

**GESTIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS**

Finanzas**lour**

### Conceptos básicos:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
<b><i>Título cupón cero</i></b>	Es un título que no paga cupones. Se compra por una cantidad determinada (precio) y devuelve al cabo de un tiempo otra cantidad (el precio de amortización)
<b><i>Punto básico</i></b>	p.b. o pipo > es una centésima de un punto porcentual (100 puntos básicos = 1%)
<b><i>Precio de cotización de un título de renta fija</i></b>	= Precio excupón = Precio limpio = Precio sucio (calculado descontando los flujos del bono a tasa TIR) menos cupón corrido.
<b><i>Tipo de interés spot (al contado) a vencimiento y</i></b>	Tasa interna de rendimiento de un bono cupón cero emitido hoy y que vence en el instante y (se denota por $r_{0,y}$ )

### Conceptos básicos:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
<p><b><i>Tipo de interés forward (a plazo) para el período x, y</i></b></p>	<p>Tasa interna de rendimiento de un bono cupón cero emitido en x (plazo futuro) y que vence en el instante y &gt; se calcula a partir de los tipos de interés spot. Ejemplo:</p> $(1 + r_{0,2})^2 * (1 + f_{2,5})^3 = (1 + r_{0,5})^5$ <p>En este ejemplo, calculamos el forward que recoge el tipo correspondiente a un título cupón cero emitido dentro de dos años por un plazo de tres años.</p>
<p><b><i>Strip sobre deuda pública</i></b></p>	<p>Es el activo que resulta de segregar los flujos de caja de un bono de modo que se pueden negociar de manera independiente. No se emiten sino que el mercado los genera sintéticamente a partir de un bono (un bono con 10 cupones da lugar a 11 strips &gt; cada cupón es un strip y el principal también se cuenta como otro strip de nominal distinto).</p> <p>Existen ventajas fiscales derivadas de que un cupón normal de un bono está sometido a retención del 18% por IRPF mientras que un activo cupón cero (que sería cada uno de los strips) no &gt; tributa cuando llega el momento de hacer la declaración de la renta pero no se retiene nada en el momento de su cobro.</p>

### Conceptos básicos:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
<p><i><b>Duración</b></i></p>	<p>La duración de un activo de renta fija se puede describir como el vencimiento medio ponderado de los cupones pagados por un bono. Las ponderaciones son los porcentajes que representan el valor actual de cada cupón sobre el precio del bono (Valor actual relativo de los cupones)</p> <p>La duración, para bonos inferiores a 12 meses no se expresa como si fueran meses sino en porcentaje (si es un bono cupón cero a 3 meses, su duración será 0,25)</p> <p><b>La duración mide riesgo y no es una medida de tiempo dado que es un indicador sencillo y útil del grado de exposición de una inversión ante los movimientos de los tipos de interés.</b></p> <p>Es la primera derivada del precio del bono sobre el tipo de interés.</p>
<p><i><b>Convexidad</b></i></p>	<p>Permite mejorar la precisión en el cálculo de los efectos de cambios en la TIR sobre el precio de un bono.</p> <p>Es la segunda derivada del precio del bono sobre el tipo de interés</p>

### Conceptos básicos:

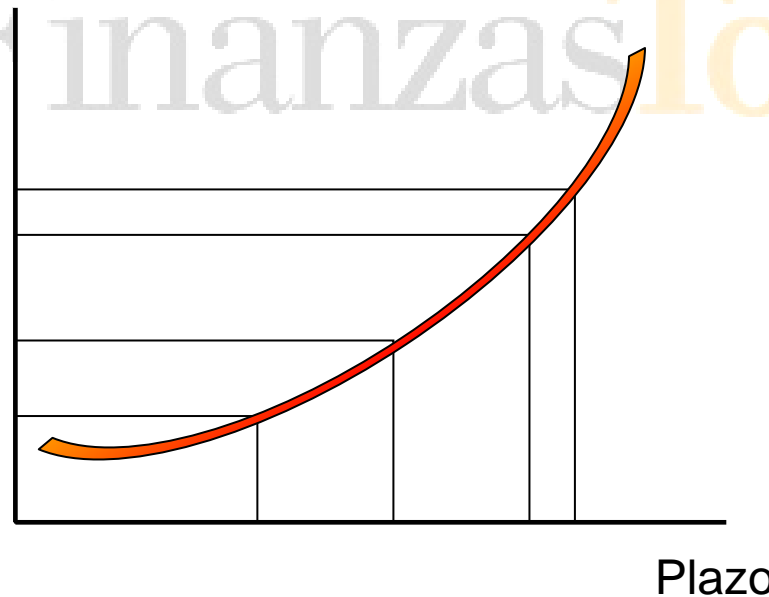
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
<p><b><i>Si los tipos de interés de mercado suben, el precio de mercado de un bono baja</i></b></p>	<p>Esta afirmación es cierta. La explicación que la soporta es que cuando los tipos de interés de mercado suben, un potencial inversor interesado en un título de renta fija que nosotros tuviéramos con unos cupones inferiores a los nuevos tipos de interés de mercado, estaría dispuesto a pagar por ese título el importe que le permitiera obtener la rentabilidad de mercado (es decir, pagaría el valor actual de los cupones y del principal reembolsable considerando como tasa de descuento el nuevo tipo de mercado aplicable).</p>
<p><b><i>Si los tipos de interés de mercado bajan, el precio de mercado de un bono sube</i></b></p>	<p>La explicación que soporta esta afirmación es la inversa de la anterior: un potencial inversor interesado en un título de renta fija que nosotros tuviéramos con cupones superiores a los nuevos tipos de interés será consciente de que no se lo venderemos por un importe inferior (él tampoco dejará que sea superior) a aquel que le permita obtener una rentabilidad de mercado por el mismo.</p>

- ✓ Los bonos y obligaciones del estado cotizan en el mercado según la TIR (que permite calcular el precio de tales instrumentos). Esta TIR no tiene nada que ver con el tipo cupón cero ya que se refiere a la tasa media que hay que usar para calcular el precio descontando todos los cupones y el pago final del bono.
  - La TIR del bono no indica la rentabilidad del bono dado que no sé a qué tipo podré reinvertir los cupones.
- ✓ ¿Cómo se ve alterado el precio de un bono ante variaciones de:
  - La TIR > a mayor TIR menor precio
  - El importe de los cupones > a mayores cupones mayor precio
  - El vencimiento > Si la TIR es mayor que el cupón (eso sólo pasa si el precio de emisión está por debajo del precio de amortización), mayor vencimiento significará menor precio dado que el efecto positivo de tener más cupones es “devorado” por el efecto de que se esté descontando esos cupones con un tipo superior. En cambio, si la TIR es menor que el cupón (si el precio de emisión es superior al nominal), mayor vencimiento significa mayor precio dado que el efecto positivo de tener más cupones supera al efecto del descuento temporal (dado que el cupón supone un tipo mayor que la TIR).

## Curva Cupón Cero

- ✓ La curva cupón cero (E.T.T.I. o Estructura Temporal de Tipos de Interés) recoge la variación de los tipos de interés como consecuencia únicamente del horizonte temporal al que van referidos. Es decir, muestra en un cierto instante la relación entre los tipos de interés al contado para inversiones con diferentes plazos, teniendo en cuenta que la única diferencia entre dichas inversiones es el plazo hasta el momento final.

Tipo de interés aplicable a inversiones con distintos plazos



## Curva Cupón Cero

---

- ✓ Su construcción sería muy sencilla si dispusiéramos en un momento determinado de bonos cupón cero a todos los vencimientos posibles pero eso no se da en la realidad dado que los únicos títulos de renta fija del Estado (libre de riesgo) que son cupón cero son las letras del tesoro y éstas tienen un plazo máximo de 18 meses.
- ✓ Por ello, para construir la curva cupón cero se debe emplear la técnica del bootstrapping que consiste en calcular la curva cupón cero a partir de las curvas de bonos (muestran las tires de los diferentes bonos emitidos por el Estado en función de su vencimiento).
  - Es importante destacar que las curvas de bonos o curvas de tires corresponden a bonos que se emiten y amortizan por el nominal. Por tanto, en estos bonos, la TIR coincide con el cupón. Por tanto, la curva de TIREs también indica el cupón pagado por cada bono.

## Curva Cupón Cero

- ✓ **Ejemplo** > Si tenemos un bono cupón que vence a 2 años (es decir, el primer año paga un cupón y el segundo paga otro cupón y devuelve el principal) y conozco su TIR, entonces:

$$\text{Cupón } X (1+\text{TIR})^{(-1)} + (\text{Cupón} + \text{Reembolso Precio}) X (1+\text{TIR})^{(-2)}$$

IGUAL A

$$\text{Cupón } X (1 + t/i \text{ spot a un año})^{(-1)} + (\text{Cupón} + \text{Reembolso Precio}) X (1 + Y)^{(-2)}$$

***De ahí se despeja Y que es el tipo spot a 2 años y que de esta forma se incorporaría a la curva cupón cero.***

*Tipo conocido dado que sería el de las letras del tesoro a un año*

- ✓ Una vez que tenemos la curva cupón cero, si queremos obtener un tipo intermedio, se puede interpolar considerando la siguiente fórmula de interpolación:

$R_t = R_{t-a} + (a/a+b) (R_{t+b} - R_{t-a})$  siendo:

$R_t$  = tipo de interés que queremos calcular referido a un período  $t$

$R_{t-a}$  = tipo que ya se habrá calculado aplicando la técnica del bootstrapping referido a un período  $t-a$  anterior al  $t$ .

$R_{t+b}$  = idem pero referido a un período  $t+b$  posterior al  $t$ .

- ✓ La definición de la Duración (antes comentada) permite deducir que en bonos cupón cero ésta coincidirá con el vencimiento dado que el único factor ponderador será igual a 1. Asimismo, para bonos cupón (ojo: no cupón cero sino bono cupón, es decir, que paga cupones), se puede llegar fácilmente a la conclusión de que la duración siempre estará entre 0 y el vencimiento no pudiendo ser 0 ni el vencimiento.
- ✓ Bonos del mismo vencimiento pueden tener distinta duración. De hecho, la duración dependerá de:
  - Precio del bono
    - Como el precio de un bono depende de los tres factores siguientes, se puede simplificar diciendo que la duración depende de esos tres factores.
  - Cupón
    - A mayor cupón mayor precio y por tanto mayor denominador en la fórmula de la duración (este efecto se sobrepone al que tiene el sentido contrario derivado de que a mayor cupón mayor valor actual). **POR LO TANTO, A MAYOR CUPÓN MENOR DURACIÓN.**
  - TIR
    - A mayor TIR menor duración (prima el efecto de disminución del valor actual de los cupones y del principal)
  - Vencimiento
    - A mayor vencimiento mayor duración (aumenta menos que proporcionalmente)

- ✓ Para cualquier bono con cupones con una duración y vencimiento determinados, se puede encontrar un bono cupón cero con vencimiento inferior e igual duración.
  - Para entender esto hay que considerar lo comentado en la slide anterior de que la duración de un bono cupón siempre es inferior a su vencimiento mientras que en el caso de un bono cupón cero la duración coincide con el vencimiento.
- ✓ **La duración es un indicador sencillo y útil del grado de exposición de una inversión (del precio de esa inversión) ante los movimientos de los tipos de interés.**

**Como aplicación práctica de la Duración, supongamos el siguiente ejemplo:**

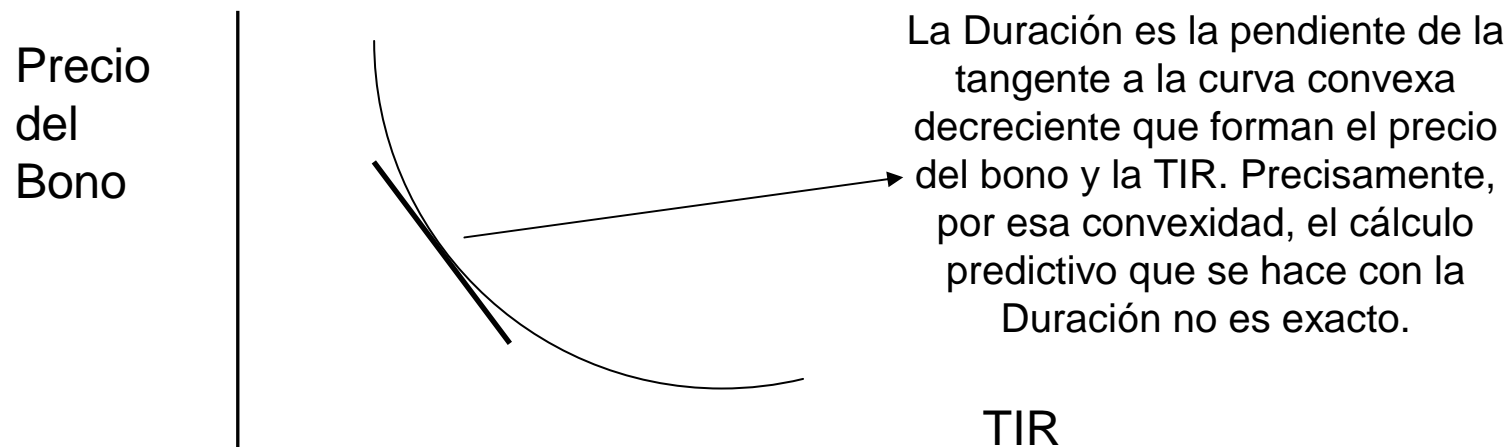
**Tenemos un bono a 5 años emitido el 30 de junio de 2021 y con un cupón anual del 5%. La TIR de este bono es 6% (es decir, el precio de emisión es inferior al valor de reembolso del bono). Hoy es 21 de octubre de 2021 y nos piden que calculemos la duración de este bono y que interpretemos los resultados obtenidos en los siguientes tres casos:**

- TIR = 6%
  - TIR = 5%
  - TIR = 7%
- ✓ Si se calcula la duración, asumiendo que el primer cupón que vence a partir de la fecha de cálculo es el que corresponde al 30 de junio de 2022, se obtiene que la duración del bono con cada una de las TIREs es:
- TIR = 6% > Duración = 4,227
  - TIR = 5% > Duración = 4,239
  - TIR = 7% > Duración = 4,216

- ✓ Asimismo, si se calcula el precio del bono con las diferentes TIREs se obtendría:
  - ❑ TIR = 6% > Precio = 97,5172
  - ❑ TIR = 5% > Precio = 101,5096
  - ❑ TIR = 7% > Precio = 93,7271
  
- ✓ A partir del concepto de **DURACIÓN MODIFICADA** [ Duración / (1+TIR)] podríamos predecir las variaciones del precio del bono en función de los cambios en la TIR (esa fórmula nos da el cambio porcentual).
  - Así, por ejemplo, si estoy con una TIR del 6% y la TIR cambia al 5%:
    - ❑ Duración Modificada =  $4,227 / (1,06) = 3,9877$
    - ❑ Al cambiar la TIR al 5% (baja), el precio subirá, de acuerdo con lo que nos señala la duración modificada, un 3,9877%. Entonces:  $97,5172 * (1,039877) = \mathbf{101,40589}$
  - Por su parte, si estoy con una TIR del 6% y la TIR cambia al 7%:
    - ❑ Duración Modificada = 3,9877
    - ❑ Al cambiar la TIR al 7% (sube), el precio bajará un 3,9877% de acuerdo con lo que nos señala la duración modificada. Entonces > **93,628**

## Duración y Convexidad

- ✓ Tal y como se puede comprobar, la duración modificada nos ha dado unos precios que se parecen pero no coinciden con los precios que verdaderamente se obtienen descontando los cupones y el principal utilizando las TIR del 5% y del 7%.
- ✓ Concretamente, se puede comprobar que en ambos casos se obtienen **valores pesimistas** (es decir, la duración modificada nos dice que ante bajadas de la TIR el precio del bono va a subir menos de lo que realmente sube y ante subidas de la TIR el precio del bono va a bajar más de lo que realmente baja).



- ✓ Para complementar la predicción realizada con la Duración, utilizaré la CONVEXIDAD
  - Ésta depende de los mismos factores que la Duración y además la influencia de estos factores sobre la convexidad tiene el mismo sentido que en el caso de la Duración.
  - Tiene la siguiente expresión matemática:

$$\sum t * (t+1) * [ (Ct / (1+y)^t) / (((1+y)^2) * P) ]$$

- Es la segunda derivada de la fórmula para el cálculo del precio.

Entre  $t= 1$  y  $T$

- ✓ Una vez que conocemos los efectos de la Duración y de la Convexidad, procede comentar que (demostrable matemáticamente):

$$(AP / P) \approx - D_m * (ATIR) + \frac{1}{2} * Conv * (ATIR)^2$$

The diagram illustrates the components of the bond price change formula. The first term,  $- D_m * (ATIR)$ , is circled and labeled as the "Efecto duración" (Duration effect). The second term,  $\frac{1}{2} * Conv * (ATIR)^2$ , is also circled and labeled as the "Efecto convexidad" (Convexity effect). A large "En tanto por uno" (per one) is shown, with a note explaining it as a 1% change in yield (from 6% to 7%), which corresponds to the value 0.01 used in the example.

Efecto duración

Efecto convexidad

En tanto por uno (es decir, si la TIR cambia del 6% al 7%, ahí pondremos 0,01)

- ✓ Finalmente, comentar otra aplicación práctica de la Duración: Si tengo una cartera de renta fija y creo que los tipos de interés de mercado van a subir, lo que desearé será tener una cartera con la menor duración posible. Por ello, podré optar, entre otras, por una o varias de las siguientes medidas para modificar la duración de la cartera:
  - Vender bonos públicos y comprar bonos privados (tienen más cupón y por tanto menor duración).
  - Aumentar el porcentaje de efectivo que conforme la cartera (la duración del efectivo es = 0)
  - Vender bonos de vencimiento a largo plazo y comprar bonos con vencimiento en el corto plazo.

## *Inmunización de una cartera de renta fija*

---

- ✓ La renta fija no es fija dado que la reinversión de los cupones no está asegurada
  - Si suscribo un bono con cupones al 6%, al minuto siguiente puede haber bajado el tipo de interés del mercado y por tanto puede que ya no pueda reinvertir los cupones a la citada tasa del 6% > eso derivaría en que la rentabilidad del bono no sea del 6%.
- ✓ Por lo tanto, si yo invierto en un bono o en una cartera de bonos y quiero asegurar una determinada rentabilidad a un determinado vencimiento, deberé tener en cuenta que al ser un bono cupón o una cartera de bonos cupón tendré el riesgo de reinversión de cupones que podría impedirme conseguir la citada rentabilidad.
- ✓ En este sentido, la inmunización de una cartera de renta fija consiste en **asegurar una rentabilidad determinada de la cartera a un determinado plazo aunque varíen los tipos de interés de mercado.**

### ¿En qué se basa la “técnica” de inmunización?

La inmunización persigue compensar los siguientes dos efectos de signo contrario derivados de una alteración de los tipos de interés de mercado:

- ✓ Por un lado, al alterarse el tipo de mercado, se alteran los tipos a los que podremos reinvertir los cupones (si los tipos bajan, me encontraré con que no podré obtener la rentabilidad que venía obteniendo vía reinversión).
- ✓ Por otro lado, el precio de mercado de los bonos se altera (continuando con el ejemplo anterior, si los tipos bajan, me encontraré con que subirá el precio de mercado de los bonos).

**Por lo tanto, hacer que ambos efectos se compensen de forma que yo pueda saber de antemano la rentabilidad que obtendré a un plazo concreto es lo que se consigue con la inmunización de la cartera.**

### ¿Cómo lo hago?

- ✓ Supongamos la existencia de dos tipos de bonos en el mercado:
  - Bonos A
  - Bonos B
- ✓ Debo determinar la combinación de bonos A y B que me permita obtener una duración media (basta con duración aproximada) igual al plazo deseado. Es decir, si quiero asegurarme una rentabilidad determinada en 5 años deberé formar la cartera necesaria con una duración de dicha cartera de 5.
- ✓ Se puede demostrar matemáticamente que con esto se consigue replicar un bono cupón cero con idéntica duración (recordemos que un bono cupón cero no tiene riesgo de reinversión de cupones ya que no tiene cupones) lo que lleva a que consigamos la rentabilidad deseada.

**Nota:** la duración exacta de una cartera se calcularía aplicando la fórmula de la duración sobre los cupones y principal del "título" ficticio resultante de la consideración y agregación de todos los cupones y principales de los activos que conformasen esa cartera (como si fuese un único título).

### Ejemplo

- ✓ Manuel Machada, responsable de marketing de una pequeña empresa asturiana dispone actualmente de 100.000 euros y desea obtener una cierta rentabilidad dado que dentro de cinco años quiere comprar un apartamento en Llanes.
- ✓ Para ello, no quiere asumir riesgos y decide invertir todo su dinero en renta fija. Un asesor le sugiere la compra de las siguientes referencias de títulos:

	Tipo emisión	Amortización	Precio actual de mercado
Obligaciones A	4%	4 años	985,62
Obligaciones B	5%	8 años	1.039,74

- ✓ Las características de estos títulos de renta fija son:
  - Nominal = 1.000
  - Pago anual de cupones
  - Amortización a la par
- ✓ Asumiendo que Manuel Machada desea inmunizarse ante posibles variaciones futuras de los tipos de interés de mercado, ¿qué combinación de títulos de A y B deberá adquirir para lograr dicha inmunización?

## Inmunización de una cartera de renta fija

Cupón A	4%
Cupón B	5%

Precio mdo A	985,62
Precio mdo B	1039,74

		Obligación A	Obligación B	Días dto obligaciones	Valor Actual A	Valor Actual B
HOY	01/01/2007					
1	01/01/2008	40	50		365	38
2	01/01/2009	40	50		731	37
3	01/01/2010	40	50		1.096	35
4	01/01/2011	1.040	50		1.461	875
5	01/01/2012		50		1.826	0
6	01/01/2013		50		2.192	0
7	01/01/2014		50		2.557	0
8	01/01/2015		1.050		2.922	0
					986	1.040

t/i mercado A	4,400%
t/i mercado B	4,4000%

Valores obtenidos mediante Solver (haciendo que la suma de los cupones más principal descontados coincida con el precio de mercado de cada uno de los títulos cambiando las celdas del tipo de interés)

## Inmunización de una cartera de renta fija

	<u>Duración Aprox A</u>	<u>Duración Aprox B</u>
	38,31421479	47,89273716
	73,39895273	91,74857091
	105,4583715	131,8227058
	3501,814071	168,3560053
		201,5757478
		231,6963434
		258,920015
		5952,186349
<b>I</b>	<b>3718,98561</b>	<b>7084,198474</b>
<b>II</b>	<b>986</b>	<b>1.040</b>
<b>III</b>	<b>3,773244874</b>	<b>6,813432661</b>

FinanzasTour

	<u>Duración</u>	<u>Valor Mercado</u>	<u>Número títulos</u>
<b>A</b>	3,773244874	986	X
<b>B</b>	6,813432661	1.040	Y

Planteamos un sistema de dos ecuaciones dos incógnitas:

$$986 * X + 1.040 * Y = 100.000$$

$$[ ( 3,773244874 * 986 * X ) + ( 6,813432661 * 1.040 * Y ) / ( 986 * X + 1.040 * Y ) ] = 5$$

o se puede calcular directamente con solver fijando como objetivo la duración de 5 sujeto a la restricción de que la inversión sea igual al importe que deseemos y cambiando las celdas que recogen el número de títulos de cada cartera

	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>IV</u>	<u>V</u>
	<u>Duración</u>	<u>Valor Mercado</u>	<u>Número títulos</u>	<u>I*II*III</u>	<u>II * III</u>
<b>A</b>	3,773244874	986	60,51896835	225069,1724	59648,70554
<b>B</b>	6,813432661	1.040	38,80902386	274930,8276	40351,29446
				<b>500000</b>	<b>100000</b>

$$IV / V =$$

5