

Ajuste del valor de Empresas de componente tecnológico mediante opciones reales

Value Adjustment of Technological Companies using a Real Option Approach

Javier Rojo Suárez. Universidad Rey Juan Carlos

Ana Belén Alonso Conde. Universidad Rey Juan Carlos

RESUMEN En este trabajo se desarrolla un modelo integrado de valoración de empresas de alto componente tecnológico combinando el descuento de flujos de caja disponibles y la valoración de opciones reales. Dadas las características que presentan este tipo de empresas resulta complicado realizar una predicción adecuada de los ingresos. En este sentido, se propone utilizar como inductores de valor, indicadores de tráfico web sobre los que se realizarán diferentes proyecciones mediante una simulación de Monte Carlo. Finalmente este valor será ajustado mediante la utilización de opciones reales, considerando el valor de las opciones de crecimiento y sus interrelaciones en el tiempo.

PALABRAS CLAVE Simulación de Monte Carlo; Opción de crecimiento; Indicadores de tráfico web.

ABSTRACT In this work we develop an integrated model of appraisal of businesses with a high technological component combining the discount of free cash flows and the appraisal of real options. Given the characteristics of these businesses, it is complicated to carry out an adequate prediction of the incomes. In this sense, we propose to employ web traffic indicators as value drivers, estimating different projections using Monte Carlo simulation methods. Finally this value will be adjusted using real options methods, considering the value of the growth options and their interrelations over time.

KEY WORDS Monte Carlo simulation; Growth option; Eeb traffic indicators.

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la burbuja de Internet, sucedido entre los años 1998 y 2000, se caracterizó por la aparición de centenas de compañías de las tecnologías de la información o de Nueva Economía que, de forma rápida y sin tan siquiera haber demostrado la viabilidad de su proyecto, conseguían salir a bolsa y obtener sustanciales cantidades de dinero con la venta inicial de sus acciones. Durante esta época, las cifras de ingresos de muchas de estas empresas crecieron a ritmos vertiginosos, lo que influyó notablemente en las valoraciones que se hicieron de las mismas, cuando sólo en casos muy contados llegaban a obtener beneficios netos. En un mercado tan dinámico, cambiante y de rápido crecimiento, los inversores y analistas encontraban enormes dificultades para llevar a cabo estimaciones fiables sobre crecimiento de ingresos, márgenes de beneficios, etc. con el propósito de obtener una valoración razonable de estas empresas. Surge así la necesidad de utilizar nuevos generadores de valor sobre los cuales fundamentar esta estimación. En el presente trabajo, el método de valoración que proponemos aplicar a este tipo de empresas es el del descuento de flujos de caja. No obstante, la aplicación de esta metodología no está exenta de dificultades,

como es la predicción adecuada de los ingresos como base para la estimación de los flujos de caja. Como consecuencia de las altas tasas de crecimiento de ingresos que normalmente presentan en sus primeros años de actividad, una simple extrapolación de los mismos podría conducir a predicciones excesivamente optimistas. Es por ello que se propone su estimación introduciendo como variable exógena indicadores de tráfico web. A partir de la estimación de los ingresos, parte fundamental en el modelo de predicción, las partidas que componen el flujo de caja se proyectarán como un porcentaje con respecto a los ingresos o a la variación de los mismos.

Sin embargo, el modelo anteriormente comentado, fundamentado en el descuento de flujos de caja, tenderá a infravalorar en gran parte de los casos las posibilidades de crecimiento de la compañía. Por ello, el resultado obtenido a través de su aplicación será ajustado con el valor de las expectativas de crecimiento, hallado éste a través de los modelos de valoración de opciones reales. La literatura existente sobre la temática de opciones reales, como Dixit y Pindyck [1994], demuestra cómo la toma de decisiones de inversión debe considerar las opciones o cursos de acción implícitos de los que el decisor puede hacer uso. Trigeorgis [1993, 2002] muestra que numerosas aplicaciones prácticas de la teoría de la inversión se relacionan con el análisis de una serie de opciones reales interrelacionadas entre sí. Asimismo destaca cómo previamente a cualquier valoración, las distintas opciones reales deben ser consideradas de manera aislada.

2. MÉTODO DE VALORACIÓN

La aplicación del método de descuento de flujos de caja a empresas de componente tecnológico presenta algunas dificultades, ya que la mayoría de las empresas de Internet son compañías jóvenes, con pocos beneficios e incluso pérdidas, y con información financiera parcial o totalmente inexistente acerca de la evolución de la empresa. En este contexto, llevar a cabo una predicción adecuada de los flujos de caja o la tasa de descuento puede convertirse en una tarea más que complicada. No obstante, muchos analistas e investigadores, Damodaran [2000], Copeland *et al.* [2000] o Higson y Briginshaw [2000], consideran que esta metodología sigue siendo aplicable a empresas de Internet por tratarse de una de las técnicas más consistentes desde el punto de vista financiero. Sin embargo, en el cálculo de los flujos de caja, los ingresos representan la partida más difícil de estimar dados los pocos años de historia y altas tasas de crecimiento en los primeros años de actividad. Asimismo, no se encuentra evidencia de que esta tarea haya sido tratada en profundidad. Podemos encontrar estimaciones de los ingresos a través de distintos escenarios, a los que posteriormente se asignan determinadas probabilidades en Desmet *et al.* [2000]. Damodaran [2000] propone normalizar los ingresos o ajustar los márgenes de beneficio desde los niveles actuales a niveles que puedan ser sostenibles en el tiempo. La motivación de esta investigación radica en la necesidad de realizar una predicción de los ingresos de forma más rigurosa, basada en un análisis exhaustivo de la información financiera y operativa (indicadores de tráfico web) disponible, a través de modelos econométricos de predicción adaptados a las características especiales de las empresas de Internet.

Las limitaciones que presenta la valoración de este tipo de empresas se intentan resolver en este trabajo a través de los siguientes puntos:

- El modelo que se propone trata de realizar una proyección rigurosa, basada en técnicas estadísticas y econométricas, de los flujos de caja de las empresas de Internet ba-

sándose en información histórica financiera y operativa de la empresa bajo estudio y de otras empresas comparables. El objetivo que se persigue es eliminar o reducir al mínimo el número de hipótesis arbitrarias o subjetivas que se suelen emplear típicamente en este tipo de técnicas de valoración. El periodo de predicción o análisis se ha fijado en cinco años, ya que el sector de Internet y las nuevas tecnologías, es un mercado muy cambiante, de rápido crecimiento y altamente competitivo.

- Para estimar los flujos de caja de la empresa, el modelo parte de una predicción de los ingresos realizada mediante un análisis estadístico de los datos históricos financieros y operativos disponibles. Se analizarán posibles variables exógenas, tales como indicadores de tráfico web, que permitan obtener un modelo fiable de predicción de ingresos.
- Una vez estimados los ingresos, se tratarán de pronosticar el resto de partidas que componen el flujo de caja: beneficios, amortizaciones, inversiones en inmovilizado material e inversiones en capital circulante. Estas partidas serán proyectadas como un ratio o porcentaje esperado con respecto a los ingresos estimados o a la variación de los mismos.
- Para determinar el valor terminal de la empresa se utilizará el método de crecimiento perpetuo. No obstante, dado que en el último año del análisis los crecimientos estimados de los flujos de caja son considerablemente más elevados que cualquier tasa de crecimiento perpetuo razonable, se supondrá que durante los siguientes cinco años de análisis, el ritmo de crecimiento de los flujos de caja se reduce progresivamente hasta alcanzar un ritmo similar al de crecimiento perpetuo estimado.
- Una vez estimado el modelo de regresión entre ingresos y visitantes únicos, éstos se estimarán a través de una simulación de Monte Carlo con el objeto de generar un elevado número de valores posibles de la empresa.
- Por último, es necesario estimar un valor orientativo de aquellas inversiones que serán realizadas en el futuro por la compañía y que supondrán, en caso de que finalmente se realicen, la materialización palpable de las expectativas que existían sobre la empresa. Es la evolución futura de la compañía, y más concretamente, la evolución de la rentabilidad económica de la misma, la que determinará la expansión o estabilización de su actividad. Por esta razón, el valor actual de las expectativas de crecimiento se puede asimilar al valor de una opción de compra sobre el valor añadido que una ampliación en la actividad de la empresa generará sobre el valor total de la misma, con un precio de ejercicio igual a la inversión marginal correspondiente. El problema gana en complejidad si se considera que no será una, sino varias, las sucesivas ampliaciones que se irán realizando en caso de que el desarrollo de la actividad de la compañía lo permita. En este caso la valoración no debería considerar una, sino n opciones de crecimiento, tantas como posibles ampliaciones de la actividad se puedan producir.

2.1. PREDICCIÓN DE INGRESOS

Dado que la principal actividad de las empresas de Internet se desarrolla a través de sus páginas web, es de esperar que los ingresos de estas empresas estén fuertemente ligados al nivel de audiencia o tráfico web de dichas páginas de Internet, siendo algunos de los indicadores de tráfico web más empleados el número de visitantes únicos, el número de páginas vistas o el número de suscriptores. En la literatura es posible encontrar numerosos trabajos que resaltan la importancia de los indicadores de tráfico web y analizan su influencia sobre los ingresos de la empresa, Trueman *et al.* [2001]; sobre su valor de merca-

do, Jorion y Talmor [2000], Rajgopal y Kotha [2000], Kozberg [2001], Trueman *et al.* [2000]; el rendimiento de sus acciones, Lazer *et al.* [2002]; o la valoración de sus activos inmateriales, Fuertes *et al.* [2001].

No obstante, tras el final de la burbuja de Internet, muchos analistas e investigadores descartaron la utilidad de estos indicadores como inductores de valor en empresas de Internet, dado que su utilización indebida a través de múltiples comparables de dudosa fiabilidad (precio-visitantes únicos, precio-páginas vistas, precio-número de suscriptores, etc.) fue una de las causas de la sobrevaloración de la mayoría de empresas de Internet durante la época de la burbuja.

A pesar de ello, algunos trabajos coinciden en afirmar que este tipo de indicadores, y en particular la cifra de visitantes únicos, pueden resultar de gran utilidad para estimar la cifra de ingresos futuros, especialmente para el caso de empresas de comercio electrónico B2C (*e-tailers*, *e-auctions*, etc.) cuya principal fuente de ingresos procede de las ventas al consumidor final [Jansen y Perotti, 2002]. Sin embargo, para otro tipo de modelos de negocio, por ejemplo los basados en publicidad a través de Internet (portales, comunidades de contenidos, etc.) la cifra de visitantes únicos no puede considerarse un estimador adecuado para predecir la cifra de ingresos.

En este trabajo nos centraremos en el análisis del primer tipo de empresas (comercio electrónico B2C), por tanto, para llevar a cabo la predicción de ingresos, el primer paso será encontrar el modelo de regresión entre ingresos y visitantes que mejor se ajusta a los datos de partida.

Para poder aplicar el modelo obtenido, será necesario realizar previamente una proyección de los visitantes únicos de la empresa a partir de los datos históricos disponibles.

Para ello se toman muestras de los valores históricos de visitantes únicos (V_t) con una periodicidad mensual. Analizando las variaciones relativas de las distintas muestras ($\frac{\Delta V_t}{V_t}$) se observa que éstas se corresponden con un proceso estocástico, que se puede modelar de forma simple a través de un modelo basado en un *movimiento Browniano*. La metodología empleada a tal efecto ha sido el contraste no paramétrico Kolmogorov-Smirnov (Cuadro 1), utilizado sobre los residuos obtenidos de la aplicación del proceso generalizado de Wiener [1] en las variaciones relativas de los visitantes únicos de la empresa *eBay*, objeto de valoración en este trabajo.

$$\frac{dV_t}{V_t} = \mu_t dt + \sigma_t dW_t \quad [1]$$

siendo:

μ_t : el factor de deriva (*drift*), que representa el ritmo promedio de crecimiento del valor de los visitantes únicos.

σ_t : la desviación estándar de las variaciones relativas de la cifra de visitantes únicos.

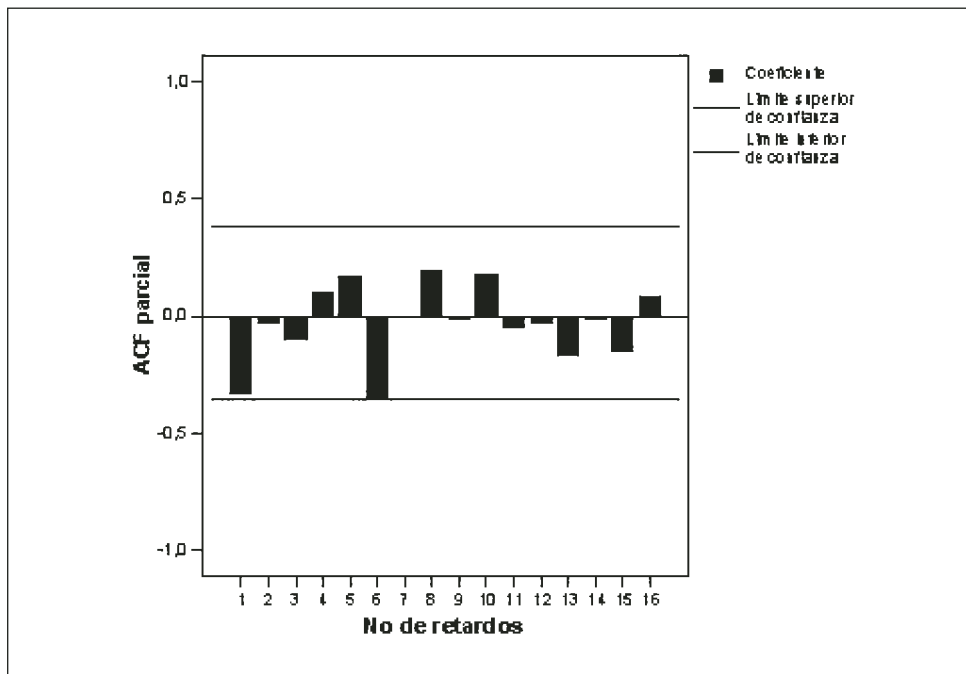
dW_t : representa un proceso aleatorio de Wiener.

CUADRO 1
PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA UNA MUESTRA NORMAL

<i>Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra</i>		
N		<i>F1</i> 44
Parámetros normales (a, b)	Media	,0057
	Desviación típica	1,02226
Diferencias más extremas	Absoluta	,139
	Positiva	,128
	Negativa	-,139
Z de Kolmogorov-Smirnov		,924
Sig. asintót. (bilateral)		,361

- a La distribución de contraste es la Normal.
- b Se han calculado a partir de los datos.

GRÁFICO 1
ACF PARCIAL DE LAS VARIACIONES RELATIVAS DE VISITANTES ÚNICOS



En el Gráfico 1 se muestra el correlograma parcial de las variaciones relativas de los visitantes únicos.

Integrando la expresión [1] sobre un intervalo finito de tiempo $_t$, podemos obtener una solución aproximada, que viene dada por [2].

$$V_{t+\Delta t} = V_t e^{(\mu_t - \sigma_t^2 / 2)\Delta t + \sigma_t Z_t \sqrt{\Delta t}} \tag{2}$$

siendo:

Z_i : una variable aleatoria normal estándar.

A partir de la expresión [2] es posible generar diferentes proyecciones de la variable visitantes únicos mediante una simulación de Monte Carlo, a un horizonte temporal que vendrá dado por el periodo de análisis de la valoración que se desea realizar.

El número de proyecciones o simulaciones diferentes que es necesario llevar a cabo, dependerá del error de convergencia que se desee alcanzar al final del horizonte temporal.

Este error de convergencia (ε_N) se puede aproximar a través de [3].

$$\varepsilon_N = \sqrt{\frac{\langle V^2 \rangle - \langle V \rangle^2}{N-1}} \quad [3]$$

siendo:

$\langle V \rangle$: El promedio de los valores estimados al final del horizonte temporal.

$\langle V^2 \rangle$: El promedio de los cuadrados de los valores estimados al final del horizonte temporal.

N : El número de simulaciones realizadas.

Por tanto, el error de convergencia en el método de Monte Carlo es independiente de la dimensión del problema y decrece a un orden de $O(1/\sqrt{N})$, donde N es el número de simulaciones realizadas para el horizonte temporal dado.

Una vez obtenidas N proyecciones distintas de la cifra de visitantes únicos, aplicando el modelo de regresión entre ingresos y visitantes, se obtendrán otras tantas proyecciones de la cifra de ingresos, que a su vez se emplearán para realizar distintas valoraciones de la empresa bajo análisis.

2.2. ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA EMPRESA

Para determinar el valor de la empresa es necesario pronosticar los flujos de caja que ésta va a generar durante el período de análisis y por tanto resulta imprescindible estimar los valores futuros de cada una de las partidas que componen el flujo de caja.

En particular, el flujo de caja disponible en el año j (fcd_j), se puede estimar a través de [4].

$$fcd_j = (ebitda_j - am_j) (1 - ti_j) + am_j - \Delta im_j - Dcc_j \quad [4]$$

siendo:

$ebitda_j$: beneficios antes de intereses, impuestos y amortizaciones esperados para el año j .

am_j : amortización estimada para el año j .

ti_j : tasa impositiva estimada para el año j .

Δim_j : inversión estimada en inmovilizado para el año j ($\Delta im_j = im_j - im_{j-1}$).

Dcc_j : inversión estimada en capital circulante para el año j ($Dcc_j = cc_j - cc_{j-1}$).

La estimación del valor de la empresa se llevará a cabo mediante el método del descuento de flujos de caja disponibles (FCD), a través de [5].

$$Valor = \sum_{i=1}^n \frac{FCD_i}{(1 + k_o)^i} + \frac{Valor Terminal}{(1 + k_o)^n} \quad [5]$$

siendo:

FCD_i : el flujo de caja disponible generado por la empresa en el período i .

k_o : la tasa de descuento aplicable.

n : el periodo de análisis.

$$Valor Terminal = \frac{FCD_n \cdot (1 + g)}{(k_o - g)} \quad [6]$$

g : la constante de crecimiento a perpetuidad.

La tasa adecuada para descontar los flujos de caja disponibles es el coste del capital medio ponderado, ponderando el coste de la deuda y los fondos propios con respecto a la estructura financiera de la empresa.

La estimación de los flujos de caja futuros de la empresa se realizará a partir de la predicción de ingresos llevada a cabo previamente, proyectando las distintas partidas que componen el FCD (beneficios, inversiones en inmovilizado material, necesidades operativas de fondos y amortizaciones) como un porcentaje estimado de los ingresos, a partir de la tendencia observada en los datos históricos.

2.3. AJUSTE A TRAVÉS DEL ENFOQUE CONTINGENTE DE LAS OPCIONES REALES

Hasta este momento, el modelo descrito trata de captar el valor de la empresa en cuestión en función de la información de la que actualmente se dispone, a través de la estimación del crecimiento de los ingresos generados por sus actuales inversiones, así como de la variación de sus márgenes. Sin embargo, en empresas de alto potencial de crecimiento, con ingresos muy volátiles y de las que todavía se dispone de pocos datos históricos, el factor incertidumbre se convierte en una de las partes más complicadas al evaluar este tipo de compañías [Desmet *et al.*, 2000]. Esta incertidumbre estriba en gran medida en la dificultad de estimar el valor de las oportunidades de expansión futura de la empresa. En este sentido, como señalan Kester [1984] y Pindyck [1988], el valor de las expectativas de crecimiento en función del valor marginal que las nuevas inversiones podrán aportar sobre el conjunto de la compañía, puede representar un importante papel en esta tipología de empresas. De esta forma, es lógico pensar que las ampliaciones en la actividad de la compañía podrán ser realizadas en caso de buena marcha de la misma, pero también podrán ser descartadas si se produce una mala evolución. En cualquier caso, la posibilidad de crecimiento de la empresa es un factor que en sí mismo aporta valor, debido a la probabilidad de que, en el momento en el que corresponda, la actividad sea efectivamente ampliada. Por todo ello, el valor de la empresa puede ser considerado como una corriente de flujos de caja y un conjunto de opciones.

Una forma coherente de valorar el potencial de crecimiento de una compañía es el empleo de las técnicas de valoración de opciones reales, como así queda reflejado en Hevert *et al.* [1998], Kulatilaka y Perotti [1998], Schwartz y Moon [2000], Ottoo [1998] y Perotti y Rossetto [2000], entre otros. Jansen y Perotti [2002] señalan que aunque la valoración de op-

ciones reales puede no justificar la valoración de empresas de alta tecnología, este método casa con las características de este tipo de compañías (*payoffs* asimétricos, gran incertidumbre en ingresos y crecimiento de los ingresos, etc.). Schwartz y Moon [2000] modelizan la corriente de flujos de caja prevista para empresas de componente tecnológico en función de una metodología basada en opciones reales, empleada para obtener el valor teórico total de los fondos propios de estas compañías. De su aplicación de este modelo en la empresa Amazon.com y de la realización del correspondiente análisis de sensibilidad, concluyen destacando el importante papel que la incertidumbre y las fuertes expectativas de crecimiento tienen sobre el valor de estas empresas, incluso en situaciones de debilidad financiera extrema.

Asimismo, en distintos trabajos, la metodología de opciones reales se ha revelado efectiva para la estimación de la proporción del valor societario que se distribuye entre los propietarios y entre los acreedores de empresas de componente tecnológico [Alonso y Rojo, 2003].

En la medida en que, como se ha puesto de manifiesto, numerosos autores destacan y demuestran el importante peso que el valor de las opciones reales tiene en compañías de componente tecnológico, el modelo presentado en los puntos anteriores se complementa con la valoración aislada de las oportunidades de crecimiento de la empresa, asimilando éste al valor de una opción real cuyas características se comentan a continuación. Con ello se pretende no sólo ahondar en las técnicas de valoración que parecen más adecuadas para este tipo de compañías, sino también diferenciar qué parte de su valor se corresponde por las expectativas de crecimiento manifestadas por el mercado.

Con el objeto de proceder a valorar las oportunidades de crecimiento mediante la metodología de opciones reales, se considera en primer lugar que la posibilidad de ampliar una vez la actividad de la compañía, acometiendo nuevas inversiones, puede ser modelizada como una opción de compra u opción call, con activo subyacente igual al valor de la nueva inversión, y con precio de ejercicio igual al desembolso necesario para acometer el proyecto.

Sin embargo, con toda seguridad el crecimiento de la compañía no quedará materializado en una sola opción de ampliación, sino en varias. Asimismo las sucesivas opciones de crecimiento no serán independientes entre sí, sino que estarán interrelacionadas: probablemente la no realización de la ampliación *i*-ésima impedirá la realización de la siguiente ampliación, aumentando sobremanera las probabilidades de quiebra [Rojo, 2003]. Las razones para este hecho son dos: 1. La no realización de la inversión *i*-ésima vendrá motivada por la mala marcha de la compañía en aquel momento, es decir, por las altas probabilidades de quiebra, y 2. El alto nivel de competencia existente en los sectores tecnológicos, hace que la falta de continuidad en la implementación de las nuevas tecnologías, y en la inversión en I+D, sea determinante para la pervivencia de la compañía.

Por todo ello, el modelo de valoración de opciones de crecimiento propuesto asume una serie de hipótesis en su funcionamiento, que se detallan a continuación:

- a) El valor de las sucesivas inversiones será calculado en el momento presente empleando para ello el descuento de los flujos de caja esperados para cada una de ellas, y los momentos en los que existirá la posibilidad de realizar nuevas ampliaciones se conocen a priori. Se considera que estos plazos son fijos, es decir que las opciones de ampliación son de tipo europeo y no americano en aras de simplificar los cálculos [Carr, 1988].

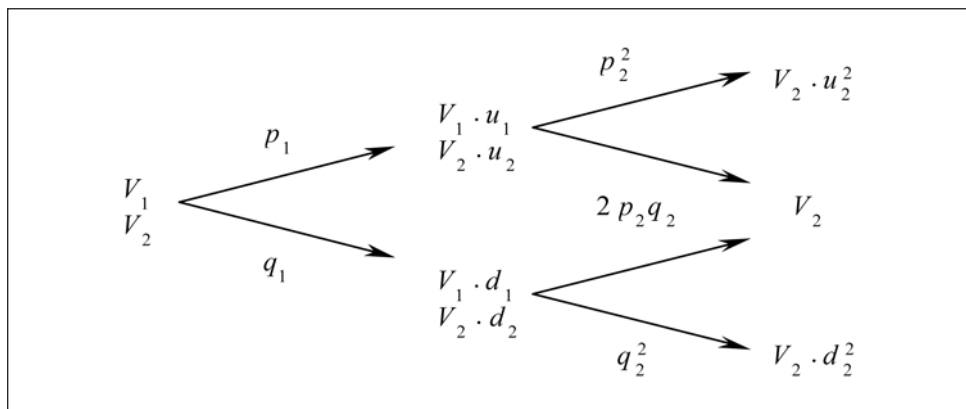
- b) Los importes o desembolsos de las inversiones son conocidos *a priori*.
- c) Se ha considerado que para la realización de la ampliación i es necesario haber realizado previamente la ampliación $i - 1$ dado que, en caso contrario se asume que la inversión no ha podido continuar. Sin embargo, aunque la realización de la ampliación no obliga a la realización de la opción i , sí la posibilita.

Dadas las consideraciones realizadas, todas las opciones salvo la última tendrán como activo subyacente el potencial valor incremental de la inversión junto al valor de las restantes opciones futuras. De esta manera, el valor de una opción i no vendrá dado únicamente por la rentabilidad adicional de su inversión correspondiente, sino también por la posible evolución de la inversión $i + 1$, y sucesivas. Por consiguiente, al inversor le podría interesar acometer una determinada fase de inversión aún cuando exista una alta probabilidad de que se incurra en pérdidas, con el fin de poder aprovechar el valor positivo de las restantes opciones de ampliación.

El modelo de valoración de opciones adoptado ha sido el binomial multiplicativo debido a la elevada flexibilidad que presenta y a la complejidad de las opciones que se pretende valorar.

Suponiendo un caso simplificado de dos opciones y dos pasos de binomial, el desarrollo del modelo se acogería a la estructura reflejada en la Figura 1.

FIGURA 1
 DESARROLLO BINOMIAL MULTIPLICATIVO CONJUNTO DE DOS OPCIONES DE AMPLIACIÓN DE LA INVERSIÓN



donde:

V_i : Valor de la inversión i en el momento presente obtenido como descuento de la corriente de flujos de caja esperados por el proyecto.

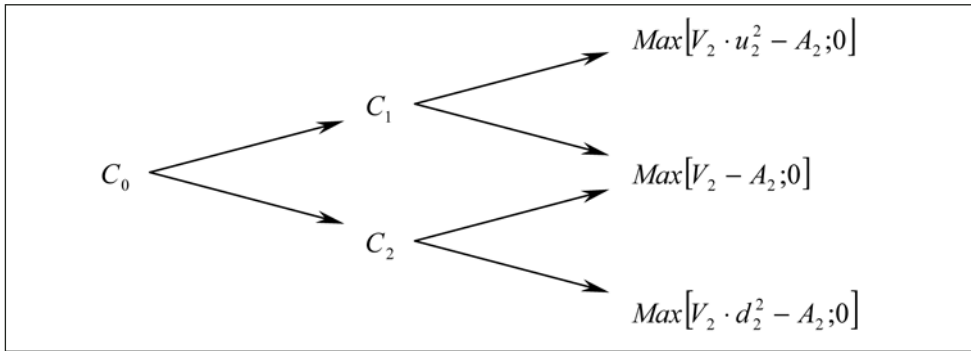
u_i : Tasa de crecimiento del valor prevista en un paso de binomial para la inversión, obtenida como e^{σ_i} , donde σ_i es la desviación típica de los rendimientos de la inversión i .

d_i : Tasa de disminución del valor prevista en un paso de binomial para la inversión i , obtenido como $\frac{1}{u_i}$.

- p_i : Probabilidad de aumento del valor en un paso de binomial de la inversión i , hallado como $\frac{r - d_i}{u_i - d_i}$, donde r es el tipo de interés continuo libre de riesgo.
- q_i : Probabilidad de descenso del valor en un paso de binomial de la inversión i , hallado como $1 - p_i$.
- r : Tipo de interés continuo libre de riesgo.

De esta manera, el valor conjunto de todas las opciones de ampliación de la inversión podría determinarse de la forma representada en la Figura 2.

FIGURA 2
VALOR CONJUNTO DE DOS OPCIONES DE AMPLIACIÓN SEGÚN MÉTODO BINOMIAL MULTIPLICATIVO



donde:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \text{Max} \left[\frac{\text{Max} [V_2 \cdot u_2^2 - A_2; 0] \cdot p_2 + \text{Max} [V_2 - A_2; 0] \cdot q_2}{(1 + r)} + V_1 \cdot u_1 - A_1; 0 \right] \\
 C_2 &= \text{Max} \left[\frac{\text{Max} [V_2 - A_2; 0] \cdot p_2 + \text{Max} [V_2 \cdot d_2^2 - A_2; 0] \cdot q_2}{(1 + r)} + V_1 \cdot d_1 - A_1; 0 \right] \\
 C_0 &= \frac{C_1 \cdot p_1 + C_2 \cdot q_1}{(1 + r)}
 \end{aligned} \tag{7}$$

siendo A_i el desembolso necesario para acometer la ampliación i .

Se puede observar que un valor negativo de, a modo de ejemplo, $V_1 \cdot u_1 - A_1$, no tendrá por que implicar el no ejercicio de la opción y, por lo tanto la sustitución de dicho valor por cero. Si bien la realización de la primera ampliación de la inversión puede no ser rentable en sí misma, el hecho de que ello permita el ejercicio de las siguientes opciones, sí puede hacer que resulte conveniente el incurrir en pérdidas en la primera ampliación con el fin de aprovechar las ganancias de las siguientes.

Este desarrollo es solamente válido para el caso en que las desviaciones típicas de todas las opciones de ampliación sean iguales entre sí. En caso de que esto no suceda, todos los factores de aumento y descenso y las probabilidades empleadas en la anterior expresión serán diferentes.

Este hecho no supone problema alguno a efectos de la estimación de los valores del activo subyacente de cada opción de ampliación a lo largo del desarrollo binomial, dado que para cada valor V_i es empleado su correspondiente u_i y d_i .

No sucede lo mismo al operar descontando paso a paso cada valor a lo largo del árbol binomial. Así, las probabilidades p_{n-1} y q_{n-1} no serán empleadas para calcular el valor de la opción $n - 1$, sino que lo serán para calcular el valor agregado de dicha opción con la opción n , y sucesivas. Por ello, si bien dichas probabilidades son adecuadas para ser operadas con su correspondiente opción por haber sido estimadas en función de la volatilidad de la misma, no lo son para operar con un agregado de opciones, del que a priori nada se sabe sobre sus probabilidades de ascenso/descenso.

Para resolver este problema, se deberán buscar aquellas volatilidades que proporcionen unas probabilidades adecuadas para cada agregado de opciones, sin tener en consideración las tasas de aumento/disminución que, como se ha dicho, no plantean problema alguno. A éstas volatilidades las llamaremos desviaciones típicas ajustadas y su cálculo se puede efectuar de manera relativamente sencilla a través de un proceso de optimización.

Tomando el caso expuesto de dos opciones de ampliación y dos pasos de binomial para la opción a más largo plazo, la primera fase viene dada por la determinación del valor individual de cada una de dichas opciones O_1 y O_2 haciendo uso para ello del método binomial convencional y empleando los valores obtenidos a partir de sus correspondientes desviaciones típicas. Seguidamente se procederá a la aplicación del modelo expuesto en la Figura 1 y la Figura 2, aunque en este caso suponiendo absoluta independencia entre ambas opciones, es decir:

$$C_1^* = \frac{Max [V_2 \cdot u_2^2 - A_2; 0] \cdot p_2 + Max [V_2 - A_2; 0] \cdot q_2}{(1 + r)} + Max [V_1 \cdot u_1 - A_1; 0]$$

$$C_1^* = \frac{Max [V_2 - A_2; 0] \cdot p_2 + Max [V_2 \cdot d_2^2 - A_2; 0] \cdot q_2}{(1 + r)} + Max [V_1 \cdot d_1 - A_1; 0] \quad [8]$$

$$C_0^* = \frac{C_1 \cdot p_1^* + C_2 \cdot q_1^*}{(1 + r)}$$

La desviación típica ajustada (σ_1^*) será aquella de la que se derivarán p_1^* y q_1^* , y será calculada como aquella volatilidad que iguala C_0^* con la suma de O_1 y O_2 , considerando que u_i y d_i mantienen sus valores anteriores calculados en función de las desviaciones típicas originales.

Esta forma de operar es debida a que, en el caso de volatilidades distintas, a pesar de que C_0^* opera suponiendo independencia absoluta entre las opciones, su valor nunca coincidirá con la suma de O_1 y O_2 . La no coincidencia se produce por el propio funcionamiento de la metodología propuesta, que emplea probabilidades de opciones individuales para calcular valores agregados. Así:

$$C_0^* (\sigma_1^*) = O_1 + O_2 \quad [9]$$

donde p_1^* y q_1^* son función de σ_1^* y serán las probabilidades a emplear para calcular, ya en el modelo expuesto en la Figura 1 y Figura 2, C_0^* en función de C_1 y C_2 .

3. LA EMPRESA EBAY BAJO ANÁLISIS

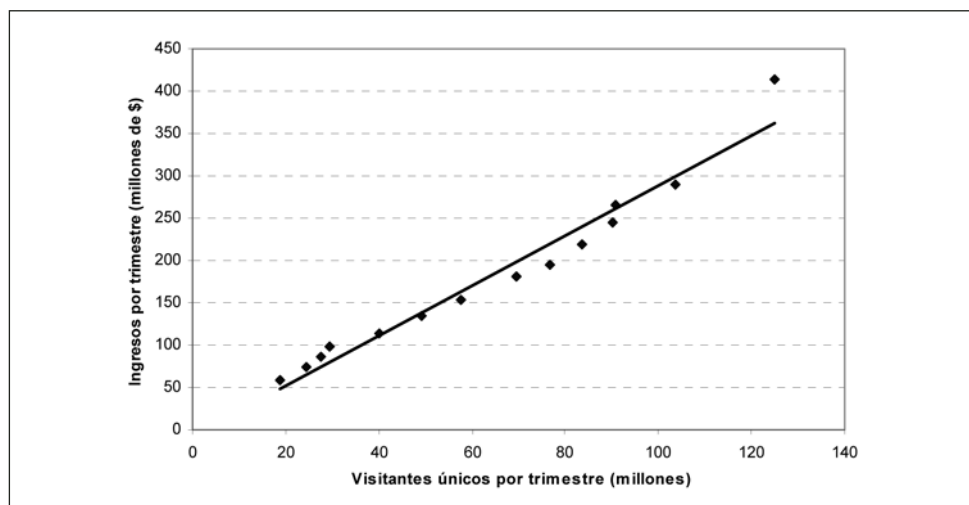
En este trabajo se ha seleccionado la compañía *eBay* como empresa representativa de comercio electrónico B2C. La principal actividad de *eBay* se centra en las subastas y compra-venta de artículos on-line, poniendo en contacto a compradores y vendedores a través de sus diversos sitios web que operan en multitud de países del mundo (EEUU, Australia, Austria, Canadá, Bélgica, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Japón, Holanda, Nueva Zelanda, Singapur, Corea del Sur, España, Suecia, Suiza y Reino Unido). Los sitios web de *eBay* permiten buscar, comprar y vender miles de productos diferentes, que aparecen clasificados bajo diversas categorías, tales como antigüedades, arte, libros, automóviles, cámaras, ordenadores, joyería, música, etc.

3.1. PREDICCIÓN DE INGRESOS

Analizando visualmente la relación existente entre ingresos y visitantes únicos de la empresa *eBay* (véase Gráfico 2), se puede comprobar que existe una clara dependencia lineal entre ambas variables.

Los resultados del análisis del modelo de regresión lineal y el análisis de varianza, recogidos en los Cuadros 2 y 3 (información generada con SPSS), prueban el alto grado de significación del modelo lineal. El Cuadro 4 recoge los coeficientes del modelo, que se utilizarán posteriormente para realizar la predicción de ingresos.

GRÁFICO 2
INGRESOS VS. VISITANTES ÚNICOS PARA *EBAY* (JUN'99 – DIC'02)



(Fuentes de datos: informes anuales SEC Form 10-K y Nielsen NetRating).

CUADRO 2
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL MODELO LINEAL

RESUMEN DEL MODELO				
Modelo	R	R cuadrado de la estimación	R cuadrado corregida	Error típ.
1	,980 ^a	,960	,957	20,697

^a Variables predictoras: (Constante), VISITAS.

CUADRO 3
ANÁLISIS DE VARIANZA

ANOVA ^b						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	123637,050	1	123637,050	288,624	,000 ^a
	Residual	5140,407	12	428,367		
	Total	128777,457	13			

^a Variables predictoras: (Constante), VISITAS.

^b Variable dependiente: INGRESOS.

CUADRO 4
COEFICIENTES DE LA RECTA DE REGRESIÓN ENTRE INGRESOS Y VISITANTES PARA eBAY

ANOVA ^b						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Contante)	-6,159	12,300		-,501	,626
	VISITAS	2,946	,173	,980	16,989	,000

^a Variables dependiente: INGRESOS.

Los Gráficos 3 y 4 muestran respectivamente los valores de visitantes únicos (V_t) mensuales de la empresa *eBay* entre junio de 1999 y enero de 2003 y la variaciones relativas mensuales de esta variable $\left(\frac{\Delta V_t}{V_t}\right)$. Visualmente se puede observar que estas variaciones se corresponden con un proceso estocástico.

GRÁFICO 3
VISITANTES ÚNICOS MENSUALES DE eBAY

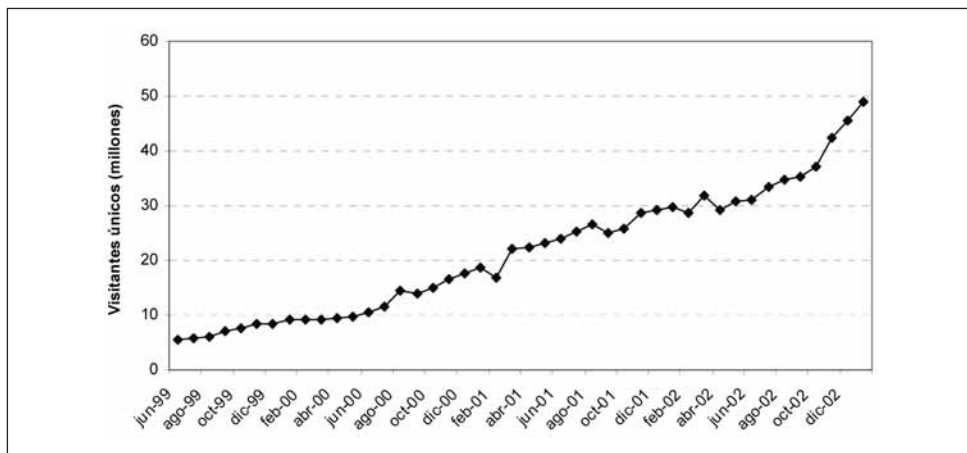
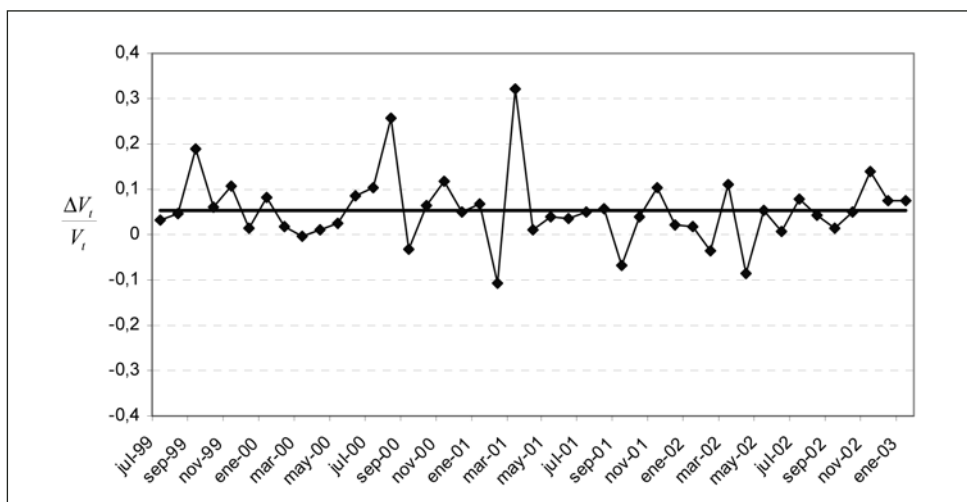
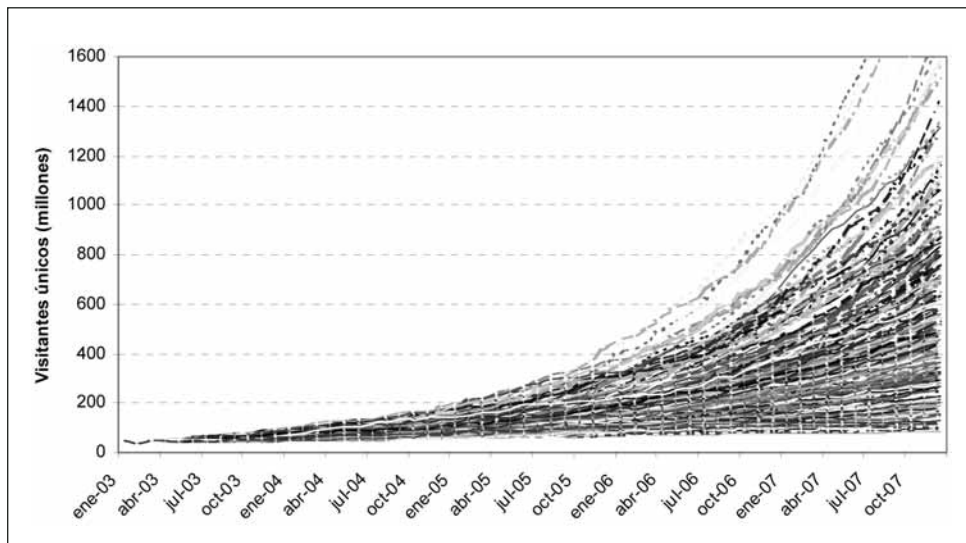


GRÁFICO 4
VARIACIÓN RELATIVA DE VISITANTES ÚNICOS MENSUALES DE eBAY



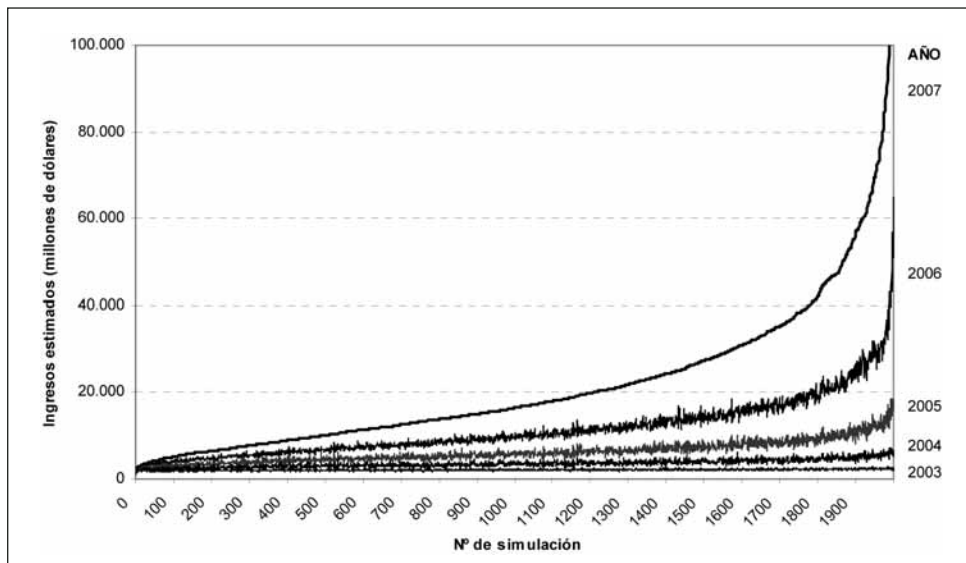
Para proyectar los valores de visitantes únicos a un horizonte temporal de cinco años, se han realizado 2000 simulaciones de Monte Carlo, número suficiente para alcanzar un error de convergencia en torno al 2%. La Gráfica 5 muestra las 255 primeras proyecciones de visitantes únicos realizadas a través de la simulación de Monte Carlo.

GRÁFICO 5
PROYECCIONES DE VISITANTES ÚNICOS DE *eBAY*



A partir de estas proyecciones, y aplicando el modelo de regresión lineal mostrado en la Cuadro 4, se obtienen 2000 predicciones distintas para los ingresos de la empresa *eBay*, para un horizonte temporal de cinco años. Estas predicciones se reflejan en la Gráfica 6, en este caso se muestran los resultados de todas las simulaciones, ordenadas de menor a mayor valor en función de los ingresos estimados para el año 2007.

GRÁFICO 6
PROYECCIONES DE INGRESOS DE *eBAY* PARA LOS AÑOS 2003 A 2007



3.2. VALORACIÓN DE LA EMPRESA

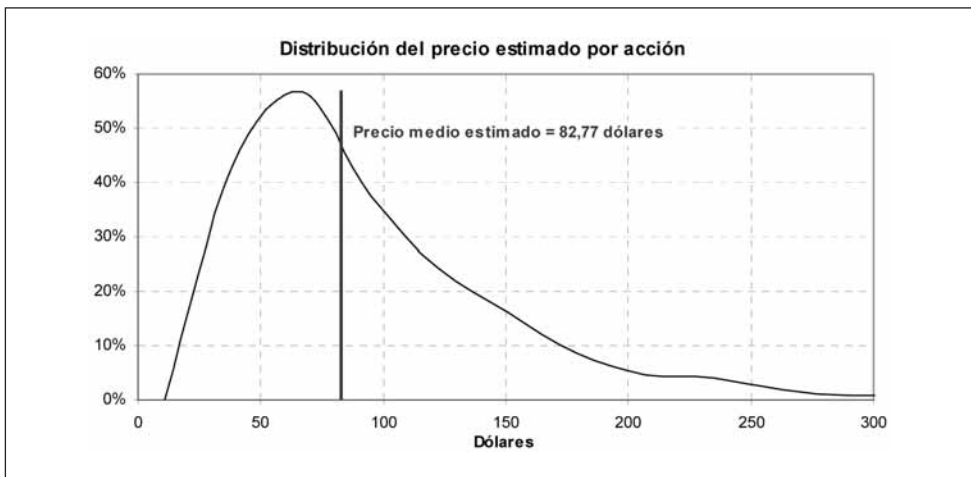
Para estimar los flujos de caja de la empresa, se proyecta cada una de sus partidas como un porcentaje esperado de los ingresos. Este porcentaje se calcula a partir de los datos históricos observados.

Aplicando este método para cada una de las proyecciones de ingresos realizadas anteriormente, se obtienen 2000 valores distintos de la empresa, y los correspondientes precios por acción, cuyas distribuciones en frecuencia se muestra en las Gráficas 7 y 8 respectivamente. Para estas distribuciones de valores, el valor medio estimado de la empresa es de 25.766 millones de dólares y el precio estimado de la acción es de 82,77 dólares.

GRÁFICO 7
DISTRIBUCIÓN DE VALORES ESTIMADOS DE LA EMPRESA EBAY



GRÁFICO 8
DISTRIBUCIÓN DE PRECIOS ESTIMADOS POR ACCIÓN PARA LA EMPRESA EBAY



3.3. EL ANÁLISIS CONTINGENTE: EL VALOR DE LAS OPCIONES DE CRECIMIENTO

La valoración de las opciones de crecimiento o de ampliación de la actividad y capacidad de la empresa en el futuro se enfrenta con mayores dificultades si cabe, que la estimación de las partidas que componen el flujo de caja esperado de la compañía y su tasa de descuento. Dichas dificultades se pueden agrupar en dos categorías:

- 1.º *Disponibilidad de información:* Dado que el activo subyacente de las sucesivas opciones de ampliación es el valor incremental que la correspondiente inversión generará sobre el conjunto de la empresa, unido al valor de las restantes opciones de ampliación, es necesario disponer de medidas que proporcionen estimaciones marginales del valor de cada proyecto previsto en el futuro. Para ello es preciso poseer información relativa a la estrategia que llevará a cabo la compañía a lo largo del tiempo, es decir, sus planes de inversión y, en definitiva, el plan de negocio que prevé llevar a cabo. Si bien esta información puede ser puesta a disposición de la compañía o agente encargado de elaborar la valoración en el momento en que se precise, su carácter confidencial y estratégico hace que las empresas sean reticentes a proporcionarla y que, en cualquier caso, la información disponible en este punto sea difusa y en muchos casos poco fiable.
- 2.º *Medición de la volatilidad:* La estimación de la volatilidad del activo subyacente es un problema habitual en la valoración de opciones reales, que se acentúa en el caso que ahora nos ocupa. Dado que *eBay* es una empresa cotizada, es sencillo estimar una medida de la volatilidad histórica de sus acciones a través de la desviación típica de sus rendimientos. Sin embargo, en el caso de opciones de ampliación, el activo subyacente son las sucesivas inversiones adicionales que se irán realizando a lo largo del tiempo, y la volatilidad histórica de la compañía puede no ser válida para proyectos que pueden ser más o menos arriesgados que la misma. Este punto constituye un punto débil de esta metodología que, a diferencia del anterior, no puede ser solventado a través de la recopilación de información adicional.

Estas dos dificultades plantean problemas principalmente en la estimación de tres parámetros necesarios para la valoración de las opciones: 1. Valor actual de los activos subyacentes; 2. Precio de ejercicio de las opciones, y 3. Desviaciones típicas de los activos subyacentes. Por todo ello, en la aplicación práctica del modelo propuesto al caso de *eBay* se han realizado los siguientes supuestos:

- 1.º Consideración de dos ampliaciones de inversión a uno y dos años respectivamente. Si bien es cierto que existirán más ampliaciones en la actividad de la compañía en caso de que ésta evolucione de forma favorable, se han tomado únicamente dos al efecto de observar la interrelación que el modelo teórico supone en las mismas, y por la dificultad de realizar conjeturas razonables respecto a opciones a más largo plazo.
- 2.º Como recursos necesarios para acometer cada ronda de inversión (precio de ejercicio de cada opción de ampliación) se ha tomado el incremento trimestral medio que ha sufrido el activo de *eBay* en términos anualizados en los últimos doce meses, que asciende a 1.775.513.000 dólares. En este cálculo se ha eliminado el efecto del fondo de comercio contabilizado en el balance de la compañía.
- 3.º El valor conjunto de las dos opciones de ampliación consideradas ha sido determinado para un rango de valores de cada inversión adicional de 0 a 4.200 millones de dólares.

- 4.º Las volatilidades de las dos opciones de ampliación se han supuesto distintas y el modelo ha sido calculado para diferentes posibilidades detalladas más adelante, tomadas en relación a la volatilidad histórica de las acciones *eBay*. Dicha volatilidad ha ascendido a 0,3028 en términos de desviación típica anual, tomando rendimientos semanales desde enero hasta diciembre de 2002.
- 5.º El modelo propuesto ha sido aplicado para un total de 500 pasos de desarrollo binomial en cada precio correspondiente al rango de valores empleado. Ello se ha realizado a través de un conjunto de funciones diseñadas en Visual Basic combinadas con un proceso de optimización construido a partir del mismo lenguaje.

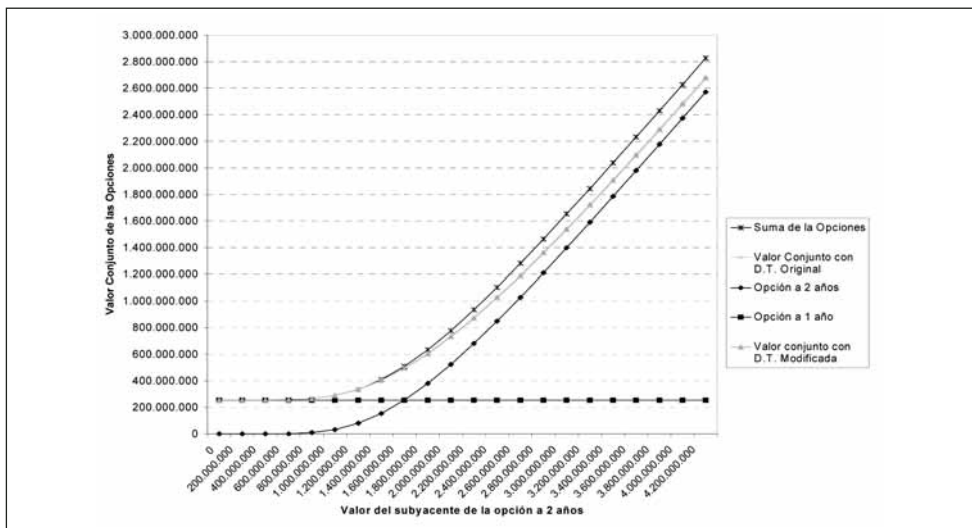
Seguidamente se desarrolla el modelo propuesto a partir de distintas hipótesis sobre la volatilidad de los rendimientos de los activos subyacentes de las opciones de ampliación.

3.3.1. *Las volatilidades de las opciones de ampliación son iguales entre sí:*

Para este caso concreto de identidad de las volatilidades de los activos subyacentes de las opciones ampliación, resultaría correcto tanto el empleo del modelo que trabaja con las desviaciones típicas originales como el que lo hace con las desviaciones típicas ajustadas, dado que el valor agregado de las sucesivas opciones es descontado empleando probabilidades que son iguales para todos los activos subyacentes y, por lo tanto, son obtenidos idénticos resultados.

El Gráfico 9 muestra la evolución del valor individual de las opciones a uno y dos años, la suma de los mismos, el valor conjunto con desviaciones típicas originales de 0,3 para ambos activos subyacentes, y el valor conjunto con desviaciones típicas ajustadas, ante cambios en el valor estimado del activo subyacente de la opción a dos años, suponiendo que la primera opción presenta un valor actual neto igual a cero, es decir, con un valor del activo subyacente igual a 1.775.513.000 dólares.

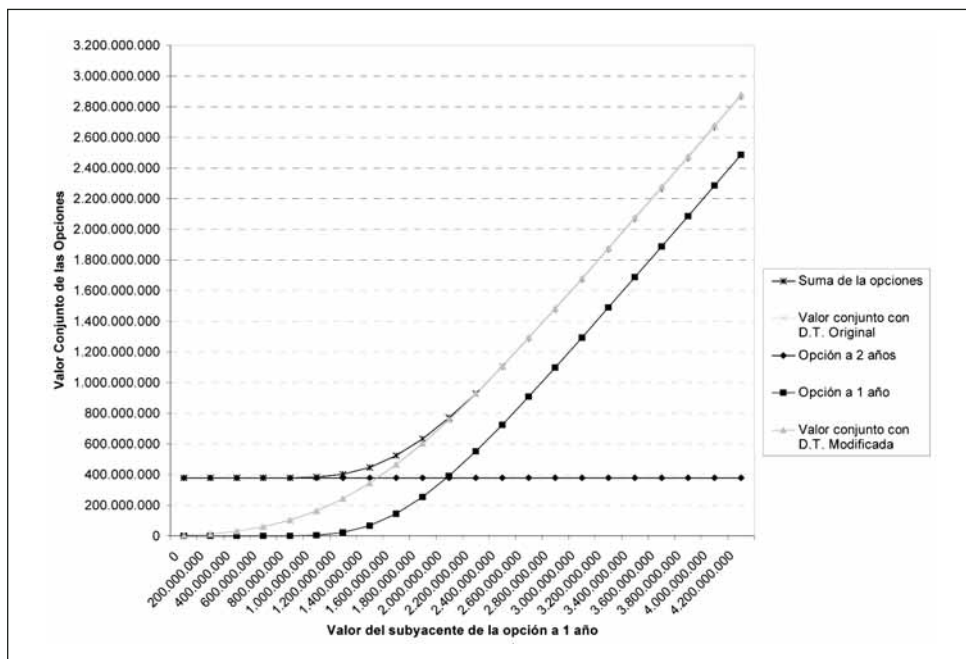
GRÁFICO 9
VALOR DE LAS OPCIONES DE AMPLIACIÓN ANTE CAMBIOS EN EL VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE DE LA OPCIÓN A 2 AÑOS



De la observación del Gráfico 9 se desprende que el valor conjunto estimado con las desviaciones típicas originales coincide con el calculado con las desviaciones típicas ajustadas, y es siempre menor que la suma del valor individual de las opciones. Sin embargo para valores bajos del subyacente de la opción a dos años, el valor conjunto casi coincide con aquella, mientras que a medida que aumenta el valor, cada vez se aleja más de la misma aproximándose al valor de la opción a dos años. Se pueden destacar dos hechos significativos: en primer lugar, el aumento del subyacente de la opción a dos años hace que cada vez sean más las situaciones en las que resulta conveniente ejercer la opción a un año para tener la posibilidad de acceder al potencial valor positivo de la inversión realizable al cabo de dos años, aún incurriendo en pérdidas en la primera. En segundo lugar, dada una situación extrema, con un valor neto del activo subyacente de la opción a dos años muy elevado, la primera opción siempre será ejercida con el fin de aprovechar el alto valor de la segunda, de manera que el valor conjunto coincidirá en este caso con el de la opción a dos años, dado que el valor aportado por la primera ampliación será nulo al poseer valor neto igual a cero.

El Gráfico 10 por su parte, sigue la misma estructura del Gráfico 9, pero considerando que la magnitud sujeta a variación es el valor del activo subyacente de la opción ejercitable a un año, siendo la opción a dos años la que presenta un valor neto igual a cero.

GRÁFICO 10
 VALOR DE LAS OPCIONES DE AMPLIACIÓN ANTE CAMBIOS EN EL VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE DE LA OPCIÓN A UN AÑO



Al observar el Gráfico 10 queda patente que el valor conjunto de las opciones está próximo al valor de la opción a un año para valores bajos del subyacente de ésta, aunque siempre por debajo del valor de la opción a dos años. A medida que va aumentando el valor, el valor

conjunto tiende a la suma de los valores individuales de las opciones. Así, para valores bajos, las elevadas pérdidas que se derivarían, en muchas de las situaciones, del ejercicio de la primera opción, no son compensadas por los buenos resultados de la opción a dos años, con lo que la opción a un año no se ejercerá en muchos casos y parte del valor positivo de la opción a dos años, reflejado en la suma de las opciones, se perderá en el valor conjunto. Sin embargo, ante aumentos del valor del activo subyacente de la opción a un año, cada vez serán menos las situaciones en que se producirá este hecho, es decir, cada vez se perderá menos valor de la opción a dos años por el no ejercicio de la anterior opción. Así, para valores elevados del activo subyacente de la opción a un año, el valor conjunto captará la totalidad del valor de ambas opciones.

3.3.2. *La volatilidad de la opción a corto plazo es mayor que la volatilidad de la opción a largo plazo: $\sigma_1 = 0,3$; $\sigma_2 = 0,25$*

En esta situación, los resultados obtenidos a través del empleo de la desviación típica original y la desviación típica ajustada no coinciden. Ello es debido a los problemas enunciados en la exposición del modelo teórico. Precisamente es el empleo de la desviación típica ajustada para calcular las probabilidades, la solución aportada para dichos problemas. El Gráfico 11 muestra como evolucionan los valores de las opciones ante variaciones en el activo subyacente de la opción a dos años. De forma análoga, en el Gráfico 12 se muestra el mismo detalle de datos que en el Gráfico 11, aunque ante variaciones en el valor del activo subyacente de la opción a un año.

De la observación del Gráfico 11 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1.º El valor conjunto estimado a través de σ_1 se sitúa siempre por debajo del valor conjunto estimado con p_1^* y q_1^* a partir de σ_1^* . Ello no se debe a ningún hecho lógico sino a un mal funcionamiento del modelo original en esta situación. El hecho de que σ_1 sea mayor que σ_2 implica que p_1 es menor que p_2 . Así, al descontar el valor conjunto de las opciones ponderando por p_2 , se penaliza artificialmente dicho valor en el momento actual. El modelo corregido subsana este problema mediante la determinación de la desviación típica ajustada.
- 2.º El valor conjunto corregido, aunque proporciona resultados distintos a los obtenidos en caso de desviaciones típicas iguales, tiene un comportamiento equivalente.

En lo referente al Gráfico 12, queda patente que, al igual que se observa en el Gráfico 11, el valor conjunto estimado a través de las desviaciones típicas originales es siempre menor al calculado en función de la desviación típica ajustada, siendo de nuevo la causa el hecho de que la adopción de una σ_1 menor que σ_2 implica una p_1 menor que p_2 y, por lo tanto, una mayor penalización del valor conjunto original.

GRÁFICO 11
VALOR DE LAS OPCIONES DE AMPLIACIÓN ANTE CAMBIOS EN EL VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE DE LA OPCIÓN A DOS AÑOS

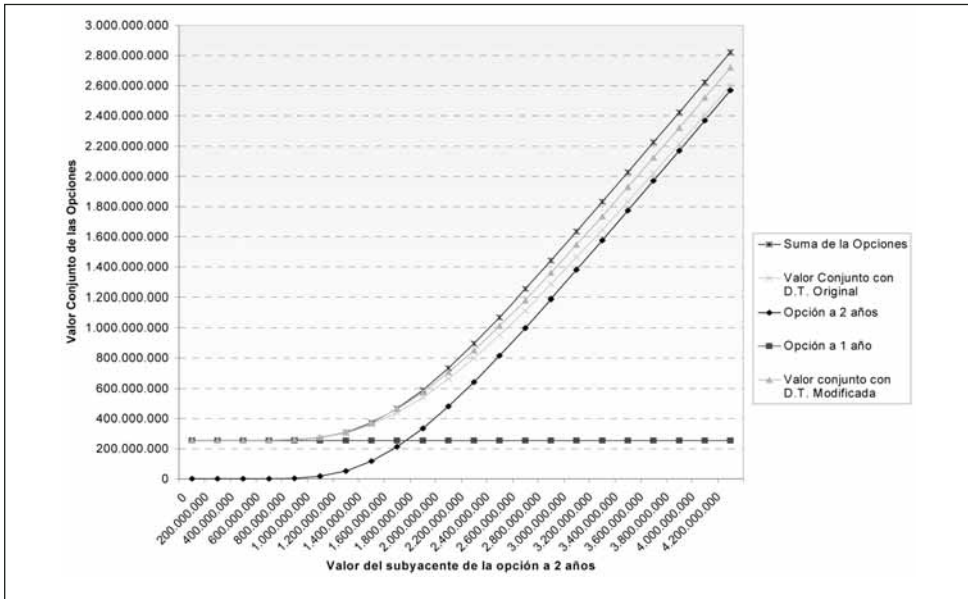
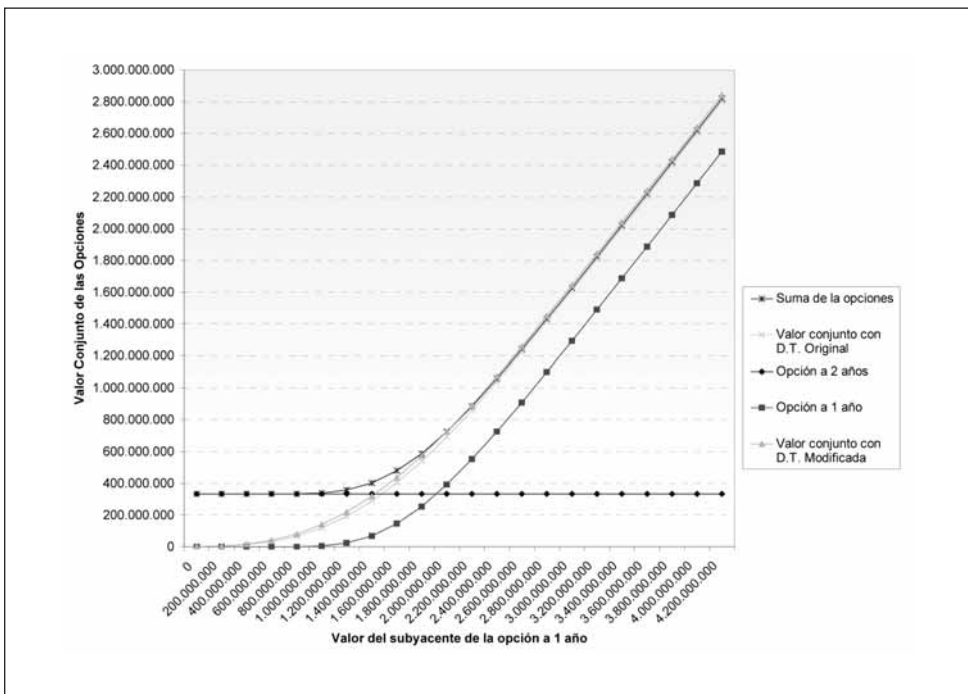


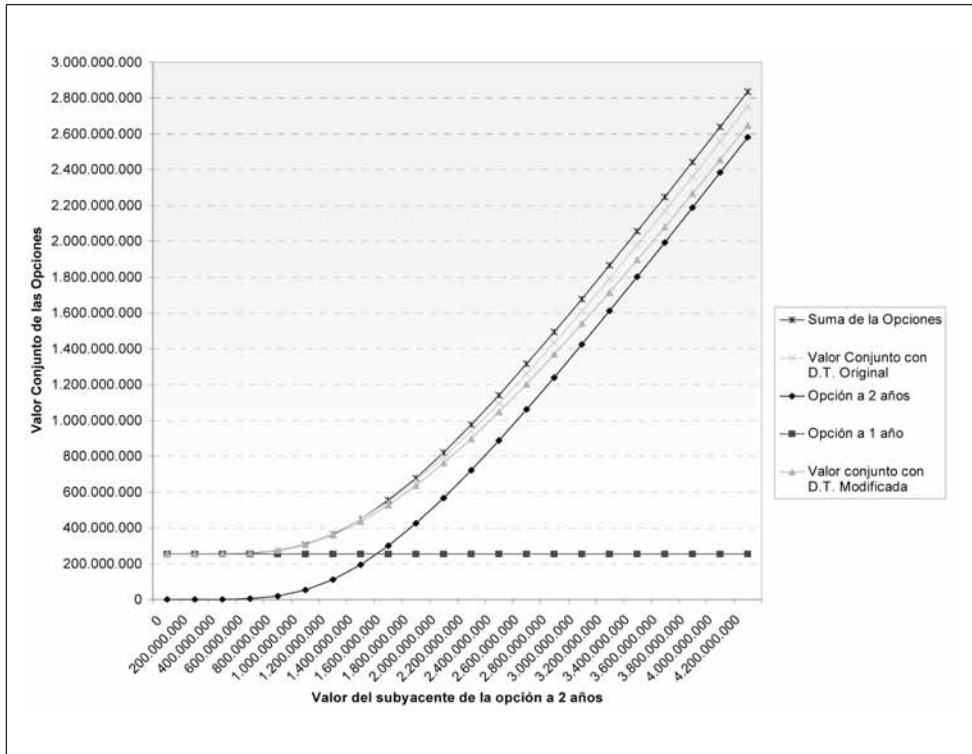
GRÁFICO 12
VALOR DE LAS OPCIONES DE AMPLIACIÓN ANTE CAMBIOS EN EL VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE DE LA OPCIÓN A UN AÑO



3.3.3. *La volatilidad de la opción a corto plazo es menor que la volatilidad de la opción a largo plazo: $\sigma_1 = 0,3$; $\sigma_2 = 0,35$*

Por último, se supondrá que la volatilidad de la opción a un año es menor que la volatilidad de la opción a dos años. Siguiendo la misma estructura que en los apartados anteriores, en el Gráfico 13 se representa la evolución de los valores conjuntos e individuales de las opciones con el fin de observar si las conclusiones extraídas hasta el momento son también extrapolables a esta situación.

GRÁFICO 13
VALOR DE LAS OPCIONES DE AMPLIACIÓN ANTE CAMBIOS EN EL VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE DE LA OPCIÓN A DOS AÑOS

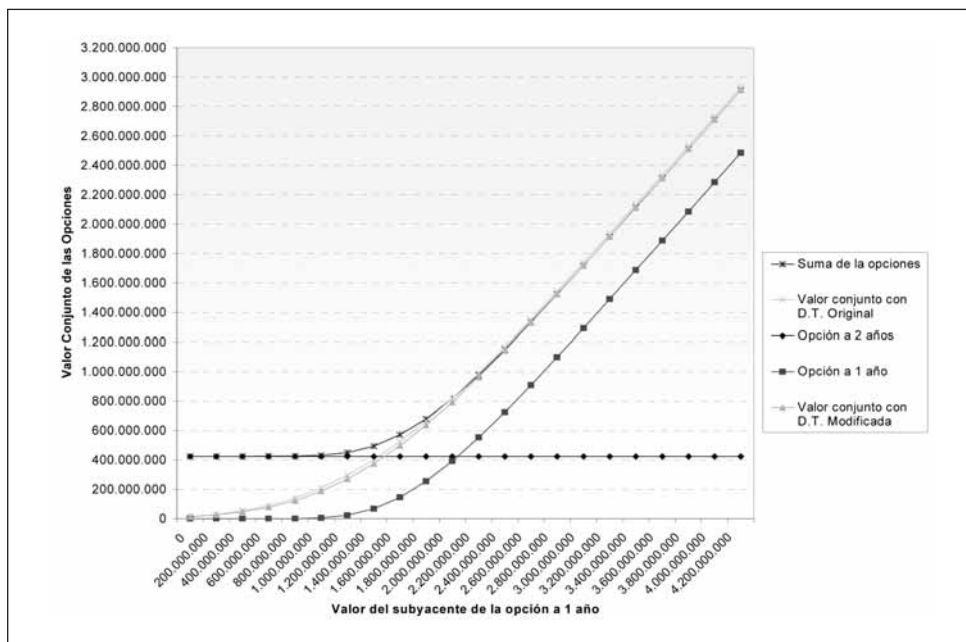


Así, en lo referente a las relaciones entre los distintos valores representados en el Gráfico 13, cabe destacar las siguientes conclusiones:

- 1.º El valor conjunto estimado a través de se sitúa siempre por encima del valor conjunto estimado con p_1^* y q_1^* a partir de σ_1 , y también por encima del valor de la suma del valor individual de las opciones. De nuevo, este hecho se debe a un mal funcionamiento del modelo. Al ser σ_1 menor que σ_2 , p_1 es mayor que p_2 , de manera que al descontar el valor conjunto de la opciones ponderando por p_1 , éste queda sobrevalorado. Una vez más en el modelo corregido este problema queda solucionado.
- 2.º Todo lo comentado para el Gráfico 9 sería aplicable entonces al valor obtenido a partir del modelo corregido, a las opciones individuales y a la suma de las mismas representadas en el Gráfico 13.

El Gráfico 14 representa de nuevo los mismos conceptos de los gráficos anteriores, suponiendo que la desviación típica de la opción a corto plazo es menor que la de la opción a largo plazo, y haciendo variar el valor el activo subyacente de la primera.

GRÁFICO 14
VALOR DE LAS OPCIONES DE AMPLIACIÓN ANTE CAMBIOS EN EL VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE DE LA OPCIÓN A UN AÑO



El valor conjunto de las opciones, empleando para su cálculo el modelo original, redonda en importes mayores que la suma individual de las opciones, con lo que de nuevo se aprecia la inconsistencia de los resultados obtenidos según esta operativa. El modelo corregido compensa este problema, al igual que sucedía en el caso anterior. Por ello, seguirían siendo aplicables las conclusiones extraídas del análisis del Gráfico 10.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha desarrollado un modelo de valoración aplicable a empresas de alta tecnología, que integra el descuento de flujos de caja con la valoración de las opciones reales de ampliación de la actividad de la compañía.

La predicción de los ingresos de la compañía, pieza clave en la estimación de los flujos de caja, se realiza utilizando como variable exógena la cifra de visitantes únicos a través de un modelo basado en un movimiento browniano. Para obtener un rango de valoración de la empresa se proyecta la variable visitantes únicos mediante una simulación de Monte Carlo, lo que permite obtener dos mil posibles valores de la empresa, y así analizar las frecuencias de aparición de cada uno de ellos y obtener su valor medio. El valor medio de la acción así obtenido es de 82,77 dólares frente a un precio medio en 2003 de 97,99 dólares

en la Bolsa de Nueva York. Esta diferencia de precios se puede atribuir a la existencia de opciones reales no consideradas en la anterior metodología, pero que en todo caso, son importantes por su capacidad para medir el valor derivado de la flexibilidad de las inversiones y de la discrecionalidad del equipo directivo para tratar de cambiar su marcha en caso necesario. En particular, en este trabajo nos hemos centrado en la opción de ampliación de la actividad de la compañía, opción especialmente valiosa en sectores poco maduros, sin perjuicio de la existencia de otras opciones que también pueden aportar valor.

A tal efecto, el modelo propuesto se completa con una metodología de valoración de opciones reales encaminada a estimar el valor de las sucesivas opciones de ampliación de que hará uso la empresa en caso de que la situación lo permita. Este modelo considera las claras interrelaciones existentes entre las n opciones de ampliación disponibles, que se traducen en restricciones que las opciones a más corto plazo ejercen sobre las opciones a largo plazo. Asimismo el modelo elimina los problemas que surgen cuando los activos subyacentes de las distintas opciones presentan distintas volatilidades a través del concepto de *desviación típica ajustada*. La aplicación a la empresa *eBay* se ha realizado en función de un conjunto de hipótesis y para un rango de valores predeterminado. En todas las situaciones consideradas las opciones de crecimiento aportan valor a la compañía, tanto mayor cuanto más elevado es el valor del activo subyacente de las mismas. De igual modo se verifica que el valor conjunto de las opciones de crecimiento es siempre inferior a la suma individual de las mismas, lo que se debe a las ya comentadas restricciones que unas opciones ejercen sobre otras.

Con todo ello, las elevadas valoraciones realizadas por el mercado durante el periodo de la burbuja tecnológica y su posterior corrección pueden justificarse, no por un comportamiento irracional de los mercados, sino por la materialización de unas elevadas expectativas de crecimiento fundamentadas en la elevada incertidumbre de estas empresas. De acuerdo con Damodaran [2000], «para aquellos que argumentan que las valoraciones están demasiado distorsionadas como para ser útiles, nuestra réplica sería que estas distorsiones provienen de la real incertidumbre acerca del futuro».

APÉNDICE 1: DESCRIPCIÓN DE DATOS.

<i>Variable</i>	<i>Dato empleado</i>	<i>Fuente</i>
Tasa libre de riesgo (<i>r</i>)	4,91%	Reserva Federal norteamericana: Tipo de interés del bono del Tesoro norteamericano a 20 años en diciembre de 2002.
Tasa de crecimiento a perpetuidad (<i>g</i>) ¹	3,60%	World Economic Outlook, 2003 – Fondo Monetario Internacional: Crecimiento medio de la economía internacional, años 1970-2002
Coste del Capital Medio Ponderado (<i>k_c</i>) ²	16,35%	Elaboración propia.

¹ Dado que la tasa de crecimiento perpetuo representa un crecimiento de la empresa hasta el infinito, ésta no puede ser superior al crecimiento medio a largo plazo de la economía internacional. El porcentaje de crecimiento anual de la economía internacional para los años 1970-2002 ascendió al 3,6%. Con el fin de proyectar un número suficiente de años como para contemplar el fuerte crecimiento inicial de la compañía, se ha supuesto que desde el año 2008 la tasa de crecimiento del flujo de caja decrece progresivamente hasta alcanzar en 2013 una tasa similar a la media de la economía internacional (3,6%), manteniéndose esta tasa a perpetuidad a partir de este último año.

² Dato calculado en base a datos de mercado y a la estructura financiera media de compañías del sector.

APÉNDICE 2: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA VALORACIÓN DE *eBay*.

<i>Coste del Capital Medio Ponderado</i>						
	2,77	15,00%	15,50%	16,35%	17,00%	17,50%
Tasa de crecimiento	2,50%	85,43	82,79	78,68	75,82	73,77
	3,00%	87,61	84,81	80,46	77,44	75,27
	3,60%	90,49	87,45	82,77	79,54	77,23
	4,00%	92,58	89,37	84,44	81,04	78,63
	4,50%	95,42	91,97	86,68	83,06	80,50

BIBLIOGRAFÍA:

ALONSO, A. B., y ROJO, J. [2004]: «Aplicación del Modelo de Valoración de Opciones Reales: La Empresa Amazon.com bajo análisis», *Estrategia Financiera*, n.º 205, pp. 12-22.

CARR, P. [1988]: «The Valuation of Sequential Exchange Opportunities», *The Journal of Finance*, Vol. XLIII, n.º 5.

COPELAND, T.; KOLLER, T., y MURRIN, T. y J. [2000]: *Valuation* (John Wiley and Sons).

DAMODARAN, A. [1996]: *Corporate Finance: Theory and Practice* (Wiley).

— [2000]: «The dark side of valuation: Firm’s with no earnings, no history, and no comparables», *Working Paper*; Stern School of Business, New York.

DESMET, D.; FRANCIS, T.; HU, A.; KOLLER, T. M., y RIEDEL, G. A. , [2000]: «Valuing dot-coms», *The McKinsey Quarterly*, n.º 1, pp. 148-157.

DIXIT, A. K., y PINDYCK, R. S. [1994]: *Investment Under Uncertainty* (Princeton University Press).

FUERTES, Y., MAR, C., y SERRANO, C. [2001]: «An approach to the measurement of intangible assets in dot-com based on web metrics and financial information», *Discussion Papers in Accounting Finance*, n.º AF01-5, octubre.

- HEVERT, K. T.; McLAUGHLIN, R. M.; ROBYN, M. y TAGGART, R. A. [1998]: «Interest Rates, Inflation and the Value of Growth Options», *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. XXXVIII, Special Issue, pp. 599-613
- HIGSON, C., y BRIGINSHAW, J. [2000]: «Valuing Internet businesses», *Business Strategy Review*, Vol. XI, n.º 1.
- JANSEN, P., y PEROTTI, E. [2002]: «Valuation of Internet companies: A survey of the evidence», *Social Science Research Network*.
- JORION, P., y TALMOR, E. [2000]: «Value relevance of financial and non financial information in emerging industries: The changing role of web traffic data», *Working Paper*, University of California at Irvine.
- KESTER, W. C. [1984]: «Today's Options for Tomorrow's Growth», *Harvard Business Review*, Marzo-Abril.
- KOZBERG, A. [2001]: «The value drivers of Internet stocks: A business model approach», *Working Paper*, New York University.
- KULATILAKA, N. y PEROTTI, E. C. [1998]: «Strategic Growth Options», *Management Science*, Vol. XLIV, n.º 8, pp. 1.021-1.031.
- LAZER, R.; LEV, B., y LIVNAT, J. [2002]: «Internet traffic measures and portfolio returns», *Working Paper*, Stern School of Business Administration, New York University.
- OTTOO, R. E. [1998]: «Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company», *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. XXXVIII, Special Issue, pp. 615-633.
- PEROTTI, E. C., y ROSSETTO, S. [2000]: «Internet portals as portfolios of entry options», *Working paper*, University of Amsterdam and CEPR.
- PINDYCK, R. S. [1988]: «Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm», *American Economic Review*, Diciembre.
- RAJGOPAL, S.; KOTHA, S., y VENKATACHALAM, M. [2000]: «The relevance of web traffic for Internet stock prices», *Working paper*, University of Washington.
- ROJO, J. [2003]: «Valoración conjunta de las etapas de financiación en el capital riesgo: aplicación al caso de múltiples volatilidades», en BARREIRO, J. M.; Díez, J. A.; BARREIRO, B.; RUZO, R., y LOSADA, F.: *Gestión científica empresarial* (Netbiblo).
- SCHWARTZ, E., y MOON, M. [2000]: «Rational Pricing of Internet Companies, Revisited», *Working Paper*, Anderson School of Management.
- TRIGEORGIS, L. [1993]: «The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options», *Journal of Financial and quantitative analysis*, Vol. XXVIII, pp. 1-20.
- [2002]: *Real Options* [Cambridge: The MIT Press].
- TRUEMAN, B.; WONG, M. H. F., y ZHANG, X. J. [2000]: «The eyeballs have it: searching for the value in Internet stocks», *Working Paper*, Haas School of Business, University of California Berkeley.
- [2001]: «Back to the basics: Forecasting the revenues of Internet firms», *Review of Accounting Studies*, Vol. VI, n.º 2-3, septiembre, pp. 302-329.