

Las opciones reales en el sector eléctrico. El caso de la expansión de Endesa en Latinoamérica *

Real options in the Electricity Sector. Endesa's Expansion in Latin America

Susana Alonso Bonis
Valentín Azofra Palenzuela
Gabriel de la Fuente Herrero **

Sumario: 1. Introducción. 2. La estrategia de inversión de Endesa en Latinoamérica 3. Valoración de los activos en funcionamiento. 4. Caracterización de la opción de expansión en Brasil. 4.1. Las fuentes de incertidumbre de la actividad de distribución. 4.2. Modelización del valor de la inversión subyacente. 5. Valoración de la opción de expansión en Brasil. 5.1. Estimación de los parámetros de entrada. 5.2. Resultados de la valoración de la opción de expansión. 6. Análisis y discusión de los resultados. 6.1. La relevancia de la opción de inversión en la fecha de su adquisición. 6.2. La relevancia de la pérdida de la opción en la fecha de la renegociación. 7. Conclusión. Referencias bibliográficas

Recepción del original: 16/07/2007

Aceptación del original: 19/09/2008

RESUMEN: Este trabajo tiene por objeto el estudio de un caso real de inversión, que consiste en la expansión de Endesa en Latinoamérica a través de su entrada en el capital de Enersis. El análisis de la inversión permite identificar dos fechas clave para su valoración: el 30 de julio y el 30 de octubre de 1997. La primera fecha hace referencia a la firma del primer acuerdo entre Endesa y los accionistas de Enersis, del que se deriva la adquisición de una im-

* Este trabajo se ha beneficiado de la ayuda financiera recibida del Ministerio de Educación y Ciencia y FEDER (ref. SEJ2007-67382). Los autores agradecen las valiosas sugerencias recibidas de Máximo Borrell, Myriam García, Prosper Lamothe, Pablo Fernández, Javier F. Navas, Sergio Sanfilippo, Robert Stretcher, Timothy Michael, Antoni V. Sebastiá; de participantes en el XVII Congreso Nacional de ACEDE, la 57ª edición del Congreso de la *Midwest Finance Association*, la 17ª edición del Congreso de la *European Financial Management Association*; y, finalmente, de los evaluadores anónimos de CEDE. Los errores y omisiones son responsabilidad de los autores.

** Dpto. de Economía Financiera y Contabilidad. Universidad de Valladolid. Avda. Valle Es-gueva 6; 47011 Valladolid. Tel: 983 423334; Fax: 983 183038. salonso@eco.uva.es; vazofra@eco.uva.es; gfuente@eco.uva.es

portante opción de crecimiento en el mercado brasileño. La segunda fecha corresponde a la renegociación del acuerdo y la consiguiente pérdida de la opción de crecimiento. La valoración de esta opción utilizando el enfoque de opciones reales, ayuda a comprender la racionalidad de la decisión de invertir en un proyecto con VAN negativo. Adicionalmente, el análisis del valor de mercado imputable a esta opción ofrece evidencia empírica sobre su influencia en los movimientos observados en el precio de las acciones, como consecuencia de su adquisición inicial y posterior pérdida.

Palabras clave: Opciones reales; sector eléctrico; valoración de empresas; expansión internacional; procesos estocásticos discontinuos.

Clasificación JEL: G31

ABSTRACT: This paper studies a real investment case related to the expansion of Endesa in Latin American through its participation in Enersis equity. We identify two important dates for the valuation: 30-july and 30-october in 1997. The first coincides with the initial agreement between Endesa and Enersis shareholders which implied the acquisition of an important option to invest in the Brazilian market. The second date matches the redefinition of the agreement and the resultant loss of the option. The valuation of this growth option under the real option approach helps to understand the rationality of the decision to invest in a negative NPV project. Additionally, the value accounted for this option provides some evidence about its influence in the observed variations in the stock prices, as a consequence of its initial acquisition and following loss.

Keywords: Real options, power industry, corporate valuation; foreign investments; discontinuous stochastic processes.

JEL Classification: G31

1. Introducción

El enfoque de opciones reales fundamenta sus raíces en la analogía existente entre los derechos de decisión derivados de la inversión empresarial y los derechos de compra y de venta otorgados por las opciones financieras (Myers, 1977). Esta analogía permite aprovechar los modelos analíticos y procedimientos numéricos de valoración desarrollados y contrastados en los mercados de derivados. La aplicación de la teoría de valoración de opciones a la evaluación de la inversión empresarial permite superar varias de las limitaciones del modelo convencional de descuento de los flujos de tesorería. Entre otras cuestiones, el enfoque de opciones reales reconoce el valor de la gestión activa de las inversiones empresariales y, por tanto, el valor de su flexibilidad o, también, los resultados intangibles que son fuente de oportunidades de crecimiento futuro.

El ritmo de evolución de la investigación teórica en este campo ha sido superior al de la investigación empírica. La razón principal es de tipo metodológico. A diferencia de lo que ocurre en el caso de las opciones financieras, las opciones reales normalmente carecen de la referencia de valores de mercado con los que contrastar los modelos de valoración o con los que cotejar su relevancia como fuente de valor de la inversión empresarial. Las pocas excepciones se reducen a ciertos activos reales cotizados cuya naturaleza permite la fácil identificación de la opción real implícita. Es el caso de las concesiones petrolíferas en Paddock *et al.* (1988) ó de los terrenos urbanos en Quigg (1993).

Ante esta dificultad, algunos trabajos proponen una contrastación indirecta, consistente en estimar la contribución de las opciones reales a la creación de valor a través de la diferencia entre el valor total de la empresa y el valor estimado de las asignaciones de recursos ya realizadas (activos en funcionamiento). De verificarse la hipótesis de relevancia de las opciones reales, la parte del valor

de mercado no imputable a los activos en funcionamiento debe responder a los cambios en las variables de las que depende tal y como lo haría el valor de una opción financiera. Siguiendo esta estrategia, Berger *et al.* (1996) y Andrés *et al.* (2006) obtienen evidencia empírica de su contribución a la creación de valor para y respectivamente, la opción de liquidación de la empresa y sus opciones de crecimiento. Por su parte, los resultados empíricos obtenidos por Graham y Harvey (2001) revelan la existencia de una mayor preocupación de los directivos por la valoración de las opciones reales que se traduce en la progresiva adopción del enfoque como técnica de selección de inversiones.

En el estudio de la relevancia de las opciones reales, la estrategia de investigación empírica más utilizada ha sido el estudio de casos, ya que permite un análisis profundo del proceso de creación de valor de la inversión empresarial y de las variables de las que depende. La mayor parte de los estudios de casos realizados se circunscriben al sector de los recursos naturales, debido en buena medida a la mayor disponibilidad de la información necesaria para su valoración (Sick, 1989). En los últimos años, la investigación se ha extendido a otros sectores de actividad, tales como las empresas de biotecnología (Micalizzi, 1999; Kellogg y Charnes, 2000; Stark, 2001; León y Piñeiro, 2004; Rubio y Lamothe, 2006), los portales electrónicos (Sáenz-Diez, 2004), las licencias de taxis (Albertí *et al.*, 2003), los puertos navales (Juan *et al.*, 2001), la inversión inmobiliaria (Rocha *et al.*, 2007), o los proveedores de componentes del automóvil (Azofra *et al.*, 2004).

Nuestra investigación se suma a esta rama de la literatura empírica mediante el estudio de un caso de inversión en el sector eléctrico. La inversión consiste en la entrada de Endesa en el capital del grupo eléctrico chileno Enersis. Se trata de un proyecto representativo del tipo de inversiones «necesarias», cuya rentabilidad no se justifica en términos del descuento de flujos de tesorería, sino en términos estratégicos.

El estudio en profundidad de las características del acuerdo suscrito entre Endesa y los gestores de Enersis permite identificar como una de sus fuentes de valor la opción de expansión futura en el mercado brasileño. En la fecha de inversión, el mercado eléctrico brasileño se encontraba en pleno proceso de privatización, con licitaciones esperadas para la práctica totalidad de la actividad de distribución. En este contexto, la participación de Endesa en Enersis proporciona una oportunidad de expansión en el mercado brasileño asimilable a una opción de compra tipo bermuda.

La valoración de la inversión se realiza en dos fechas consecutivas: el 30 de julio y el 30 de octubre de 1997. Cada una de estas fechas coincide, respectivamente, con el acuerdo inicial de entrada de Endesa en el capital de Enersis, mediante el que se adquiere la opción de crecimiento en el mercado brasileño, y con la posterior renegociación del acuerdo que supuso la pérdida de la opción. La información necesaria para el estudio del caso se recaba de la prensa económica publicada en las fechas de la inversión, las estimaciones de analistas, la documentación pública presentada por Endesa al mercado y los datos obtenidos de una serie de entrevistas en profundidad realizadas a los principales responsables de la expansión de Endesa en Latinoamérica.

Los resultados del estudio del caso revelan la influencia del valor de la opción de crecimiento sobre la decisión de inversión y las variaciones de la cotización

de las acciones de Endesa. Así, por un lado, el valor inicial de la opción de crecimiento en Brasil evidencia la racionalidad del acuerdo de inversión de Endesa para un amplio y asumible rango de escenarios. Por otro lado, la adquisición de la opción en el pacto original y su pérdida en la posterior renegociación se reflejan en las variaciones de la cotización de Endesa.

El resto del trabajo se estructura del siguiente modo. En la segunda sección se describen los rasgos principales de la inversión objeto de estudio. La estimación del valor de sus activos en funcionamiento se documenta en la sección tercera. La siguiente sección se dedica a la caracterización de la principal opción de crecimiento identificada y la modelización de sus fuentes de valor. La estimación de los parámetros y principales resultados de la valoración de la opción de crecimiento es presentada en la sección quinta. En la sexta sección se discute la relevancia de la opción de crecimiento tanto en la decisión de inversión de la eléctrica española como en las variaciones de su cotización. El trabajo se cierra con la recopilación de las principales conclusiones.

2. La estrategia de inversión de Endesa en Latinoamérica

Endesa ha liderado el sector eléctrico español desde comienzos de los noventa hasta el año 2007¹. A finales de 1996, Endesa reunía un grupo industrial cuyos activos a nivel nacional superaban los 600 millones de euros. Los procesos de reorganización y liberalización del sector² así como la total privatización de su capital, desencadenaron la diversificación e internacionalización de su actividad. La inversión en el capital de Enersis realizada a mediados de 1997 fue una de las piezas claves de esta estrategia y facilitó su posicionamiento estratégico como operador global en el mercado latinoamericano. El momento era crucial ante el inminente proceso de privatización que estaba iniciándose en la región, con Brasil a la cabeza³. La relevancia de la operación fue tal que le valió el sobrenombre de «El Negocio del Siglo» y su estudio ha sido objeto de diversos trabajos, entre los que destacan los de Parisi y Yáñez (2000) y Trillas (2001).

Los diferentes escenarios por los que transcurrió la entrada de Endesa en el grupo chileno y sus implicaciones para las fuentes de valor de la inversión su-

¹ La materialización de la compra de Scottish Power por parte de Iberdrola y el acuerdo para la venta de activos de Endesa alcanzado entre la alianza Acciona-Enel, su principal accionista, y E.On, en abril de 2007, han provocado el cambio en el liderato del sector eléctrico español. En lo que se refiere al volumen de capitalización, Iberdrola superó a Endesa el 7 de mayo de 2007.

² La reordenación sectorial de la actividad eléctrica comienza en 1989 a instancias del Ministerio de Industria y Energía mediante la creación de grupos nacionales competitivos ante la apertura del sector. El proceso de liberalización se inicia en 1997 con la promulgación de la Ley 54/1997, de 27 noviembre, del Sector Eléctrico.

³ Brasil representa el país de mayor tamaño de la zona, tanto en población (157 millones de habitantes) como en superficie (8.119.660 Km²) y cuenta con importantes riquezas naturales, entre las que destacan los recursos hidrológicos. Por otra parte, el atractivo del mercado eléctrico brasileño incrementa a finales de los años noventa como consecuencia de los planes de liberalización del sector y el potencial de expansión esperado para la economía brasileña.

gieren la conveniencia de diferenciar dos momentos clave en la valoración. Un primer momento, coincidente con la formalización de la alianza en los términos iniciales, esto es el 30 de julio de 1997, y un segundo momento, el 30 de octubre, en el que tiene lugar la renegociación del acuerdo.

El 30 de julio de 1997, Endesa anuncia la firma de un acuerdo de inversión con un grupo de accionistas de Enersis denominado Gestores *Clave*. Enersis era el principal conglomerado eléctrico privado de Latinoamérica que, a través de su red de filiales y coaligadas, controlaba el sector eléctrico de Chile, tanto en generación —a través de Endesa Chile— como en distribución —por medio de Chilectra—, y contaba con participaciones significativas en eléctricas de Argentina, Perú y Brasil.

Por su parte, el grupo de Gestores *Clave* estaba constituido por un reducido número de ejecutivos individuales que eran fundadores de cinco sociedades chilenas de inversión denominadas Chispas, las cuales mantenían el 29,04% del capital de Enersis. Aunque la participación de dichos Gestores apenas representaba el 0,06% del capital de Chispas, mantenían unos títulos «preferenciales» —las denominadas acciones serie B⁴— que les conferían la mayoría de los derechos de decisión. Adicionalmente, los Gestores contaban con el apoyo de las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP's), que en su conjunto se erigían en el principal accionista de Enersis con el 32% del capital, pero sin participación en la gestión por imperativo legal. En consecuencia, los Gestores controlaban el consejo de Enersis así como los de las sociedades y filiales en las que se había organizado su actividad.

El acuerdo inicial entre Endesa y los Gestores *Clave* permitía a la empresa española alcanzar una participación significativa en el capital de Enersis y controlar sus inversiones futuras en el exterior, a cambio de un desembolso de 1.500 millones de dólares. Entre los términos más destacables de la alianza se establecía el modo en que Endesa alcanzaría la mayoría en el capital de las Chispas —consistente en el lanzamiento de OPAs sobre las acciones serie A y formalización de contratos de compraventa y de gestión con los accionistas de la serie B— y se preveía la creación de una empresa que canalizase las inversiones de ambos grupos en el continente, Endesis, controlada por la eléctrica española en un 55% y por la chilena en el 45% restante. Además, Endesa se reservaba derecho de veto sobre las inversiones futuras que Enersis plantease de forma independiente.

Las diferencias en la retribución de cada tipo de acciones, que ajustando por los porcentajes de propiedad era un 1.000% favorable a la serie B, despertaron las primeras reticencias respecto al acuerdo. Pero sería el paulatino conocimiento del resto de las cláusulas lo que acabó agudizando la desconfianza del resto de partícipes de Enersis, incluidas las AFP's. A finales de octubre, tres meses después del acuerdo inicial, la presión ejercida por estos partícipes daba lugar a la revisión exhaustiva de los acuerdos suscritos con los Gestores *Clave* y la reanudación de conversaciones directas entre representantes de Endesa y de las AFP's.

⁴ El capital de Chispas estaba dividido en acciones serie A (99,94% del total) y acciones serie B (0,06% del total). La propiedad de las acciones serie A estaba, principalmente, en manos de empleados o ex-empleados del grupo Enersis, quienes disponían de mayores derechos sobre el dividendo pero menor participación en el control de la administración.

Fruto de la renegociación, se acordó una política de gestión de las inversiones conjuntas de ambos grupos muy diferente a la pretendida por la eléctrica española, que requería el análisis individualizado de cada oportunidad y la creación de sociedades «a partes iguales» en cada caso⁵. De este modo, Endesa perdía los derechos de decisión sobre las inversiones futuras de Enersis, entre ellas, la codiciada opción de expansión en el mercado eléctrico brasileño.

3. Valoración de los activos en funcionamiento

El enfoque de las opciones reales establece que el valor de los recursos propios de una empresa o inversión, se descompone en la suma del valor de los activos en funcionamiento (*Assets-in-Place*) atribuible a sus accionistas y el valor de su cartera de opciones de crecimiento (*Growth Options*). Es decir,

$$E_0 = E_0^{AiP} + E_0^{GO} \quad (1)$$

en donde: E_0 simboliza el valor actual de las acciones, E_0^{AiP} el valor de los activos en funcionamiento atribuible a sus acciones y E_0^{GO} el valor de la cartera de opciones de crecimiento.

La descomposición de las fuentes de valor en activos en funcionamiento y opciones de crecimiento, permite calcular el valor de los primeros por medio del modelo de descuento de la corriente de los beneficios netos esperados (Kester, 1984; Andrés *et al.*, 2006; Tong y Reuer, 2006; Bernardo *et al.* 2007). Al identificar el flujo de caja del accionista con el beneficio neto, este modelo equipara la inversión no discrecional con las necesidades de mantenimiento de sus activos⁶. Asumiendo además que el resultado neto crece de forma perpetua⁷ a una tasa anual constante g , el valor de los recursos propios atribuible a sus activos en funcionamiento viene determinado por la expresión:

$$E_0^{AiP} = \frac{NI_t}{k_e - g} \quad (2)$$

donde NI_t representa el beneficio neto esperado en el período siguiente y k_e la tasa de descuento apropiada al riesgo de la corriente de flujos.

Como estimación del beneficio esperado para el período siguiente utilizamos el consenso de analistas de la base de históricos de I/B/E/S en *Datastream*. Con-

⁵ Sólo si una de las partes renunciaba a su 50%, la otra podría elevar su participación o invitar a terceros.

⁶ Una explicación detallada de la relación entre el beneficio neto y el flujo de tesorería de las acciones y sus implicaciones para la valoración puede consultarse en Fernández (2006).

⁷ Este crecimiento del beneficio neto es el que cabría esperar de la inversión en mantenimiento y la evolución esperada de las partidas de la cuenta de pérdidas y ganancias. Por ello, se trata de un crecimiento diferente del derivado del futuro ejercicio discrecional de las oportunidades de inversión y que se recoge en el segundo sumando de la ecuación (1).

cretamente, el beneficio esperado se aproxima mediante el promedio del consenso dos meses antes y diez después de cada fecha de valoración⁸, 30 de julio y 30 de octubre de 1997. El coste de oportunidad de las acciones, k_e , se obtiene a partir del modelo de equilibrio de activos financieros (CAPM). El tipo de interés libre de riesgo para el largo plazo se aproxima a partir de la rentabilidad anual media del bono estadounidense a diez años, que asciende a 6,22% y 6,03%, respectivamente, antes y después de la renegociación. Suponiendo estable en el tiempo la prima por unidad de riesgo pagada en el mercado, tomamos como aproximación de la misma el promedio a largo plazo estimado por Fama y French (2002), que es igual a 4,23%. Los coeficientes beta se obtienen a partir de las variaciones mensuales de la rentabilidad de Enersis y del índice *S&P Global 1200* durante los 5 años anteriores, con valores iguales a 0,587, y 0,65 para cada una de las fechas de valoración.

Finalmente, la tasa de crecimiento medio perpetuo, g , se estima en un 3% anual, consistente con una tasa de inflación estable a largo plazo para el dólar USA, divisa de valoración empleada en nuestro estudio siguiendo la práctica habitual para inversiones internacionales⁹. La identificación de la tasa de crecimiento anual medio con la tasa de inflación media esperada en un modelo de magnitudes corrientes y tasas nominales implica asumir una renta de beneficio neto perpetuo de término constante en términos reales¹⁰.

El valor obtenido de las acciones de Enersis atribuible a sus activos en funcionamiento se muestra en la Tabla 1. El valor de la participación de Endesa se obtiene sin más que considerar su participación en el capital del grupo del 29,04%. La diferencia en el valor de los activos en funcionamiento del grupo chileno antes y después de la renegociación apenas supone un millón de dólares. Este importe procede principalmente del incremento de la cartera de participaciones en el exterior ocurrido a mediados de septiembre como consecuencia de la adquisición de las empresas colombianas Emgesa (generadora) y Codensa (distribuidora), surgidas ambas de la división de la empresa estatal colombiana Energía Eléctrica de Bogotá (EEB).

Teniendo en cuenta el número constante de 6.800 millones de acciones que engrosaban el capital del grupo Enersis resulta un valor por acción de 0,455 dólares y 0,456 dólares —190,59 y 189,12 pesos chilenos— en las respectivas fechas de valoración. En ambos casos, el valor de los activos en funcionamiento atribuible a las acciones de Enersis resulta inferior a su cotización en el mercado que asciende, respectivamente, a 0,61 y 0,56 dólares (255,31 y 230,8 pesos chilenos). Esta significativa diferencia constituye un primer indicio del valor de las oportunidades de crecimiento que los inversores atribuían al holding chileno. En el Gráfico 1 se muestra la evolución de las cotizaciones de Endesa y Enersis, ambas expresadas en dólares.

⁸ Se ha comprobado que los resultados de la valoración no son sensibles a las variaciones de este intervalo temporal de referencia.

⁹ De acuerdo con los datos proporcionados por el *Bureau of Labor Statistics*, la inflación anual media registrada en Estados Unidos en el año 1996 fue el 2,93%.

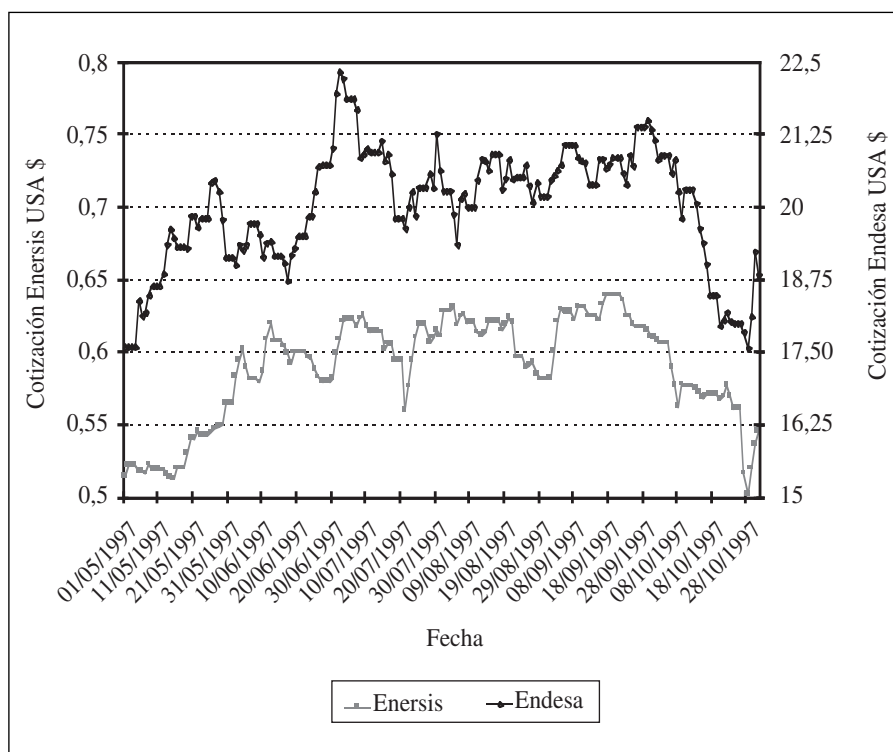
¹⁰ Este mismo criterio es propuesto en Danbolt et al. (2002) para corregir el modelo de valoración de Kester (1984).

TABLA 1. Valor de las acciones de Enersis atribuible a sus activos en funcionamiento

Fecha (t)	k_e	Beta (β)	Beneficio por acción esperado (dólares)	E_t^{AiP} (millones de dólares)	Valor de la participación de Endesa (millones de dólares)
30/07/1997	8,70%	0,587	0,025964028804	3.096,0	899,1
30/10/1997	8,78%	0,650	0,026338291614	3.099,4	900,1

El valor de los activos en funcionamiento se calcula con el modelo de descuento de beneficios crecientes a una tasa constante. La tasa de descuento se obtiene a partir del CAPM. La prima de mercado se estima en el 4,23%. El tipo de interés libre de riesgo es el 6,22 y 6,03%, respectivamente, en la fecha inicial del acuerdo y la fecha de renegociación; y los coeficientes beta estimados en estas fechas ascienden, respectivamente, a 0,587 y 0,65. El beneficio neto por acción se estima a partir del promedio, dos meses antes y diez después de cada fecha de valoración, del consenso de analistas de la base de I/B/E/S proporcionados por *Datastream*. La tasa de crecimiento se considera igual al 3% de inflación anual esperada.

GRÁFICO 1. Cotizaciones de Endesa y Enersis durante el período objeto de análisis (en dólares USA)



El gráfico muestra la evolución de la cotización diaria en dólares de Enersis y Endesa entre mayo y noviembre de 1997.

4. Caracterización de la opción de expansión en Brasil

La entrada en el capital de Enersis proporcionaba a Endesa, además de la participación en sus activos en funcionamiento valorada en el epígrafe anterior, nuevas oportunidades de crecimiento en el negocio de la distribución eléctrica brasileña¹¹. De forma más precisa, el acuerdo Endesa-Enersis ampliaba la oportunidad de expansión en Brasil que ya poseía Endesa en solitario, en virtud de su condición de operador global en el negocio eléctrico. De aquí que una correcta valoración de la estrategia de Endesa requiera determinar el valor incremental de la oportunidad de crecimiento en Brasil a partir de la alianza con Enersis con relación al valor de la opción poseída por Endesa de manera independiente.

La oportunidad de crecimiento en Brasil viene definida por el proceso de privatización del sector de distribución eléctrica¹² anunciado por el gobierno brasileño en julio de 1997. La licitación de la actividad se planeaba realizar de manera más o menos uniforme a lo largo de un período no superior a 5 años por intervalos próximamente semestrales. La adjudicación se realizaría mediante subastas competitivas controladas para evitar la participación máxima de cada grupo empresarial. Estas características del proceso otorgaban a unos cuantos productores, entre los que se encontraba el grupo Endesa-Enersis, una opción de inversión tipo bermuda de ejercicio semestral supeditado a la consecución de la licitación en el concurso correspondiente y plazo hasta el vencimiento previsto de 5 años¹³.

La valoración de esta opción requiere la modelización previa de las consecuencias de su ejercicio. Para ello se introduce, en primer lugar, el ejercicio condicional de la opción mediante la ponderación del valor neto derivado del ejercicio de la opción por la probabilidad estimada de éxito de la puja¹⁴. Adicionalmente, y a efectos de comprobar la robustez de la valoración, se

¹¹ Esta no es la única opción que adquiere Endesa, pero sí la más importante. Esta afirmación viene respaldada tanto por la información pública disponible, como por las declaraciones de los responsables de la empresa. En todo caso, la consideración de esta única opción no interfiere con el objetivo principal de la investigación y simplifica de modo significativo la presentación de los resultados.

¹² En esta fecha, el 93,5% del total de esta actividad era de propiedad estatal. Las distribuidoras Escelsa, Light y Cerj estaban ya en manos privadas —la última había sido adjudicada a un consorcio formado por Endesa y Enersis— como consecuencia de las primeras licitaciones.

¹³ Para garantizar la competencia en un escenario liberalizado, la autoridad brasileña preveía unos límites máximos de participación del 20% para el caso de operar sólo en generación o distribución, y del 25% si se realizan simultáneamente ambas actividades. Por otra parte, la gran dimensión del mercado carioca y la cuota de mercado mantenida por la alianza Endesa-Enersis a través de su participación en Cerj, del 2,5%, situaban la participación objetivo de la alianza Endesa-Enersis en el negocio de la distribución eléctrica en torno al 10%. Dado que la licitación de la participación del estado en esta actividad, el 93,5% del total, se planeaba realizar de manera más o menos uniforme en los 5 años siguientes por intervalos próximamente semestrales, la adjudicación de una subasta era suficiente para satisfacer el objetivo de la alianza.

¹⁴ Smit (1997) plantea esta misma modelización en la valoración de concesiones petrolíferas. En su caso, el ejercicio de la opción de explotación de la reserva se encuentra supeditada al éxito de las actividades de exploración.

considera una prima sobre el precio de ejercicio previsto en la subasta de cuantía suficiente como para garantizar el éxito en la adjudicación.

En segundo lugar, se definen los flujos de tesorería que se derivan del ejercicio de la opción en función de la diferencia entre el volumen de cobros y pagos de adquisición de la energía distribuida, a la que denominamos margen bruto y denotamos con $GM_t(S_t, M_t)$, menos el importe correspondiente a otros pagos derivados de la actividad, que denotamos con P_t . A su vez, el margen bruto se define en función del margen por unidad de energía distribuida, M_t , la proporción de la demanda de electricidad que es posible atender con los activos de distribución adjudicados en la subasta, c , y la propia demanda de electricidad en Brasil, S_t . Analíticamente, las cuantías del flujo que se deriva del ejercicio de la opción y del margen bruto vienen determinadas por las siguientes expresiones:

$$CF_t(S_t, M_t) = [GM_t(S_t, M_t) - P_t] \cdot (1 - \tau) \quad (3)$$

$$GM_t = M_t \cdot S_t \cdot c \quad (4)$$

donde τ es el tipo impositivo aplicable a dicho flujo para la estimación de los impuestos a pagar¹⁵.

Finalmente, el componente de otros pagos comprende el conjunto de partidas que reducen el margen bruto de explotación entre las que se incluyen: i) otros gastos relacionados con la actividad principal —gastos de personal, consumo de materiales, combustibles,...—; ii) resultados de índole financiera; y por último, iii) inversiones en mantenimiento y conservación de las infraestructuras de inversión. En relación con estos componentes del flujo de tesorería, suponemos que representan una parte proporcional, p_1 , p_2 y p_3 , respectivamente, de dicho margen de distribución¹⁶:

$$P_t = (p_1 + p_2 + p_3) \cdot GM_t \quad (5)$$

4.1 LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE DE LA ACTIVIDAD DE DISTRIBUCIÓN

El análisis de la actividad de distribución de electricidad en Brasil permite identificar dos fuentes principales de riesgo, el margen unitario (M_t) y la demanda de electricidad (S_t), cuyo comportamiento estocástico futuro suponemos modelizable a partir de sendos procesos mixtos que combinan movimientos alea-

¹⁵ Para simplificar suponemos que el flujo de tesorería coincide con el beneficio y la base imponible. Los impuestos sobre la actividad empresarial se estiman como una función truncada en cero, con pago positivo si el flujo es mayor que cero y con derecho de compensación en la base imponible de ejercicios siguientes en caso contrario.

¹⁶ La modelización de estos pagos de forma proporcional al margen bruto supone una simplificación cuyo error de aproximación depende de factores tales como el grado de flexibilidad o rigidez del mercado laboral brasileño.

torios continuos y variaciones discretas¹⁷. Seguidamente, se presentan las principales características relativas a la evolución de ambas variables y las expresiones analíticas propuestas para describir su comportamiento futuro.

Como consecuencia de la transición desde un sistema de rentabilidad fija sobre los activos a otro de tarifas basado en la eficiencia, la estimación de la evolución futura del margen unitario de distribución no puede realizarse a partir del comportamiento histórico. No obstante, el análisis de la serie de la variable «Producto Interior Bruto, rama Electricidad, Gas y Agua» permite intuir un proceso de difusión lognormal, que es necesario ajustar por la posibilidad de que la autoridad modifique excepcionalmente dicho margen mediante la introducción de saltos aleatorios de tipo Poisson. El Gráfico 2 muestra la evolución de la serie anual del P.I.B. rama Electricidad, Gas y Agua entre 1952 y 1997, expresados en valores constantes de 1995. La aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov a la variación de la transformación logarítmica revela que no existe evidencia empírica suficiente para el rechazo del proceso de difusión supuesto para esta variable.

En suma, el proceso estocástico que se propone para el margen de distribución consta de dos partes: i) una variación continua, representada por un proceso Browniano geométrico, y ii) variaciones discretas expresadas mediante un proceso de saltos. Es decir,

$$dM_t = (\alpha_M - \lambda_M k_M) M_t dt + \sigma_M M_t dz_M + (\pi_M - 1) M_t dq_M \quad (6)$$

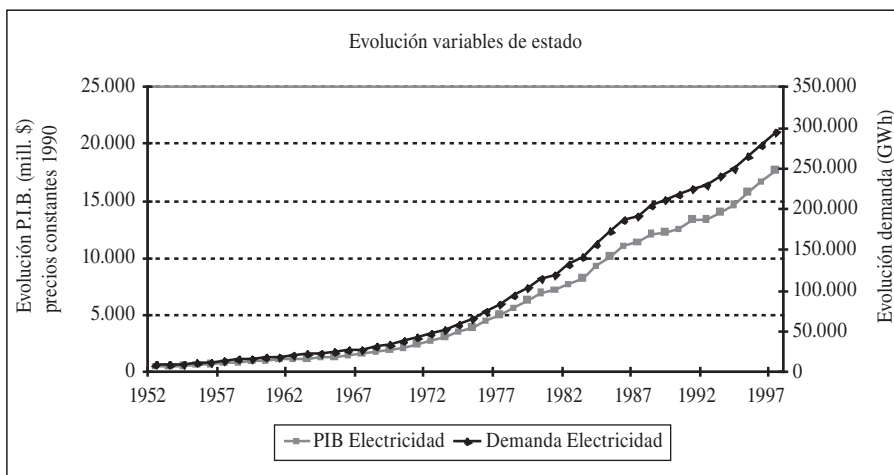
en donde α_M y σ_M simbolizan, respectivamente, la variación instantánea esperada y volatilidad del movimiento continuo; π_M es la variable que mide el tamaño del salto proporcional al margen de distribución; λ_M es la frecuencia media de los saltos discretos por unidad de tiempo considerada; k_M es el tamaño medio del salto; y dz_M y dq_M representan sendos procesos estocásticos de Wiener y de saltos que suponemos independientes y caracterizados por sus expresiones habituales:

$$dz_M = \xi \cdot \sqrt{dt}, \quad \xi \rightarrow N(0, 1) \quad (7)$$

$$dq_M = \begin{cases} 0 & \text{prob} = 1 - \lambda_M \cdot dt \\ 1 & \text{prob} = \lambda_M \cdot dt \end{cases} \quad (8)$$

¹⁷ Este tipo de procesos mixtos que combinan el movimiento continuo y la variación discreta ofrece muchas posibilidades en la representación de la evolución futura de variables de índole no financiera, siendo de especial interés en la valoración de las oportunidades de inversión empresariales. Variables como la demanda, los beneficios o los precios de productos y factores, se ajustan bien a estos procesos mixtos, donde las discontinuidades pueden estar motivadas, según cada variable, por el advenimiento de una crisis económica, el cambio en los gustos de los clientes, la quiebra de la empresa o, simplemente, el avance tecnológico. Este tipo de procesos ha sido empleado, entre otros, por Merton (1976) en el ámbito de los derivados financieros y por Dixit y Pindyck (1994) o Dias y Rocha (1999) en la valoración de opciones reales.

GRÁFICO 2. Evolución histórica de las fuentes de incertidumbre



El gráfico muestra la evolución histórica de las variables de estado durante el período 1952-1997. La evolución del P.I.B. en la rama Electricidad, Gas y Agua está expresada en millones de dólares a precios constantes de 1995. La demanda de electricidad se expresa en Gigavatios/hora. La aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov a la variación de la transformación logarítmica de estas series revela que no existe evidencia suficiente para el rechazo de la hipótesis nula de normalidad, con respectivos valores del *p-value* de 0,568 y 0,323 para el caso de la variable del P.I.B. y de la demanda de electricidad.

Respecto a la posibilidad de que acontezcan discontinuidades en la evolución del margen asumimos que se desconoce a priori el sentido —ascendente o descendente— del salto y suponemos, como en Merton (1976), que el tamaño medio de la variación discreta es nulo. Igualmente, asumimos que el tamaño de cada salto es independiente y que $\log(\pi_M)$ sigue una distribución normal con media $\mu_{\pi,M}$ y desviación $\sigma_{\pi,M}$. A partir de estas consideraciones, el tamaño medio del salto se expresa como:

$$k_M = E[\pi_M - 1] = \exp\left(\mu_{\pi,M} + \frac{\sigma_{\pi,M}^2}{2}\right) - 1 \quad (9)$$

Por su parte, la caracterización de la evolución futura del consumo eléctrico en Brasil puede realizarse a partir de la serie histórica de sus variaciones anuales, cuyo análisis apunta a un proceso Browniano geométrico¹⁸. La serie histórica de los valores anuales en el período 1952-1997 representada en el Gráfico 2, revela que no existe evidencia suficiente para el rechazo de la hipótesis nula de normalidad según el test de Kolmogorov-Smirnov. No obstante, la dependencia del sis-

¹⁸ Entre los trabajos que plantean una modelización similar de la demanda eléctrica de Brasil cabe destacar el de Moreira, Rocha y David (2001) en el estudio sobre de las inversiones en generación originadas por la privatización del sector.

tema brasileño respecto a la generación hidráulica y su escasa interconexión con otros sistemas de los que importar energía, aconsejan ajustar el anterior proceso para introducir el riesgo de acaecimiento de períodos hidrológicamente secos.

A partir de esta consideración, asumimos que el proceso estocástico que mejor describe la evolución del consumo de electricidad en Brasil incorpora a la evolución continua, la presencia de discontinuidades *a la baja* distribuidas según un proceso de Poisson, dado por la siguiente expresión:

$$dS_t = (\alpha_s - \lambda_s k_s) S_t dt + \sigma_s S_t dz_s + (\pi_s - 1) S_t dq_s \quad (11)$$

en donde los parámetros referidos al movimiento continuo, α_s y σ_s , se definen de igual manera que en la variable de margen unitario. En cuanto a la amplitud y sentido del salto, la variable $(\pi_s - 1)$ mide la variación cierta y descendente de la demanda que se asocia al acaecimiento de una sequía, siendo por tanto π_s menor que la unidad, $0 < \pi_s < 1$, y la variable λ_s recoge la frecuencia media de una sequía por unidad de tiempo considerada.

4.2. MODELIZACIÓN DEL VALOR DE LA INVERSIÓN SUBYACENTE

Con objeto de determinar el valor del subyacente de la opción de crecimiento en Brasil asumimos el supuesto habitual de existencia de mercados completos. Este supuesto permite estimar el valor de cualquier activo a partir de la evolución «neutral al riesgo» de las fuentes de riesgo y la actualización de los equivalentes ciertos de los flujos de tesorería al tipo de interés libre de riesgo. En el ajuste por riesgo de la evolución estocástica de las variables exógenas suponemos que el riesgo procedente del salto discontinuo de cada variable de estado es diversificable (Merton, 1976). A partir de esta consideración, la evolución neutral al riesgo viene determinada por la tendencia continua modificada, $r - \delta$, que sustituye a la tendencia α inicial para cada fuente de incertidumbre:

$$dM_t = (r - \delta_M - \lambda_M k_M) M_t dt + \sigma_M M_t dz_M^* + (\pi_M - 1) M_t dq_M \quad (12)$$

$$dS_t = (r - \delta_s - \lambda_s k_s) S_t dt + \sigma_s S_t dz_s^* + (\pi_s - 1) S_t dq_s \quad (13)$$

$$dz_s^* dz_M^* = \rho dt \quad (14)$$

donde δ representa la tasa de dividendo o *convenience yield*¹⁹; ρ es el coeficiente de correlación entre los cambios no anticipados de la variación del consumo eléctrico y del margen de distribución, y los asteriscos indican que se trata de un proceso

¹⁹ Este ajuste resulta equivalente a deducir de la tendencia continua una prima por el riesgo de mercado del activo correspondiente (Trigeorgis, 1996: 102).

ajustado al riesgo. La condición de equilibrio requiere que el rendimiento total esperado de una variable, μ , sea igual a la suma de la ganancia de capital esperada, α , más el dividendo esperado, δ , esto es $\mu = \alpha + \delta$. Los valores de δ_M y δ_S se obtienen a partir del rendimiento total esperado que se estima a partir del modelo CAPM.

El valor en t de la corriente de flujos subyacente al ejercicio de la opción se obtiene a partir de la evolución conjunta de los flujos que se espera sean generados desde ese momento hasta su vencimiento:

$$E_t^{GO}(S_t, M_t) = \int_t^T CF_w(S_w, M_w) e^{-rw} dw \quad (15)$$

donde r representa el tipo de interés sin riesgo y $CF_w(S_w, M_w)$ viene dado por la expresión (3). El plazo de la inversión subyacente se supone indefinido y se divide en un período inicial de diez años, $T = 10$, al término de los cuales se asume que la inversión genera un flujo perpetuo igual al último obtenido en el período anterior.

Utilizando el Lema de Itô se obtiene la dinámica del valor de la inversión en la distribución eléctrica brasileña en función de las variables de estado anteriores:

$$\begin{aligned} dE_t^{GO} = & \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S_t} dS_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial (S_t)^2} (dS_t)^2 + \frac{\partial V}{\partial M_t} dM_t + \\ & + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial (M_t)^2} (dM_t)^2 + \frac{\partial V}{\partial S_t \partial M_t} dS_t dM_t \end{aligned} \quad (16)$$

La dificultad que generalmente entraña la derivación de una expresión tratable para la anterior ecuación diferencial estocástica, aconseja el empleo de procedimientos numéricos para su resolución. En este sentido, y siguiendo la pauta de recientes investigaciones (Schwartz y Moon, 2001; Schwartz, 2004; Miltersen y Schwartz, 2004), el procedimiento que utilizamos para valorar la opción de inversión en Brasil combina la simulación de Monte Carlo, la programación dinámica y la regresión estadística. El modelo aplicado resulta de la adaptación de la propuesta de Longstaff y Schwartz (2001) a la valoración de la inversión empresarial y sus opciones reales.

Para aproximar la frontera de ejercicio óptima de la opción bermuda se calcula, en cada fecha de ejercicio, la diferencia esperada entre el valor de ejercicio inmediato de la opción y el de continuación. La estimación de estas funciones sigue un proceso recursivo que parte de la fecha de vencimiento de la opción y requiere determinar, en cada fecha de ejercicio, las trayectorias simuladas de las variables de estado que se encuentran en el dinero. Con estas trayectorias se plantea una regresión en la que la variable dependiente es la diferencia entre el valor de ejercicio inmediato y el correspondiente valor en caso de mantener viva la opción; y las variables independientes son los valores simulados de las variables de estado. El valor de continuación que interviene en el cálculo de la diferencia se determina considerando el posible ejercicio óptimo en un instante posterior y requiere, por tanto, considerar los coeficientes de las regresiones obtenidos en los momentos posteriores. Una vez determinados coeficientes de los términos

independientes que conforman la frontera de ejercicio óptima en cada fecha de ejercicio, la estimación del valor de la opción bermuda se obtiene utilizando la simulación tradicional.

La discretización del proceso continuo de las variables exógenas que conlleva el empleo de la simulación se realiza atendiendo a las siguientes expresiones para el margen de distribución y la demanda respectivamente:

$$M_t = M_0 \exp \left[\left(r - \delta_M - 0,5\sigma_M^2 \right) \Delta t + \sigma_M z_0 \sqrt{\Delta t} + \sum_{i=1}^{q_M} \left(\sigma_{\pi, M} z_i - \frac{\sigma_{\pi, M}^2}{2} \right) \right] \quad (17)$$

$$S_t = S_0 \exp \left[\left(r - \delta_S - 0,5\sigma_S^2 \right) \Delta t + \sigma_S z_0 \sqrt{\Delta t} \right] \prod_{i=1}^{q_S} \pi_{S,i} \quad (18)$$

en donde las variables q_M y q_S representan el número de saltos discretos en cada subintervalo para ambas variables de estado, generados por distribuciones de Poisson de frecuencia λ_M y λ_S respectivamente; z_0 es la variable aleatoria normal estándar asociada al proceso continuo de difusión para cada variable; y las variables z_i representan variables aleatorias normales estándar independientes que determinan el tamaño de los saltos de la variable margen unitario de distribución. La simulación de los valores de las variables de estado se realiza a partir del proceso ajustado por el nivel de riesgo sistemático, lo que posibilita utilizar el tipo de interés sin riesgo para actualizar los equivalentes ciertos de los flujos derivados de la inversión subyacente.

5. Valoración de la opción de expansión en Brasil

Caracterizada la oportunidad de inversión en Brasil derivada de la participación de Endesa en el grupo chileno Enersis, en esta sección se presentan, primero, el proceso de estimación de los parámetros requeridos en su valoración y, segundo, los valores de la opción que resultan de la aplicación del modelo propuesto.

5.1. ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA

El precio de ejercicio de la opción de expansión en Brasil se estima a partir de los datos disponibles de las subastas previas de otras tres compañías. Teniendo en cuenta el volumen de energía distribuida por cada compañía, según se muestra en la Tabla 2, el desembolso medio por megavatio se situaba en 186,75 dólares. Con el objeto de incorporar el riesgo de éxito en la adjudicación efectiva de la subasta que da acceso a la oportunidad de expansión, se utilizan, alternativamente, i) el pago de un sobreprecio mediante primas comprendidas entre el 20 y el 40% so-

bre el importe de referencia de la subasta; y ii) la ponderación del valor resultante de la oportunidad de inversión por la probabilidad de éxito de la alianza, con valores que oscilan entre el 33 y 66%²⁰.

TABLA 2. *Principales características de las privatizaciones previas*

Empresa	Fecha de la subasta	Importe Venta. Millones de dólares	Energía distribuida (GWh)	% Subastado	Energía distribuida subastada (GWh)	Importe por MWh desembolsado dólares
Escelsa	jul-95	387	4.696	50	2.348	164,82
Light - SESA	may-96	2.391	21.170	56	11.855,2	201,68
CERJ	nov-96	588	5.458	70	3.820,6	153,90
Total		3.366	31.324		18.023,8	186,75

El importe desembolsado por megavatio en las subastas ya realizadas es el resultado de dividir el importe de la subasta entre el volumen de energía que resulta de aplicar el porcentaje subastado sobre la energía distribuida por las compañías licitadas. Para la opción de expansión en Brasil, el precio de ejercicio por megavatio se obtiene promediando el importe desembolsado por megavatio en cada subasta y teniendo en cuenta la distribución de energía licitada.

Fuente: Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

De acuerdo con la información ofrecida por el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística, la tasa impositiva, τ , se estima en el 30%. Teniendo en cuenta que la cuota de mercado adjudicada en cada subasta presentaba una media del 9,35% y la participación minoritaria media que se reservaba al socio local era el 20%, la cuota de mercado a atender por la alianza en el caso de ejercicio, c , se estima igual al 7,5%²¹.

La consulta de los estados financieros de varias distribuidoras brasileñas comparables²² referidos al período de análisis permite aproximar las proporciones a deducir del margen bruto correspondientes a otros pagos. Concretamente, la proporción atribuible a otros gastos de explotación, p_1 , asciende al 50%, la asociada a los resultados de índole financiera, p_2 , al 5%, y la derivada de las inversiones en mantenimiento y conservación de activos, p_3 , al 20%.

²⁰ La habitual formación de consorcios para concurrir a las licitaciones reduce el número de potenciales competidores, pudiendo asumirse la presencia de entre dos y tres con similar probabilidad de éxito en cada subasta. Estas alianzas se constituyen por un socio local y al menos uno de los grandes operadores internacionales con intereses en la zona, entre los que se encontraban Endesa, Enersis, Iberdrola, Electricité de France (EDF), Eletricidade de Portugal (EDP), CMS, AES Corporation y Southern.

²¹ La exitosa estrategia que había seguido el grupo Enersis en su expansión internacional se basaba en la combinación de una participación minoritaria de algún socio local y el mayor grado posible de control en el consorcio.

²² Concretamente hemos consultado los estados financieros correspondientes al período 1996-1999 presentados por Coelce, Cerj y Coelba, que, por su tamaño, pueden tomarse como referentes de la oportunidad de inversión de la alianza en Brasil.

En la fecha de valoración, la previsión de la autoridad brasileña con relación a la variable de estado *margen unitario de distribución* ascendía a 27 dólares por megavatio, presumiéndose su normal recuperación al ritmo de crecimiento de la actividad eléctrica del país. Adicionalmente, y de acuerdo con la previsión del Ministerio de Minas y Energía de Brasil, suponemos que dicho margen se estabiliza en torno a los 47 dólares, nivel que actúa como barrera absorbente. El test de Kolmogorov-Smirnov, con un *p-value* de 0,568, revela que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad de la serie anual del PIB rama Electricidad, Gas y Agua entre 1952 y 1997. Los estadísticos descriptivos de dicha serie evidencian una tasa de crecimiento anual media del 8,05% y una desviación estándar del 4,57%, mientras que la tasa de inflación esperada en dólares para el margen bruto se estima en un 3% anual medio a partir de 1997.

El riesgo sistemático inducido por el anterior indicador se cuantifica a partir de la relación entre las variaciones anuales del PIB en la rama de actividad seleccionada y las variaciones anuales de la cartera *S&P-500* entre 1973 y 1997, resultando un coeficiente beta igual a 0,14 que, sustituido en la ecuación fundamental del CAPM, reporta una rentabilidad en dólares, μ_M , de 6,81%, para un tipo de interés libre de riesgo de 6,22% y una prima de mercado de 4,23%. Finalmente, la variación discontinua del margen de distribución se aproxima mediante el ensayo de volatilidades alternativas para el tamaño del salto, $\sigma_{\pi,M}$, del 0%, 25% y 50%; y una frecuencia media de un salto cada diez años, esto es, $\lambda_M = 0,1$.

Para la variable de consumo de electricidad en Brasil tomamos como valor inicial los 277.685 gigavatios registrados a comienzos de 1997. El análisis de la serie histórica de esta variable (grafico 2) revela que no existe evidencia suficiente para el rechazo de la hipótesis nula de normalidad según el test de Kolmogorov-Smirnov (*p-value* = 0,323), presentando una tendencia anual media y una desviación estándar del 7,60% y 4,34%, respectivamente. El riesgo sistemático inducido por el consumo de energía eléctrica se refleja en el coeficiente beta del 0,1092, siendo el coste de capital, μ_s , que resulta de la ecuación del CAPM, igual a 6,68%.

La variación anormal del riesgo de reducción de la capacidad de abastecimiento de la demanda ante una sequía prolongada, $(\pi_s - 1)$, se supone igual al 15%²³ con una probabilidad de ocurrencia media de una vez cada 50 años ($\lambda_s = 0,02$). En consecuencia, la tasa de variación anual media inducida por las variaciones discretas toma un valor igual a -0,3% anual. Con ello, la tendencia del movimiento continuo, que se obtiene deduciendo de la variación total de la variable la parte correspondiente a dicha variación discreta, asciende al 7,9%. Finalmente, el análisis de correlación entre los cambios no anticipados de la variación del consumo eléctrico y del margen de distribución revela una correlación del 90%, con un nivel de significación del 95% ($\rho = 90\%$). En la Tabla 3 se resumen los valores estimados para cada uno de los parámetros de ambas variables de estado.

²³ A falta de datos más representativos, esta estimación del salto se realiza a partir de la reducción del consumo eléctrico ocasionado por la sequía del período 1999-2000.

TABLA 3. *Parámetros de las fuentes de incertidumbre de la opción de inversión en Brasil*

	Parámetro	Valor estimado
Margen unitario de distribución	M_t	
Valor inicial	M_0	27 dólares/MW
Rendimiento total esperado	μ_M	6,8122%
Tasa de crecimiento anual esperada	α_M	8,05%
Desviación estándar de la tendencia	σ_M	4,57%
Convenience Yield	δ_M	-1,2378%
Frecuencia anual media de los saltos discretos	λ_M	0,1
Tamaño medio del salto	k_M	0
Volatilidad del tamaño del salto	$\sigma_{\pi,M}$	0%, 25% y 50%
Demanda de electricidad	S_t	
Valor inicial	S_0	277.685 GW
Rendimiento total esperado	μ_S	6,6819%
Tasa de crecimiento anual esperada	α_S	7,9%
Desviación estándar de la tendencia	σ_S	4,34%
Convenience Yield	δ_S	-1,218%
Variación anormal de la demanda	$\pi_S - 1$	-15%
Frecuencia anual media de los saltos discretos	λ_S	0,02
Correlación Margen – Demanda	ρ	90%

La tabla muestra los valores estimados de los parámetros que determinan la evolución estocástica de las dos variables de estado: el *margen unitario de distribución* y la *demanda de electricidad* en el mercado brasileño. En ambos casos el comportamiento estocástico futuro se modeliza a partir de sendos procesos mixtos que combinan movimientos aleatorios continuos y variaciones discretas. La variación continua está representada por un proceso Browniano geométrico y la variación discreta difiere en cada variable. En la modelización de los saltos del margen unitario de distribución suponemos un comportamiento estocástico similar al propuesto en Merton (1976), esto es, se asume que el tamaño medio de la variación discreta es nulo, los saltos son independientes y su logaritmo sigue una distribución normal con media $\sigma_{\pi,M}$ y desviación $\sigma_{\pi,M}$. Para la variable de la demanda de electricidad se asume la presencia de discontinuidades a la baja cuya amplitud se asume conocida con certeza.

El intervalo temporal de valoración comprende 10 períodos anuales, al término de los cuales se asume que la inversión genera un flujo perpetuo equivalente al obtenido en el último período. El ejercicio de la oportunidad de inversión en Brasil se evalúa semestralmente durante los cinco primeros años, es decir, $\Delta t = 0,5$ años²⁴.

²⁴ Por tanto, el desarrollo de la simulación conlleva la aproximación de la evolución futura de sendas variables de estado durante los 10 años del intervalo temporal considerado y periodicidad semestral.

5.2. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE LA OPCIÓN DE EXPANSIÓN

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos de la valoración de la opción de inversión tipo Bermuda caracterizada en el apartado anterior. Las columnas 2, 3 y 4 muestran el valor de la oportunidad de crecimiento en Brasil correspondiente a la alianza Endesa-Enersis según las dos alternativas consideradas para incorporar el riesgo de competencia en los procesos de licitación: i) la aplicación de una probabilidad de éxito en la puja de la oferta realizada por la alianza, de entre el 33 y 66% y ii) la incorporación de una prima a pagar sobre el precio mínimo previsto en la subasta. Las restantes columnas recogen el valor que aporta a Endesa la oportunidad de invertir en Brasil a través de la alianza, para cuya estimación se precisa deducir el valor de opción poseída por Endesa de forma independiente.

La modelización y estimación de los parámetros que caracterizan la oportunidad poseída por la eléctrica española de forma independiente coincide con las realizadas para la alianza Endesa-Enersis salvo en lo referente a la cuota de mercado y la probabilidad de éxito de en la subasta de adjudicación. Concretamente, la cuota de mercado atribuible a la opción de la eléctrica española se estima igual al 5,3% y su probabilidad de éxito se reduce al 15%. Estos valores se obtienen teniendo en cuenta la posición de Endesa respecto a sus principales competidores con intereses en la zona y su menor experiencia en las adjudicaciones del mercado eléctrico en Latinoamérica.

El valor de la opción de inversión varía entre 484,6 millones de dólares, en el escenario de probabilidad de éxito en la licitación del 33% y riesgo regulatorio del 50%, y 1.368,2 millones de dólares, en el escenario de probabilidad de éxito del 66% y riesgo regulatorio nulo; con un valor central de 907,2 millones de dólares en el escenario de probabilidad de éxito del 50% y riesgo regulatorio del 25%. Teniendo en cuenta el valor de la opción de inversión en Brasil poseída por Endesa independientemente, el valor de la opción resultante de su la alianza a Endesa varía entre 185,5 y 725 millones de dólares, con un valor central de 441,2 millones de dólares.

La utilización del modelo de sobreprecio en la aproximación del ejercicio condicional de la opción de inversión arroja un rango de valores similares, como muestra el panel B de la Tabla 4 para unos valores de la prima a pagar sobre el precio previsto del 20, 30 y 40%. En este modelo, el valor de la opción aportado por la alianza a Endesa varía entre 155,6 y 691,6 millones de dólares, con un valor de 385,6 millones de dólares en el escenario central.

Lógicamente, los resultados evidencian una relación negativa entre el valor de la oportunidad de inversión en Brasil y la prima pagada: cuánto mayor es el precio de ejercicio determinado por la prima, *ceteris paribus*, menor es el valor actual de la opción. De manera análoga, el valor de la oportunidad en el panel B incrementa con la probabilidad de éxito de la puja.

Además, estos resultados evidencian que el incremento de la incertidumbre regulatoria reduce el valor de la oportunidad de inversión en todos los casos. Aunque la mayor volatilidad del salto aumenta la volatilidad total del margen de distribución —lo que genera *ceteris paribus* un incremento del valor de la

opción²⁵—, puede constarse que reduce también el valor medio de la variable de estado y del subyacente y, por tanto, disminuye el número de ocasiones en que es factible el ejercicio óptimo de la opción²⁶.

TABLA 4. *Valor de la opción de inversión (en millones de dólares USA)*

	Para la alianza Endesa-Enersis			Valor marginal de la opción de inversión para Endesa		
	Sin riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 0\%$	Con riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 25\%$	Con riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 50\%$	Sin riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 0\%$	Con riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 25\%$	Con riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 50\%$
Panel A: Valores estimados a partir del modelo de probabilidad de adjudicación						
Probabilidad de éxito						
66%	1.368,2	1.121,4	870,6	725,0	587,0	448,2
50%	1.036,5	907,2	734,2	499,3	441,2	355,4
33%	684,1	598,8	484,6	259,4	231,2	185,5
Panel B: Valores estimados a partir del modelo de sobreprecio						
Sobreprecio						
20%	1.319,1	1.103,9	906,7	691,6	575,1	472,8
30%	974,9	825,5	657,5	457,4	385,6	303,2
40%	651,8	548,2	440,7	237,4	196,8	155,6

Las columnas 2, 3 y 4 recogen el valor de la opción de inversión en Brasil para la alianza Endesa-Enersis sobre un activo subyacente definido por los flujos que se espera genere la distribución de electricidad a una cuota de mercado representativa del 7,5% de la demanda de electricidad de Brasil. Las tres últimas columnas muestran la diferencia entre el valor de la opción propiedad de la alianza Endesa-Enersis y el valor de la misma opción poseída por Endesa en solitario (con una probabilidad de éxito en la adjudicación del 15% y una cuota de mercado del 5,3%). Los valores de los parámetros necesarios para valorar la opción se muestran en la Tabla 3.

La opción de expansión se caracteriza a partir de una opción de compra tipo bermuda de ejercicio semestral durante 5 años. El ejercicio de la opción está supeditado a la consecución de la licitación en el concurso correspondiente por parte de la alianza Endesa-Enersis. Esta circunstancia se aproxima a través de dos procedimientos alternativos: i) en el panel A se considera un precio de ejercicio igual al mínimo fijado en la subasta y aplicamos una probabilidad de éxito en la puja de

²⁵ La volatilidad total del proceso mixto obtenida según la expresión de Navas (2003) —que corrige la obtenida inicialmente en Merton (1976)— arroja unos valores del 9,18% y 16,93% cuando $\mu_{\pi,M} = -\sigma_{\pi,M}^2/2$ y la dispersión del salto toma los valores 25% y 50% respectivamente.

²⁶ La disminución en la variable de estado se explica por el hecho de que el tamaño medio de los saltos es nulo, $k = 0$, en cuyo caso la media que toma la distribución del logaritmo del salto depende inversamente del valor asignado a la volatilidad del mismo ($\mu_{\pi} = -\sigma_{\pi}^2/2$) y, por tanto, su incremento reduce dicha media y, con ello, el valor de la variable de estado. Adicionalmente, la limitación al alza del margen de distribución intensifica la relación inversa entre valor de la opción y volatilidad del salto, al potenciarse las variaciones a la baja de la variable de estado y limitarse las variaciones al alza.

la oferta realizada por Endesa-Enersis de entre el 33 y 66%; ii) en el panel B se recoge la existencia de una prima (del 20, 30 y 40%) a pagar sobre el precio mínimo previsto en la subasta.

El número de trayectorias simuladas de cada variable de estado asciende 800.000: 400.000 (200.000 aproximaciones directas + 200.000 antitéticas) para la estimación de la frontera de ejercicio óptimo y otras 400.000 (200.000 + 200.000) para la estimación del valor actual de la opción.

6. Análisis y discusión de los resultados

El análisis hasta aquí realizado nos ha permitido estimar de forma separada el valor de la estrategia de inversión de Endesa atribuible a sus activos en funcionamiento y el precedente de la opción de expansión en el mercado Brasileño. La cuestión pendiente de dilucidar es la relevancia de cada uno de estos inductores de valor en la explicación de la decisión de inversión adoptada por los responsables de Endesa y de los movimientos registrados por la cotización de Endesa. Para ello analizamos a continuación el peso relativo del valor de la opción de crecimiento en el VAN Ampliado de la inversión y en la cotización de las acciones de Endesa.

El caso estudiado presenta la ventaja de permitir comparar los resultados de la valoración en las dos fechas consecutivas del anuncio de la formalización y la renegociación de la alianza, que definen, respectivamente, la adquisición y posterior pérdida de la opción de crecimiento. De verificarse la hipótesis de relevancia de las opciones reales, la cotización de la acción de Endesa debiera reflejar sendas variaciones proporcionales a los valores estimados del VAN ampliado primero de la alianza inicial con los Gestores Clave y segundo de su posterior renegociación.

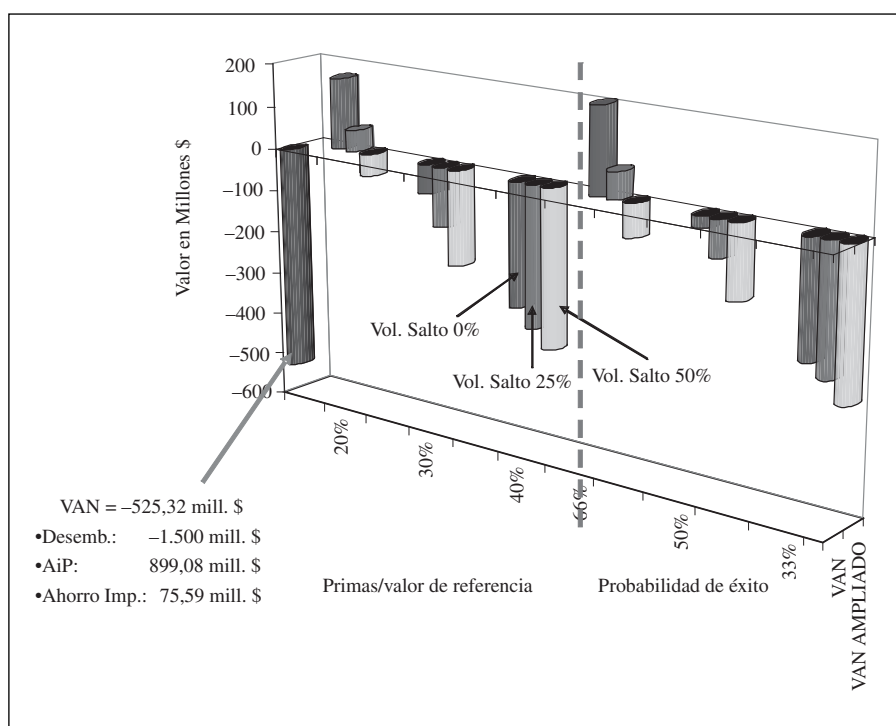
6.1. LA RELEVANCIA DE LA OPCIÓN DE INVERSIÓN EN LA FECHA DE SU ADQUISICIÓN

La comparación de los 899,1 millones de dólares atribuibles a la inversión de Endesa en los activos en funcionamiento de Enersis (Tabla 1) y el desembolso de 1.500 millones de dólares pactado, se traduce en un VAN claramente negativo. Este resultado no mejora sustancialmente cuando se considera el valor aportado por la financiación. Teniendo en cuenta que de los 1.500 millones de dólares, 1.000 millones se obtenían por medio de financiación ajena y considerando un plazo de amortización de la deuda de 5 años y un tipo impositivo medio del 35%, el valor actual aportado por el ahorro impositivo puede establecerse en torno a 75.591.731 dólares²⁷. Es decir, el VAN ajustado por la financiación sigue siendo negativo por un importe de unos 525.327.458 dólares.

²⁷ En la estimación del valor actual del ahorro impositivo hemos aplicado el modelo de valoración propuesto en Fernández (2004) para el caso en que el valor nominal de la deuda coincide con su valor de mercado. En este supuesto, la tasa de descuento del ahorro impositivo coincide con el coste de capital de la inversión. Existen otros modelos de estimación del valor aportado por la

La racionalidad de la estrategia sólo se hace patente cuando se reconoce el valor de la opción de inversión en Brasil. La combinación del VAN ajustado y los valores marginales estimados para la opción de inversión (Tabla 4) aflora indicios claros de la relevancia de esta última en la explicación de la estrategia elegida. El Gráfico 3 muestra el VAN ampliado resultante para los distintos escenarios considerados. El valor incremental de esta única opción llega a compensar el saldo negativo del VAN (genera un VAN ampliado positivo) en alguno de los escenarios considerados, justificando por sí sola la decisión de inversión adoptada.

GRÁFICO 3. VAN y VAN Ampliado de la inversión de Endesa (en millones de dólares USA)



La primera columna recoge el VAN de la inversión de Endesa en Enersis. Las siguientes columnas muestran el VAN Ampliado teniendo en cuenta el valor aportado por la opción de expansión en el negocio de la distribución eléctrica de Brasil. El valor de la opción de crecimiento mostrado es el valor incremental para Endesa de la diferencia entre la opción de invertir en Brasil a través de su alianza con Enersis en lugar de la opción de invertir por sí sola, según las estimaciones de la Tabla 4. La prima sobre el valor de referencia y la probabilidad de éxito en la adjudicación introducen los distintos escenarios de riesgo en la adjudicación de la subasta.

financiación y que difieren principalmente la tasa de actualización del ahorro impositivo. Véanse, por ejemplo, Myers (1974); Harris y Pringle (1985) o Damodaran (1994).

Las Tablas 5 y 6 recogen el valor de la acción de Endesa atribuible, respectivamente, a sus activos en funcionamiento y a la opción de expansión en Brasil. Teniendo en cuenta que la cotización registrada en la bolsa de Nueva York en la fecha del acuerdo inicial ascendía a 21,0325 dólares, el valor de sus activos en funcionamiento tan sólo cubría el 67,18%. Por su parte, el valor incremental de la opción de expansión en Brasil atribuible a cada acción (Tabla 6) aportaba un valor comprendido entre 0,72%, en el supuesto más pesimista, y el 4,35%, en el escenario más optimista, del precio de la acción.

TABLA 5. *Valor de la acción de Endesa atribuible a sus activos en funcionamiento en la fecha del acuerdo inicial y en la fecha de renegociación (en dólares USA)*

Valor de la acción de Endesa atribuible a los activos en funcionamiento					
Fecha	K	Beta	Beneficio por acción esperado	E_t^{AiP}	E_t^{AiP} por acción
30/07/1997	10,68%	1,054	1,09	14.695.292.828	14,130
30/10/1997	10,73%	1,178	1,08	14.544.000.929	13,984
Diferencia	0,05%	0,0564	-0,01	-151.291.899	-0,145

El valor de la acción de Endesa atribuible a sus activos en funcionamiento se estima a partir del modelo de descuento de beneficio de la ecuación (2) y teniendo en cuenta que el número de acciones de Endesa asciende a 1.040.022.396. La tasa de descuento se obtiene a partir del CAPM. El tipo de interés libre de riesgo es 6,22% y 6,03%, respectivamente, en la fecha del acuerdo inicial (30/07/1997) y en la fecha de la renegociación (30/10/1997). El beneficio neto por acción esperado se aproxima con el promedio del consenso de analistas de la base de I/B/E/S proporcionados por *Datastream* dos meses antes y diez después de la fecha de valoración. La tasa de crecimiento perpetuo se establece igual a la inflación esperada del 3% anual. La última fila recoge la diferencia entre los valores de los activos en funcionamiento atribuidos a las acciones de Endesa estimados después de la renegociación del acuerdo y en la fecha de formalización.

TABLA 6. *Valor de la acción de Endesa atribuible a la oportunidad de inversión en Brasil a través de la alianza con Enersis (en dólares USA)*

Valor de la acción de Endesa atribuible a la opción de expansión en Brasil			
	Sin riesgo regu- latorio $\sigma_{\pi,M}=0\%$	Con riesgo regulatorio	
		$\sigma_{\pi,M}=25\%$	$\sigma_{\pi,M}=50\%$
Panel A: Valores estimados a partir del modelo de probabilidad de adjudicación			
Probabilidad de éxito			
66%	0,69714	0,56442	0,43099
50%	0,48006	0,42422	0,34172
33%	0,24941	0,22235	0,17834

TABLA 6 (cont.).—Valor de la acción de Endesa atribuible a la oportunidad de inversión en Brasil a través de la alianza con Enersis (en dólares USA)

Valor de la acción de Endesa atribuible a la opción de expansión en Brasil			
	Sin riesgo regulatorio $\sigma_{\pi,M} = 0\%$	Con riesgo regulatorio	
		$\sigma_{\pi,M} = 25\%$	$\sigma_{\pi,M} = 50\%$
Panel B: Valores estimados a partir del modelo de sobreprecio			
Sobreprecio			
20%	0,66502	0,55293	0,45459
30%	0,43976	0,37078	0,29150
40%	0,22829	0,18923	0,14960

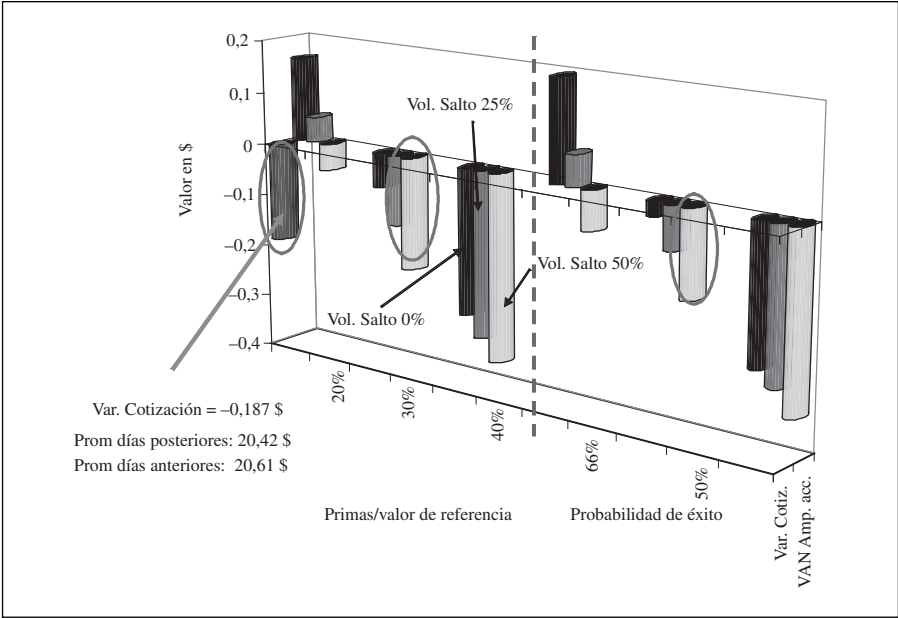
El valor de la opción de expansión mostrado representa el valor incremental para Endesa derivado de la diferencia entre invertir en Brasil a través de su alianza con Enersis en lugar de invertir independientemente, según la valoración de la Tabla 4.

El gráfico 4 muestra además que este valor tiene reflejo en los movimientos de la cotización de Endesa en las fechas del anuncio de la alianza. La primera columna del Gráfico 4 muestra la variación que experimenta la cotización 15 sesiones antes y 15 después de la fecha de la valoración²⁸, y las restantes el VAN ampliado que cabe atribuir a cada acción de Endesa como consecuencia de la inversión en el holding chileno.

La diferencia entre la cotización media de los días anteriores y posteriores al anuncio de la alianza pone de manifiesto una ligera disminución en el valor de la eléctrica. Esta magnitud negativa se encuentra mucho más cerca de las estimaciones del VAN Ampliado que de las correspondientes del VAN convencional y encaja aproximadamente con los valores asociados a los escenarios centrales analizados. Este resultado es coherente con la hipótesis de relevancia de las opciones reales en las valoraciones realizadas por los inversores.

²⁸ La reducida amplitud del intervalo considerado tiene por objeto aislar la presencia de otros acontecimientos que pudiesen afectar al valor de mercado de los títulos.

GRÁFICO 4. Variación de la cotización de Endesa antes y después de la inversión inicial y VAN Ampliado atribuible a cada acción (en dólares USA)



La primera columna recoge la variación de la cotización de Endesa en la bolsa de Nueva York 15 sesiones antes y 15 sesiones después de la fecha del acuerdo inicial (30/07/1997). Las siguientes columnas muestran el VAN Ampliado atribuible a cada acción de Endesa con la opción de crecimiento en Brasil, según estimaciones de la Tabla 4.

6.2. LA RELEVANCIA DE LA PÉRDIDA DE LA OPCIÓN EN LA FECHA DE LA RENEGOCIACIÓN

El incremento del valor de las acciones como consecuencia de la adquisición de nuevas opciones reales resulta tan interesante como el reflejo de la pérdida de las opciones en la disminución de la cotización. La ruptura de los acuerdos suscritos entre Endesa y los Gestores Clave de Enersis a finales de octubre de 1997 ofrece una evidencia interesante a este respecto.

El fracaso de las negociaciones conllevó el que la eléctrica española dejase de pagar a los Gestores Clave un total de 250 millones de dólares, con lo que la cantidad neta desembolsada por la participación en Enersis se reducía a 1.250 millones de dólares. El VAN convencional²⁹ que resulta de la redefinición de la inversión mejora respecto al obtenido en el momento de la formalización

²⁹ De nuevo se trata de un valor ajustado por el ahorro fiscal del endeudamiento.

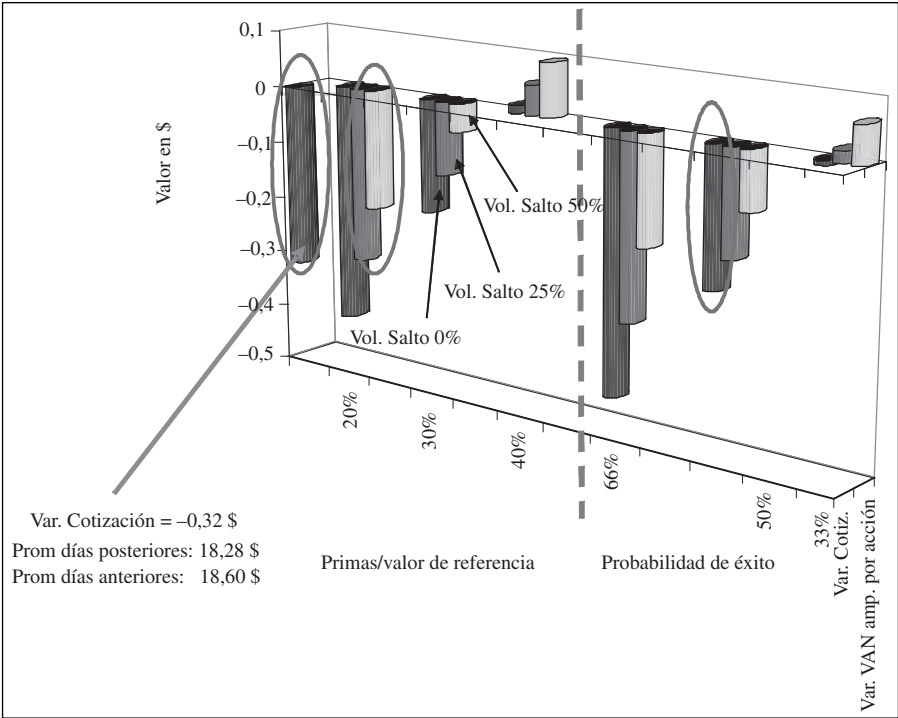
del acuerdo, aunque continúa registrando un saldo negativo de 274 millones de dólares.

A pesar de la mejora del VAN convencional, la cotización de la acción de Endesa registra una caída mayor en las fechas de renegociación del acuerdo, que bien pudiera atribuirse a la pérdida del valor de la opción analizada. Para profundizar en este aspecto recalculamos el valor de las acciones de Endesa imputable a sus activos en funcionamiento mediante la ecuación (1).

Los valores estimados de los activos en funcionamiento de Endesa en el momento de la ruptura del acuerdo inicial, junto con la diferencia existente respecto al valor en la fecha del acuerdo inicial, se muestran en la Tabla 5. El valor de cada título atribuible a sus activos en funcionamiento resulta notablemente inferior a su valor de mercado, que se situaba en torno a los 18 dólares por acción los días previos a la renegociación. Sin embargo, este valor representa una proporción del 76,8% del valor de mercado, que es superior al 67,18% registrado en la fecha de la inversión, diferencia suficientemente indicativa de la pérdida de valor atribuible a la opción de crecimiento analizada.

Por su parte, la diferencia entre el VAN convencional y el VAN Ampliado de la inversión inicial por acción de Endesa se refleja también en la variación que experimenta la cotización. El Gráfico 5 muestra que los valores obtenidos para esta diferencia en los escenarios centrales se sitúan en niveles próximos a la variación de la cotización experimentada por Endesa en las 15 sesiones anteriores y posteriores a la fecha de valoración. Una vez más, se trata de un resultado que ofrece respaldo empírico a la consideración de la opción de inversión en las valoraciones que los inversores realizaron de las acciones de Endesa, aunque en este caso sea la pérdida de la opción la que encuentra reflejo en la caída del precio de la acción.

GRÁFICO 5. Variación de la cotización de Endesa y diferencia entre el VAN Ampliado de la inversión modificada y el VAN Ampliado de la inversión inicial (en dólares USA)



La primera columna recoge la variación de la cotización de Endesa en la bolsa de Nueva York 15 sesiones antes y 15 sesiones después de la fecha de la renegociación. Las siguientes columnas muestran el valor atribuible a cada acción de Endesa de la diferencia entre el VAN Ampliado de la inversión tras la renegociación (y que coincide con el VAN convencional) y el VAN Ampliado de la inversión según los términos iniciales del acuerdo (esto es, con la opción de crecimiento en Brasil).

7. Conclusión

El análisis del caso real que hemos presentado revela la existencia de fuentes de valor de la inversión empresarial diferentes a la de su capacidad para generar flujos netos de tesorería, que permiten justificar la decisión de inversión adoptada en su día por los responsables de Endesa y entender mejor las variaciones observadas en el precio de las acciones.

El VAN negativo sugiere que la inversión de Endesa en Enersis se realizó por algo más que los flujos de tesorería esperados de sus activos en funcionamiento. La valoración de la opción de expansión en Brasil, o más precisamente de la mejora de las condiciones de la opción de inversión poseída por Endesa independientemente, explica al menos en parte la racionalidad de la inversión. De hecho,

el valor incremental aportado por esta única opción llega a compensar el VAN negativo para alguno de los escenarios considerados.

En la valoración de la opción de inversión debemos considerar su carácter incremental respecto a la opción poseída por Endesa de forma independiente y que se trata de una opción tipo bermuda cuyo valor es función de múltiples variables de estado que siguen procesos estocásticos compuestos. A pesar de la complejidad que rodea el proceso de valoración, nuestros resultados indican que no sólo los responsables de la empresa, sino también los inversores incorporan el valor de la opción en sus estimaciones. Así lo revela nuestro análisis de las variaciones de la cotización de Endesa en la fecha de inversión inicial y en la de la renegociación, que se ajustan con bastante precisión a los resultados del VAN ampliado por la opción de expansión.

En su conjunto, la evidencia reunida y analizada en este trabajo contribuye a incrementar la evidencia empírica favorable a la relevancia de las opciones reales como fuente de valor de la inversión empresarial, ampliando el rango de casos estudiados en otros sectores de actividad. A pesar de las diferencias en comparación con otros sectores observadas en la naturaleza de las opciones de expansión del negocio eléctrico, de sus activos subyacentes y de las variables de estado de las que dependen sus flujos, su relevancia en términos de valor y su reflejo en la cotización de las acciones corroboran los resultados documentados en la literatura previa para sectores como el petrolífero o el tecnológico.

Referencias bibliográficas

- ALBERTÍ, M.; LEÓN, A. y LLOBET, G. (2003), «Evaluation of a Taxi Sector Reform: A Real Options Approach», *CEMFI Working paper*, núm. 0312.
- ANDRÉS de, P.; AZOFRA, V. y FUENTE, G. de la (2006), «The Real Options Component of Firm Market Value: The case of technological corporation», *Journal of Business Finance and Accounting*, vol. 33(1 y 2), págs. 133-149.
- AZOFRA, V.; FUENTE, G. de la y FORTUNA, J. M. (2004), «Las opciones reales en la industria de componentes del automóvil: Una aplicación a la valoración de una inversión directa en el exterior», *Cuadernos de Economía y Dirección de Empresas*, vol. 18, págs. 97-120.
- BERGER, P. G.; OFEK, E. y SWARY, I. (1996), «Investor Valuation of the Abandonment Option», *Journal of Financial Economics*, vol. 42, págs. 257-287.
- BERNARDO, A. E.; CHOWDHRY, B. y GOYAL, A. (2007), «Growth Options, Beta, and the Cost of Capital», *Financial Management*, vol. 36, núm. 2, págs. 5-17.
- DAMODARAN, A. (1994), *Damodaran on Valuation*, Nueva York, Jhon Wiley and Sons.
- DANBOLT, J.; HIRST, I. y JONES, E. (2002), «Measuring growth opportunities», *Applied Financial Economics*, vol. 12, págs. 203-212.
- DIXIT, A. y PINDYCK, R. S. (1994), *Investment and Uncertainty*, Princeton University Press.
- DIAS, M. A. y ROCHA, K. M. (1999), «Petroleum Concessions with Extendible Options Using Mean Reversion with Jumps to Model Oil Prices», *Institute for Applied Economic Research Working Paper*, núm. 620.
- FAMA, E. y FRENCH, K. R. (2002), «The Equity Premium», *Journal of Finance*, vol. 57, pp. 637-659.

- FERNÁNDEZ, P. (2004), «The Value of Tax Shields is NOT Equal to the Present Value of Tax Shields». *Journal of Financial Economics*, vol. 73, 1, págs. 145-165.
- FERNÁNDEZ, P. (2006), *Valoración de empresas. Cómo medir y gestionar la creación de valor*, 3.ª ed., Barcelona, Gestión 2000.
- GRAHAM, J. y HARVEY, C. (2001), «The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field». *Journal of Financial Economics*, vol. 60, núm. 2-3, págs. 187-243.
- HARRIS, R. S. y PRINGLE, J. J. (1985), «Risk-adjusted discount rates extensions form the average-risk case», *Journal of Financial Research*, vol. 8, págs. 237-244.
- JUAN, C.; OLMOS, F.; PÉREZ, J. C. y CASASUS, T. (2001), «Optimal Investment Management of Harbour Infrastructures. A Real Option Viewpoint», *6th International Conference on Real Options*, Chipre.
- KELLOGG, D. y CHARNES, J. M. (2000), «Real-Options Valuation for a Biotechnology Company», *Financial Analysts Journal*, vol. 56, págs. 76-84.
- KESTER, W. C. (1984), «Today's Options for Tomorrow Growth», *Harvard Business Review*, vol. 62, núm. 2, págs. 153-160.
- LEÓN, A. y PIÑEIRO, D. (2004), «Valuation of a Biotech Company: A Real Options Approach», *CEMFI Working paper*, núm. 0420.
- LONGSTAFF, F. A. y SCHWARTZ, E. S. (2001), «Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-Squares Approach», *Review of Financial Studies*, vol. 14, núm. 1, págs. 113-147.
- MERTON, R. C. (1976), «Option Pricing when Underlying Stock Returns are Discontinuous», *Journal of Financial Economics*, vol. 3, págs. 125-144.
- MICALIZZI, A. (1999), «The Flexibility for Discontinuing Product Development and Market Expansion: The Glaxo Wellcome Case», En L. Trigeorgis (ed.), *Real Options and Business Strategy: Applications to Decision Making*, Londres, Risk Books.
- MILTERTSEN, K. R. y SCHWARTZ, E. S. (2004), «R&D Investments with Competitive Interactions», *Review of Finance*, vol. 8, núm. 3, págs. 355-401.
- MOREIRA, A. R.; ROCHA, K. y DAVID, P. (2001), «Attraction of Investments in Power Generation and the Brazilian Regulatory Framework», *Instituto de Pesquisa Economica Aplicada (IPEA)*, Working Paper núm. 822, págs. 1-21.
- MYERS, S. C. (1974), «Interactions of Corporate Financing and Investments Decisions – Implications for Capital Budgeting», *Journal of Finance*, vol. 29, págs. 1-25.
- (1977), «Determinants of Corporate Borrowing», *Journal of Financial Economics*, vol. 5, págs. 147-75.
- NAVAS, J. (2003), «Correct Calculation of Volatility in a Jump-Diffusion Model», *Journal of Derivatives*, vol. 11, págs. 66-72.
- PADDOCK, J.; SIEGEL, D. SMITH, y J. (1988), «Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 103, núm. 3, págs. 479-508.
- PARISIS, F. y YAÑEZ, G. (2000), «The Deal of the Century in Chile Endesa España's Takeover of Enersis», *International Review of Financial Analysis*, vol. 9, núm. 1, págs. 103-116.
- QUIGG, L. (1993), «Empirical Testing of Real Option-Pricing Models», *Journal of Finance*, vol. 48, núm. 2, págs. 621-640.
- ROCHA, K.; SALLES, L.; AUGUSTO, F.; SANDINHA, J. A. y TEIXEIRA, J. P. (2007), «Real Estate and Real Options. A case study», *Emerging Markets Review*, vol. 8, núm. 1.
- RUBIO, G. y LAMOTHE, P. (2006), «Real Options in Firm Valuation: Empirical Evidence from European Biotech Firms», *X Real Options Conference*, Nueva York.
- SÁENZ-DIEZ, R. (2004), *Valoración de inversiones a través del método de opciones reales. El caso de una empresa tecnológica*, Tesis Doctoral, Madrid, Universidad Pontificia de Comillas.

- SCHWARTZ, E. S. (2004), «Patents and R&D as Real Options», *Economics Notes*, vol. 33, núm. 1, págs. 23-54.
- SCHWARTZ, E. S. y MOON, M. (2001), «Rational Pricing of Internet Companies Revisited», *Financial Review*, vol. 36, págs. 7-26.
- SICK, G. (1989), «Capital Budgeting with Real Options», *Monograph series in finance and economics*, núm. 3, Nueva York, Salomon Brothers Center for the Study of Financial Institutions.
- SMIT, H. T. (1997), «Investment Analysis of Offshore Concessions in the Netherlands», *Financial Management*, vol. 26, núm. 2, págs. 5-17.
- STARK, A. (2001), «DixPin Biotech Plc. A Simple Example of a Binary Option», en S. Howell (ed.), *Real Options, Evaluating Corporate Investment Opportunities in a Dynamic World*, Londres, Prentice Hall.
- TRIGEORGIS, L. (1996), *Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, Cambridge, MA., MIT Press.
- TRILLAS, F. (2001), «The Takeover of Enersis: The Control of Privatized Utilities», *Utilities Policy*, vol. 10, págs. 25-45.
- TONG, T. W. y REUER, J. J. (2006), «Firm and Industry Influences on the Value of Growth Options», *Strategic Organization*, vol. 4, núm. 1, págs. 71-95.