



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESCUELA DE POSTGRADO ECONOMIA Y NEGOCIOS**

**CONSTRUCCION DE CURVAS CERO CUPON PARA BONOS
CHILENOS**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN FINANZAS

ALUMNOS TESISISTAS:

FRANCISCO AVENDAÑO UBILLA
JUAN PABLO CARIAGA ASTETE
RODRIGO MARTINEZ GERMANY

PROFESOR GUÍA:

JORGE GREGOIRE CERDA

Enero 2007

ÍNDICE

Introducción	4
Capítulo 1: Marco Teórico	5
1.1 ¿Por qué construir una estructura de tasas de interés?	5
1.1.1 Utilidad de una estructura de tasas de interés	6
1.2 Modelos para el ajuste de la curva de tasas de interés	7
1.2.1 Modelos parsimoniosos	10
Capítulo 2: Metodología y Datos	12
2.1 Descripción del Modelo Nelson y Siegel (1987)	12
2.1.1 Interpretación de parámetros de Nelson y Siegel (1987)	15
2.1.2 Consideraciones necesarias	18
2.1.3 Estimación de la estructura de tasas de interés o curva de tasa de interés	18
2.2 Determinación de la curva cero cupón en Chile	21
2.2.1 Determinación de la data para aplicación de modelo	21
2.2.2 Trabajando con la Data	23
Capítulo 3: Análisis de Resultados	30
3.1 Aplicación del modelo de Nelson y Siegel	30
3.1.1 Aplicación del Modelo de Nelson y Siegel para bonos del Banco Central	31
3.1.2 Aplicación del Modelo Nelson y Siegel para bonos corporativos	36
3.2 Comparación de curvas cero cupón	39
3.3 Resultados	52
Conclusiones	55

Anexo N°1: Descripción de los bonos utilizados en nuestro estudio	58
Anexo N°2: Datos bonos corporativos utilizados en nuestro estudio	65
Anexo N°3: Datos bonos Banco Central utilizados en nuestro estudio	67
Anexo N°4: Valores de Spreads	69
Referencias Bibliográficas	71

INTRODUCCION

La primera pregunta que nos hacemos al comenzar este estudio es, ¿Por qué construir una estructura de tasas de interés?, y creemos que no son pocas las respuestas, de hecho, las curvas cero cupón tienen un papel muy relevante dentro del contexto financiero y económico, ya que presentan diversas utilidades, como por ejemplo, medir el desempeño de bonos ya existentes, estimar la tasa cupón de una nueva emisión, valorar instrumentos, como indicador de política monetaria, etc.

En esta tesis nos hemos planteado el desafío de construir curvas cero cupón para bonos del gobierno, pero también realizar un estudio y construcción de curvas para bonos corporativos dentro del mercado chileno para el año 2005 y el primer semestre 2006.

Para ello, utilizaremos técnicas de construcción de curvas de tasas de intereses por medio de modelos de estimación. En nuestro caso, se optó por un modelo parsimonioso, más específicamente el **Modelo de Nelson Siegel**.

La elección de este modelo obedece, de acuerdo a nuestro criterio, a que presenta ventajas para este estudio en particular que incorpora bonos del gobierno y privados.

El trabajo se enfocará en la obtención de la data, su depuración y posterior ingreso al modelo, de esta manera, esperamos construir las curvas de tasas de interés, analizar los resultados y concluir sobre la aplicación del Modelo de Nelson Siegel al mercado de bonos en Chile.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

1.1 ¿Por qué construir una estructura de tasas de interés?

Lo primero que podemos establecer antes de responder a la pregunta, es poder definir el objeto de la determinación de una “estructura de tasas” o “curva cero cupón”, y es así que podemos establecer que esta nos muestra la relación entre los rendimientos promedios o yield to maturity YTM (conocida también como tasas internas de retornos) de bonos y su madurez.

Para poder construir esta curva, se utiliza un conjunto de de papeles sin cupones (bonos cero cupón) para cada posible fecha de vencimiento, o en otras palabras, la construcción de una estructura de tasas de interés se alimenta de las tasas de bonos cero cupón para distintas fechas de maduración. En síntesis como analizaremos más adelante, estos papeles traen implícita información relacionada a la tasa de interés. Con respecto a la tasa que paga este tipo de instrumento, también es llamada “tasa spot”, esta tasa no es observable directamente en el mercado, salvo para algunos plazos donde existe bonos cero cupón. Por lo tanto se hace necesario utilizar títulos que si paguen cupones para los plazos no abarcados por los bonos cero cupón y derivar a partir de ellos, tasa cero cupón necesaria, para modelar una estructura de tasas.

Por lo tanto para evitar errores y confusiones se deja establecido que no es correcto representar una estructura de tasas de interés o curva cero cupón a través del YTM (Yield To Maturity); entendiéndose éste último como el rendimiento promedio o retorno del

instrumento en análisis, considerando todos sus correspondientes cupones a pagar en fechas futuras.

1.1.1 Utilidad de una estructura de tasas de interés

Una estructura de tasas tiene varias aplicaciones entre las que se pueden mencionar:

- En el caso de bonos existentes ilíquidos, permite medir el desempeño de Fondos Mutuos, AFP, Bancos.
- Para nuevas emisiones de bonos en función de la tasa cupón que ofrecerá.
- En instrumentos derivados como forwards, swaps.
- Trading
- Valorización instrumentos financieros. Se puede determinar el valor de mercado que deberá tener un instrumento, descontando sus cupones de pago y el nominal de acuerdo a las tasas cero cupón obtenidas de una estructura de tasas.
- De una curva de tasas de interés cero cupón es posible obtener una curva de tasas forwards y viceversa.
- Su uso como indicador de la política monetaria. En economías donde no existe un ancla nominal formal, como el tipo de cambio fijo, el uso de estos indicadores es fundamental para monitorear la implementación de una política monetaria específica.

Se espera que la estructura de tasas de interés sea creciente y que sólo excepcionalmente tenga pendiente negativa. Cuando esto último ocurre es porque se espera una recesión. Al contrario, una estructura con fuerte pendiente positiva anticiparía una expansión. Sin embargo, dicha evidencia es para tasas de interés nominales, y es probable que tanto la

inflación esperada como el riesgo asociado a ella también ayuden a explicar una estructura de tasas creciente.

Para el caso de nuestro trabajo, se tendrá como objetivo, determinar y utilizar una estructura de tasas para realizar una comparación entre los bonos libre de riesgo de crédito (los emitidos por el Banco Central de Chile) y los bonos corporativos.

1.2 Modelos para el ajuste de la curva de tasas de interés

Existe mucha literatura dedicada a este tema, pero aún no existe consenso sobre cuál es el modelo válido para establecer la curva de tasas de interés, se deja claro eso sí, que algunos modelos tienen más aceptación que otros.

En la decisión de un modelo, la elección debe responder básicamente por el ámbito de aplicación. En el caso de operadores, estos se inclinan por los modelos que ajustan mejor las particularidades de las tasas de cada plazo, mientras que en el contexto de política monetaria se aplican modelos que recogen mejor la tendencia y los aspectos puntuales pasan a ser secundarios.

Las tasas de interés (libre del riesgo de crédito) se obtienen, básicamente, de dos fuentes: operaciones de deuda pública (instrumentos del Banco Central) y contratos swap.

Swap consiste en una transacción financiera entre dos partes que acuerdan intercambiar flujos monetarios durante un período determinado siguiendo unas reglas pactadas. Su objetivo es mitigar las oscilaciones de las monedas y de los tipos de interés.

Con un swap de moneda las partes intercambian obligaciones de interés nominadas en distintas monedas. A su vencimiento se intercambian las cantidades del principal, por lo general, a una tasa de cambio preestablecida. En un swap de tasa de interés las

obligaciones de pagos de intereses son intercambiadas entre dos partes pero se denominan en la misma moneda.

En el caso de estimaciones a partir de las tasas de interés fijos de las operaciones swap, las observaciones se presentan a intervalos regulares. La deuda pública incorpora más vencimientos en el pago de cupones y su distribución en el tiempo no es tan regular, sin embargo, cubre plazos más amplios. Si miramos en el contexto internacional, en bastantes países se encuentran títulos con plazo de 25 a 30 años. Por otro lado las operaciones swap tienen un vencimiento medio alrededor de 10 años, por lo que cubren un plazo mucho más reducido. Otra desventaja de los swap es el hecho de que pueden estar sometidas a primas de riesgo, quedando incorporadas en la tasa de interés produciendo distorsión en los resultados; problema que no existe en los títulos de deuda pública.

Anteriormente en Chile ya se han hecho estudios acerca de la construcción de curvas cero cupón, ocupando algunos modelos de estimación, pero siempre enfocados a bonos del Gobierno. Es así como tenemos el estudio de Lefort G. y Walter N. “Caracterización de la Estructura de Tasas de Interés reales en Chile 1992-1998”, el cual mostraba la evolución de las tasas y buscaba las determinantes de las estructuras de tasas. También tenemos a Luis Herrera B. e Igal Magendzo W. con su paper “Expectativas Financieras y la Curva de Tasas Forward de Chile” (1997).

Para el caso de nuestro estudio, los datos que alimentarán nuestro modelo provendrán de deuda pública (instrumentos emitidos por el Banco Central de Chile) y de deuda corporativa de empresas chilenas con categoría de riesgo AA.

Una vez elegida la fuente de datos a utilizar, debemos definir la función sobre la cual ajustar los datos. La finalidad es conseguir una curva continua que proporcione una tasa de interés para cada plazo. La elección de la función es crucial ya que implica lograr un equilibrio entre suavidad y flexibilidad que pueda llegar a tener la curva.

En síntesis, para la definición del modelo que estructura de una curva de tasas de interés, es preciso tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Operaciones utilizadas para deducir las tasas de interés (deuda pública o swaps).
- En el caso de optar por deuda pública, es necesario definir los tipos de instrumentos a considerar de acuerdo a características como maduración, unidad de cuenta, etc.
- Función base a ajustar.
- Minimización de error en precio o en tasas de rendimiento.

A continuación se mencionan algunos de los modelos utilizados en la construcción de una estructura de tasas de interés:

<u>Autor</u>	<u>Modelo</u>
McCulloch (1971, 1975)	Splines polinómicos
Schaefer (1981)	Polinomios de Bernstein
Vasicek y Fong (1982)	Splines exponenciales
Steeley (1991)	B-Splines
Coleman, Fisher y Ibbotson (1992)	Splines

Nelson y Siegel (1987)	Función parsimoniosa
Svensson (1994)	Función parsimoniosa
Wiseman (1994)	Modelo exponencial
Langetief y Smoot (1989)	Splines cúbicos
Mastronicola (1991)	Splines cúbicos
Fisher, Nychka y Zervos (1995)	Smoothing splines
Gourieroux y Scalliet (1994)	Smoothing splines

Todos los modelos antes señalados buscan poder determinar una curva de interés. El modelo por nosotros utilizado en nuestro estudio, corresponde al determinado por Nelson y Siegel en el año 1987, el cual presentamos a continuación

1.2.1 Modelos Parsimoniosos

Una de las ventajas ampliamente difundidas de estos modelos, es ser funciones matemáticas de la cuales se pueden generar modelos con comportamiento similares a los que se observan habitualmente en el mercado. Están asociadas a soluciones de ecuaciones diferenciales, de manera de que si las curvas de las tasas al contado (spot) son generadas por ecuaciones diferenciales, los tasas de interés a plazo se obtendrán a partir de la solución de estas mismas ecuaciones.

Estos modelos se recogen bajo la denominación de formas funcionales parsimoniosas o modelos parsimoniosos; y se caracterizan porque la función matemática utilizada para construir la curva de tasas de interés se basa en criterios económicos.

Dentro de esta clasificación podemos encontrar los modelos del Nelson y Siegel y el de Svensson.

Nelson y Siegel fueron los primeros que establecieron un modelo donde la relación entre la **tasa de interés** y el **vencimiento** responde a la solución de una ecuación diferencial. La función se caracteriza por ser un polinomio que decrece exponencialmente y, a su vez, presentan una forma matemática de aproximar funciones.

La ventaja de este tipo de aproximación a través de términos exponenciales es que garantiza la monotocidad (uniformidad) y curvatura armoniosa.

Cuando hay **incertidumbre** en el mercado, la estructura temporal de tasas de interés puede presentar formas muy complejas en el tramo del corto plazo. Es por ello que posteriormente Svensson (1994) incrementó la flexibilidad de la aproximación de Nelson y Siegel incorporando dos parámetros adicionales. El modelo presenta las mismas propiedades que la función de Nelson y Siegel.

Tanto el modelo de Nelson y Siegel como el de Svensson, se caracterizan por presentar una flexibilidad suficiente, que permite reflejar las formas más habituales observadas en el mercado.

CAPITULO 2

METODOLOGIA Y DATOS

2.1 Descripción del Modelo Nelson y Siegel (1987)

El modelo Nelson y Siegel fue creado por Charles R. Nelson y Andrew F. Siegel, el cual fue publicado bajo el nombre de “ Parsimonious Modelling of Yield Curve” en la revista Journal of Business, volumen 60, N°4 (Octubre 1987), páginas 473-489.

El propósito de Nelson y Siegel fue introducir un modelo parsimonioso simple que sea lo suficientemente flexible como para representar el rango de formas generalmente asociadas con las curvas de rendimiento. Proporciona formas monótonas (uniformidad) crecientes o decrecientes, en forma convexa, en forma cóncava y curvas en forma de “s”, además son más simples de interpretar en términos de política monetaria y asimismo, facilitan extrapolaciones para plazos superiores a los vencimientos de los datos observados.

Para continuar es necesario antes manejar los siguientes conceptos:

Tasa Spot: Es la tasa actual en el mercado, en la cual se negocia un determinado activo en el mercado contado o mercado físico.

Tasa Forward: Es la tasa preestablecida al inicio de un periodo de vigencia de un contrato forward y aplicada en una fecha futura determinada. Las partes acuerdan comprar o vender una cantidad estipulada de un activo, en una fecha futura y a una tasa determinada (tasa forward).

Nelson y Siegel, son los primeros en proponer un modelo basado en un principio financiero.

El modelo de Nelson-Siegel tiene como punto de partida a la curva de tasas forward . El modelo establece que el tipo forward instantáneo en cualquier momento “t” presenta la siguiente forma:

Formula tasa forward:

$$f(t) = \beta_0 + \beta_1 \exp(-t/\tau) + \beta_2 (t/\tau) \exp(-t/\tau) \quad (1)$$

El modelo presenta los siguientes parámetros a utilizar: β_0 , β_1 , β_2 y τ .

Cada uno de los términos del modelo que define la curva forward aporta una particularidad distinta a la forma de la curva. El primer término β_0 es una constante y determina el nivel de la curva. El segundo es un término exponencial, $\beta_1 \exp(-t/\tau)$, que es monótono decreciente con el vencimiento si β_1 es positivo y monótono creciente si β_1 es negativo. El segundo término exponencial, $\beta_2 (t/\tau) \exp(-t/\tau)$, proporciona a la curva un punto estacionario.

Una particularidad que tiene este modelo, es que a partir de la curva de tasa forward es posible obtener la curva de tasa de interés (tasas cero cupón).

Formula tasa cero cupón:

$$Y(t) = \left(\int_t^T F(t, \tau) dt \right) / T \quad (2)$$

t = fecha de pago de cupones
T = vencimiento del nominal

Desarrollando los términos se obtiene:

$$Y(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2)(1 - \exp(-t/\tau))/(t/\tau) - \beta_2 \exp(-t/\tau) \quad (3)$$

Si recordamos, la función de descuento es de la siguiente forma:

$$\sigma(t, T) = \exp(-Y(t) \bullet t) \quad (4)$$

Si se sustituye la ecuación (3) en la función de descuento (4), se obtiene la expresión que describe la función de descuento según el modelo de Nelson y Siegel en tiempo continuo:

$$\sigma = \exp \left[-\beta_0 \bullet t - (\beta_1 + \beta_2) \bullet \tau \bullet (1 - \exp(-t/\tau)) + \beta_2 \bullet t \bullet \exp(-t/\tau) \right] \quad (5)$$

Una de las particularidades del modelo de Nelson y Siegel y su versión extendida de Svensson, es la facilidad para pasar de una forma funcional a otra. A partir de los parámetros de la función de tasas al contado (tasas cero cupón), es posible obtener de inmediato las expresiones equivalentes para la función de tasas forward.

2.1.1 Interpretación de los parámetros de Nelson y Siegel (1987)

Los parámetros del modelo de Nelson y Siegel, tienen un significado definido dentro del contexto de tasas de interés a diferencia de otros modelos. Es así como podemos determinar que:

- El parámetro β_0 indica el tipo de interés para el largo plazo.
- La suma de los parámetros ($\beta_0 + \beta_1$) refleja el tipo de interés a muy corto plazo, por lo que también tiene una interpretación inmediata.
- El tercer y cuarto parámetro, β_2 y τ , son más difíciles de interpretar. Tienen relación con la curvatura de la función y aparecen sólo en vencimientos medios.

Tomando en consideración la ecuación (3) podemos llegar a las siguientes conclusiones calculando los límites para plazos largos y plazos muy cortos:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} Y(t) = \beta_0 \quad (6)$$

$$\lim_{T \rightarrow 0} Y(t) = \beta_0 + \beta_1 \quad (7)$$

Cuando el **vencimiento** tiende a infinito (para plazos muy elevados), los dos términos exponenciales se anulan y el valor límite de la ecuación es igual a β_0 . Este parámetro determina el **nivel** de la curva de tipos de interés. Por otro lado, si el vencimiento tiende a

cero, los términos exponenciales se igualan a la unidad, pero el término β_2 se anula porque incluye el factor (t/τ) , de manera que el resultado cuando el plazo tiende a cero es $(\beta_0 + \beta_1)$.

Al interpretar los datos se concluye que la curva de tasas de interés y la curva de tasas forward convergen asintóticamente al parámetro β_0 , en otras palabras, se acercan en forma continua sin llegar nunca a encontrarse. A medida que el vencimiento aumenta, el valor de la función se aproxima al nivel de β_0 . Puesto que es una constante, solamente recoge los desplazamientos paralelos de la curva. Este parámetro es indicativo del tipo de interés a largo plazo y por dicho motivo debe ser **siempre positivo**. Variaciones en el tipo de interés a largo plazo determinarán las variaciones de nivel que experimente la curva.

Para plazos infinitesimales (extremadamente pequeños) el tipo de interés se iguala a la combinación de parámetros $\beta_0 + \beta_1$ y puede interpretarse como el tipo de interés a muy corto plazo.

Los parámetros β_2 y τ desaparecen en vencimientos a muy corto o a largo plazo. Dado que la curvatura se pone de manifiesto en vencimientos intermedios, son los parámetros β_2 y τ los que recogen esta particularidad. Estos parámetros no presentan una interpretación directa sino que únicamente influyen en que la curvatura se localice entre los dos límites β_0 y $\beta_0 + \beta_1$.

El ajuste en que la tasa forward se acerca a su nivel asintótico β_0 depende de τ . Un incremento en τ desplaza la curvatura hacia la derecha, de modo que cuanto mayor sea τ , más lento tenderá el tipo de interés forward hacia β_0 .

El parámetro τ solo puede tomar valores positivos con el fin de garantizar la convergencia a largo plazo de β_0 . Es importante dejar en claro que τ determina la tasa a la cual los regresores decaen a cero. Se deben tener las siguientes consideraciones:

- Valores pequeños de τ (decaimiento rápido de los regresores) determinará que la curva ajustará mejor en la parte corta de la curva, a expensas de un ajuste deficiente en la parte larga de la curva.
- Valores altos para τ (decaimiento más lento de los regresores) ajustará mejor a las tasas largas, perdiendo ajuste en la parte corta de la curva.

Es recomendable hacer un conjunto de valores para τ , y luego escoger la mejor estimación en base a un criterio cualquiera. Esto dependerá de los objetivos que se quieran lograr y usos que se puedan dar, por ejemplo obtener más precisión en el corto plazo en el caso de **traders** o mejor precisión en el largo plazo para ver **tendencias económicas**.

El parámetro β_2 determina la magnitud y forma de la curvatura. Si β_2 es positivo, la curva tendrá un máximo interior, si β_2 es negativo existirá un mínimo interior y cuando β_2 sea igual a cero, se dará monotocidad en la estructura temporal del tipo de interés forward o spot.

2.1.2 Consideraciones necesarias

Para explicar la forma de una curva determinada, sólo se necesita elegir apropiadamente el conjunto de parámetros.

Las curvas no se ajustan a las observaciones en forma perfecta., no es el objetivo de esta metodología. Una explicación es que algunas tasas pueden estar reflejando costos de transacción específicos para ciertas maturities. La metodología tiende a capturar las discrepancias sistémicas e idiosincráticas.

Los residuos muestran cierta dependencia con la madurez, luego no es posible aplicar directamente test estadísticos.

2.1.3 Estimación de la estructura de tasas de interés o curva de tasa de interés

La estructura de tasas de interés podría obtenerse directamente a partir de un conjunto de precios de bonos sin cupones, pero sabemos que en el mercado la mayor cantidad de los bonos que se tranzan son aquellos que pagan cupones. Considerando lo anterior y tal como se menciona en los capítulos anteriores, los **precios** cero cupón, a su vez, podrían ser derivados a partir de los **precios** de bonos con cupones.

En el caso de bonos cero cupón, su precio se puede interpretar de la siguiente manera:

$$P_t = C \cdot \sigma \quad (8)$$

P=Precio de bono
C=Único cupón
 σ =Factor de descuento

En el caso de bonos que paguen cupones de pago la ecuación es de la siguiente forma:

$$P(t, i) = Ci \cdot \sum_{t=1}^T \sigma(t, T) + N \cdot \sigma(t, T) \quad (9)$$

P= Precio del bono
 C= Cupones de Pago
 N= Nominal
 σ = Factor de descuento

La fórmula de Nelson y Siegel implica que el bono paga cupones de pagos iguales, y el nominal se recupera al vencimiento.

Reemplazando el factor de descuento (5) en la formula de estimación de precio teórico según Nelson y Siegel, tenemos lo siguiente:

$$P(t, i) = Ci \cdot \sum_{t=1}^T \left[\exp \left(\beta_{0,t} \cdot ti - (\beta_{1,t} + \beta_{2,t}) \cdot \tau \cdot (1 - \exp(-ti / \tau)) + \beta_{2,t} \cdot ti \cdot \exp(-ti / \tau) \right) \right] + \varepsilon_{ti}$$

$$+ Ni \cdot \left[\exp \left(\beta_{0,t} \cdot T - (\beta_{1,t} + \beta_{2,t}) \cdot (1 - \exp(-T / \tau)) + \beta_{2,t} \cdot T \cdot \exp(-T / \tau) \right) \right] + \varepsilon_{Ti}$$

$$\varepsilon \approx N(0,1) \quad (10)$$

De esta manera obtenemos el “**Precio Teórico**” de acuerdo al Modelo Nelson y Siegel.

Por último se procede a minimizar los errores de precio que existan entre el **Precio Observado** y el **Precio Teórico** del modelo.

$$Min = \sum_{i=1}^n (P_{ti} - \bar{P}_{ti})^2 / n \quad (11)$$

P_{ti} = Precio Observado de Mercado

\bar{P}_{ti} = Precio Modelo

La minimización la realizamos a partir de función “solver” de Excel en la cual se reduce al mínimo el error cambiando los factores β_0 , β_1 , β_2 y τ .

De esta manera obtenemos los parámetros definitivos β_0 , β_1 , β_2 y τ , que nos servirán para construir la curva cero cupón reemplazando los factores en la ecuación (3) para distintos momentos en el tiempo.

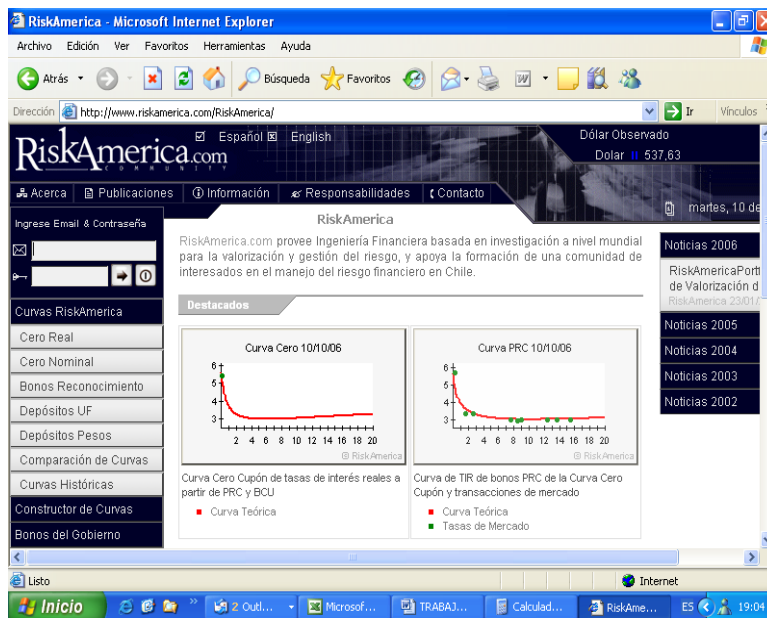
Para tener una mejor aproximación se recomienda aplicar este método no sólo para el precio de un bono en particular, sino para un **grupo de bonos que sea representativo** y de similares características (por ejemplo: bonos en UF del Banco Central). En el caso de encontrar errores en los precios para los distintos instrumentos con los que se estén trabajando, es recomendable minimizar la sumatoria de los errores en los precios de los distintos instrumentos con los cuales se está trabajando, cambiando los factores β_0 , β_1 , β_2 y τ , que para este caso resultarán comunes para todo el espectro de instrumentos utilizados, para así obtener los parámetros adecuados para la muestra de instrumentos. Luego reemplazar estos factores en la ecuación (3) para distintos momentos en el tiempo y se logrará construir la curva cero cupón.

2.2 Determinación de la curva cero cupón en Chile: 2005-2006

A continuación efectuamos la aplicación del Modelo de Nelson y Siegel en la determinación de la estructura de tasas de interés en Chile para bonos de deuda pública y corporativa.

2.2.1 Determinación de la data para aplicación de modelo

Para comenzar la aplicación del modelo de Nelson y Siegel en Chile, fue necesario establecer la fuente de información, la cual descansa en RiskAmerica. Adjuntamos página principal del sitio:



Una vez que definimos la fuente de información, tuvimos que determinar la data relevante y junto con ella determinamos una serie de **restricciones**. Los pasos efectuados fueron:

Bajamos del sitio, todas las transacciones diarias tanto de Bonos de Gobierno como de Bonos Corporativos desde enero 2005 hasta junio 2006. Los parámetros obtenidos del sitio fueron: Emisor; Nemo; Precio (en base 100); Tir; Tir Base; Spread Tir; Vencimiento; Duración; Cantidad Transada; Cantidad Emitida; Clasificación Feller. (Ver figura en esta página)

A modo de ejemplo práctico señalamos los diferentes pasos que efectuamos en la búsqueda de la data:

03/01/05	Emisor	Nemo	Precio	Tir	Tir Base	RA	Spread	Tir	Vencimiento	Duración	Cantidad Transada	Cantidad Emitida	Feller
	AEN SECURI	BSABN-ACF	103,6	3,89	2,68	1,21	6,2	3,3	100.000	1.000.000	AA-		
	AUTOLIBERT	BALIB-A2	103,98	3,4	2,42	0,98	5	2,6	10.000	1.220.000	AAA		
	BBCREDITO	BBOP11204	95,29	3,59	2,81	0,78	4,9	4,6	50.000	4.500.000	AA		
	CAP	BCAPS-C2	103,64	1,35	1,23	0,12	1,6	0,8	2.000	500.000	A		
	D&S	BDSS-A2	106,99	2,7	1,76	0,94	1,7	1,6	5.000	3.200.000	AA-		
	EMB ANDINA	BANDI-A2	106,07	2,8	2,01	0,79	3,4	1,8	10.000	3.200.000	AA		
	EMCAROZZI	BEMCA-F	97,35	3,7	2,74	0,86	7,3	4	166.000	1.000.000	A+		
	EMCAROZZI	BEMCA-G	95,9	4,75	3,4	1,35	20,8	8,6	89.000	1.000.000	A+		
	ESVAL	BESVA-C1	105,72	3,5	2,46	1,04	5,4	2,9	10.000	1.300.000	AA-		
	FALABSACI	BFALA-C	98,03	3,7	2,8	0,9	4,9	4,6	500	7.000.000	AA		
	QUINENCO	BQUIN-B1	102,64	4,6	1,98	2,62	3,3	1,7	30.000	4.000.000	A		
	QUINENCO	BQUIN-B2	105,83	2,77	1,98	0,79	3,3	1,7	1.000	500.000	A		
	RIPLEY S.A	BRPLY-A	103,15	3,49	2,62	0,87	6,7	3,2	15.000	6.500.000	AA-		
	RTAC	BRTAC-A2	108,84	2,6	1,93	0,67	2,7	1,6	15.000	4.500.000	AAA		
	SAESA	BSAES-C	100,98	4,08	2,34	1,74	4,8	2,4	12.000	5.500.000	AA		
	SECHOLDING	BSECU-C	102,5	4,05	3,07	0,98	11,6	5,8	2.000	750.000	A		
	SECONTERAM	BINTS-AA1	105,27	4,7	2,79	1,91	8,5	4	30.000	700.000	A-		
	TRANSELEC	BHOIT-A1	107,04	2,69	2	0,69	2,2	2	9.000	3.000.000	AA+		
	TRANSELEC	BHOIT-A2	107,1	2,66	2	0,66	2,2	2	40.000	4.000.000	AA+		

Cabe señalar que la información obtenida inicialmente, fue necesaria de complementar con información adicional tal como: tipo de bono bullet o francés; si es reajutable o nominal; si paga cupones de intereses en forma, mensual, trimestral, semestral o anual; y adicionalmente que tenga 4 grados de libertad, es decir que existan al menos cuatro transacciones en el mismo día. Por lo tanto tuvimos que recurrir a la ficha de cada bono para obtener la información completa y agregarla a las transacciones diarias a fin de

poder trabajar la “data”. En la siguiente figura, se muestra la ficha del bono que nos aporta más información para cumplir los requisitos del modelo.

The screenshot shows a web browser window with the URL 'http://www.riskamerica.com - RiskAmerica Pop - Microsoft Internet Explorer'. The main content is a form titled 'Propiedades de BSABN-ACF' and a table below it.

Propiedades de BSABN-ACF

Emisor	ABIN SECURI	Clasificación	AAA
Fecha Emisión	01/03/03	Fecha Vencimiento	01/03/11
Tasa Emisión	5%	Tasa	4,9948%
Plazo	8 Años	Plazo Residual	6,16 Años
Nº de Cupones	32	Periodicidad	TRIMESTRAL
Denominación	UF	Día de Pago	1
Prepago	NO		

Tabla de Desarrollo BSABN-ACF

Nº	Fecha	Interés	Amort	Saldo	Flujo
0	01/03/03	0	0	100	0
1	01/06/03	1,227223	0	100	1,227223
2	01/09/03	1,227223	0	100	1,227223
3	01/12/03	1,227223	0	100	1,227223
4	01/03/04	1,227223	10	90	11,227223
5	01/06/04	1,104501	0	90	1,104501
6	01/09/04	1,104501	0	90	1,104501
7	01/12/04	1,104501	0	90	1,104501
8	01/03/05	1,104501	10	80	11,104501
9	01/06/05	0,981779	0	80	0,981779
10	01/09/05	0,981779	0	80	0,981779
11	01/12/05	0,981779	0	80	0,981779
12	01/03/06	0,981779	10	70	10,981779
13	01/06/06	0,859056	0	70	0,859056

2.2.2 Trabajando con la Data

Inicialmente consideramos las transacciones diarias cada cuatro jueves como lo habían hecho Nelson y Siegel en su paper Modelamiento Parsimonioso de las Curvas de Rendimiento/Rentabilidad de Octubre de 1987 en La Revista de Negocios, Volumen 60, N°4, pero nos dimos cuenta que de esta manera, en la mayoría de los días no se podían generar las curvas, sobre todo de los bonos corporativos, debido a que no se cumplían los requisitos mínimos que requiere la data para ser ingresada a la fórmula de Nelson Siegel. Estos requisitos son que el bono pagará una sola amortización de Capital al final del periodo (Tipo Bullet), que fuera con valores Reales (reajustabilidad en UF), y que pagará intereses cada 6 meses (forma semestral).

Los principales procedimientos ejecutados en el manejo de la data han sido los siguientes:

Primer paso: Considerando lo anterior, tomamos la decisión de examinar en cada mes del estudio (desde enero 2005 a junio 2006), el día más transado de los bonos corporativos, que eran sin duda los que presentaban más dificultades para completar la información (en comparación con los bonos de gobierno), es así como obtuvimos la siguiente tabla resumen de transacción de bonos corporativos (de la misma forma para los Bonos del Banco Central):

Nº	MES	Nº DE TRANSACCIONES	FECHA MAS TRANSADA
1	Ene-05	25	27-01-2005
2	Feb-05	22	25-02-2005
3	Mar-05	22	24-03-2005
4	Abr-05	40	13-04-2005
5	May-05	26	05-05-2005
6	Jun-05	21	23-06-2005
7	Jul-05	22	12-07-2005
8	Ago-05	23	12-08-2005
9	Sep-05	31	29-09-2005
10	Oct-05	33	27-10-2005
11	Nov-05	41	16-11-2005
12	Dic-05	53	15-12-2005
13	Ene-06	31	09-01-2006
14	Feb-06	22	21-02-2006
15	Mar-06	33	17-03-2006
16	Abr-06	45	25-04-2006
17	May-06	36	23-05-2006
18	Jun-06	27	22-06-2006

Así, para cada una estas fechas, fuimos completando toda la información necesaria para la aplicación del modelo, así obtenemos el siguiente cuadro de información completa, por ejemplo para el 12 de agosto de 2005.

Fecha	Nemo	PROXIMO	TASA	Precio	FECHA	Tir	CLASIFICACION	BULLET	DENOMINACION	PERIODICIDAD
		CUPON	CUPON		VENCIMIENTO					
12-08-2005	BCOOA10304	01-09-2005	5	99,46	01-03-2008	5,3	A+	NO	\$	SEMESTRAL
12-08-2005	BCOOA20304	01-09-2005	5	99,46	01-03-2008	5,3	A+	NO	\$	SEMESTRAL
12-08-2005	BLQIF-A	15-05-2006	3,25	100,99	15-05-2010	3	A+	NO	UF	ANUAL
12-08-2005	BCOLB-D	15-10-2005	7	103,77	15-10-2006	1,49	A+	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BBICS-EA	19-01-2006	5	105,34	19-07-2008	2,99	A	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BSECU-C	15-08-2005	4,5	105,65	15-08-2016	3,43	A	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BENER-B2	15-12-2005	5,75	118,13	15-06-2022	3,5	A+	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BCOLB-C	15-10-2005	7	124,66	15-10-2021	3,58	A+	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BPARI-C	01-11-2005	6	100,81	15-10-2021	4,8	A+	SI	\$	SEMESTRAL
12-08-2005	BSAES-E	30-10-2005	3,5	101,88	30-10-2012	2,97	AA	NO	UF	SEMESTRAL

Fecha	Nemo	PROXIMO	TASA	Precio	FECHA	Tir	CLASIFICACION	BULLET	DENOMINACION	PERIODICIDAD
		CUPON	CUPON		VENCIMIENTO					
12-08-2005	BSABN-ACF	01-09-2005	5	103,12	01-03-2011	3,99	AA-	NO	UF	TRIMESTRAL
12-08-2005	BD&SS-C	01-12-2005	4,5	104,8	01-12-2009	2,6	AA-	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BJUMB-A1	01-09-2005	6	106,97	01-09-2009	2,3	AA-	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BRPLY-B	01-10-2005	5,5	109,05	01-10-2024	4,4	AA-	NO	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BCMPC-A	01-09-2005	2,7	96,39	01-03-2015	3,15	AA	SI	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BD&SS-A2	01-10-2005	7	105,97	01-10-2006	1,44	AA-	SI	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BHQIT-A1	01-09-2005	6,2	106,86	01-03-2007	1,5	AA+	SI	UF	SEMESTRAL
12-08-2005	BHQIT-A2	01-09-2005	6,2	106,86	01-03-2007	1,5	AA+	SI	UF	SEMESTRAL

Los bonos corporativos considerados en nuestro estudio se encuentran detallados en el Anexo N°3. El mismo procedimiento se efectuó para los Bonos Públicos, esto se encuentra detallado en Anexo N°4.

Una dificultad, fue obtener datos de bonos corporativos tranzados los mismos días que los bonos del Banco Central (públicos), en función de la clasificación de riesgo: AA. Esta clasificación “AA”, fue la que más encontramos en el mercado chileno (es decir, seleccionamos bonos con igual nivel de riesgo).

Como observación general, podemos establecer que en el mercado de bonos corporativos de Chile encontramos las siguientes dificultades:

- Las transacciones de estos no son muy frecuentes.
- No existe un criterio definido en cuanto a los cupones de pago encontrándose:
 - bonos tipo bullet
 - bonos con pagos de cupones de capital e intereses (amortización sistema francés)
 - bonos con amortizaciones fijas.
 - bonos mixtos, en donde se comienza con cupones de pago de intereses, y luego con cupones de capital e interés.

Segundo paso: Con estas consideraciones en los bonos corporativos, sólo consideramos aquellos bonos corporativos que tenían un comportamiento “bullet”, desarrollando el Modelo Nelson y Siegel, también se considero los mismo para los bonos del Banco Central (BCU y BTU). Cabe señalar que cuando aplicamos el modelo, este nos exige al menos cuatro grados de libertad (cuatro transacciones para el bono).

Tercer paso: Para evitar obtener resultados erróneos generados por la sensibilidad del modelo ante observaciones anómalas, consideramos necesario depurar los datos de forma previa a la estimación de los parámetros. Para determinar cuales son los valores a eliminar, se ha utilizado la curva de rendimientos (TIR) como aproximación a la estructura temporal de tasas de interés. De acuerdo a la TIR de cada título, se supone que dato anómalo será aquél que presente una tasa interna de rendimiento muy elevada o muy

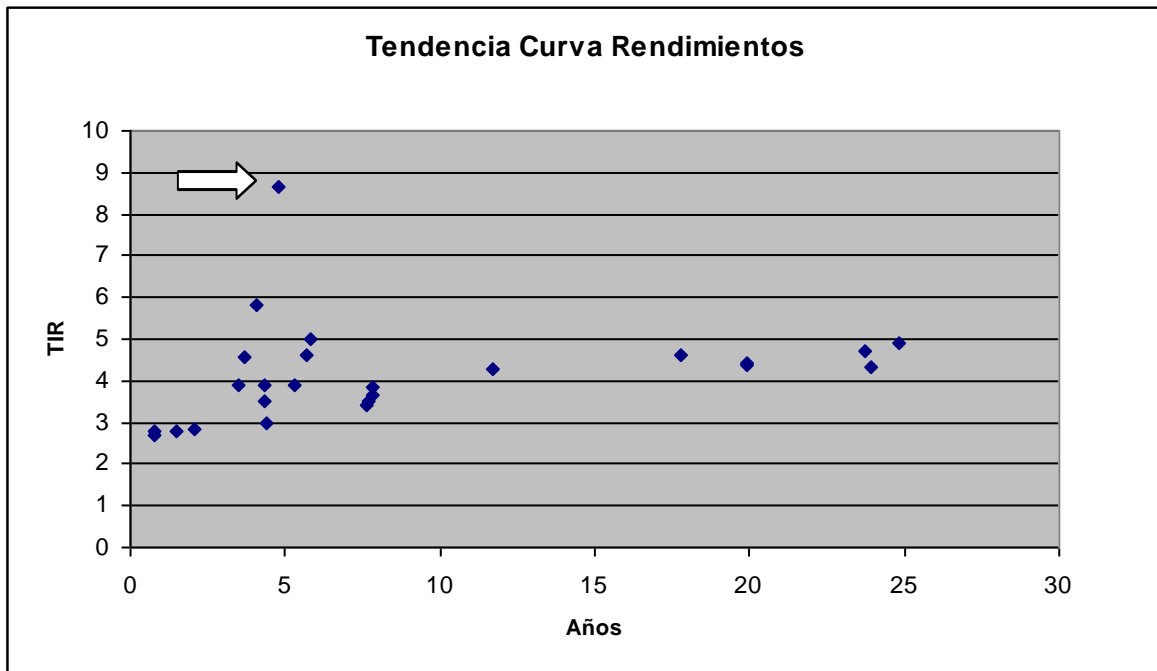
baja, si se compara con la de otros títulos con vencimiento similar (Geyer y Mader, 1999).

De acuerdo a la literatura, algunos datos anómalos pueden ser originados por el hecho de que los precios de los títulos que se han utilizados, son precios medios de contratación y no precios de liquidación. Cuando el vencimiento del título es inferior al año, la TIR puede divergir notablemente en función del precio utilizado en su cálculo ante una pequeña modificación del plazo. Contrariamente, no suele darse tanta diferencia cuando el vencimiento es mayor, pues el error es menor.

Este proceso de depuración se realizó a partir de los gráficos de las curvas de rendimientos. Se eliminan, de forma arbitraria, todas aquellas observaciones con TIR negativas o que quedan alejadas de la propia curva de rendimientos. En el siguiente gráfico (a modo de ejemplo) se presenta con una flecha aquella observación que se ha eliminado, de acuerdo a una muestra de bonos corporativos del 27-01-2005.

De no haber sido eliminado, posiblemente este valor distorsionaría considerablemente los resultados estimados en el modelo de Nelson y Siegel.

Curva de rendimiento Bonos Corporativos día 27-01-2005:



Este mismo procedimiento fue ejecutado para los bonos de Gobierno.

Cuarto paso: La información relevante, que obtuvimos relacionada a estos instrumentos

es:

- Fecha o día de muestra
- Nemotécnico
- Fecha próximo cupón
- Tasa Cupón
- Precio
- Fecha Maduración (Maturity)
- TIR

Todos estos datos se requerirán para un día específico, considerando los cuatro grados de libertad.

Quinto paso: Ordenamos la data (bonos) de acuerdo a la fecha de vencimiento (maturity), a modo de ejemplo revelamos la siguiente tabla

Tabla con datos ordenados, para el día 12-08-05 de Bonos del Banco Central:

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
12-08-2005	BCU0500308	01-09-2005	5,00	108,42	03-03-2008	1,55
12-08-2005	BCU0500909	01-09-2005	5,00	112,08	01-09-2009	1,83
12-08-2005	BCU0500912	01-09-2005	5,00	117,56	03-09-2012	2,24
12-08-2005	BCU0501113	01-11-2005	5,00	120,71	01-11-2013	2,20
12-08-2005	BCU0500922	01-09-2005	5,00	129,59	01-09-2022	2,78
12-08-2005	BTU0451023	17-10-2005	4,50	123,98	16-10-2023	2,80
12-08-2005	BTU0450824	01-02-2006	4,50	125,10	01-08-2024	2,80

En la tabla podemos apreciar que se encuentra información suficiente de los bonos de gobierno que cumplen los requisitos para generar la curva, por lo tanto podemos hacer la comparación de ambos riesgos.

A continuación explicamos como se generan las curvas para el modelo de Nelson y Siegel en el mercado chileno.

CAPITULO 3

ANALISIS DE RESULTADOS

3.1. Aplicación del Modelo de Nelson y Siegel

Mediante el modelo de Nelson y Siegel se determinarán las curvas cero cupón de los bonos corporativos y del Banco Central.

Una vez determinadas ambas curvas, se procedió a comparar ambas. Es importante considerar que en teoría la “curva cero cupón” para los bonos corporativos debería estar sobre la curva cero cupón de los bonos del Banco Central. Esto se puede explicar debido a que los bonos corporativos son más riesgosos y existe posibilidad de que el emisor caiga en default, por lo tanto, la tasa que se les exige a estos instrumentos deben ser más altas que la que se exige a los bonos del Banco Central, ya que estos tienen el respaldo del Estado de Chile, por lo que debieran ser menos riesgosas.

En primera instancia, se intentará demostrar si en el mercado chileno se dan las condiciones anteriormente mencionadas, por lo que se seleccionarán instrumentos tanto del Banco Central como corporativos en un periodo que abarca desde Enero de 2005 hasta Junio de 2006.

3.1.1 Aplicación del Modelo de Nelson y Siegel para bonos del Banco Central

El primer paso trata de determinar el tiempo (expresado en años) que falta para el pago de los futuros cupones, tomando como fecha base la “Fecha o día de muestra” para todos los instrumentos de la muestra.

Luego se determinan los valores de cada cupón de pago futuro para cada instrumento, tomando como supuesto un Nominal de UF 1.000.000. Excel automáticamente determinará los valores de los cupones de interés, y cuando sea el último, le agregará el nominal total a recuperar. El monto del nominal no es relevante, pudiendo ser cualquier monto el utilizado, lo importante es que el monto sea el mismo tanto en el cálculo de los cupones como en la determinación del Precio Teórico que calculará más adelante Excel.

Una vez obtenidos los datos anteriores, los agrupamos en columnas, de manera de dejar los tiempos de cada cupón a pagar en relación con los correspondientes montos a pagar.

Luego aplicamos para todos los bonos una macro desarrollada en Visual Basic denominada “Precio Teórico NS”. Esta macro es un desarrollo en Excel de la ecuación anteriormente mencionada como (10), la cual permite determinar los parámetros β_0 , β_1 , β_2 y τ y el precio teórico calculado de acuerdo a este modelo.

Específicamente en Excel se toman las columnas de tiempo de cupones y sus correspondientes valores de cupones, y se definen celdas que estarán fijas las cuales representarán los parámetros β_0 , β_1 , β_2 y τ . La fórmula ya tiene incorporado la condición

de un nominal de UF1.000.000 que será devuelta al final, por lo que el resultado entregado como Precio Teórico estará en términos de Valor Par.

Luego aplicamos este mismo procedimiento para el resto de los instrumentos definiendo las mismas celdas fijas para los parámetros β_0 , β_1 , β_2 y τ .

Fruto de la comparación del Precio de Mercado de cada instrumento con su Precio Teórico obtenido definimos el error, el cual se obtendrá de la diferencia entre Precio de Mercado con el Precio Teórico elevado al cuadrado.

Minimización de Error

En esta etapa se aplica la ecuación enunciada como (11)

$$Min = \sum_{i=1}^n (P_{ti} - \bar{P}_{ti})^2 / n$$

Se aplica una sumatoria de los errores al cuadrado en los precios de los BCU y BTU, y luego se divide por el número de instrumentos de la muestra total (BCU y BTU).

El resultado de esto es lo que se procede a minimizar.

La minimización se realiza mediante Solver de Excel, el cual tratará de determinar el menos valor posible moviendo las celdas correspondientes a los factores β_0 , β_1 , β_2 y τ .

Antes de proceder a ejecutar Solver se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- τ no puede asumir valores negativos ya que determina la tasa a la cual los factores decaen a cero.
- De acuerdo a lo expuesto en la interpretación de parámetros de Nelson y Siegel, cuando el vencimiento tiende a infinito (para plazos muy elevados), la ecuación da como resultado que la tasa de interés tiende a β_0 . En otras palabras la tasa a muy largo plazo tiende a β_0 .

$$\lim_{T \rightarrow \infty} Y(t) = \beta_0$$

Por lo tanto, la definición teórica de los parámetros del modelo obliga a rechazar valores negativos en β_0 , ya que recoge la tasa de interés para plazos infinitos.

- Si el vencimiento tiende a cero, el resultado de la tasa tiende a $(\beta_0 + \beta_1)$. O sea, la tasa a muy corto plazo tiende a ser $(\beta_0 + \beta_1)$.

$$\lim_{T \rightarrow 0} Y(t) = \beta_0 + \beta_1$$

De esta manera, el modelo obliga a rechazar valores negativos para $(\beta_0 + \beta_1)$, ya que representa la tasa a plazos muy pequeños.

En la práctica, mediante Solver se intenta obtener los factores Betas y τ que minimizan los errores promediados, pero sujeto ahora a las siguientes restricciones:

$$\beta_0 > 0 \quad \text{y} \quad (\beta_0 + \beta_1) > 0$$

La fórmula de Solver en Excel, no permite establecer las condiciones anteriormente mencionadas, solo permite agregar el carácter ≥ 0 ; pero con esta condición corremos el riesgo de que los resultados sean igual a cero, lo cual tampoco sería apropiado.

Por esto se optó por establecer las restricciones de la siguiente forma:

$$\beta_0 > 0,01 \quad \text{y} \quad (\beta_0 + \beta_1) > 0,01$$

De esta forma se asegura que las condiciones no den resultados negativos, se puedan llegar a mínimos positivos sin llegar a ser cero.

- Solver calculará los parámetros que determinen el menor valor posible de los errores, pero surge un inconveniente relacionado con el valor dado a los parámetros iniciales. Se pudo comprobar que influye notoriamente los valores asignados a los parámetros antes de hacer correr Solver. Esto provoca divergencias tanto en los parámetros obtenidos, como en el resultado final de la minimización de los errores.

De acuerdo a la bibliografía, en muchas ocasiones, si el vector de parámetros iniciales se sitúa lejos del óptimo, la ecuación no converge aunque se realicen muchas iteraciones.

De acuerdo a la literatura para salvar este obstáculo se puede determinar un punto estacionario de donde partir obteniéndose parámetros iniciales, pero para concluir aquello se requiere que se cumplan una serie de condiciones, realizar derivadas de segundo orden y tener que probar con un rango amplio de valores y distintas combinaciones. Las desventajas son que requiere un costo temporal elevado, y no

siempre se presenta un punto estacionario determinando en este caso la ausencia de valores iniciales.

La otra posibilidad que existe es probar con distintos parámetros iniciales y hacer correr Solver, y quedarnos con aquél resultado en el cual se determinen los parámetros finales que arrojen el menor resultado en los errores. Una vez obtenidos los parámetros estimados de un periodo en estudio, éstos pueden utilizarse como parámetros iniciales en el procedimiento iterativo del Solver asociado a la estimación de los parámetros en el siguiente periodo a analizar.

Para esta tesis se optó por este último criterio, probando con distintos parámetros iniciales quedándose con los parámetros estimados que arrojaron el menor error posible. Luego se utilizaron estos resultados estimados como parámetros iniciales en la determinación de los parámetros estimados del siguiente periodo de estudio, y así sucesivamente. Pero además en este siguiente periodo igual se probaron con distintos parámetros iniciales para ver los resultados que arrojaba, y generalmente, los menores errores obtenidos provenían de la utilización de parámetros iniciales que habían sido los parámetros estimados en el periodo anterior.

Una vez obtenidos éstos, tendremos la seguridad de que son representativos de la muestra abarcada.

Luego estos parámetros son utilizados en la ecuación (3), para distintos momentos en el tiempo, logrando así obtener las tasas cero cupón para distintos plazos.

$$Y(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2)(1 - \exp(-t/\tau))/(t/\tau) - \beta_2 \exp(-t/\tau)$$

Una vez obtenido las tasas cero cupón, podemos graficarlas obteniéndose así la Curva Cero Cupón. Para nuestra tesis se construyó una curva cero cupón para un plazo de 20 años.

3.1.2 Aplicación del Modelo de Nelson y Siegel para bonos corporativos

Todos los procedimientos que a continuación se detallarán fueron realizados en Excel, similar al caso de los BCU y BTU.

Se ordenaron los bonos de acuerdo a la fecha de vencimiento (maturity).

Se determinó el tiempo (expresado en años) que falta para el pago de los futuros cupones.

Luego se determinan los valores de cada cupón de pago futuros para cada instrumento, tomando como supuesto un Nominal de UF 1.000.000.

Agrupamos los datos en columnas, de manera de dejar los tiempos de cada cupón en relación con los correspondientes montos a pagar.

Luego aplicamos la macro “Precio Teórico NS”, la cual permite determinar los parámetros β_0 , β_1 , β_2 y τ y el Precio Teórico calculado de acuerdo a este modelo en términos de Valor Par.

Y por último se definió el error, el cual se obtendrá de la diferencia entre Precio de Mercado con el Precio Teórico elevado al cuadrado.

Minimización de Error

En esta etapa se aplica la misma ecuación

$$Min = \sum_{i=1}^n (P_{ti} - \bar{P}_{ti})^2 / n$$

Se aplica una sumatoria de los errores al cuadrado en los precios de los Bonos Corporativos, y luego se divide por el número de instrumentos de la muestra total.

El resultado de esto es lo que se procede a minimizar.

La minimización se realiza mediante Solver de Excel, el cual tratará de determinar el menos valor posible moviendo las celdas correspondientes a los factores β_0 , β_1 , β_2 y τ .

Al igual que en el caso de los Bonos del Banco Central se deben tener considerado que el τ debe ser positivo, $\beta_0 > 0,01$ y $(\beta_0 + \beta_1) > 0,01$.

En cuanto a los parámetros iniciales utilizados antes de hacer correr Solver, se actuará en forma similar a lo que se hizo con los Bonos del Banco Central.

Una vez obtenidos los parámetros estimados, éstos se reemplazarán para distintos momentos en el tiempo en la ecuación siguiente, obteniéndose valores cero cupón que luego estructurarán la curva cero cupón a 20 años.

$$Y(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2)(1 - \exp(-t/\tau))/(t/\tau) - \beta_2 \exp(-t/\tau)$$

Para esta tesis, como se mencionó anteriormente, se abarcó un periodo desde enero 2005 a junio 2006, estableciéndose una recopilación de datos, tanto de bonos del Banco Central como bonos corporativos, determinando así una muestra de 18 periodos mensuales que

corresponden a aquellos días donde existen más instrumentos tranzados, sobre todo de bonos corporativos.

De esta muestra, existen solo 10 periodos en la que los instrumentos tranzados cumplen los requisitos necesarios, para poder desarrollar el modelo Nelson y Siegel en este estudio.

En cada uno de estos periodos fue posible establecer una curva cero cupón para los bonos del Banco Central, y una curva cero cupón para bonos corporativos clasificación de riesgo AA. De las demás clasificaciones de riesgos existentes no fue posible establecer curvas debido a que no se contaban con muchas transacciones en el mercado, o no cumplían los requisitos establecidos como que fueran instrumentos bullet, cupones semestrales, y valorizado en UF.

Luego de esto fue posible comparar ambas curvas y ver su comportamiento para distintos periodos de tiempo hasta un límite de 20 años.

Los resultados obtenidos fueron graficados, de manera de determinar el comportamiento de ambas curvas, y facilitar su comprensión.

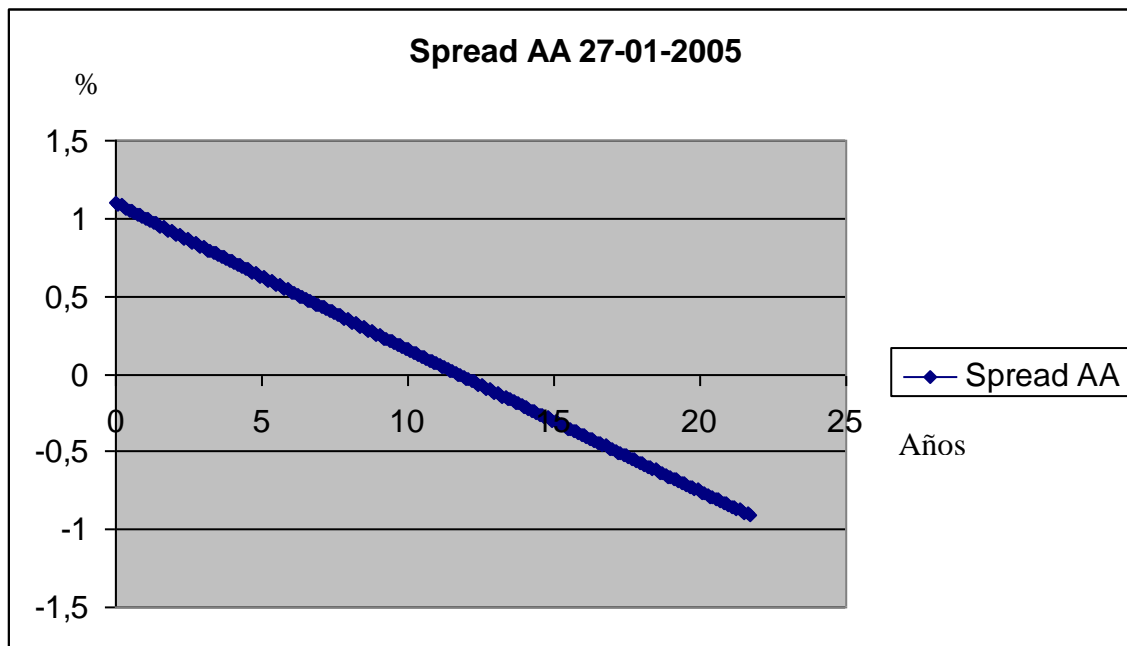
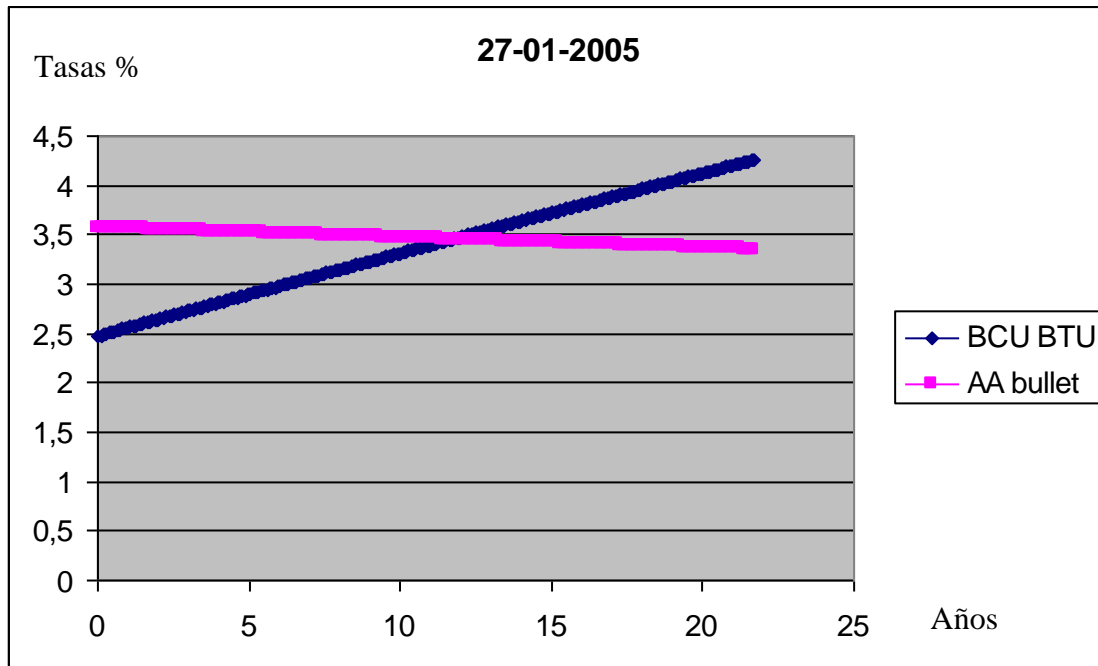
3.2 Comparación de curvas cero cupón

La comparación de ambas curvas, tanto de bonos corporativos como del Banco Central, la podemos reflejar mediante gráficos, y establecer las diferencias que se producen entre ambas para un periodo de 20 años.

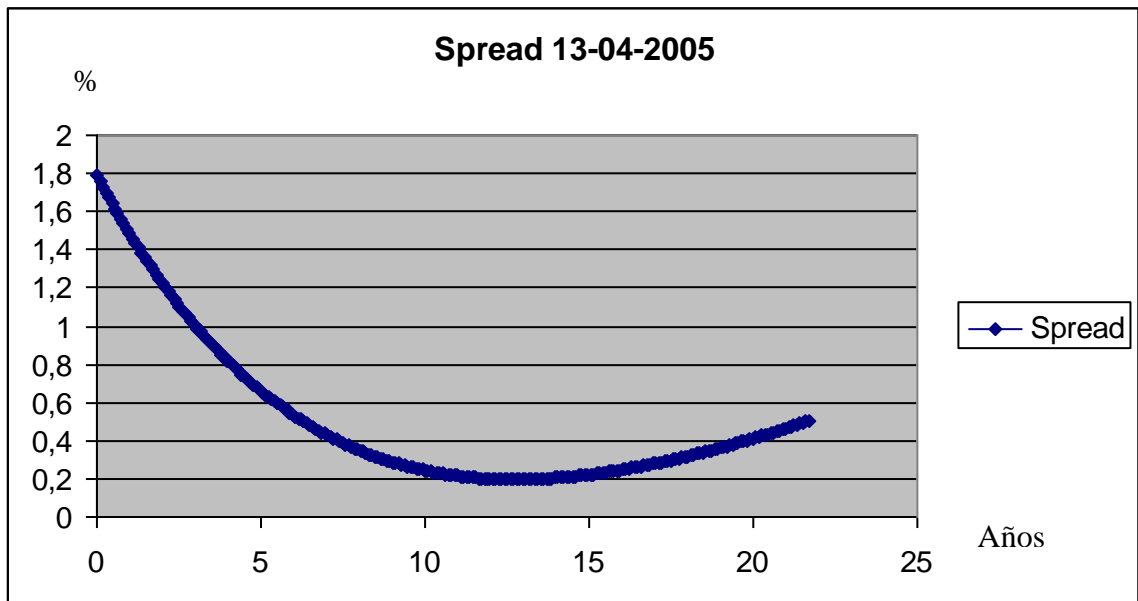
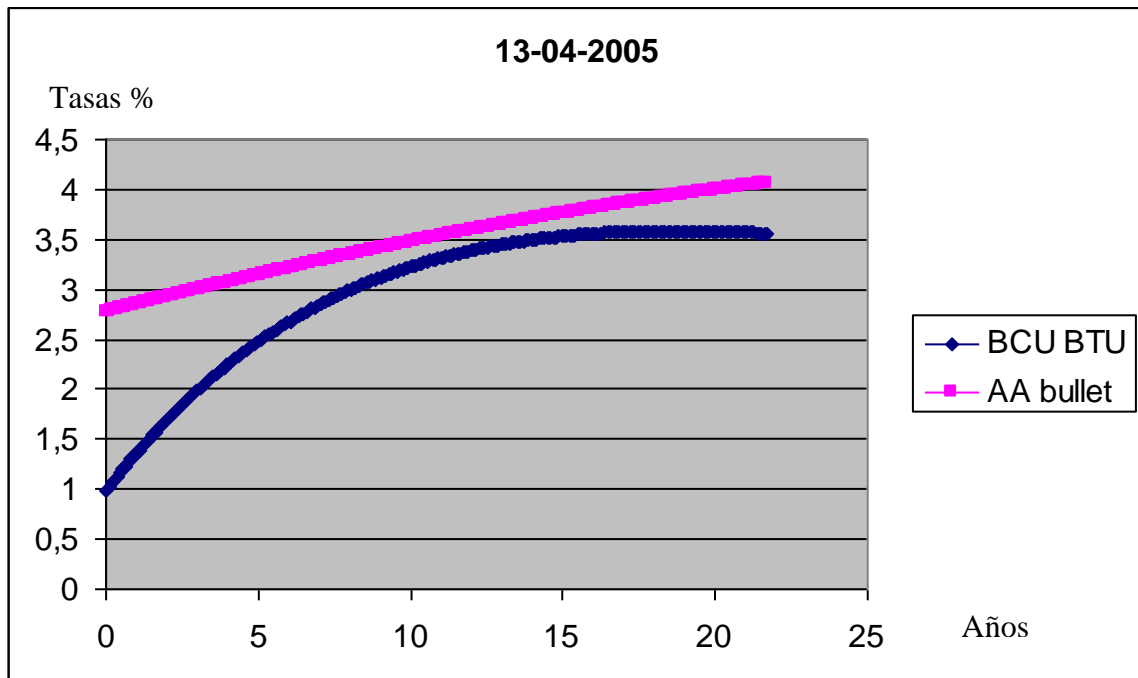
La diferencia producida entre la tasa de la colocación de los bonos corporativos y la de un bono cero riesgo se entiende por “spread”. La explicación de la diferencia generada entre las tasa de estos instrumentos ha sido materia de interés de diferentes autores, pero en general se ha llegado a un consenso mediante el cual se establece que se produce por efecto de diferentes riesgos que pueden afectar la tasa de los bonos, por el cual se entregan diferentes premios: premio por **default** y premio por **riesgo**.

En el primer gráfico se presentó la situación más extrema. A partir del año 10 el modelo pierde la habilidad para explicar, ya que se presenta un fenómeno en la cual ambas curvas se intersectan, lo cual no es consistente con la teoría.

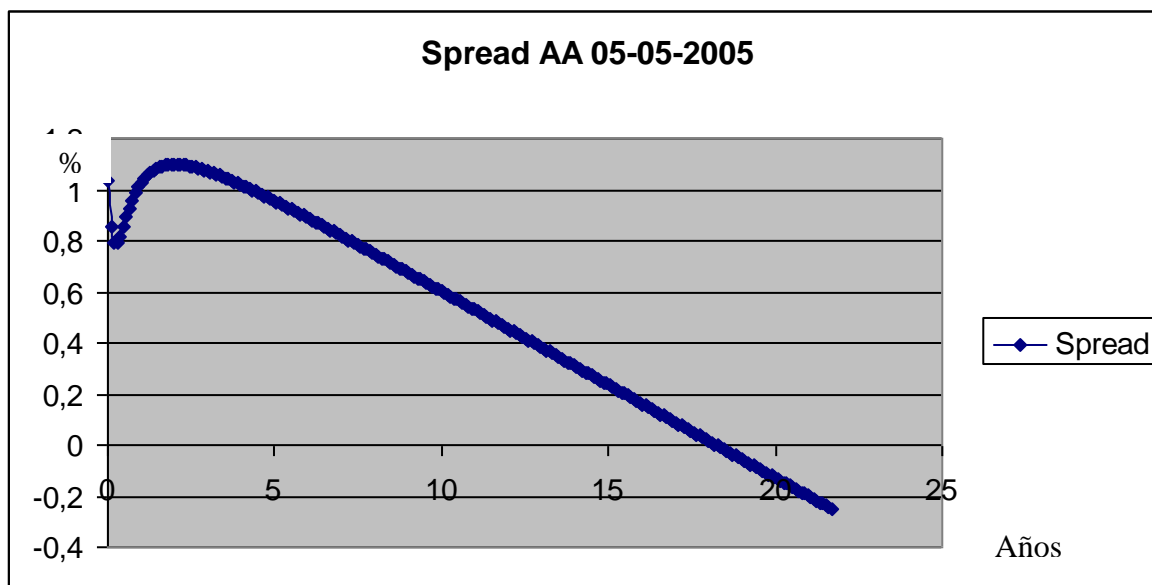
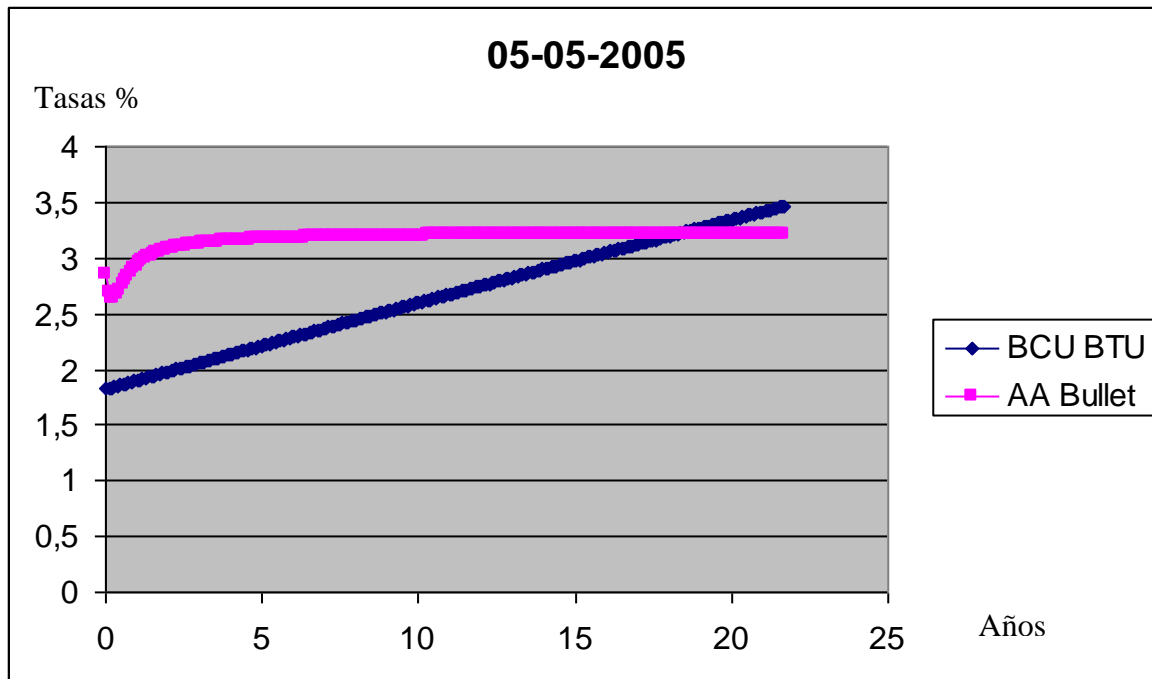
Más adelante, en los gráficos posteriores, se muestra que ambas curvas tienden a acercarse a medida que se aumenta el plazo, y en algunas situaciones específicas, suele darse nuevamente una intersección entre ellas, pero no tan acentuadas como en el primer gráfico.



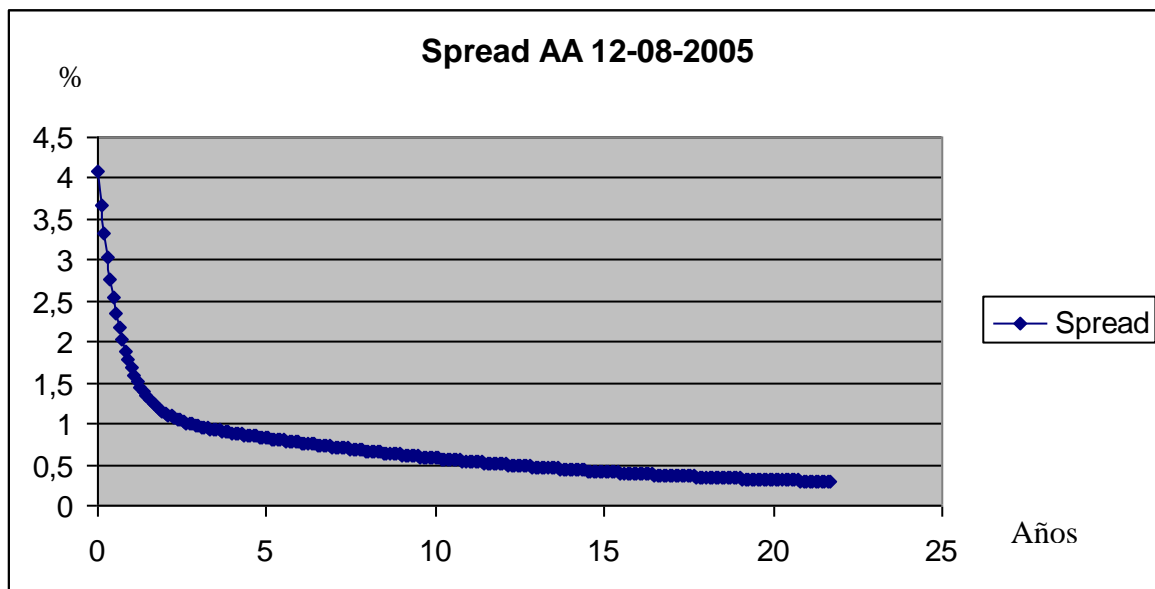
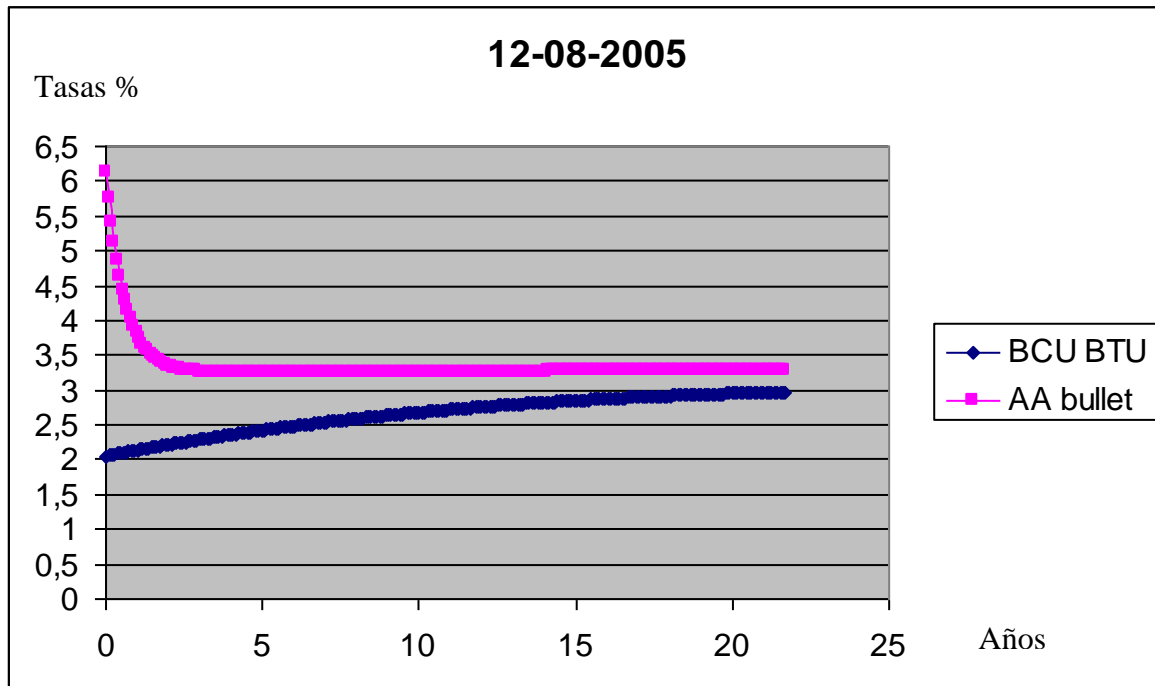
En esta situación, los datos de los bonos corporativos eran en su mayoría de corto plazo, lo cual puede haber afectado la estimación a un plazo mayor. Y el spread generado cae abruptamente.



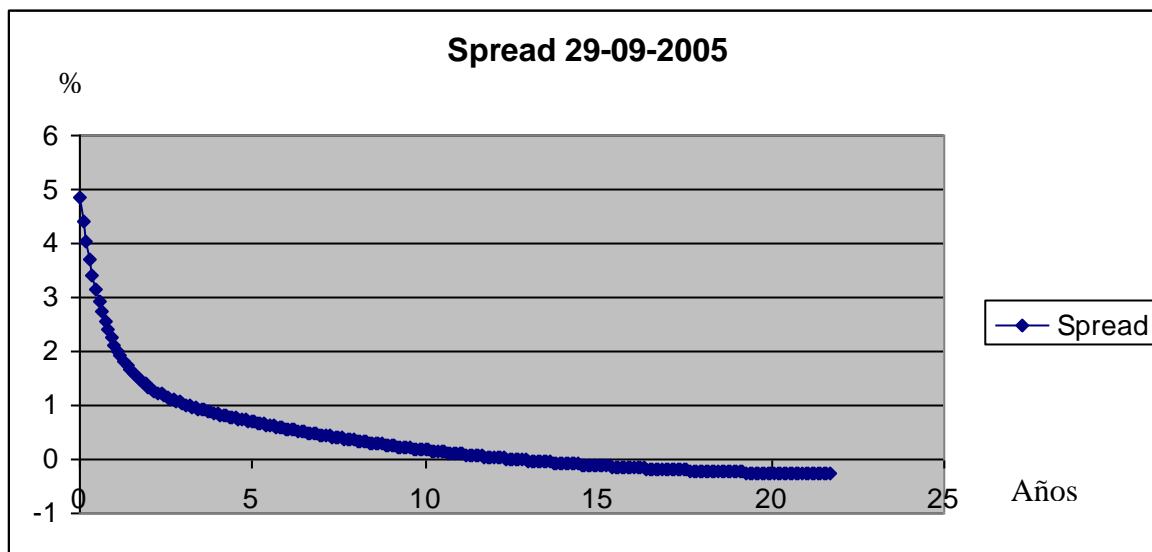
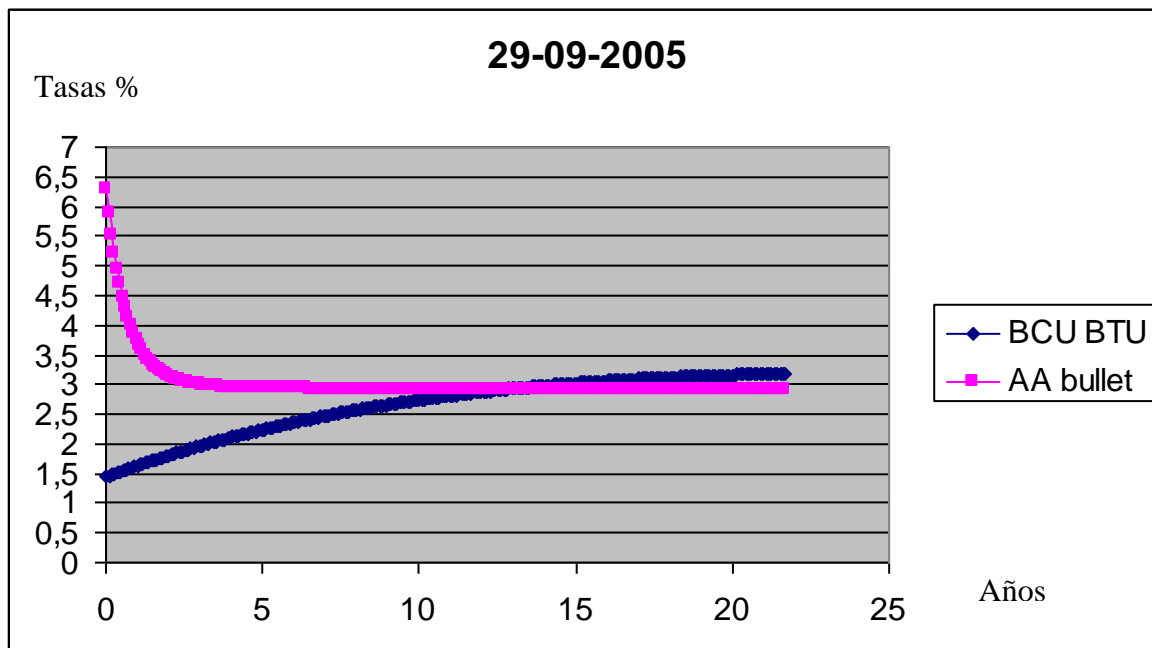
En este gráfico se puede apreciar la curva de bono corporativo sobre la curva de bono de gobierno. La brecha entre ellos se acorta pero no llegan a intersectarse. El spread comienza con 1,8% para decaer a 0,2 y luego empezar a recuperarse.



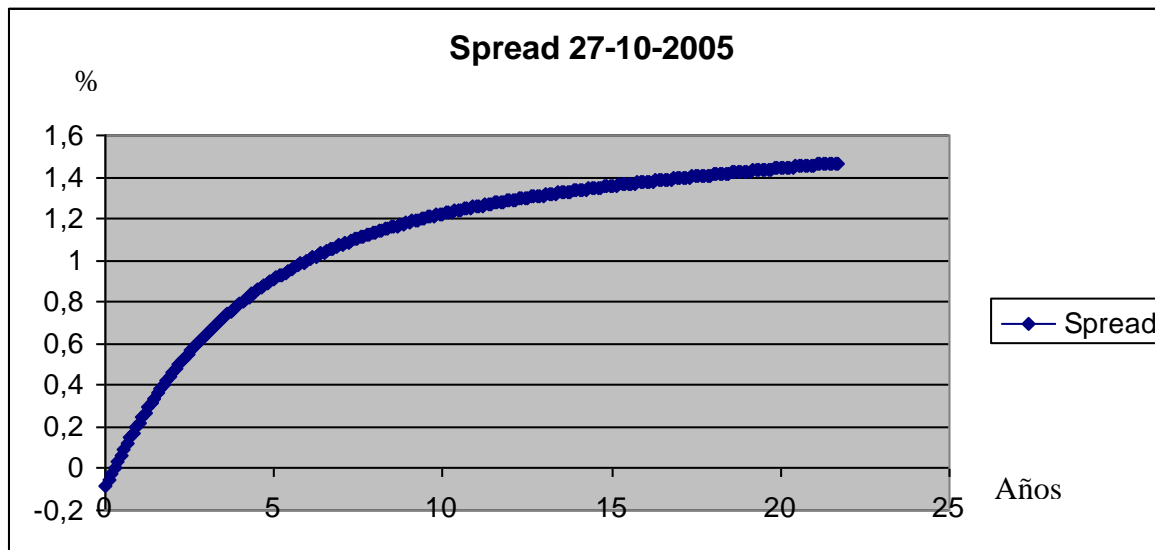
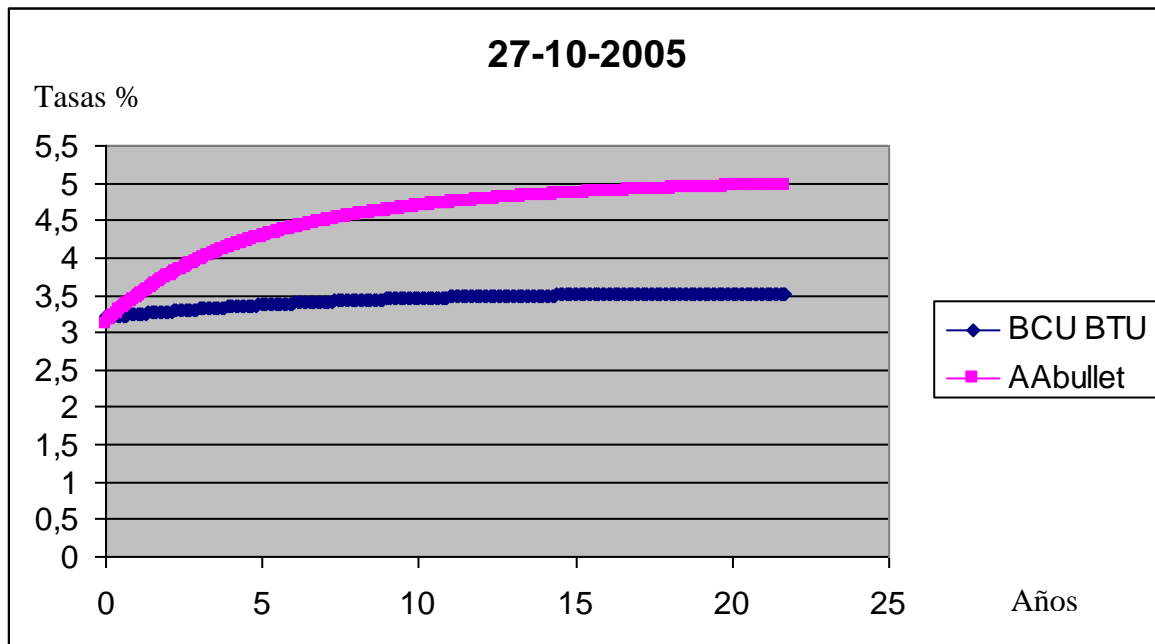
Aquí también se produce una intersección de ambas curvas, pero a un nivel de 18 años aprox. El spread cae abruptamente.



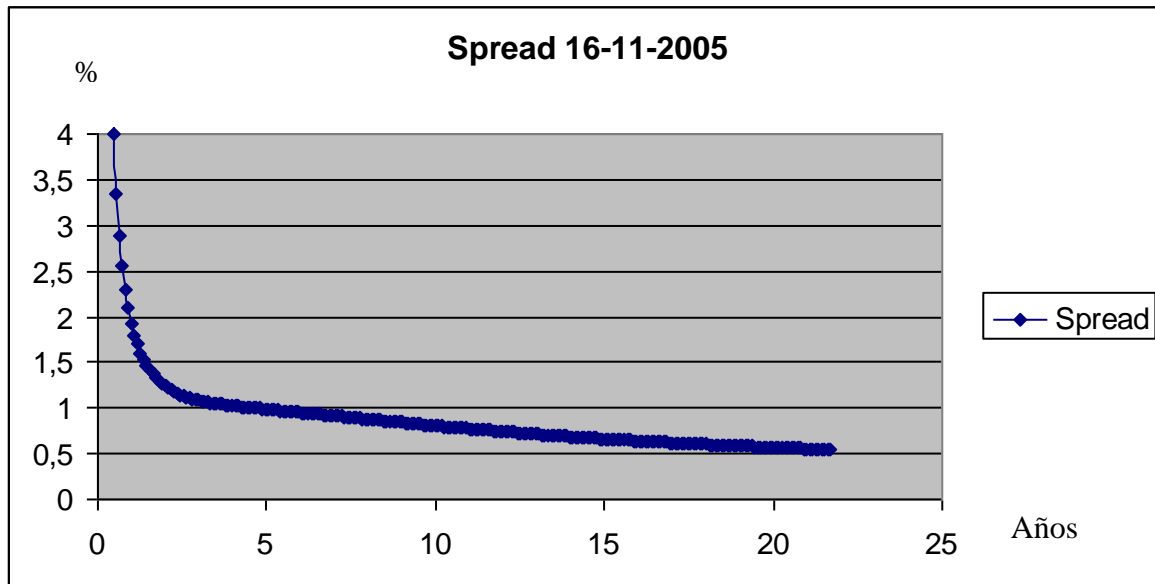
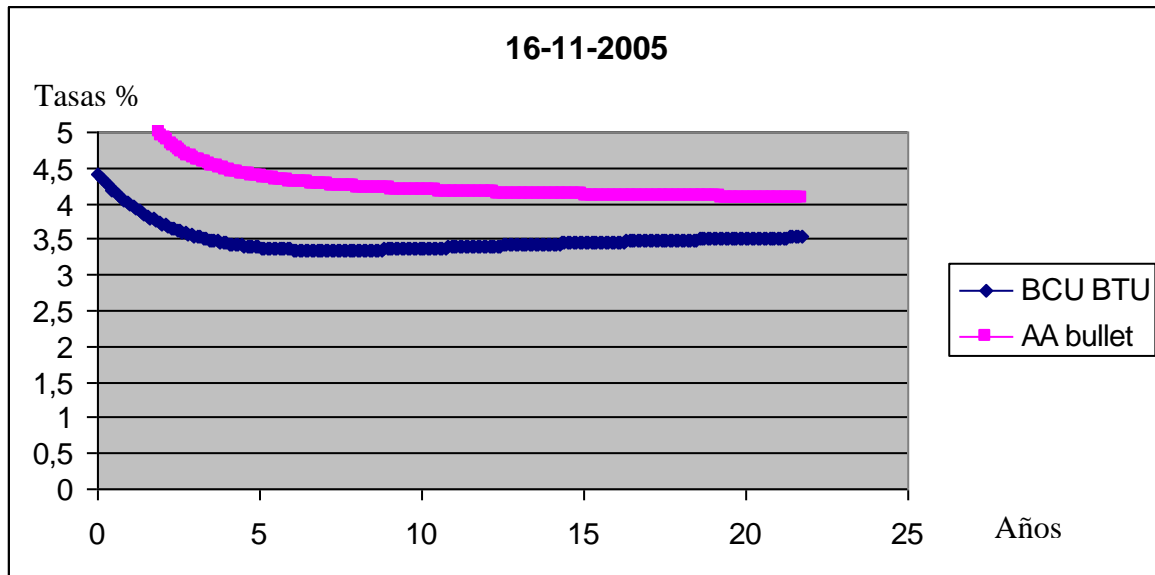
Acercamiento de ambas curvas en forma gradual sin intersección. Spread decae también en forma gradual



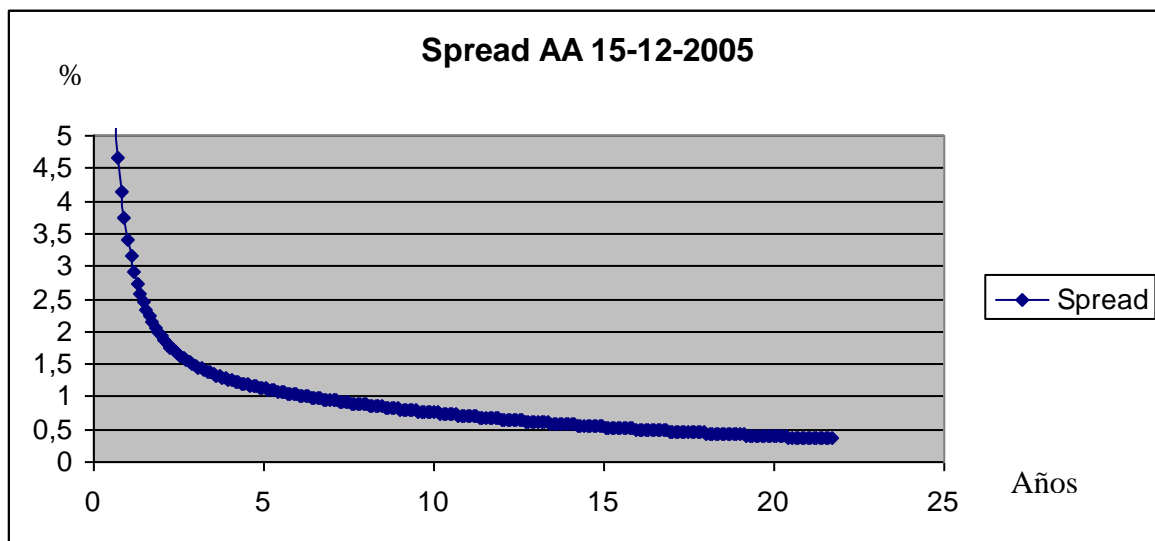
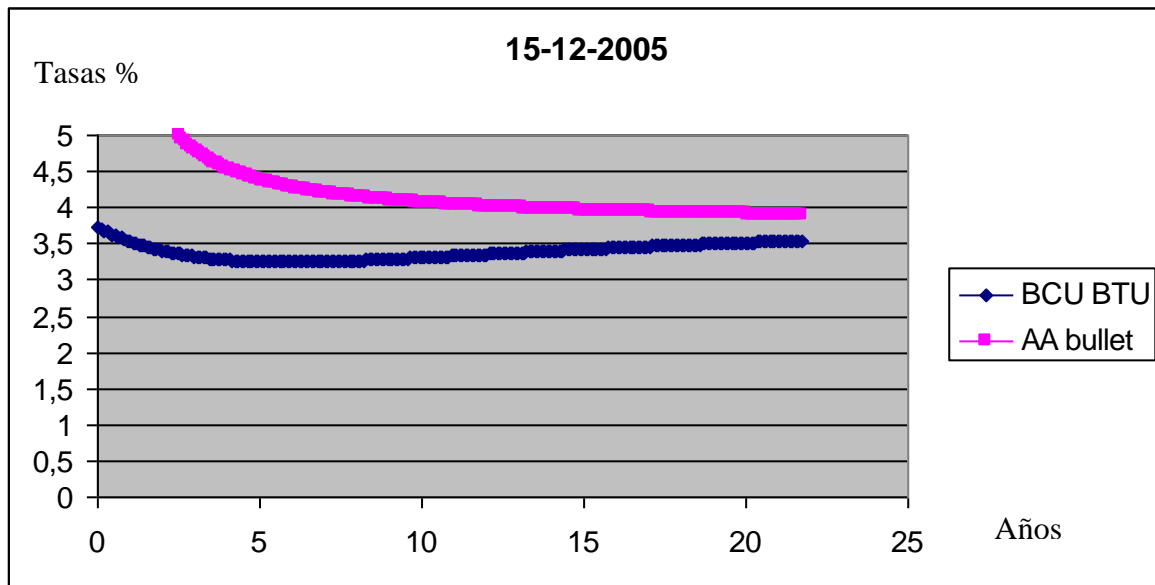
Nuevamente se origina una intersección de ambas curvas a un nivel de superior a 10 años, generando distorsión a un plazo mayor. Igual caso en spread.



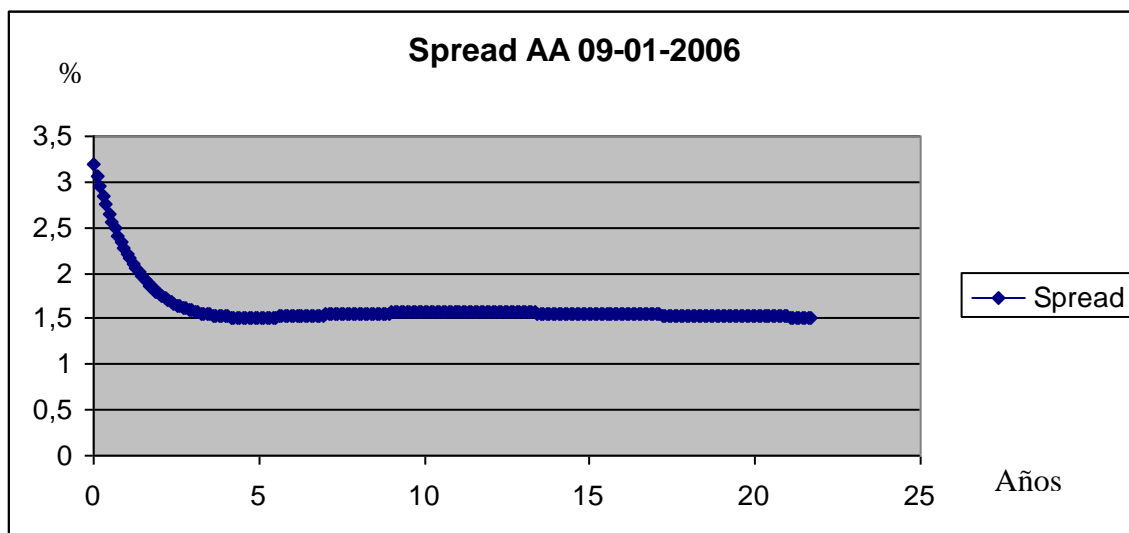
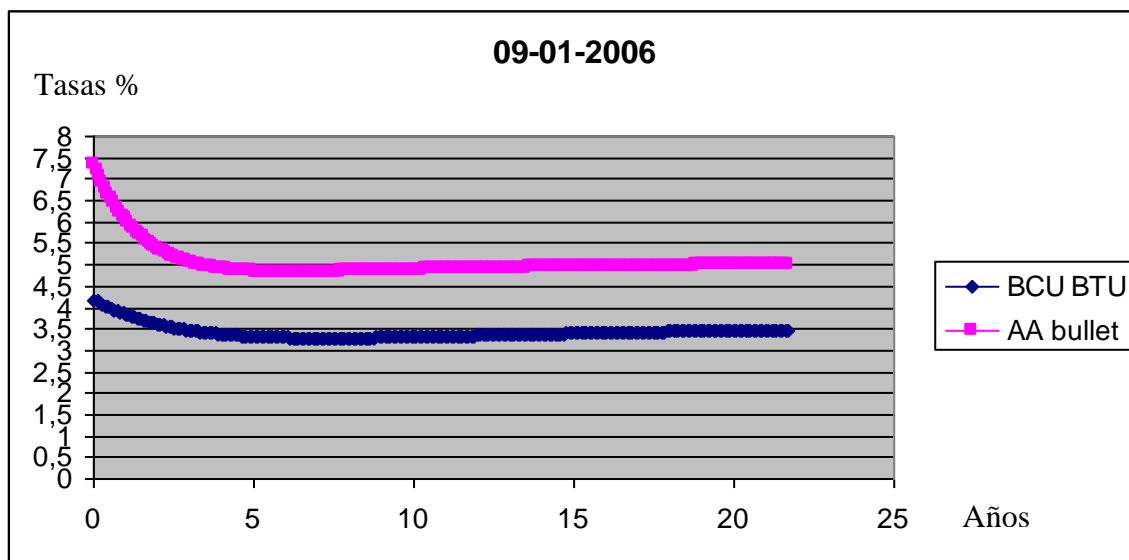
Se mantiene la situación de superioridad de curva de bono corporativo sobre curva de Gobierno, pero la brecha entre ambas curvas no se reduce al pasar el tiempo. Esta situación genera un spread ascendente.



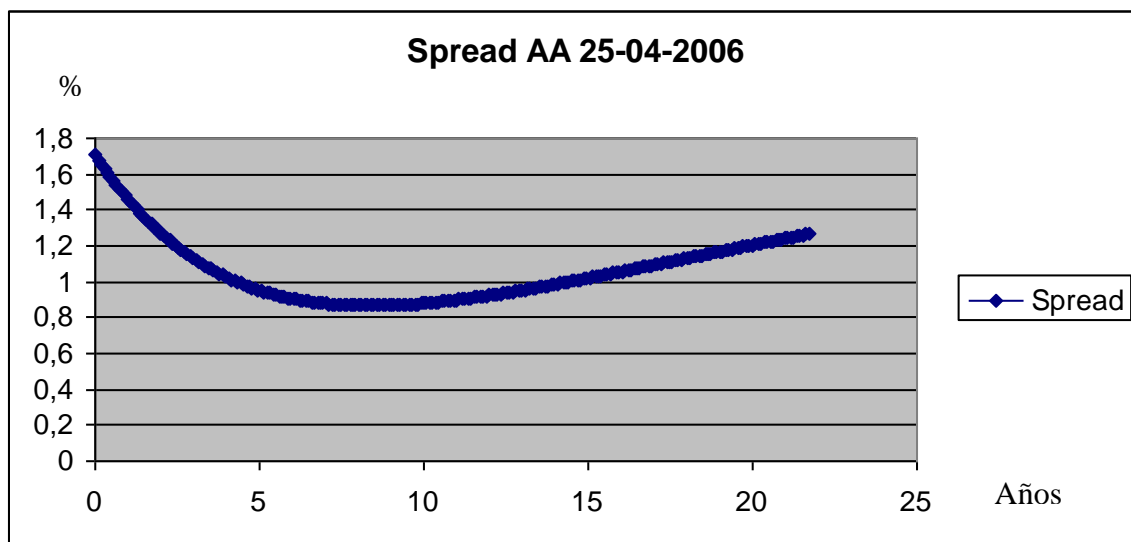
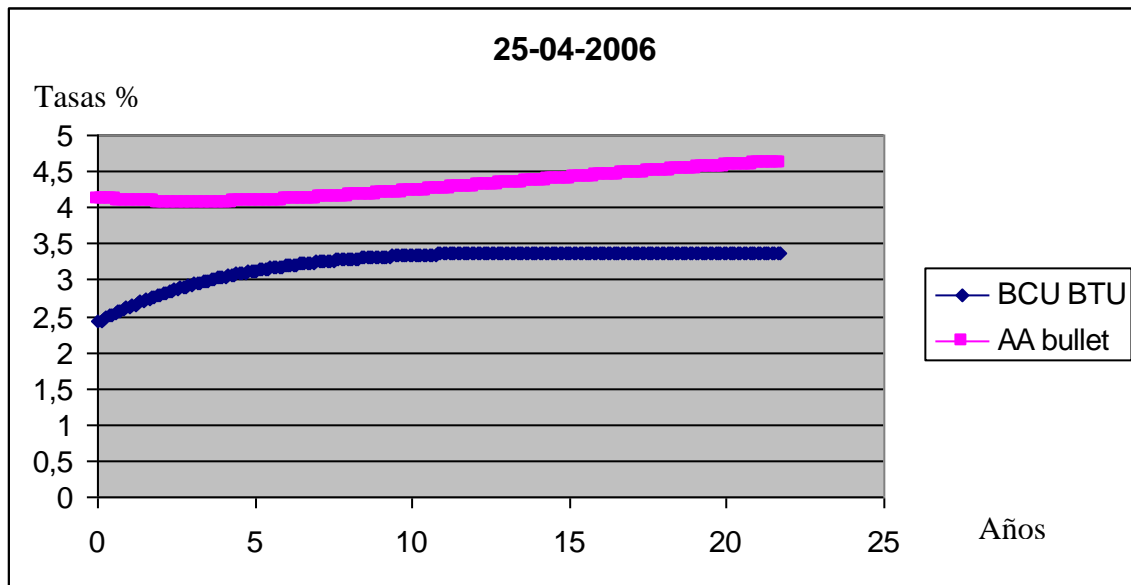
Levemente al pasar el tiempo las curvas comienzan a estrechar su diferencia. Ambas en el corto plazo comienzan con valores altos, los cuales mantienen una tendencia a la baja pero sin grandes variaciones. Spread se mantiene en un rango de 1% a 0,5% aprox.



Ambas curvas comienzan con tasas altas, pero la brecha entre ellas comienza a ser más estrecha. El spread comienza alto, pero luego se mantiene en un rango de 1,5% a 0,4% aprox.

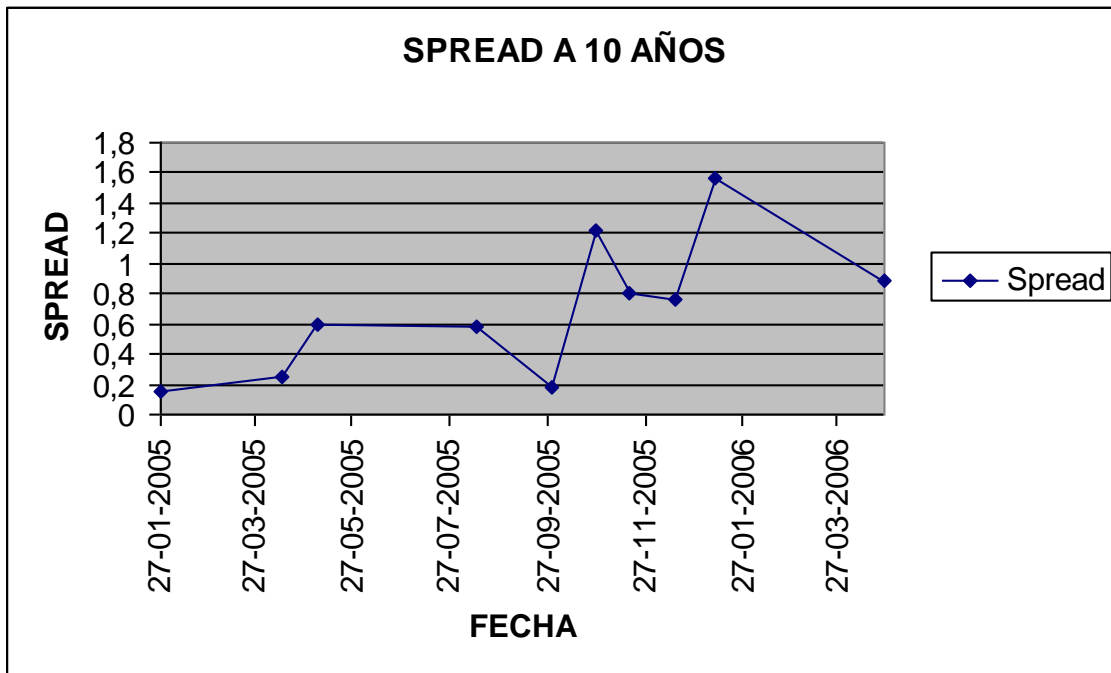
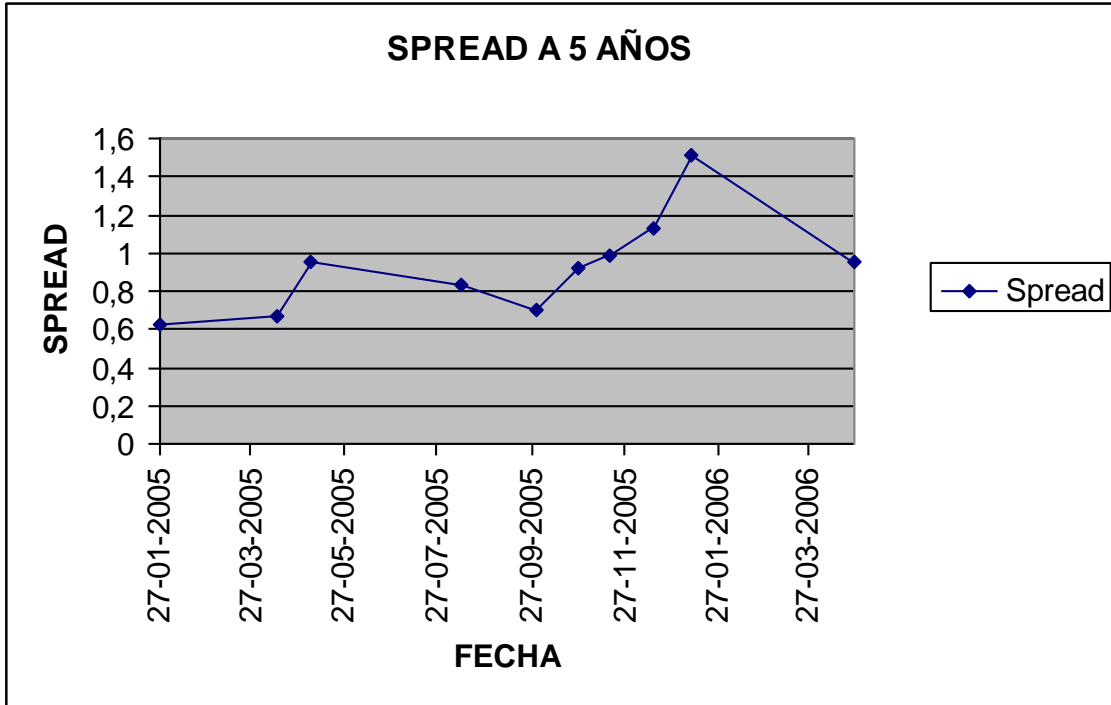


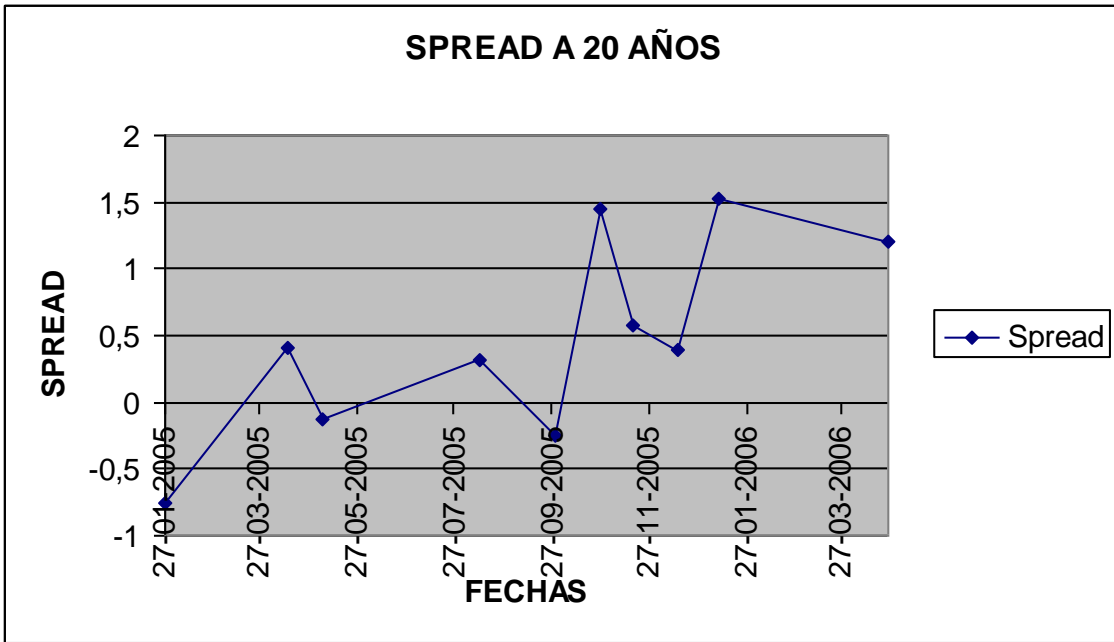
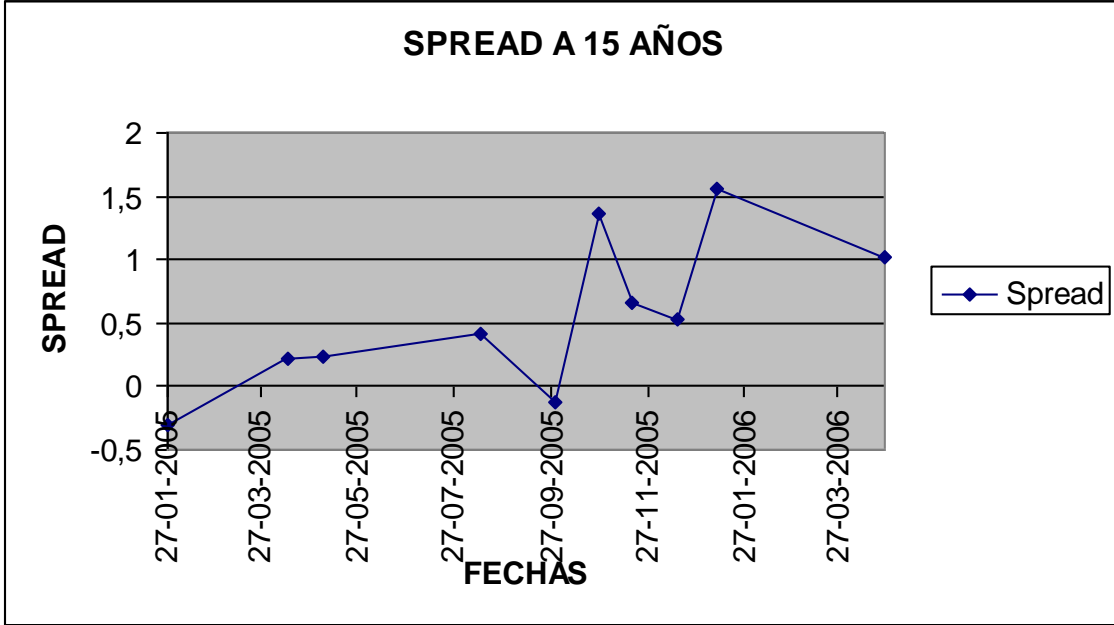
Ambas curvas comienzan con tasas altas, las cuales van decreciendo hasta llegar casi a valores estables en el tiempo. La brecha entre ellas ya no se comienza a estrechar. El spread comienza alto, pero luego se mantiene estable alrededor de 1,5%.



La brecha entre ambas curvas es considerable a medida que transcurre el plazo, incluso a plazos mayores a 10 años se incrementa. El spread comienza a decaer para luego recuperarse a un nivel superior a 10 años.

A continuación se presentan los siguientes gráficos en los cuales se detalla el comportamiento experimentado por los spread a 5, 10, 15 y 20 años durante todo el periodo muestral.





3.3 Resultados

Los valores que asumen los parámetros y sus signos determinan la forma que logran las curvas cero cupón.

A continuación se detallan las posibles formas que pueden asumir.

Forma de la Curva	Parámetros				Condición
	β_0	β_1	β_2	γ	
Creciente, cóncava	+	-	+	+	$ \beta_1 \geq \beta_2 $
Creciente	+	-	-	+	$ \beta_1 \geq \beta_2 $
Decreciente, convexa	+	+	-	+	$ \beta_1 \geq \beta_2 $
Decreciente	+	+	+	+	$ \beta_1 \geq \beta_2 $
Forma de \cap por encima de β_0	+	+	+	+	$ \beta_1 < \beta_2 $
Forma de \cap cruza β_0	+	-	+	+	$ \beta_1 < \beta_2 $
Forma de U por debajo de β_0	+	-	-	+	$ \beta_1 < \beta_2 $
Forma de U cruza β_0	+	+	-	+	$ \beta_1 < \beta_2 $

Dentro de nuestro análisis, tanto para Bonos del Gobierno como corporativos, podemos observar lo siguiente:

En el caso de Bonos del Gobierno, de acuerdo a los parámetros obtenidos, se pudo apreciar que la curva generalmente asume una forma decreciente convexa, para luego a finales del año 2005 hacia delante asumir una forma creciente cóncava.

Con respecto a los parámetros, β_0 siempre es positivo, β_1 comienza a asumir valores negativos a fines de 2005, y β_2 comienza con valores negativos para luego asumir valores positivos a fines del 2005. En términos absolutos β_1 siempre fue mayor que β_2 .

El análisis corresponde a los resultados obtenidos de 15 observaciones, del día más transado de cada mes.

Para el caso de bonos corporativos AA, no se pudo establecer una tendencia más o menos uniforme a lo largo del periodo muestral, partiendo en orden cronológico con forma creciente cóncava, forma de \cap que cruza β_0 , decreciente, forma de \cap encima de β_0 , pero siendo la más frecuente la forma creciente cóncava.

Con respecto a los parámetros, β_0 siempre es positivo, β_1 es inestable (valores negativos y positivos), y β_2 siempre es positivo. En términos absolutos de los valores de β_1 y β_2 tampoco se puede apreciar una tendencia, variando en cada mes.

El análisis corresponde a los resultados de 10 observaciones, correspondientes a los días más transados de cada mes.

Los resultados obtenidos muestran que la curva cero cupón de los bonos corporativos está sobre la curva cero cupón de los bonos del Gobierno. Pero este margen de diferencia se comienza a estrechar a medida que se mueve en el tiempo, y alrededor de los 10 años en adelante el margen es muy pequeño, e incluso ambas curvas han llegado a intersectarse lo cual no es consistente con la teoría. Este fenómeno puede deberse a las dificultades presentadas en la data de los bonos corporativos, en la cual generalmente se encontraban pocos instrumentos de largo plazo, con lo que el modelo debía estimar una curva cero cupón para 20 años con instrumentos de corto y mediano plazo.

El spread generado entre ambos tipos de bonos comienza con un valor el cual va decreciendo a medida que se avanza en el tiempo, y alrededor de los 10 años asume valores muy pequeños, llegando incluso a ser negativo lo cual tampoco es consistente con la teoría, en la cual el spread debiera ser siempre positivo.

En periodos cortos (5 años) el rango de los spread tiene un piso de 0.63 y un techo de 1.52, rango que se amplía en el largo plazo ya que baja la habilidad del modelo para predecir siendo los spreads más volátiles, incluso muestra spreads negativos lo que no es consistente con la realidad.

CONCLUSIONES

- En este estudio se apreciaron dificultades en la obtención de los datos apropiados, y además se procedió a efectuar una depuración y clasificación de ellos de acuerdo a ciertas características (detallado en capítulo 2). Esta labor nos llevó a reducir las muestras de transacciones diarias, y por lo tanto, disminuir el número de observaciones para esta tesis. Pero este proceso nos permitió trabajar con aquellos bonos que consideramos más confiables para realizar la estimación de las curvas cero cupón.
- En la construcción de curvas cero cupón para instrumentos del Banco Central, podemos señalar que se contaron con sólidos datos, destacando una homogeneidad en los instrumentos y transacciones diarias frecuentes. Esto permitió la obtención de curvas armoniosas y consistentes con la realidad.
- En el caso de bonos corporativos se obtuvieron curvas razonables, pero contando con dificultad en la data, ya que las transacciones no eran frecuentes, y los instrumentos no eran tan homogéneos a pesar que correspondían a la misma clasificación de riesgo (AA).
- Comprobamos que en general la curva de bonos corporativos está sobre la curva de bonos del Banco Central, lo cual es consistente con la teoría, en la cual los bonos corporativos debieran entregar mayores tasas que los bonos del gobierno, ya que son más riesgosos y pueden caer en default.
- Los resultados obtenidos sugieren que los comportamientos de las curvas y del spread son más razonables para periodos menores a 10 años, y que sobre este, el

modelo tiene poca habilidad para explicar. Lo anterior puede estar influido por la gran cantidad de bonos (de la nuestra) con madurez de corto y mediano plazo, con pocos bonos a un plazo mayor. Al igual que en punto anterior, el spread tiende a caer para periodos mayores a 10 años.

- Los resultados y parámetros (B_0 , B_1 , B_2 , y τ) obtenidos con el modelo de Nelson y Siegel, se pueden utilizar para valorizar tanto bonos de Gobierno como corporativos. Este modelo evitaría estimar valorización de bonos corporativos en forma arbitraria, o sea, aplicar un porcentaje sobre las tasas de los instrumentos del Banco Central.
- Algunos estudios sugieren que spreads más pequeños son una señal del aumento en la expansividad de las condiciones financieras y la buena salud de la economía. Nuestros resultados llevan a generar spreads cada vez más pequeños a mayores plazos, pero hay que tener presente que llegamos a la conclusión de que nuestro modelo no es capaz de explicar por sobre los 10 años.
- Las curvas de nuestro estudio son esencialmente monotónicas. Esto es consistente con el largo registro histórico enunciado en el paper de Nelson y Siegel (Modelamiento Parsimonioso de Las Curvas de Rendimiento/Rentabilidad).
- Con respecto a la forma asumida por la curva cero cupón de los bonos del Gobierno se puede establecer una tendencia, iniciándose con forma decreciente convexa y terminando con creciente cóncava. El periodo en que se experimenta el cambio es en Noviembre de 2005. Estas formas son confiables, ya que siempre se trabajaron muestras de BCU y BTU, por lo que el cambio experimentado de la forma obedece exclusivamente a comportamiento de estos instrumentos en el mercado.

- Un caso distinto es lo que experimenta la forma de la curva cero cupón de los bonos corporativos AA, las cuales no presentaron un comportamiento estable. Esto puede deberse a que las muestras de estos bonos no eran muy abundantes, además que en los distintos periodos muestrales no necesariamente eran los mismos bonos los que se transaban. Por lo tanto, al no ser los mismos bonos corporativos que se tranzaban, pueden haber influido las características intrínsecas de cada uno de ellos, como periodo de madurez, TIR, valor par, etc. modificando la forma de la curva de acuerdo a los instrumentos presentes esos días de muestra.
- Los resultados obtenidos no permiten poder concluir sobre una tendencia, esto basado en que el universo de datos es escaso, lo cual sólo nos permitió construir curvas para algunos días del mes, pero no para un mes completo.

ANEXO N°1

Descripción de los bonos utilizados en nuestro estudio

Bonos deuda pública

Los instrumentos utilizados a nivel de emisión de “Deuda Pública”, son los siguientes:

- Bonos del Banco Central de Chile en unidades de fomento (BCU)
- Bonos de la Tesorería General de la República de Chile en U.F. (BTU)

Bonos del Banco Central de Chile en unidades de fomento (BCU):

Objetivo de la emisión: se basa en el cumplimiento del objeto del Banco Central de Chile de velar por la estabilidad de la moneda y el normal funcionamiento de los pagos internos y externos.

Los BCU se emiten con la finalidad de reemplazar a los PRC que circulan actualmente en el mercado financiero local, procurando estandarizar los instrumentos a formato “bullet”.

Monto de la emisión: se determina de acuerdo con las metas de política monetaria.

Base monetaria de la emisión: la unidad de cuenta es la unidad de fomento.

Fecha de emisión: los bonos adjudicados por licitación o venta por ventanilla, se emitirán el mismo día en que se efectúe el cargo en la cuenta corriente de la empresa bancaria o sociedad financiera adjudicataria.

Cortes: se emiten en los siguientes cortes: 500 UF, 1.000 UF, 5.000 UF y 10.000 UF.

Reajustabilidad: según variación de la unidad de fomento.

Plazo: vencimiento mínimo de los bonos es de un año, contado desde su fecha de emisión.

Interés: devengan un interés a una tasa anual vencida. La tasa de interés se determina en forma simple, calculándose sobre la base de períodos semestrales de 180 días y de un año de 360 días.

Amortización: cupones con vencimientos semestrales iguales y sucesivos, que incluyen los intereses devengados, salvo el último cupón que comprende capital e intereses. Los cupones se pagan en moneda corriente nacional a la fecha de los correspondientes vencimientos.

Cotización bursátil: se transan con descuento, dependiendo de la tasa interna de retorno media que se haya fijado.

Codificación: Se identifican mediante un código nemotécnico de diez caracteres. En el orden de izquierda a derecha, los primeros tres caracteres lo identifican como tal, BCU. Los siguientes tres expresan la tasa de interés del bono; los siguientes dos señalan el mes de vencimiento y los últimos dos caracteres señalan el año de vencimiento.

Como ejemplo mencionamos el nemotécnico BCU0500907. Los tres primeros caracteres lo identifican como BCU, la tasa de interés es 5%, que se obtienen de los tres siguientes caracteres 050 que se divide por 10. Y por último la fecha de vencimiento, noviembre de 2007.

Bonos de la Tesorería General de la República de Chile en unidades de fomento (BTU)

Objetivo de la emisión: se emiten con la finalidad de financiar obligaciones del Tesoro Público inversión financiera y prepago de deuda pública. Además, se han emitido para efectuar pagos anticipados de pagarés.

Monto de la emisión: está condicionado al margen de endeudamiento establecido en la Ley de Presupuestos del Sector Público que esté vigente.

Unidad de cuenta: el valor nominal de los bonos se expresa en unidades de fomento.

Fecha de emisión: es aquella que aparece consignada en el símil o réplica de estos bonos.

Cortes : los bonos se emiten en cortes de mínimos de 500 unidades de fomento.

Reajustabilidad: de acuerdo a la variación de la unidad de fomento.

Plazo: el plazo de maduración de los bonos en circulación es de 10 y 20 años contado desde su fecha de emisión.

Intereses: devengan interés de 4,5% anual vencido, 2,6% y 2,1%. Los intereses que se vayan devengando por la posesión de estos títulos, se pagan semestralmente.

Amortización: esta se realiza en una sola cuota al vencimiento de los mismos. No hay rescates anticipados de estos bonos.

Cotización bursátil: se transan en el mercado bursátil, en porcentaje de su valor par.

Codificación: las emisiones se identifican con el siguiente código nemotécnico:

BTUTTTMMAA

BT: Bono de la Tesorería General de la República.

U: Unidad de Fomento (UF).

TTT: Tasa de interés de emisión.

MMAA: Mes y año de vencimiento.

Como ejemplo mencionamos el nemotécnico BTU0450824. Los dos primeros caracteres lo identifican como Bono de la Tesorería General de la República, U indica expresado en UF, la tasa de interés es 4,5%, que se obtienen de los tres siguientes caracteres 045 que se divide por 10. Y por último la fecha de vencimiento, agosto de 2024.

Bonos corporativos

Objetivo de la emisión: se emiten para financiar proyectos de inversión de largo plazo, para satisfacer compromisos financieros, como el refinanciamiento de pasivos.

Monto de emisión: lo determina libremente cada emisor. La emisión de bonos puede efectuarse por montos fijos o por líneas de bonos; en este último caso, se entenderá como tal cuando las colocaciones individuales que estén vigentes no superen el monto total y el plazo de la línea inscrita en la Superintendencia de Valores y Seguros.

Unidad de cuenta: El valor nominal de los bonos corporativos puede estar expresado en pesos, en moneda extranjera, o utilizando alguna de las unidades de cuenta correspondientes a los sistemas de reajustabilidad autorizados por el Banco Central de Chile (ej. U.F).

Emisión y colocación: la oferta pública de este instrumento exige la previa inscripción del emisor y de la emisión en el Registro de Valores que lleva la Superintendencia de Valores y Seguros.

Además el emisor debe presentar dos clasificaciones de riesgo de los títulos a inscribir.

El emisor puede colocar sus bonos directamente o a través de los intermediarios de valores como corredores de bolsa o agentes de valores.

Fecha de emisión: determinada libremente por la entidad emisora.

Cortes: los determina libremente la entidad emisora.

Reajustabilidad: los bonos pueden ser o no reajustables. Los bonos reajustables que se han emitido, en su gran mayoría están expresados en UF.

Plazo: este debe ser superior a un año.

Interés: la tasa de interés de una emisión es determinada libremente por la entidad emisora, la cual dejará estipuladas las fechas y lugares de pago de los intereses.

Amortización: esta puede realizarse en forma ordinaria directa, con pagos programados de capital e intereses, en forma trimestral, semestral o anual. También puede ocurrir que los intereses se pagan en parcialidades y que al momento del vencimiento del título se amortiza el capital (bullet); o bien, tanto el capital como los intereses se pagan sólo una vez y simultáneamente al momento de la total extinción del título.

Una emisión de bonos puede contemplar amortizaciones extraordinarias con rescates anticipados.

Transferencia: este título de deuda puede ser nominativo, a la orden o al portador.

Liquidez: la liquidez es inmediata en el mercado bursátil, si se decide enajenar los bonos antes de sus vencimientos o en caso de rescate anticipado por parte del emisor.

Cotización bursátil: se transan en el mercado bursátil en porcentaje de su valor par.

Codificación: los bonos corporativos se identifican mediante un código nemotécnico de diez caracteres. En el orden de izquierda a derecha, el primer carácter lo identifica como tal, mediante la letra B; en los cuatro caracteres siguientes se identifica al emisor del título de acuerdo con el código que haya registrado en la Superintendencia de Valores y Seguros; el sexto carácter corresponde a un guión y en los cuatro restantes se identifica la serie del instrumento; en caso de que la serie ocupe menos de cuatro caracteres, la o las últimas posiciones, quedan en blanco.

Como ejemplo mencionamos el nemotécnico BFALA-A2. El primer carácter indica Bono, los cuatro siguientes (FALA) indican el código del emisor, luego guión y por último la serie A2.

ANEXO N°2

Datos bonos corporativos utilizados en nuestro estudio

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
27-01-2005	BFALA-A2	01-06-2005	6,2	102,83	01-12-2005	2,69
27-01-2005	BHQIT-A1	01-03-2005	6,2	106,53	01-03-2007	2,83
27-01-2005	BBICS-CA	19-07-2005	7	109,73	19-07-2008	3,9
27-01-2005	BCHI-M0704	01-07-2005	3	100	01-07-2009	3

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
13-04-2005	BEMOS-A2	01-09-2005	6	102,17	01-09-2006	4,3
13-04-2005	BD&SS-A2	01-10-2005	7	107,2	01-10-2006	1,88
13-04-2005	BHQIT-A2	01-09-2005	6,2	108,09	01-03-2007	1,7
13-04-2005	BCHI-M0704	01-07-2005	3	100,2	01-07-2009	2,95
13-04-2005	BBIC420105	01-07-2005	3	100,36	01-01-2010	2,94

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
05-05-2005	BEMEL-A1	01-08-2005	6,2	105,47	01-08-2006	1,6
05-05-2005	BD&SS-A2	01-10-2005	7	107,07	01-10-2006	1,75
05-05-2005	BBICS-EA	19-07-2005	5	105	19-07-2008	3,24
05-05-2005	BBIC420105	01-07-2005	3	100,6	01-01-2010	2,88
05-05-2005	BCOR-D0405	01-10-2005	3	100,17	01-04-2010	2,96

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
12-08-2005	BD&SS-A2	01-10-2005	7	105,97	01-10-2006	1,44
12-08-2005	BHQIT-A1	01-09-2005	6,2	106,86	01-03-2007	1,5
12-08-2005	BHQIT-A2	01-09-2005	6,2	106,86	01-03-2007	1,5
12-08-2005	BCMPC-A	01-09-2005	2,7	96,39	01-03-2015	3,15

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
29-09-2005	BEMEL-A1	01-02-2006	6,2	103,63	01-08-2006	1,7
29-09-2005	BD&SS-A2	01-10-2005	7	105,07	01-10-2006	1,6
29-09-2005	BHQIT-A2	01-03-2006	6,2	105,88	01-03-2007	1,9
29-09-2005	BENTE-F1	01-10-2005	5,75	105,37	01-04-2007	1,94
29-09-2005	BBIC420105	01-01-2006	3	100,85	01-01-2010	2,8
29-09-2005	BCHI-P0205	01-02-2006	3	100,5	01-02-2010	2,87

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
27-10-2005	BHQIT-A2	01-03-2006	6,2	104,41	01-03-2007	2,75
27-10-2005	BFALA-C	01-12-2005	3,25	97,37	01-12-2009	3,97
27-10-2005	BBIC420105	01-01-2006	3	95,98	01-01-2010	4,1
27-10-2005	BCHI-P0205	01-02-2006	3	96,55	01-02-2010	3,9
27-10-2005	BCOR-D0405	01-04-2006	3	95,66	01-04-2010	4,1
27-10-2005	BCMPC-A	01-03-2006	2,7	85,66	01-03-2015	4,65

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
16-11-2005	BFALA-A2	01-12-2005	6,2	100,23	01-12-2005	0,2
16-11-2005	BHQIT-A2	01-03-2006	6,2	102,17	01-03-2007	4,4
16-11-2005	BENTE-F2	01-04-2006	5,75	101,86	01-04-2007	4,3
16-11-2005	BCHI-M0704	01-01-2006	3	96,11	01-07-2009	4,2
16-11-2005	BFALA-C	01-12-2005	3,25	95,91	01-12-2009	4,4
16-11-2005	BCHI-P0205	01-02-2006	3	94,82	01-02-2010	4,39
16-11-2005	BSTDK10301	01-03-2006	2,6	93,61	01-03-2010	4,3

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
15-12-2005	BEMEL-A1	01-02-2006	6,20	100,7	01-08-2006	5
15-12-2005	BEMEL-A2	01-02-2006	6,20	99,15	01-08-2006	7,69
15-12-2005	BD&SS-A2	01-04-2006	7,00	101,27	01-10-2006	5,28
15-12-2005	BHQIT-A2	01-03-2006	6,20	101,87	01-03-2007	4,55
15-12-2005	BBCIP11204	01-06-2006	2,50	93,12	01-12-2009	4,46
15-12-2005	BFALA-C	01-06-2006	3,25	95,24	01-12-2009	4,6
15-12-2005	BBIC420105	01-01-2006	3,00	94,9	01-01-2010	4,45
15-12-2005	BCHI-P0205	01-02-2006	3,00	94,69	01-02-2010	4,45
15-12-2005	BCOR-D0405	01-04-2006	3,00	94,58	01-04-2010	4,43

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
09-01-2006	BEMEL-A1	01-02-2006	6,20	100,64	01-08-2006	4,97
09-01-2006	BD&SS-A2	01-04-2006	7,00	101,46	01-10-2006	4,85
09-01-2006	BAGUA-E	01-06-2006	4,00	97,83	01-06-2012	4,4
09-01-2006	BMGAS-D2	01-06-2006	6,50	118,59	01-06-2026	4,99

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
25-04-2006	BHQIT-A2	01-09-2006	6,20	103,00	01-03-2007	2,50
25-04-2006	BESSB-A	01-08-2006	5,80	104,76	01-08-2008	3,53
25-04-2006	BCHI-M0704	01-07-2006	3,00	97,43	01-07-2009	3,89
25-04-2006	BBCIP11204	01-06-2006	2,50	95,34	01-12-2009	3,95
25-04-2006	BFALA-C	01-06-2006	3,25	98,37	01-12-2009	3,75
25-04-2006	BCHI-P0205	01-08-2006	3,00	96,83	01-02-2010	3,93
25-04-2006	BCOR-D0405	01-10-2006	3,00	96,62	01-04-2010	3,95
25-04-2006	BSECB10705	01-07-2006	3,00	96,91	01-07-2010	3,85
25-04-2006	BCMPC-A	01-09-2006	2,70	89,23	01-03-2015	4,20

ANEXO N°3

Datos bonos Banco Central utilizados en nuestro estudio

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
27-01-2005	BCU0500907	01-03-2005	5,00	107,08	03-09-2007	2,14
27-01-2005	BCU0501113	02-05-2005	5,00	115,27	01-11-2013	3
27-01-2005	BTU0451023	15-04-2005	4,5	110,08	16-10-2023	3,77
27-01-2005	BTU0450824	01-02-2005	4,5	110,12	01-08-2024	3,78

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
13-04-2005	BCU0500909	01-09-2005	5,00	111,67	01-09-2009	2,19
13-04-2005	BCU0500912	01-09-2005	5,00	115,01	03-09-2012	2,74
13-04-2005	BCU0501113	02-05-2005	5,00	117,22	01-11-2013	2,7
13-04-2005	BTU0450824	01-08-2005	4,5	115,07	01-08-2024	3,45

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
05-05-2005	BCU0500308	01-09-2005	5,00	108,97	03-03-2008	1,71
05-05-2005	BCU0500908	01-09-2005	5,00	109,59	01-09-2008	1,98
05-05-2005	BCU0500909	01-09-2005	5,00	112,35	01-09-2009	1,98
05-05-2005	BCU0500912	01-09-2005	5,00	117,78	03-09-2012	2,33
05-05-2005	BCU0501113	01-11-2005	5,00	120,49	01-11-2013	2,34
05-05-2005	BTU0451023	17-10-2005	4,5	119,95	16-10-2023	3,09

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
12-08-2005	BCU0500308	01-09-2005	5,00	108,42	03-03-2008	1,55
12-08-2005	BCU0500909	01-09-2005	5,00	112,08	01-09-2009	1,83
12-08-2005	BCU0500912	01-09-2005	5,00	117,56	03-09-2012	2,24
12-08-2005	BCU0501113	01-11-2005	5,00	120,71	01-11-2013	2,2
12-08-2005	BCU0500922	01-09-2005	5,00	129,59	01-09-2022	2,78
12-08-2005	BTU0451023	17-10-2005	4,5	123,98	16-10-2023	2,8
12-08-2005	BTU0450824	01-02-2006	4,5	125,1	01-08-2024	2,8

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
29-09-2005	BCU0500308	01-03-2006	5,00	107,55	03-03-2008	1,8
29-09-2005	BCU0500909	01-03-2006	5,00	111,34	01-09-2009	1,98
29-09-2005	BCU0500910	01-03-2006	5,00	113,99	01-09-2010	2
29-09-2005	BCU0500912	01-03-2006	5,00	116,32	03-09-2012	2,43
29-09-2005	BCU0501113	01-11-2005	5,00	118,64	01-11-2013	2,41
29-09-2005	BTU0210915	01-03-2006	2,1	97,04	01-09-2015	2,45
29-09-2005	BTU0451023	17-10-2005	4,5	120,67	16-10-2023	3
29-09-2005	BTU0260925	01-03-2006	2,6	94,15	01-09-2025	3,01

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
27-10-2005	BCU0500308	01-03-2006	5,00	104,52	03-03-2008	3
27-10-2005	BCU0500909	01-03-2006	5,00	107,07	01-09-2009	3,05
27-10-2005	BCU0501113	01-11-2005	5,00	112,26	01-11-2013	3,23
27-10-2005	BTU0210915	01-03-2006	2,1	89,74	01-09-2015	3,36
27-10-2005	BTU0451023	17-04-2006	4,5	113,5	16-10-2023	3,51
27-10-2005	BTU0450824	01-02-2006	4,5	113,43	01-08-2024	3,53
27-10-2005	BTU0260925	01-03-2006	2,6	87,64	01-09-2025	3,5

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
16-11-2005	BCU0500909	01-03-2006	5,00	106,43	01-09-2009	3,19
16-11-2005	BCU0500910	01-03-2006	5,00	107,81	01-09-2010	3,24
16-11-2005	BCU0500912	01-03-2006	5,00	110,07	03-09-2012	3,34
16-11-2005	BCU0501113	01-05-2006	5,00	111,94	01-11-2013	3,31
16-11-2005	BTU0210915	01-03-2006	2,1	90,04	01-09-2015	3,33
16-11-2005	BCU0500922	01-03-2006	5,00	119,4	01-09-2022	3,48
16-11-2005	BTU0451023	17-04-2006	4,5	113,79	16-10-2023	3,48
16-11-2005	BTU0260925	01-03-2006	2,6	87,79	01-09-2025	3,49

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
15-12-2005	BCU0500909	01-03-2006	5,00	106,98	01-09-2009	2,99
15-12-2005	BCU0500910	01-03-2006	5,00	108,66	01-09-2010	3,01
15-12-2005	BTU0210915	01-03-2006	2,1	91,87	01-09-2015	3,1
15-12-2005	BCU0500922	01-03-2006	5,00	120,25	01-09-2022	3,41
15-12-2005	BTU0451023	17-04-2006	4,5	114,47	16-10-2023	3,43
15-12-2005	BTU0450824	01-02-2006	4,5	114,73	01-08-2024	3,43
15-12-2005	BTU0260925	01-03-2006	2,6	88,77	01-09-2025	3,42

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
09-01-2006	BCU0500908	01-03-2006	5,00	104,94	01-09-2008	3,03
09-01-2006	BCU0500909	01-03-2006	5,00	106,84	01-09-2009	2,99
09-01-2006	BCU0500910	01-03-2006	5,00	109,04	01-09-2010	2,89
09-01-2006	BCU0500912	01-03-2006	5,00	110,96	03-09-2012	3,15
09-01-2006	BCU0501113	01-05-2006	5,00	112,96	01-11-2013	3,12
09-01-2006	BTU0210915	01-03-2006	2,1	91,72	01-09-2015	3,13
09-01-2006	BCU0500922	01-03-2006	5,00	120,96	01-09-2022	3,35
09-01-2006	BTU0451023	17-04-2006	4,5	115,51	16-10-2023	3,35
09-01-2006	BTU0450824	01-02-2006	4,5	115,14	01-08-2024	3,4
09-01-2006	BTU0260925	01-03-2006	2,6	89,31	01-09-2025	3,38

Fecha	Nemotecnico	Prox. Cupón	Tasa Cupón	P. Medio	Maturity	TIR Media
25-04-2006	BCU0500308	01-09-2006	5,00	104,59	03-03-2008	2,44
25-04-2006	BCU0500909	01-09-2006	5,00	106,96	01-09-2009	2,81
25-04-2006	BCU0500910	01-09-2006	5,00	109,01	01-09-2010	2,79
25-04-2006	BCU0500912	01-09-2006	5,00	111,09	03-09-2012	3,07
25-04-2006	BCU0501113	01-05-2006	5,00	112,71	01-11-2013	3,07
25-04-2006	BCU0500116	01-07-2006	5,00	116,02	04-01-2016	3,07
25-04-2006	BTU0450824	01-08-2006	4,50	116,14	01-08-2024	3,33

ANEXO 4

Valores de Spreads

A continuación se presentan los spreads obtenidos para distintos periodos en días específicos. Como se mencionó a lo largo de esta tesis, en ciertos periodos ocurrieron situaciones en que curvas cero cupón de Bonos del Gobierno y Corporativos se intersectaban, provocando situaciones de spreads negativos, lo cual no corresponde. Generalmente ocurre para spreads superiores a 15 años, los cuales son omitidos en esta presentación.

27/01/2005

Años	5 AÑOS	10 AÑOS
Spread	0,62792818	0,1565265

13/04/2005

Años	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
Spread	0,66674622	0,24309151	0,22291482	0,41107174

05/05/2005

Años	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS
Spread	0,95875101	0,60211168	0,23291618

12/08/2005

Años	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
Spread	0,82932204	0,57972341	0,41332963	0,31562662

29/09/2005

Años	5 AÑOS	10 AÑOS
Spread	0,69938512	0,17414726

27/10/2005

Años	5 ANOS	10 ANOS	15 ANOS	20 ANOS
Spread	0,91563188	1,22364002	1,35810794	1,44287276

16/11/2005

Años	5 ANOS	10 ANOS	15 ANOS	20 ANOS
Spread	0,98852971	0,80686424	0,66215979	0,57008282

15/12/2005

Años	5 ANOS	10 ANOS	15 ANOS	20 ANOS
Spread	1,13056153	0,75668797	0,5353926	0,39221632

09/01/2006

Años	5 ANOS	10 ANOS	15 ANOS	20 ANOS
Spread	1,51504464	1,56927123	1,55517726	1,52585268

25/04/2006

Años	5 ANOS	10 ANOS	15 ANOS	20 ANOS
Spread	0,95545816	0,88000226	1,02220739	1,20461055

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Banco Central de Chile (2003), documento “Características de los Instrumentos del Mercado Nacional”.
- Nelson, C.R. y Siegel, A.F. (1987), “Parsimonious Modeling of Yield Curves”, *Journal of Business*, vol.60, N°3, pp 473-489.
- Elizabeth Ruiz Dotras (2005), Tesis Doctoral “Comparación de Curvas de Tipo de Interés. Efectos de la Integración Financiera”, Universidad de Barcelona.
- Javier Pereda (Marzo 2005), “Estimación de la Curva de Rendimiento Cupón Cero para el Perú: Aspectos Metodológicos y Aplicaciones”, Banco Central de Reserva del Perú.
- Fernando Lefort G., Eduardo Walker N., “Caracterización de la Estructura de Tasas de Interés Reales en Chile”, *Economía Chilena*, volumen 1 N°2 Agosto 2000.
- Luis Oscar Herrera B., Igal Macendzo W., (Octubre 1997), “Expectativas Financieras y la Curva de Tasas Forward de Chile”, Documento de Trabajo del Banco Central.
- Gabriel E. Alpizar, Raquel Echeverria, Mónica Salazar. “Modelación de la estructura de Tasas de Interés Nominales para Costa Rica”, Abril 2005.
- Reuters, “Mercados de Renta Fija”. Edición 2002.
- FT Prentice Hall, “Guía de Valoración de Empresas”. Edición 2003.