



Universidad de Chile
Facultad de Economía y Negocios
Escuela de Economía y Administración

Ejercicio de valoración de Bonos Convertibles

Seminario de título Ingeniero Comercial, Mención Economía

Autores

Víctor Cortés A.
Washington Lizana T.
Lindley Maxwell M.

Profesor Guía
Jorge Gregoire C.

Santiago, Chile
Diciembre 2006

Resumen

Los bonos convertibles como herramienta de financiamiento por parte de las empresas, no han sido en Chile un instrumento de financiamiento muy utilizado. No obstante, es un instrumento financiero muy complejo, que es interesante de valorar ya que incluye un bono convencional asociado a una opción de compra que se comporta como un warrant.

El objetivo de este seminario es realizar un ejercicio de valoración de bonos convertibles en acciones comunes de la empresa emisora, específicamente se realiza una valoración ex -post emisión en el mercado chileno del bono convertible emitido por Gener en diciembre de 1998. El método empleado para la valoración de estos convertibles es el método binomial.

De los resultados más relevantes, destacamos que nuestro ejercicio de valoración arrojó una TIR anual de 8,73%, siendo mayor a la TIR del convertible observado (6,86%), en donde las razones de este error (sesgo) en la estimación podrían ser: la duración del bono convencional de referencia en el mercado, el contexto del mercado de capitales (tasas altas) que se presentaba en ese momento y algunos supuestos restrictivos que se aplicaron.

Abstract

The convertible bonds as a tool of financing used by firms has not been a very utilized instrument of financing in Chile. Nevertheless, it a complex financial instrument that is interesting to value since includes a bond conventional plus an associated call option that behaves as a warrant.

The objective of this seminar is to perform a valuation exercise of convertible bonds in issuing firm`s common stocks, specifically we perform a valuation post-issued in the Chilean market of the convertible bond issued by Gener in december of 1998. The method used for the valuation of these convertible bonds is the Binomial Method.

From the most important results, we remark that, our valuation exercise showed an annual YTM of 8,73% which is greater than the YTM of the convertible bond that we observed (6,86%). The reasons of this estimation error (bias) could be: the reference duration of the conventional bonds in the market, the context of the capital market (high rates) that took place at that moment, and some restrictive assumptions that were applied.

Índice

1. Introducción.....	6
2. Marco Teórico.....	8
2.1 Bonos Convertibles y otros conceptos relacionados.....	8
2.2 Valor mínimo de un bono convertible.....	9
2.3 Precio de Conversión de Mercado.....	10
2.4 Fundamentos para el uso de Bonos Convertibles.....	12
2.5 Distinción entre Bonos Convertibles y Bonos Canjeables.....	16
3. Metodología y Datos.....	18
3.1 Metodología de Valoración de Bonos Convertibles.....	18
3.2 Emisión de Bonos Convertibles de Gener S.A.....	19
3.3 Metodología de Valoración a utilizar.....	22
4. Análisis y resultados del ejercicio de valoración.....	24
4.1 Valoración del convertible al 14-12-1998.....	24
4.2 Cálculo del efecto dilución en el bono convertible.....	33
5. Conclusiones.....	37
6. Referencias.....	39
7. Apéndices.....	41

1. Introducción

Desde los años ochenta hasta la fecha, no cabe duda que el mercado de valores a nivel mundial y nacional ha experimentado un desarrollo considerable, notándose por parte de las empresas un atrevimiento a operar en mercados más allá de sus fronteras locales.

Un hecho para respaldar lo anterior, es que durante la década de los 90 empresas a nivel nacional de la envergadura de Gener S.A., CTC S.A. y Clínica Las Condes S.A., que se encontraban en un fuerte proceso de expansión tuvieron que buscar alternativas de financiamiento para sus proyectos, alternativas hasta ese momento nuevas y distintas de las opciones convencionales, a fin de poder enfrentar de manera más competitiva el contexto que se les presentaba.

Es así, como estas tres empresas nacionales fueron las pioneras en comunicar al mercado chileno la emisión de sus proyectos vía emisión de bonos convertibles (CTC 1993, Clínica Las Condes 1994 y Gener 1998), siendo la emisión de bonos convertibles por parte de Gener S.A. la mayor emisión (US\$ 500.000.000) efectuada en el país hasta la fecha.

Un bono convertible es parecido a un bono convencional en lo referido a que paga cupones y promete el pago del principal a la madurez, pero además este bono puede ser convertido en acciones ofreciendo un potencial de ganancias, lo habitual es que dicho potencial de ganancias se equilibre haciendo que los bonos convertibles sean subordinados a otros tipos de deuda y a que paguen una tasa de interés inferior. También como en la mayoría de los bonos, estos pueden ser rescatados por la misma empresa que los emitió antes del vencimiento.

La teoría de valoración de bonos convertibles se consolida con los trabajos de Black & Scholes (1973) (trabajo pionero en lo referido a la valoración de opciones), y posteriormente, con los trabajos de Ingersoll (1977) y Brennan & Schwartz (1977,1980) en donde se aplican los principios de la valoración de opciones a la valoración de bonos convertibles.

Nuestro objetivo es poder realizar un ejercicio de valoración de un bono convertible expost emisión en el mercado chileno por Gener S.A. durante el año 1998. Esto lo llevaremos a cabo a través del método binomial (método que será descrito más adelante). En ningún caso el propósito de nuestro ejercicio de valoración busca *predecir o estimar* el valor del bono convertible, pues para nuestro cálculo utilizamos datos posteriores a la emisión. De hecho, tal valor ya existe y no tiene sentido estimarlo, considerando que el bono ya expiró. Mostraremos un completo análisis bibliográfico con lo más importante escrito por los autores de mayor connotación en el tema. Luego, en base a lo anterior, el fin del ejercicio será mostrar un cálculo para un bono convertible mediante su descomposición entre un bono convencional y una opción de compra (que se comporta como un warrant) y los efectos derivados de aquello.

Esta investigación está organizada de la siguiente manera: En la sección 2 se presenta el marco teórico con los temas de significancia y caracterización de bonos convertibles y fundamentos para el uso de éstos. Distintas metodologías de valoración de convertibles, detalle de la emisión de bonos convertibles en Chile por parte de Gener S.A y la metodología de valoración de convertibles a utilizar aquí, se describen en la sección 3. La sección 4 presenta el análisis y resultados del ejercicio de valoración de bonos convertibles propuesto para Gener S.A. Las conclusiones se encuentran en la sección 5.

2. Marco Teórico

2.1. Bonos Convertibles y otros conceptos relacionados

Definiciones sobre bonos convertibles ó simplemente convertibles son varias, estas van desde las más simples hasta construcciones más técnicas. Fabozzi (2004) define bono convertible como “*un bono corporativo con una opción de compra de acciones comunes del emisor*”, por su parte Lamothe y Pérez (2006) lo definen como “*el valor de un bono convertible (o canjeable) debe ser igual al valor de un bono convencional más el valor de la opción de conversión (o canje)*”, mientras que por otro lado, Copeland y Weston (1988) proponen que el bono convertible puede ser visualizado como “*un paquete de deudas directas más un certificado de acciones asociado*”, considerando el hecho de que para estos autores un bono convertible representa “*un punto intermedio entre las deudas directas y el capital contable*”, siendo más técnico lo último se refiere a un promedio ponderado de los cargos explícitos de interés sobre la deuda directa y del valor de la opción asociada.

Si bien la teoría dice que un alto grado de incertidumbre disminuiría el valor y aumentaría el costo de la deuda directa, ahora bien, con un alto grado de riesgo aplicable a una empresa, la probabilidad de establecer un valor o un costo que sea justo tanto para emisor como para comprador se ve mejorada al anexarle una opción, el hecho de combinar una opción con un instrumento de deuda directa hace que su valor y su costo sean menos elástica al riesgo (incertidumbre) asociado con las perspectivas de una empresa.

A continuación definiremos algunos conceptos que nos facilitarán la comprensión del trabajo:

El número de acciones comunes que recibirá el tenedor del bono producto de ejercer la opción de compra del bono convertible se denomina *razón de conversión*. Este privilegio de conversión puede extenderse por todo o sólo una porción de la vida del bono y dicha razón de conversión podría caer en el tiempo. Esta siempre es ajustada

proporcionalmente por *stock splits* (aumentos en el número de acciones por medio de la división de cada acción en varias de valor más bajo) y dividendos de las acciones.

Típicamente el tenedor del bono recibe del emisor acciones subyacentes, esto es la *physical settle* (puesta física). Hay emisiones donde el emisor puede tener la opción de pagar al tenedor el valor efectivo de las acciones subyacentes, esto es la *cash settle* (puesta de efectivo).

En el momento de la emisión de un bono convertible, el emisor otorga al tenedor del bono el derecho a comprar las acciones comunes a un precio igual a:

$$\frac{\text{Valor par Bono Convertible}}{\text{Razón de conversión}}$$

Junto con el privilegio de conversión otorgado al tenedor, muchos bonos convertibles son *callable* a opción del emisor. Algunos bonos convertibles son *puttable*. Las opciones de venta (put option) pueden ser clasificadas como *hard puts* o *soft puts*. En una *hard put* el *security* convertible debe ser convertido por el emisor solamente por su valor en efectivo. En el caso de las *soft puts*, el emisor tiene la opción de convertir el *security* convertible en: efectivo, acciones comunes, notas subordinadas, o una combinación de las tres.

2.2. Valor mínimo de un bono convertible

El *valor de conversión* de un bono convertible es el valor del bono si es convertido inmediatamente. Esto es:

$$\text{Valor de conversión} = \text{Precio de mercado de una acción común} \cdot \text{Razón de conversión}$$

El precio mínimo de un bono convertible es el mayor entre:

1. Su valor de conversión.
2. Su valor como un bono corporativo sin opción de conversión – es decir, basado en los flujos de caja del bono convertible si éste no es convertido (i.e, un bono convencional). Este valor es llamado valor convencional¹.

Para estimar el valor convencional, debemos determinar el retorno requerido sobre un bono no convertible con la misma clasificación de calidad y similares características de inversión. Dado este retorno requerido estimado, el valor convencional es el valor presente de los flujos de caja del bono descontados a dicho retorno.

Si el bono convertible no es vendido por el mayor de estos dos valores, se podrían obtener beneficios a través de arbitraje. Por ejemplo, si el valor de conversión es mayor que el valor convencional y el bono se transa a su valor convencional, un inversionista podría comprar el bono convertible al valor convencional y convertirlo, haciendo esto, el inversionista obtendría una ganancia igual a la diferencia entre el valor de conversión y el valor convencional. O por el contrario, si el valor convencional es mayor que el valor de conversión y el bono se transa al valor de conversión, comprando el bono convertible a su valor de conversión el inversionista obtendría un retorno mayor al del un bono comparable.

2.3. Precio de Conversión de Mercado

El precio que un inversionista efectivamente paga por las acciones comunes si el bono convertible es comprado y luego convertido es llamado el *Precio de Conversión de Mercado*. El que se encuentra como sigue:

$$\text{Precio de conversión de mercado} = \frac{\text{Precio de mercado del bono convertible}}{\text{Razón de conversión}}$$

¹ Straight value.

El precio de conversión de mercado es una útil referencia (benchmark), porque cuando el actual precio de mercado de la acción aumenta sobre el precio de conversión de mercado, cualquier aumento más allá del precio de la acción es ciertamente para aumentar el valor del bono convertible en al menos el mismo porcentaje. De esta forma, el precio de conversión de mercado puede ser visto como un punto de equilibrio (break-even point).

Un inversionista que compra un bono convertible preferiría que las acciones subyacentes pagaran típicamente un premio sobre el precio convencional de mercado de la acción. Este premio por acción es igual a la diferencia entre el precio de conversión de mercado y el precio convencional de mercado de la acción común. Esto es:

$$\text{Premio de conversión de mercado por acción} = \text{Precio de conversión de mercado} - \text{Precio corriente de mercado}$$

El Premio de conversión de mercado por acción es expresado usualmente como un porcentaje del precio corriente de mercado, esto es:

$$\text{Razón del premio de conversión de mercado} = \frac{\text{Premio de conversión por acción}}{\text{Precio de mercado de acción común}}$$

A raíz de lo anterior, *¿Por qué alguien podría estar dispuesto a pagar una prima para comprar esta acción?* recordando que el mínimo precio de un bono convertible es el mayor entre su valor de conversión y su valor convencional, si el precio de la acción cae, el precio del bono convertible no caerá bajo su valor convencional. El valor convencional, por consiguiente actúa como un piso para el precio del bono convertible.

Visto en este contexto, el premio de conversión de mercado por acción puede ser percibido como el precio de una opción de compra. El comprador de una opción de compra limita el riesgo hacia abajo al precio de la opción. En el caso de un bono convertible el tenedor del bono limita el riesgo hacia abajo al valor convencional del bono. La diferencia entre el comprador de una opción de compra y el comprador de un bono convertible es que el primero conoce precisamente el monto en pesos (u otra moneda) del riesgo hacia abajo, mientras que el segundo solamente sabe que lo más que

puede perder es la diferencia entre el precio del bono convertible y el valor convencional. Algunos valores futuros del valor convencional no son conocidos, porque su valor cambia de acuerdo a cambios en la tasa de interés.

2.4. Fundamentos para el uso de Valores Convertibles

Desde principios de los setenta hasta la fecha diversos autores han buscado a través de hechos empíricos formar una teoría acerca del uso de estos instrumentos financieros. En los siguientes párrafos explicaremos la mayoría de ellos.

Para Lamothe y Pérez (2006) la emisión de convertibles es una forma de obtener financiamiento en forma de recursos propios, puesto que partían de la base de varios estudios citados por Mayers (1998), en donde se señalaba que dos tercios de los directivos de empresas emisoras de convertibles estaban convencidos que el precio de las acciones de sus empresas en el futuro iban a subir y que las emisiones de convertibles se iban a canjear con toda probabilidad por acciones, también mencionaban estos autores, que las empresas emisoras de convertibles suelen reunir una o varias de las siguientes características:

1. Altos ratios comparativos de gastos en I+D sobre ventas.
2. Altos ratios comparativos precio/valor contable de sus acciones.
3. Endeudamiento elevado a largo plazo.
4. Alta volatilidad de los flujos de caja de la empresa.

De lo anterior, la emisión de bonos convertibles se asocia positivamente con la existencia de opciones valiosas en la empresa emisora y con el mayor riesgo financiero y operativo de la misma, puesto que una empresa con un riesgo financiero y operativo alto suele tener una volatilidad elevada de sus acciones lo que se traduce en un costo elevado de su deuda ordinaria. La teoría nos dice que una volatilidad elevada supone un mayor precio de las opciones, por consiguiente, una combinación deuda-opciones call sobre acciones en estos casos permite emitir deuda a un costo moderado.

En seguida se mencionan cinco argumentos (Copeland y Weston 1988) que proporcionan una base para las predicciones acerca de las características de la empresa y de las circunstancias bajo las cuales a éstas les será más probable emplear valores convertibles, los argumentos son los siguientes:

1. Las empresas que tienen riesgos operativos inciertos que se caracterizan por bajas evaluaciones en las acciones y en los bonos.
2. Preocupación por los problemas de costos de agencia:
 - a. Programas inciertos de inversión.
 - b. Otras divergencias de intereses entre los accionistas y los tenedores de bonos.
3. Períodos de incertidumbre general en la economía.
4. Empresas que tienen actividades de inversión en mercados internacionales o en otros ambientes de alta incertidumbre.
5. Empresas que tienen menos necesidad de una protección fiscal.

Las razones por las cuales las opciones pueden desempeñar un papel de gran utilidad cuando se combinan con otros instrumentos bajo las condiciones que se han enumerado arriba se resumirán brevemente a continuación.

Las evaluaciones bajas de acciones y de bonos indican una alta incertidumbre en relación con la perspectiva para la empresa. Por esta razón, cuando tales empresas venden deudas, podríamos esperar encontrar alguna forma de opción asociada con ellas con objeto de reducir los problemas de costos de agencia. Los administradores de una empresa que tengan deudas directas en circulación pueden tener un incentivo para incrementar el grado de riesgo de los problemas de inversión de la empresa, ya que el incrementar el grado de riesgo de la empresa perjudica a los tenedores de bonos y favorece a los accionistas comunes, debido a que si los proyectos resultan bien, los tenedores de bonos no recibirán nada más que el rendimiento fijo originalmente prometido y los accionistas obtendrán todas las recompensas, esta posibilidad deberá ser tomada en cuenta por los compradores de las deudas directas y éstos requerirán de una compensación bajo la forma de una tasa prometida cupón de nivel más alto. El más alto costo de la deuda directa podrá evitarse anexándole un certificado de acciones que capacite a los tenedores de bonos a participar en cualquier estrategia que incremente el valor de las acciones comunes.

Lo anterior refleja la divergencia de intereses (costos de agencia) con respecto a los programas de inversión.

No esta demás decir que los bonos convertibles tienen las mismas características que un bono convencional y que adicionalmente ofrecen un potencial de ganancias asociada a las acciones (descrito en 2.1.), también como en la mayoría de los bonos, se incluye entre las cláusulas la posibilidad de rescate anticipado² por parte de las firmas, lo dicho anteriormente es de especial interés puesto que da efectivamente a las firmas la posibilidad de forzar la conversión de los bonos.

Zurita (1993) contrasta lo dicho en el párrafo anterior a través de la evidencia empírica, en donde indica que *“las firmas sistemáticamente postergan el rescate de los bonos convertibles, por meses y aún años, más allá de la política óptima”*, esto último apoyado por los estudios de Ingersoll (1977b), el cual examina las políticas de rescate de 179 firmas norteamericanas que rescataron bonos convertibles entre 1968 y 1975, encontrando que de las 179, 170 rescates fueron postergados “demasiado” (en promedio, las firmas esperaron hasta que el valor de conversión de los bonos fue 44% superior al precio de rescate); por su parte Constantinides y Grundy (1986) encuentran resultados parecidos. Finalmente, y a pesar del retraso en rescate de bonos convertibles en la fecha de anuncio de rescate de bonos convertibles, las acciones de la firma experimentan un retorno significativo y negativo (Mikkelson 1981)³; debido a estos resultados, el autor (Zurita 1993) plantea las siguientes interrogantes: 1) ¿Por qué las firmas posponen el rescate de los convertibles sustantivamente más de lo que indica la política óptima?, y 2) ¿Por qué el precio de la acción cae cuando se anuncia el rescate de los convertibles?, a continuación se revisarán las respuestas que aparecen en la literatura a dichas interrogantes.

² La empresa llamará a rescate cuando la tasa de interés de mercado es inferior a la tasa entregada por el bono, puesto que la empresa prefiere endeudarse en el mercado antes que pagar los intereses del bono, por otro lado, si la tasa de interés de mercado supera la tasa del bono, entonces este nunca será recomprado. Ahora “En trabajos independientes Brennan y Schwartz (1977) e Ingersoll (1977) demostraron que la política óptima de rescate es forzar la conversión tan pronto como el valor de conversión de los bonos convertibles se iguala con el precio de rescate”; “Valoración de Bonos Convertibles”; Salvador Zurita L, Documento de Trabajo; serie de investigación N° 51; Diciembre de 1993; pág. 11.

³ Además, los bonos convertibles mismos experimentan un retorno significativo y negativo, lo que sugiere que el mercado no prevé completamente el momento en que serán rescatados. Mikkelson, W.H., “Convertible Calls and Security Returns,” *Journal of Financial Economics* 9, 1981, pp. 237-264.

2.4.1. ¿Por qué las firmas posponen el rescate?

Ingersoll (1977b) sugiere que una posible explicación de este fenómeno indica que el rescate de convertibles puede requerir la emisión de otros bonos (si no se cuenta con los fondos necesarios internamente), lo que implica costos de transacción (honorarios a la firma que coloque los nuevos bonos, etc.). En contraste, si los bonos son convertidos en acciones, la firma no necesita financiar la operación, y le basta con emitir nuevas acciones, lo que representa costos de transacción menores.

Otra respuesta es que cuando la firma comunica su decisión de rescatar los bonos los bonistas no tienen que optar inmediatamente entre convertirlos en acciones o recibir el precio de rescate, puesto que existe un período de notificación, usualmente de un mes, lo cual implica un riesgo para la firma, porque el precio de la acción podría caer en el intertanto y los tenedores de bonos podrían obtener el precio de rescate que pudiera resultar mayor que el valor de los convertibles en ese momento (esto se llama fracaso en la conversión forzada de los convertibles).

2.4.2. ¿Por qué cae el precio de la acción al anunciarse rescate?

Mikkelson (1981) interpreta el retorno negativo de la firma que anuncia rescate de los bonos como consecuente con la pérdida de beneficios tributarios que son resultantes de la conversión forzada de los bonos en acciones, si la firma no espera recuperarlos emitiendo nuevos bonos.

Otros autores como Harris y Raviv (1985) desarrollan un modelo de señales en secuencia que simultáneamente explica la postergación en el ejercicio de la opción de rescate y la caída en el precio de la acción al rescatar los convertibles, puesto que los autores argumentan que la conversión forzada de los bonos sirve como una señal creíble de información desfavorable⁴. Para cerrar, en este equilibrio, firmas con información privada favorable deciden postergar el rescate de los convertibles para comunicar al mercado esta información (pregunta 1 de las interrogantes), y también firmas con

⁴ La intuición de ello está explicada en “Valoración de Bonos Convertibles”; Salvador Zurita L, Documento de Trabajo; serie de investigación N° 51; Diciembre de 1993; pág. 13.

información privada desfavorable deciden forzar la conversión para comunicar esta información al mercado (pregunta 2 de las interrogantes).

2.5. Distinción entre bonos convertibles y bonos canjeables

Primeramente se puede decir, que *“los bonos convertibles son bonos que incorporan una o varias opciones de conversión por acciones nuevas del emisor, mientras que los bonos canjeables incorporan una o varias opciones de canje por acciones viejas del emisor. Es decir, en las fechas de conversión o canje, el bonista tiene la posibilidad de transformar sus bonos en acciones del emisor. La diferencia de los bonos con los warrants⁵ es que el ejercicio de la opción de conversión o canje supone modificar unos activos de renta fija en acciones, mientras que con los warrants la opción de compra de acciones es independiente del bono”⁶.*

De lo anterior, queda claro que, los bonos canjeables presentan en general menos problemas de valoración que los bonos convertibles, porque los bonos convertibles plantean el problema de la dilución⁷ al efectuarse la conversión, lo que nos exige un tratamiento más específico, mismo caso ocurre con los warrants. A raíz de lo anterior, uno tendería a pensar que una solución al problema descrito sería emitir las nuevas acciones a igual precio que las antiguas, con esta política se estaría obviando el problema que sería muy difícil colocar las nuevas acciones, ya que nadie las compraría al mismo precio que las acciones antiguas, por eso lo normal es emitir estas nuevas acciones con un descuento sobre un precio de mercado a fin de atraer a los inversores.

Para solucionar el problema de dilución lo que se hace usualmente es conceder a los accionistas antiguos un derecho preferente de suscripción sobre las nuevas acciones, siguiendo esta misma lógica la que opera para el caso de los bonos convertibles en donde el emisor siempre ofrece algún descuento (implícito o explícito) sobre los precios

⁵ Un warrant es una opción de compra (call option) sobre acciones, emitida por la misma firma. Al momento de ser ejercida la opción, la firma emite nuevas acciones, diluyendo así la propiedad de la empresa entre un mayor número de acciones.

⁶ “Opciones Financieras y Productos Estructurados”; Prósper Lamothe Fernández y Miguel Pérez Somalo, 3era. Edición 2006, editorial MacGraw Hill, pág. 473.

⁷ El problema de la dilución esta referido principalmente a que las acciones nuevas que se emiten y que son introducidas al mercado, entran con un precio menor al de las acciones antiguas, lo que lleva a que el precio de las acciones antiguas baje.

actuales de sus acciones con tal de hacer más atractiva la inversión en el bono, a cambio la rentabilidad vía cupón del bono suele ser inferior a la de los bonos convencionales equivalentes.

Al tratarse de un activo compuesto ó un instrumento híbrido, *“el valor de un bono convertible (o canjeable) debe ser igual al valor de un bono simple más el valor de la opción de conversión (o canje)”*⁸ (como se mencionó anteriormente en 2.1), en donde Lamothe y Pérez al igual que otros autores el valor del bono convencional lo denominan valor sin conversión y por su parte al valor de la opción de compra lo denominan prima de conversión. Dado un precio fijo de conversión, *“el valor total del bono en función del precio de la acción tiene una evolución similar a la de una opción de compra con un valor mínimo igual al valor sin conversión”*⁹. El modelo de valoración dependerá de las características del derecho de conversión.

⁸ “Opciones Financieras y Productos Estructurados”; Prósper Lamothe Fernández y Miguel Pérez Somalo, editorial MacGraw Hill, pág. 474.

⁹ “Opciones Financieras y Productos Estructurados”; Prósper Lamothe Fernández y Miguel Pérez Somalo, editorial MacGraw Hill, pág. 474.

3. Metodología y datos

3.1. Metodologías de Valoración de Bonos Convertibles

Como menciona Castillo (2005) los modelos de valoración de bonos pueden separarse en tres grandes grupos. Un primer grupo formado por modelos que consideran que la única variable estocástica que debe ser considerada es el valor de los activos de la firma que emite el bono, donde estos modelos consideran la tasa de interés como una variable determinística. Merton (1974) valora un bono cupón cero riesgoso y un bono rescatable anticipadamente utilizando esta premisa; Brennan y Schwartz (1977a) proponen una forma de valorar deuda rescatable anticipadamente y convertible en acciones; Black y Cox (1976) y Geske (1977) valoran bonos con cupones cuando la venta de ciertos activos está restringida. En todos estos modelos los bonos son considerados un derivado de los activos de la empresa y valorados mediante la adaptación de modelos de valoración de opciones.

Un segundo grupo de modelos son los que permiten tasas de interés estocásticas, pero asumen que no existe riesgo de no pago. Brennan y Schwartz (1977b) y Courtadon (1982) trabajan con deuda rescatable. Amin y Jarrow (1992), Jorgensen (1997) y otros autores posteriores también estudian la valoración de bonos sin riesgo de no pago.

El tercer grupo de modelos de valoración son aquellos que consideran tanto el riesgo de no pago como la estocasticidad de las tasas de interés. Brennan y Schwartz (1980), Nielsen, Saa-Requejo y Santa Clara (1993), Longstaff y Schwartz (1995) y otros autores posteriores incluyen en sus modelos reglas de quiebre exógenas, reflejadas en valores críticos de activos o niveles críticos de pagos. Otros autores modelan la quiebra a través de un spread crediticio estocástico o tasa de riesgo. El mismo Castillo (2004) valora bonos corporativos simples y convertibles en acciones, asumiendo que el valor de los activos y la tasa de interés son variables estocásticas.

3.2. Emisión de Bonos Convertibles de Gener S.A.

En Chile tres empresas han emitido bonos convertibles hasta la fecha, estas empresas han sido: Clínica Las Condes S.A., Compañía de Telecomunicaciones de Chile S.A. (CTC) y Gener S.A., Clínica Las Condes emitió en septiembre de 1994 un total de UF 150.075 cuya amortización de capital expiraba en el año 2004, por su parte CTC emitió en enero de 1993 un total de US\$ 200.000.000 cuya amortización de capital expiraba en enero de 2003, finalmente la emisión de Gener S.A., la cual será nuestra empresa de estudio se detalla a continuación.

3.2.1. Descripción del Emisor

AES Gener S.A. (AES Gener) es una sociedad anónima abierta orientada fundamentalmente a la generación de electricidad en Chile. Su rol es proveer energía eléctrica de manera eficiente, segura y sustentable, cumpliendo con los compromisos asumidos con clientes, accionistas, trabajadores, comunidades, proveedores y demás personas y grupos con los cuales se relaciona.

Sirve al Sistema Interconectado Central (SIC), a través de cuatro centrales hidroeléctricas de pasada, dos centrales termoeléctricas a carbón y una central turbotas a petróleo diesel, todas pertenecientes directamente a AES Gener.

Esta combinación de alternativas de generación otorga a AES Gener ventajas comparativas en el mercado eléctrico chileno, al no depender de un determinado recurso para la producción de electricidad.

Adicionalmente a su participación en el sector eléctrico en Chile, AES Gener es productor de energía eléctrica en Colombia y Republica Dominicana, también cuenta con otros activos en los ámbitos de generación de vapor y transporte de gas natural.

Al cierre de 2005, AES Gener pertenece en 98,79% a Inversiones Cachagua Limitada (Inversiones Cachagua), filial de The AES Corporation (AES Corp.), empresa dedicada

a la generación y distribución de energía eléctrica en 27 países y que cuenta con oficinas centrales en Estados Unidos.

3.2.2. Descripción de la Emisión

Fecha del Prospecto: 1998.

Número de Inscripción en el Registro de Valores y Seguros: N° 0176 de 1998.

Monto de la Emisión: US\$ 500.000.000.

Número de Series y Láminas: Dos series, la serie L, fue colocada por IM Trust Corredoras de Bolsa, correspondiente a los bonos a colocar en Chile (esta serie esta dividida en cinco subseries: L1, L2, L3, L4 y L5) lo que se traduce en US\$ 415.000.000.000 (83% de la emisión) y la serie M, introducida en el extranjero por Morgan Stanley & Dean Witter, correspondiente a colocar bonos en el exterior, traducido en un 17% restante del total de la emisión.

Tasa de Interés: Tasa semestral de 3%, correspondiente a una tasa anual de 6%, base trescientos sesenta días vencida, y en doce meses de treinta días cada uno.

Adicionalmente, a los accionistas que suscriban bonos durante el período de Oferta Preferente se les pagará un interés por sobre el valor en dólares de los bonos del 6% anual, base 360 días vencida, por el período que medie entre la fecha de efectivo pago de los bonos y la fecha en que se comiencen a devengar los intereses de los mismos. Este beneficio se pagará en las oficinas del emisor dentro del plazo de 15 días hábiles contados desde el día siguiente al término de la Oferta Preferente.

Amortización del Capital: Los bonos se amortizarán con un pago único a su vencimiento, el 1 de marzo del año 2005.

Amortización Extraordinaria: La presente emisión de bonos establecen mecanismos de rescate: anticipado¹⁰, optativo¹¹ y por razones tributarias.

Garantías de la Emisión: Los bonos tendrán el mismo nivel que los otros instrumentos de deuda no subordinados y sin garantías emitidos por la Compañía.

Agente Colocador: AES Gener S.A.

Plazo de Colocación: Septiembre 1998.

Clasificador de Riesgo: La emisión fue clasificada por las agencias clasificadoras de riesgo Duff & Phelps y Feller Rate.

Tasa de Conversión: Los bonos se pueden convertir en acciones de la Compañía en cualquier momento hasta el sexto día previo al vencimiento de los mismos, a menos que los bonos hayan sido rescatados en forma previa por la Compañía. El precio de conversión es de US\$ 0,2712 por acción, que es equivalente a un precio de conversión de US\$ 18,44 por ADS¹² y una razón de conversión de 3.687,32 acciones por cada US\$ 1.000 de capital de los bonos.

¹⁰ En el evento de un rescate anticipado de los bonos, la Compañía deberá pagar a cada tenedor un monto igual al valor entre el valor nominal (valor facies) de los bonos y el precio inicial de compra de los bonos, más el interés devengado hasta la fecha de rescate, con más un monto especial de rescate conforme se describe en el prospecto.

¹¹ La Compañía puede rescatar todos, pero no menos de todos, los bonos a partir del 1 de marzo de 2004. El precio de rescate a contar de 1 de marzo de 2004 hasta el 31 de agosto de 2004, será de 105,0785% del monto del capital de los bonos, más el interés devengado a la fecha de rescate y el precio de rescate entre el 1 de septiembre de 2004 y el 1 de marzo de 2005 será de 105,6250% del monto del capital de los bonos, más el interés devengado a la fecha de rescate.

¹² American Deposits Securities.

3.3. Metodología de valoración a utilizar

Para este ejercicio de valoración de bonos convertibles de Gener S.A. ocuparemos el método de valoración del modelo binomial¹³, debido a que en estos métodos de árboles la incertidumbre se representa en un número finito y fijo de estados para cada variable en cada momento del tiempo (en general son dos o tres, que se denominan árboles binomiales y trinomiales, respectivamente). Estos estados se eligen de forma que la distribución de probabilidades del precio del activo calce con la variable del estado subyacente, en donde se impone la restricción del estado (sobre las probabilidades de cada estado) de que el retorno esperado sea igual al retorno libre de riesgo, con lo que se logra una función de probabilidades ajustada por riesgo.

Pues bien, para el caso de Gener S.A. que es el de nuestro interés, en que cuyas opciones son americanas, su valor se calcula descontando los flujos esperados del precio de las opciones asociadas al bono convertible en cada nodo del árbol, el cual depende de si la opción se ejerce o no, esto solamente considerado en el nodo final o terminal del árbol, puesto que el software utilizado (DerivaGem) no se optimiza en los nodos anteriores al nodo final la decisión de ejercer o no ejercer la opción, como este método es un método recursivo (se retrocede en el tiempo) el proceso va desde la fecha de vencimiento de la opción hasta llegar al nodo inicial que es el nodo que corresponde a la fecha en que se está valorando la opción.

Los supuestos detrás de este método de valoración efectuado en el software DerivaGem para el cálculo de la opción de compra (americana) son los siguientes:

1. No hay pago de dividendos.
2. No hay opción de rescate por parte del emisor del bono.
3. Tasa de Conversión constante para todo el período de valoración.
4. Tasa de interés libre de riesgo constante para todo el período de valoración.
5. Volatilidad estimada anual constante para todo el período de valoración.

¹³ Descrito en el apéndice 7.1.

Por su parte el cálculo del bono teórico es calculado como un bono convencional, llevado a valor presente en la fecha de valoración y descontado a la TIR de un bono similar, proceso descrito en detalle en la sección siguiente.

Cabe mencionar que el cálculo del bono se trata de un bono con pagos semestrales de intereses más el principal.

4. Análisis y resultados del ejercicio de valoración

4.1. Valoración del convertible al 14-12-1998

Nuestros cálculos tienen el propósito de poder estimar la opción de compra implícita en el bono convertible y el valor del bono convencional, a la fecha de su colocación que corresponde al 14 de diciembre de 1998.

Como se explicó en la sección anterior, un bono convertible está compuesto por el valor presente de los flujos que genera, pero descontados a una tasa para un bono convencional, es decir, no convertible y con similares características, como nivel de riesgo y duración, más el valor de la opción de poder ejercer la conversión por acciones. Por lo tanto, el valor del bono convertible siempre será mayor o igual al del bono convencional, y como consecuencia, su TIR será menor o igual a la del bono convencional.

4.1.1. Cálculo del bono convencional

La tasa anual de referencia utilizada para descontar los flujos del bono de Gener S.A. es la TIR de un bono emitido por Banco BICE, la cual es de 8,97% anual. Se eligió este bono y no otro, ya que de todos los bonos que se transaron en el mes de la colocación del convertible, este era el más similar en clasificación de riesgo y duración¹⁴. La única salvedad en la elección de esta tasa de descuento está en la duración de este bono, que es de 15 años. Esto subestimaría el valor del bono convencional de Gener S.A. ya que se estaría utilizando una tasa mayor a la que correspondería para un bono cuya duración fue de 6,2 años.

Datos como la tasa cupón, la TIR del convertible para el mes que se colocó¹⁵, el monto de la primera emisión, entre otros, se muestra en la siguiente tabla:

¹⁴ Este bono fue emitido el 1 de julio de 1996; su clasificación es AA, paga cupones semestrales y su tasa cupón es de 5,75% anual.

¹⁵ Esta TIR corresponde a la de la serie LA5, que son bonos por un monto de US\$ 500.000.

Tabla 1: Resumen de datos al 14-12-1998.

Tasa anual cupón	6,00%
Tasa semestral cupón	3,00%
TIR anual bono referencia	8,97%
TIR semestral bono referencia	4,49%
TIR anual bono convertible (serie LA5)	6,86%
TIR semestral bono convertible	3,43%
Cantidad emitida a la fecha (US\$)	405.548.000,00
Tipo de cambio (14-12-98)	471
Precio de conversión (US\$)	0,2712
Precio de conversión (\$)	127,74
Precio inicial (\$)	106,00
Precio inicial (US\$)	0,225

El valor de los flujos del bono descontados a la tasa de referencia es de US\$ 352.925.957,36. La tabla de desarrollo del bono se muestra a continuación.

Tabla 2: Cálculo de Bono convencional.

	Años	Cuota	Valor Presente
15-12-1998	0	-	-
01-03-1999	0,2	12.166.440,00	11.950.120,26
01-09-1999	0,7	12.166.440,00	11.425.998,64
01-03-2000	1,2	12.166.440,00	10.924.864,54
01-09-2000	1,7	12.166.440,00	10.445.709,73
01-03-2001	2,2	12.166.440,00	9.987.570,22
01-09-2001	2,7	12.166.440,00	9.549.524,30
01-03-2002	3,2	12.166.440,00	9.130.690,68
01-09-2002	3,7	12.166.440,00	8.730.226,74
01-03-2003	4,2	12.166.440,00	8.347.326,78
01-09-2003	4,7	12.166.440,00	7.981.220,48
01-03-2004	5,2	12.166.440,00	7.631.171,27
01-09-2004	5,7	12.166.440,00	7.296.474,90
01-03-2005	6,2	417.714.440,00	239.525.058,84

De esta forma:

Tasa de descuento :8,97%
 Valor bono (US\$) :352.925.957,36
 Valor bono (\$) :166.228.125.917,94

4.1.2. Cálculo de la Opción de compra

La valoración del bono convertible emitido por Gener S.A. se realizó a través del método binomial, el cual es un proceso numérico¹⁶. En éste se estimó una evolución del precio de la acción en base a datos históricos en un espacio temporal de ocho años (1998-2005). Para el proceso se utilizó como tasa libre de riesgo la tasa norteamericana T-Bill a 10 años para diciembre de 1998¹⁷. También se estimó una volatilidad anual de los retornos del precio de la acción. Como precio de conversión utilizamos el descrito en los prospectos de la compañía, el cual se mantiene fijo para simplificar el cálculo de la opción. La utilización de un precio de conversión variable hacía muy compleja la estimación, dadas las limitaciones del software. Cada período del árbol binomial (Tree Steps) representa una semana, por lo que las variaciones de este son semanales, tomando el periodo total de duración del bono, que son 6,2 años¹⁸.

Los inputs para el software son descritos en la Tabla 3.

Tabla 3: Inputs para la estimación.

Precio de conversión (US\$)	0,2712
Precio inicial (14-12-98 en US\$)	0,2251
Volatilidad (por año)	38,29%
Tasa libre de riesgo (por año)	4,65%
Pasos del árbol (Tree Steps)	310 semanas

El software entrega una estimación para el valor de la opción de compra americana por acción al comienzo del período. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Resultados del software DerivaGem.

Precio de la opción (US\$ por acción):	0,0033
Delta (por US \$):	0,1715
Vega (por %):	0,0003
Theta (por semana):	-0,0001

¹⁶ Proceso descrito en detalle en el apéndice 7.1.

¹⁷ www.bloomberg.com

¹⁸ Recordemos que en estos 6,2 años, se transaron acciones de Gener S.A. en 1.548 días. Cada año constaba de 250 días o 50 semanas. Por lo tanto, en el periodo total de estudio éstas suman 310 semanas.

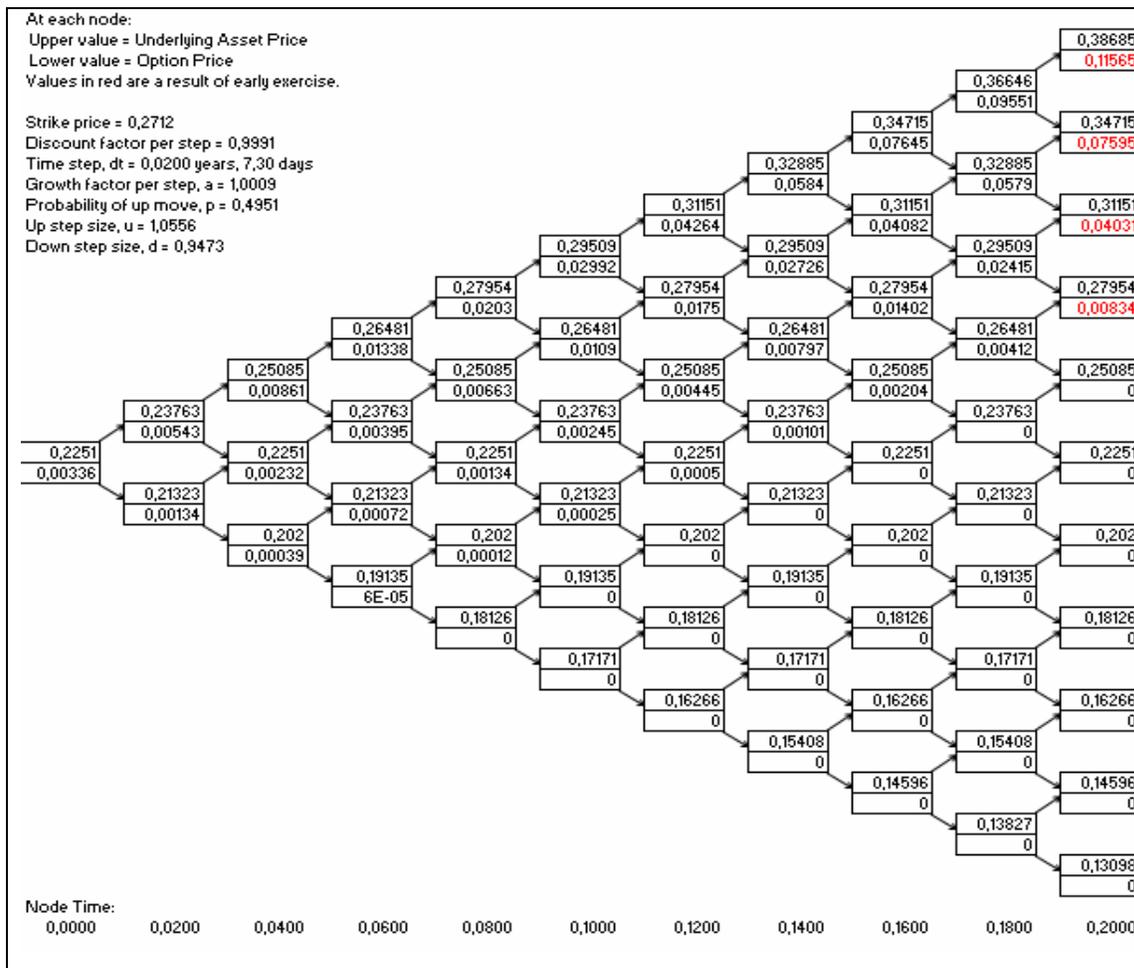
El valor de *Delta* representa la tasa de variación del precio de la opción con respecto al precio de las acciones subyacentes.

El valor de *Vega* representa la tasa de variación del precio de la opción con respecto a la volatilidad del retorno de las acciones.

El valor de *Theta* representa la tasa de variación del precio de la opción con respecto al período que dure cada paso del árbol binomial.

El Diagrama 1 muestra un árbol para los 10 primeros períodos¹⁹ con la evolución del precio de la acción a través del tiempo y su consecuente valor de la opción al comienzo del árbol.

Diagrama 1: Árbol binomial para la opción de compra.



¹⁹ Dadas las limitaciones del software, que solo permiten mostrar árboles de hasta 10 periodos.

El precio de la acción está en la celda superior de cada nodo, mientras que el valor para las opciones está en la celda inferior.

Con respecto a los dividendos, se impuso el supuesto que estos no son entregados. Si bien es cierto, este supuesto puede parecer fuerte, existe una baja elasticidad call-dividendo para porcentajes pequeños de estos, ceteris paribus.

Tabla 5: Análisis de sensibilidad para los dividendos

Dividendos (% del precio de la acción)	Var. %	Valor opción Call (por acción)	Var. %	Elasticidad Call / Dividendo
1%		0,0033		
3%	200%	0,0031	-7%	-0,03
6%	100%	0,0029	-7%	-0,07
9%	50%	0,0027	-7%	-0,13
12%	33%	0,0025	-7%	-0,20

Otro supuesto importante es el referente a la opción de rescate que puede ejercer el emisor del bono. Para el caso del ejercicio de valoración, asumiremos que la empresa no ejercerá su opción de rescate, lo cual es lo que realmente ocurrió. Esto se podría justificar dado lo restrictivo que son las cláusulas para la ejecución de esta opción, lo que reduce la posibilidad de rescate.²⁰

Ahora con el valor de la opción por acción calculada, podemos obtener una pseudo-razón de conversión²¹, que es igual a la cantidad de acciones que recibiría el tenedor del bono convencional que fue descontado a la TIR del bono de referencia.

Por lo tanto, el valor total de la opción será igual a su valor por acción por la cantidad de éstas.

Tabla 6: Estimación opción de compra.

Precio de la opción por acción (US\$)	0,0033
Seudo-Razón de Conversión	1.301.349.400
Valor de la Opción de conversión (US\$)	4.275.882

Lo descrito en la Tabla 6 es más que nada el valor de la opción de compra total del bono. El impacto de esta emisión nueva de acciones fue marginal en la dilución de los

²⁰ La compañía puede rescatar todos, pero no menos de todos los bonos a partir del 1 marzo del 2004.

²¹ Esta pseudo-razón de conversión es sólo teórica, ya que el bono convencional no se puede convertir por acciones. Es sólo una estimación ad-hoc utilizada para poder calcular el valor total de la opción.

activos y casi no afectó el valor de la opción de compra, que en estricto rigor pasaría a ser un warrant si consideramos tal fenómeno. Para que esta opción de compra se transformase en un warrant, se ajustó el valor de la opción por un factor de dilución²².

Tabla 7. Valor warrant (en US\$)

Factor de dilución	0,9849
Precio del warrant	0,0032
Valor total warrant	4.211.110

Luego, el efecto dilución por acción para este caso es mínimo²³, como se aprecia en la Tabla 8.

Tabla 8. Efecto dilución (en US\$)

Precio de la opción por acción	0,00330
Precio del warrant	0,00324
Factor de dilución	0,00006

En efecto, para simplificar nuestro análisis, seguiremos utilizando el valor de la opción primeramente calculado. Con el valor de la opción de compra para todo el bono, podemos sumarle el valor del bono convencional y así obtener el valor estimado total del bono convertible, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Estimación opción de compra total (en US\$)

Valor bono convencional	352.925.957
Valor de la Opción de conversión	4.275.882
Valor Bono convertible estimado	357.201.839

Ahora que conocemos el valor estimado para el bono convertible, podemos obtener su TIR, la que es igual a 8,73% anual.

²² Ver apéndice 7.3.

²³ De las 5.586.820.519 acciones que existían al momento de la colocación del bono, sólo se emitieron 85.932.258 acciones correspondientes a conversión de bonos (1,5%).

Tabla 10: Tabla de desarrollo.

Años	Cuotas	Valor Presente
0		
0,2	12.166.440,00	11.955.738,13
0,7	12.166.440,00	11.444.809,88
1,2	12.166.440,00	10.955.716,14
1,7	12.166.440,00	10.487.523,80
2,2	12.166.440,00	10.039.339,66
2,7	12.166.440,00	9.610.308,66
3,2	12.166.440,00	9.199.612,30
3,7	12.166.440,00	8.806.467,03
4,2	12.166.440,00	8.430.122,82
4,7	12.166.440,00	8.069.861,68
5,2	12.166.440,00	7.724.996,28
5,7	12.166.440,00	7.394.868,71
6,2	417.714.440,00	243.040.486,65

Valor bono estimado (US\$)	357.201.839
TIR anual estimada	8,73%
TIR semestral estimada	4,37%

Evidentemente, nuestra estimación sobrevaloró el valor de la TIR con respecto a la que realmente existió para el bono, lo que se puede explicar por el alto valor de la TIR de referencia utilizada para descontar el valor del bono convencional.

Tabla 11: Comparación retorno bono estimado v/s retorno bono real.

TIR Convertible estimado	8,73%
TIR Convertible real (Serie LA-5)	6,86%
Diferencial	1,87%

Para propósitos de ampliar la visión sobre el movimiento de la TIR del convertible con respecto a la de referencia, se muestra un análisis de sensibilidad para distintas tasas impuestas arbitrariamente para nuestra estimación. Podemos observar lo constante que es la elasticidad TIR referencia-TIR convertible (en torno a 1) y como con tasas de referencia cada vez menores nos vamos acercando más a la TIR verdadera del bono (6,86%).

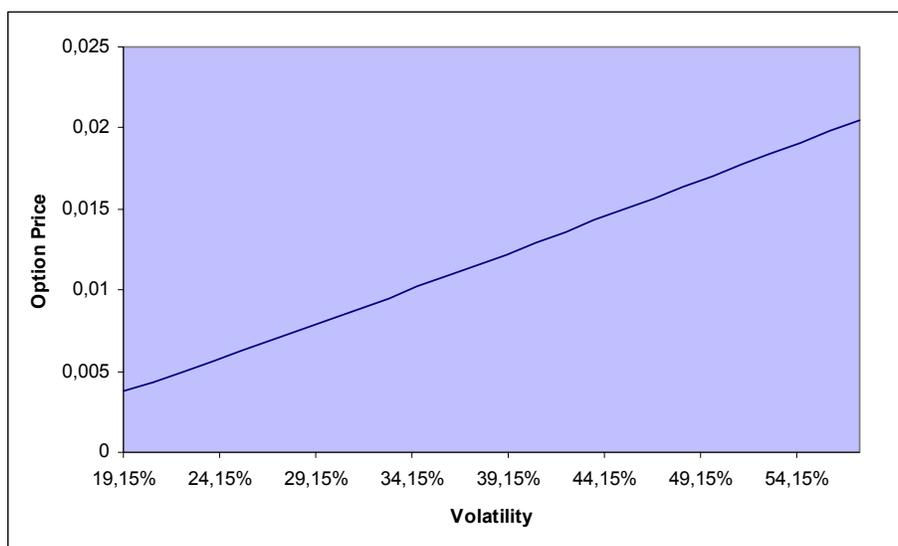
Una tasa de referencia óptima para nuestro cálculo sería de 7,09%, con la que obtendríamos una TIR para el convertible de 6,86%, igual a la de la fecha de la colocación.

Tabla 12: Análisis de sensibilidad de TIR bono convertible.

TIR referencia	Var. %	Bono Convencional	Opción de compra	Bono Convertible	TIR Bono Convertible	Var. %	Elasticidad TIR ref.- TIR Bono Convertible
9,97%		335.539.331,18	4.064.960,59	339.604.291,77	9,71%		
9,47%	-5,02%	344.106.989,68	4.168.755,26	348.275.744,94	9,24%	-4,8%	1,0
8,97%	-5,28%	352.925.957,36	4.275.594,47	357.201.839,01	8,73%	-4,9%	0,9
8,47%	-5,57%	362.003.876,49	4.385.570,80	366.389.447,29	8,24%	-6,3%	1,1
7,97%	-5,90%	371.348.625,10	4.498.779,69	375.847.404,79	7,75%	-5,9%	1,0
7,47%	-6,27%	380.968.324,30	4.615.319,52	385.583.643,82	7,23%	-6,7%	1,1
7,09%	-5,09%	388.384.521,61	4.704.362,77	393.088.884,37	6,86%	-5,1%	1,0
6,97%	-6,69%	390.871.345,84	4.735.291,72	395.606.637,56	6,75%	-6,6%	1,0
6,47%	-7,17%	401.066.319,88	4.858.800,84	405.925.120,72	6,25%	-7,4%	1,0

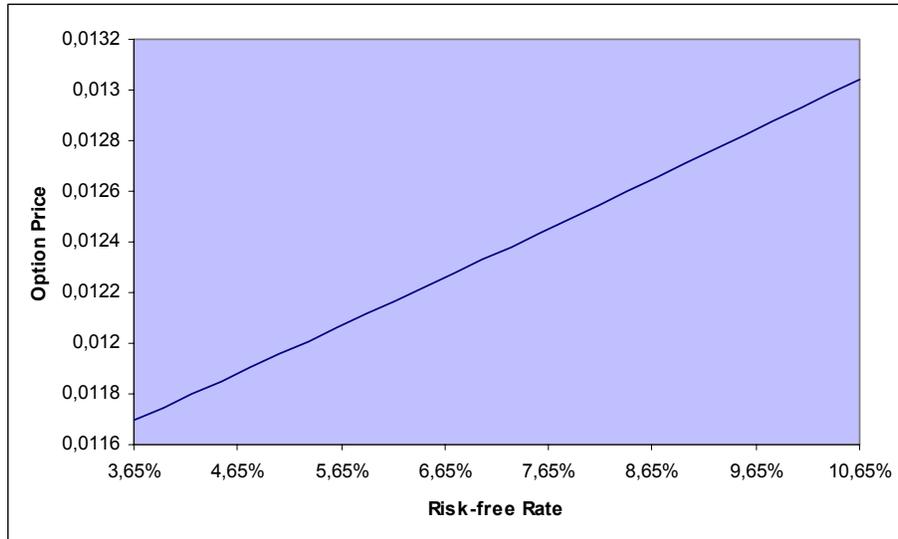
Con respecto a la volatilidad, el valor de la opción por acción no es muy sensible, como se puede ver en el Gráfico 1.

Gráfico 1.



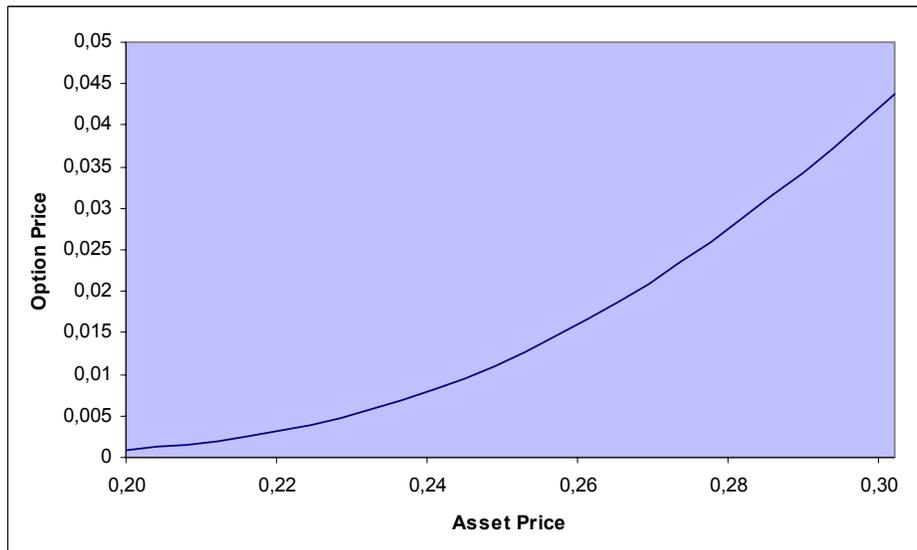
Similar fenómeno se observa para la tasa libre de riesgo.

Gráfico 2



Con respecto al precio del activo subyacente la estimación concuerda con la teoría, que dice que a mayor valor del activo más alto es el valor de la opción.

Gráfico 3



A mayor valor del precio de ejercicio cae el precio de la opción.

Gráfico 4



4.2. Cálculo del efecto dilución en el bono convertible

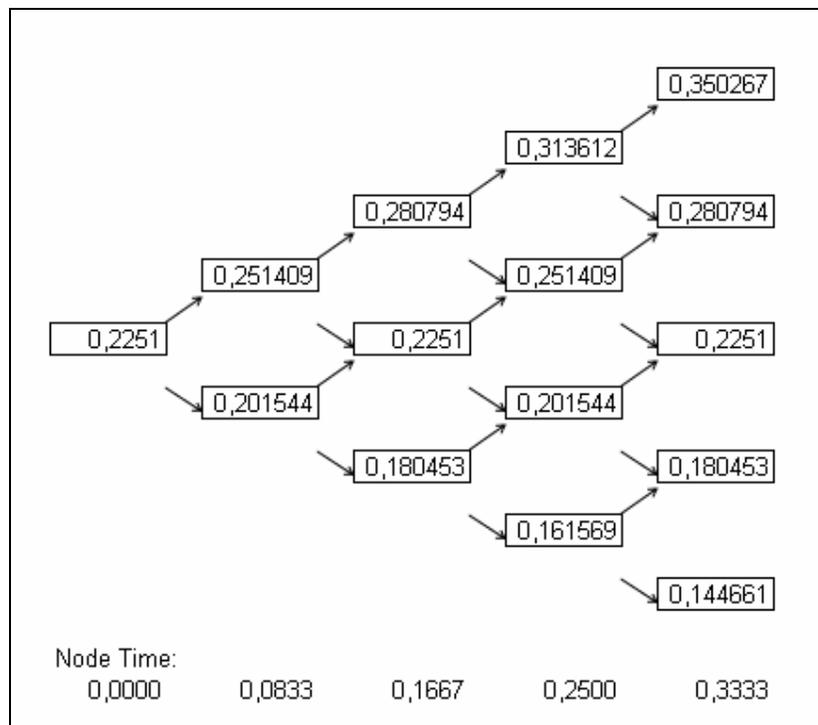
Dada la metodología descrita por Lamothe y Pérez, referida al problema de dilución de activos (descrita en detalle en el apéndice 7.2.), aplicaremos un cálculo alternativo al factor de dilución aplicado anteriormente (En Tabla 7) sobre Gener S.A., desde el momento de la colocación con fecha 14 de diciembre de 1998 hasta mediados abril de 1999 (1era. Fecha que se realizó la conversión), la opción de conversión se establece una vez terminada la oferta preferente con un precio de ejercicio o conversión (E) de US\$ 0,2712, en la fecha de colocación las acciones de la empresa se cotizan a US\$ 0,2250, existiendo a esa fecha un total de 5.586.820.519 acciones en circulación. La valoración la realizaremos por el método binomial con cuatro períodos (cada período corresponde a un mes) y en base a los datos que se adjuntan en la Tabla 13.

Tabla 13: Datos para el cálculo del bono convertible.

Valor presente Bono (en US\$) ²⁴	$VP(B)$	351.324.963
Tasa cupón anual	i	6,00%
Prob. Alza	p	0,4899
Prob. Baja	$1-p$	0,5101
Factor de incremento en el precio	u	1,1168
Factor de decremento en el precio	d	0,8954
tasa libre de riesgo anual	R_f	4,65%
tasa libre de riesgo mensual	$R_f/12$	0,39%
Cantidad de acción en circulación(diciembre 1998)	n	5.586.820.519
Precio de conversión	E (US\$)	0,2712
Precio de mercado (Inicial)	Sc (US\$)	0,2250

Luego la evolución del precio de la acción nos viene dado por el siguiente diagrama:

Diagrama 2: Evolución del precio de la acción.



La opción de conversión sólo se ejercería para valores de la acción al final del cuarto período superior a US\$ 0,2712.

²⁴ Valor convencional del bono al 15 de abril de 1999.

El valor de la opción después de la conversión S_p en los cinco casos sería el siguiente²⁵:
 En donde m definido como el número de acciones nuevas emitidas producto de la conversión.

$$m = VP(B) / E \quad \text{ó} \quad m = 351.324.963,06 / 0.2712 = 1.295.446.028,99 \text{ acciones,}$$

si $S_c = 0,350261 \Rightarrow S_p = E \cdot \frac{(n \cdot S_c + VP(B))}{n \cdot E + VP(B)}$, luego por la fórmula anterior S_p vendría

siendo:

$S_p = 0,34$ y del mismo modo para los siguientes cuatro nodos terminales del Diagrama 2, el resumen de estos cálculos se adjuntan en la siguiente tabla:

Tabla 14: Resumen de precios.

Sc1	0,35	Sp1	0,34
Sc2	0,28	Sp2	0,28
Sc3	0,23	Sp3	0,23
Sc4	0,18	Sp4	0,20
Sc5	0,14	Sp5	0,17

En base a los datos de la Tabla 14, los valores finales para el bono (B_C) en el Diagrama 3 serían los que están descritos en la Tabla 15.

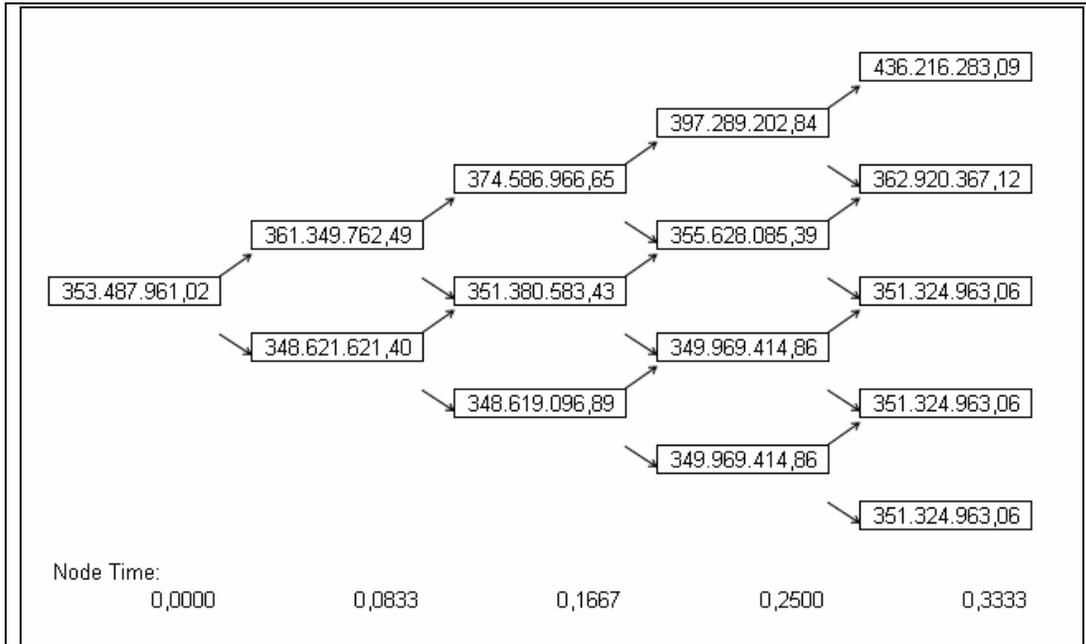
Tabla 15: Valores finales de B_C

Sc1	0,35	Bc1	436.216.283,09
Sc2	0,28	Bc2	362.920.367,12
Sc3	0,23	Bc3	351.324.963,06
Sc4	0,18	Bc4	351.324.963,06
Sc5	0,14	Bc5	351.324.963,06

A partir de estos valores de B_C , calculamos el valor del bono en la fecha de colocación en base a la típica regla recursiva del método binomial, descritos en el Diagrama 3.

²⁵ Para un mayor detalle de cómo se dedujo S_p consultar el apéndice 7.2.

Diagrama 3: Valor del bono en la fecha de colocación.



Es decir, el bono tendría un valor teórico en la fecha de colocación de:

US\$ 353.487.961,02. Por ejemplo, si fuese un bono canjeable en las mismas condiciones su valor sería igual a US\$ 357.201.839,51 luego la diferencia entre ambos valores refleja el efecto de la dilución en el bono convertible, descrito en la Tabla 16.

Tabla 16: Cálculo de la dilución.

Valor canjeable (US\$)	357.201.839,51
Valor convertible (US\$)	353.487.961,02
Efecto dilución (US\$)	3.713.878,49

5. Conclusiones

Si bien encontramos mediante nuestro ejercicio de valoración una TIR anual de 8,73% del bono convertible de Gener S.A., difiriendo éste resultado con el 6,86% (TIR anual correspondiente a la serie LA5) del convertible que se observó en el mercado a esa fecha (diciembre de 1998), posibles razones del error en nuestra estimación (valoración) serían las siguientes:

1. La duración del bono de referencia en el mercado (diciembre de 1998) tomada para el cálculo del bono convencional de Gener S.A. (o visto como una descomposición del convertible), fue por sobre el doble (15 años) de la duración de referencia que se necesitaba encontrar (6,2 años), no obstante fue el bono convencional (Banco BICE) más parecido que se pudo tomar en cuanto a: fecha de emisión, clasificación de riesgo y obviamente duración.

2. Otro fenómeno a observar en esa fecha en el mercado fue el contexto del mercado de capitales particular que se presentaba en ese momento (crisis asiática), encontrándose con tasas internas de retorno altas (en torno al 10%) de los bonos²⁶.

3. Las limitantes del software empleado (DerivaGem), lo que nos ocasionó tomar algunos supuestos restrictivos tales como:

- a) Utilizar una volatilidad estimada anual constante para todo el período de valoración.
- b) No considerar el pago de dividendos por acción.
- c) Utilizar un precio de conversión constante para todo el período de valoración.
- d) Utilizar una tasa de interés libre de riesgo constante para todo el período de valoración.

²⁶ Fenómeno que también se observó en los instrumentos del Banco Central y de la Tesorería General de la República, donde incluso algunos de estos llegaron a cotizarse a tasas muy cercanas a la de los bonos de las empresas y bancos.

El cálculo de dilución (US\$ 3.713.878,49) en el convertible de Gener S.A. (visto en la sección 4.2. y que comprende el período de estudio diciembre de 1998- abril de 1999) no pretende considerar el valor obtenido como un dato concluyente de todo nuestro ejercicio de valoración, sino más bien, pretende tomar ese valor como una referencia de la importancia del efecto dilución en el valor final del bono convertible, teniendo en cuenta que la no incorporación de tal efecto en el cálculo arroja un valor mayor en el mismo convertible.

Aparte de las tres empresas (CTC S.A., Clínica Las Condes S.A. y Gener S.A.) que utilizaron estas herramientas de financiamiento en la década de los noventa, no se han registrado a la fecha nuevas empresas del mercado nacional que hayan ocupado estos instrumentos, los que nos lleva a pensar que la emisión de convertibles en Chile (a diferencia de otros mercados como: Europa y Estados Unidos) no ha tenido el éxito esperado.

Por último, en base a nuestro estudio y al análisis bibliográfico, consideramos el bono convertible como un bono convencional asociado a una opción de compra que se comporta como un warrant ó simplemente ver al bono convertible como un warrant que paga cupones.

6. Referencias

- 1) Brennan M. J. and Schwartz E.S. (1977). "Convertible Bonds: Valuation and Optimal Strategies for Call and Conversion ", *Journal of Finance* 32, pp. 1699-1716.
- 2) Castillo Augusto y Valenzuela Alejandro (2005). "Un Modelo de Valoración de Bonos con Rescate Anticipado". *Revista Estudios de Administración*, volumen 12, número 1.
- 3) Constantinides G.M. y Grundy B.D. (1986). "Call and Conversion of Convertible Corporate Bonds: Theory and Evidence. University of Chicago.
- 4) Copeland T.E. y Weston J.F. (1988). "Finanzas en Administración". Mc Graw Hill 3era. Edición.
- 5) Fabozzi F.J. (2004). "Bonds Markets, Analysis and Strategies. Prentice Hall, 5ta. Edición.
- 6) Harris M. y Raviv A. (1985). "A Sequential Signaling Modelo f Convertible Debt Call Policy", *Journal of Finance* 40, pp. 1263-1283.
- 7) Hull J. (1997). "Opciones, Futuros y Otros Derivados". PHH 3era. Edición.
- 8) Ingersoll J.E. Jr. (1977b). "An Examination of Corporate Call Policies on Convertible Securities", *Journal of Finance* 32, pp.463-478.
- 9) Lamothe Fernández P. y Pérez Somalo M. (2006). "Opciones Financieras y Productos Estructurados". Mc Graw Hill 3era. Edición.
- 10) Mayers D. (1998), "Why firms issue convertible bonds: The matching of financial and real investment options", *Journal of Financial Economics* 47, pp. 83-102.
- 11) Mikkelson, W.H. (1981), "Convertible Calls and Security Returns," *Journal of Financial Economics* 9, pp. 237-264.

12) Zurita Lillo S. (1993). “Valoración de Bonos Convertibles”. Documentos de Trabajo, serie de investigación número 51, diciembre 1993.

13) Superintendencia de Valores y Seguros

a) Memorias anuales Gener, años: 1998 hasta 2005.

b) Facsímil de Aviso, Gener S.A., Inscripción en el Registro de Valores N° 0176, Emisión de Bonos Convertibles en Acciones a la Orden.

14) Websites

a) www.bcentral.cl

b) www.bloomberg.com

c) www.bolsadesantiago.com

d) www.bolchile.cl

7. Apéndices

7.1. Modelo Binomial

Como se dijo en la introducción del trabajo, el método binomial será para realizar el ejercicio de valorización del bono convertible. Específicamente, como ya se ha mencionado el valor del bono convertible se puede dividir en el valor de la opción de compra y el valor del bono convencional y lo que estimaremos a través del método binomial será el valor de la opción de compra.

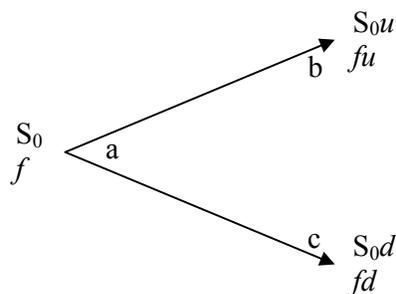
En lo que respecta a nuestro trabajo utilizaremos este método, por lo intuitivo que es y por el hecho de que se puede implementar de manera práctica con herramientas computacionales no muy complejas.

Para explicar este método utilizaremos como base al texto de John Hull(1997).

7.1.1. Un Período

Con el fin de explicar el método binomial comenzaremos analizando el caso de un período, para ilustrarlo usaremos el caso de las opciones de compra.

Supongamos que hay dos posible estados de la naturaleza, donde el precio de la acción, S_0 , aumenta en uno, digamos a S_0u y en otro disminuye a S_0d . Donde $u > 1$ y $d < 1$. Si el precio de la opción es f , entonces aumento del precio de la acción provoca un beneficio bruto de fu y si baja de fd . Esta situación se ilustra a continuación



En cada nodo se muestra el precio de la acción arriba y el de la opción abajo. Si creamos una cartera compuesta por una posición larga en m acciones y una posición corta en una opción de compra, podremos encontrar un m tal que la cartera sea libre de riesgo. El valor de la cartera al final del período será $S_0um - fu$ si el precio de la acción sube y $S_0dm - fd$ si el precio de la acción cae. Igualando estos dos valores y despejando para m encontramos que:

$$m = \frac{fu - fd}{S_0u - S_0d}$$

Es decir, el valor que hace que la cartera sea libre de riesgo. Dado que la cartera es libre de riesgo, entonces el valor presente es igual al valor final de la cartera descontado a la tasa libre de riesgo, r .

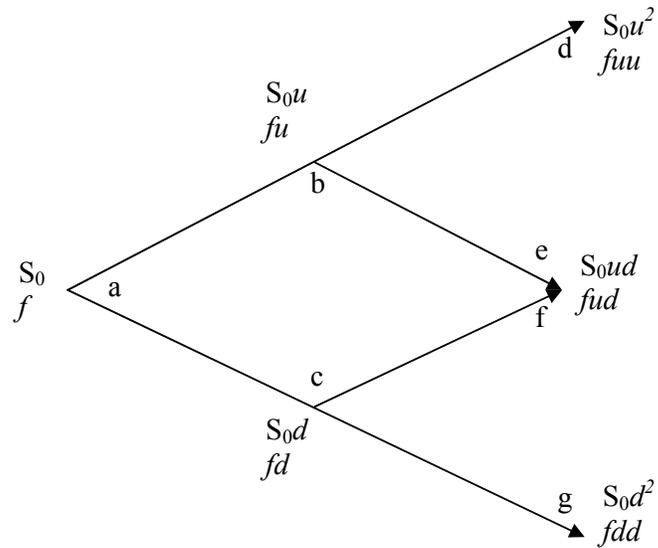
$$(S_0um - fu)e^{-rT} = S_0m - f, \text{ donde } T \text{ es la duración de la opción.}$$

Luego: $f = S_0m - (S_0um - fu)e^{-rT}$ reemplazando m en esta ecuación obtenemos que:

$f = e^{-rT} [pfu + (1 - p)fd]$ Donde $p = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$ así, es posible encontrar el valor de una opción reemplazando los valores en las dos últimas fórmulas.

7.1.2. Dos Períodos

Para explicar el modelo de dos períodos seguiremos suponiendo que S_0 es el precio inicial de las acciones, que la tasa libre de riesgo es r . Ahora supondremos que el precio de las acciones puede subir u veces o bajar d veces en el primer período y además en el segundo puede ocurrir lo mismo y que la duración del período es T años. Análogamente al caso anterior el árbol quedará de la siguiente forma:



En este caso para calcular el valor de la opción, f , debemos calcular el valor en los nodos b y c primeramente. El cálculo del valor de estos nodos es igual al realizado en el caso de un período, basta con aplicar la fórmula encontrada anteriormente. Así:

$$fu = e^{-rT} [pfuu + (1 - p)fud]$$

$$fd = e^{-rT} [pfud + (1 - p)fdd]$$

$$f = e^{-rT} [pfu + (1 - p)fd]$$

Reemplazando las dos primeras en la última llegamos a que el valor de la opción es:

$$f = e^{-2rT} [p^2 fuu + 2p(1 - p)fud + (1 - p)^2 fdd]$$

7.2. Metodología de valoración propuesta por Lamothe Fernández y Pérez Somalo (2006).

A continuación realizaremos un análisis simple para mostrarles el problema de la dilución de activos.

Supongamos una emisión de bonos convertibles con un precio fijo de conversión E . Si designamos S_C el valor de la acción en la fecha de conversión, los bonistas convertirán si $S_C > E$. La conversión supone una emisión de m nuevas acciones:

$$m = \frac{VP(B)}{E}$$

Donde

$VP(B)$ = Valor presente del bono convencional (sin convertir)

Dado que $E < S_C$, el mercado ajustará el valor de las acciones de la empresa después de la conversión a un precio S_P de forma que se cumpla la igualdad:

$$n \cdot S_C + VP(B) = n \cdot S_P + m \cdot S_P = (n + m) S_P$$

y despejando S_P :

$$S_P = \frac{n \cdot S_C + VP(B)}{n + m} = \frac{n \cdot S_C + VP(B)}{n + \frac{VP(B)}{E}}$$
$$S_P = E \cdot \frac{(n \cdot S_C + VP(B))}{n \cdot E + VP(B)}$$

En donde n es el número de acciones de la empresa antes de la conversión.

De lo anterior, los resultados a la fecha de conversión para el bonista serán los siguientes:

$$VP(B) \quad \text{si } S_C \leq E$$

$$m \cdot S_p \quad \text{si } S_C > E$$

Por tanto, el valor del bono convertible en la fecha de conversión será:

$$B_C = \text{Máx} \{VP(B), m \cdot S_p\}$$

Teniendo en cuenta este valor en la fecha de conversión, podemos valorarlo en cualquier fecha anterior por el método binomial.

7.3. Calculo del Warrant y su factor de dilución asociado

Se define el Warrant como:

$$W = \frac{1}{1+q} C_w(S, N, \sigma_s, r, T)$$

donde:

W = el valor del warrant.

S = el valor del subyacente.

σ_s = volatilidad del subyacente.

q = el coeficiente de dilución = n/N

$1/(1+q)$ = factor de dilución

N = el número de acciones ya existentes.

n = el número de acciones emitidas por la emisión del warrant.

r = el tipo de interés

T = el vencimiento de la opción y del warrant

C_w = el valor de la opción de compra.