

# Valoración de Credit Default Swaps (CDS): Una Aproximación Montecarlo

Juan Camilo Arbeláez Zapata \*

Cecilia Maya Ochoa \*\*

UNIVERSIDAD EAFIT

Julio de 2007

## Resumen:

Este artículo presenta un modelo de valoración de *Credit Default Swaps* (CDS) sobre bonos corporativos con base en el método de Simulación de Montecarlo donde el riesgo de crédito sigue un proceso estocástico del tipo *Stopped Poisson*. Este modelo es una alternativa interesante para la valoración de CDS en países donde el mercado de bonos corporativos presenta baja liquidez y el mercado de derivados de crédito es incipiente o inexistente, tal como es el caso de Colombia. Dentro de los principales resultados se encuentra que el modelo propuesto tiene un mejor desempeño para la valoración de primas de CDS sobre títulos calificados con grado de inversión que aquellos con grado de especulación. Además se demuestra que el valor de las primas de los CDS no es muy sensible a cambios en la tasa de recuperación y en la tasa de interés libre de riesgo.

## Abstract:

This paper presents a *Credit Default Swap* (CDS) pricing model. The estimation of the model is based on the Montecarlo method where the credit risk is modelled based on a Stopped Poisson stochastic process. This is an interesting alternative to the pricing of CDS in countries where the corporate bonds market lacks liquidity or a credit derivative market is just about to develop as it is the case in Colombia. The model performs better for the pricing of CDS on securities with investment grade relative to speculative ones. Also, it shows that CDS prices are not very sensitive to changes in recovery or interest rates.

---

\* Candidato a Magíster en Finanzas Universidad EAFIT. Ingeniero Administrador de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. e-mail: jarbela1@eafit.edu.co

\*\* Ph.D. in International Economics and Finance Brandeis University, USA. Docente e Investigadora Departamento de Finanzas Universidad EAFIT. e-mail: cmaya@eafit.edu.co

## INTRODUCCIÓN

Los Derivados de Crédito son instrumentos financieros que están diseñados para transferir el riesgo de crédito de un activo o un portafolio de activos subyacentes. Estos son contratos o acuerdos mediante los cuales una parte, “*comprador de protección*”, adquiere protección contra el riesgo de crédito de un emisor o grupo de emisores. La contraparte, “*vendedor de protección*”, está dispuesta a proporcionar dicha protección respondiendo por las pérdidas derivadas del no pago o *default* de la entidad emisora del título, por tanto, busca obtener ganancias en caso de que el evento de crédito no ocurra. Es así cómo el valor de estos instrumentos derivados depende más de la ocurrencia del *default*, esto es, un evento tal como el no pago, la reestructuración de obligaciones, la quiebra, la reducción en la calificación de la emisión, que de la propia evolución del precio del activo subyacente.

En un contrato de derivados de crédito es esencial especificar la entidad o entidades de referencia (emisor o grupo de emisores del título), el vencimiento del contrato, definir exactamente el evento que genera el *default* y la forma de medir las pérdidas generadas por su ocurrencia.

Los derivados de crédito se pueden clasificar en financiados (*funded*) y no-financiados (*unfunded*). Un derivado de crédito financiado se caracteriza porque el vendedor de protección realiza un pago por adelantado al comprador de protección, como sucede en los *credit-linked notes*. Por el contrario, en un derivado de crédito no financiado, el vendedor de protección únicamente deberá desembolsar dinero si se produce el evento de crédito, tal como es el caso en un *Credit Default Swap*. (Anson et al, 2004).

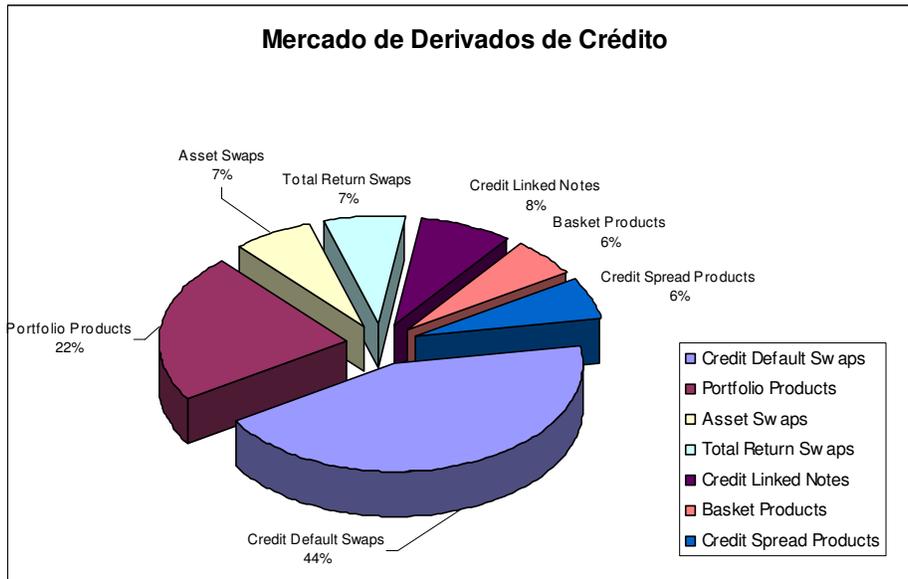
Dentro de los principales derivados de crédito se incluyen: *Credit Default Swaps (CDS)*, *Total Return Swaps*, *Credit Options* y *Credit Linked Notes*. Los *Credit Default Swaps* son contratos financieros bilaterales en los cuales un comprador de protección paga una prima periódica a un vendedor de protección para cubrirse ante un evento de crédito de una entidad de referencia. Los *Total Return Swaps* también son contratos financieros bilaterales

al igual que los CDS, aunque el cálculo de la prima se basa en los cambios del valor de mercado de un instrumento de crédito específico independiente si ha ocurrido o no un evento de crédito. Los *Credit Options* son instrumentos que permiten a los inversionistas la compra de seguros que les garantizan la protección contra los movimientos adversos en la calidad de crédito de los activos financieros. Los *Credit Linked Notes* se refieren a combinaciones de bonos y opciones de crédito.

Los derivados de crédito hacen parte de la ola de innovación financiera que tuvo lugar en los años noventa. En ese momento, los bancos buscaban una manera de extender el crédito a sus clientes más importantes pero tenían el inconveniente de haber alcanzado los límites de exposición al riesgo. Una forma de aprovechar esta oportunidad era vender el riesgo de crédito a otras instituciones e incluso a otros bancos, lo cual les permitiría otorgar nuevos créditos y a la vez cubrirse del riesgo de crédito al que se exponían. (Dufey and Rehm, 2000).

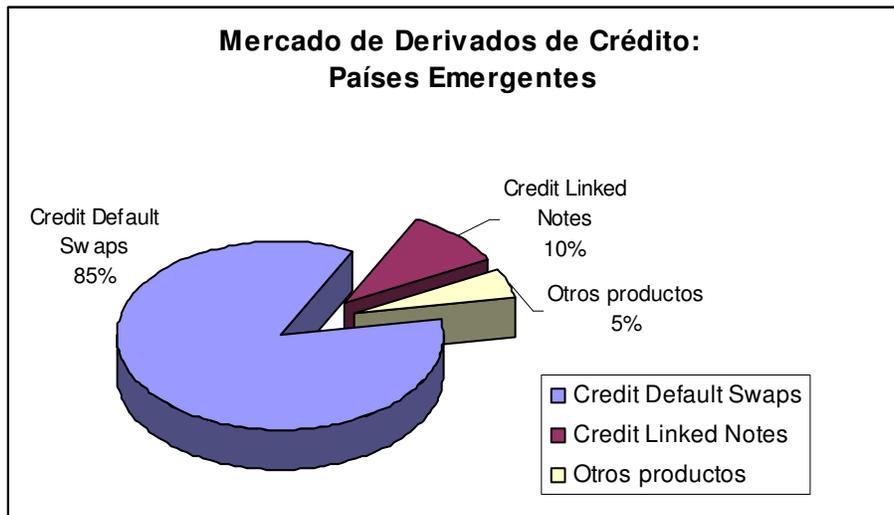
En la figura 1 se presenta la composición del mercado de derivados de crédito en el mundo según los distintos tipos de productos: *Credit Spread Products* (6%), *Basket Products* (6%), *Credit Linked Notes* (8%), *Total Return Swap* (7%), *Asset Swaps* (7%), *Portfolio Products* (22%) y *Credit Default Swap* (44%). Según estadísticas de la *International Swaps and Derivatives Association* (ISDA), los derivados de crédito son el segmento del mercado *Over The Counter* (OTC) con mayor crecimiento. En particular, se destaca el mercado de los *Credit Default Swaps*, el cual pasó de 631.5 billones de dólares en el año 2001 a 34422.8 billones de dólares en el 2006.

En algunos países emergentes, los derivados de crédito comienzan a ofrecerse a partir de 1996. En sus inicios, muchas instituciones financieras, conscientes del riesgo de crédito al que estaban expuestas, encontraron en los derivados de crédito una herramienta útil para administrar su riesgo. Rápidamente, este mercado experimentó un gran desarrollo y se convirtió en una alternativa importante tanto para cobertura como para tomar riesgo de crédito en deuda corporativa y soberana. (Ranciere, 2002)



**Figura 1.** Fuente: BBA Status. 2001

En un estudio reciente realizado por el Deutsche Bank sobre el tamaño y la participación de los derivados crediticios en los mercados emergentes, se estima que el tamaño total del mercado es de 200 a 300 billones de dólares, representado en un 50 - 60% para Latinoamérica, 23 - 30% para Europa Oriental y 10 - 20% en otras regiones. En el mercado de los derivados crediticios en los países emergentes, los instrumentos de mayor participación son los *Credit Default Swaps (CDS)* con un 85%. Estos productos se ofrecen con plazos de 1 a 10 años, aunque el segmento más activo se encuentra en el rango de 1 a 5 años. La obligación subyacente más común para este tipo de contratos son “los bonos corporativos”. (Ranciere, 2002).



**Figura 2.** Fuente: Ranciere, 2002.

En Colombia, no se puede hablar aún de la existencia de un mercado de derivados de crédito, debido a la prohibición legal para la negociación de estos instrumentos en el país. Esto queda expresado en la Circular Reglamentaria Externa DODM 144 de 2006 del Banco de la República de Colombia, donde se establece que “los contratos de derivados financieros autorizados [...] se refieren exclusivamente a riesgos de derivados de tasa de cambio, tasa de interés e índices bursátiles. En las operaciones permitidas se pueden incluir cláusulas referidas a eventos crediticios, siempre y cuando se trate del riesgo de cualquiera de las partes del contrato. Los contratos de derivados de crédito no están autorizados” (Banco de la República, 2006)

El aspecto legal en Colombia se ha convertido en uno de los principales obstáculos para el desarrollo de un mercado de derivados de crédito en el país. Sin embargo, en la Circular Externa 013 de junio de 2006 de la Superintendencia Financiera de Colombia, se empieza a percibir un cambio al permitir a las entidades financieras realizar operaciones con derivados de crédito. La circular mencionada, en su capítulo XVIII, establece: “las entidades que muestren al ente supervisor un adecuado conocimiento de los riesgos potenciales del uso de derivados de crédito [...], podrán utilizar los derivados de crédito para mitigar su exposición al riesgo de crédito. En consecuencia, los derivados de crédito se podrán usar

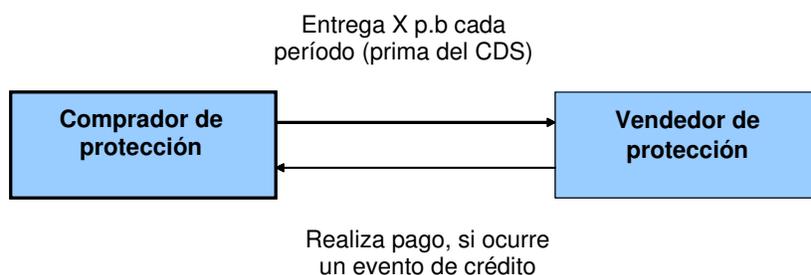
para transferir este riesgo a un tercero que resida en el exterior y con el cual la entidad que los realiza no tenga ningún vínculo de consolidación o que pertenezca al mismo grupo económico o *holding*” (Superfinanciera, 2006).

Estos avances en materia de regulación financiera abren la puerta para la realización de estudios que contribuyan al desarrollo del mercado de derivados de crédito en el país. Esta investigación, en particular, se enfoca en los *Credit Default Swaps* por tratarse de los instrumentos de cobertura del riesgo de crédito con mayor dinámica en los mercados internacionales, lo cual permite anticipar que se constituirán en la punta de lanza para el desarrollo de este mercado en Colombia.

## 1. Credit Default Swaps

Los Credit Default Swaps (CDS en adelante) son contratos que proveen un seguro en contra del riesgo de *default* por parte de un emisor de un bono, sea éste soberano o corporativo. El comprador del CDS realiza pagos periódicos al vendedor hasta el vencimiento del CDS o hasta que ocurra el evento de crédito. (Hull, 2006). En retorno a estos pagos, el vendedor es responsable, en caso de *default* por parte de la compañía emisora del título, de entregar al comprador una suma equivalente a las pérdidas derivadas del mismo. (Elizalde, 2005).

Este pago puede darse mediante dos mecanismos: liquidación en efectivo o entrega física. La liquidación en efectivo se refiere al pago que hace el vendedor del CDS de la diferencia entre el valor par y el precio de mercado del título después del *default*. En la liquidación física, el comprador de la protección entrega al vendedor el título de la entidad de referencia y recibe en efectivo, por parte del vendedor, el valor nominal del título.



**Figura 3.** Estructura de un *Credit Default Swap*

Lo importante para ambas partes será conocer cual debe ser el valor de los pagos que hará el comprador al vendedor durante la vigencia del CDS, a cambio de la protección recibida, esto es, el valor de la prima del CDS. Dicha prima se fija de tal forma que el valor de mercado del CDS al inicio del contrato sea cero, o lo que es equivalente, que el swap tenga igual valor para ambas partes. Para la valoración de este tipo de instrumentos es

fundamental entonces la modelación del riesgo de crédito que puede generar pagos a cargo del vendedor del CDS.

El principal evento que genera riesgo de crédito es la probabilidad de que el emisor de un bono o el deudor de un préstamo no pague parcial o totalmente la cantidad adeudada. El impago puede tener causas de diversa naturaleza que van desde factores microeconómicos (p.e. mala gestión de la compañía) hasta factores macroeconómicos (p.e. altas tasas de interés, recesión). Esta diversidad de factores hace que la predicción del momento en que se produzca el no pago sea difícil. (Anson et al., 2004)

En la literatura se han desarrollado dos clases de enfoques claramente definidos del riesgo de impago conocidos como modelos estructurales y modelos de forma reducida.

Los modelos estructurales se basan en la evolución de las variables estructurales de la firma, como es el caso del valor de los activos y de la deuda. La idea básica de este tipo de modelos es que una compañía incurrirá en *default* si el valor de los activos de la firma cae por debajo de una determinada barrera o *threshold*.

Estos modelos parten del modelo de Merton (1974), el cual propone valorar tanto el patrimonio como la deuda de una empresa con base en la teoría de valoración de opciones. El evento de no pago de la deuda se daría si, a su vencimiento, el valor de la misma supera el de los activos de la empresa, por lo cual los socios no ejercerían la opción de reclamar el valor de dichos activos en favor de los acreedores. El mérito de esta propuesta radica en ser la primera aproximación a la modelación del riesgo de crédito; sin embargo, el supuesto de que el incumplimiento en el pago sólo ocurre al vencimiento de la deuda limita su aplicación en la práctica. Posteriormente, Black y Cox (1976) desarrollan otro modelo estructural en el cual consideran que el evento de *default* se produce en aquel momento en el cual el valor de la firma choca con una barrera exógena de *default* (Pu, 2007).

Con posterioridad a estos modelos, conocidos como de primera generación, se han desarrollado otros estudios teóricos que han buscado mejorarlos. Dentro de ellos, cabe mencionar Longstaff y Schwartz (1996), el cual incorpora un comportamiento estocástico de las tasas de interés; otros trabajos incluyen modelos de reversión a la media en los índices de apalancamiento de la firma (Collin-Dufresne y Goldstein, 2001), deuda con pago de cupones (Leland, 1994), relaciones entre acreedores y accionistas de la empresa mediante teoría de juegos (Fan y Sundaresan, 2000), procesos de salto-difusión en el valor de la firma para incorporar el riesgo de *default* (Zhou, 2001), entre otros.

Los modelos de forma reducida, por el contrario, no se enfocan en factores tales como la estructura de capital de la firma sino en el riesgo de *default* inherente a los precios de los activos financieros que son emitidos por la firma. La modelación de este evento depende directamente de la probabilidad de *default* de los instrumentos financieros de la firma, lo que lo convierte en un evento aleatorio en el tiempo. La característica principal de estos modelos es que no dan las razones por las cuales una firma cae en *default*, pero logran calibrar su probabilidad de ocurrencia directamente a partir de los precios del mercado.

Jarrow-Turnbull (1995) y Duffie-Singleton (1999) son los pioneros en el desarrollo de los modelos de forma reducida. El elemento clave en sus modelos es la probabilidad de *default*, aunque existen otros elementos como la estructura a plazos de tasas de interés, la transición de la calificación de riesgo, la tasa de recuperación y la correlación del *default* cuando se trata de un portafolio o índice de diferentes instrumentos de crédito. En estos modelos se asume la existencia de una variable exógena que genera el evento de crédito, con una probabilidad de ocurrencia mayor que cero en cada intervalo de tiempo. El *default* es considerado como un evento estocástico tipo Poisson, donde el parámetro de intensidad  $\lambda$  corresponde a la tasa de ocurrencia del mismo.

Jarrow-Turnbull (1995) estudian el caso donde existe un proceso Poisson con tasa de *default* constante y el pago conocido ante la ocurrencia del evento. Su trabajo especifica procesos exógenos para la evolución de la estructura temporal de la tasa libre de riesgo y la tasa del bono corporativo para luego aplicar una metodología de valoración neutral al

riesgo. Duffie-Singleton (1999), presentan un modelo similar de forma reducida de un activo sujeto a riesgo de crédito para bonos corporativos y soberanos. Argumentan que el *spread* existente entre un bono corporativo y un bono libre de riesgo se debe exclusivamente al riesgo de crédito. Aunque éste puede deberse igualmente a otros factores tales como el riesgo de liquidez o asuntos impositivos, solamente se considera el riesgo de crédito para explicar la diferencia entre las rentabilidades de los bonos.

Jarrow, Lando y Turnbull (1997) asumen un proceso de default que sigue una cadena de Markov y estiman los parámetros del proceso a partir de datos observados. El modelo emplea información sobre el historial de *default* y cambios en las calificaciones de riesgo.

Podría mencionarse inclusive un tercer grupo de modelos denominados de información incompleta, los cuales pretenden combinar la intuición económica que explica el riesgo de crédito, característica de los modelos estructurales, con la aplicabilidad empírica de los modelos de forma reducida. Estos modelos se caracterizan por no hacer supuestos acerca de la dinámica de la intensidad de *default*, tal como lo hacen los modelos de forma reducida.

El trabajo de Duffie & Lando (2001) es el más importante de los modelos de información incompleta, su aporte se basa en determinar una distribución para el valor de una firma condicionada a la información que tienen los inversionistas, es así como a partir de esta distribución es posible determinar el parámetro de la tasa de intensidad de *default* de la firma. Frey & Schimdt (2006) realizan una extensión del trabajo de Duffie & Lando (2001), estos autores encuentran que el proceso de valoración de los activos financieros conduce a un problema de filtración no lineal con información incompleta sobre el valor de la firma que puede ser solucionado a partir de una aproximación de cadenas de Markov. Herkommer (2006), extiende el modelo de Duffie & Lando (2001) al incorporar correlaciones para determinar el valor de la empresa y un término de ruido, el principal aporte de este trabajo es el suministro de una solución cerrada para la valoración de bonos corporativos. Cabe resaltar que sobre los modelos de información incompleta no se han realizado muchos trabajos empíricos y mucho menos con información sobre CDS.

Con base en los modelos de riesgo de crédito descritos, se encuentra en la literatura un número limitado de estudios relacionados con la valoración de los CDS. Estos estudios se caracterizan porque en su mayoría utilizan modelos de forma reducida como los propuestos por Jarrow-Turnbull (1995) y Duffie-Singleton (1999) por la facilidad que ofrecen para su calibración e implementación. En el caso de los modelos estructurales no se ha tenido mucho éxito en su aplicación a la predicción de las primas de los CDS debido a razones como diversidad de estructuras de capital, diferencias en los instrumentos en cuanto al pago de cupones, el tipo de garantía, la opción o la obligatoriedad de convertibilidad contemplada en algunos de ellos y, finalmente, la complejidad de los procesos de bancarrota en las diferentes firmas, entre otros (Pu, 2007)

El pionero de estas aplicaciones fue Duffie (1999), quien en su artículo “Credit Swap Valuation” realiza una aproximación no muy técnica y de carácter básico para la valoración de los CDS. Una crítica que se le hace a este artículo es que no se realiza una prueba del modelo utilizando datos reales.

Posteriormente Hull & White (2000) en su artículo titulado “Valuing Credit Default Swaps I: No Counterparty Default Risk”, proponen una metodología para valorar los CDS cuando el pago por incumplimiento se refiere a una sola entidad de referencia y no existe riesgo de contraparte, además realizan unas pruebas de sensibilidad del precio de los CDS ante supuestos en la tasa de recuperación esperada, y en última instancia aplican esta metodología a datos reales de la compañía Ashland Inc. al cierre de sus negociaciones en Julio 13 de 2000.

De nuevo Hull & White (2001) extienden el estudio realizado en el 2000 “Valuing Credit Default Swaps II: Modeling Default Correlation”. A diferencia de su trabajo anterior, éste considera el riesgo de contraparte y la correlación entre el incumplimiento de diferentes corporaciones y entidades soberanas. Las principales conclusiones se refieren a que el impacto del riesgo de contraparte sobre el valor de los CDS es pequeño cuando la correlación entre la contraparte vendedora de protección y la entidad de referencia es cero,

y que ésta se incrementa cuando la correlación aumenta y la calidad de crédito de la contraparte disminuye.

Houweling & Vorst (2003), desarrollan el primer estudio de carácter empírico de valoración de CDS. Su estudio consiste en comparar los precios de mercado de los CDS con aquellos arrojados en el modelo que proponen. Para la realización del contraste empírico utilizan una base de datos compuesta por los precios de al menos 10800 bonos de emitidos por 1600 entidades diferentes. La muestra cubre el período de Enero 1 de 1999 a Enero 10 de 2001. Respecto a los datos correspondientes a los precios de los CDS, observan aproximadamente 48098 cotizaciones en CDS correspondientes a 837 entidades de referencia distintas, en un período que abarca desde Mayo 1 de 1999 hasta Enero 10 de 2001. En su trabajo encuentran que el modelo propuesto trabaja razonablemente bien para las emisiones con grado de inversión, pero se aproxima pobremente en ambientes con altos retornos, por tal motivo abren la oportunidad para la realización de otras investigaciones de tipo empírico y de un mayor desarrollo del modelo propuesto.

Walker (2005), basándose en el estudio realizado por Hull & White (2001), trata la valoración de los CDS teniendo en cuenta el riesgo de contraparte pero, a diferencia de estos últimos, desarrolla un modelo de cadenas de Markov que se define en términos de las tasas de transición. En este modelo se introduce la dependencia entre la contraparte y la entidad de referencia mediante las tasas de transición, en lugar de las correlaciones entre ellas, para así obtener una fórmula analítica más intuitiva y con la posibilidad de hacer una fácil calibración y uso del modelo.

Dentro de los estudios más recientes se encuentra el desarrollado por Elizalde (2005), quien se basa en el trabajo realizado por Houweling & Vorst (2003) para aplicar y probar su modelo de valoración de CDS en seis firmas españolas. Para la aplicación empírica, este autor utiliza datos diarios de precios de bonos y de cotizaciones de CDS de las diferentes firmas en un período comprendido entre Abril de 2001 y Abril de 2002. Dentro de los resultados del estudio se encuentra que las primas resultan ser más volátiles que las

encontradas en el mercado, y al igual que Houweling & Vorst (2003), el modelo trabaja mejor para aquellas firmas con un bajo riesgo de crédito.

Finalmente, para la estimación de estos modelos, algunos autores recurren al método Montecarlo. Dentro de los principales estudios cabe mencionar los trabajos realizados por Zhou (1997) y Hoogland, Neumann y Vellekoop (2002). Zhou (1997) propone un modelo de tipo estructural donde supone que el valor de una firma sigue un proceso de salto-difusión debido a que una firma puede estar en *default* debido a una caída inesperada de su valor. Dentro de las aplicaciones que Zhou (1997) realiza en su trabajo cabe destacar la valoración de CDS utilizando simulación Montecarlo, aunque para este caso no realiza ninguna aplicación empírica. Hoogland, Neumann y Vellekoop (2002) se basan en los modelos de riesgo de crédito de forma reducida de Duffie-Singleton (1995) y Jarrow - Turnbull (1997), y utilizan simulación Montecarlo para desarrollar un proceso que se caracteriza por realizar un único salto que representa el instante en que la firma cae en *default*. Este modelo es aplicado en la valoración de CDS, aunque como en el caso de Zhou (1997) no realizan ninguna aplicación empírica de éste.

## **2. Modelo de Valoración de CDS.**

No se encuentran en la literatura estudios de valoración de CDS enfocados específicamente en mercados emergentes. Para el caso colombiano, donde no existen instrumentos derivados de crédito y el mercado de bonos corporativos tiene baja liquidez, no es posible aplicar los modelos presentados anteriormente. Ante las limitaciones expuestas, la metodología que se propone para valorar CDS parte de un modelo de riesgo de crédito de forma reducida. Ello se justifica por dos razones: estos modelos han probado ser mejores empíricamente para determinar las primas de los CDS y la información requerida para la estimación del modelo es posible tomarla de fuentes externas pues obedece a estándares internacionales.

A continuación se propone un modelo que consiste en desarrollar una simulación basada en procesos estocásticos de salto que permiten capturar discontinuidades y de esta forma generar diversas trayectorias de precios de bonos corporativos sujetos al riesgo de *default* durante el período de vigencia del CDS. El modelo de riesgo de crédito que se utiliza se basa en el propuesto por Duffie y Singleton (1999). En él, el activo está sujeto a un proceso estocástico del tipo *Stopped Poisson*, el cual se caracteriza porque no sigue siendo efectivo después del primer salto. Inmediatamente después de la ocurrencia del *default*, el valor del activo sujeto a este proceso cae a un nivel proporcional a su tasa de recuperación.

Considere un mercado con un bono corporativo  $S$  cuya dinámica es la siguiente:

$$\left. \frac{dS}{S} = \mu dt + (R-1)dq \right\} \text{ para } t \leq t_d \quad (1)$$

Donde,

- $dq$ , es un proceso Poisson que se detiene después del primer salto en el momento  $t_d$
- $t$ , identifica el tiempo
- $t_d$ , es el instante en que el título cae en *default*
- $\mu$ , es el *spread* de crédito, es decir el retorno que ofrece el bono corporativo en exceso de la tasa libre de riesgo.
- $R$ , es la tasa de recuperación del bono corporativo. Se refiere al porcentaje del precio del valor del título que se recupera después del *default*.

En el momento del *default*, el salto del precio del bono corporativo es:

$$S_{t_d} = R \times S_{t_d^-},$$

La expresión anterior indica que el precio del bono corporativo después del evento de crédito corresponderá a un porcentaje del precio que tenía el título antes de producirse el

*default*. Esto es llamado por Duffie y Singleton “recuperación del valor de mercado”, el cual es un supuesto básico para el modelo de riesgo de crédito.

Del proceso (1), se obtiene:

$$dS = \mu S dt + (R-1) S dq \quad (2)$$

Aplicando el lema de Ito se obtiene (Ver apéndice A):

$$S_t = S_0 \times e^{\mu dt} \times e^{\ln(R) dq} \quad (3)$$

Bajo el supuesto de valoración neutral al riesgo, se tiene que  $\mu = 0$ , por tanto el proceso que se utiliza en la simulación Montecarlo es:

$$S_t = S_0 \times e^{\ln(R) Dummy} \quad (4)$$

Donde

R: Tasa de Recuperación

$\lambda$ : Tasa de Default

Dummy:  $\begin{cases} 1 \text{ si ocurre default, } p = \lambda dt \\ 0 \text{ caso contrario, } p = (1 - \lambda) dt \end{cases}$

En particular, para valorar un CDS, se propone la siguiente metodología basada en la aplicación del método Montecarlo:

1. Sea S el valor par de un bono corporativo que sigue el proceso descrito en (1).
2. Sea  $t_d$  el momento en el cual el bono cae en *default* y T el vencimiento del CDS cuyo subyacente es este bono.

3. Con el método Montecarlo se generan diversas trayectorias para modelar  $t_d$ . En el momento en que se produce el evento de *default*, el proceso termina (*Stopped Poisson* o *Jump Stop*) en esa trayectoria.

4. En cada escenario simulado, si  $t_d \leq T$ , el valor del bono cae a:

$$R \times \text{Valor Par del bono}$$

$R$ : Tasa de recuperacion del bono corporativo

$$\text{Valor Par del bono} = 1$$

5. El vendedor de la protección deberá realizar en el momento de *default* el siguiente pago:

$$(1 - R) \times \text{Valor Par del bono}$$

6. Finalmente, se determina la prima del CDS de tal forma que:

$$\text{VP Pagos por Default} = \text{VP Pagos de la prima}$$

El valor presente de los pagos en aquellas trayectorias donde ocurre el *default* se calcula descontando dicho pago a la tasa libre de riesgo, bajo el supuesto de valoración de riesgo neutral. Este valor debe ser igual al valor presente de los pagos por concepto de prima periódica del CDS, para que el valor del swap sea cero en el momento cero. Luego el pago periódico de la prima en puntos básicos corresponde a la anualidad calculada a partir del valor presente de los pagos por *default*, del tiempo estipulado para el CDS y la periodicidad pactada para el pago de la prima.

Para aplicar este método de valoración de CDS se requiere información sobre la tasa de recuperación del bono corporativo y la probabilidad de *default* medida por el parámetro de intensidad  $\lambda$  del proceso Poisson.

La tasa de recuperación  $R$  se mide como un porcentaje sobre el valor par del bono. Para su estimación se puede partir de datos históricos del comportamiento de pago del activo subyacente, lo cual frecuentemente resulta difícil. Otra forma sería fijar un valor a priori, lo cual podría ser viable como último recurso pues en el caso de los CDS la prima es relativamente insensible a la tasa de recuperación asumida. Una tercera forma es recurrir a información disponible de bonos corporativos de similares características. Esta es la vía a seguir en este estudio para la calibración del modelo y su posterior aplicación en Colombia. Las tasas de recuperación que se utilizan han sido estimadas por Moody's Investors Service, y se presentan en la Tabla 1. Estas tasas se encuentran entre un 28.9% y un 57.4% del valor par del bono. Cabe aclarar que las tasas de recuperación no dependen de la calificación que tenga el título, sino de su clase.

Clase	Tasa de recuperación promedio (%)
Senior secured	57.4
Senior unsecured	44.9
Senior subordinated	39.1
Subordinated	32.0
Junior Subordinated	28.9

**Tabla 1.** Tasas de recuperación en bonos corporativos como porcentaje de su valor nominal. 1982 – 2004. Fuente: Moody's Investors Service.

En cuanto a la probabilidad de *default* la literatura sugiere dos metodologías principalmente. La primera consiste en modelar estas probabilidades mediante procesos tipo Vasicek o Cox-Ingersoll-Ross (CIR). La segunda es determinar una probabilidad constante o seleccionar un proceso estocástico de manera tal que la probabilidad de supervivencia pueda ser conocida de manera analítica.

Para la calibración y posterior aplicación del modelo, la probabilidad de *default* se considera constante y exógena. En la mayoría de modelos para la valoración de CDS, estas probabilidades se obtienen al estimar las tasas de default  $\lambda$  a partir de los precios de los

bonos corporativos. La probabilidad instantánea de default entre un período y el siguiente será igual a  $\lambda dt$ .

La información sobre la tasa de *default* se obtiene de estimaciones hechas por la firma calificadora Moody's Investors Service. En la tabla 2, se presentan las tasas de default acumuladas que han sido calculadas por esta firma para diferentes calificaciones de bonos corporativos sobre los cuales se han emitido CDS. Estas calificaciones van desde Aaa, que es la mejor calificación, hasta Caa, la peor. Como es de esperarse, las tasas de *default* acumuladas se incrementan a medida que el plazo del título sea mayor y que su calificación sea más baja. Por ejemplo, en el caso de un título sobre el cual existe un CDS cuya calificación es Baa y con vencimiento en 5 años, la tasa de default acumulada es 2.16%.

Finalmente, se asume que la calificación del título permanece constante durante todo el periodo pactado para el CDS, en concordancia con la mayoría de los estudios revisados con excepción de Walker (2005).

Calificación	1	2	3	4	5	7	10	15	20
Aaa	0.00	0.00	0.00	0.04	0.12	0.29	0.62	1.21	1.55
Aa	0.02	0.03	0.06	0.15	0.24	0.43	0.68	1.51	2.70
A	0.02	0.09	0.23	0.38	0.54	0.91	1.59	2.94	5.24
Baa	0.20	0.57	1.03	1.62	2.16	3.24	5.10	9.12	12.59
Ba	1.26	3.48	6.00	8.59	11.17	15.44	21.01	30.88	38.56
B	6.21	13.76	20.65	26.66	31.99	40.79	50.02	59.21	60.73
Caa	23.65	37.20	48.02	55.56	60.83	69.36	77.91	80.23	80.23

**Tabla 2.** Promedio de tasas de *default* acumuladas (%). 1973 – 2003. Fuente: Moody's Investors Services

En la tabla 3, se calcularon las tasas de default promedio para cada año. Estos promedios se obtienen como la tasa de default acumulada sobre el número de años por el cual se realiza el CDS. Para el caso del bono cuyo CDS a 5 años tiene una calificación Baa, la tasa de default promedio para cada año será igual a  $\lambda_{promedio} = \frac{2.16\%}{5} = 0.0044 = 0.44\%$ , por

tanto, la probabilidad promedio de que el bono caiga en default durante un año corresponde a  $\lambda dt = 0.44\% \times 1 = 0.44\%$

	$\lambda_1$ prom	$\lambda_2$ prom	$\lambda_3$ prom	$\lambda_4$ prom	$\lambda_5$ prom	$\lambda_7$ prom	$\lambda_8$ prom	$\lambda_9$ prom	$\lambda_{10}$ prom
<b>Aaa</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0008
<b>Aa</b>	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0010	0,0014
<b>A</b>	0,0002	0,0005	0,0008	0,0010	0,0011	0,0013	0,0016	0,0020	0,0027
<b>Baa</b>	0,0020	0,0029	0,0035	0,0041	0,0044	0,0047	0,0052	0,0064	0,0067
<b>Ba</b>	0,0127	0,0177	0,0206	0,0225	0,0237	0,0240	0,0236	0,0246	0,0244
<b>B</b>	0,0641	0,0740	0,0771	0,0775	0,0771	0,0749	0,0694	0,0598	0,0467
<b>Caa</b>	0,2698	0,2326	0,2181	0,2028	0,1875	0,1690	0,1510	0,1081	0,0811

**Tabla 3.** Tasas de default periódicas ( $\lambda dt$ ). Fuente: Cálculo de los autores

Para la calibración del modelo se estima el valor de un CDS con vencimiento de 5 años, a una tasa libre de riesgo igual al 5% anual, una tasa de recuperación  $R$  igual a 40% y un  $\lambda$  promedio igual a 0.02 para cada año, los cuales corresponden a los parámetros utilizados por Hull y White (2000) en su modelo de valoración. El resultado que se obtiene es plenamente satisfactorio, con un valor estimado de la prima del CDS de 124 puntos básicos igual al obtenido por estos autores tal como puede apreciarse en la Tabla 4.

CDS 5 años	
Tasa libre de riesgo $r$	0,05
$T$	5
Lambda promedio	0,02
Tasa de Recuperación	0,4
Valor presente pagos	0,0537
<b>Prima CDS</b>	<b>124</b>
Error	0,0051
Límite Inferior pagos	0,043704
Límite Superior pagos	0,063696
Límite Inferior CDS	101
Límite Superior CDS	147

**Tabla 4.** Resultados valoración de CDS utilizando parámetros del modelo de Hull y White (2000)

### 3. Aplicación del modelo al caso colombiano

Luego de garantizarse una buena calibración del modelo, se procede a realizar su aplicación al caso colombiano con base en la información limitada que se tiene, de acuerdo con lo explicado previamente. Para realizar diferentes estimaciones del valor de un potencial CDS emitido sobre un bono corporativo de un emisor colombiano, se utiliza una tasa de recuperación  $R$  del 40%, un vencimiento de 5 años<sup>1</sup> y las tasas de *default* promedio ( $\lambda$ ) de la tabla 3.

En este caso es necesario tener presente que una calificación asignada a una entidad no soberana es frecuentemente la misma o más baja que la asignada a los títulos soberanos del país de su domicilio (Standard & Poors, 2007). Para el caso de Colombia, Standard & Poors

<sup>1</sup> La tasa de recuperación del 40% y el vencimiento de 5 años, son parámetros correspondientes a los CDS más líquidos en el mercado de derivados de crédito en el mundo.

recientemente ha asignado una calificación de BBB- a los bonos del gobierno, colocando de esta forma al país en una escala de grado de inversión. Se espera que pronto esta misma calificación sea asignada por las otras firmas calificadoras como la Fitch Ratings y Moody's. De esta forma, según la escala de Moody's que se ha venido utilizando, los títulos soberanos de Colombia tendrían una calificación equivalente a Baa.

Lo anterior obliga a hacer una reclasificación de los títulos de entidades colombianas sobre los cuales potencialmente se podrían emitir CDS<sup>2</sup>. Esta reclasificación consiste en asignar una calificación de Baa a los títulos corporativos que dentro del país están calificados como Aaa, Ba a los calificados Aa y así sucesivamente. (Ver Apéndice B, Anexo 2). Después de realizar la reclasificación de las calificaciones de los títulos se procede a estimar el valor de los CDS para el caso colombiano, utilizando parámetros de mercados internacionales como la tasa de recuperación del 40%, un vencimiento de 5 años y las tasas de default suministradas por Moody's que se muestran en la tabla 2; el único parámetro que difiere a los de las estimaciones anteriores corresponde a la tasa libre de riesgo para Colombia, que actualmente se acerca a un 10%<sup>3</sup>.

En la tabla 5 se muestran los resultados de la valoración de CDS utilizando parámetros del mercado para el caso de los Estados Unidos. Al considerar los resultados obtenidos utilizando el modelo y comparándolos con primas del mercado, se observa que las emisiones de CDS con muy buena calificación crediticia tienen primas muy similares, este es el caso de las calificaciones Aa y Baa. Sin embargo, a medida que la calificación del CDS es más baja, el modelo tiende a sobreestimar las primas, como es el caso de aquellos títulos con calificaciones B y Caa.

---

<sup>2</sup> En la actualidad Colombia no cuenta con un mercado de derivados de crédito

<sup>3</sup> Esta tasa libre de riesgo corresponde a una aproximación a la tasa ofrecida por los TES en pesos con vencimiento en 5 años.

CDS 5 años	
Tasa libre de riesgo r	0,05
T	5

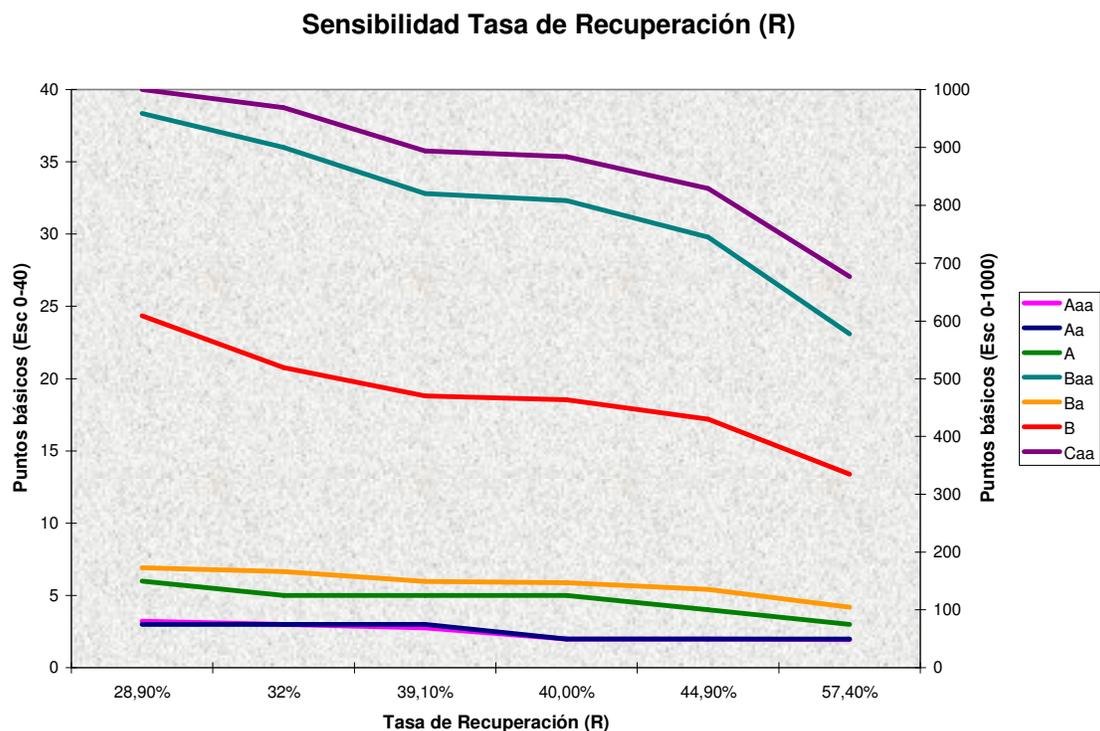
	Aaa	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa
Lambda promedio	0,00024	0,0005	0,0011	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
Tasa de Recuperación	40,0%						
Valor presente pagos	0,001	0,001	0,002	0,014	0,0636	0,201	0,3828
Error	0,0007	0,0007	0,0010	0,0027	0,0056	0,0087	0,0098
<b>Prima CDS</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>32</b>	<b>147</b>	<b>464</b>	<b>884</b>
	-	-					
Límite Inferior pagos	0,00044	0,00044	0,00004	0,00871	0,05262	0,18395	0,36359
Límite Superior pagos	0,00244	0,00244	0,00396	0,01929	0,07458	0,21805	0,40201
Límite Inferior CDS	0	0	0	20	122	425	840
Límite Superior CDS	6	6	9	45	172	504	929

**Tabla 5.** Resultados de la valoración de CDS utilizando parámetros del mercado de EEUU

Los resultados anteriores concuerdan con los obtenidos por Houweling & Vorst (2003) y Elizalde (2005), en cuyos estudios empíricos obtuvieron muy buenas aproximaciones para CDS sobre aquellos títulos cuyas calificaciones se encontraban en grado de inversión, mientras que para el caso de títulos con altos rendimientos las primas de los CDS tendían a ser sobrevaloradas en sus modelos.

El mismo proceso de valoración se realiza para diferentes tasas de recuperación con el objetivo de observar la sensibilidad de las primas de los CDS ante variaciones en las tasas de recuperación de los bonos. Las tasas de recuperación utilizadas son aquellas presentadas en la tabla 1. Los resultados obtenidos se observan en la figura 4. En ella se puede observar que, en general, el valor de las primas de los CDS es poco sensible a cambios en la tasa de recuperación del título, y por tanto, su valor depende más de su probabilidad de *default* que

de su tasa de recuperación. Lo anterior confirma los resultados obtenidos en otros estudios empíricos.



**Figura 4.** Sensibilidad primas CDS ante variaciones en la tasa de recuperación (R)

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos para CDS potenciales que se podrían ofrecer en Colombia. Para el caso de un CDS a 5 años sobre un bono corporativo con calificación Aaa en el país o Baa internacionalmente, la prima anual estaría entre 20 p.b.s y 46 p.b.s, y así sucesivamente. En el anexo 2, se presenta una lista de títulos colombianos con su respectiva reclasificación y con un intervalo en el cual podría encontrarse la prima de un CDS. Un aspecto interesante en esta valoración es que las primas son muy similares a las obtenidas para el caso de Estados Unidos donde la tasa libre de riesgo era del 5% anual; esto demuestra una muy baja sensibilidad del modelo de valoración a la tasa de interés libre de riesgo.

<b>CDS 5 años</b>	
Tasa libre de riesgo r	<b>10,00%</b>
T	<b>5</b>

	<b>Baa</b>	<b>Ba</b>	<b>B</b>	<b>Caa</b>
<b>Lambda promedio</b>	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
<b>Tasa de Recuperación</b>				
<b>Valor presente pagos</b>	0,0126	0,0568	0,1772	0,3314
<b>Error</b>	0,0025	0,005	0,0077	0,0085
<b>Prima CDS</b>	<b>33</b>	<b>150</b>	<b>467</b>	<b>874</b>
<b>Límite Inferior pagos</b>	0,0077	0,047	0,162108	0,31474
<b>Límite Superior pagos</b>	0,0175	0,0666	0,192292	0,34806
<b>Límite Inferior CDS</b>	20	124	428	830
<b>Límite Superior CDS</b>	46	176	507	918

**Tabla 6.** Resultados de la valoración de CDS utilizando parámetros para el caso colombiano.

## CONCLUSIONES

En Colombia, los inversionistas son reacios a invertir en bonos y otros títulos cuya calificación de riesgo no se encuentre en los niveles más altos de calidad crediticia. La razón principal se debe a que, tal como lo expresa BRC Investor Services (2006), falta conocimiento y capacitación, por parte de la comunidad empresarial y financiera del país, en la utilización de nuevos mecanismos de cobertura eficientes como es el caso de los derivados de crédito.

El desarrollo de un mercado como el de los derivados de crédito en el país, permitiría a los inversionistas nacionales y extranjeros invertir en títulos que se encuentren en grado de especulación y, con ello, obtener rentabilidades más altas. El riesgo de crédito de estas inversiones estaría adecuadamente cubierto mediante la utilización de instrumentos tales como los CDS analizados en este estudio.

Inicialmente podría pensarse que en Colombia no es viable tener un mercado de derivados de crédito debido al pequeño tamaño y la baja liquidez del mercado de bonos corporativos. Sin embargo, como es el caso de otros países emergentes, el mercado de derivados de crédito ha contribuido al desarrollo del mercado de bonos corporativos no solo de grado de inversión sino también de grado de especulación, debido a la cobertura que estos instrumentos ofrecen a los diferentes inversionistas.

Igualmente, en el país existe un creciente interés por incrementar la participación de las empresas en el mercado de capitales, y la existencia de instrumentos como los derivados de crédito promoverían esta mayor participación.

Este trabajo ha sido un primer paso, para que tanto inversionistas como futuros proveedores de estos instrumentos derivados en el país, específicamente CDS, tengan herramientas para medir el riesgo de crédito al cual se exponen o el que están cubriendo, ante las limitaciones de información existentes. Modelos de valoración como el presentado aquí permitirá

desatar el nudo gordiano que existe en el país, el cual consiste en que no existe liquidez de bonos corporativos porque no hay instrumentos de cobertura, y no es posible desarrollar instrumentos de cobertura debido a la baja liquidez del mercado de bonos corporativos.

Para el caso de Colombia, se hace necesario la escogencia de modelos de forma reducida y el uso de Simulación tipo Montecarlo, debido a que estos se convierten en herramientas útiles cuando no existe suficiente información del mercado como es el caso de los mercados emergentes o cuando los supuestos de los modelos analíticos existentes son muy fuertes de manera que una aproximación numérica tendría más sentido.

Dentro de la valoración de CDS, el parámetro más importante corresponde a las probabilidades de default de cada título en particular. En este caso, se utilizaron estándares internacionales, sin embargo, en el futuro cuando el mercado de bonos corporativos presente una mayor liquidez y exista un número suficiente de datos, la estimación de estos parámetros se podrá hacer para cada entidad en particular.

El modelo propuesto en este trabajo obtiene muy buenos resultados en títulos que se encuentran en grado de inversión, y tiende a sobrevalorar las primas para aquellos títulos que se encuentran en el último nivel de grado de especulación. Por otro lado, se concluye que la sensibilidad de las primas de los CDS es baja con respecto a la tasa de recuperación y a la tasa de interés libre de riesgo. Estos resultados confirman aquellos obtenidos en otros estudios empíricos realizados en países con un mercado de derivados de crédito desarrollado.

## REFERENCIAS

Anson, M et al. (2004). Credit derivatives, instruments, applications and pricing. The Frank J. Fabozzi Series. Wiley Finance. USA. 341 p.

Asobancaria. (2006). “Los Derivados de Crédito: Una excelente herramienta para la mitigación del riesgo”. En: *La Semana Económica*. No. 542. 4 p.

Banco de la República de Colombia. (2006). *Circular Reglamentaria Externa DODM 144 de 2006*.

Black, F, and Cox, J. (1976). “Valuing Corporate Securities: Some Effects of Bond Indenture Provisions”. In: *Journal of Finance*. 351-367.

BRC Investor Services (1996). Derivados de Crédito. En: Notas del Mercado de Capitales. No. 2.

Collin-Dufresne, P., Goldstein, R. S. and Martin, J. S. (2001). “The Determinants of Credit Spread Changes”. In: *Journal of Finance* 56,177-207.

Dufey, G and Rehm F. (2000). *An Introduction to Credit Derivatives*. University of Michigan: Business School. Working paper 13. 9 p.

Duffie, D. (1999). “Credit swap valuation”. In: *Financial Analysts Journal* (January{February), 73-85.

Duffie, D. and Lando, D., 2001, Term structure of credit spreads with incomplete accounting information, *Econometrica* 69, 633-664.

Elizalde, A. (2005). “Credit Default Swap Valuation: An application to Spanish Firms”. CEMFI and UPNA. 39 p.

Fan, H., and Sundaresan, S. (2000). “Debt Valuation, Renegotiation, and Optimal Dividend Policy”. In: Review of Financial Studies 13, 1057-1099.

Frey, R. and Schmidt, T. (2006). Pricing Corporate Securities under Noisy Asset Information, Working Paper, University of Leipzig.

Herkommer, D, 2006, Correlation Effects in Credit Risk Models with Incomplete Accounting Information, Working Paper, Goethe University, Mertonstr.

Hoogland, J, Neumann, D and Vellekoop, M (2002). “Symmetries in Jump-Diffusion Models with Applications in Option Pricing and Credit Risk”. In: International Journal of Theoretical and Applied Finance. Vol. 6. No.2, p. 135-172.

Houweling, P., and Vorst, A. (2003). “Pricing Default Swaps: Empirical Evidence.” Journal of International Money and Finance.

Hull, J. (2006). *Options Futures and Other Derivatives*. Sixth Edition. Ch 21. Prentice Hall. p.507-527

Hull, J., and White, A. (2000). “Valuing Credit Default Swaps I: No Counterparty Default Risk”. In: Journal of Derivatives 8, 29-40.

Hull, J., and White, A. (2001). “Valuing Credit Default Swaps II: Modeling Default Correlations”. In: Journal of Derivatives 8, 12-22.

Jarrow, R. A. and Turnbull, S. M. (1995). “Pricing derivatives with credit risk”. In: Journal of Finance 50(1), 53-85.

Jarrow, R. A., Lando, D. and Turnbull, S. M. (1997). “A Markov model for the term structure of credit spreads”. In: Review of Financial Studies 10(2), 481-523.

Leland, H. (1994). "Risky Debt, Bond Covenants and Optimal Capital Structure". *In: Journal of Finance* 49, 1213 - 1252.

Longstaff, F., and Schwartz, E. (1996). "A Simple Approach to Valuing Risky Fixed and Floating Rate Debt". *In: Journal of Finance*. 50, 789-821.

Merton, R. C. (1974). "On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates". *In: Journal of Finance* 29(2), 449-469.

Moody's Investors Services. (2004). "Historical Default rates of Corporate Bond Issuers, 1973-2003."

Pu, X. (1997). A Survey on Credit Default Swap Valuation. University of Massachusetts. 42 p. Working Paper.

Ranciere, R. (2002). *Credit Derivatives in Emerging Markets*. International Monetary Fund. 24 p.

Superintendencia Financiera de Colombia. (2006). *Valoración, Contabilización y Manejo de Riesgos de Operaciones con productos Derivados*. Circular Externa 013 de 2006. 35 p.

Walker, M. (2005). "Credit Default Swaps with Counterparty Risk: A Calibrated Markov Model". University of Toronto. 19 p.

Zhou, C. (1997). *A Jump-Diffusion Approach to Modelling Credit Risk and Valuing Defaultable Securities*. Federal Reserve Board. Washington D.C. 49 p.

Zhou, C. (2001). "The Term Structure of Credit Spreads with Jump Risk". *Journal of Banking and Finance*, 25, 2015-2040.

## APENDICE A:

### Aplicación del Lema de Ito en procesos estocásticos tipo Poisson o Pure Jump.

$$dS = \mu S dt + (R - 1) S dq; \xi = (R - 1) S$$

$$df = f_S dS + f_t dt + [f(S + \xi) + f(S)] dq$$

$$df = f_S \mu S dt + f_t dt + [f(S + \xi) + f(S)] dq$$

$$f = \ln S \Rightarrow f_S = 1/S; f_t = 0; [f(S + \xi) + f(S)] = [\ln RS - \ln S]$$

$$d \ln S = \mu dt + [\ln R] dq$$

$$S_{t+1} = S_t \times e^{(\mu dt)} \times e^{[\ln R] dq}$$

## APENDICE B: Anexos.

### ANEXO 1: Valoración de CDS ante variaciones en las tasas de recuperación

CDS 5 años	
Tipo	Senior Secured
Tasa libre de riesgo r	0,05
T	5

	AAA	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa
Lambda promedio	0,00024	0,0005	0,0011	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
Tasa de Recuperación	57,4%						
Valor presente pagos	0,00073571	0,00073571	0,0015	0,0099	0,0455	0,1448	0,2926
Error	0,00052133	0,00052133	0,00072592	0,0019	0,004	0,0065	0,0078
Prima CDS	2	2	3	23	105	334	676
Límite Inferior pagos	-0,00028610	-0,00028610	0,00007720	0,00617600	0,03766000	0,13206000	0,27731200
Límite Superior pagos	0,00175752	0,00175752	0,00292280	0,01362400	0,05334000	0,15754000	0,30788800
Límite Inferior CDS	0	0	0	14	87	305	641
Límite Superior CDS	4	4	7	31	123	364	711

CDS 5 años	
Tipo	Senior Unsecured
Tasa libre de riesgo r	0,05
T	5

	AAA	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa
Lambda promedio	0,00024	0,0005	0,0011	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
Tasa de Recuperación	44,9%						
Valor presente pagos	0,0009519	0,0009519	0,0019	0,0128	0,0585	0,1862	0,3589
Error	0,00067431	0,00067431	0,00093893	0,0025	0,0051	0,0081	0,0092
<b>Prima CDS</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>135</b>	<b>430</b>	<b>829</b>
Límite Inferior pagos	-0,000369748	-0,00037006	5,9697E-05	0,0079	0,048504	0,170324	0,340868
Límite Superior pagos	0,002273548	0,00227324	0,0037403	0,0177	0,068496	0,202076	0,376932
Límite Inferior CDS	0	0	0	18	112	393	787
Límite Superior CDS	5	5	9	41	158	467	871

CDS 5 años	
Tipo	Senior Subordinated
Tasa libre de riesgo r	0,05
T	5

	AAA	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa
Lambda promedio	0,00024	0,0005	0,0011	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
Tasa de Recuperación	39,1%						
Valor presente pagos	0,0011	0,0011	0,0021	0,0142	0,0645	0,2037	0,3871
Error	0,00074529	0,00074529	0,001	0,0028	0,0056	0,0088	0,0099
<b>Prima CDS</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>33</b>	<b>149</b>	<b>470</b>	<b>894</b>
Límite Inferior pagos	-3,61E-04	0,00036077	0,00014	0,008712	0,053524	0,186452	0,367696
Límite Superior pagos	2,56E-03	0,00256077	0,00406	0,019688	0,075476	0,220948	0,406504
Límite Inferior CDS	0	0	0	20	124	431	849
Límite Superior CDS	6	6	9	45	174	510	939

CDS 5 años	
Tipo	Subordinated
Tasa libre de riesgo r	0,05
T	5

	AAA	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa
Lambda promedio	0,00024	0,0005	0,0011	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
Tasa de Recuperación	32,0%						
Valor presente pagos	0,0012	0,0012	0,0023	0,0158	0,0718	0,2246	0,4195
Error	0,00083218	0,00083218	0,0012	0,0031	0,0063	0,0097	0,0106
<b>Prima CDS</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>36</b>	<b>166</b>	<b>519</b>	<b>969</b>
Límite Inferior pagos	-0,00043107	0,00043107	0,000052	0,009724	0,059452	0,205588	0,398724
Límite Superior pagos	0,00283107	0,00283107	0,004652	0,021876	0,084148	0,243612	0,440276
Límite Inferior CDS	0	0	0	22	137	475	921
Límite Superior CDS	7	7	11	51	194	563	1017

CDS 5 años	
Tipo	Junior Subordinated
Tasa libre de riesgo r	0,05
T	5

	AAA	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa
Lambda promedio	0,00024	0,0005	0,0011	0,0044	0,0237	0,0771	0,1875
Tasa de Recuperación	28,9%						
Valor presente pagos	0,0012	0,0012	0,0024	0,0166	0,0749	0,2636	0,433
Error	0,00087011	0,00087011	0,0012	0,0032	0,0065	0,0101	0,0108
<b>Prima CDS</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>38</b>	<b>173</b>	<b>609</b>	<b>1000</b>
Límite Inferior pagos	-5,05E-04	0,00050542	0,000048	0,010328	0,06216	0,243804	0,411832
Límite Superior pagos	2,91E-03	0,00290542	0,004752	0,022872	0,08764	0,283396	0,454168
Límite Inferior CDS	0	0	0	24	144	563	951
Límite Superior CDS	7	7	11	53	202	655	1049

## ANEXO 2: Títulos colombianos y valoración de CDS

Emisor	Sector	Monto	Plazo	Calificación	Nueva Clasificación	Fecha Última Revisión
Almacenes EXITO - Bonos Ordinarios	Venta al Detal	\$200.000 millones	5,7 y 10 años	AAA	BBB	22/09/2006
Banco Colpatría (Bonos Subordinados)	Bancos	\$80.000 millones	10 años	AAA	BBB	20/04/2007
Banco Davivienda (Bonos Subordinados)	Bancos	1.000 millones de UVR	10 años	AAA	BBB	15/12/2006
Banco de Comercio Exterior de Colombia - Bancoldex	Bancos	\$400.000 millones		AAA	BBB	20/06/2004
Bancolombia (Bonos Ordinarios)	Bancos	\$400.000 millones	5 años	AAA	BBB	13/10/2004
Bavaria S.A.	Industrial y Comercial	\$561.800 millones	1 a 20 años	AAA	BBB	18/05/2007
Bavaria S.A.	Industrial y Comercial	\$450.000 millones	1 a 20 años	AAA	BBB	18/05/2007
Bavaria S.A.	Industrial y Comercial	\$370.000 millones	3,5,7,10 Y 12	AAA	BBB	18/05/2007
Bavaria S.A.	Industrial y Comercial	\$150.000 millones	15 años	AAA	BBB	18/05/2007
Bavaria S.A.	Industrial y Comercial	\$700.000 millones	3,5,7,10 y 12	AAA	BBB	18/05/2007
Bogotá Distrito Capital	Entes Territoriales	\$250.000 millones	7 y 10 años	AAA	BBB	27/10/2006
Bogotá Distrito Capital	Entes Territoriales	\$2,0 billones	de 1 a 10	AAA	BBB	27/10/2006
Cementos del Caribe S.A.	Industrial y Comercial	600.000 millones	7, 10 y 12	AAA	BBB	03/11/2006
Codensa S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$500.000 millones	3 y 10 años	AAA	BBB	20/12/2006
Codensa S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$650.000 millones	-	AAA	BBB	20/12/2006
Comunicación Celular S.A. Comcel	Telecomunicaciones	\$750.000 millones.	Entre 3 y 10	AAA	BBB	12/02/2007
Comunicación Celular S.A. Comcel	Telecomunicaciones	\$500.000 millones	Entre 8 y 10	AAA	BBB	12/02/2007
Comunicación Celular S.A. Comcel	Telecomunicaciones	\$450.000 millones	3,5,7 y	AAA	BBB	12/02/2007
Concesiones Urbanas S.A.	Infraestructura	\$200.000 millones	2 y 4 años	AAA	BBB	28/03/2007
Departamento de Cundinamarca	Entes Territoriales	\$64.650 millones	5,7 y 10 años	AAA	BBB	16/05/2007
Emgesa S. A. E.S.P	Eléctrico	\$700.000 millones	1 y 25 años	AAA	BBB	12/02/2007
Empresa de Energía del Pacífico S.A. ESP	Eléctrico	\$320.000 millones	2 y 20 años	AAA	BBB	03/11/2006
EPM BOGOTÁ S.A. E.S.P.	Telecomunicaciones	\$205.000 millones	3,5,7 y	AAA	BBB	26/01/2007
EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P.	Servicios Públicos Integrados	1 billon de pesos	de 1 a 20	AAA	BBB	15/12/2006
EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P.	Servicios Públicos Integrados	\$200.000 millones	10 años	AAA	BBB	23/03/2007
EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P.	Servicios Públicos Integrados	\$100.000 millones	10 años	AAA	BBB	23/03/2007
Gas Natural S. A. E. S. P.	Gas	\$195.000 millones	1 y 7 años	AAA	BBB	25/04/2007
Grupo Aval Acciones y Valores S.A.	Holding	\$200.000 millones	5,7 y 10 años	AAA	BBB	07/07/2006
Grupo Aval Acciones y Valores S.A.	Holding	\$200.000 millones	6, 8 y 10	AAA	BBB	07/07/2006
Industria Nacional de Gaseosas S.A	Industrial y Comercial	\$100.000 millones	5 y 7 años	AAA	BBB	27/07/2006
Industria Nacional de Gaseosas S.A	Industrial y Comercial	\$45.000 millones	5 y 7 años	AAA	BBB	27/07/2006
ISA Interconexión Eléctrica S.A. - Bonos	Eléctrico	\$850.000 millones	1 a 30 años	AAA	BBB	06/06/2007
ISA Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$130.000 millones	10 años	AAA	BBB	06/06/2007
ISA Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$180.000 millones	10 años	AAA	BBB	06/06/2007
ISA Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$130.000 millones	10 años	AAA	BBB	18/03/2005
Leasing Colombia (Bonos Ordinarios)	Bancos	\$60.000 millones	-	AAA	BBB	09/06/2006
Leasing de Occidente (Bonos Ordinarios)	Compañías de Financiamiento Co	\$80.000 millones	7 años	AAA	BBB	16/09/2006
Metrodistrito S.A.	Infraestructura	\$125.000 millones	Según Serie	AAA	BBB	15/12/2006
Municipio de Medellín	Entes Territoriales	\$141.000 millones	10 años	AAA	BBB	18/10/2006
Municipio de Medellín	Entes Territoriales	\$200.000 millones	10 años	AAA	BBB	18/10/2006
Promigás S.A. E.S.P.	Gas	\$200.000 millones	5-10 años	AAA	BBB	22/09/2006
Seguros de Vida Alfa S.A.	Seguros - Vida	\$100.000 millones	5,7 y 10 años	AAA	BBB	15/12/2006
TranSelca S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$100.000 millones	9,10 y 12	AAA	BBB	03/05/2007
TranSelca S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$113.000 millones	7, 8 y 10	AAA	BBB	03/05/2007

Valor del CDS	
Min	Max
20	46

Emisor	Sector	Monto	Plazo	Calificación	Nueva	Fecha Última
					Clasificación	Revisión
Abonos Colombianos S.A. Abocol	Industrial y Comercial	\$35.000 millones	4 y 5 años	AA+	BB	05/03/2007
Actiunidos S.A.	Holding	\$100.000 millones	5, 7 y 10 años.	AA+	BB	07/07/2006
Autopistas del Café	Infraestructura	\$110.000 millones	7 años	AA+	BB	17/02/2006
Banco Colpatría (Bonos Subordinados)	Bancos	\$100.000 millones	10 años	AA	BB	29/09/2006
Banco de Bogotá (Bonos Subordinados)	Bancos	\$200.000 millones.	-	AA+	BB	20/12/2006
Banco de Occidente (Bonos Subordinados)	Bancos	\$80.000 millones	7 años	AA+	BB	21/12/2006
Banco de Occidente (Bonos Subordinados)	Bancos	\$40.000 millones	7 años	AA+	BB	20/04/2007
Banco de Occidente (Bonos Subordinados)	Bancos	\$75.000 millones	7 años	AA+	BB	18/08/2006
Banco Popular (Bonos Subordinados)	Bancos	\$100.000 millones	7 años	AA+	BB	20/04/2007
BBVA Colombia (Bonos Subordinados)	Bancos	\$400.000 millones.	-	AA+	BB	03/04/2007
Caracol Televisión S.A.	Medios	\$50.000 millones	5 años	AA+	BB	27/07/2006
Carreteras Nacionales del Meta (CNM)	Infraestructura	\$30.000 millones	5 y 7 años	AA+	BB	06/06/2007
Carulla - Vivero S.A.	Ventas al Detal	\$70.000 millones	7 años	AA	BB	25/04/2007
Carulla - Vivero S.A.	Ventas al Detal	\$150.000 millones	7 y 10 años	AA	BB	25/04/2007
Central Hidroeléctrica de Betania S.A. E.S.P.	Eléctrico	\$400.000 millones	5 y 7 años	AA+	BB	12/02/2007
Colombina S.A.	Alimentos	\$50.000 millones	-	AA+	BB	17/11/2006
Concesionaria TIBITOC S.A. E.S.P.	Agua	\$60.000 millones	-	AA	BB	03/04/2007
Departamento de Cundinamarca	Entes Territoriales	\$85.350 millones	5,7 y 10 años	AA+	BB	16/05/2007
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. EAAB	Agua	\$270.000 millones	7 y 10 años	AA+	BB	03/04/2007
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. EAAB	Agua	\$100.000 millones	7 y 10 años	AA+	BB	15/09/2006
Fundación WWB Colombia	financiero	120.000 millones	Entre 1 y 6 años	AA+	BB	24/11/2006
Gases de Occidente S.A. E.S.P.	Gas	\$70.000 millones	5, 7 y 10 años	AA	BB	20/01/2006
IMPSAT	Telecomunicaciones	\$45.000 millones	7 años	AA+	BB	06/10/2006
Leasing Bolívar (Bonos Ordinarios)	-	\$100.000 millones	-	AA+	BB	16/05/2007
Leasing de Crédito	-	\$200.000 millones	-	AA+	BB	30/05/2007
Leasing de Occidente S.A	Compañías de Financiamiento Co	\$150.000 millones	-	AA+	BB	15/09/2005
Orbitel S. A. E. S. P.	Telecomunicaciones	\$80.000 millones	7 años	AA+	BB	23/03/2007
Organización de Ingeniería Internacional S.A. Grupo Odinsa S.A.	Infraestructura	\$40.000 millones	5,6 y 7 años	AA+	BB	23/03/2007
Postobón S.A.	Industrial y Comercial	\$130.000 millones	5,7 y 10 años	AA+	BB	07/07/2006
Productos Naturales de la Sabana S.A. Alquería	Alimentos	\$50.000 millones	5,7 y 10 años	AA	BB	18/05/2007
Proyectos de Infraestructura PISA	Infraestructura	\$20.000 millones	10 años	AA+	BB	23/03/2007
Proyectos de Infraestructura PISA	Infraestructura	\$20.000 millones	5,7 y 10 años	AA+	BB	23/03/2007
Renting Colombia S.A.	Industrial y Comercial	\$120.000 millones	3 y 10 años	AA+	BB	25/04/2007
Renting Colombia S.A.	Industrial y Comercial	\$40.000 millones	3 y 10 años	AA+	BB	25/04/2007
Renting Colombia S.A.	Industrial y Comercial	\$20.000 millones	2 y 7 años	AA+	BB	25/04/2007
Sodimac Colombia S.A.	Venta al Detal	\$80.000 millones	7 y 10 años	AA+	BB	02/06/2006
Surtidora de Gas del Caribe S.A. E.S.P. - Surtigas S.A. ESP	Gas	\$60.000 millones	5,7 y 10 años	AA+	BB	15/12/2006
Triple A Barranquilla S.A. E.S.P.	Agua y Aseo	\$180.000 millones	10 años	AA+	BB	07/03/2007

Valor del CDS	
Min	Max
124	176

Fuente: BRC Investors Services. (2007)

Emisor	Sector	Monto	Plazo	Calificación	Nueva Calificación	Fecha Última Revisión	Valor del CDS	
Fundación Social	Holding	\$80.000	10 años	BBB	CCC	02/02/2007	Min	Max
Tableros y Maderas de Caldas S.A. - Tablemac	Industrial y Comercial	\$10.000	5 años	BBB-	CCC	24/11/2006	830	918

Fuente: BRC Investors Services. (2007)