



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES  
(ICADE BUSINESS SCHOOL)

**GESTIÓN Y VALORACIÓN DEL RIESGO  
ESTRUCTURAL DE TIPO DE INTERÉS DEL  
BALANCE Y DEL SWAP PLAIN VANILLA  
COBERTURA DE CARTERA DE RENTA FIJA**

Autor: Luis Viúdez López

Director: D. Antonio Mota Pizarro

Madrid  
Agosto 2018



# GESTIÓN Y VALORACIÓN DEL RIESGO ESTRUCTURAL DE TIPO DE INTERÉS DEL BALANCE Y DEL SWAP PLAIN VANILLA: COBERTURA DE CARTERA DE RENTA FIJA

Luis  
Viúdez  
López

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.    Objetivos .....	3
2.    Justificación.....	3
3.    Metodología y organización del documento .....	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO ECONÓMICO .....</b>	<b>5</b>
1.1. Política Monetaria .....	5
1.2. ALM.....	7
1.3. Basilea III .....	8
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>EL RIESGO DE TASA DE INTERÉS EN LA CARTERA DE INVERSIÓN (IRRBB) ...</b>	<b>11</b>
2.1. Definición del Riesgo de Tasa de Interés en la Cartera de Inversión.....	11
2.1.1. Factores de las tasas de interés .....	11
2.2. Tipos de Riesgo de Interés derivados de cambios en la curva de rendimiento .....	13
2.3. Medición del IRRBB.....	14
2.3.1. Introducción .....	14
2.3.2. Variaciones en las ganancias esperadas .....	15
2.3.3. Variaciones en el valor económico .....	16
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>DURACIÓN.....</b>	<b>18</b>
3.1. Introducción .....	18
3.2. Cálculo de la Duración.....	18
3.3. Sensibilidad.....	21
3.3.1. Duración Modificada.....	23
3.4. Convexidad .....	24
3.5. Duración de una Cartera de Valores.....	26
3.6. Convexidad de una cartera de valores .....	27
3.7. Usos de la Duración .....	27
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>SWAP PLAIN VANILLA .....</b>	<b>30</b>
4.1. Introducción .....	30
4.2. Interpretación de swap plain vanilla.....	30
4.3. Valoración de un IRS .....	32
4.3.1. Método Cupón Cero .....	33

4.3.1.1. Valor presente de la rama variable .....	34
4.3.1.2. Valor presente de la rama fija .....	36
4.3.1.3. Pricing .....	37
4.3.2. Bootstrapping .....	38
4.3.2.1. Calculadora Bootstrapping .....	39
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>EJERCICIO PRÁCTICO: COBERTURA DE UNA CARTERA DE RENTA FIJA .....</b>	<b>43</b>
5.1. Introducción .....	43
5.2. Proyección de la curva Euribor 6 M.....	44
5.3. Cobertura con swaps plain vanilla.....	47
5.3.1. Tipos fijos contratados swap a 31/07/18 .....	47
5.3.2. Valoración del swap a un mes de la contratación (31/08/2018).....	51
5.3.3. Resultados en la cobertura de la cartera .....	56
5.3.4. Valor de la cartera aproximado .....	58
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes de los tipos de interés .....	13
Tabla 2: Relación entre Duración y horizonte temporal del inversor .....	29
Tabla 3: Convenciones de IRS en euros.....	32
Tabla 4: Calculadora Bootstrapping.....	39
Tabla 5: Cartera de Renta fija .....	43
Tabla 6: Rama variable swap a 2 años .....	47
Tabla 7: Rama fija swap a 2 años.....	48
Tabla 8: Intercambio de flujos swap 2 años a 31/07/2018 .....	48
Tabla 9: Rama variable swap a 3 años .....	49
Tabla 10: Rama fija Swap a 3 años .....	50
Tabla 11: Rama variable swap a 5 años .....	50
Tabla 12: Rama fija Swap a 5 años .....	51
Tabla 13: Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018 .....	52
Tabla 14: Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018 .....	53
Tabla 15: Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018 .....	53
Tabla 16: Ganancias de los swaps a 31/08/2018.....	54
Tabla 17: Pérdidas de los swaps a 31/08/2018.....	55
Tabla 18: P/G individuales y de la cobertura (aumento de los tipos).....	56
Tabla 19: P/G Cartera con y sin cobertura (aumento de los tipos).....	56
Tabla 20: P/G individuales y de la cobertura (bajada de los tipos) .....	57
Tabla 21: P/G Cartera con y sin cobertura (bajada de los tipos) .....	57
Tabla 22: Valor de la cartera aproximado (aumento de los tipos) .....	58
Tabla 23: Diferencia entre Valor real de la cartera y el aproximado (aumento de los tipos).....	58
Tabla 24: Valor de la cartera aproximado (bajada de los tipos).....	59
Tabla 25: Diferencia entre Valor real de la cartera y el aproximado (bajada de los tipos) .....	59
Tabla 26: Calculadora Bootstrapping con interpolación.....	64
Tabla 27: Tipos implícitos 6m a 31/07/2018.....	65
Tabla 28: Calculadora Bootstrapping con interpolación a 31/08/18 .....	66
Tabla 29: Tipos implícitos 6m a 31/08/2018.....	67
Tabla 30: Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018 (aumento en la inclinación de la pendiente).....	68
Tabla 31: Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018 (aumento en la inclinación de la pendiente).....	68
Tabla 32: Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018 (aumento en la inclinación de la pendiente).....	69

Tabla 33: Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018 (descenso en la inclinación de la pendiente).....	69
Tabla 34: Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018 (descenso en la inclinación de la pendiente).....	70
Tabla 35: Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018 (descenso en la inclinación de la pendiente).....	70

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1: Compras netas por la APP, por programa .....	7
Gráfica 2: Elementos del capital .....	10
Gráfica 3: Relación entre ETTI, TIR y Precio del bono .....	19
Gráfica 4: Duración y Curva Precio-TIR .....	22
Gráfica 5: Duración Modificada y Curva Precio-TIR.....	23
Gráfica 6: Flujos de un IRS.....	31
Gráfica 7: Flujos de caja.....	33
Gráfica 8: Flujos de caja de un IRS.....	34
Gráfica 9: Tipo de interés implícito .....	36
Gráfica 10: Interpolación lineal.....	45
Gráfica 11: Curva a plazo 6 meses.....	46
Gráfica 12: Comparación de Curvas a plazo 6 meses .....	52
Gráfica 13: Comparación de Curvas a plazo 6 meses (aumento en la pendiente).....	54
Gráfica 14: Comparación de Curvas a plazo 6 meses (descenso en la pendiente).....	55

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Duración de Macaulay .....	19
Ecuación 2: Duración de Macaulay (compacta).....	20
Ecuación 3: Duración de Macaulay (Sensibilidad) .....	21
Ecuación 4: Precio del bono.....	21
Ecuación 5: Primera derivada del Precio respecto a la TIR .....	22
Ecuación 6: Primera derivada del Precio respecto a la TIR entre el Precio .....	22
Ecuación 7: Primera derivada del Precio respecto a la TIR entre el Precio (reorganizada).....	22
Ecuación 8: Duración Modificada.....	23
Ecuación 9: Duración Modificada (desarrollada) .....	23
Ecuación 10: Convexidad.....	24
Ecuación 11: Segunda derivada del Precio respecto a la TIR .....	24
Ecuación 12: Polinomio cuadrático.....	25
Ecuación 13: Aproximación de incrementos relativos.....	25
Ecuación 14: Aproximación de incrementos relativos con D y Convexidad.....	25
Ecuación 15: Aproximación de incrementos absolutos .....	26
Ecuación 16: Duración de una Cartera de Valores.....	26
Ecuación 17: Convexidad de una Cartera de Valores .....	27
Ecuación 18: Valor rama flotante de un IRS.....	34
Ecuación 19: Tipo implícito.....	35
Ecuación 20: Tipo implícito con FD .....	35
Ecuación 21: Valor del IRS.....	36
Ecuación 22: Tipo fijo contratado.....	37
Ecuación 23: Valor del IRS comprado.....	37
Ecuación 24: Valor del IRS vendido.....	37
Ecuación 25: Factor de Descuento .....	38
Ecuación 26: Factor de Descuento a valor presente.....	39
Ecuación 27: Precio de activo cotizado a la par .....	40
Ecuación 28: Igualdad entre la suma de los flujos de caja actualizados y el precio .....	40
Ecuación 29: Igualdad entre la suma de los flujos de caja actualizados y el precio en $t=2$ .....	41
Ecuación 30: Igualdad entre la suma de los flujos de caja actualizados y el precio en $t=2$ (con factor común) .....	41
Ecuación 31: Valor de FD2.....	41
Ecuación 32: Formula genérica de FD.....	41
Ecuación 33: Formula genérica de FD compacta.....	42
Ecuación 34: Tipo cupón cero genérica .....	42
Ecuación 35: Spread.....	44

## RESUMEN

El presente documento persigue analizar cómo afectan los cambios en el entorno de tipos de interés en el balance de las entidades bancarias, y cómo cubrirlos a través del swap plain vanilla. En base a dicho objetivo, se estudia en profundidad el Riesgo de Tipo de Interés, se analiza el marco económico actual en el que se encuentran las entidades y se realiza un ejercicio práctico de cobertura de una cartera de renta fija con swap de tipo de interés. En un escenario con una Estructura Temporal de los Tipos de Interés (ETTI) con pendiente ascendente, mercado perfecto y cartera compuesta por bonos comprados a la par en el mercado primario.

Los resultados de dicho ejercicio se estudian tanto con datos reales, como con los valores aproximados de la Duración Modificada y la Convexidad. Llegando a la conclusión de que se trata de una cobertura factible y eficiente, y que el uso de la Duración Modificada más su Convexidad es muy útil para valorar carteras, formadas por títulos con plazos homogéneos situados en la mitad de la Curva Cupón Cero, ante variaciones en los tipos de interés, si no tuviera estas características en cuanto a plazos, el modelo Key Rate Duration sería el más adecuado.

**Palabras clave:** Swap de tipo de interés, Duración, Convexidad, Cobertura, Swap plain vanilla, Riesgo Estructural de Tipo de Interés, Cartera de renta fija, Tasas de interés, Carteras disponibles para la venta, *Bootstrapping*.

## **ABSTRACT**

The attached document aims to analyse how the changes in the environment of interest rates affect the banking books, and how to hedge them with a plain vanilla swap. Based on this objective, the Interest Rates Risk are studied in depth and the current economic framework, in which the entities are located, is analysed and a practical hedging exercise of a fixed income portfolio with interest rate swap is made. In a scenario with a Term Structure of Interest Rates with upward sloping, perfect market and a portfolio composed of bonds purchased to par value in the primary market.

The results of this exercise are studied both with real data, and with the approximate values of the Modified Duration and Convexity. Concluding that it is a feasible and efficient hedge, and that the use of Duration plus its Convexity is very useful for valuing portfolios, it is formed by securities with homogeneous periods at half of the Zero-Coupon Curve, faced with variations in interest rates. If the portfolio did not have these characteristics, in terms of periods, the Key Rate Duration model would be the most appropriate.

**Key words:** Interest rate swap, Duration, Convexity, Hedge, Plain vanilla swap, Structure of Interest Rates Risk, Fixed income portfolio, Interest rates, Available-for-sale portfolio, Bootstrapping.

# INTRODUCCIÓN

## 1. Objetivos

El objetivo principal es analizar cómo afectan los cambios en el entorno de tipo de interés en el balance de las entidades bancarias, y cómo cubrirlos a través del swap de tipo de interés.

## 2. Justificación

Tras los actuales problemas en el sector bancario, las agresivas medidas tomadas por el Banco Central Europeo (BCE) y los nuevos requerimientos de capital de Basilea III, las entidades bancarias tienen que gestionar férrea y eficientemente sus activos y pasivos. Tal situación justifica la necesidad de obtener mayores competencias en el uso de este tipo de derivado.

## 3. Metodología y organización del documento

El capítulo 1 trata de ubicar al lector en el marco económico actual, haciendo referencia a los hechos más relevantes en relación con el tema que ocupa. Dicho capítulo se enfoca en: Política Monetaria (centrado en el Programa Ampliado de Compras de Activos), ALM y Basilea III.

El capítulo 2 define y muestra los factores y métricas de valoración del Riesgo del Tipo de Interés.

El capítulo 3 describe qué es un swap de tipo de interés (IRS), cómo se valora el mismo y explica la metodología *Bootstrapping* necesaria para la valoración del IRS.

El capítulo 4 trata sobre la Duración y su Convexidad, como calcularlas y su uso en la gestión del Riesgo de Tipo de Interés.

El capítulo 5 presenta un ejercicio práctico, que trata sobre el proceso y los cálculos necesarios para cubrir una cartera de renta fija, compuesta por 3 bonos comprados a la par en el mercado primario y bajo la asunción de mercado perfecto, con swap plain vanilla. Dando una perspectiva real y aproximada con el uso de la Duración Modificada y la Convexidad. La herramienta utilizada para la elaboración del ejercicio es el software Excel. Con el cual se crea una calculadora *Bootstrapping* necesaria para la elaboración de este.

# CAPÍTULO I. MARCO ECONÓMICO

## 1.1. Política Monetaria

El Banco Central Europeo puso en marcha el Programa Ampliado de Compras de Activos (APP), con el objetivo, indicado en (Dec. 2016/948, 2016), de mejorar la transmisión de la política monetaria, facilitar la provisión de crédito a la economía de la zona euro, facilitar las condiciones de endeudamiento para los hogares y empresas y contribuir a que las tasas de inflación vuelvan a niveles inferiores, pero cercanos al 2% en el mediano plazo, en coherencia con el objetivo del BCE de mantener la estabilidad de precios. El APP incluye todos los programas de compras, en virtud de los cuales se adquieren valores del sector privado y valores del sector público para abordar los riesgos de un periodo demasiado prolongado de baja inflación. Los cuales son:

- I. Programa de Compras del Sector Empresarial (CSPP): El Eurosistema comenzó a comprar bonos del sector corporativo el 8 de junio de 2016, destinado a ejecutarse hasta finales de marzo de 2017, pudiendo el Consejo de Gobierno ampliar el plazo hasta que denote un ajuste sostenido de la inflación en consonancia con su objetivo del 2%.
- II. Compra de Valores Respaldados por Activos o Titulizaciones (ABSPP): Se inició el 21 de noviembre de 2014. Con la finalidad de ayudar a los bancos a diversificar las fuentes de fondos y estimular la emisión de nuevos valores. De esta forma se ayuda a las entidades a cumplir su función principal, que es proporcionar crédito a la economía real.
- III. Programa de Compra de Bonos Garantizados (CBPP3): El Eurosistema comenzó a comprar bonos garantizados /cédulas hipotecarias el 20 de octubre de 2014. Con el objetivo de mejorar la transmisión de la política monetaria, respaldar las condiciones de financiación en la zona euro, facilitar la provisión de crédito a la economía real y general efectos positivos en otros mercados.
- IV. Programa de compra del sector público (PSPP): El 9 de marzo de 2015 el Eurosistema comenzó a comprar valores del sector público. Los títulos admisibles

a compra son: “los instrumentos de renta fija negociables denominado en euros emitidos por las administraciones centrales de un Estado miembro cuya moneda es el euro, las agencias reconocidas, las organizaciones internacionales y los bancos multilaterales de desarrollo ubicados en la zona del euro” (Dec. 2015/774, 2015).

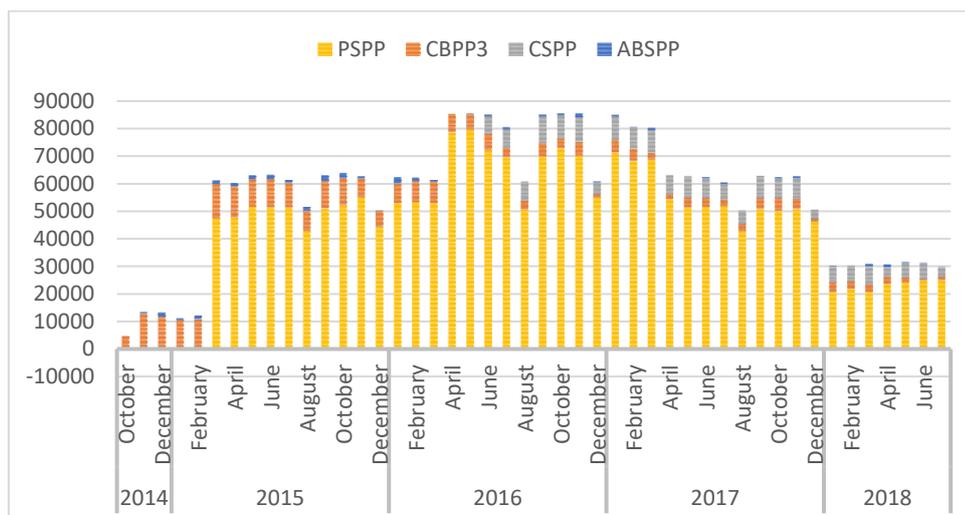
Los títulos se adquieren en el mercado secundario, ya que el Banco Central no puede financiar directamente al Estado.

El objetivo del presente programa es de aumentar la provisión de liquidez al mercado interbancario y de crédito a la eurozona. De esta forma, se espera que la inflación aumente.

En definitiva, el programa consiste en comprar títulos del sector público en el mercado secundario y a recomprar los vencimientos de las compras, que están comenzando a materializarse, ya que el PSPP comenzó hace 3 años más o menos y los títulos debían tener un vencimiento restante de 2 años para ser admisibles para compras. Por consiguiente, el programa provoca el aumento del balance del BCE y hace que se mantenga por la recompra de los vencimientos. Este sistema de compra y recompra se conoce como shock de demanda, con lo cual consigue que los precios suban y los tipos de interés bajen.

El PSPP es el programa más relevante, puesto que es el que mayor volumen de compras mantiene:

**Gráfica 1:** Compras netas por la APP, por programa



**Fuente:** Elaboración propia. A partir de datos históricos aportados por el BCE. URL: <https://www.ecb.europa.eu/mopo/implement/omt/html/index.en.html>

Es necesario centrarse en el PSPP, debido a que es el que más puede afectar al Riesgo Estructural de Balance. Porque el BCE se tiene que plantear disminuir su balance, desprendiéndose de los activos comprados. Dependiendo de la velocidad y del cuándo lo lleve a cabo, en ese momento, se produce el shock de oferta, lo que conlleva a la bajada de precios, así como a la **subida de tipos de interés**. Que es el riesgo del cual se quiere cubrir la cartera del ejercicio práctico del presente trabajo, situada en la partida carteras disponibles para la venta del balance de la entidad.

## 1.2. ALM

Teniendo en cuenta a Choudhry (2012), la Gestión de Activos y Pasivos (ALM) se encarga de gestionar los activos y pasivos de una entidad, como tal, es una disciplina a nivel estratégico y no táctica. Por lo general, se implementa dentro de la división de Tesorería de un banco, con una política general establecida por el Comité de Activos y Pasivos (ALCO).

El departamento de ALM se ocupa de la gestión cuantitativa del riesgo de liquidez y del **riesgo de tipo de interés inherentes al balance**. Las principales áreas de interés son:

- Medir y monitorizar el Riesgo de Liquidez y de Tipo de Interés: incluye el establecimiento de objetivos para los beneficios y la implantación de los límites al Riesgo de Tipo de Interés.
- Financiación y control de cualquier restricción en el balance: contiene las restricciones de liquidez, política de deuda y la relación de solvencia y la adaptación del capital.
- Cobertura de liquidez y Riesgo de Tipo de Interés.

La parte de ALM que se encarga de la formulación de la política del Riesgo de Tipo de Interés generalmente es ALCO, el cual está compuesto por altos directivos. ALCO establece la política bancaria para la gestión del balance y el posible impacto en los ingresos de algunos escenarios que considera que pueden ocurrir. El tamaño de este comité depende de la complejidad del balance general, de los productos comercializados y de la cantidad de información de gestión disponible en los productos.

El proceso empleado por ALCO para ALM varía de acuerdo con la disposición interna de la entidad. Un procedimiento común implica una presentación mensual a ALCO sobre el impacto de diferentes escenarios de tipos de interés en el balance. Esta presentación puede incluir: informes de brechas, una serie de escenarios de tipos de interés, basados en supuestos de lo que se espera que suceda con la forma y el nivel de la curva de rendimiento o lo que le puede suceder a la curva de rendimiento en escenarios de estrés, etc.

### **1.3. Basilea III**

El Banco de Pagos Internacionales (BIS) manifiesta que Basilea III es un conjunto de normas establecidas internacionalmente que el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (CSBB) ha emprendido debido a la crisis financiera de 2007. Con el fin de reforzar la regulación, la supervisión y la gestión del riesgo de los bancos.

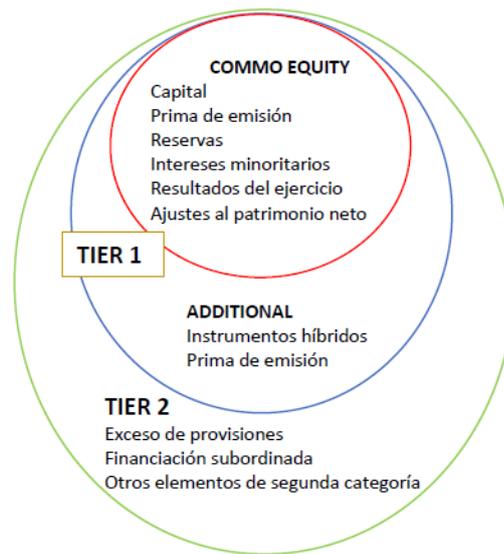
Las reformas, como menciona Rodríguez (2010), son las siguientes:

- I. Se busca mejorar la medición de los riesgos: En especial en algunas exposiciones, por ejemplo, actividades de la cartera de negociación, titulaciones, instrumentos fuera del balance y riesgos de contraparte en relación con los derivados. A causa de la crisis se ha observado que no estaban bien calculados.
- II. Se introducen colchones de capital: Su objetivo es garantizar que durante las etapas de crecimiento económico se reúna el suficiente capital para absorber las pérdidas en periodos de estrés.
- III. Se introduce una ratio de apalancamiento: Con el objetivo de limitar el exceso de apalancamiento en el sistema bancario.
- IV. Mejorar la implementación del proceso de supervisión (Pilar 2) y de la disciplina de mercado (Pilar 3).
- V. Se establece el Ratio de Cobertura de Liquidez a corto plazo (LCR) y el Ratio de Financiación Estable (NSFR): Con el objetivo de asegurar que las entidades posean unas reservas de liquidez diversificadas para necesidades de liquidez a corto plazo y una estructura de financiación estable a largo plazo.
- VI. **Aumento de la calidad y el nivel de los requerimientos del capital**: Esta reforma es la más relevante para el tema que ocupa, ya que afecta a los **recursos propios** de la entidad.

El objetivo es que las entidades tengan mayor margen para absorber las pérdidas y reforzar la solvencia de estas. Para ello, el Capital Ordinario de Nivel 1 (Common Equity) debe ascender al 4,5%, el capital de nivel 1 (Tier 1) debe ascender al 6% y el capital total (Tier 1 más Tier 2) debe ascender al 8% de los activos ponderados por riesgo.

Los elementos del capital, a juicio del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2010), son:

*Gráfica 2: Elementos del capital*



*Fuente: Elaboración propia.*

La función de Tier 1 es absorber las pérdidas cuando el banco está en funcionamiento y el Tier 2 absorbe las pérdidas cuando el banco no es viable.

En el presente trabajo se trata de cubrir los **ajustes al patrimonio neto** del Tier 1, cubriendo las minusvalías/plusvalías de la cartera de renta fija con swaps plain vanilla.

## **CAPÍTULO II. EL RIESGO DE TASA DE INTERÉS EN LA CARTERA DE INVERSIÓN (IRRBB)**

### **2.1. Definición del Riesgo de Tasa de Interés en la Cartera de Inversión**

El Riesgo de Tasa de Interés en la Cartera de Inversión (por sus siglas en inglés, IRRBB: Interest Rate Risk in the Banking Book) se encuadra en el Segundo Pilar del marco de capital de Basilea y atiende a las directrices del Comité decretadas en *Principles for the management and supervision of interest rate risk* de 2004. Este riesgo alude al riesgo actual o futuro para el capital de una entidad o para sus rendimientos, provocado por movimientos adversos de los tipos de interés sobre la cartera de inversión.

#### **2.1.1. Factores de las tasas de interés**

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (CSBB, 2016) manifiesta que las tasas de interés que la entidad percibe sobre sus activos, o que sufraga sobre sus pasivos, están compuestas teóricamente por 5 elementos, que son:

- I. Tasa libre de riesgo: Es el rendimiento esperado de un inversor bajo la hipótesis de no soportar riesgos.
- II. Diferencial de duración del mercado: Básicamente evidencia la incertidumbre de un inversor sobre el precio de un instrumento. Cuanto mayor sea el tiempo que resta hasta el vencimiento del activo, la exposición de este a las posibles fluctuaciones de las tasas de interés será mayor. Esto conlleva que el mercado exija un *spread* sobre la tasa libre de riesgo para cubrir el riesgo de duración.
- III. Diferencial de liquidez del mercado: Al tipo libre de riesgo se le puede incorporar un *spread* que simbolice el apetito inversor del mercado y la existencia de vendedores y compradores.

- IV. Diferencial de rendimiento general del mercado: Representa la prima que exigen los inversores en relación con el *rating* que posea la entidad, evaluada por una agencia de calificación crediticia.
  
- V. Diferencial de rendimiento idiosincrásico: Evidencia el riesgo crediticio de un determinado prestatario y del activo crediticio en sí, como también, el riesgo crediticio de la ubicación geográfica y del sector donde se encuentre el remitente.

Estos factores son habituales en todos los tipos de exposiciones, pero son más fáciles de reconocer en los instrumentos negociados, como ejemplo, los bonos. En el caso de los préstamos, sus tasas normalmente se basan en:

- I. Tasa de financiación o tasa de referencia más margen de financiación: En primer lugar, la tasa de financiación es el coste interno de la entidad para financiar el préstamo, mientras que la tasa de referencia es la tasa *benchmark* (Ej: El Libor en Europa), a la cual, la entidad le puede añadir o restar un margen de financiación para definir su propio tipo de financiación.
  
- II. Margen crediticio: Existen dos formas de manifestarse, por una parte, se trata de un porcentaje añadido a la tasa de referencia, y por otra, de una tasa administrada, es decir, una tasa completamente controlada por el banco.

Para comprender mejor la relación de los componentes, se aporta el siguiente gráfico, donde se señalan los factores que afectan al IRRBB y los factores que influyen en el CSRBB (Riesgo de Diferencial de Rendimiento de la Cartera de Inversión), no tan relevante para el presente trabajo.

**Tabla 1:** Componentes de los tipos de interés

Items en coste amortizado		Items en Mark-to-Market		
		Sector	Geografía	Instrumento
Tasa administrada	Margen crediticio	Diferencial de rendimiento idiosincrásico		
		Diferencial de rendimiento del mercado		
Tasa de financiación	Margen de financiación	Diferencial de liquidez del mercado		
	Tasa de referencia	Diferencial de duración del mercado		
		Tasa libre de riesgo		
Ej: Préstamo para el consumo	Ej: Préstamo corporativo	Ej: Bonos/Valores que generan intereses		

IRRBB
  CSRBB

*Fuente:* Elaboración propia. Con base en CSBB (2016) p.37.

## 2.2. Tipos de Riesgo de Interés derivados de cambios en la curva de rendimiento

Estos cambios están relacionados con la estructura temporal de los tipos, correlación imperfecta entre la evolución de los tipos y la opcionalidad de los clientes:

- I. El riesgo de brecha: surge ante movimientos o cambios inesperados en las tendencias de los tipos de interés, en relevancia con su estructura temporal. Por tanto, la entidad bancaria se expone a este riesgo cuando el tipo de interés con el que costea su pasivo aumenta con antelación al tipo de interés que percibe de su activo, o al contrario, cuando desciende el tipo de interés del activo antes de que lo haga el tipo del pasivo.
  
- II. El riesgo de opción: se refiere al riesgo que es soportado por el banco cuando se encuentra posicionado en derivados con opciones o al derecho de los clientes y del banco de modificar los flujos de efectivo de operaciones del activo, pasivo o fuera del balance. Existen dos subtipos de riesgo de opción:
  - *Riesgo de opción automático*: Causado por los instrumentos financieros basados en opciones (Ej: las opciones), tanto los negociados dentro de

mercados organizados como los negociados fuera de ellos (OTC) y por las opciones incluidas en las condiciones contractuales, por ejemplo, en un préstamo.

- Riesgo de opción conductual: se basa en los derechos implícitos o contemplados en las condiciones contractuales del instrumento, que tiene el cliente para modificar los flujos de efectivo. Por ejemplo, variaciones en los tipos de interés que pueden cambiar la conducta del cliente (cancelar el préstamo).

III. El riesgo de base: Es debido a la correlación imperfecta de la evolución de los tipos de interés de los instrumentos financieros, con características similares de depreciación, cobrados y pagados, los cuales son referenciados en diferentes índices (base).

Esta condición puede provocar cambios inesperados en los flujos por intereses, producidos por los diferenciales entre las tasas de los pasivos, activos y partidas fuera del balance.

## **2.3. Medición del IRRBB**

### ***2.3.1. Introducción***

Para la cuantificación del riesgo del IRRBB se pueden utilizar dos métodos complementarios:

- I. Variaciones en las ganancias esperadas.
- II. Variaciones en el valor económico (EV o EVE si se incluyen los recursos propios en el cálculo).

Los dos métodos se suplementan porque:

- Los dos evidencian los cambios en los flujos de efectivo causados por las variaciones de tipo de interés.

- En las variaciones de valor económico se aprecian las variaciones de ganancias esperadas.
- Las dos medidas son influidas por los mismos supuestos adversos.

### ***2.3.2. Variaciones en las ganancias esperadas***

Este método estudia cómo afectan las variaciones de los tipos de interés en los beneficios futuros de la entidad devengados o declarados. El factor de las ganancias que más se utiliza es el NII (ingresos netos por intereses).

Las medidas que se basan en este método se centran en un horizonte temporal de corto y medio plazo, así se consigue acotar el efecto acumulado de los escenarios adversos y la dificultad de los cálculos.

Estas medidas están ligadas a la gestión interna del banco, así como a sus objetivos de coste de capital, ya que miden las competencias de las entidades para obtener beneficios estables en un horizonte de medio plazo.

La entidad simula escenarios de estrés en relación con los tipos de interés para estimar las posibles variaciones en sus beneficios. Estos escenarios tienen que estar basados en sus planes empresariales y en la evolución del entorno económico.

Existen tres formas para modelizar los beneficios:

- **Balance estático**: No se reemplazan los activos y pasivos a fecha de amortización, salvo lo necesario para financiar el resto del balance.
- **Balance constante**: Se contempla el reemplazo automático de activos y pasivos a causa de su vencimiento.
- **Balance dinámico**: Integra expectativas de negocio amoldadas al escenario pertinente.

### 2.3.3. Variaciones en el valor económico

Las medidas que se basan en este método toman el IRRBB como el desencadenante de la variación del valor de mercado neto intrínseco de la cartera de inversión.

Las técnicas más utilizadas para cuantificar este riesgo son las siguientes:

- I. PV01: Se basa en el análisis de brecha / GAP, el cual es utilizado para calcular el perfil de duración de la cartera de inversión o su sensibilidad ante cambios de un 1 p.b. Su metodología es:
  - i. Primero, se organizan los instrumentos financieros del pasivo y del activo sensibles al IRRBB en grupos temporales, predefinidos en base a su fecha de ajuste contractual y su vencimiento.
  - ii. Después, en términos absolutos, se calcula la diferencia aritmética (brecha) entre el volumen de activos y pasivos en cada grupo temporal.

Ventajas: Se puede estimar una aproximación a la variación en el NII y muestra la exposición al riesgo de brecha ante movimientos paralelos y no paralelos (de los tipos de activos y pasivos).

Desventajas: No contempla el riesgo de base y no cuantifica la exposición al riesgo de brecha. Para solucionar el último inconveniente, se utiliza la Duración Modificada que muestra los cambios relativos del valor de un instrumento financiero, aunque solo es apto ante cambios paralelos.

- II. EVE (Valor económico de recursos propios): Las medidas EV (Valor Económico) estudian las variaciones de los flujos de efectivo de los activos y pasivos actuales ante cambios en los tipos de interés futuros, pero no tiene en cuenta los flujos de efectivo futuros. Cuando se estima la variación en el EV de la cartera de inversión, este movimiento se ve afectado por el enfoque que se le dé al capital social de la entidad en el cálculo. En este sentido, se puede proceder de dos formas diferentes:
  - i. Teniendo en cuenta que los recursos propios son la diferencia entre el total del activo y el total del pasivo (incluidas las partidas fuera del balance), al

estimar la variación del valor actual de los activos y pasivos bajo un escenario de estrés en los tipos de interés, se alcanza el nivel presente de riesgo del valor económico de los recursos propios. Si el nuevo valor económico de los recursos propios se compara con el inicial, se cuantifica la magnitud proporcional de la variación. Por tanto, se acaba de definir la medida EVE.

- ii. Como los recursos propios financian el superávit de los activos que originan ingresos para la entidad, la variación de las carteras que han sido creadas para reducir el riesgo de los beneficios sobre los recursos propios no es un riesgo relevante para la entidad. Por tanto, en esta ocasión los recursos propios se incorporan en el cálculo y se le atribuyen las mismas características, de tipos de interés y plazos, que a la cartera de instrumentos de cobertura. Al comparar los valores iniciales con los actualizados, obtenemos el nivel de los riesgos de las posiciones no estructurales. Por consiguiente, esta medida es llamada *valor económico ajustado por ganancias*.

La entidad a modo de gestión interna puede perfeccionar la medida EVE añadiendo EV ajustado por ganancias, de tal forma que se consigue medir la sensibilidad a los tipos de interés (riesgo de brecha paralelo y no paralelo, riesgo de base, etc.)

- III. Valor en riesgo económico (VaR): se utiliza para medir la pérdida máxima esperada en el valor de mercado en términos de normalidad. La medida depende de un horizonte temporal y de un nivel de confianza dado. Su cálculo consiste en computar el valor de mercado de la cartera de inversión, así como de los recursos propios para una serie de escenarios simulados de la curva de rendimiento. Para tal fin, existen 3 modelos: simulación histórica, método de varianza-covarianza y simulación de Monte Carlo.

El VaR, al igual que el EVE, capta la sensibilidad al tipo de interés. Pero, tiene el inconveniente de que, al estar bajo los términos de normalidad, no percibe los eventos de cola, los cuales son los que mayor riesgo conllevan.

## CAPÍTULO III. DURACIÓN

### 3.1. Introducción

Como expresa La Grandville (2001) la Duración<sup>1</sup> o también llamada Duración de Macaulay (en honor a Frederick Macaulay, quien desarrolló este concepto en 1938) es el promedio ponderado de los intervalos de tiempo que restan para los vencimientos de los flujos de caja que genera un bono, actualizados a valor presente.

Existen dos razones por las que es útil utilizar la Duración en el proceso de análisis y gestión de la renta fija: es eficaz a la hora de estudiar el riesgo del activo y es fundamental para el problema de la inmunización, es decir, el procedimiento por el cual el inversor consigue protegerse ante movimientos adversos en los tipos de interés.

Es necesario comentar la existencia de otro modelo de medición del Riesgo de Tipo de Interés, llamado *Key Rate Durations* (KRD), que como bien define Nawalkha (2005), es la sensibilidad del valor de la cartera a los tipos dados en diferentes puntos a lo largo de la Estructura Temporal de los Tipos de Interés, por tanto, mejora la medición del riesgo de tipo de interés frente a la Duración. Pero, como se comprueba más adelante, para el caso que ocupa, la Duración alcanza una eficiente aproximación y su cálculo es más simple que el de KRD.

### 3.2. Cálculo de la Duración

En el proceso del cálculo de la Duración de Macaulay (D), se utilizará como tipo de descuento la TIR<sup>2</sup>, que es:

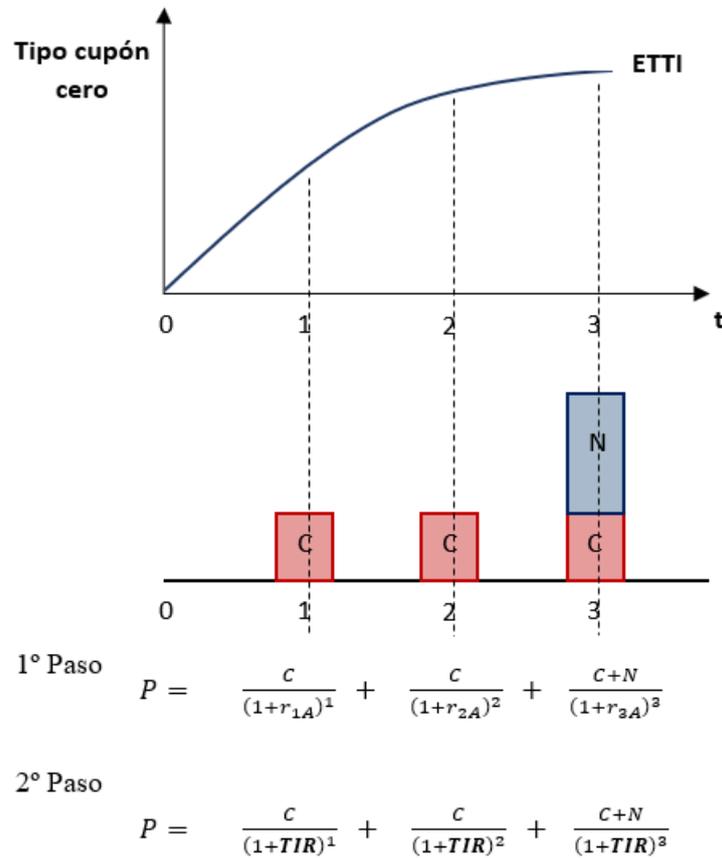
---

<sup>1</sup> Es habitual que exista confusión entre Duración y vencimiento. Pero, son conceptos diferentes, aunque ambos representen medidas temporales de un bono. Estas dos medidas solo coincidirían en el caso de los bonos cupón cero, ya que no existen flujos de caja. Si hubiera cupones, la Duración sería menor que el vencimiento, por tanto, un bono cupón cero tiene más riesgo que un bono con cupón.

<sup>2</sup> En Hull (2009), p. 73-90 se estudia los tipos de interés y la ETTI en mayor profundidad.

Como plantea Hull (2009) el rendimiento de un bono (TIR) es el tipo de descuento que aplicado a todos los flujos de caja consigue igualar el valor del bono con el precio del mercado. Este último establecido a partir de la ETTI, dada por el mercado.

**Gráfica 3:** Relación entre ETTI, TIR y Precio del bono



**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez entendido el concepto de la TIR, el cálculo de la Duración de Macaulay es el siguiente:

**Ecuación 1:** Duración de Macaulay

$$D = 1 \frac{FC/P}{1 + TIR} + 2 \frac{FC/P}{(1 + TIR)^2} + \dots + T \frac{FC/P}{(1 + TIR)^T}$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).

De forma más compacta:

*Ecuación 2: Duración de Macaulay (compacta)*

$$D = \sum_{t=1}^T t \frac{FC_t/P}{(1 + TIR)^t} = \frac{1}{P} \sum_{t=1}^T t \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).*

Donde:

$P$ : Precio del bono.

$FC_t$ : Flujo de caja del bono que es recibido en el momento  $t$ .

$TIR$ : Rendimiento del bono al vencimiento.

$t$  : Plazo de tiempo.

A partir de la Ecuación 2, se puede deducir cómo influyen las siguientes variables en la Duración:

- Cupón: Mantienen una relación negativa, ya que, si el tipo cupón aumenta, la importancia de los pagos iniciales aumenta con respecto al último (que contiene el principal), provocando que la Duración disminuya.
- TIR: Mantienen una relación negativa. Si aumenta la TIR, al descontar los flujos de caja, los primeros disminuirán significativamente menos que los últimos, causando el mismo efecto que en el caso del cupón.
- Plazo: Mantienen una relación positiva. Al aumentar el tiempo que resta al vencimiento del bono, la duración aumentará, siempre y cuando las demás variables permanezcan constantes.

### 3.3. Sensibilidad

Como se adelantaba en la introducción del presente capítulo, la Duración es útil para medir el riesgo<sup>3</sup> de un bono/cartera, es decir, mide la Sensibilidad del precio del bono/cartera ante cambios en la TIR.

La Duración es una aproximación lineal a la función real entre precio y TIR, la cual es convexa. Sería:

*Ecuación 3: Duración de Macaulay (Sensibilidad)*

$$D = - \frac{1 + TIR}{P} \frac{dP}{dTIR}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).*

Como se puede apreciar, en la Ecuación 3, se evalúan variaciones relativas (en %) del precio del bono ante variaciones relativas de la TIR.

Para alcanzar esta expresión, hay que realizar los siguientes pasos:

Si el precio del bono es:

*Ecuación 4: Precio del bono*

$$P = \sum_{t=1}^T FC_t(1 + TIR)^{-t}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).*

Calculando la primera derivada de esta expresión con respecto a la TIR:

---

<sup>3</sup> Se entiende como riesgo de un bono/cartera, al nivel de exposición del valor del bono/cartera ante variaciones de la TIR.

**Ecuación 5:** Primera derivada del Precio respecto a la TIR

$$\frac{dP}{dTIR} = \sum_{t=1}^T -t \cdot FC_t \cdot (1 + TIR)^{-t-1} = -\frac{1}{1 + TIR} \sum_{t=1}^T t \cdot FC_t \cdot (1 + TIR)^{-t}$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).

Se divide la Ecuación 5 por P

**Ecuación 6:** Primera derivada del Precio respecto a la TIR entre el Precio

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dTIR} = -\frac{1}{1 + TIR} \sum_{t=1}^T t \cdot FC_t \cdot (1 + TIR)^{-t} / P$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).

Se contempla que en la parte derecha se encuentra la Duración, reorganizando:

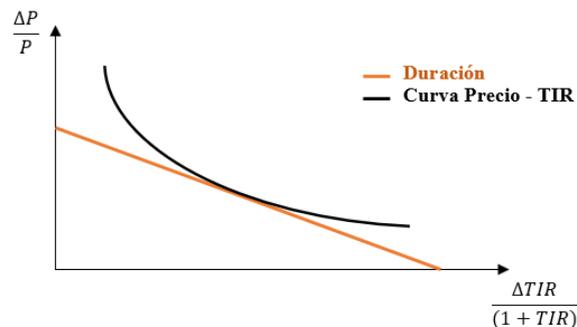
**Ecuación 7:** Primera derivada del Precio respecto a la TIR entre el Precio (reorganizada)

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dTIR} = -\frac{D}{1 + TIR}$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).

Por último, despejando D, se llega a la Ecuación 3.

**Gráfica 4:** Duración y Curva Precio-TIR



**Fuente:** Elaboración propia.

La Duración es la pendiente de la tangente a la función de la Curva Precio-TIR

Aunque realmente, la expresión que más se utiliza para estudiar el riesgo de un bono es la Duración Modificada.

### 3.3.1. Duración Modificada

Tal como muestra Luenberguer (1998) la Duración Modificada ( $D^*$ ) es:

*Ecuación 8: Duración Modificada*

$$D^* = -\frac{1}{P} \frac{dP}{dTIR}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en Luenberguer (1998).*

Para llegar a esta expresión:

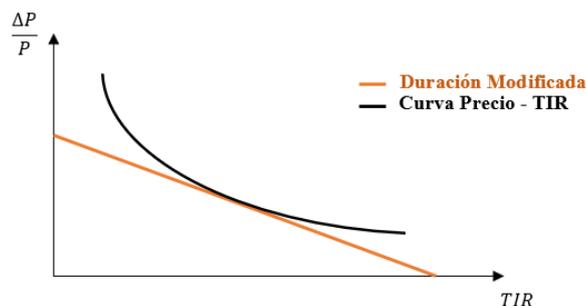
*Ecuación 9: Duración Modificada (desarrollada)*

$$\frac{dP}{dTIR} = -\sum_{t=1}^T \frac{t \cdot FC_t}{(1 + TIR)^{t+1}} = -\frac{1}{(1 + TIR)} DP = -D^* P$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en Luenberguer (1998).*

En esta ocasión, se mide variaciones relativas en el precio del bono ante variaciones absolutas (puntos básicos) de la TIR.

*Gráfica 5: Duración Modificada y Curva Precio-TIR*



*Fuente: Elaboración propia.*

La Duración Modificada es la pendiente de la tangente a la función de la Curva Precio-TIR.

Se aprecia notoriamente, en las gráficas 4 y 5, que en las ocasiones donde la variación de la TIR sea considerable, la aproximación no sería útil, ya que, quedaría muy alejada de la realidad (Curva Precio-TIR). Esto sucede por la convexidad de la curva.

### 3.4. Convexidad

Empleando las palabras de La Grandville (2001), la Convexidad de una curva es la tasa de cambio de su pendiente, es decir, su segunda derivada. Para los bonos, es costumbre definir la Convexidad tal que así:

*Ecuación 10: Convexidad*

$$Cx = \frac{1}{P_{(TIR)}} \frac{d}{dTIR} \left( \frac{dP}{dTIR} \right) = \frac{1}{P} \frac{d^2P}{dTIR^2}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).*

La Convexidad es de gran ayuda para mejorar las aproximaciones basadas en duración, de tal forma que:

Antes de adentrarse en el proceso de ajuste de la Duración, es interesante estudiar la propiedad de la Convexidad, con el fin de entender mejor el procedimiento. Para ello, se parte de la Ecuación 5: Primera derivada del Precio respecto a la TIR, para posteriormente calcular la segunda derivada:

*Ecuación 11: Segunda derivada del Precio respecto a la TIR*

$$\frac{d^2P}{dTIR^2} = \sum_{t=1}^T t \cdot (t+1) \cdot FC_t \cdot (1+TIR)^{-t-2} = \frac{1}{(1+TIR)^2} \sum_{t=1}^T t \cdot (t+1) \cdot FC_t \cdot (1+TIR)^{-t}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).*

Observando la Ecuación 11, se aprecia cómo la segunda derivada es positiva, lo que significa, que la Convexidad del bono siempre es positiva. Por tanto, la Curva Precio-TIR siempre quedará por encima de la recta tangente en cada uno de sus puntos.

Conociendo esta cualidad y apoyándose en una aproximación cuadrática<sup>4</sup>, se consigue mejorar la precisión de la Duración. Llegando a la siguiente expresión:

**Ecuación 12:** Polinomio cuadrático

$$\Delta P \approx P'(TIR_0)\Delta TIR + \frac{1}{2}P''(TIR_0)\Delta TIR^2$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Carabias (2016).

Dividiendo entre el precio se obtiene la aproximación de incrementos en términos relativos:

**Ecuación 13:** Aproximación de incrementos relativos

$$\frac{\Delta P}{P} \approx \frac{P'(TIR_0)}{P}\Delta TIR + \frac{1}{2}\frac{P''(TIR_0)}{P}\Delta TIR^2$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Carabias (2016).

Observando la ecuación se advierten expresiones conocidas, si se sustituyen:

**Ecuación 14:** Aproximación de incrementos relativos con *D* y Convexidad

$$\frac{\Delta P}{P} \approx -\frac{D}{1 + TIR}\Delta TIR + \frac{1}{2}Cx(\Delta TIR)^2$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Carabias (2016).

En términos absolutos sería:

---

<sup>4</sup> Para más información sobre las aproximaciones cuadráticas puede consultarse Sydsaeter y Hammond (1996) pp.132-133.

**Ecuación 15:** Aproximación de incrementos absolutos

$$\Delta P \approx -\frac{D}{1 + TIR} P \Delta TIR + \frac{1}{2} CxP (\Delta TIR)^2$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Carabias (2016).

Hasta ahora, se ha estudiado la Duración y la Convexidad para un único bono, pero para el presente trabajo es necesario aplicar estos conceptos a una cartera de valores.

### 3.5. Duración de una Cartera de Valores

La definición de Duración se generaliza inmediatamente a la definición de la Duración de una cartera.

Como bien expresa Luenberguer (1998), la Duración de una cartera es la media ponderada de las Duraciones de los títulos individuales, designando como coeficiente de ponderación el peso de estos en la cartera. Por tanto, si se tiene un *portfolio* formado por varios títulos, la Duración sería:

**Ecuación 16:** Duración de una Cartera de Valores

$$D_c = w_1 D_1 + w_2 D_2 + \dots + w_n D_n$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Luenberguer (1998).

Donde:

$$w_i = \frac{P_i}{P_c} \quad i=1,2,\dots,n$$

$P_c$  : Precio de la cartera,  $P_c = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

Esta medida se basa en que todos los títulos poseen la misma TIR. Porque como bien señala La Grandville (2001), sería erróneo agregar o promediar Duraciones, o Duraciones Modificadas, de títulos que no sostienen el mismo rendimiento. Por tanto, esta medida

dará una aproximación, exceptuando el caso en el que la TIR es la misma, donde la Duración será exacta. Además, se ha trabajado con valores que no conllevan ninguna probabilidad de incumplimiento, en este caso, la Duración tiene poco que ver con la medida de riesgo de un inversor.

### 3.6. Convexidad de una cartera de valores

La Convexidad al igual que la Duración, se generaliza inmediatamente a Convexidad de una cartera. Por tanto, la ponderación sería exactamente igual que en el epígrafe anterior, quedando:

*Ecuación 17: Convexidad de una Cartera de Valores*

$$Cx_c = \sum_{i=1}^n w_i \frac{1}{P_i} \frac{d^2 P_i}{dTIR^2}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en La Grandville (2001).*

### 3.7. Usos de la Duración

La Duración tiene dos funcionalidades principalmente: Una de ellas sería medir el riesgo del bono o de una cartera, vista en el epígrafe 3.3. llamado “**Sensibilidad**”, la cual es la que más interesa para el presente trabajo, y otra, sería la **inmunización** contra cambios en los tipos de interés, es decir, cubrir el precio de la cartera ante cambios de esta variable, más relacionado con las carteras de negociación de la entidad.

Es importante entender que el riesgo de tipo de interés se subdivide en dos riesgos, de acuerdo con Carabias (2016): Riesgo de precio y Riesgo de reinversión:

- Riesgo de precio: Aparece cuando el inversor invierte en plazos superiores a su horizonte temporal<sup>5</sup>, en vista de que tendrá que desinvertir antes del vencimiento del título. Por tanto, el inversor desconoce el rendimiento que obtendrá, debido a

---

<sup>5</sup> Se considera Horizonte temporal de un inversor como la fecha en la que él quiere amortizar lo invertido.

que no conoce el precio que tendrá el activo de renta fija en el momento de la venta.

- Riesgo de reinversión: Sucede cuando se invierte en plazos inferiores al horizonte temporal, ya que, llegado el vencimiento de los títulos, se tendrá que reinvertir hasta el horizonte temporal. En consecuencia, no se conoce el rendimiento que se va a obtener. También surge este riesgo en los bonos con cupones, debido a que los cupones se tienen que reinvertir y no se sabe a qué tipo de interés se hará.

Cada riesgo afecta de forma diferente al rendimiento final del bono:

- Si aumenta el tipo de interés: En el caso del riesgo de precio, disminuiría la rentabilidad final y en el de reinversión, aumentaría la rentabilidad.
- Si disminuye el tipo de interés: Con el riesgo de precio, aumentaría la rentabilidad final y con el riesgo de reinversión, disminuiría la rentabilidad.

Existen 3 casos en los que no tendríamos riesgo de tipo de interés:

- I. En los bonos de cupón cero mantenidos hasta el vencimiento, no tendríamos ni riesgo de reinversión (no hay cupones), ni riesgo de precio (es hasta el vencimiento).
- II. En los bonos con cupón donde los cupones se reinvierten hasta el vencimiento (no riesgo de reinversión) y se mantiene el activo hasta el vencimiento (no riesgo de precio).
- III. Por último, cuando el horizonte temporal del inversor coincide con la Duración del bono. En realidad, se continúa teniendo los dos riesgos, pero se compensan entre sí, puesto que afectan de forma inversa al rendimiento final, como hemos visto en el párrafo anterior.

Vistas las tres situaciones y centrándonos en la tercera, es lógico pensar que dependiendo de dónde se encuentre la Duración con respecto del horizonte temporal se

tendrá un riesgo u otro, o mejor dicho, un riesgo prevalecerá más que otro. La siguiente tabla muestra las tres posibilidades:

*Tabla 2: Relación entre Duración y horizonte temporal del inversor*

Situaciones	Riesgos
$D > \text{Horiz. Temporal}$	Riesgo de precio
$D = \text{Horiz. Temporal}$	Sin riesgos
$D < \text{Horiz. Temporal}$	Riesgo de reinversión

*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez que se conoce cómo gestionar el Riesgo de Tipo de Interés, se procede a valorar los instrumentos que se utilizan en el ejercicio práctico.

## **CAPÍTULO IV. SWAP PLAIN VANILLA**

### **4.1. Introducción**

En Miron y Swannell (1991) se argumenta que los orígenes del mercado swaps se remontan a la década de 1970, en un entorno donde muchos países impusieron restricciones al flujo transfronterizo de capital. En un principio, para eludir estas regulaciones apareció el préstamo paralelo, pero a medida que iban desapareciendo los obstáculos, el préstamo paralelo era reemplazado por el swap de divisas, el cual se popularizó a principios de 1980 por la oportunidad de arbitraje en el mercado de capital.

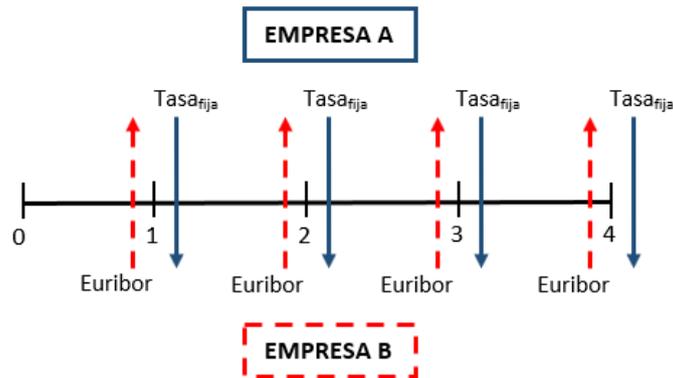
El aumento de la volatilidad en las tasas de interés y en las divisas, ha provocado un importante desarrollo en el mercado de swaps. A medida que el mercado ha ido evolucionando, las compañías han podido ir cubriéndose ante el Riesgo de Tasa de Interés, e incluso administrar su deuda de acuerdo con su tasa de interés y sus vistas de divisas.

Un swap, como bien expresa Hull (2009), es un contrato bilateral entre dos compañías para intercambiar flujos de efectivo en el futuro.

### **4.2. Interpretación de swap plain vanilla**

De acuerdo con Knop (2013) un swap plain vanilla es un swap de tipo de interés (por sus siglas en inglés, IRS: Interest Rate Swap). Se trata de un activo derivado, en el cuál, una de las partes (Empresa A) acuerda pagar periódicamente intereses fijos calculados en el contrato a la Empresa B, a cambio de que esta le responda con el pago de intereses variables que aluden a un índice determinado, con la particularidad de que siempre serán en una misma divisa.

**Gráfica 6:** Flujos de un IRS



**Fuente:** Elaboración propia.

Debemos de añadir que en un IRS nunca se intercambia el nominal de referencia. Por tanto, nuestro Riesgo de Crédito estaría asociado al intercambio de intereses. La tasa fija es aquella que, al descontar los flujos de la rama fija del swap atribuida al nominal, logra que la suma de sus valores sea igual a la suma de los valores presentes de la rama flotante del swap, calculada con los tipos de interés implícitos (FRA). El swap cotiza en función del tipo fijo pactado.

Un swap plain vanilla se puede definir como una cadena de FRAs (acuerdo futuro sobre tipos de interés). La mayoría de los contratos swap se negocian en el mercado de derivados OTC (*over the counter*) y, en menor medida, en mercados organizados. En sus principios no se requerían garantías, pero tras la crisis financiera del 2007, en los mercados OTC se solicitan acuerdos de colateralización y en los organizados, se aplica la normativa de los mercados de futuros.

Al contratar un IRS existen dos formas de posicionamiento, tanto a largo como a corto:

- Compra de IRS (a largo): En esta posición, el comprador pagará fijo y recibirá variable. El tipo variable que cobrará se determinará al principio de cada periodo y se pagará al final de cada periodo (Carabias, 2016).

La fecha en vigor del contrato casa con la fecha de fijación del tipo variable del primer periodo de intereses. Aunque es posible que no coincidan, en el caso de los IRS en euros, normalmente la contratación se produce dos días hábiles antes de la fecha spot.

- Venta de IRS (a corto): En esta situación sucedería justo lo opuesto que en una posición a largo.

**Tabla 3:** Convenciones de IRS en euros

<b>IRS en euros</b>	
<b>Vida</b>	1-60 años
<b>Nominal</b>	No se intercambia
<b>Base rama fija</b>	30/360
<b>Base rama variable</b>	Act/360
<b>Frecuencia rama fija</b>	Anual
<b>Frecuencia rama variable</b>	Semestral

*Fuente:* Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.156)

### 4.3. Valoración de un IRS

La valoración se rige por los mismos principios que la cotización de un swap, quiere decirse, que será la diferencia de los valores actualizados al momento de contratación de ambas ramas (Knop, 2013). Existen dos métodos para calcular el precio de un swap: Método Cupón Cero y Método Obligacionista. En el presente trabajo se utilizará el Método Cupón Cero, pero se introduce una escueta definición del Método Obligacionista para que se pueda hacer una idea del proceso:

- El Método Obligacionista considera las dos ramas como dos bonos independientes. De tal forma, la rama fija se estima como un bono con cupones

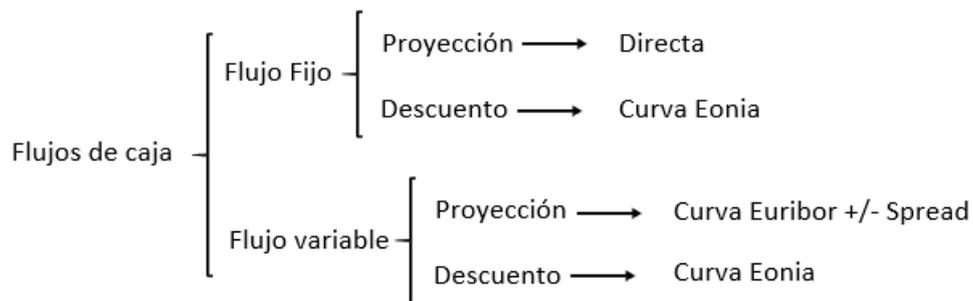
constantes añadiéndole un principal, de forma teórica, al inicio y al vencimiento. Y la rama variable se calcula como un depósito con una duración igual a la diferencia entre el momento de la valoración y el pago del primer interés.

### 4.3.1. Método Cupón Cero

Antes de comenzar hay que determinar dos puntos<sup>6</sup>:

- I. La proyección de los Cash Flow futuros de la rama variable: Para ello, se utilizará la curva del *money market* oportuna, ejemplo: la curva Euribor.
- II. El descuento de los flujos: para ello se acostumbra a utilizar la curva Eonia, cuya estimación se basa en relacionar el tipo *overnight* en euros con los tipos swaps.

**Gráfica 7:** Flujos de caja



**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.157)

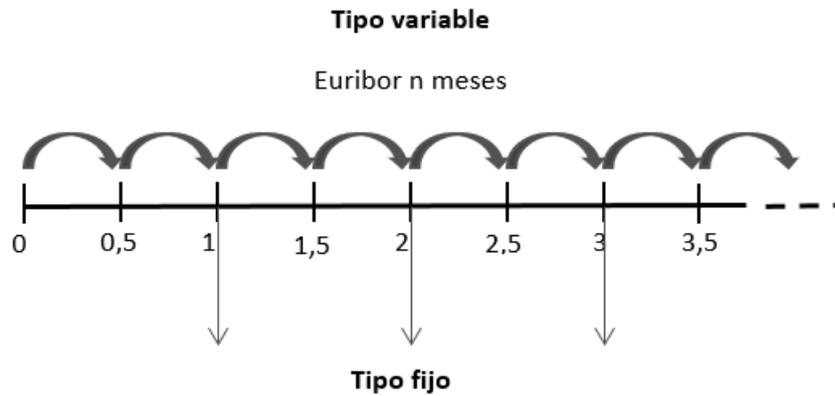
Una vez que se entienden los dos puntos anteriores, se procede a valorar el swap. Para ello, se necesita calcular el valor presente de la rama variable y de la rama fija.

<sup>6</sup> También necesario para el método obligacionista.

#### 4.3.1.1. Valor presente de la rama variable

La rama variable de un swap es una cadena de FRA:

**Gráfica 8:** Flujos de caja de un IRS



**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013).

Como se puede apreciar en la gráfica 8, el tipo fijo y el variable siguen frecuencias diferentes de pago. Siendo habituales los tipos periódicos.

Para calcular la rama flotante se deben llevar a valor presente los flujos de intereses estimados con las tasas implícitas (FRA):

**Ecuación 18:** Valor rama flotante de un IRS

$$V_{\text{Rama flotante}} = \sum_{i=1}^n T_{im_i} FD_i FA_i N_i$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.157).

Despejando:

**Ecuación 19:** Tipo implícito

$$T_{im} = i_{s,m,n} = \left[ \frac{(1 + i_n \times FA_{0-n})}{(1 + i_m \times FA_{0-m})} - 1 \right] \frac{1}{FA_{n-m}}$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013) y Carabias (2016).

Si se utiliza Factor de Descuento:

**Ecuación 20:** Tipo implícito con FD

$$T_{im} = i_{s,m,n} = \left[ \frac{(FD_m)}{(FD_n)} - 1 \right] \frac{1}{FA_{n-m}}$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013) y Carabias (2016).

Donde:

$i_{s,m,n}$  : Tipo implícito, pactado en el momento “s”, con origen del bono cupón cero en “m” y vencimiento en “n”.

$i_n$  : Tipo a plazo “n”.

$i_m$  : Tipo a plazo “m”.

$FD$  : Factor de Descuento.

$N$  : Nominal.

$FA$  : Fracción de año según base convencional.  $FA = \frac{t_2 - t_1}{base}$

**Gráfica 9:** Tipo de interés implícito

<b>t</b>	<b>FD</b>
3m	<b>FD<sub>3</sub></b>
6m	<b>FD<sub>6</sub></b>
9m	<b>FD<sub>9</sub></b>
12m	<b>FD<sub>12</sub></b>
15m	<b>FD<sub>15</sub></b>
18m	<b>FD<sub>18</sub></b>
21m	<b>FD<sub>21</sub></b>
24m	<b>FD<sub>24</sub></b>
27m	<b>FD<sub>27</sub></b>
30m	<b>FD<sub>30</sub></b>
33m	<b>FD<sub>33</sub></b>
36m	<b>FD<sub>36</sub></b>
⋮	⋮

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.3.1.2. Valor presente de la rama fija

El tipo fijo se establece de forma que no exista pago inicial (arbitraje de tipo I). Por tanto, si el valor de IRS comprado en la fecha de contratación es:

**Ecuación 21:** Valor del IRS

$$\sum_{i=1}^n T_{im_i} FD_i FA_{vari} N_i - \sum_{i=1}^n r FD_i FA_{fijo} N_i = 0$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013) y Carabias (2016).

Donde:

$\sum_{i=1}^n r FD_i FA_{fijo} N_i$  : Valor presente de la rama fija.

$r$  : Tipo fijo.

Si se despeja, el tipo fijo será:

**Ecuación 22:** Tipo fijo contratado

$$r_{fijo} = \frac{[\sum_{i=1}^n T_{im_i} FD_i FA_{vari} N_i]}{[\sum_{i=1}^n FD_i FA_{fijoi} N_i]}$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013) y Carabias (2016).

#### 4.3.1.3. Pricing

Una vez que quedan estimadas las dos ramas del swap y se encuentran posicionados como comprador o vendedor con respecto al swap, el valor del mercado será la diferencia entre las dos ramas:

**Ecuación 23:** Valor del IRS comprado

$$IRS_{comprado} = - \sum_{i=1}^n r FD_i FA_{fijoi} N_i + \sum_{i=1}^n T_{im_i} FD_i FA_{vari} N_i$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013) y Carabias (2016).

**Ecuación 24:** Valor del IRS vendido

$$IRS_{vendido} = \sum_{i=1}^n T_{im_i} FD_i FA_{vari} N_i - \sum_{i=1}^n r FD_i FA_{fijoi} N_i$$

**Fuente:** Elaboración propia. Con base en Knop (2013) y Carabias (2016).

Pero, para poder calcular el valor del swap se deben conocer los Factores de Descuento, los cuales se calculan a través del proceso llamado *Bootstrapping*.

### 4.3.2. *Bootstrapping*

En primer lugar, se debe comprender el significado de Factor de Descuento. Un FD, teniendo en cuenta a Knop (2013), es el valor actual de una unidad monetaria del futuro:

*Ecuación 25: Factor de Descuento*

$$FD = \frac{1}{1 + r \cdot FA}$$

*Fuente: Knop (2013). Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes (p.147).*

Donde:

*FD* : Factor de Descuento.

*r* : Tasa de interés de mercado.

*FA* : Fracción de año. Hasta el año su cálculo es  $FA = \frac{n}{base}$

*n*: Días de devengo de intereses, según el convenio.

*base*: número de días que posee un año según el convenio. Normalmente 360 ó 365 días al año.

Una vez que se domina el FD, se entenderá mejor la Curva Cupón Cero (CCC) y la metodología *Bootstrapping*.

Una Curva de Cupón Cero se construye con diferentes instrumentos financieros. Por ejemplo, los depósitos interbancarios, en los que los FD se obtendrían de inmediato, ya que sus intereses se hacen efectivos al vencimiento de la operación.

Llegado a este punto se puede obtener los FD actualizados al valor actual (hoy):

**Ecuación 26:** Factor de Descuento a valor presente

$$FD_i = \frac{1}{1 + r_i \cdot FA_i}$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.148).

Una vez que se obtienen los FD, se construye la CCC, pero existe una dificultad a la hora de su cálculo. El inconveniente aparece cuando se quieren calcular los FD en plazos superiores a 1 año, ya que no existen las cotizaciones de depósitos interbancarios. El problema se resuelve utilizando otro tipo de instrumento con el mismo riesgo crediticio genérico que los depósitos. El instrumento elegido es el *Interest Rate Swaps*, pero el IRS no es una tasa cupón cero, lo que implica que no se puedan calcular los FD de forma inmediata. Es aquí donde aparece la metodología de transformación *Bootstrapping*, que ayuda a solventar este entresijo.

#### 4.3.2.1. Calculadora Bootstrapping

Con la calculadora *Bootstrapping* se obtendrá el tipo cupón cero de un activo que posee un tipo de interés (R).

**Tabla 4:** Calculadora Bootstrapping

	Fechas	Plazos	Tipos ETII	BASE		Q	Factores descuento	Act/365 Tipos CC
				Act/360	30/360			
Depositos	31-ene-15 (Fecha spot)						1	
	01-feb-15	1D	r <sub>1D</sub>	FA <sub>1D</sub>			FD <sub>1D</sub>	CC <sub>1D</sub>
	07-feb-15	1S	r <sub>1S</sub>	FA <sub>1S</sub>			FD <sub>1S</sub>	CC <sub>1S</sub>
	28-feb-15	1 M	r <sub>1M</sub>	FA <sub>1M</sub>			FD <sub>1M</sub>	CC <sub>1M</sub>
	31-mar-15	2 M	r <sub>2M</sub>	FA <sub>2M</sub>			FD <sub>2M</sub>	CC <sub>2M</sub>
	30-abr-15	3 M	r <sub>3M</sub>	FA <sub>3M</sub>			FD <sub>3M</sub>	CC <sub>3M</sub>
	31-jul-15	6 M	r <sub>6M</sub>	FA <sub>6M</sub>			FD <sub>6M</sub>	CC <sub>6M</sub>
	31-oct-15	9 M	r <sub>9M</sub>	FA <sub>9M</sub>			FD <sub>9M</sub>	CC <sub>9M</sub>
	31-ene-16	12 M	r <sub>12M</sub>	FA <sub>12M</sub>	FA <sub>1A</sub>		FD <sub>12M</sub>	CC <sub>12M</sub>
SWAPS	31-ene-17	2 A	r <sub>2A</sub>		FA <sub>2A</sub>	Q <sub>1</sub>	FD <sub>2A</sub>	CC <sub>2A</sub>
	31-ene-18	3 A	r <sub>3A</sub>		FA <sub>3A</sub>	Q <sub>2</sub>	FD <sub>3A</sub>	CC <sub>3A</sub>
	31-ene-19	4 A	r <sub>4A</sub>		FA <sub>4A</sub>	Q <sub>3</sub>	FD <sub>4A</sub>	CC <sub>4A</sub>
	31-ene-20	5 A	r <sub>5A</sub>		FA <sub>5A</sub>	Q <sub>4</sub>	FD <sub>5A</sub>	CC <sub>5A</sub>
	31-ene-21	6 A	r <sub>6A</sub>		FA <sub>6A</sub>	Q <sub>5</sub>	FD <sub>6A</sub>	CC <sub>6A</sub>
	31-ene-22	7 A	r <sub>7A</sub>		FA <sub>7A</sub>	Q <sub>6</sub>	FD <sub>7A</sub>	CC <sub>7A</sub>
	31-ene-23	8 A	r <sub>8A</sub>		FA <sub>8A</sub>	Q <sub>7</sub>	FD <sub>8A</sub>	CC <sub>8A</sub>
	31-ene-24	9 A	r <sub>9A</sub>		FA <sub>9A</sub>	Q <sub>8</sub>	FD <sub>9A</sub>	CC <sub>9A</sub>
	31-ene-25	10 A	r <sub>10A</sub>		FA <sub>10A</sub>	Q <sub>9</sub>	FD <sub>10A</sub>	CC <sub>10A</sub>

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

Tipos ETTI: Los da el mercado.

Tipos CC: Tipos cupón cero, son calculados.

Q<sup>7</sup>: Se utiliza para hacer más compacta la función del FD y es,  $Q_n = \sum_{i=1}^{n-1} FD_i FA_i$

Si ese activo tiene un tipo de interés (R) continuo en el tiempo con una frecuencia estable (Ejemplo: anual), su tipo cupón cero (z<sub>i</sub>) se obtendrá tal que así:

En primer lugar, es necesario conocer los tipos cupón cero anteriores al vencimiento del activo (z<sub>i+1</sub>).

Dicho esto, si se supone que el activo cotiza a la par, su valor actualizado a fecha presente es:

**Ecuación 27:** Precio de activo cotizado a la par

$$\text{Precio} = \sum_{i=1}^n F_i FD_i FA_i + FD_n$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

Si los flujos de caja (F) casan con los tipos del mercado, el precio en porcentaje sería 100%, entonces:

**Ecuación 28:** Igualdad entre la suma de los flujos de caja actualizados y el precio

$$-100\% + \sum_{i=1}^n F_i FD_i FA_i + FD_n = 0$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

---

<sup>7</sup> Se explicará en el transcurso de este epígrafe.

En el momento  $t = 2$ , si se sustituye el tipo de mercado R por F, como es a la par, será:

**Ecuación 29:** Igualdad entre la suma de los flujos de caja actualizados y el precio en  $t=2$

$$-100\% + R_1FD_1FA_1 + R_2FD_2FA_2 + FD_2 = 0$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

Sacando factor común:

**Ecuación 30:** Igualdad entre la suma de los flujos de caja actualizados y el precio en  $t=2$  (con factor común)

$$-100\% + R_1FD_1FA_1 + FD_2(FD_2FA_2 + 100\%) = 0$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

Al examinar la ecuación, se observa que todas las variables son conocidas menos  $FD_2$ , la cual se despeja:

**Ecuación 31:** Valor de  $FD_2$

$$FD_2 = \frac{100\% - R_1FD_1FA_1}{100\% + R_2FA_2}$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

En general, conociendo los tipos cupón cero de periodos anteriores, será:

**Ecuación 32:** Formula genérica de FD

$$FD_n = \frac{100\% - R_i \sum_{i=1}^{n-1} FD_iFA_i}{100\% + R_nFA_n}$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

De forma más compacta:

**Ecuación 33:** *Formula genérica de FD compacta*

$$FD_n = \frac{100\% - R_i Q_n}{100\% + R_n FA_n}$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.149).

Donde:

$$Q_n : \text{es } \sum_{i=1}^{n-1} FD_i FA_i$$

Es importante tener en cuenta que para calcular un FD en el periodo n, es necesario conocer el FD anterior en n-i, comenzando en el FD a un año.

Una vez que los Factores de Descuento son calculados, los tipos cupón cero son obtenidos de manera inmediata con la siguiente formula:

**Ecuación 34:** *Tipo cupón cero genérica*

$$z_i = \left( \left( \frac{1}{FD_i} \right)^{\frac{Base}{D_i - D_0}} - 1 \right)$$

**Fuente:** Knop (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes* (p.150).

Donde:

z: Tipo cupón cero

Una vez que se conoce el funcionamiento de un swap de tipo de interés y la metodología *Bootstrapping*, se está preparado para realizar una cobertura con un IRS (en el presente trabajo con un *plain vanilla*).

## CAPÍTULO V. EJERCICIO PRÁCTICO: COBERTURA DE UNA CARTERA DE RENTA FIJA

### 5.1. Introducción

El ejercicio práctico del presente trabajo consiste en disminuir la Sensibilidad de la cartera de renta fija, situada en la partida cartera disponible para la venta de la entidad, ante movimientos adversos en los tipos de interés. Para ello, se **compran 3 swap plain vanilla**, uno por cada título. Esto quiere decir que se deja de percibir un pago fijo (cupón del bono), el cual se pasa a pagar, y se cobra un pago variable, referenciado a la curva Euribor 6 meses. La cartera está formada por 3 bonos del Estado Español adquiridos a la par en el mercado primario.

*Tabla 5: Cartera de Renta fija*

Cartera	Cupón=TIR	Invertido	Peso
Bono 2 años	0,77%	8.000	29%
Bono 3 años	0,98%	6.000	21%
Bono 5 años	1,37%	14.000	50%
		<b>28.000</b>	100%
			<b>Total</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

El motivo por el cual se busca cubrir los títulos que conforman la cartera con swaps de tipo de interés, es proteger el valor económico de la entidad, ya que las variaciones de esta afectan a los recursos propios del banco. Se está ante un **Riesgo Estructural de Balance**. Esto quiere decir que, la **subida/bajada en la TIR<sup>8</sup>** está motivada por la subida/bajada en los tipos libre de riesgo y no por la subida/bajada en la prima de riesgo.

La prima de riesgo por *default* se puede calcular o bien diferenciando el tipo fijo contratado del swap con el cupón del bono, o bien, despejando el *spread* de la siguiente fórmula (Ejemplo del Bono 2 años):

---

<sup>8</sup> La TIR está compuesta por una tasa libre de riesgo (tipo de interés de la ETTI) y una prima de riesgo (*spread*), este último relacionado con el riesgo de crédito.

*Ecuación 35: Spread*

$$P = \frac{c}{(1 + r_1 + Spread)^1} + \frac{c + N}{(1 + r_2 + Spread)^2}$$

*Fuente: Elaboración propia. Con base en Vilariño, Pérez y García (2008).*

Donde:

$r_1$ : Tipo cupón cero.

c: Cupón.

N: Nominal.

P: Precio.

Antes de comenzar, es necesario comentar que el ejercicio está bajo la asunción de **mercado perfecto**, por tanto, no hay costes de transacción, ni intereses.

## 5.2. Proyección de la curva Euribor 6 M

El primer paso, es construir la curva de tipos *forward*, aunque se debe mencionar, como bien apunta Choudhry (2012), que no se trata de una previsión de la curva de los tipos *spot* futuros, sino de la mejor **expectativa** implícita de los tipos *spot* futuros, dado todo lo que se conoce en el mercado hasta ese momento.

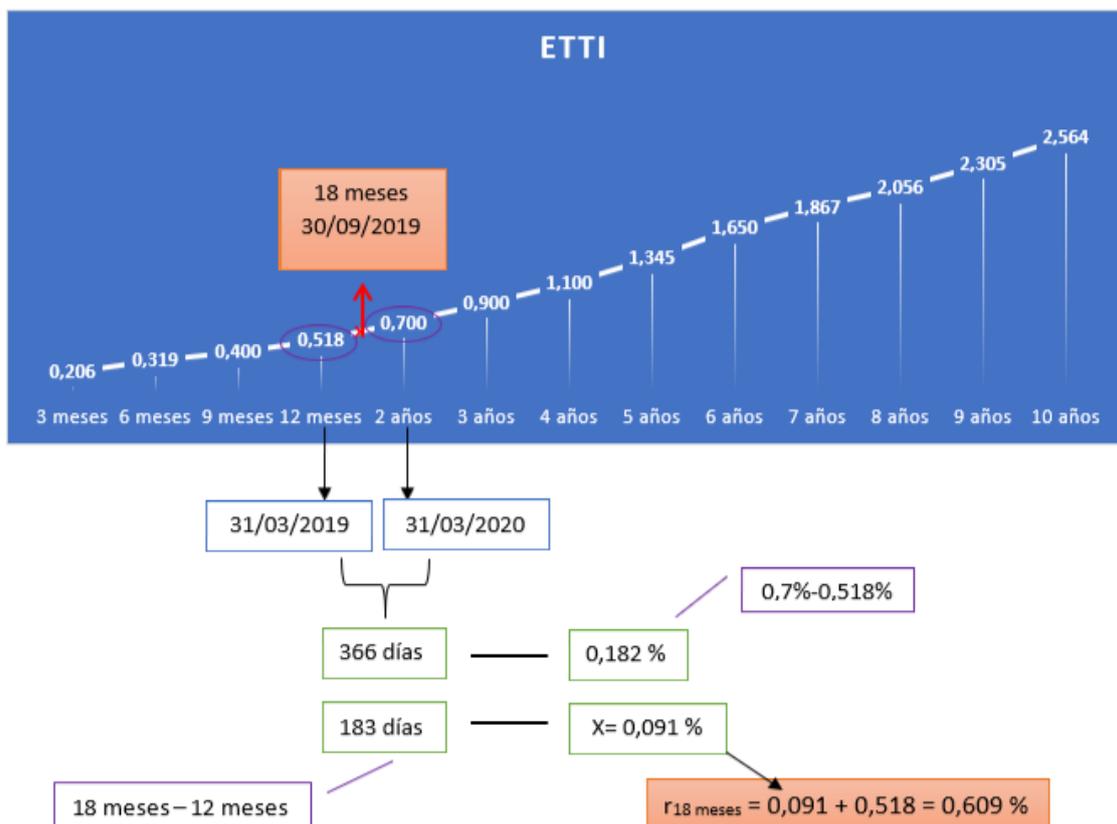
Como bien se ha explicado en el capítulo IV del presente trabajo, para construir la curva *forward* es necesario hacer uso de la metodología *Bootstrapping*. En vista de que se necesitan varios tipos cupón cero intermedios a los plazos dados por el mercado, para calcular los tipos implícitos, se precisa del método de **interpolación lineal**<sup>9</sup> para realizar dichos cálculos. La siguiente gráfica muestra cómo se calcula el tipo a 18 meses de la

---

<sup>9</sup> Para ampliar conocimientos sobre métodos de interpolación puede consultarse el artículo de Hagan y West (2006).

calculadora *Bootstrapping*<sup>10</sup> que se utiliza en este ejercicio práctico. El resto de los tipos intermedios que son necesarios para valorar los swaps y crear la curva *forward*, son calculados del mismo modo.

**Gráfica 10:** Interpolación lineal



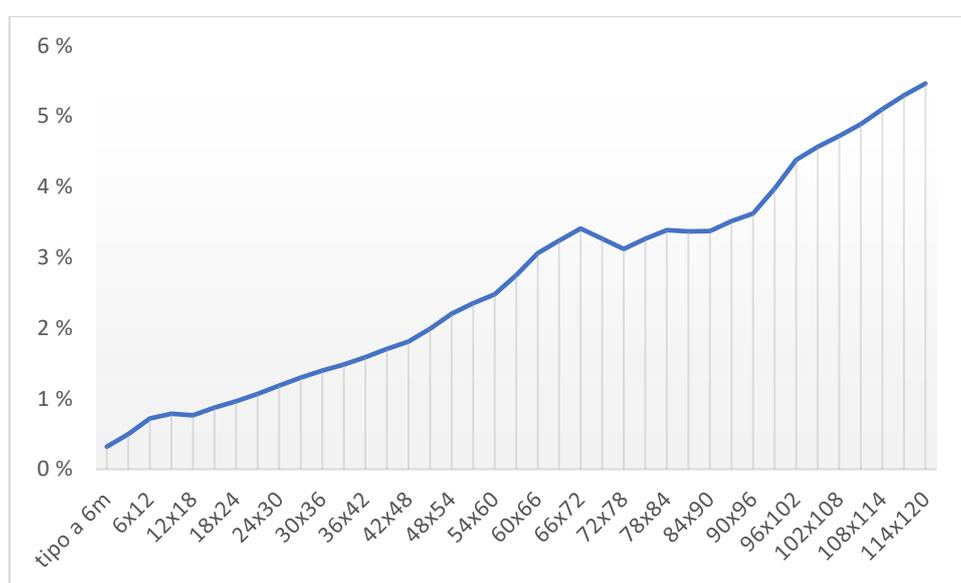
**Fuente:** Elaboración propia.

La ETTI de la gráfica 10, es una Curva Cupón Cero teórica. Está construida con pendiente ascendente, ya que se basa en la teoría de preferencia de liquidez, que argumenta, según Choudhry (2012), que la curva de rendimiento casi siempre tiene forma positiva reflejando la preferencia de los inversores por los bonos con mayor liquidez y el menor riesgo de los bonos a más corto plazo.

<sup>10</sup> Incluida en el apartado Anexos, con el título de Tabla 26: Calculadora *Bootstrapping* con interpolación.

A partir de la ETTI y de la calculadora *Bootstrapping* con interpolación, se calcula la curva de tipos *forward*. Utilizando para ello la columna de Factores Descuento, subtitulada “T.imp” (Tipos implícitos)<sup>11</sup>, la cual está basada en el trabajo de Knop. La diferencia de esta columna con respecto a las otras dos, es que para los Factores de Descuento de los 12 primeros meses se utiliza la fracción de año con base 30/360 y el resto con base Act/360. Los tipos *forward* se calculan conforme a la Ecuación 20: Tipo implícito con FD. Resultando la siguiente gráfica<sup>12</sup>:

**Gráfica 11:** Curva a plazo 6 meses



**Fuente:** Elaboración propia.

Analizando la curva, se denota que posee una pendiente ascendente, lo que significa, de acuerdo con Choudhry (2012), que los rendimientos están a niveles históricamente bajos, con tipos a largo sustancialmente mayores que los tipos a corto.

Estando a expensas de que el BCE decida disminuir su balance, desprendiéndose de los activos comprados en virtud del programa PSPP, se podría dar una curva de tipos *forward* similar a la presente, puesto que al producirse un shock de oferta, esto conlleva

<sup>11</sup> En la Tabla 26: Calculadora *Bootstrapping* con interpolación.

<sup>12</sup> Realizada a partir de la Tabla 27: Tipos implícitos 6m a 31/07/2018, adjuntada en los Anexos.

que los precios bajen y los tipos de interés suban. Por tal motivo, en vistas de preservar el valor económico de la entidad, un gestor de ALM podría decidir cubrir la cartera de renta fija con swaps plain vanilla.

### 5.3. Cobertura con swaps plain vanilla

El siguiente paso es adquirir los swaps que se ajustan a las necesidades del inversor. Como la cartera consta de 3 bonos a 2, 3 y 5 años, se compran 3 swaps al mismo plazo respectivamente, así se cubre por completo la cartera ante la expectativa de subida de tipos.

#### 5.3.1. Tipos fijos contratados swap a 31/07/18

El tipo de la pata fija del swap se calcula con la Ecuación 22: Tipo fijo contratado, explicada en el epígrafe 4.3. Valoración de un IRS.

#### I. Swap a 2 años

Por tanto, el resultado es el siguiente:

*Tabla 6: Rama variable swap a 2 años*

Rama variable	T. implícitos (%)	Flujos actualizados a 31/07/2018
tipo a 6m	0,32	1.302
6x12	0,72	2.877
12x18	0,76	3.089
18x24	0,96	3.843
		11.112
		<b>Numerador</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 7: Rama fija swap a 2 años**

Rama fija	FD	FA	Flujos actualizados a 31/07/2018
12 m	0,994846694	1	7.959
24 m	0,986108447	1	7.889
			15.848
			<b>Denominador</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Dividiendo el valor del numerador y el del denominador anteriores, el **tipo contratado** a fecha *spot* 31/07/2018 es **0,7 %**. Se puede verificar que los cálculos son correctos comparando el resultado con el **tipo a 2 años de la ETTI**, puesto que en este caso tienen que ser iguales, ya que se están adquiriendo los bonos **a la par** y sin existencia de comisiones.

Por tanto, el valor del swap a 2 años con este tipo fijo debe ser 0, como se ha explicado anteriormente en este trabajo. En la siguiente tabla, se muestra el intercambio de los flujos de efectivo de las dos patas, sumando el *spread* al Euribor 6 meses:

**Tabla 8: Intercambio de flujos swap 2 años a 31/07/2018**

		Spread = 0,069%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)	
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 6m	31/07/2018	0,32%						
6x12	31/01/2019	0,72%	0,39%	16	16			16
12x18	31/07/2019	0,76%	0,79%	32	32	-62	-61	-30
18x24	31/01/2020	0,96%	0,83%	34	34			34
	31/07/2020		1,03%	42	41	-62	-61	-20
								<b>0</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Donde:

N: Nocial.

c: Cupón

FA (P.var): Fracción anual de la pata variable del swap, calculada con base Act/360.

FA (P.fija): Fracción anual de la pata fija del swap, calculada con base 30/360.

FV: Flujo variable.

FF: Flujo fijo.

FD (P.var): Factor de descuento de la pata variable del swap, calculada con la FA (P. var).

FD (P.fija): Factor de descuento de la pata fija del swap, calculada con la FA (P.fija).

Como se puede apreciar cada pata del swap está calculada con su propias FA y FD, justificando la Tabla 3: Convenciones de IRS en euros.

Contemplando los **flujos netos**, se observa que la suma total es 0, tal y como se esperaba, puesto que al sumar el *spread* al tipo Euribor 6 meses, se alcanza el tipo del cupón.

El intercambio de los flujos de efectivo de los dos swaps restantes se hacen del mismo modo, únicamente con la diferencia de que tienen más periodos.

## II. Swap a 3 años

En el caso del swap a 3 años:

*Tabla 9: Rama variable swap a 3 años*

Rama variable	T. implícitos (%)	Flujos actualizados a 31/07/2018
tipo a 6m	0,32	977
6x12	0,72	2.158
12x18	0,76	2.317
18x24	0,96	2.882
24x30	1,18	3.558
30x36	1,40	4.104
		15.996
		<b>Numerador</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 10: Rama fija Swap a 3 años*

Rama fija	FD	FA	Flujos actualizados a 31/07/2018
12 m	0,994846694	1	5.969
24 m	0,986108447	1	5.917
36 m	0,973333678	1	5.840
			17.726
			<b>Denominador</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Dividiendo los dos factores, el **tipo contratado es 0,9%**, coincidiendo con el tipo a 3 años de la ETTI.

### III. Swap a 5 años

Para el swap a 5 años:

*Tabla 11: Rama variable swap a 5 años*

Rama variable	T. implícitos (%)	Flujos actualizados a 31/07/2018
tipo a 6m	0,32	2.279
6x12	0,72	5.035
12x18	0,76	5.406
18x24	0,96	6.726
24x30	1,18	8.302
30x36	1,40	9.576
36x42	1,59	10.954
42x48	1,81	12.163
48x54	2,20	14.903
54x60	2,48	16.296
		91.639
		<b>Numerador</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 12: Rama fija Swap a 5 años*

Rama fija	FD	FA	Flujos actualizados a 31/07/2018
12 m	0,994846694	1	13.928
24 m	0,986108447	1	13.806
36 m	0,973333678	1	13.627
48 m	0,956811655	1	13.395
60 m	0,934506397	1	13.083
			67.838
			<b>Denominador</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

En esta ocasión el **tipo contratado es 1,350%**, diverge un poco con el tipo a 5 años de la ETTI, que es 1,345, debido al uso de decimales.

### **5.3.2. Valoración del swap a un mes de la contratación (31/08/2018)**

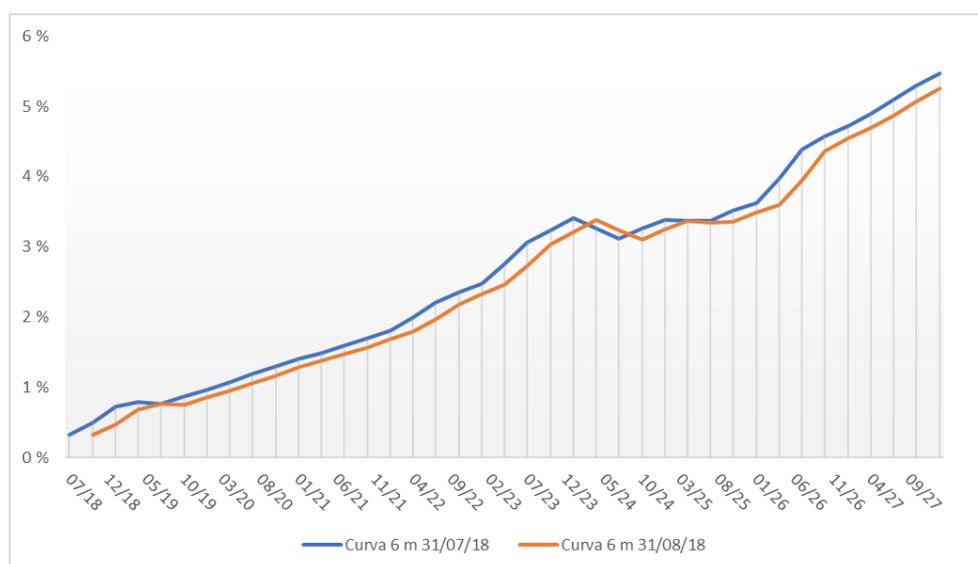
Para comprobar cómo funciona la cobertura, se valoran los swaps pasado un mes en tres escenarios diferentes: si todo permanece igual, si la pendiente de la curva sube un 1% a los 5 años y si la pendiente de la curva disminuye un 1% a los 5 años.

#### **I. Si todo permanece igual**

Comparando la curva de la fecha *spot* y la curva de un mes después<sup>13</sup> en el escenario en el que todo permanece igual:

<sup>13</sup> Realizada a partir de la Tabla 29: Tipos implícitos 6m a 31/08/2018, adjuntada en los Anexos.

**Gráfica 12: Comparación de Curvas a plazo 6 meses**



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica 12, la estructura de la curva es la misma un mes después. Los tipos implícitos calculados para la Curva 6 m 31/08/18 son 1 mes anterior a la primera curva, es decir, tipo a 5 m, 5x11, 11x17, ... Siendo el primero de ellos (tipo a 5 m) igual que el tipo 6 m, ya que es el tipo al que se contrató para los primeros 6 meses. El resto también son iguales en esta ocasión, puesto que se supone que no ha habido cambios.

Por tanto, los tres intercambios deben de dar 0:

**a. Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018**

**Tabla 13: Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018**

			Spread = 0,069%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P. var)	N*c*FA (P. fija)	FF*FD (P. fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%						
5x11	31/01/2019	0,69%	0,004	13	13			13
11x17	31/07/2019	0,75%	0,008	30	30	-56	-56	-26
17x23	31/01/2020	0,95%	0,008	33	33			33
	31/07/2020		0,010	41	41	-62	-61	-20
								0

**Fuente:** Elaboración propia.

## b. Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018

Tabla 14: Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018

		Spread = 0,078%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%					
5x11	31/01/2019	0,69%	0,004	10	10		10
11x17	31/07/2019	0,75%	0,008	23	23	-54	-31
17x23	31/01/2020	0,95%	0,008	25	25		25
23x29	31/07/2020	1,17%	0,010	31	31	-59	-27
29x35	31/01/2021	1,38%	0,012	38	37		37
	31/07/2021		0,015	44	43	-59	-14
							<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

## c. Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018

Tabla 15: Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018

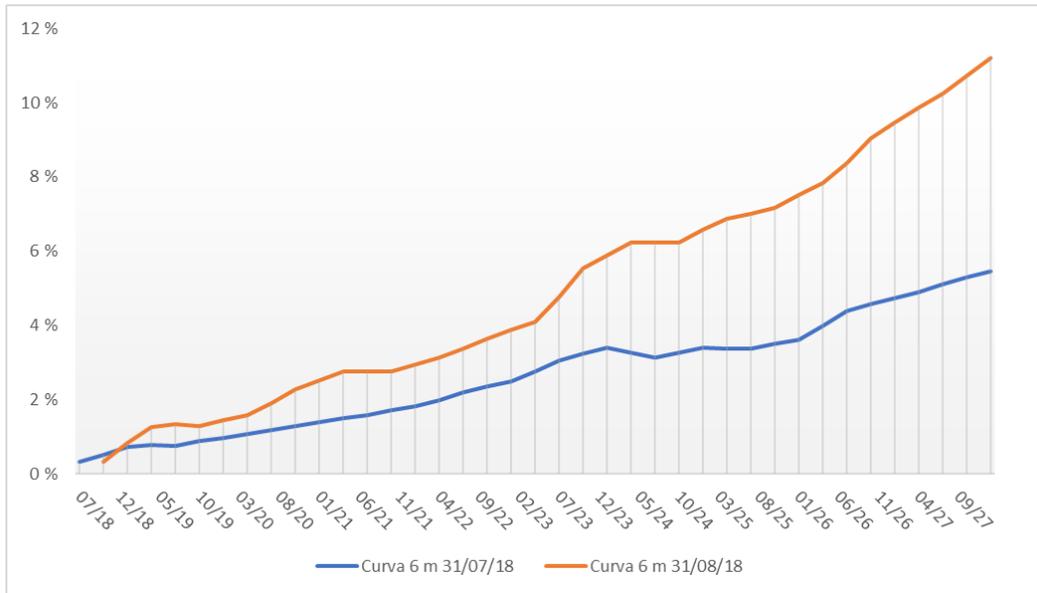
		Spread = 0,019%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	<b>31/08/2018</b>	0,32%					
5x11	31/01/2019	0,69%	0,003	20	20		20
11x17	31/07/2019	0,75%	0,007	50	49	-176	-126
17x23	31/01/2020	0,95%	0,008	55	55		55
23x29	31/07/2020	1,17%	0,010	69	68	-192	-122
29x35	31/01/2021	1,38%	0,012	85	83		83
35x41	31/07/2021	1,57%	0,014	99	96	-192	-91
41x47	31/01/2022	1,79%	0,016	114	110		110
47x53	31/07/2022	2,18%	0,018	127	122	-192	-62
53x59	31/01/2023	2,46%	0,022	157	149		149
	31/07/2023		0,025	174	163	-192	-16
							<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

## II. Si la pendiente de la curva sube un 1% a los 5 años

Lo cual significa aumento en la inclinación de la pendiente de la curva, es decir, un movimiento perpendicular. Con este movimiento se estudia mejor el riesgo estructural ante variaciones de los tipos, que si hubiera un movimiento paralelo de la curva.

**Gráfica 13:** Comparación de Curvas a plazo 6 meses (aumento en la pendiente)



*Fuente:* Elaboración propia.

En este escenario se obtienen ganancias en los swaps:

**Tabla 16:** Ganancias de los swaps a 31/08/2018<sup>14</sup>

	P/G swap
Swap 2 años	69
Swap 3 años	124
Swap 5 años	648

*Fuente:* Elaboración propia.

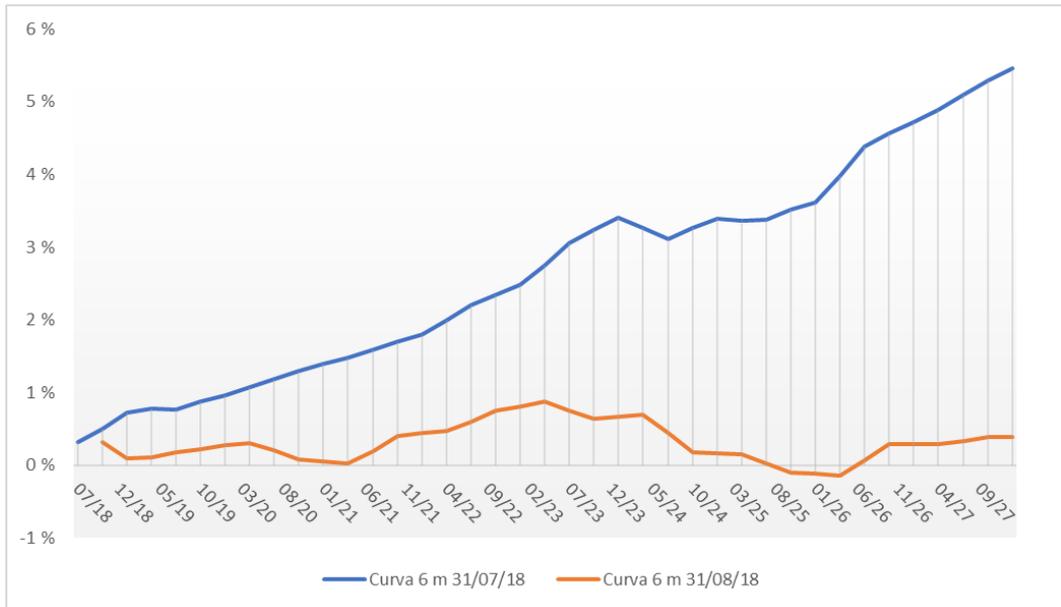
Como se puede apreciar, se obtienen ganancias por parte de los swaps ante un aumento en los tipos, debido a que el valor de la pata variable es mayor que el de la pata fija.

### III. Si la pendiente de la curva disminuye un 1% a los 5 años

Entonces:

<sup>14</sup> Tablas de intercambio incluidas en los anexos.

**Gráfica 14:** Comparación de Curvas a plazo 6 meses (descenso en la pendiente)



**Fuente:** Elaboración propia.

En esta ocasión, los swaps producen pérdidas:

**Tabla 17:** Pérdidas de los swaps a 31/08/2018<sup>15</sup>

	P/G swap
Swap 2 años	-70
Swap 3 años	-126
Swap 5 años	-675

**Fuente:** Elaboración propia.

Sucede lo opuesto al escenario anterior, en este caso los tipos variables son menores que el tipo fijo, provocando que el valor de la pata fija sea mayor que el de la pata variable.

Una vez que se han estudiado los swaps, se procede a estudiar los efectos dentro de la cartera.

<sup>15</sup> Tablas de intercambio incluidas en los anexos.

### 5.3.3. Resultados en la cobertura de la cartera

Se estudiará tanto de forma real como por aproximación, con Duración Modificada y Convexidad.

#### I. Si la pendiente de la curva sube un 1% a los 5 años

En este escenario, obtenemos pérdidas en los bonos y ganancias en los swaps. Obviamente, al subir los tipos, el precio del bono desciende, por tanto, se obtienen pérdidas en los mismos. El resultado sería el siguiente:

**Tabla 18:** P/G individuales y de la cobertura (aumento de los tipos)

	P/G Individual			Cobertura	
	Real	Aprox. D* y Cx	Swap	Real	Aprox.
<b>Bono 2 años</b>	-149,42	-149,41	69	-80,22	-80,21
<b>Bono 3 años</b>	-168,41	-168,35	124	-44,47	-44,42
<b>Bono 5 años</b>	-642,52	-642,10	648	5,35	5,77

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 19:** P/G Cartera con y sin cobertura (aumento de los tipos)

P/G Cartera			
P/G Cartera Cobertura		P/G Cartera Sin Cobertura	
Real	Aproximada	Real	Aproximada
-29,78	-29,55	-400,04	-399,81

*Fuente:* Elaboración propia.

Donde:

Real: Utilizando los datos que se dan el día 31/08/18.

Aprox. D\* y Cx: Es calculado con la metodología vista en el Capítulo III del presente trabajo.

Cobertura: Simplemente es la suma de las P/G de los bonos con las P/G de sus respectivos swaps.

P/G de la cartera: Se suma las P/G individuales, con y sin cobertura, ponderadas por el peso del bono en la cartera.

Como se puede observar en las tablas 18 y 19, aun cubriéndose se obtendrían pérdidas, pero disminuyéndolas de forma relevante. El motivo por el cual el swap no cubre por completo las pérdidas de bono es porque **no** mantienen una **correlación perfecta**. Pero aun así, cumple con la normativa establecida en el párrafo B.6.4.1 del R (UE) 2016/2067 de la comisión, de 22 de noviembre de 2016, puesto que IFRS 9 emplea un enfoque basado en principios en comparación con el IAS 39.

## II. Si la pendiente de la curva disminuye un 1% a los 5 años

En este escenario surge justo lo contrario al anterior:

*Tabla 20: P/G individuales y de la cobertura (bajada de los tipos)*

	P/G Individual			Cobertura	
	Real	Aprox. D* y Cx	Swap	Real	Aprox.
<b>Bono 2 años</b>	153,84	153,80	-70	84,16	84,12
<b>Bono 3 años</b>	175,05	174,99	-126	49,09	49,04
<b>Bono 5 años</b>	680,79	680,35	-675	5,70	5,25

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 21: P/G Cartera con y sin cobertura (bajada de los tipos)*

P/G Cartera			
P/G Cartera Cobertura		P/G Cartera Sin Cobertura	
Real	Aproximada	Real	Aproximada
37,41	37,17	421,86	421,61

*Fuente: Elaboración propia.*

En esta ocasión, se obtienen ganancias, pero mucho menos de las que se obtienen sin cubrir la cartera.

Se observa, al igual que en el caso anterior, que la aproximación se ajusta bastante a la realidad, quiere decirse, que es bastante útil a la hora de estudiar la valoración y la Sensibilidad de la cartera.

### 5.3.4. Valor de la cartera aproximado

Calculando el valor de la cartera utilizando la  $D^*$  y la  $C_x$ , se aprecia una aproximación casi exacta, lo cual sería muy útil para estudiar el cambio de valor de la cartera ante posibles variaciones en los tipos de interés.

#### I. Si la pendiente de la curva sube un 1% a los 5 años

Entonces:

**Tabla 22:** Valor de la cartera aproximado (aumento de los tipos)

Precio ( $D^*$ y $C_v$ )	Variación total	Precio ( $D^*$ )	V. Precio de la cartera ( $D_m$ )	V. Rendimiento de la cartera
27040,14	-0,03	27015,50	-0,04	1%

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 23:** Diferencia entre Valor real de la cartera y el aproximado (aumento de los tipos)

Precio real	27039,65
Diferencia	0,49

*Fuente:* Elaboración propia.

El precio real se calcula restándole a la suma total de la inversión el total de las pérdidas.

## II. Si la pendiente de la curva disminuye un 1% a los 5 años

*Tabla 24: Valor de la cartera aproximado (bajada de los tipos)*

Precio (D* y Cv)	Variación total	Precio (D*)	V. Precio de la cartera (Dm)	V. Rendimiento de la cartera
29009,14	0,04	28984,50	0,04	-1%

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 25: Diferencia entre Valor real de la cartera y el aproximado (bajada de los tipos)*

Precio real	29009,68
Diferencia	-0,54

*Fuente: Elaboración propia.*

Se observa que cuando disminuyen los tipos, la aproximación es menos precisa, esto es debido a la convexidad de la curva.

Contemplando las diferencias, se corrobora lo adelantado en la introducción del Capítulo III. Como se trata de una cartera formada por bonos con plazos homogéneos situados en la mitad de la Curva Cupón Cero, utilizando la Duración Modificada más su Convexidad resulta una buena aproximación, aunque no perfecta. Si la cartera fuera más heterogénea en cuanto a plazos, el modelo *Key Rate Duration* sería el apropiado.

## CONCLUSIONES

Una vez que se ha profundizado en los elementos y características del Riesgo Estructural de Tipo de Interés del balance y habiendo analizado el marco económico actual en el que se encuentran las entidades, se ha simulado un escenario al que se podría enfrentar el departamento de ALM de una entidad en la actualidad. Por ello, se ha creado una ETTI con pendiente ascendente, basándose en el posible cese en la compra de valores del sector público en virtud del PSPP y en la teoría de preferencia de liquidez de los inversores. Bajo este entorno de tipos se ha estudiado el resultado, tanto el real como el aproximado, que se obtiene al cubrir una cartera de renta fija con swaps plain vanilla ante una expectativa implícita de aumento en los tipos. También, se ha analizado lo que sucedería si bajan los tipos. Tras el análisis se concluye que:

- La cobertura cumple con la normativa en virtud del IFRS 9, puesto que esta emplea un enfoque basado en principios en comparación con el IAS 39.
- Bajo el escenario de subida de interés, la cobertura consigue reducir drásticamente las pérdidas producidas, pero no logra cubrirlas al completo debido a que no existe una correlación perfecta entre los bonos que conforman la cartera y los swaps usados como derivados de cobertura.
- Ante una bajada de tipos, sucede al revés que en el punto anterior, en esta ocasión reduce las ganancias, pero se finaliza con beneficios a causa de la ausencia de correlación perfecta, es decir, se obtienen más beneficios de los bonos que de pérdidas de los swaps.
- El departamento de ALM y más concretamente ALCO, pueden tener esta cobertura en consideración por los beneficios que conlleva, al reducir las pérdidas eficientemente.
- Por último, se ha evidenciado que al utilizar la  $D^*$  y la Convexidad para aproximar el valor de la cartera ante posibles variaciones de los tipos de interés, se obtiene una buena aproximación, siempre y cuando se trate de una cartera formada por

títulos con plazos homogéneos situados a mitad de la Curva Cupón Cero, en caso contrario, el modelo que se adapta mejor es el Key Rate Duration.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARABIAS, S. (2016). *Introducción a la modelización de mercados financieros. Prácticas de matemáticas para finanzas*. Universidad Pontificia Comillas.

CHOUDHRY, M. (2012). *The principles of banking*. Singapur: John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.

HAGAN, P. S. Y WEST, G. (2006). Interpolation Methods for Curve Construction. *Applied Mathematical Finance*, 13 (2), 89-129.

HULL, J. (2009). *Introducción a los Mercados de futuros y opciones*. 6º Edición. México: Pearson Educación, S.A.

KNOP, R. (2013). *Manual de Instrumentos Derivados. Cuatro décadas de Black-Scholes*. Escuela de Finanzas Aplicadas.

LA GRANDVILLE, O. (2001). *Bond pricing and portfolio analysis*. Cambridge, MA: MIT Press.

LUENBERGER, D. G. (1998). *Investment Science*. New York: Oxford University Press.

MIRON, P. Y SWANNELL, P. (1991). *Pricing and hedging swaps*. Londres: Euromoney Books.

NAWALKHA, S. K.; SOTO, G. M. Y BELIAEVA, N. A. (2005). *Interest rate risk modeling*. New Jersey: John Wiley & Sons.

RODRÍGUEZ, E. (2010). Las nuevas medidas de Basilea III en materia de capital. *Revista de Estabilidad Financiera*. 19.

SYDSAETER, K. Y HAMMOND, P. (1996). *Matemáticas para el análisis económico*. Hertfordshire: Simon & Schuster International.

UNIÓN EUROPEA (2015). Decisión (UE) 2015/774 del Banco Central Europeo sobre un programa de compras de valores públicos en mercados secundarios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Fráncfort, núm. 121, pp. 20-24.

UNIÓN EUROPEA (2016). Decision (EU) 2016/948 of the European Central Bank on the implementation of the corporate sector purchase programme. *Official Journal of the European Union*. Fráncfort, num. 157, pp. 28-32.

UNIÓN EUROPEA (2016). Reglamento (UE) 2016/2067 de la Comisión que modifica el Reglamento (CE) n.o 1126/2008, por el que se adoptan determinadas Normas Internacionales de Contabilidad de conformidad con el Reglamento (CE) n.o 1606/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, en lo relativo a la Norma Internacional de Información Financiera 9. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Fráncfort, núm. 323, pp. 1-164.

VILARIÑO, A.; PÉREZ, J. Y GARCÍA, F. (2008). *Derivados. Valor razonable, riesgos y contabilidad teoría y casos prácticos*. Madrid: Pearson.

### **Páginas web:**

COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA (2010). *Basilea III: Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios*. Recuperado en 16 de mayo de 2018 de [https://www.bis.org/publ/bcbs189\\_es.pdf](https://www.bis.org/publ/bcbs189_es.pdf)

COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA (2016). *Normas (standards.) Riesgo de tasas de interés en la cartera de inversión*. Recuperado en 16 de mayo de 2018 de [https://www.bis.org/bcbs/publ/d368\\_es.pdf](https://www.bis.org/bcbs/publ/d368_es.pdf)

EUROPEAN CENTRAL BANK (2018). URL:

<https://www.ecb.europa.eu/mopo/implement/omt/html/index.en.html>

# ANEXOS

**Tabla 26: Calculadora Bootstrapping con interpolación<sup>16</sup>**

31-jul-18 (Fecha spot)	Tipos	FA				P.Variable	P.Fija	T. imp	
		Act/360	30/360	Q (ACT/360)	Q (30/360)				
31/10/2018	3m	0,206	0,256	0,25			0,99947	0,9995	0,99947
31/01/2019	6m	0,319	0,511	0,5			0,99837	0,9984	0,99837
30/04/2019	9m	0,40	0,758	0,75			0,99698	0,9970	0,99698
<b>31/07/2019</b>	<b>12m</b>	<b>0,518</b>	<b>1,014</b>	<b>1</b>			<b>0,99478</b>	<b>0,9948</b>	<b>0,99478</b>
31/10/2019	15m	0,564	0,256	0,25	1,009	0,995	0,9929	0,9930	0,9930
31/01/2020	18m	0,609	0,256	0,25	1,262	1,243	0,9908	0,9909	0,9909
30/04/2020	21m	0,654	0,250	0,25	1,516	1,491	0,9885	0,9886	0,9886
<b>31/07/2020</b>	<b>24m</b>	<b>0,7</b>	0,256	0,25	1,763	1,738	<b>0,9859</b>	<b>0,9861</b>	0,9861
31/10/2020	27m	0,750	0,256	0,25	2,015	1,985	0,9830	0,9833	0,9833
31/01/2021	30m	0,801	0,256	0,25	2,266	2,230	0,9798	0,9802	0,9802
30/04/2021	33m	0,850	0,247	0,25	2,516	2,475	0,9766	0,9769	0,9769
<b>31/07/2021</b>	<b>36m</b>	<b>0,9</b>	0,256	0,25	2,758	2,720	<b>0,9729</b>	<b>0,9733</b>	0,9733
31/10/2021	39m	0,950	0,256	0,25	3,006	2,963	0,9691	0,9695	0,9695
31/01/2022	42m	1,001	0,256	0,25	3,254	3,205	0,9650	0,9655	0,9655
30/04/2022	45m	1,050	0,247	0,25	3,501	3,447	0,9608	0,9613	0,9613
<b>31/07/2022</b>	<b>48m</b>	<b>1,1</b>	0,256	0,25	3,738	3,687	<b>0,9562</b>	<b>0,9568</b>	0,9568
31/10/2022	51m	1,162	0,256	0,25	3,982	3,926	0,9509	0,9516	0,9516
31/01/2023	54m	1,224	0,256	0,25	4,225	4,164	0,9453	0,9462	0,9462
30/04/2023	57m	1,283	0,247	0,25	4,467	4,401	0,9397	0,9405	0,9405
<b>31/07/2023</b>	<b>60m</b>	<b>1,345</b>	0,256	0,25	4,699	4,636	<b>0,9336</b>	<b>0,9345</b>	0,9345
31/10/2023	63m	1,422	0,256	0,25	4,938	4,869	0,9264	0,9275	0,9275
31/01/2024	66m	1,498	0,256	0,25	5,175	5,101	0,9189	0,9201	0,9201
30/04/2024	69m	1,573	0,250	0,25	5,410	5,331	0,9113	0,9125	0,9125
<b>31/07/2024</b>	<b>72m</b>	<b>1,65</b>	0,256	0,25	5,637	5,559	<b>0,9032</b>	<b>0,9045</b>	0,9045
31/10/2024	75m	1,705	0,256	0,25	5,868	5,786	0,8961	0,8975	0,8975
31/01/2025	78m	1,759	0,256	0,25	6,097	6,010	0,8887	0,8903	0,8903
30/04/2025	81m	1,812	0,247	0,25	6,324	6,233	0,8814	0,8830	0,8830
<b>31/07/2025</b>	<b>84m</b>	<b>1,867</b>	0,256	0,25	6,542	6,453	<b>0,8737</b>	<b>0,8754</b>	0,8754
31/10/2025	87m	1,915	0,256	0,25	6,765	6,672	0,8662	0,8681	0,8681
31/01/2026	90m	1,962	0,256	0,25	6,987	6,889	0,8586	0,8606	0,8606
30/04/2026	93m	2,008	0,247	0,25	7,206	7,104	0,8510	0,8530	0,8530
<b>31/07/2026</b>	<b>96m</b>	<b>2,056</b>	0,256	0,25	7,417	7,318	<b>0,8431</b>	<b>0,8452</b>	0,8452
31/10/2026	99m	2,119	0,256	0,25	7,632	7,529	0,8338	0,8361	0,8361
31/01/2027	102m	2,182	0,256	0,25	7,845	7,738	0,8243	0,8267	0,8267
30/04/2027	105m	2,242	0,247	0,25	8,056	7,945	0,8149	0,8173	0,8173
<b>31/07/2027</b>	<b>108m</b>	<b>2,305</b>	0,256	0,25	8,257	8,149	<b>0,8049</b>	<b>0,8075</b>	0,8075
31/10/2027	111m	2,370	0,256	0,25	8,463	8,351	0,7946	0,7974	0,7974
31/01/2028	114m	2,435	0,256	0,25	8,666	8,550	0,7841	0,7870	0,7870
30/04/2028	117m	2,499	0,250	0,25	8,866	8,747	0,7736	0,7766	0,7766
<b>31/07/2028</b>	<b>120m</b>	<b>2,564</b>	0,256	0,25	9,060	8,941	<b>0,7627</b>	<b>0,7658</b>	0,7658

*Fuente: Elaboración propia.*

<sup>16</sup> Los tipos resaltados en verde son los tipos interpolados.

*Tabla 27: Tipos implícitos 6m a 31/07/2018*

<b>tipo a 6m</b>	0,319
<b>3x9</b>	0,498
<b>6x12</b>	0,719
<b>9x15</b>	0,785
<b>12x18</b>	0,763
<b>15x21</b>	0,873
<b>18x24</b>	0,964
<b>21x27</b>	1,068
<b>24x30</b>	1,184
<b>27x33</b>	1,297
<b>30x36</b>	1,398
<b>33x39</b>	1,485
<b>36x42</b>	1,586
<b>39x45</b>	1,704
<b>42x48</b>	1,807
<b>45x51</b>	1,990
<b>48x54</b>	2,203
<b>51x57</b>	2,350
<b>54x60</b>	2,480
<b>57x63</b>	2,750
<b>60x66</b>	3,059
<b>63x69</b>	3,240
<b>66x72</b>	3,407
<b>69x75</b>	3,266
<b>72x78</b>	3,119
<b>75x81</b>	3,266
<b>78x84</b>	3,389
<b>81x87</b>	3,369
<b>84x90</b>	3,373
<b>87x93</b>	3,512
<b>90x96</b>	3,621
<b>93x99</b>	3,975
<b>96x102</b>	4,383
<b>99x105</b>	4,568
<b>102x108</b>	4,722
<b>105x111</b>	4,890
<b>108x114</b>	5,101
<b>111x117</b>	5,293
<b>114x120</b>	5,463

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 28: Calculadora Bootstrapping con interpolación a 31/08/18**

31-ago-18 (Fecha spot)		Tipos	FA		Q (ACT/360)	Q (30/360)	P.Variable	P.Fija	T. imp
			Act/360	30/360			Factores descuento (ACT/360)	Factores descuento (30/360)	Factores descuento
31/10/2018	2m	0,206	0,169	0,1666667			0,99965	0,9997	0,9997
31/01/2019	5m	0,319	0,425	0,4166667			0,99865	0,9987	0,9986
30/04/2019	8m	0,40	0,672	0,6666667			0,99732	0,9973	0,9973
<b>31/07/2019</b>	<b>11m</b>	<b>0,518</b>	<b>0,928</b>	<b>0,917</b>			<b>0,995</b>	<b>0,995</b>	<b>0,995</b>
31/10/2019	14m	0,564	0,256	0,25	0,923	0,912	0,9934	0,9935	0,9935
31/01/2020	17m	0,609	0,256	0,25	1,177	1,161	0,9913	0,9914	0,9914
30/04/2020	20m	0,654	0,250	0,25	1,431	1,409	0,9890	0,9892	0,9892
<b>31/07/2020</b>	<b>23m</b>	<b>0,7</b>	0,256	0,25	1,678	1,656	<b>0,9865</b>	<b>0,9867</b>	<b>0,9867</b>
31/10/2020	26m	0,750	0,256	0,25	1,930	1,903	0,9836	0,9839	0,9839
31/01/2021	29m	0,801	0,256	0,25	2,181	2,148	0,9805	0,9808	0,9808
30/04/2021	32m	0,850	0,247	0,25	2,432	2,394	0,9773	0,9776	0,9776
<b>31/07/2021</b>	<b>35m</b>	<b>0,9</b>	0,256	0,25	2,673	2,638	<b>0,9737</b>	<b>0,9741</b>	<b>0,9741</b>
31/10/2021	38m	0,950	0,256	0,25	2,922	2,882	0,9699	0,9703	0,9703
31/01/2022	41m	1,001	0,256	0,25	3,170	3,124	0,9658	0,9663	0,9663
30/04/2022	44m	1,050	0,247	0,25	3,417	3,366	0,9616	0,9621	0,9621
<b>31/07/2022</b>	<b>47m</b>	<b>1,1</b>	0,256	0,25	3,655	3,606	<b>0,9571</b>	<b>0,9577</b>	<b>0,9577</b>
31/10/2022	50m	1,162	0,256	0,25	3,899	3,846	0,9519	0,9526	0,9526
31/01/2023	53m	1,224	0,256	0,25	4,143	4,084	0,9464	0,9471	0,9471
30/04/2023	56m	1,283	0,247	0,25	4,384	4,321	0,9408	0,9415	0,9415
<b>31/07/2023</b>	<b>59m</b>	<b>1,345</b>	0,256	0,25	4,617	4,556	<b>0,9347</b>	<b>0,9356</b>	<b>0,9356</b>
31/10/2023	62m	1,422	0,256	0,25	4,856	4,790	0,9276	0,9286	0,9286
31/01/2024	65m	1,498	0,256	0,25	5,093	5,022	0,9202	0,9213	0,9213
30/04/2024	68m	1,573	0,250	0,25	5,328	5,252	0,9126	0,9138	0,9138
<b>31/07/2024</b>	<b>71m</b>	<b>1,65</b>	0,256	0,25	5,556	5,481	<b>0,9045</b>	<b>0,9058</b>	<b>0,9058</b>
31/10/2024	74m	1,705	0,256	0,25	5,787	5,707	0,8974	0,8989	0,8989
31/01/2025	77m	1,759	0,256	0,25	6,017	5,932	0,8901	0,8917	0,8917
30/04/2025	80m	1,812	0,247	0,25	6,244	6,155	0,8829	0,8844	0,8844
<b>31/07/2025</b>	<b>83m</b>	<b>1,867</b>	0,256	0,25	6,462	6,376	<b>0,8752</b>	<b>0,8769</b>	<b>0,8769</b>
31/10/2025	86m	1,915	0,256	0,25	6,686	6,595	0,8677	0,8696	0,8696
31/01/2026	89m	1,962	0,256	0,25	6,908	6,813	0,8601	0,8621	0,8621
30/04/2026	92m	2,008	0,247	0,25	7,128	7,028	0,8526	0,8546	0,8546
<b>31/07/2026</b>	<b>95m</b>	<b>2,056</b>	0,256	0,25	7,338	7,242	<b>0,8447</b>	<b>0,8468</b>	<b>0,8468</b>
31/10/2026	98m	2,119	0,256	0,25	7,554	7,454	0,8354	0,8376	0,8376
31/01/2027	101m	2,182	0,256	0,25	7,768	7,663	0,8259	0,8283	0,8283
30/04/2027	104m	2,242	0,247	0,25	7,979	7,870	0,8166	0,8189	0,8189
<b>31/07/2027</b>	<b>107m</b>	<b>2,305</b>	0,256	0,25	8,181	8,075	<b>0,8067</b>	<b>0,8092</b>	<b>0,8092</b>
31/10/2027	110m	2,370	0,256	0,25	8,387	8,277	0,7964	0,7991	0,7991
31/01/2028	113m	2,435	0,256	0,25	8,590	8,477	0,7859	0,7888	0,7888
30/04/2028	116m	2,499	0,250	0,25	8,791	8,674	0,7755	0,7784	0,7784
<b>31/07/2028</b>	<b>119m</b>	<b>2,564</b>	0,256	0,25	8,985	8,869	<b>0,7646</b>	<b>0,7677</b>	<b>0,7677</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 29: Tipos implícitos 6m a 31/08/2018*

<b>tipo a 5m</b>	0,319
<b>2x8</b>	0,465
<b>5x11</b>	0,685
<b>8x14</b>	0,761
<b>11x17</b>	0,750
<b>14x20</b>	0,858
<b>17x23</b>	0,949
<b>20x26</b>	1,052
<b>23x29</b>	1,167
<b>26x32</b>	1,280
<b>29x35</b>	1,381
<b>32x38</b>	1,468
<b>35x41</b>	1,569
<b>38x44</b>	1,687
<b>41x47</b>	1,790
<b>44x50</b>	1,970
<b>47x53</b>	2,181
<b>50x56</b>	2,328
<b>53x59</b>	2,458
<b>56x62</b>	2,725
<b>59x65</b>	3,031
<b>62x68</b>	3,211
<b>65x71</b>	3,379
<b>68x74</b>	3,241
<b>71x77</b>	3,098
<b>74x80</b>	3,245
<b>77x83</b>	3,367
<b>80x86</b>	3,349
<b>83x89</b>	3,354
<b>86x92</b>	3,492
<b>89x95</b>	3,601
<b>92x98</b>	3,951
<b>95x101</b>	4,356
<b>98x104</b>	4,541
<b>101x107</b>	4,695
<b>104x110</b>	4,861
<b>107x113</b>	5,071
<b>110x116</b>	5,262
<b>113x119</b>	5,432

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 30:** Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018 (aumento en la inclinación de la pendiente)

			Spread = 0,069%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%						
5x11	31/01/2019	1,25%	0,004	13	13			13
11x17	31/07/2019	1,27%	0,013	53	53	-56	-56	-3
17x23	31/01/2020	1,59%	0,013	55	54			54
	31/07/2020		0,017	67	65	-62	-60	5
								69

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 31:** Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018 (aumento en la inclinación de la pendiente)

			Spread = 0,078%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%						
5x11	31/01/2019	1,25%	0,004	10	10			10
11x17	31/07/2019	1,27%	0,013	40	40	-54	-53	-14
17x23	31/01/2020	1,59%	0,014	41	41			41
23x29	31/07/2020	2,27%	0,017	51	49	-59	-57	-8
29x35	31/01/2021	2,75%	0,023	72	69			69
	31/07/2021		0,028	85	81	-59	-56	25
								124

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 32:** Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018 (aumento en la inclinación de la pendiente)

			Spread = 0,019%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%						
5x11	31/01/2019	1,25%	0,003	20	20			20
11x17	31/07/2019	1,27%	0,013	90	89	-176	-174	-86
17x23	31/01/2020	1,59%	0,013	93	91			91
23x29	31/07/2020	2,27%	0,016	114	111	-192	-187	-76
29x35	31/01/2021	2,75%	0,023	164	158			158
35x41	31/07/2021	2,75%	0,028	195	186	-192	-183	3
41x47	31/01/2022	3,12%	0,028	198	186			186
47x53	31/07/2022	3,65%	0,031	221	204	-192	-177	27
53x59	31/01/2023	4,09%	0,037	262	238			238
	31/07/2023		0,041	289	257	-192	-171	86
								648

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33:** Intercambio de flujos swap 2 años a 31/08/2018 (descenso en la inclinación de la pendiente)

			Spread = 0,069%	N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%						
5x11	31/01/2019	0,12%	0,004	13	13			13
11x17	31/07/2019	0,23%	0,002	7	7	-56	-56	-49
17x23	31/01/2020	0,31%	0,003	12	12			12
	31/07/2020		0,004	15	15	-62	-61	-46
								-70

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34: Intercambio de flujos swap 3 años a 31/08/2018 (descenso en la inclinación de la pendiente)**

		Spread = 0,078%		N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	31/08/2018	0,32%						
5x11	31/01/2019	0,12%	0,004	10	10			10
11x17	31/07/2019	0,23%	0,002	6	6	-54	-54	-48
17x23	31/01/2020	0,31%	0,003	9	9			9
23x29	31/07/2020	0,08%	0,004	12	12	-59	-59	-47
29x35	31/01/2021	0,03%	0,002	5	5			5
	31/07/2021		0,001	3	3	-59	-59	-55
								<b>-126</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 35: Intercambio de flujos swap 5 años a 31/08/2018 (descenso en la inclinación de la pendiente)**

		Spread = 0,019%		N*(Eur 6m + spread)*FA (P. var)	FV*FD (P.var)	N*c*FA (P.fija)	FF*FD (P.fija)	FV+FF (actualizado)
	Fechas	Tasa Euribor 6 meses	Euribor 6+spread	Flujo variable	Flujo variable (actualizado)	Pago cupón del bono	Pago cupón del bono (actualizado)	Flujos neto
tipo a 5m	<b>31/08/2018</b>	0,32%						
5x11	<b>31/01/2019</b>	0,12%	0,003	20	20			20
11x17	<b>31/07/2019</b>	0,23%	0,001	10	10	-176	-176	-166
17x23	<b>31/01/2020</b>	0,31%	0,002	18	18			18
23x29	<b>31/07/2020</b>	0,08%	0,003	23	23	-192	-191	-168
29x35	<b>31/01/2021</b>	0,03%	0,001	7	7			7
35x41	<b>31/07/2021</b>	0,40%	0,000	3	3	-192	-191	-188
41x47	<b>31/01/2022</b>	0,48%	0,004	30	30			30
47x53	<b>31/07/2022</b>	0,75%	0,005	35	35	-192	-190	-155
53x59	<b>31/01/2023</b>	0,87%	0,008	55	54			54
	<b>31/07/2023</b>		0,009	63	62	-192	-189	-127
								<b>-675</b>

*Fuente: Elaboración propia.*