

Aplicación de la metodología *OAS* al mercado español de renta fija corporativa AIAF

Antonio Díaz Pérez
Antonio.Diaz@uclm.es
Departamento de Análisis Económico y Finanzas, Universidad de Castilla La Mancha
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Plaza de la Universidad, 1, 02071 Albacete (España – Spain)
Tel: +34 967599200

Marta Tolentino*
Marta.Tolentino@uclm.es
Departamento de Análisis Económico y Finanzas, Universidad de Castilla La Mancha
Facultad de Derecho y Ciencias Sociales
Ronda de Toledo, s/n, 13071 Ciudad Real (España – Spain)
Tel: +34 926295300

RESUMEN

Los gestores de carteras que incluyen bonos con cláusulas de amortización anticipada necesitan indicadores de la rentabilidad de estos activos. Una medida habitualmente utilizada por los profesionales es el margen ajustado a la opción (*Option Adjusted Spread, OAS*). En este trabajo aplicamos la metodología *OAS* a bonos con opciones implícitas negociados en el mercado español de renta fija corporativa AIAF, en el periodo 1991-2004, con el objetivo de analizar las variables que determinan el *OAS* y el diferencial de rentabilidad, DR, de dichos activos. Además estudiamos la incidencia que tiene el uso de distintos modelos de tipos de interés en los resultados; así, implementamos los modelos consistentes con la ETTI de Ho y Lee (1986) y de Black, Derman y Toy (1990) para estimar el *OAS* y el DR. Las principales conclusiones que se derivan de nuestro estudio es que, si bien la elección del modelo de tipos de interés no produce diferencias significativas en los resultados, sí lo hace el procedimiento de estimación elegido para el *OAS*. Además, se demuestra que las diferencias se incrementan cuanto mayores son el plazo hasta el vencimiento de los títulos y el nivel de la ETTI.

PALABRAS CLAVE: Margen ajustado a la opción u *OAS*, bonos con opciones implícitas, modelos consistentes con la ETTI

Clasificación *JEL*: E43; G12; G13

*** Autor de contacto**

Agradecemos la financiación proporcionada por la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha PCI08-0089

Aplicación de la metodología *OAS* al mercado español de renta fija corporativa AIAF

1. Introducción

Los gestores de carteras que incorporan títulos con cláusulas de amortización anticipada necesitan indicadores de la rentabilidad de dichos activos. Cuando se trata de bonos corporativos sin opciones implícitas, el tanto interno de rendimiento (TIR) es un indicador apropiado de la rentabilidad de los bonos y el diferencial de rentabilidad (DR) o *Spread* calculado respecto a un título de referencia o *benchmark*, habitualmente el TIR de un activo de deuda pública, recoge el exceso de rendimiento por el nivel de riesgo asumido en la inversión. En cambio, si los títulos incorporan opciones, los flujos de caja generados por dichos activos estarán condicionados por la posibilidad de ejercicio de la opción, la cual, a su vez, depende de los tipos de interés futuros. Una medida habitualmente utilizada por los profesionales es el margen ajustado a la opción (en terminología anglosajona *Option Adjusted Spread* u *OAS*).

El *OAS* puede ser definido como la compensación que recibe el inversor en títulos de renta fija por el riesgo asumido (prima de liquidez, riesgo de insolvencia,..., e incluso el diferencial ocasionado por el modelo de estructura temporal elegido) neto de las opciones implícitas que los títulos puedan llevar incorporadas. Se trata, por tanto, de una medida diseñada para cuantificar el exceso de rendimiento esperado sobre el rendimiento de una cartera compuesta por bonos cupón cero de Deuda Pública que generase los mismos flujos de caja que el título arriesgado [Brown, 1999].

En este capítulo realizamos dos aportaciones fundamentales. La primera consiste en la aplicación de la metodología del margen ajustado a la opción a los títulos con opciones implícitas negociados en el mercado español de renta fija corporativa de referencia AIAF (Asociación de Intermediarios de Activos Financieros) a lo largo del periodo 1991-2004, realizando un análisis pormenorizado de las variables que determinan el *OAS* y el Diferencial de Rentabilidad (DR) de los activos analizados. En España es escasa la literatura que utiliza este tipo de metodología,

pudiendo citar por su relevancia a González y Jordá (2004), que aplican la metodología *OAS* a la valoración de una emisión de títulos hipotecarios.

Además, tratamos de analizar la incidencia que tiene el modelo utilizado para replicar la dinámica del tipo de interés a corto en los resultados. La práctica habitual en trabajos que tratan de analizar los factores de los que depende el *OAS* consiste en estudiar los datos proporcionados por *brokers* o empresas de inversión [Brown, 1999; Heidari y Wu, 2004; Becchetti, Carpentieri, Hasan, 2006] mientras que en este capítulo realizamos las estimaciones de la variable a partir de dos modelos consistentes con la ETTI. La elección para nuestro estudio de bonos con opciones implícitas, no hipotecarios, nos permite analizar esta circunstancia sin necesidad de introducir un modelo de prepago que, a su vez, condicionaría las conclusiones del análisis.

La metodología *OAS* consiste en el cálculo y análisis del diferencial constante que, añadido a los tipos de interés libres de riesgo en cada posible escenario futuro, permite obtener el precio de mercado del activo objeto de valoración. Entre sus principales aplicaciones destaca la valoración y cobertura de títulos hipotecarios que incluyen opciones de prepago o cancelación anticipada, y de bonos con opciones implícitas, que pueden ser de compra (bonos con *call* o *callable bonds*), de venta (bonos con *put* o *putable bonds*) o ambas.

En los títulos hipotecarios el riesgo de cancelación anticipada surge por la posibilidad que tienen los deudores de los préstamos hipotecarios que constituyen la garantía de amortizar, parcial o totalmente, dichos préstamos. Para valorar correctamente este tipo de activos, además de utilizar un modelo de tipo de interés, es imprescindible introducir una función de prepago o cancelación anticipada, lo que condiciona los resultados obtenidos.

Ambos aspectos han sido estudiados en la literatura; así, entre los trabajos que analizan cómo afecta la elección del modelo de tipo de interés en los resultados podemos destacar los propuestos por Archer y Ling (1995), que compara el modelo CIR (1985) y el modelo de BDT (1990), observando que con el primer modelo se sobrevaloran las opciones *call* por lo que se infravaloran los títulos que incorporan este tipo de opciones. Chen y Yang (1995) analizan cuál de los cuatro modelos de tipo de interés seleccionados, Vasicek (1977), Brennan y Schwartz (1982), CIR (1985) y Ho y Lee (1986) es el más apropiado para valorar títulos hipotecarios en el mercado americano llegando a la conclusión de que la capacidad de ajustar la ETTI con exactitud es la

característica más importante para valorar este tipo de activos, lo que sustenta la preferencia de los profesionales de la industria financiera por el uso de modelos consistentes con la ETTI. Brown (1999) plantea un modelo de regresión que aplica de forma separada a cinco series de *OAS* de títulos hipotecarios observando que el *OAS* depende positivamente del DR y de la volatilidad de los tipos de interés.

Heidari y Wu (2004), siguiendo una línea similar a la Brown (1999), parten del hecho de que los valores del *OAS* de los títulos con garantía hipotecaria son diferentes en función de los *brokers* o empresas financieras que los proporcionan. Esto sucede debido a que cada firma utiliza un modelo distinto para replicar la dinámica de los tipos de interés y porque esta divergencia se produce también en la elección del modelo de prepago. Lo que se cuestionan estos autores es, en primer lugar, cuáles deben ser las características deseables de un buen modelo de valoración de títulos hipotecarios, para posteriormente analizar en qué medida los modelos seleccionados recogen dichas características. Los resultados del estudio muestran que sólo uno de los seis modelos objeto de estudio cumple las condiciones impuestas que, según estos autores, es el modelo óptimo para el cálculo de cualquier medida de análisis. Spahr y Sunderman (1992) y Archer y Ling (1993), entre otros, analizan cómo varían los resultados del estudio en función del modelo de prepago utilizado. Por su parte, Cohler, Feldman y Lancaster (1997) introducen un factor de error en el modelo de prepago para explicar la correlación observada entre variaciones en el *OAS* de títulos hipotecarios respecto a variaciones en los tipos de interés.

Además de los anteriores, podemos encontrar títulos de renta fija privada con opciones implícitas que no surgen de un proceso de titulación hipotecaria, sino que son emitidos por empresas públicas y privadas para conseguir financiación. Jordan, Jordan y Jorgensen (1995) y Jordan, Jordan y Kuipers (1998) analizan títulos americanos de deuda pública con opciones implícitas. En este caso, su correcta valoración dependerá del modelo elegido para replicar la dinámica de los tipos de interés en el futuro y la metodología utilizada. Kupiec y Ka (1999) tratan de demostrar que el *OAS* surge como resultado de la omisión de importantes factores en el proceso de valoración de los títulos con opciones implícitas. Cavallo y Valenzuela (2007) aplican la metodología *OAS* al análisis de bonos corporativos en mercados emergentes, concluyendo que uno

de los factores más importantes que determina el diferencial de rentabilidad es el riesgo asociado a la situación económica del país en el que se negocian los títulos.

Con todo lo anterior, este trabajo se estructura de la forma siguiente. En el apartado segundo realizamos una descripción de los procedimientos de estimación del *OAS* a partir de los modelos de tipo de interés seleccionados, mientras que en el apartado tercero describimos la muestra de datos utilizada para nuestro análisis. En la sección cuarta se presentan los resultados de las estimaciones para el DR y el *OAS* calculado con los dos procedimientos descritos y en la quinta sección tratamos de explicar los factores de los que dependen dichos resultados a partir de un modelo de regresión en el que incluimos un conjunto de variables que recogen características tanto de la muestra como del mercado objeto de análisis. Por último, en el apartado sexto resumimos las principales conclusiones.

2. Definición de *OAS* y procedimientos de estimación

La valoración de bonos que incorporan opciones es diferente al de los bonos “convencionales” o que no incorporan cláusulas de amortización anticipada. Así, la valoración de un bono cupón cero o con pago periódico de cupones se realiza descontando los flujos de caja, esto es, cupones y nominal, en base a una estructura temporal de tipos de interés. Puede tratarse de la curva cupón cero o una curva que incorpore un DR compuesto por una prima por riesgo de liquidez, de crédito,...

Sin embargo, la valoración de bonos con opciones implícitas requiere el uso de un modelo de tipo de interés que represente la dinámica o evolución de los tipos en el futuro en función de la hipótesis de volatilidad del modelo elegido. Esto es así debido a que la cuantía de los flujos de caja de estos activos se altera por el ejercicio de la opción, hecho que vendrá determinado por la evolución de los tipos de interés en el futuro. Además, como se ha explicado en la sección anterior, cuando la ETTI introducida para calibrar el modelo de tipo de interés es la ETTI libre de riesgo, es necesario considerar el diferencial constante que, añadido a los tipos de interés libres de riesgo en cada posible escenario futuro, permita obtener el precio de mercado del activo objeto de valoración. Este diferencial es el *OAS* o margen ajustado a la opción.

El *OAS* puede ser definido como la compensación que recibe el inversor en títulos de renta fija por el riesgo asumido (prima de liquidez, riesgo de insolvencia,..., e incluso el diferencial

ocasionado por el modelo de estructura temporal elegido) neto de las opciones implícitas que los títulos puedan llevar incorporadas. El *OAS* es, por tanto, una medida diseñada para cuantificar el exceso de rendimiento esperado sobre el rendimiento de una cartera compuesta por bonos cupón cero de deuda del estado que generase los mismos flujos de caja que el título arriesgado [Brown, 1999]. De esta forma, si un bono incluye cláusulas de amortización anticipada, su *OAS* mide el diferencial de rentabilidad al que debería negociarse este título en el mercado si no incorporase opcionalidad.

A partir de su definición tenemos la primera metodología que utilizamos para el cálculo del *OAS*. Así, el *OAS* se calcula como el Diferencial de Rentabilidad (DR) menos el componente que se atribuye a la opción:

$$\text{Option-Adjusted Spread} = \text{DR} - \text{DR asociado a la opcionalidad} \quad [5.1]$$

Por otra parte, la expresión para determinar el TIR de un bono arriesgado es la siguiente

$$\text{TIR bono arriesgado} = \text{TIR bono libre de riesgo} + \text{DR} \quad [5.2]$$

de forma que podemos dividir el rendimiento del bono arriesgado con opciones implícitas en tres componentes

$$\begin{aligned} \text{TIR bono con opción} &= \text{TIR bono libre de riesgo} + \text{OAS} + \\ &+ \text{DR asociado a la opcionalidad} \end{aligned} \quad [5.3]$$

La utilización del *OAS* exige cierta cautela dadas las limitaciones del mismo [Finnerty y Rose, 1991], por lo que se hace necesario su correcta interpretación y el conocimiento de los supuestos del modelo empleado para su cálculo. Se trata de una medida específica para un activo determinado; además, será diferente en función del modelo de tipo de interés que se esté aplicando. Por otra parte hay que tener en cuenta que para el mismo título y el mismo modelo, el *OAS* varía a lo largo del tiempo y en función de los cambios producidos en los tipos de interés y en otros factores. Es por ello por lo que encontramos divergencias en la literatura que trata de explicar la naturaleza de esta variable y los factores de los que depende su evolución.

La segunda metodología para la estimación del *OAS* establece que el procedimiento para su cálculo se realiza en dos etapas¹:

¹ Véase Fabozzi (2002),

1.- A partir de un modelo consistente con la ETTI se genera la dinámica para los tipos libres de riesgo. Para nuestro estudio hemos seleccionado el modelo normal de Ho y Lee (1986) y el modelo lognormal de Black, Derman y Toy (1990).

2.- Los flujos de caja generados por el título objeto de valoración se descuentan a partir de los tipos de interés anteriores más un diferencial constante en cada escenario de las sendas que pueden seguir los tipos de interés futuros (*OAS*), lo que permite obtener el precio de mercado del activo. La variable calculada con esta metodología la denotamos como *OASpb*, para diferenciarla del *OAS* calculado a partir de la ecuación [5.1].

En la literatura es habitual encontrar dos métodos alternativos de implementación de los modelos consistentes con la ETTI para calcular el *OAS*, el método binomial y el método de simulación de Monte Carlo [Kupiec y Kah, 1999]. Finnerty y Rose (1991) demuestran que con el primero se obtienen resultados más precisos, por lo que para la implementación de los modelos consistentes con la ETTI de Ho y Lee y de Black, Derman y Toy utilizamos el método binomial.

Con la calibración de ambos modelos replicamos la ETTI cada uno de los días en los que ha habido negociación de cualquiera de las emisiones analizadas. Las estimaciones de las ETTIs se han realizado a partir del método de Nelson y Siegel (1987) ponderado por la duración de cada uno de los activos de deuda del Estado negociados durante la sesión.

Una vez calibrados los modelos disponemos de los tipos de interés libres de riesgo en cada nodo del árbol. Los precios calculados descontando los flujos de caja de los bonos con los tipos de interés de los árboles binomiales son precios de títulos no arriesgados. Con el fin de igualar los valores estimados a las cotizaciones de los bonos con cláusulas de amortización anticipada, calculamos el *OAS* añadiendo una cantidad fija en puntos básicos que, sumada a todos los tipos de interés del árbol binomial que utilizamos para descontar los flujos de caja de los títulos, permite obtener su valor de mercado.

Además calculamos para cada día el DR de los títulos como la diferencia entre el TIR del bono, obtenido a partir de su cotización, y el TIR de un bono teórico libre de riesgo con los mismos flujos de caja del original y cuyo precio se obtiene descontando dichos flujos a partir de los tipos de interés libres de riesgo, con el fin de compararlo con el *OAS* y el *OASpb*.

3. Descripción de la muestra

Para nuestro estudio seleccionamos las siete emisiones de títulos de renta fija con cláusula de amortización anticipada más negociadas en el mercado AIAF a lo largo del periodo comprendido entre 1991 y 2004. En la Tabla 5.1 se resumen las características de las mismas.

Tabla 1 Características de las emisiones analizadas

	Fecha emisión	Fecha vencimto.	Tanto cupón (%)	Tipo de opción	Precio de ejercicio	Fecha de ejercicio (FE)	Cantidad emitida (€)	Obs. hasta FE	Total Obs.
Ayuntamiento Barcelona	29/06/1994	29/06/2004	10.2	Call eur	100	29/06/2000	120,202,420	62	75
Banco de Crédito Local	14/12/1993	01/07/2003	8.40	Call eur	100	01/07/1998	177,665,188	129	129
Metro de Madrid	15/07/1993	15/07/2001	10.95	Call eur	101.25	15/07/1998	60,101,210	28	31
Red Eléctrica Española	05/07/1993	05/07/2003	10.20	Call eur	100	05/07/2000	30,050,605	66	68
Red Eléctrica Española	24/01/1992	22/12/1998	10	Call eur	100	22/12/1996	57,100,958	269	343
Renfe	25/11/1991	18/11/1998	11.10	Call eur	100	18/11/1996	60,101,210	20	20
Túnel Cadí	31/05/1994	31/05/2004	9.85	Put eur	100	31/05/2000	48,080,968	106	138
								Σ 680	Σ 804

Así tenemos que seis de las siete emisiones seleccionadas incluyen cláusulas de amortización anticipada a favor del emisor (*call*) mientras que sólo una lo hace a favor del propietario de los títulos (*put*). Si bien la muestra consta de 804 datos para las cotizaciones de las emisiones analizadas, omitimos para nuestro análisis los datos posteriores a la fecha de ejercicio de las opciones que los bonos llevan implícitas. Desde este momento ya no sería correcto hablar de *OAS*, sino de diferencial de rentabilidad. El DR lo calculamos para todos días y todas las emisiones analizadas hasta la fecha de ejercicio de la opción.

A partir de los datos de mercado correspondientes a las cotizaciones de los títulos, se genera la dinámica para el tipo de interés al contado libre de riesgo con los modelos consistentes con la ETTI de Ho y Lee y de Black, Derman y Toy. Para la calibración de dichos modelos cada día en el que existe negociación de cualquiera de las emisiones analizadas introducimos como *inputs* las ETTIs estimadas a partir de títulos de deuda libres de riesgo de insolvencia y de liquidez, y las volatilidades de los tipos de interés correspondientes a dichas fechas, construyendo árboles para los tipos de interés al contado divididos en intervalos de amplitud mensual. Descontando los flujos de caja generados por los títulos con los tipos anteriores obtenemos los precios libres de riesgo de los activos que proporcionan ambos modelos consistentes. Con el fin de igualar el precio de los títulos que proporcionan los modelos con el precio de mercado calculamos el *OAS* según el procedimiento descrito en el apartado 5.2.

Tal como lo hemos descrito anteriormente, el *OAS* es una cuantía constante en p.b. que, añadida a todos los tipos de interés del árbol binomial, permite obtener el precio de mercado del título. El *OAS* es, por tanto, una medida específica para una fecha y un título determinados, por lo que para nuestro estudio disponemos de 680 datos de *OAS* estimados a partir de los dos modelos consistentes con la ETTI (el modelo de Ho y Lee y el modelo de Black, Derman y Toy), 1.360 en total. Asimismo, determinamos el DR de los títulos seleccionados hasta la fecha de ejercicio de la opción, con el fin de poder comparar ambas medidas. Por último, y atendiendo a su definición, calculamos además el *OAS* como la diferencia entre el DR total de los títulos y la parte del DR atribuido a la opcionalidad según la expresión 5.1.

4. Resultados: análisis descriptivo

En primer lugar presentamos los resultados para el DR y el *OAS* estimado a partir de los procedimientos descritos con anterioridad, hasta la fecha de ejercicio para cada una de las emisiones analizadas con el fin de observar su evolución. Comparamos dichos resultados con los valores de la prima de las opciones que los bonos llevan implícitas y que se han calculado como la diferencia entre el TIR del bono con opciones implícitas y el TIR de un bono análogo que no incorporase opcionalidad

$$Prima_t (\text{p.b.}) = TIR_t - TIR_t \text{ s/o} \quad [5.4]$$

En la expresión anterior, *Prima_t* es el valor en puntos básicos de la prima de un bono con cláusulas de amortización anticipada. *TIR_t* es el tanto interno de rentabilidad del bono con cláusulas de amortización anticipada calculado a partir del precio del título estimado con los modelos de HL y de BDT, mientras que *TIR_t s/o* es el tanto interno de rentabilidad de un bono análogo al anterior que no incorporase la opción.

En las Tabla 5.2 se muestran los principales estadísticos descriptivos de los resultados obtenidos para cada una de las emisiones a partir de los modelos de HL y de BDT, respectivamente. Así, en las columnas 3-7 de las tablas aparecen los datos de los estadísticos para el *OAS* calculado como diferencia entre el DR total y la parte del DR atribuida a la opcionalidad (ecuación 5.1), mientras que en las columnas 8-12 los resultados se corresponden con las estimaciones del *OAS* p.b., que se ha calculado añadiendo una cantidad constante de p. b. a los

tipos de interés al contado en cada nodo del árbol binomial que permita igualar el precio estimado del bono con su valor de mercado. Por último, las columnas 13-17 recogen los resultados de los estadísticos para el DR.

En general, los valores obtenidos con el modelo de BDT son ligeramente superiores a los que se tienen con el modelo de HL, como se comprueba al observar los estadísticos, al igual que ocurre con la dispersión de los resultados, si bien es cierto que las diferencias son mínimas en la mayoría de los casos. Para determinar si el *OAS* calculado con ambas metodologías y el DR presentan diferencias significativas entre modelos realizamos los contrastes de medias, medianas y varianzas cuyos resultados aparecen en la Tabla 5.3. Con el fin de examinar si existen diferencias entre las medias aplicamos el contraste Anova-F, los contrastes de Wilcoxon-Mann-Whitney, Kruskal-Wallis y van der Waerden para las diferencias entre medianas y, para analizar las varianzas, los contrastes de Bartlett, Levene y Brown-Forsythe.

Por su parte, las Figuras 5.1.1-5.1.7 ilustran la evolución del *OAS*, el *OAS* p.b., el DR y el valor de la prima de la opción estimados con ambos modelos consistentes con la ETTI para cada una de las emisiones. Así, en la parte superior se representa la evolución de las tres primeras mientras que la parte inferior muestra los valores de la prima de las opciones, en puntos básicos, estimados como diferencia entre el TIR de un bono con opciones implícitas menos el TIR de un bono análogo que no incluyese dichas opciones.

Tabla 2 Estadísticos correspondientes a los resultados de las estimaciones del OAS, OASpb y el DR obtenidas a partir de los modelos de HL y de BDT.

Ho y Lee																
OAS																
OAS p.b.																
DR																
	Nº Obs.	Media	D.T.	Max.	Mín.	Mediana	Media	D.T.	Max.	Mín.	Mediana	Media	D.T.	Max.	Mín.	Mediana
Total muestra	680	-52.1	206.9	403.0	-915.0	1.0	9.2	163.1	564.9	-696.7	24.3	-21.4	182.8	564.5	-889.8	4.3
Ayto. Barcelona	62	21.8	157.6	297.1	-625.3	12.8	57.0	137.4	359.9	-339.3	34.3	47.9	145.3	362.0	-400.7	17.4
Banco Crto. Local	129	5.1	115.5	173.7	-434.7	35.2	46.0	47.1	175.2	-174.5	40.1	36.6	54.0	175.1	-173.4	35.9
Metro de Madrid	28	43.2	78.2	197.8	-121.3	23.6	64.9	97.2	390.9	-46.3	30.3	65.1	99.8	409.0	-48.2	31.7
Red Eléct. Esp.	66	-7.3	85.6	403.0	-351.7	-1.2	21.3	65.3	409.0	-157.7	13.6	8.3	72.5	406.6	-228.2	4.0
Red Eléct. Esp. b.	269	-120.5	242.3	388.8	-915.0	-84.0	-52.5	210.0	564.9	-696.7	-36.3	-68.6	221.5	564.5	-732.1	-56.4
Renfe	20	-142.8	241.7	167.1	-662.9	-85.4	-7.8	115.0	167.4	-278.5	32.8	-10.9	100.0	167.1	-229.1	10.9
Túnel Cadí	106	-27	233.3	319.2	-889.8	17.3	74.1	142.9	477.9	-226.9	67.9	-56.0	226.1	247.0	-889.8	-7.2
Black, Derman y Toy																
OAS																
OAS p.b.																
DR																
	Nº Obs.	Media	D.T.	Max.	Mín.	Mediana	Media	D.T.	Max.	Mín.	Mediana	Media	D.T.	Max.	Mín.	Mediana
Total muestra	680	-49.0	211.9	405.3	-898.6	0.5	18.6	167.4	586.1	-605.3	33.1	-18.0	191.0	585.6	-886.8	8.1
Ayto. Barcelona	62	25.2	158.0	302.4	-621.9	17.3	60.7	137.7	364.2	-332.1	40.5	47.9	145.3	362.0	-400.7	17.4
Banco Crto. Local	129	8.9	115.5	173.1	-434.7	40.7	54.7	52.3	235.8	-171.8	48.7	40.4	54.2	176.8	-170.4	41.3
Metro de Madrid	28	48.7	77.7	201.9	-110.5	26.6	71.0	96.5	400.8	-30.6	35.1	70.4	98.6	413.0	-38.5	36.1
Red Eléct. Esp.	66	-43.9	193.1	405.3	-401.8	-136.2	-16.3	205.4	409.2	-405.3	-134.3	-17.2	204.9	406.8	-401.8	-135.7
Red Eléct. Esp. b.	269	-109.3	241.0	404.4	-898.6	-72.1	-30.1	199.0	586.1	-605.3	-22.1	-58.0	220.6	585.6	-710.9	-48.0
Renfe	20	-135.2	242.8	183.6	-662.9	-82.7	24.8	114.4	184.3	-278.5	44.4	-2.0	100.8	183.8	-224.4	22.9
Túnel Cadí	106	-22.9	234.0	321.2	-886.8	21.7	80.1	144.2	481.0	-221.4	72.0	-52.9	226.5	249.4	-886.8	-5.3

Tabla 3 Contrastes de igualdad de medias, medianas y varianzas para las variables *OAS*, *OAS p.b.* y *DR* estimadas a partir de los modelos de Black, Derman y Toy y de Ho y Lee.

TEST	<i>OASHL-OASBDT</i>	<i>OASp.b.HL-OASp.b.BDT</i>	<i>DRHL-DRBDT</i>
Media			
Anova-F	0.07	1.09	0.11
Mediana			
Wilcoxon-Mann-Whitney	0.40	1.09	0.31
Kruskal-Wallis	0.16	1.19	0.09
van der Waerden	0.48	1.49	0.31
Varianza			
Bartlett	0.39	0.45	1.30
Levene	1.16	3.08 ^a	2.70
Brown-Forsythe	1.76	3.22 ^a	3.06 ^a

^a $p < 0.10$, ^b $p < 0.05$, ^c $p < 0.01$

A la vista de los resultados, observamos que los estadísticos muestran que no existe evidencia en contra de la hipótesis nula de igualdad de medias y medianas y varianzas, por lo que no podemos afirmar que existan diferencias significativas entre las series estimadas a partir de ambos modelos de tipos de interés.

Si atendemos a los gráficos observamos que apenas se aprecian diferencias entre los valores obtenidos para el *OAS*, el *OAS p.b.* y el *DR* en función del modelo elegido para replicar la dinámica de los tipos de interés en el futuro, al igual que ocurre en el caso de las opciones. Ahora bien, si nos fijamos en cada una de las variables (*OAS*, *OAS p.b.* y *DR*) podemos destacar que evolucionan de forma distinta, por lo que realizamos de nuevo los contrastes de medias, medianas y varianzas cuyos resultados aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4 Contrastes de igualdad de medias, medianas y varianzas para las variables *OAS*, *OAS p.b.* y *DR* estimadas a partir de los modelos de Black, Derman y Toy y de Ho y Lee.

TEST	Black, Derman y Toy			Ho y Lee		
	<i>OAS-OAS pb</i>	<i>OAS-DR</i>	<i>OAS pb-DR</i>	<i>OAS-OAS pb</i>	<i>OAS-DR</i>	<i>OAS pb-DR</i>
Media						
Anova-F	42.66 ^c	8.06 ^c	14.09 ^c	36.81 ^c	8.39 ^c	10.63 ^c
Mediana						
Wilcoxon-Mann-Whitney	5.26 ^c	1.96 ^a	3.41 ^c	5.14 ^c	2.00 ^b	3.26 ^c
Kruskal-Wallis	27.65 ^c	3.83 ^a	11.64 ^c	26.44 ^c	4.00 ^b	10.63 ^c
van der Waerden	35.62 ^c	6.37 ^b	13.15 ^c	32.24 ^c	6.04 ^b	11.37 ^c
Varianza						
Bartlett	37.41 ^c	7.29 ^c	11.82 ^c	37.98 ^c	10.34 ^c	8.82 ^c
Levene	18.76 ^c	5.13 ^b	4.05 ^b	21.03 ^c	7.21 ^c	3.48 ^a
Brown-Forsythe	12.30 ^c	3.11 ^a	3.10 ^a	11.43 ^c	3.69 ^a	2.23

^a $p < 0.10$, ^b $p < 0.05$, ^c $p < 0.01$

Para determinar si existen diferencias entre las medias usamos el contraste Anova-F, los contrastes de Wilcoxon-Mann-Whitney, Kruskal-Wallis y van der Waerden para las diferencias entre medianas y, para analizar las varianzas, los contrastes de Bartlett, Levene y Brown-Forsythe.

Así, observamos que los estadísticos muestran que existe evidencia en contra de la hipótesis nula de igualdad de medias, medianas y varianzas, por lo que se llega a la conclusión de que existen diferencias significativas entre las series estimadas.

Figura 1 OAS, OASp.b., Diferencial de Rentabilidad y prima de las opciones estimados a partir de los modelos de Ho y Lee, HL, (1986) y de Black, Derman y Toy, BDT, (1990). Las figuras superiores representan el OAS, el OAS p b. y el DR de los bonos corporativos calculados a partir de los modelos de Ho y Lee y de Black, Derman y Toy, mientras que en las figuras inferiores se representa el valor en p.b. de la prima de la opción calculado como la diferencia entre el TIR de un bono con opciones implícitas menos el TIR de un bono análogo que no incluyese dichas opciones.

Figura 1.1 Ayuntamiento de Barcelona

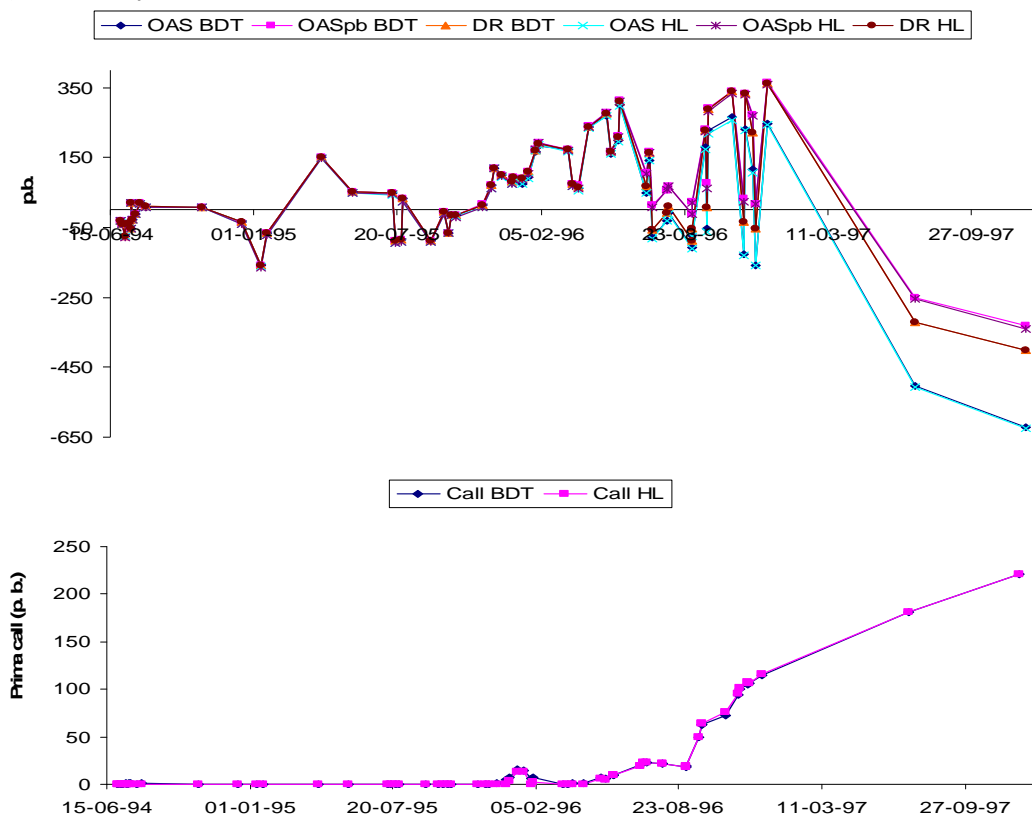


Figura 1.2 Banco de Crédito Local

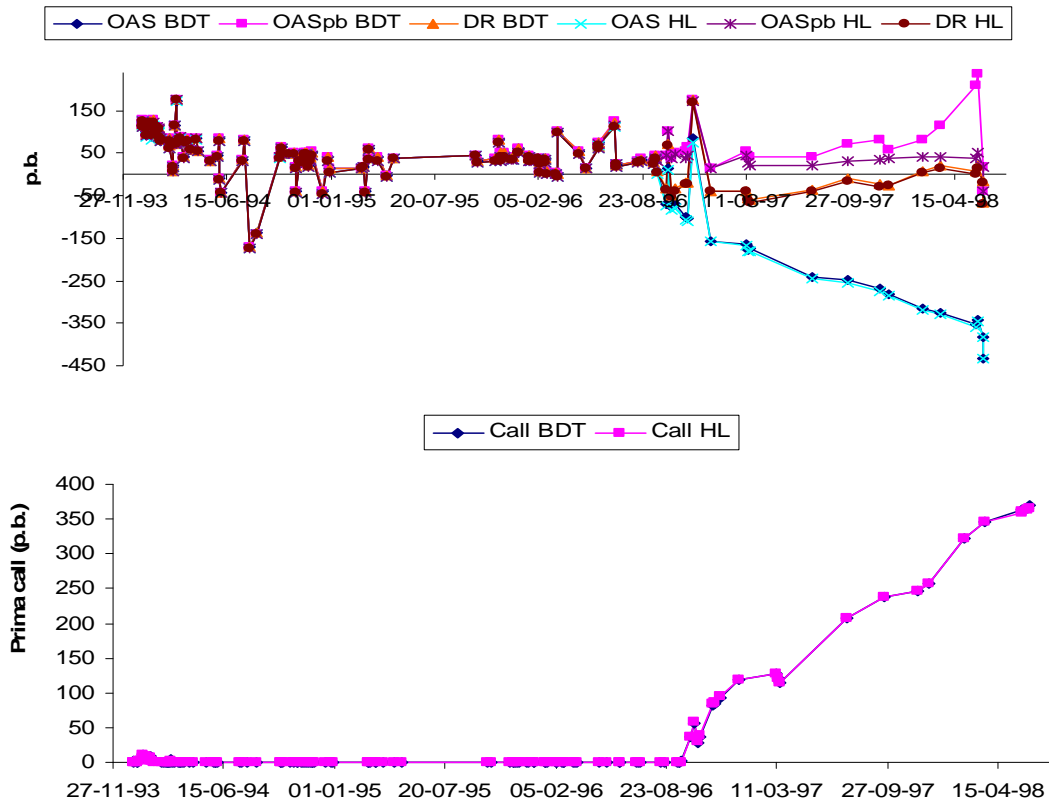


Figura 1.3 Metro de Madrid

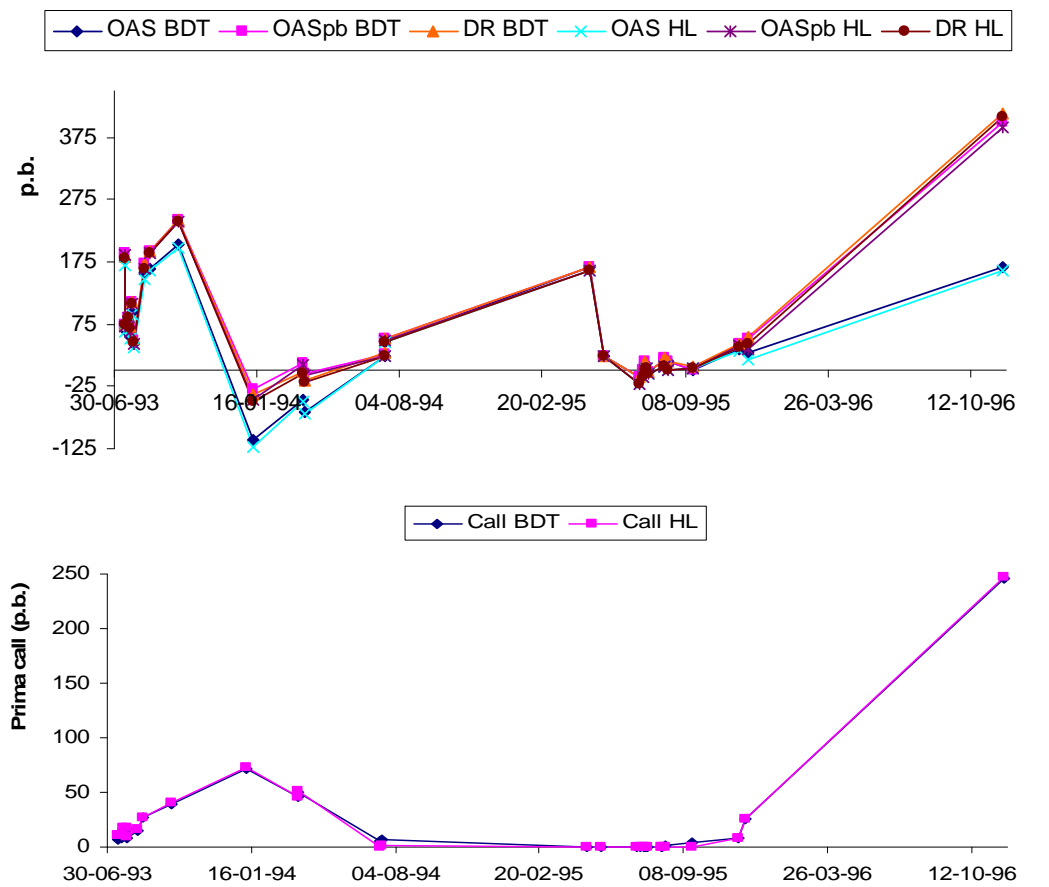


Figura 1.4 Red Eléctrica Española

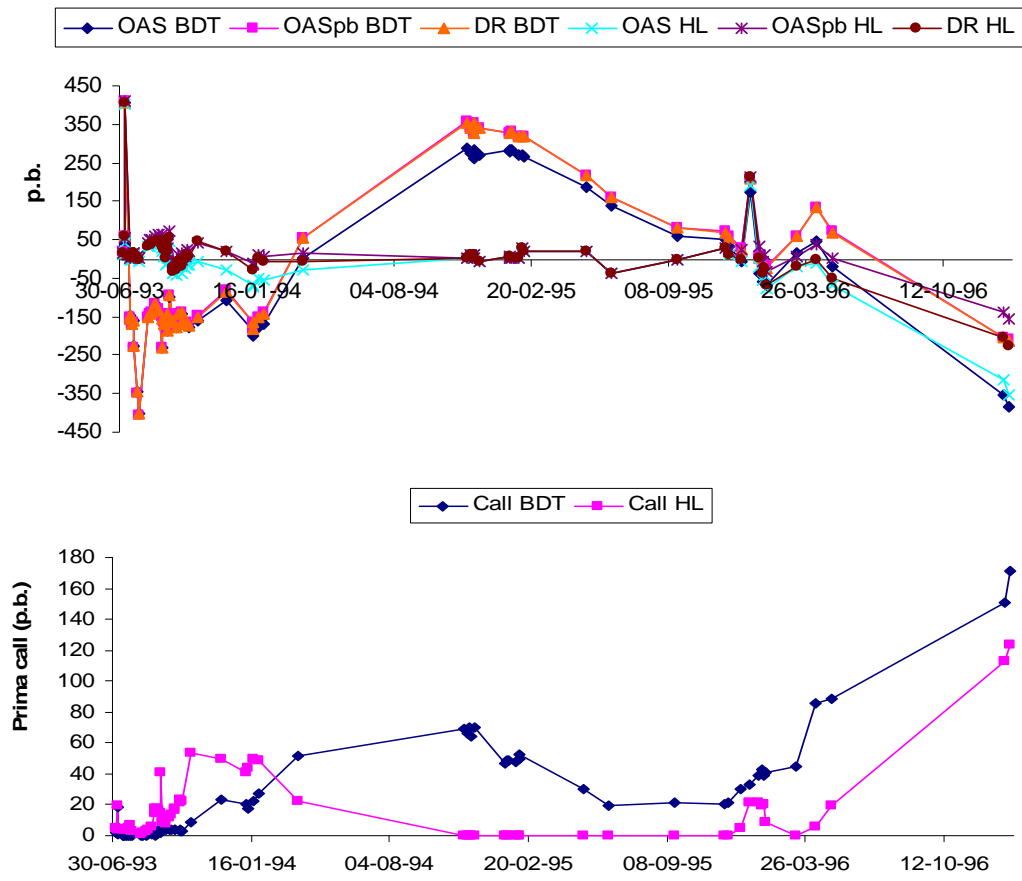


Figura 1.5 Red Eléctrica Española (emisión bonificada)

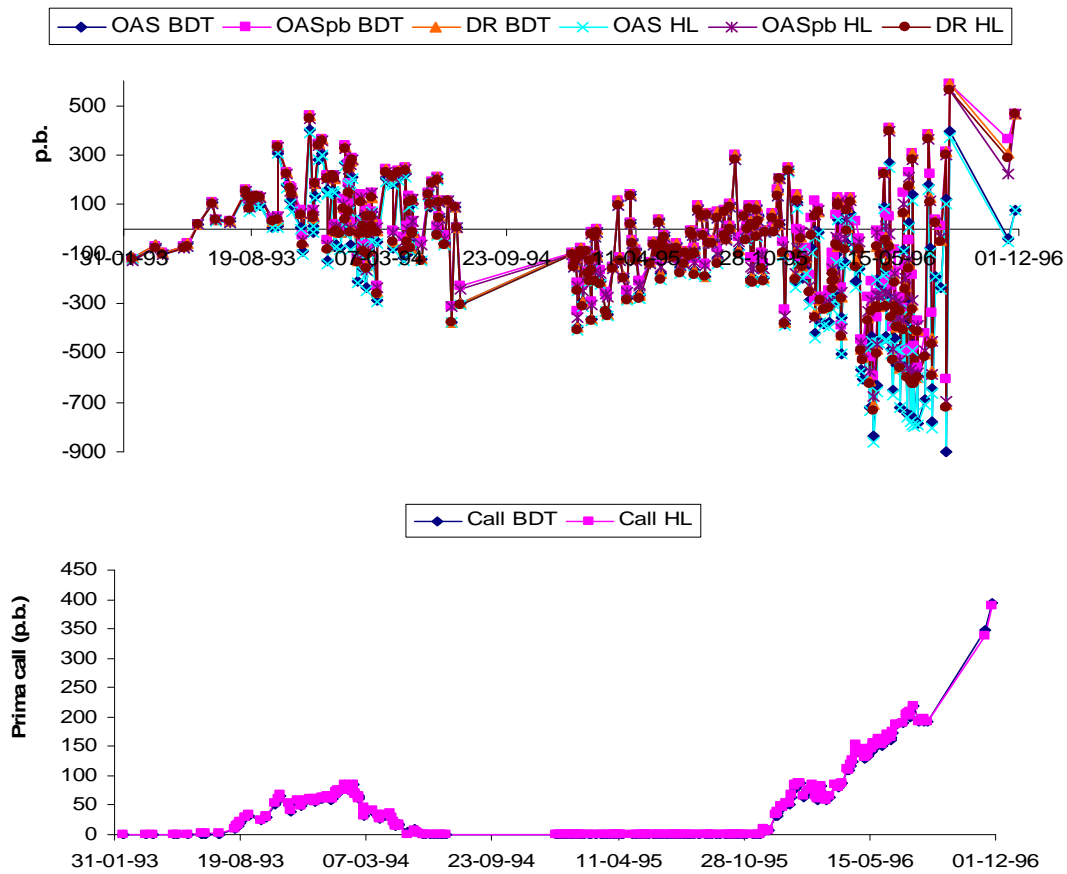


Figura 1.6 RENFE

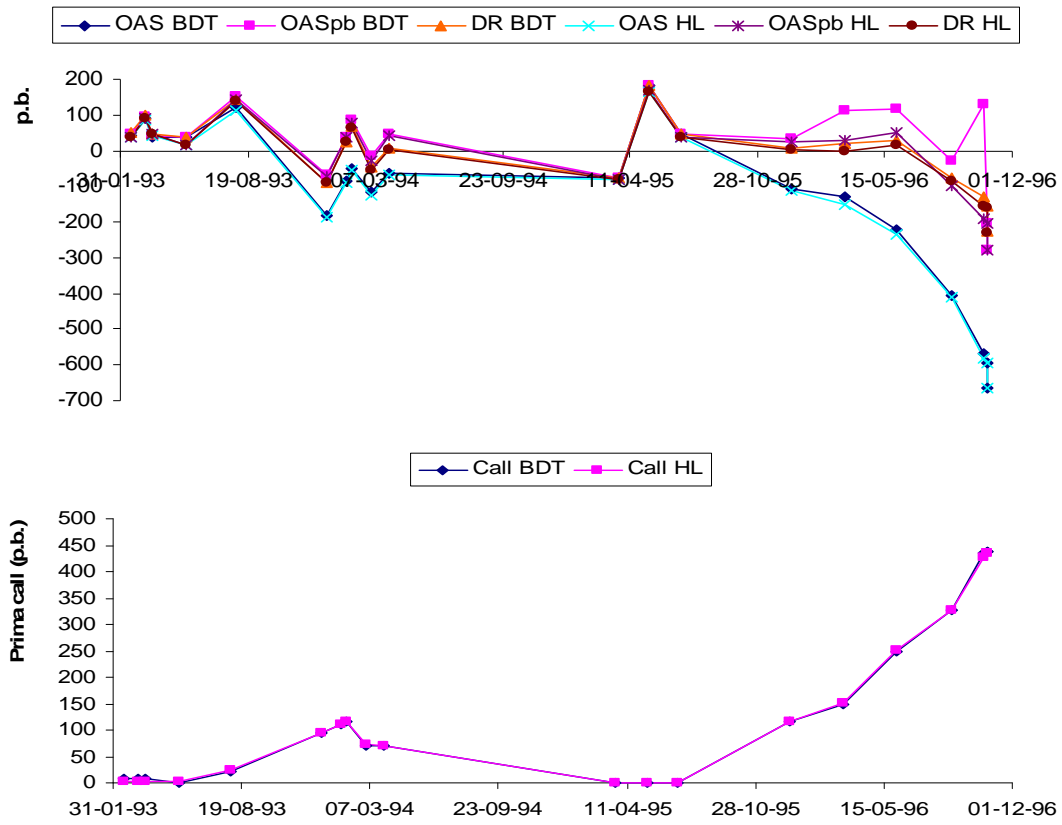
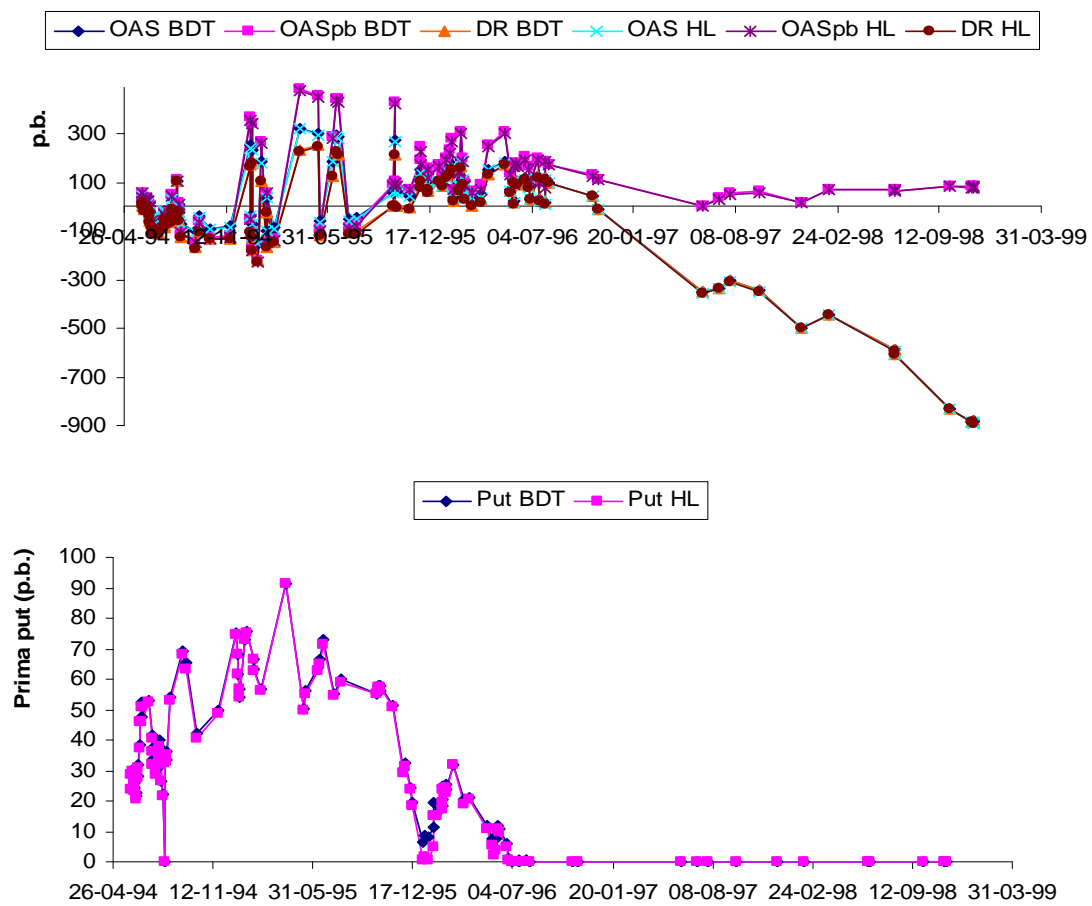


Figura 1.7 Túnel del Cadí



5. Modelo explicativo para el OAS

En esta sección proponemos un modelo para tratar de explicar las variables de las que dependen el OAS, el OAS p.b. y el DR. Dado que hemos comprobado que no existen diferencias significativas en función del modelo de tipo de interés implementado para estimar las variables, regresamos el OAS, el OAS p.b. y el DR calculados a partir del modelo de Black, Derman y Toy. Adicionalmente, aplicamos el mismo modelo a las diferencias entre variables, esto es, *OAS-OAS pb*, *OAS-DR* y *OAS pb-DR*, con el fin de analizar las causas de dichas diferencias.

5.1. Descripción del modelo

Así, dado que el OAS puede estar determinado tanto por las características particulares de cada emisión como por las condiciones del mercado en el que se negocian los títulos [Brown, 1999], para construir nuestro modelo incorporamos variables que tratan de recoger ambos aspectos. Dentro del primer grupo incluimos dos variables a las que denominamos *Diftircu* y *Plazovto*. *Diftircu* se calcula como la diferencia entre el TIR del título y el tanto de cupón. *Plazovto* es el tiempo que le resta al título hasta su vencimiento.

Con respecto a las variables que recogen aspectos relativos al mercado, incluimos *Nivel*, *Pendiente*², *Voltic*, *Dcrédito*, *Illiqami*, *Frec2m*. Las tres primeras vienen referidas a la ETTI que utilizamos como *input* para calibrar los modelos. La variable *Nivel* se corresponde con el tipo de interés libre de riesgo con vencimiento igual a un año. La *Pendiente* se estima como la diferencia entre el tipo de interés al contado a tres años y el tipo de interés a tres meses (Navarro y Nave (1997)). *Voltic* es la volatilidad de los tipos de interés utilizada como *input* en la calibración de los modelos. En el modelo de HL se asume que la volatilidad es constante para todos los plazos e igual a la volatilidad del tipo de interés a corto plazo [Clelow y Strickland, 1986]. En cambio, para calibrar el modelo de BDT necesitamos la estructura temporal de volatilidades, con lo que tenemos un valor diferente para la volatilidad de los tipos de interés en función del plazo. Para el análisis de regresión utilizamos la volatilidad del tipo de interés a cuatro años, dado que es la que muestra, en la mayor parte de los casos, una mayor correlación con la serie de OAS correspondiente.³ *Dcrédito*

² Dada la elevada correlación entre las variables *Pendiente* y *Curvatura* de la ETTI, optamos por la primera porque en todo caso mejora o no empeora los resultados de las estimaciones frente a la segunda.

³ Las volatilidades de los tipos de interés se estiman como las desviaciones típicas de los tipos al contado correspondientes a cada plazo. Así, calculamos las volatilidades diarias a partir de una media móvil de las últimas sesenta observaciones de los tipos de interés y las hemos transformamos en mensuales a partir de la

es el diferencial de crédito, que se estima diariamente como la diferencia entre el TIR de títulos negociados en el mercado AIAF con calificación crediticia BBB, y el TIR de títulos AAA del mismo vencimiento que los títulos analizados⁴.

Las dos últimas variables hacen referencia a la liquidez del mercado. La primera, *Illiqami*, es la medida de iliquidez definida por Amihud⁵. Si bien esta medida fue propuesta originalmente para determinar el impacto de la liquidez en los mercados de renta variable, encontramos varios trabajos en la literatura que la han adaptado dicha medida a los mercados de renta fija [Hasbrouck (2006) y De Jong y Driessen (2006)]. Así, en nuestro trabajo estimamos *Illiqami* a partir de la siguiente expresión,

$$ILLIQ_{i2m} = 1 / D_{i2m} \sum_{t=1}^{D_{i2m}} |R_{i2md}| / VOLD_{i2md} \quad [5.5]$$

donde D_{i2m} es el número de días en los que el título i ha sido negociado en los últimos dos meses; R_{i2md} es la variación relativa del DR del bono i en el día d con respecto al día anterior en el que ha habido negociación, y $|R_{i2md}|$ es el valor absoluto de R . $VOLD_{i2md}$ es el volumen negociado del título i el día d . El sumatorio de este ratio a lo largo de los últimos dos meses está ponderado por $1/D_{i2m}$, por lo que cuanto mayor sea el número de días que ha habido negociación, menor será el valor de *Illiqami*.

La segunda variable que introducimos en el modelo referida a la liquidez del mercado, *Frec2m*, se calcula a partir de la siguiente expresión

$$FREC2M_i = D_{i2m} / D_{2m} \quad [5.6]$$

relación $\sigma_{mensual} = \sigma_{diaria} \times \sqrt{n}$ donde n es el número promedio de días hábiles contenidos en un mes (Fabozzi, 2003), que en el trabajo suponemos que son 20.

⁴ Se opta por construir esta medida por la inexistencia de índices de rendimiento apropiados por *rating* para el mercado español

⁵ La expresión original [Amihud, 2002] aplicada a títulos de renta variable, es la siguiente

$ILLIQ_{iy} = 1 / D_{iy} \sum_{t=1}^{D_{iy}} |R_{iyd}| / VOLD_{iyd}$, y viene referida a un periodo de amplitud igual a un año, donde D_{iy} es el número de días en que se ha negociado el título i en un año, R_{iyd} es su rendimiento en valor absoluto y $VOLD_{iyd}$ el volumen negociado cada día.

donde D_{i2m} es el número de días en los que se negocia el título i en los últimos dos meses y D_{2m} es el número total de días hábiles incluidos en los dos últimos meses.

Por último se han incluido seis variables *dummies* correspondientes a seis de las siete emisiones para recoger los aspectos idiosincrásicos.

Con todo lo anterior, planteamos el siguiente modelo para tratar de analizar los principales determinantes del *OAS* y del *OAS* p.b. de los títulos en el periodo considerado estimados a partir de los dos procedimientos descritos en el apartado anterior:

$$\begin{aligned} OAS_{it} = & \alpha + \beta_1 * Nivel_t + \beta_2 * Pendiente_t + \beta_3 * Voltic_t + \beta_4 * Diftircu_{it} + \\ & + \beta_5 * Dcrédito_t + \beta_6 * Iliqamihud_{it} + \beta_7 * Frec2m_{it} + \beta_8 * Plazovto_t + \\ & + \beta_9 * D_1 + \beta_{10} * D_2 + \beta_{11} * D_3 + \beta_{12} * D_4 + \beta_{13} * D_5 + \beta_{14} * D_6 + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad [5.7]$$

$$\begin{aligned} OASpb_{it} = & \alpha + \beta_1 * Nivel_t + \beta_2 * Pendiente_t + \beta_3 * Voltic_t + \beta_4 * Diftircu_{it} + \\ & + \beta_5 * Dcrédito_t + \beta_6 * Iliqamihud_{it} + \beta_7 * Frec2m_{it} + \beta_8 * Plazovto_t + \\ & + \beta_9 * D_1 + \beta_{10} * D_2 + \beta_{11} * D_3 + \beta_{12} * D_4 + \beta_{13} * D_5 + \beta_{14} * D_6 + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad [5.8]$$

Siguiendo a Maris y Segal (2002), Riddiough y Polleys (1999) y Harding, Sirmans y Thebpanya (2004), aplicamos también el mismo modelo al DR con el fin de analizar las similitudes y diferencias que se puedan producir en los resultados.

$$\begin{aligned} DR_{it} = & \alpha + \beta_1 * Nivel_t + \beta_2 * Pendiente_t + \beta_3 * Voltic_t + \beta_4 * Diftircu_{it} + \\ & + \beta_5 * Dcrédito_t + \beta_6 * Iliqamihud_{it} + \beta_7 * Frec2m_{it} + \beta_8 * Plazovto_t + \\ & + \beta_9 * D_1 + \beta_{10} * D_2 + \beta_{11} * D_3 + \beta_{12} * D_4 + \beta_{13} * D_5 + \beta_{14} * D_6 + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad [5.9]$$

5.2. Resultados

En primer lugar presentamos los resultados para toda la muestra (Tabla 5.5) que incluye 680 observaciones para cada serie de datos estimada a partir del modelo de Black, Derman y Toy. Así, tenemos tres series de datos diferentes, dos para el *OAS* y una para el DR que corresponden a las siete emisiones descritas en la Tabla 5.

De esta forma observamos que con el modelo propuesto conseguimos un elevado poder explicativo, esto es, un 68.5% para el *OAS* determinado como diferencia entre el DR total y la parte de dicho diferencial atribuida a la opcionalidad, un 66.3% para el *OAS* p.b. y un 69.3% para el DR. Se tiene que las variables *Nivel*, *Pendiente*, *Diftircu*, *Frec2m* y *Plazovto* son significativas en todas las regresiones, esto es, explican la evolución del *OAS*, el *OAS* p.b. y del DR. Por su parte, la variable *Voltic* es significativa sólo para el *OAS* p.b..

Tabla 5 Resultados de las estimaciones del modelo para los determinantes del *OAS* calculado con las dos metodologías y del DR. Incluye toda la muestra.

	Black –Derman -Toy					
	<i>OAS</i>		<i>OAS p.b.</i>		DR	
	coeficiente	estad. <i>t</i>	coeficiente	estad. <i>t</i>	coeficiente	estad. <i>t</i>
Constante	-78.07	(-0.72)	743.68	(9.63)	338.66	(3.88)
Nivel	-4861.21	(-4.89)	-9228.62	(-11.62)	-8362.50	(-10.57)
Pendiente	-3818.62	(-2.73)	-4360.96	(-5.21)	-4257.37	(-4.01)
Voltic	-2448.31	(-1.87)	-2295.42	(-2.18)	-2018.35	(-1.71)
Diftircu	140.74	(14.96)	130.96	(15.28)	153.85	(15.25)
Dcrédito	-40.70	(-0.55)	-61.69	(-1.34)	-50.24	(-0.93)
Illiqami	-62.81	(-1.61)	1.84	(0.08)	-55.46	(-1.62)
Frec2m	-173.27	(-3.62)	-178.13	(-4.50)	-141.10	(-3.54)
Plazovto	69.89	(5.57)	28.49	(3.12)	50.21	(4.88)
D1	-1.58	(-0.06)	-59.68	(-2.80)	55.53	(2.16)
D2	-181.84	(-5.23)	-253.33	(-11.45)	-154.00	(-5.01)
D3	235.09	(5.59)	137.73	(3.43)	295.19	(6.92)
D4	-20.33	(-0.37)	-35.95	(-0.65)	75.32	(1.29)
D5	313.53	(4.64)	112.86	(2.15)	321.77	(5.21)
D6	202.46	(1.96)	102.36	(1.43)	314.65	(4.04)
R ² ajustado	0.6850		0.6628		0.6926	
Prob(F-St.)	0.0000		0.0000		0.0000	
Observ.	680		680		680	

Nota: Para la estimación de los errores se utiliza la matriz de varianzas y covarianzas de Newey-West. Los valores del estadístico *t* están entre paréntesis a la derecha de las estimaciones.

Si nos fijamos en el signo de cada una de las variables observamos que el valor de la variable *Nivel* es negativo. La relación negativa entre el nivel de los tipos de interés y el DR de bonos con opciones implícitas se observa habitualmente en la literatura, por ejemplo en Kupiec y Kah (1999) y Gabaix, Krishnamurthy y Vigneron (2007) entre otros autores, y se justifica por el hecho de que una caída en los tipos de interés implica un aumento del valor de las opciones de compra que incorporan los bonos, lo que quiere decir que cuando aumenta el nivel de los tipos de interés libres de riesgo, se reduce el DR de los títulos, observándose también una reducción de los valores del *OAS* y del *OAS p. b.* Aunque en principio, esta circunstancia no debería afectar al valor del *OAS* y del *OAS p. b.*, ya que, por definición, debería ser independiente del valor de la opción, lo cierto es que numerosos estudios empíricos (Brown, (1999), Gabaix, Krishnamurthy y Vigneron (2007), entre otros) demuestran que el *OAS* no es independiente del precio de la opción, lo que justifica la relación entre la variable *Nivel* y el *OAS*.

El signo asociado a la variable *Pendiente* es negativo, esto es, cuanto mayor es la pendiente menores son el *OAS* y el DR. Cuando la pendiente es positiva estamos ante una ETTI creciente o lo que quiere decir que los tipos de interés a medio/largo plazo son mayores que los tipos de interés a corto plazo, lo que denota que existen expectativas de subida de los tipos de

interés en el futuro. Así, conforme mayor es la pendiente mayores son también las expectativas de subida de los tipos de interés; en este contexto, los emisores de los bonos no desearán ejercer las cláusulas de amortización anticipada, por lo que se reduciría el valor de dichas opciones, reduciendo el DR, el *OAS* y el *OAS p.b.*

La variable *Diftircu* mide en qué cuantía el rendimiento o TIR del bono excede el tanto de cupón. Esta variable es similar a la propuesta en Gabaix, Krishnamurthy y Vigneron (2007). A priori se espera que si la rentabilidad del título con cláusula de amortización anticipada es mayor que el tanto de cupón que pagaría un bono con la misma estructura de flujos de caja que no incorporase la opción, esto se deberá materializar en un DR mayor; en concreto debería incrementar la parte del DR asociada a la opcionalidad. Los resultados obtenidos muestran que esta variable es positiva y significativa tanto para el *OAS*, el *OAS p.b.* como para el DR, lo que quiere decir que cuanto mayor es la diferencia entre el TIR y el tanto de cupón, no sólo el DR se ve incrementado, sino que también lo hace el *OAS* estimado con ambas metodologías.

Frec2m es significativa y tiene signo negativo lo que implica que al aumentar la frecuencia se reducen el DR, el *OAS* y el *OAS p.b.* Esto es así porque una mayor frecuencia de negociación implica una mayor liquidez, lo que conlleva que el TIR de los bonos incorpore un menor diferencial de rentabilidad o, en su caso, un *OAS* menor.

Con respecto a la variable *Plazovto*, observamos que es significativa a la hora de explicar el *OAS*, *OAS p.b.* y el DR estimados con ambos modelos consistentes (Tabla 5.4). El signo positivo indica que, conforme se acerca la fecha de amortización, esto es, conforme disminuye el plazo hasta el vencimiento, el DR de los bonos y el *OAS* disminuyen, lo cual se asocia a la incidencia del riesgo de insolvencia, el cual se reduciría al acercarse la fecha de amortización de los títulos. La relación entre plazo de vencimiento y DR de bonos corporativos sin cláusulas de amortización anticipada ha sido contrastada en el mercado español por Díaz y Navarro (2002), obteniendo que el signo de esta relación es positivo para títulos arriesgados. En este caso los resultados obtenidos con las estimaciones realizadas corroboran las conclusiones de estudios previos.

Con respecto a la volatilidad de los tipos de interés, *Voltic*, los resultados muestran la existencia de una relación negativa entre el *OAS p.b.* y la volatilidad de los tipos de interés; en cambio para el DR y el *OAS* estimado como diferencia entre el DR total y el DR atribuido a la opcionalidad, esta variable no es significativa. La teoría nos dice que cuanto mayor es la

volatilidad mayor será el valor de la opción (ya que se incrementan las posibilidades de ejercicio), lo cual afectará también al valor del bono que incorpore una opción y al *OAS* [Fabozzi, 2003].

Además, el hecho de que cuatro de las seis variables ficticias sean significativas indica que tanto el *OAS* como el DR recogen aspectos relativos a la empresa emisora.

Con el fin de mostrar qué variables determinan las diferencias entre las series de *OAS*, *OAS* p.b. y DR, aplicamos el modelo propuesto a dichas diferencias. Así, tenemos nuevamente tres series *OAS-OAS* p.b., *OAS* p.b.-DR y *OAS*-DR; presentamos los resultados en la Tabla 6:

Tabla 6. Resultados de las estimaciones para las variables *OAS-OAS* pb, *OAS*-DR. y *OAS* pb-DR Incluye toda la muestra.

	Black –Derman -Toy					
	<i>OAS-OAS</i> pb		<i>OAS</i> -DR		<i>OAS</i> pb-DR	
	coeficiente	estad. <i>t</i>	coeficiente	estad. <i>t</i>	coeficiente	estad. <i>t</i>
Constante	-821.75	(-9.11)	-416.74	(-6.34)	405.01	(4.19)
Nivel	4367.41	(7.29)	3501.29	(5.44)	-866.12	(-2.05)
Pendiente	542.33	(0.69)	438.75	(0.88)	-103.58	(-0.22)
Voltic	-152.88	(-0.25)	-429.96	(-1.07)	-277.07	(-0.57)
Diftircu	9.78	(1.07)	-13.11	(-2.92)	-22.90	(-2.07)
Dcrédito	21.00	(0.49)	9.54	(0.29)	-11.45	(-0.44)
Illiqami	-64.65	(-2.74)	-7.35	(-0.64)	57.30	(2.77)
Frec2m	4.86	(0.18)	-32.17	(-2.07)	-37.03	(-1.39)
Plazovto	41.41	(5.52)	19.68	(3.68)	-21.73	(-3.78)
D1	58.10	(1.92)	-57.11	(-4.08)	-115.21	(-3.54)
D2	71.49	(2.65)	-27.84	(-2.31)	-99.33	(-3.81)
D3	97.37	(2.53)	-60.10	(-3.12)	-157.47	(-3.88)
D4	15.62	(0.50)	-95.65	(-6.24)	-111.27	(-3.44)
D5	200.67	(3.67)	-8.24	(-0.25)	-208.91	(-3.89)
D6	100.10	(1.54)	-112.19	(-2.51)	-212.29	(-3.51)
R ² ajustado	0.6850		0.6948		0.5009	
Prob(F-St.)	0.0000		0.0000		0.0000	
Observ.	680		680		680	

Nota: Para la estimación de los errores se utiliza la matriz de varianzas y covarianzas de Newey-West. Los valores del estadístico *t* están entre paréntesis a la derecha de las estimaciones.

Los resultados obtenidos muestran que *Nivel* y *Plazovto* son significativas para las tres variables, esto es, el nivel de los tipos de interés determina las diferencias entre el *OAS*, el *OAS* p.b. y el DR. Se tiene también que el diferencial entre el tanto de rentabilidad del título y el cupón, *Diftircu*, explica las diferencias entre el DR y el *OAS* estimado con los dos procedimientos y, por último, que las variables relacionadas con la liquidez de los bonos, *Frec2m* e *Illiqami*, también originan valores diferentes para el *OAS*, el *OAS* p.b. y el DR.

6. Conclusiones

En este trabajo aplicamos la metodología *OAS* a la valoración de títulos de renta fija con cláusulas de amortización anticipada en el mercado español AIAF a lo largo del periodo 1991-2004.

La valoración de bonos con opciones implícitas requiere el uso de un modelo de tipo de interés debido a que la cuantía de los flujos de caja de estos activos se altera por el ejercicio de la opción, hecho que vendrá determinado por la evolución de los tipos de interés en el futuro. En este estudio implementamos dos de los modelos consistentes más utilizados por los profesionales de la industria financiera, el modelo de Ho y Lee (1986) y el modelo de Black, Derman y Toy (1990), y estimamos el margen ajustado a la opción de las emisiones negociadas en AIAF a partir de la valoración que realizamos con cada uno de los modelos y basándonos en dos metodologías. Las variables obtenidas las denotamos como *OAS* y *OAS* p.b.; calculamos además el DR como diferencia entre el TIR de los bonos analizados y el TIR de bonos libres de riesgo con el mismo esquema de flujos de caja, con el fin de poder comparar ambas medidas. De esta forma tenemos cuatro series de *OAS* y dos series de DR estimadas hasta la fecha de ejercicio a partir de los precios de los bonos calculados con los distintos modelos consistentes con la ETTI.

Los resultados obtenidos muestran que las variables estimadas son similares para ambos modelos de tipos de interés, mientras que se observan diferencias entre el *OAS* estimado a partir de los dos procedimientos propuestos y el DR. Así, para tratar de explicar los factores de los que dependen estas variables para los activos y el periodo considerados, proponemos un modelo de regresión que permita detectar ciertas pautas de comportamiento que puedan servir de referencia a los gestores de carteras que incluyen títulos de renta fija con cláusulas de amortización anticipada. Aplicamos este modelo de regresión al *OAS*, *OAS* p.b. y el DR estimados a partir de Black, Derman y Toy y, adicionalmente a las diferencias entre variables.

En este caso se observa una relación positiva de las tres variables exógenas con el plazo de vencimiento de los título, *Plazovto*, y con el diferencial entre el tanto de rentabilidad y el cupón, *Diftircu*. Por el contrario, se tiene una relación negativa del *OAS*, *OAS* p.b. y el DR con respecto al nivel y la pendiente de la ETTI, *Nivel* y *Pendiente*, y la frecuencia de negociación de las emisiones analizadas, *Frec2m*. La volatilidad de los tipos de interés, *Voltic*, se relaciona negativamente con el *OAS* p.b., mientras que para el *OAS* y el DR no es significativa. Las variables ficticias, que recogen

aspectos idiosincrásicos, son también significativas, lo que indica que tanto el *OAS* como el DR pueden verse afectados por las características particulares de la empresa emisora.

Cuando aplicamos el modelo a las diferencias entre variables tenemos que *Nivel* y *Plazovto* son significativas para las tres variables, esto es, el nivel de los tipos de interés determina las diferencias entre el *OAS*, el *OAS* p.b. y el DR. *Diftircu* explica las diferencias entre el DR y el *OAS* estimado con los dos procedimientos y, por último, que las variables relacionadas con la liquidez de los bonos, *Frec2m* e *Iliqami*, también originan valores diferentes para el *OAS*, el *OAS* p.b. y el DR.

7. Bibliografía

Amihud, Y.; (2002) "Illiquidity and stock returns: cross-section and time series effects" *Journal of Financial Markets*, Vol. 5, Nº 1, pp. 31-56.

Archer, W. R. y Ling, D. (1993) "Pricing mortgage-backed securities: Integrating optimal call and empirical models of prepayment" *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*, Vol. 21, Nº 4, pp. 373–404.

Archer, W. R. y Ling, D. (1995) "The effect of Alternative Interest Rate Processes on the Value of Mortgage-Backed Securities" *Journal of Housing Research*, Vol. 6, Nº 2, pp. 285-314.

Babbel (1992) "Pitfalls in the Analysis of Options-Adjusted Spreads" *Financial Analysts Journal*, Vol. 48, Nº 4, pp. 65-71.

Barth, M. E., Landsman, W. R. y Rendleman, R. J. (1998) "Option Pricing-Based Bond Value Estimates and a Fundamental Components Approach to Account for Corporate Debt" *The Accounting Review*, Vol. 73, Nº 1, pp. 73-102.

Becchetti, L., Carpentieri, A. y Hasan, I. (2006) "The determinants of option adjusted delta credit spreads: A comparative analysis on US, UK and the Eurozone" *Quaderno CEIS*, Nº 241.

Black F., Derman, E. y Toy, W. (1990) "A one-factor model of interest rates and its application to Treasury bond options", *Financial Analyst Journal*, Vol. 46, Nº 1, pp. 33-39.

Brown, D. T. (1999) "The Determinants of Expected Returns on Mortgage-Backed Securities: An Empirical Analysis of Option-Adjusted Spreads" *The Journal of Fixed Income*, Vol. 9, Nº 2, pp. 8-18.

Buetow, G.W.Jr., Hanke, B. y Fabozzi, F.J. (2001) "Impact of different interest rate models on bond value measures", *The Journal of Fixed Income*, Vol. 11, Nº 3, pp. 41-53.

- Chen, R., Maris, B. y Yang, T. (1999) "Valuing Fixed-Income Options and Mortgage-Backed Securities with Alternative Term Structure Models" *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 26, N° 1, pp. 33-55.
- Chen, R.-R. y Yang, T. L. (1995) "The Relevance of Interest Rates Processes in Pricing Mortgage-Backed Securities" *Journal of Housing Research*, Vol. 6, N° 2, pp. 315-332.
- Cohler, G., Feldman, M. y Lancaster, B. (1997) "Price of Risk Constant (PORC): Going Beyond OAS" *Journal of Fixed Income*, Vol. 6, N° 4, pp. 6-15.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E. y Ross, S. A. (1985) "A theory of the term structure of interest rates" *Econometrica*, Vol. 53, N° 2, pp. 385-407.
- Finnerty, J. D. y Rose, M. (1991) "Arbitrage-free spread: A consistent measure of relative value" *Journal of Portfolio Management*, Vol. 17, N° 3, pp. 65-77.
- Gabaix, X., Krishnamurthy, A. y Vigneron, O. (2007) "Limits of Arbitrage: Theory and Evidence from the Mortgage-Backed Securities Market" *The Journal of Finance*, Vol. 62, N° 2, pp. 557-595.
- González, C. y Jordá, M. P. (2004) "Valoración de BTH a tipo fijo con diferentes metodologías" *Revista Economía Financiera*, Septiembre, N° 3, pp. 80-110.
- Heidari, M y Wu, L. (2004) "What Constitutes a Good Model? An Analysis of Models for Mortgage Backed Securities" *Documento de trabajo*, Social Science Research Network (SSRN).
- Ho, T. S. y Lee, S. B. (1986) "Term structure movements and pricing interest rate contingent claims". *The Journal of Finance*, Vol. 41, N° 5, pp. 1011-1029.
- Hull, J. y White, A. (1993) "One-factor interest-rate models and the valuation of interest rate derivative securities" *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 28, N° 2, pp. 235-254.
- Jordan, B. D., Jordan, S. D. y Jorgensen, R. D. (1995) "A re-examination of option values implicit in callable Treasury", *Journal of Financial Economics*, Vol. 38, N° 2, pp. 141-162.
- Jordan, B. D., Jordan, S. D. y Kuipers, D. R. (1998) "The Mispricing of Callable U.S. Bonds: A loser Look", *Journal of Futures Markets*, Vol. 18, N° 1, pp. 35-51.
- Kalotay, A. J., Williams, G. O. y Fabozzi, F. J. (1993) "A Model for Valuing Bonds and Embedded Options", *Financial Analysts Journal*, Vol. 49, N° 3, pp. 35-46.
- Spahr, R. W. y Sunderman, M. A. (1992) "The effect of Prepayment Modelling in Pricing Mortgage-Backed Securities," *Journal of Housing Research*, Vol. 3, N° 2, pp. 381-400.