrt{t} = 0,3215 - \sqrt{0,17789} \cdot \sqrt{1} = -0,1003$$

y obtenemos:

$$N(d1) = 0,6261 \quad \text{y} \quad N(d2) = 0,4601$$

entonces:

$$\text{Valor del call} = S \cdot N(d1) - K \cdot e^{-r \cdot t} N(d2)$$

$$\text{Valor del call} = 2.990.000 \cdot 0,6261 - 3.000.000 \cdot e^{-0,05 \cdot 1} \cdot 0,4601 = 559.115$$

Por lo tanto:

Valor del negocio en la situación actual: \$1.574.661

Valor de la opción de expansión: \$559.115

Valor del negocio + opción de expansión: **\$2.133.776**

Cálculo del valor del negocio considerando la posible expansión, mediante las técnicas tradicionales

Además del caso base (el negocio como se encuentra actualmente), vamos a considerar tres alternativas:

- Que la expansión sea exitosa (escenario Optimista)
- Que se dé el escenario Medio

c) Que la expansión sea un fracaso (escenario Pesimista)

Utilizaremos en este modelo, una tasa de descuento del 30% para reflejar la mayor volatilidad (y por lo tanto, riesgo) que representa la expansión.

Si se da la alternativa a), entonces el VP de los flujos de la expansión serán:

$$VP(\text{expansión}) = 2.500.000 + 1.900.000 + 1.600.000 = 6.000.000$$

El VP del negocio en su estado actual es 1.574.661 y el costo de la expansión sería (dentro de 1 año) 3.000.000

Por lo tanto, el Valor del negocio con la expansión, en esta alternativa sería:

$$Va = 1.574.661 + 6.000.000 - 3.000.000 \cdot (1+0,30)^{-1} = 5.267.000$$

Si ocurre alternativa b), entonces el VP de los flujos de la expansión serán:

$$VP(\text{expansión}) = 750.000 + 650.000 + 470.000 = 1.870.000$$

El VP del negocio en su estado actual y el costo de la expansión son los mismos que en el caso anterior.

Por lo tanto, el Valor del negocio con la expansión, en esta alternativa sería:

$$Vb = 1.574.661 + 1.870.000 - 3.000.000 \cdot (1+0,30)^{-1} = 1.137.000$$

Por último, si se diera la alternativa c), el VP de los flujos de la expansión serían:

$$VP(\text{expansión}) = 440.000 + 370.000 + 290.000 = 1.100.000$$

Entonces, análogamente a los dos casos anteriores:

$$Vc = 1.574.661 + 1.100.000 - 3.000.000 \cdot (1+0,30)^{-1} = 366.970$$

Así, el valor presente del negocio obtenido mediante este enfoque es:

$$[5.267.000 + 1.137.000 + 366.970] / 3 = \$676.890$$

Por lo tanto, según este enfoque podemos establecer que:

$$\text{Valor del negocio total} = \$1.574.661 + \$676.890 = \mathbf{\$2.251.551}$$

Si bien no se observa demasiada diferencia entre el valor que se obtuvo por el método tradicional y el calculado por el método de valuación mediante opciones reales, considero que los \$2.133.776 obtenidos por el método de valuación por opciones reales, son más adecuados, pues reflejan la contribución al valor que aportan las opciones reales que existen en el negocio analizado. De este modo, se pueden visualizar los distintos componentes de valor que el negocio posee. Pienso que este método brinda mayores precisiones pues incluye de forme explícita el aporte de las opciones reales presentes en el negocio.

9) Conclusiones

Según los resultados obtenidos, se pone de manifiesto el diferencial en los componentes de valor a los que se arriba utilizando el método de valuación propuesto en lugar de las técnicas tradicionales, por lo tanto se desprende la importancia del empleo, para la valuación de una empresa o proyecto, de las

opciones reales.

Sin embargo, creo que un punto a favor de las técnicas tradicionales, es que no es fácil encontrar opciones frecuentemente. Es cierto que de existir dichas opciones, deben ser tenidas en cuenta si no queremos subvaluar el proyecto, pero debe reconocerse que las opciones reales se dan bajo condiciones bastante especiales, y se debe tener cuidado al usar estos modelos de no caer en el error de ver opciones donde en realidad no existen.

También hay que tener en cuenta las hipótesis de validez de los modelos y las aproximaciones a la realidad de los mismos. Por ejemplo, el tema de que exista, o no reparto de dividendos, o el hecho de que en ciertos casos la opción real se puede ejercer en el vencimiento o también antes del mismo.

Creo que las ventajas de utilizar este criterio de valuación son para tener realmente en cuenta, puesto que de ignorar los componentes de valor que esta técnica considera, significaría por ejemplo, vender una empresa por debajo de su valor real; además analizando los parámetros del modelo, podemos tener una idea concreta acerca de qué variables son más importantes y decisorias para agregar valor a la empresa.

De algún modo, el modelo planteado, se puede ver como una formalización que justamente coincide con el *know how* de muchos directivos, quienes en ocasiones prescindiendo de los números provenientes de un *cash flow*, “sienten” que deben tomar tal o cual decisión porque es mejor para la empresa, y *ex post*, vemos que fue una decisión acertada.

Tal vez, otro punto en contra para este modelo es su relativa complejidad y tratamiento matemático, pero por otra parte, con técnicas de simulación y el uso de computadoras se torna en cierto modo, manejable. De cualquier manera creo que vale la pena considerarlo sin ninguna duda, ya que significa aumento de valor.

Uno de los principales generadores de valor, cuando existen opciones reales asociadas al proyecto, es la volatilidad. Este es uno de los puntos más destacados, puesto que en este modelo la volatilidad es un aliado y no un elemento adverso. Debido a que las opciones permiten capturar la asimetría de la dispersión, el riesgo se convierte en una ventaja.

Otro elemento que está muy vinculado al valor de la opción es, desde luego, el tiempo que se puede diferir la toma de decisión acerca de si ejercer o no la opción. A mayor tiempo, más posibilidad existe de observar la evolución del proyecto, del mercado, y de todas las variables del contexto; de ese modo al decidir, voy a hacerlo tanto mejor, cuanto mayor información tenga.

10) Bibliografía

Brealy Myers. "Principios de Finanzas Corporativas"
Trigeorgis. "Real Options, Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation"
Varo, R. "Valuación de Proyectos de Inversión mediante Opciones Reales"
Trigeorgis. "The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investment"
Copeland, Tom. "Real Options: A Practitioner'S Guide"
Escuer, E. y Agustín, G. "Influencia de las Opciones Reales en la Valoración de Empresas"
Copeland. "Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies"