Nº22

fri·esan
Finance & Regulation Institute

REVISTA ESPECIALIZADA EN FINANZAS

El rendimiento y la duración de activos financieros de renta fija

La tasa libre de riesgo en la formación del costo de la deuda y el costo de capital

Sergio Bravo
Orellana

Platinum
Editorial

Finanzas

La Revista Especializada en Finanzas es una publicación académica del Instituto de Regulación y Finanzas, la cual está dirigida a profesionales en las áreas de administración, economía, finanzas y público en general, que tengan interés por el área financiera. La revista tiene como objetivo proporcionar la teoría, conceptos e instrumentos teóricos y prácticos que son necesarios para desarrollarse dentro del campo de las Finanzas. Para lograr nuestro propósito, los artículos pasan por un riguroso proceso de selección de los temas y de la producción procurando aportar al mundo académico y empresarial. Asimismo, los artículos son sometidos a procesos de evaluación para cuidar y uniformizar la calidad de los mismos.

Revista Especializada en **Finanzas**

SERIE 22 – Setiembre 2021

El rendimiento y la duración de activos financieros de renta fija.
La tasa libre de riesgo en la formación del costo de la deuda y el costo de capital.
© Platinum Editorial
https://platinumeditorial.platinumarket.com/
Av. Joaquín Madrid Nro. 384, San Borja, Lima - Perú

Primera Edición Digital: Lima, 29 de setiembre 2021

>>Área de investigación Académica y publicaciones del Fri ESAN

Consejo editorial
Sergio Bravo Orellana, Ph. D.
Edwin De Olarte, Mg.

Colaboradores Académicos
Alvina Callupe
Yajaira Tácunan
Josselyn Castillón

Publicación electrónica disponible en:
www.fri.com.pe

Reservados todos los derechos. Los documentos de trabajo publicados en esta revista son exclusivamente responsabilidad de los autores y no necesariamente expresan la opinión de Platinum Editorial ni del Instituto de Regulación y Finanzas (FRI).

Presentación

El instituto de Regulación y Finanzas – FRI ESAN – de la Universidad ESAN busca colaborar en el desarrollo y fortalecimiento de las instituciones públicas y privadas de nuestro país; y para tal fin brindamos capacitación especializada en temas económicos, financieros, regulatorios y legales, desarrollamos programas de capacitación ad hoc para clientes corporativos y brindamos asesoría y consultoría empresarial.

Dentro de los servicios que brinda el FRI se encuentran:

- Capacitaciones Especializadas, la cual consiste en ofrecer servicios de programas especializados en los distintos sectores económicos.
- Investigación y Publicaciones, corresponde a los libros, revistas e investigaciones elaboradas por expertos en el FRI ESAN.
- Consultoría Empresarial, esta es una asesoría especializada en APPs y proyectos activos – Regulación – Asesoría Legal en negocios.

ESPECIALIZADA EN:

Consultoría Finanzas

Asociaciones Público Privadas

Asistencia en Peritajes y Arbitrajes

Asesoría Regulatoria y Legal

Negocios y Proyectos de Inversión

Serie 22 - setiembre 2021

Contenido

El rendimiento y la duración de activos financieros de renta fija 1

1. Introducción 2

2. El concepto y cálculo de la duración (duration) de un instrumento financiero 4

3. El Instrumentos financieros de similar duración (duration) 6

4. La duración modificada (duration). La sensibilidad de un cambio de tasa de interés 8

5. La duración en la Evaluación de Proyectos de Inversión 10

6. La duración en la Evaluación de Proyectos de Inversión 13

La tasa libre de riesgo en la formación del costo de la deuda y el costo de capital 15

1. Introducción 17

2. Determinación de la tasa libre de riesgo 18

3. La curva de rendimiento 20

4. Tasas promedio o tasas spot 21

5. La duración de un bono Cero - Cupón 24

6. Determinación de la tasa de referencia del costo de capital de una inversión 25

7. Conclusiones 30

Referencias 31

El rendimiento y la duración de activos financieros de renta fija

RESUMEN

En las inversiones que se realizan en activos reales o financieros, el plazo y la frecuencia de los flujos de caja son insumos relevantes para el análisis de la rentabilidad esperada y el riesgo de la inversión. El propósito de este artículo es transmitir conceptos que permitan interpretar, analizar y entender la importancia de la aplicación del concepto de duración (duration) de los activos, para hacer una adecuada selección de alternativas de inversión. En la estructuración de operaciones de financiamiento y en las inversiones en renta fija es importante conocer que los flujos de caja de repago de las inversiones en activos financieros o en préstamos, debido a que los rendimientos solo son comparables si se considera la duración de cada instrumento. Por lo que, si se desea comparar dos alternativas de inversión en activos de renta fija o realizar un préstamo, se debe uniformizar la duración de ambos instrumentos. Por ello, es importante la introducción del concepto de duración en el rendimiento de los flujos de caja de activos reales, ya que muchas veces, estos tienen diferentes tiempos de maduración.

Palabras Clave: Duración, Tasa de Interés, Préstamos, Deuda, Duración modificada. Tasa de Referencia, Curva de Rendimiento, Tasa Libre de Riesgo, Bonos de Cupón Cero, Instrumentos libres de riesgo.

ABSTRACT

In investments made in real or financial assets, the term and frequency of cash flows are relevant inputs for the analysis of expected profitability and investment risk. The purpose of this article is to convey concepts that allow to interpret, analyze and understand the importance of the application of the concept of duration of assets, in order to make an adequate selection of investment alternatives. When structuring financing operations and fixed-income investments, it is important to know the repayment cash flows of investments in financial assets or loans, since yields are only comparable if the duration of each instrument is considered. Therefore, if it is desired to compare two investment alternatives in fixed income assets or to make a loan, the duration of both instruments must be standardized. Therefore, it is important to introduce the concept of duration in the performance of cash flows of real assets, since they often have different maturity times.

Keywords: Duration, Interest Rate, Loans, Debt, Modified Duration. Reference Rate, Yield Curve, Risk-Free Rate, Zero Coupon Bonds, Risk-Free Instruments.

1. Introducción

Cuando se evalúa otorgar un préstamo o realizar una inversión en un activo financiero de renta fija -como sería el caso de un bono- y considerando que estas alternativas de colocación corresponden a una empresa emisora en específico, se debe considerar no solamente la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada flujo de deuda, sino que además se debe considerar el perfil de los flujos de repago de las obligaciones y los montos considerados en cada periodo.

Para mostrar los efectos de las variables señaladas -número de periodos y monto por periodo- se analizará tres alternativas de pago de una deuda -o la obligación de pago, en caso de un bono-. En este artículo, por simplicidad se realizará la referencia a un préstamo otorgado por un banco, pero el análisis es similar para instrumentos de renta fija.

Se utilizará como ejemplo la evaluación de un préstamo $1,000 que deberá repagarse en 5 años. Luego se establecen distintas modalidades del servicio de la deuda utilizando una tasa de interés del 10%, que será similar para las tres alternativas.

Cuadro 1. Condiciones del préstamo

Préstamo	**1,000**
Kd	**10%**
n	**5**

Elaboración: propia.

Alternativa 1. Préstamo con un servicio de deuda de pagos iguales.

La primera alternativa a evaluar será una programación del servicio de la deuda bajo un formato de pagos iguales. Con las condiciones del préstamo y la fórmula de pago del Excel se calcula el servicio de la deuda:

$$SD = pago(\mathrm{Kd}, \mathrm{n}, \mathrm{P})$$

Considerando que se tiene una tasa de interés Kd de 10%, un número de periodos de 5 y un préstamo de $1,000, entonces se tiene el siguiente cálculo:

$$SD = pago(10\%, 5, 1000) = 263.$$

El resultado de la relación anterior implica que se deberá realizar un pago de $263.8 en cada año de los próximos 5 años, como se muestra en el cuadro 2 para la alternativa 1.

Alternativa 2. Servicio de deuda con pagos de intereses y del principal al final.

En ocasiones los flujos de caja del negocio a financiar tienen perfiles de flujo de caja creciente y por lo tanto el potencial de repago de la deuda tiene la misma tendencia. Entonces, la segunda alternativa sería un sistema de pago denominado bullet repayment donde en los periodos de repago (5 años) se realiza el pago de los intereses ($1,000 * 10% = $100, en cada año) y al final se amortiza el total del principal ($1,000). En este flujo el rendimiento es equivalente a la tasa de interés del 10%, la programación se visualiza en el cuadro 2 como la alternativa 2.

Alternativa 3. Préstamo con un solo pago al final del periodo de maduración.

Una manera menos utilizada en préstamos, pero aplicable a bonos, es tener un único pago (balloon payment) al final del periodo de maduración (maturity date). Este es el caso de los bonos de cupón cero (zero-coupon bond) en el cual no se realiza pago alguno en los primeros periodos hasta el periodo final donde se paga el valor del principal y los intereses acumulados ($1,610.5) calculados de la siguiente manera:

$$SD5 = P * (1+Kd)5$$

Considerando una tasa de interés del 10%, la programación se observa en cuadro 2 como la alternativa 3.

Cuadro 2. Programación de deuda de las alternativas

	0	1	2	3	4	5
Alternativa 1	(1,000)	263.8	263.8	263.8	263.8	263.8
TIR	10%					

	0	1	2	3	4	5
Alternativa 2	(1,000)	100.0	100.0	100.0	100.0	1,100.0
TIR	10%					

	0	1	2	3	4	5
Alternativa 3	(1,000)	-	-	-	-	1,610.5
TIR	10%					

Elaboración: propia.

Como se puede observar, las tres alternativas de programación de deuda tienen el mismo rendimiento del 10% para el acreedor o inversionista, ya que la tasa de interés con la que se construyeron los servicios de deuda con la misma tasa. Sin embargo, se pueden plantear las siguientes preguntas:

- ¿Son alternativas equivalentes para los acreedores o los bonistas?
- ¿Cómo se pueden comparar de manera uniforme estas alternativas?
- ¿Es posible construir programaciones de deuda equivalentes con distintos esquemas de repago?

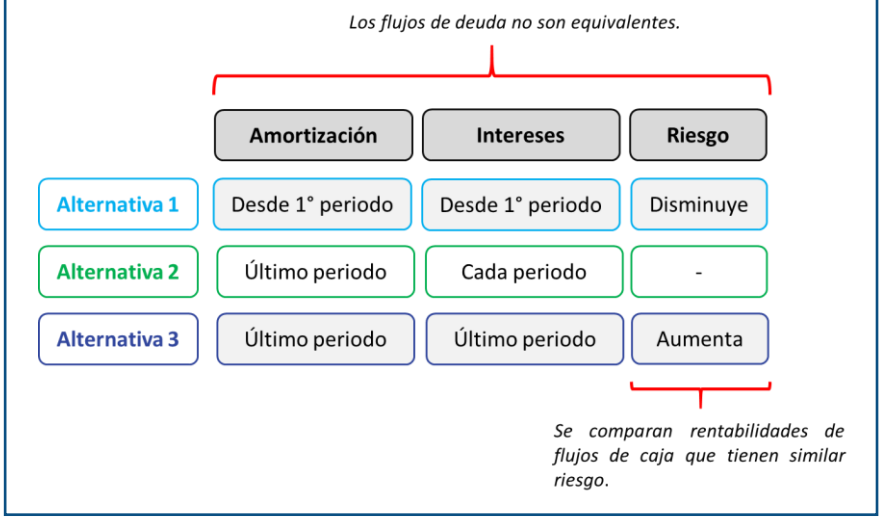
La intuición sugiere que no son flujos de deuda equivalentes; por ejemplo, en la primera alternativa las amortizaciones y pagos de intereses se reciben desde el primer periodo, lo que disminuye el riesgo de una de pérdida en la colocación por los eventos que puedan ocurrir en el tiempo. En la segunda alternativa, la amortización se posterga hasta el final del periodo de pago, aunque se pagan los intereses en cada periodo, el efecto es que se eleva el riesgo respecto a la primera alternativa.

En la última alternativa, se tiene un escenario donde la amortización y los intereses del préstamo se pagan al final, lo que incrementa aún más el riesgo de que algún suceso dificulte el repago de la obligación.

El tiempo es una variable importante de riesgo, pues en ese lapso pueden ocurrir cambios en las condiciones financieras del mercado -como la variación de las tasas de interés- o cambios de posición de solidez o liquidez del emisor.

Un concepto importante en las finanzas es que ***solamente se pueden comparar rentabilidades de flujos de caja que tienen similar riesgo.*** Por lo expresado en el párrafo anterior, las tres alternativas no tienen el mismo nivel de riesgo.

Gráfico 1. Conjunto de Inversiones



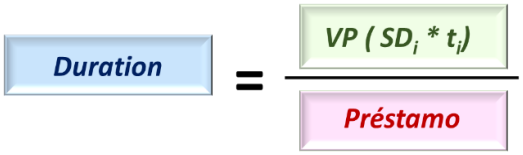
Elaboración: propia.

2. El concepto y cálculo de la duración (duration) de un instrumento financiero

La duración (duration) de una acreencia -derivado de un préstamo o inversión en bonos- nos brinda dos tipos de información importante: Primero, nos indica el número equivalente de periodos en el que se recupera una determinada colocación, mediante el cálculo del valor actual ponderado de cada repago correspondiente al servicio de la deuda o a los cupones en el caso de los bonos. Además, en su versión modificada aproxima un factor que calcula la sensibilidad que tiene el valor de la colocación ante una variación de la tasa de interés.

En el flujo de deuda de la primera alternativa se puede calcular la duración a partir de una simplificación de la fórmula de Macaulay, que expresa que la duración se obtiene de la división entre el valor presente de los flujos del servicio de deuda donde cada flujo es ponderado por el periodo donde ocurre. Lo anterior se expresa en el cuadro como VP(SDi*ti) y el préstamo como P, quedando la formula expresada de la siguiente manera.

Gráfico 2. Fórmula de Duración (duration)



Elaboración: propia.

Como se puede observar, en el cuadro 3, el flujo de la primera alternativa el valor presente VP(SDi*ti) es $2,810.1 que dividido entre el préstamo P de $1,000 da como resultado que el periodo de repago de dicha deuda es igual a 2.81 años. Esto significa que el flujo de deuda sería equivalente a uno donde se paga el principal y los intereses a 2.81 años (balloon payment).

Cuadro 3. Flujo de deuda de la Alternativa 1

Alternativa 1

	0	1	2	3	4	5
Flujo de Deuda	(1000,0)	263,8	263,8	263,8	263,8	263,8
SD*t		263,8	527,6	791,4	1055,2	1319,0
Kd	10%					
VP(SD*t)	2810,1					
Préstamo (P)	(1000,0)					
Duration	**2,81**					

Elaboración: propia.

En la segunda alternativa, se pagan solamente intereses en los primeros 4 periodos y se amortiza el préstamo al final -con los intereses respectivos-, aplicando la misma fórmula del caso anterior, resulta que VP(SDi*ti) es $4,169.9 y que dividido entre el préstamo P de $1,000 da como resultado un periodo de repago equivalente de dicha deuda en 4.17 años.

Se puede observar con este indicador que la primera alternativa tiene un periodo de repago equivalente -o duración- de 2.81 años menor a 4.17 años que corresponde a la segunda alternativa, por lo tanto, a igual rentabilidad (10%) la primera alternativa de préstamo tiene menor riesgo para la entidad financiera.

Cuadro 4. Flujo de deuda de la Alternativa 2

Alternativa 2

	0	1	2	3	4	5
Flujo de Deuda	(1000,0)	100,0	100,0	100,0	100,0	1100,0
SD*t		100,0	200,0	300,0	400,0	5500,0
Kd	10%					
VP(SD*t)	4169,9					
Préstamo (P)	(1000,0)					
Duration	**4,17**					

Elaboración: propia.

En la tercera alternativa, donde no se tienen flujos del servicio de deuda en los primeros 4 periodos y se amortiza el préstamo al final -con los intereses respectivos, resulta que el valor presente del flujo ponderado por el número de periodo VP(SDi*ti) es de $5,000 que dividido entre el préstamo (P) de $1,000 da como resultado un periodo de repago equivalente -o duración- de 5 años.

Cuadro 5. Flujo de deuda de la Alternativa 3

Alternativa 3

	0	1	2	3	4	5
Flujo de Deuda	(1000,0)	-	-	-	-	1610,5
SD*t		-	-	-	-	8052,6
Kd	10%					
VP(SD*t)	5000,0					
Préstamo (P)	(1000,0)					
Duration	**5,00**					

Elaboración: propia.

Entonces la duración de la tercera alternativa tiene una duración de 5, mayor a duración de 4.17 de la segunda alternativa y ambas mayor a la duración de 2.81 de la primera alternativa. Ante la misma rentabilidad de los préstamos (10%) entonces la entidad financiera tendría que preferir la primera porque le significa un menor riesgo.

3. El Instrumentos financieros de similar duración (duration)

Para fortalecer el concepto de la duración de un instrumento financiero, se va a construir activos financieros de similar riesgo considerando la administración del riesgo del tiempo o duración de una acreencia o inversión en un bono.

En el análisis de la alternativa 1, se tenía una duración de 2.81 años; es decir, el préstamo se pagaba en un periodo promedio equivalente a 2.81 años, por lo que se podría programar las otras alternativas a 3 años y acercarse a la duración de 2.81 años.

Cuadro 6. Duración de la Alternativa 1

Alternativa 1

	0	1	2	3	4	5
Flujo de Deuda	(1000,0)	263,8	263,8	263,8	263,8	263,8
SD*t		263,8	527,6	791,4	1055,2	1319,0

Kd	10%
VP(SD*t)	2810,1
Préstamo (P)	(1000,0)
Duration	**2,81**

Elaboración: propia.

Entonces, si se mantiene la tasa de interés del 10% se podría programar la alternativa 2 a tres años, pagando los intereses en cada uno de los periodos y el principal al final. Esto se refleja en cuadro 7 donde se obtiene una duración de 2.74 años.

Si la alternativa 3 se programa a tres años, donde el pago y los intereses se pagan al final del periodo 3, entonces la duración -como se puede observar en el cuadro 7- sería 3, similar a un bono cero-cupón.

Cuadro 7. Flujo de deuda de las alternativas con repago de 3 años

Alternativa 2: Periodo de pago de 3 años

	0	1	2	3
Flujo de Deuda	(1000,0)	100,0	100,0	1100,0
SD*t		100,0	200,0	3300,0

Kd	10%
VP(SD*t)	2735,5
Préstamo (P)	(1000,0)
Duration	**2,74**

Alternativa 3: Periodo de repago de 3 años

	0	1	2	3
Flujo de Deuda	(1000,0)	-	-	1331,0
SD*t		-	-	3993,0

Kd	10%
VP(SD*t)	3000,0
Préstamo (P)	(1000,0)
Duration	**3,00**

Elaboración: propia.

La alternativa 2 resulta ser de menor riesgo (duración2 de 2.74 vs duración1 de 2.81) y la alternativa 3 sigue siendo de mayor riesgo (duración3 de 3 vs duración1 de 2.81). Esto significa que para lograr opciones de préstamo equivalentes a una duración de 2.81, manteniendo el retorno del 10%, se debe variar los montos y/o periodos de los flujos de caja de las otras alternativas.

En el cuadro 8 se ha generado un flujo del servicio de deuda, de múltiples alternativas, manteniendo una rentabilidad del 10% y estableciendo un perfil de pago de dos cuotas iguales menores en monto a la cuota final en el periodo 3, teniendo como resultado una duración de 2.81 años equivalente a la Alternativa 1 de 5 años.

Cuadro 8. Flujo de deuda de la alternativa 1 con repago de 3 años

Alternativa 1: Periodo de pago de 3 años

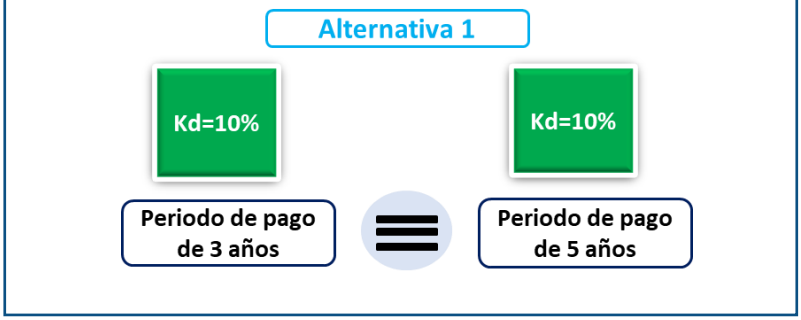
	0	1	2	3
Flujo de Deuda	(1000,0)	71,8	71,8	1164,7
SD*t		71,8	143,6	3494,1

Kd	10%
VP(SD*t)	2810,1
Préstamo (P)	(1000,0)
Duration	**2,81**

Elaboración: propia.

De los resultados se puede decir que la programación de la deuda a 3 periodos del cuadro 8 es equivalente a la alternativa 1 de 5 años de pagos iguales, en ambas se mantiene la tasa de rendimiento o interés del 10%. Como se ha podido observar, el periodo de duración permite trabajar con flujos de distinta naturaleza y programación, también ayuda a evaluar que posiciones son financieramente equivalentes o cuales son superiores o inferiores a otras.

Cuadro 9. Alternativa 1 y programación de deuda



Elaboración: propia.

4. La duración modificada (duration). La sensibilidad de un cambio de tasa de interés

La duración modificada busca encontrar una relación entre un posible cambio en la tasa de interés y el impacto que se tendría en el valor de los préstamos o de la inversión en un bono. Para ejemplificar, se analizará el cambio de valor de la deuda en el supuesto que en el mercado secundario la tasa de interés se incrementa en 1% (de 10% a 11%). Como se observó líneas arriba, la alternativa 1 se construyó con una tasa de interés (Kd) del 10%, bajo un esquema de pagos iguales y el rendimiento o TIR era igual.

Cuadro 10. Programación de deuda de la Alternativa 1

	0	1	2	3	4	5
Alternativa 1	(1000)	263,8	263,8	263,8	263,8	263,8
TIR	10%					

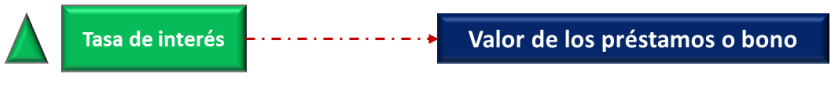
Elaboración: propia.

Si se incrementa la tasa de interés, el valor presente del flujo de servicio de deuda para el banco o para los bonistas se reducirá frente a su valor original; es decir, perderá valor. Si se calcula el valor presente del servicio de la deuda al 11% con la fórmula de actualización siguiente:

$$P(11\%)=VNA(11\%,[SD]_1...[SD]_5)$$

Resulta en $975. Entonces, se observa que el valor ha caído en 2.5% respecto a su valor original (975/(1000-1)).

Cuadro 11. Efecto de la variación en la tasa de interés



	0	1	2	3	4	5
	975	263,8	263,8	263,8	263,8	263,8
Kd	11%					
Var Valor	-2,50%					

$$P_{Kd} = VNA(Kd, SD_1 \dots SD_5)$$

Elaboración: propia.

Lo anterior significa que, si la tasa de interés se incrementa en 1%, el valor del activo financiero se reduce en -2.5%. Este mismo resultado se puede aproximar a través del cálculo de la duración modificada, el cual parte del valor de la duración original (2.81) y se calcula con la siguiente relación.

Cuadro 12. Duración modificada

$$D_{modificada} = \frac{Duration}{1+Kd_{nuevo}}$$

Elaboración: propia.

Esta expresión incluye los valores de la duración de la alternativa 1 y la nueva tasa de interés:

$$D_{modificada} = {}^{2.81}/_{(1+11\%)}$$

El resultado se expresa en porcentaje y resulta en una D_modificada de 2.53%, el cual es un resultado parecido al 2.50% anterior, lo que significa que esta fórmula simplificada resulta ser una buena aproximación.

Cuadro 13. Duatión y Duración modificada

Duration	*2,81 años*
$D_{modificada}$	2,53%

Elaboración: propia.

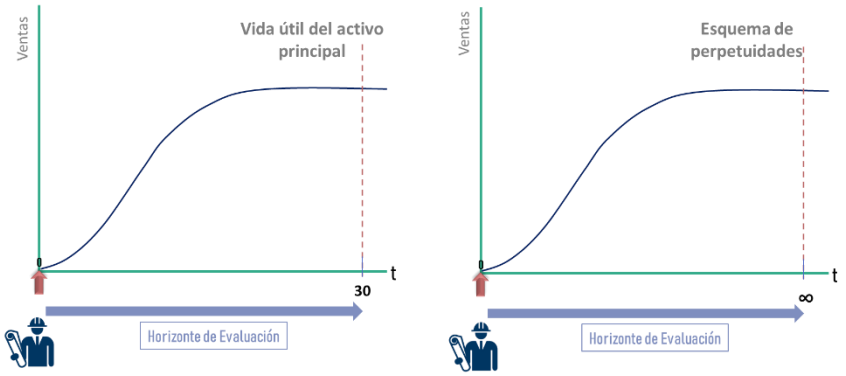
Del mismo modo, si la tasa de interés tiene una caída de 10% a 9%, se puede decir que la acreencia del banco o la inversión de los bonistas incrementa su valor en 2.53%.

5. La duración en la Evaluación de Proyectos de Inversión

Los proyectos de inversión implican la construcción de flujos de caja, que consideran el flujo de inversiones en la etapa preoperativa y sus respectivos flujos de repago en la etapa operativa. Estos flujos tienen un determinado periodo de maduración, que pueden ser de corto o largo plazo o incluso podrían considerarse un horizonte de perpetuidades. En el artículo ***"la tasa libre de riesgo en la formación del costo de la deuda y el costo de capital"***, se complementa la importancia de la maduración y duración de un proyecto de inversión en la tasa de descuento del proyecto y la tasa de financiamiento por deuda del mismo. Y es que no se podría utilizar la misma tasa de descuento para evaluar una inversión a un año o a treinta, de ahí la relevancia de incorporar el concepto de duración en la evaluación de los proyectos de inversión que se proyecte ejecutar en una empresa.

Para el cálculo de la duración en proyectos de inversión se debe considerar su horizonte de evaluación, que suele definirse según la vida útil del activo principal o el periodo estimado que se espera dure el proyecto, en ambos casos se establece un horizonte de evaluación finito. En otras decisiones de inversión, como la compra o venta de una empresa para lo cual se debe valorizar la empresa, los horizontes de evaluación a considerar son infinitos y se utiliza el esquema de perpetuidades en los flujos de caja. Adicionalmente, a las consideraciones anteriores, es importante incluir en el análisis la periodicidad de los flujos de caja (si son anuales, trimestrales o mensuales).

Gráfico 03. Determinación del horizonte de evaluación



Elaboración: propia.

Como ejemplo, se determinará el valor de la duración de un proyecto que tiene las siguientes características: "se proyecta realizar una inversión de $1,200 MM que tiene la capacidad de generar el primer flujo económico de $103 MM, con una tasa de crecimiento entre el año 1 y 5 del 10%, luego una tasa de crecimiento del 5% entre el periodo 6 y 15, lo que se resumen en el Cuadro N° 11.

Cuadro 14. Características del proyecto

Inversión	1200
FE_1	103
Crecimiento 1-5	10%
Crecimiento 6-15	5%

Elaboración: propia.

Las condiciones especificadas se determina el flujo de caja correspondiente que se incluye en el Cuadro 12, donde se tiene un flujo económico que empieza con una inversión de $1,200 MM y termina en el periodo 15 con un flujo de $245,6 MM.

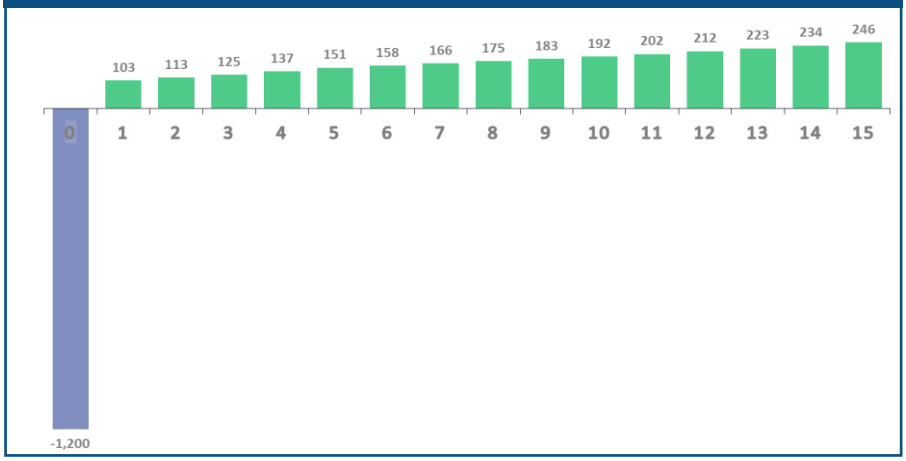
Cuadro 15. Flujos del proyecto

	0	1	2	3	...	13	14	15
Flujo Económico	(1200,0)	103,0	113,3	124,6	⋯	222,8	233,9	245,6
TIRE	10,00%							

Elaboración: propia.

Los flujos económicos, descritos y que se visualizan en el Cuadro N°11, tienen una tasa interna de retorno esperada (TIR) del 10%. Los flujos también se pueden aprecian en la siguiente figura.

Gráfico 04. Flujo económico con esquema de repago creciente



Elaboración: propia.

Para calcular la duración del flujo económico mostrado, se debe multiplicar cada flujo por el número del periodo que le corresponde. Así para el periodo 1, tendremos la multiplicación del flujo de $103' * 1 (igual a 103') o para el periodo 15, el flujo de 245.6 * 15 (igual a 3,684'6), así se realiza la operación para cada periodo.

Cuadro 16. Cálculo de duración de proyecto - flujos de repago crecientes

	0	1	2	3	...	13	14	15
Flujo Económico	(1200,0)	103,0	113,3	124,6	...	222,8	233,9	245,6
TIRE	10,00%							
FE*t		103,0	226,6	373,9	...	2896,4	3275,2	3684,6
VP(FE*t)	8808,7							
Inversión	(1200,0)							
Duration	7,34							

Elaboración: propia.

El flujo ponderado por el número de periodos -de los 15 años- se actualiza VP(FE*t) al momento cero, resultando en 8,808'7. Finalmente, la duración resulta de dividir el valor actual del flujo económico ponderado entre la inversión: $8,808.7/$1,200 que equivale a 7.34 años.

De lo expuesto anteriormente, la expresión del riesgo por el plazo de la inversión está expresado por la duración. Podría haber otros proyectos que consideran flujos económicos de distintas características y que incluso podrían tener la misma tasa interna de retorno (TIR), no obstante, será la duración de estos flujos los que nos digan cuales expresan un menor riesgo en la inversión tomando en cuenta la recuperación más anticipada de la inversión en el periodo de inversión.

Como ejemplo a lo manifestado, se presenta un nuevo formato de los flujos económicos a partir de un esquema de pagos iguales que retribuye la inversión realizada de $1,200 MM, manteniendo el rendimiento del flujo económico en 10% y el periodo de repago en 15 años.

Cuadro 17. Cálculo de duración proyecto con flujos de repago iguales

	0	1	2	3	...	13	14	15
Flujo Económico	(1200,0)	157,8	157,8	157,8	⋯	157,8	157,8	157,8
TIRE	10,00%							
FE*t		157,8	315,5	473,3	...	2051,0	2208,8	2366,5
VP(FE*t)	7534,7							
Inversión	(1200,0)							
Duration	6,28							

Elaboración: propia.

Al realizar el cálculo de la duración de este nuevo esquema de pagos, con el mismo procedimiento anterior, resulta en una duración de 6.28 años, menor al 7.34 anterior. Esta reducción de la duración reconoce que en el esquema de pagos iguales se tiene un flujo de repago mayor en los primeros periodos, aunque menor en los últimos; lo que punto de vista financiero expresa una menor exposición al riesgo del tiempo de la recuperación de la inversión, que se traduce en una menor ***duración***.

El concepto de duración es importante tanto para inversiones en activos financieros como en activos reales, pues una vez que se tienen inversiones de similar riesgo operativo y que tienen rendimientos similares, entonces deberíamos preferir aquellas inversiones que maduran en menos tiempo y tienen una menor ***duración***.

6. La duración en la Evaluación de Proyectos de Inversión

- El tiempo de maduración de una inversión es una variable importante de riesgo, así como el perfil de los flujos de caja que repagan las inversiones tanto en activos financieros como en activos reales. Los inversionistas en activos financieros como préstamos o bonos y los inversionistas en activos reales o de proyectos de inversión preferirán los perfiles de repago en el menor tiempo posible.
- La razón es que al momento de realizar la inversión se percibe un mayor riesgo si la recuperación se realiza a mayores plazos, donde pueden ocurrir cambios en las condiciones del mercado o la economía, cambios en las condiciones financieras o cambios de posición de solidez o liquidez del emisor.
- La rentabilidad de las inversiones la podemos medir a través de la tasa interna de retorno, pero esta debe estar acompañada con la información del riesgo de inversión del instrumento. En activos financieros, a similar riesgo de la emisión y el emisor, también se debe tener la información sobre la duración de la inversión, pues se preferirá aquellas que tengan menores valores de este indicador, a iguales rentabilidades. A igual duración se preferirá los instrumentos de mayor rentabilidad.

- Al analizar tres alternativas de programación de repago del préstamo, se encontró que a pesar de que tenían rentabilidades similares los flujos de deuda no son equivalentes, pues tenían distinto nivel de riesgo de repago; por lo tanto, podría jerarquizarse a partir del concepto de la duración de cada alternativa. Aun teniendo cada una de ellas la misma rentabilidad, no son alternativas de inversión equivalentes, pues en finanzas solamente se pueden comparar rentabilidades de flujos de caja que tienen similar riesgo.
- El concepto de duración (duration) brinda información importante, ya que indica el número equivalente de periodos en el que se recupera una determinada colocación. Y se determina mediante el cálculo del valor actual ponderado por cada periodo de repago correspondiente al servicio de la deuda o a los cupones en el caso de los bonos.
- El periodo de duración permite trabajar con flujos de distinta naturaleza y programación, también ayuda a evaluar que posiciones financieramente equivalentes o cuales son superiores o inferiores a otras.
- La duración modificada busca encontrar una relación entre el cambio en la tasa de interés y el impacto que se tendría en el valor de los préstamos o del bono, ante un cambio en el mercado secundario de las inversiones o préstamos.
- El análisis de las alternativas de inversión y el impacto que tienen sobre ellas, se puede realizar tanto para el mercado de activos financieros como en el de activos reales, a través de la duración (duration). Es importante reconocer a través de este concepto que los proyectos de inversión se ven afectados por el periodo de maduración y el perfil de los flujos de caja del proyecto, en consecuencia, las lecturas de las rentabilidades deben estar acompañadas con los indicadores de riesgo, en este caso del tiempo, la ***duración.***

La tasa libre de riesgo en la formación del costo de la deuda y el costo de capital

RESUMEN

La formación de las tasas de interés y del costo de capital -o rendimiento esperado en una inversión- tiene como como base una tasa de referencia o tasa libre de riesgo. Ambas tasas también se ven afectadas por la prima del riesgo país, la cual sumada a la tasa libre de riesgo y a la prima por riesgo crediticio se tiene la tasa de interés, mientras que si se les suma la prima por riesgo negocio se obtiene el costo de capital.

La tasa de referencia o tasa libre de riesgo corresponde a instrumentos de deuda como la tasa Libor o a los bonos emitidos por el Tesoro Estadounidense. En este artículo se realizará el análisis con estos últimos.

Una correcta determinación de la tasa libre de riesgo debe tomar en cuenta el periodo de repago de las deudas, así como los periodos de evaluación de un proyecto de inversión. Pues el periodo de tiempo determina riesgos distintos, no es lo mismo realizar un préstamo o invertir en un instrumento de renta fija a 1 año que a 15 años, no resulta igual invertir a 1 año que a 10, 20 años o a perpetuidad. Cuanto más prolongado sea el tiempo de la deuda o inversión, se tiene mayores riesgos que deben ser incorporados en la tasa de referencia.

En esta publicación se propone una metodología para la estimación de la tasa libre de riesgo, a través del uso de una curva de rendimiento y del concepto de duración, ya que ambos conceptos permiten calcular la tasa en función de duración de los instrumentos de deuda o de los proyectos a evaluar.

Palabras Clave: Duración, Tasa de Interés, Préstamos, Deuda, Duración modificada. Tasa de Referencia, Curva de Rendimiento, Tasa Libre de Riesgo, Bonos de Cupón Cero, Instrumentos libres de riesgo.

ABSTRACT

The formation of interest rates and the cost of capital - or expected return on an investment - is based on a reference rate or risk-free rate. Both rates are also affected by the country risk premium, which when added to the risk-free rate and the credit risk premium gives the interest rate, while the business risk premium is added to the interest rate to obtain the cost of capital.

The reference rate or risk-free rate corresponds to debt instruments such as the Libor rate or bonds issued by the U.S. Treasury. In this article the analysis will be made with the latter.

A correct determination of the risk-free rate must take into account the debt repayment period, as well as the evaluation periods of an investment project. The period of time determines different risks, it is not the same to make a loan or invest in a fixed income instrument at 1 year than at 15 years, it is not the same to invest at 1 year than at 10, 20 years or in perpetuity. The longer the term of the debt or investment, the greater the risks that must be incorporated in the reference rate.

This publication proposes a methodology for the estimation of the risk-free rate, through the use of a yield curve and the concept of duration, since both concepts allow calculating the rate according to the duration of the debt instruments or projects to be evaluated.

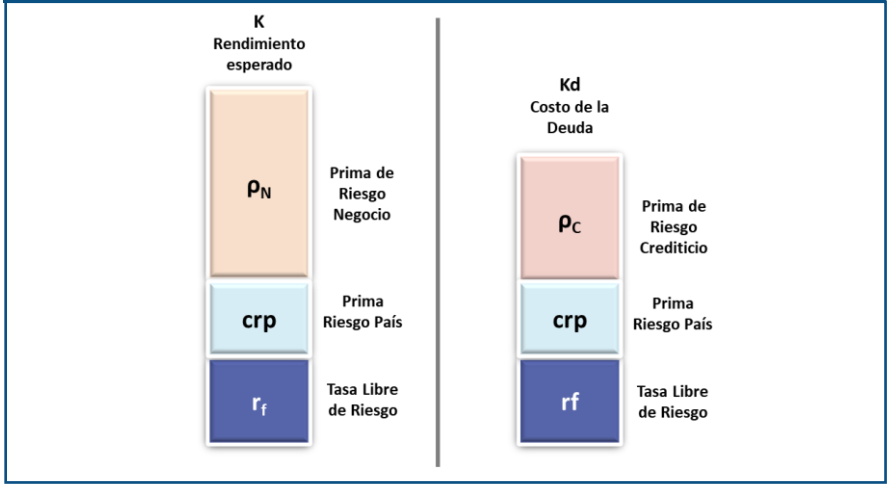
Keywords: Duration, Interest Rate, Loans, Debt, Modified Duration. Reference Rate, Yield Curve, Risk-Free Rate, Zero Coupon Bonds, Risk-Free Instruments.

1. Introducción

Las tasas de interés y los costos de capital -o rendimientos esperados en las inversiones- son precios de mercado de activos financieros como los pagarés o bonos en el caso de la Deuda y de acciones en el caso de las inversiones en Capital. Estas tasas están relacionadas entre sí, pues sus componentes son similares o tienen fuentes comunes. La tasa libre de riesgo es la base de la formación de ambas y que también son afectadas por la prima del riesgo país (crp, country risk premium). En ambos casos se suman estas dos primeras y dependiendo, si se calcula la tasa de interés se añade la prima por riesgo crediticio o si se quiere determinar costo de capital se suma la prima por riesgo negocio. Esto se puede observar en el gráfico 1.

En este documento nos ocuparemos de la determinación de la tasa de referencia o tasa libre de riesgo, con el propósito de cubrir aspectos no considerados comúnmente en la teoría financiera para la evaluación de inversiones, buscando trasladar el conocimiento desarrollado en el mercado de renta fija.

Gráfico 1. Formación del costo de capital y la tasa de interés



Elaboración: propia.

Con frecuencia, para determinar el rendimiento esperado o costo de capital se suele utilizar el CAPM (Capital Asset Pricing Model) que tiene como base la tasa libre de riesgo y es común que para su estimación se utilice el rendimiento de los bonos de tesoro estadounidense. A la cual se le añade un spread o prima por el riesgo que corresponde a la inversión realizada, conocida como prima de riesgo del negocio. Además, en países emergentes se suele incrementar la tasa por el efecto del riesgo país.

En la formación de la tasa de interés se observa de forma común el uso de una tasa de referencia o tasa libre de riesgo, a cuál puede ser las tasas de la deuda soberana de EE.UU o la tasa libor. Asimismo, es común considerar en la formación de estas tasas el riesgo del periodo de colocación -en caso de deudas bancarias- o el periodo de repago de una inversión en un activo de renta fija, como en un bono. La formación de las tasas tiene presente el concepto de duración (duration), ya que permite tener la tasa de referencia adecuada para cada inversión o préstamo.

Si bien el costo de las acreencias tiene además otros factores que influyen, como el riesgo crediticio del emisor y del instrumento emitido, también incluye el riesgo país, entre otros factores. Es importante la selección de la tasa libre de riesgo en función de la maduración del instrumento financiero en el que se desea invertir, pues el costo de la deuda incorporará el riesgo de los flujos repago de la inversión y los periodos correspondientes en el que sucederán.

Entonces, utilizando el mercado de deuda como referencia, se analizará cómo aplicar el mismo concepto en la evaluación de inversiones en activos reales.

2. Determinación de la tasa libre de riesgo

En la literatura sobre el cálculo del costo de capital utilizando el CAPM, existe un consenso sobre el uso de los rendimientos de los bonos emitidos por el tesoro estadounidense como parámetro representativo de la tasa libre de riesgo. Sin embargo, no hay un consenso definitivo sobre la periodicidad del instrumento a utilizar.

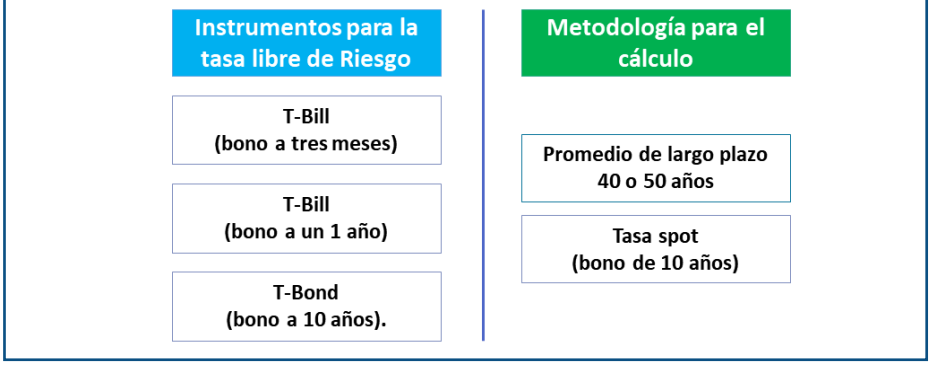
Las posiciones más relevantes que se encuentran al respecto son:

1. Utilizar el T-Bill (bono cero-cupón de tres meses o un año) o el T-Bond (bono cero-cupón a 10 años).

2. Estimar el rendimiento promedio utilizando una serie de largo plazo (40 o 50 años) tomando los T-Bill o T-Bond.

3. Alternativamente se utiliza la tasa spot (la cotización del momento) y generalmente se toma el bono de 10 años.

Gráfico 2. Prácticas sobre la tasa libre de riesgo



Elaboración: propia.

Ante estas distintas posiciones, se pretende uniformizar los conceptos para la determinación del costo de capital y en específico de la tasa libre de riesgo partir de lo expuesto en el artículo "Comparación del rendimiento de activos financieros de renta fija: La importancia de la duración (duration)". En este artículo, se trató la importancia del concepto de duración de un activo financiero, el cual es útil para determinar que rendimientos de los instrumentos financieros son equivalentes y comparables. Ahora, se utilizará para uniformizar los rendimientos de las distintas opciones de inversión, ya sea en activos reales o financieros.

Gráfico 3. La utilidad del concepto de duración

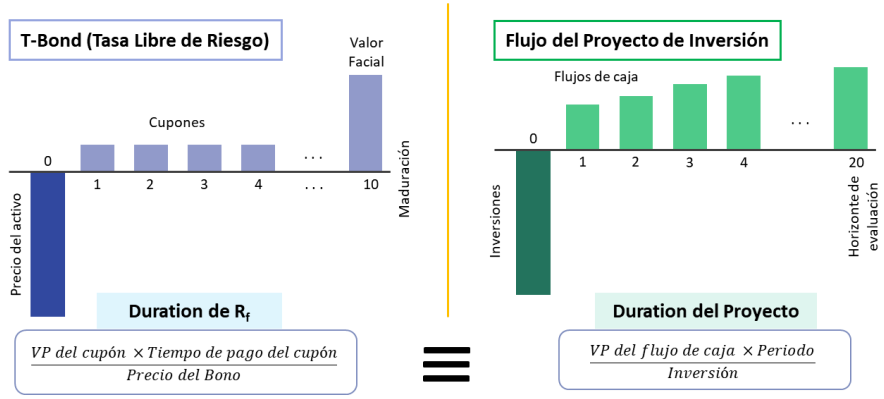
Elaboración: propia.

La idea de utilizar el concepto de duración para la determinación de la tasa libre de riesgo es porque se puede comprobar que un proyecto de inversión implica la formación de flujos económicos, en el que se muestran inversiones y flujos de caja que repagan dichas inversiones, los cuales suceden en un determinado horizonte de evaluación.

Con la información de los flujos económicos de un proyecto de inversión es posible calcular la duración del proyecto, lo que permitirá establecer una equivalencia con un bono cero-cupón, cuyo periodo de redención -o duración- sea similar la duración de los flujos del proyecto. Esto indica que la tasa de referencia o tasa libre de riesgo a utilizar corresponderá a la tasa de rendimiento de los bonos cero-cupón (Zero - Coupon Bond) emitidos por el tesoro estadounidense que coincida con la duración de los flujos económicos del proyecto.

Para ver si existe la posibilidad de encontrar en todos los casos un bono que coincida exactamente con la duración de los flujos del proyecto es relevante revisar los conceptos de la curva de rendimiento.

Gráfico 4. La duración en flujos de deuda y proyectos de inversión



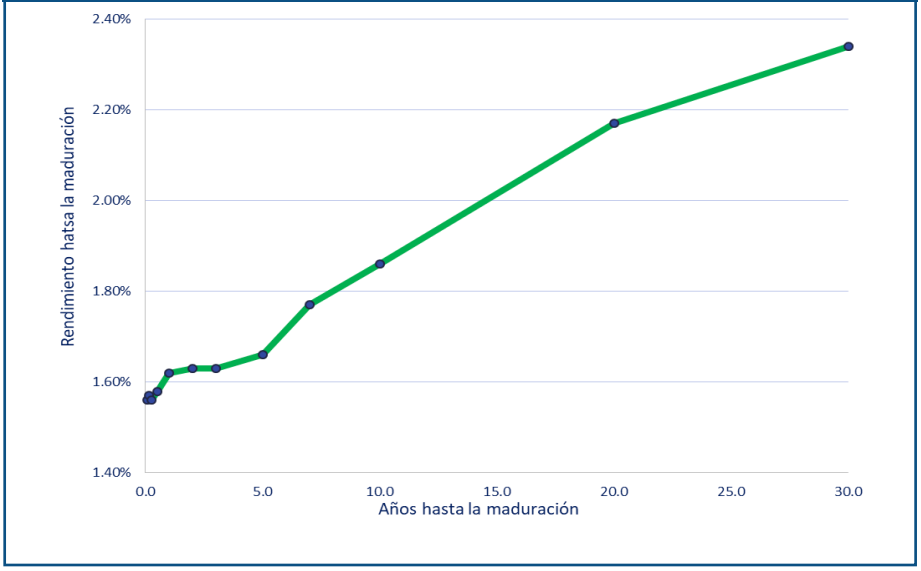
Elaboración: propia.

3. La curva de rendimiento

Se mencionó que los bonos cero-cupón (Zero-Coupon Bond) emitidos por el tesoro estadounidense a tres meses (T-Bill), un año, diez años o treinta años (T-Bonds) son los más utilizados; mostrando cada uno distintos rendimientos conforme a su periodo de redención. Los rendimientos esperados de estos activos financieros se forman cuando los inversionistas valoran y pagan por el flujo constituido por el valor de redención (valor facial del bono) y que se pagará en la fecha de redención.

Al haber varios bonos con distinto periodos de redención, entonces el rendimiento de la inversión dependerá de los plazos de redención del bono, ya que el tiempo es un factor de riesgo con el que se valora al momento de la inversión. Esto significa que el rendimiento esperado de un activo financiero a 10 años será mayor al de 1 año, el que su vez será mayor al de 3 meses. Así se forma una curva de rendimiento de un activo financiero, como se puede observar en el gráfico siguiente donde los rendimientos esperados se van incrementando conforme más extenso sea el periodo de redención o maduración del activo financiero

Gráfico 5. Curva de rendimiento de instrumentos del US Treasuary



Elaboración: propia. Fuente: FED

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que la curva de rendimiento de un activo financiero es una fotografía en un periodo que puede variar o desplazarse en el tiempo; pues es afectada por las condiciones económicas del mercado que varían con frecuencia. Esto genera que los rendimientos de los bonos de un mismo emisor (tesoro estadounidense) pueden ser mayores o menores; y se verá como la curva de rendimiento se va desplazando en conjunto dependiendo del sentido de la variación.

En el gráfico 6, se puede observar la evolución de los rendimientos esperados en los últimos 50 años de un bono de 10 años de maduración y que en su evolución refleja los resultados del balance de oferta y demanda del mercado del dinero del momento de la cotización. Se puede observar que se han tenido rendimientos que han superado el 15% como rendimientos inferiores al 2%. Pero esta variación afecta a todos los bonos emitidos

por el tesoro estadounidense, pues en forma paralela varían los rendimientos de los bonos de menor y mayor plazo de maduración al del gráfico que es de 10 años.

Gráfico 6. Rendimiento histórico de T-bond de 10 años

Elaboración: propia. Fuente FED

En consecuencia, en una determinada coyuntura económica y financiera se tendrá una curva de rendimientos de una tasa de referencia o tasa libre de riesgo a utilizar y que luego de elegir entre ellas se podrá definir los rendimientos esperados de los accionistas o las tasas de interés. Para este efecto, los bonos del tesoro estadounidense y sus curvas de rendimiento son útiles, pues representan la base sobre la cual se forman las distintas tasas de rendimiento en los diversos mercados financieros; es decir, son una tasa de referencia global.

Por lo que, el costo de capital y la tasa de interés que corresponden a un determinado proyecto de inversión se forman a partir de estos bonos, pero ahora se debe explorar cuál de todos esos rendimientos de esos bonos es útil para determinar la tasa de interés y el costo de capital con el que se evalúe el proyecto de inversión.

4. Tasas promedio o tasas spot

Como se mencionó anteriormente, la literatura no es clara sobre qué tasa libre de riesgo utilizar para determinar la tasa base del rendimiento esperado o costo de capital, si se debe utilizar el promedio de largo plazo de los rendimientos históricos de un determinado T-Bill o T-Bond o el rendimiento del momento de la decisión de inversión o tasa spot. La diferencia entre estas tasas puede ser significativa, como lo que ocurre en los últimos periodos donde las tasas spot están a niveles bajos. Entonces, al evaluar una determinada inversión si considero los promedios históricos tendría una tasa libre de riesgo como base del cálculo del rendimiento esperado que haría que el costo de capital resultase alto, lo que conllevaría a considerar que una inversión no es rentable a pesar de que sus costos de financiamiento son bajos. Se debe considerar que la tasa de referencia determina el costo de la deuda y el costo de capital, entonces si los rendimientos de los bonos estadounidenses están en su nivel histórico más bajo, implicará la reducción de las tasas de financiamiento, tanto de la deuda como del capital.

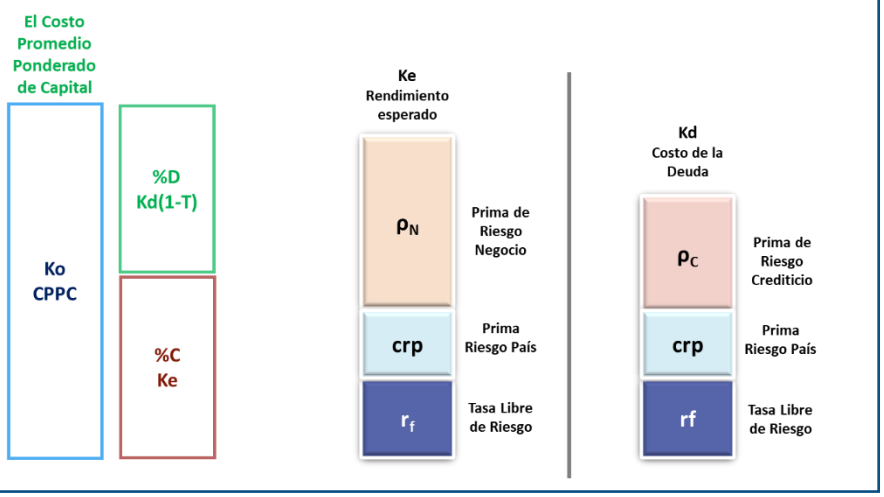
Gráfico 7. Diferencia de rendimientos spot y promedio (T.Bond-10)

Elaboración: propia. Fuente : FED

La tasa de referencia o tasa libre de riesgo son la base del cálculo de los rendimientos esperados y las tasas de interés de la deuda como se mostró en el gráfico 1. Esta base común hace que estén íntimamente relacionados, es decir que ambos crecen o decrecen de acuerdo con el movimiento de la tasa de referencia. Esta relación es relevante, pues el objetivo es el rendimiento de una inversión cubra los costos del financiamiento de firma parte será proveniente de operaciones de endeudamiento y la otra parte del capital.

El costo de financiamiento de una empresa es el costo promedio ponderado de capital, que resulta de la ponderación de las participaciones de la deuda (porcentaje de la deuda, %D) por el costo de la deuda después de impuestos o Kd(1-t) y la participación del capital (porcentaje de capital, %C) por el costo del capital o Ke. Entonces como se puede ver en el gráfico siguiente, si el costo de la deuda y el costo del capital de accionistas dependen de la magnitud de la tasa libre de riesgo, entonces si esta última crece o decrece entonces se tendrá un mayor o menor costo promedio ponderado de capital o costo del financiamiento de la empresa.

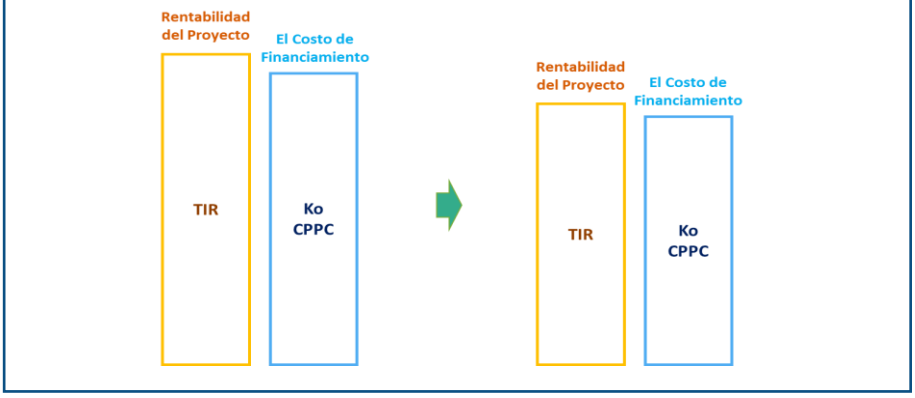
Gráfico 8. Costo de Financiamiento empresarial



Elaboración: propia.

Entonces, si las tasas de interés se reducen en el mercado y como consecuencia la tasa libre de riesgo es menor, entonces el costo de deuda y el costo de capital serán menores por lo que se tendrá un el costo promedio ponderado de capital más bajo, ello significa que los inversionistas podrán aceptar alternativas de menos rentabilidad como se expresa en el gráfico siguiente.

Gráfico 9. Tasa de Rendimiento de Proyectos y CPPC



Elaboración: propia.

Y viceversa, si las tasas de interés se elevan, el costo promedio ponderado de capital será mayor y por lo tanto se dejará de invertir en los proyectos de inversión menos rentables que el costo de financiamiento de la empresa.

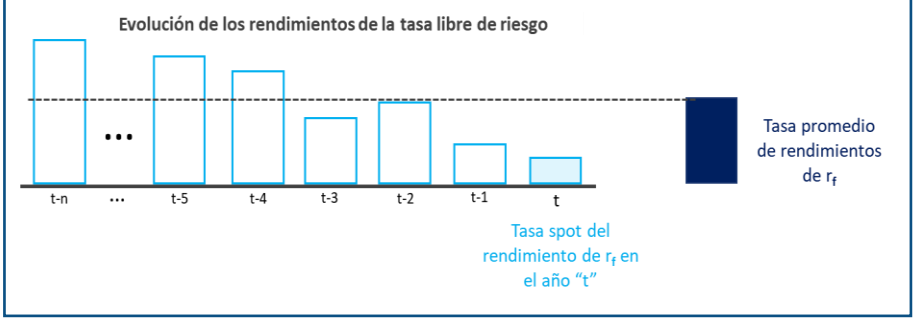
La lógica descrita es también utilizada por los gobiernos, ya que emplean las tasas de interés como herramienta de política monetaria. Así pues, un incremento en la tasa de interés de referencia desincentiva la inversión, debido a que los rendimientos de los proyectos se vuelven insuficientes para cubrir los mayores rendimientos esperados. Mientras que una política monetaria expansiva -reducción de la tasa de referencia, incentiva la inversión, pues los rendimientos esperados pueden ser menores y que tienen

costos de financiamiento más bajos. Tal como menciona Donita Rodríguez, la tasa de referencia que establecen los Bancos centrales tiene un efecto de traspaso.

Entonces, los proyectos de inversión deben evaluarse considerando las condiciones y costos del financiamiento del momento en que se realiza la inversión; que están influenciados por la tasa de referencia o tasa libre de riesgo y que corresponderá por lo explicado a la tasa spot en cada momento de inversión pues será el momento donde se invierta y se financie el proyecto.

La variación de esa tasa spot se puede apreciar en el gráfico 10, donde se observa que en distintos momentos hay tasas de distinto valor, por lo que se debe seleccionar la tasa de referencia del momento de la inversión, pues elegir el promedio conllevaría a tener sobredimensionado el costo de financiamiento de la empresa y por lo tanto es posible que se rechacen proyectos cuya rentabilidad es mayor al costo de financiamiento, lo que no ocurriría con una tasa spot correctamente seleccionada.

Gráfico 10. Tasas Promedio y Tasas Spot



Elaboración: propia.

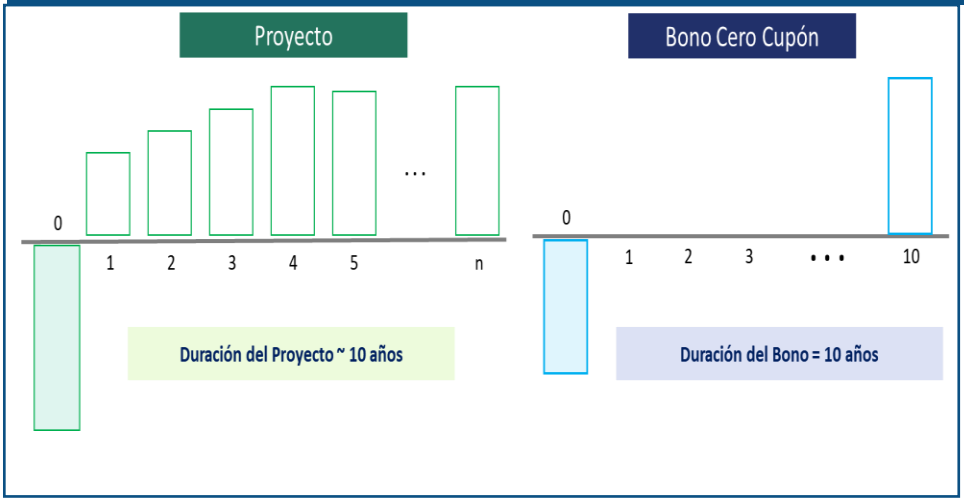
5. La duración de un bono Cero - Cupón

En el documento "Comparación del rendimiento de activos financieros de renta fija: La importancia de la duración (duration)" se puede apreciar que la estructura de los flujos de una inversión y el periodo de redención definen la maduración del activo financiero en el cual se está invirtiendo. También se puede apreciar que las opciones de inversión pueden tener un bono cero-cupón equivalente.

Con esta misma lógica, si se determina la maduración de un flujo de repago de la inversión del proyecto entonces es posible elegir un bono cero-cupón de igual maduración -o redención-. Así se tendrá la tasa libre de riesgo para calcular el costo de capital y el costo de deuda con el cuál se puede evaluar el proyecto de inversión.

Se podrá percibir que no es lo mismo evaluar un proyecto de inversión con horizontes de 1, 10, 30 años o a perpetuidad, ya que cada inversión tendrá una tasa libre de riesgo distinta, pues los flujos de cada uno de estos proyectos determinarán una maduración distinta y es entonces importante elegir bonos cero-cupón con la maduración que corresponda. En el gráfico siguiente se puede apreciar un proyecto de inversión que tienen flujos cuya maduración es de aproximadamente 10 años. Entonces se debería elegir un bono cero-cupón del tesoro estadounidense con similar maduración, 10 años para el ejemplo, y que así determinar la tasa libre de riesgo para los costos de capital.

Gráfico 11. Duración del Proyecto y Tasas Spot



Elaboración: propia.

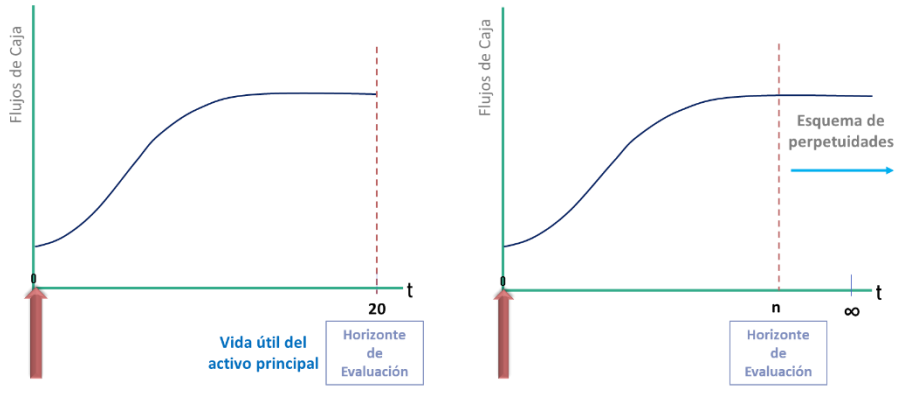
El mismo razonamiento es útil para determinar las tasas de interés de una deuda, pues al sustentarse en la tasa de referencia o tasa libre de riesgo, debería elegirse la tasa libre de riesgo o bono cero-cupón del tesoro estadounidense que corresponda al periodo de maduración del flujo de la deuda. Podría haber casos donde el flujo de deuda de un determinado proyecto tiene un número de períodos de repago de la inversión, no obstante, es posible que la empresa aproveche su capacidad de endeudamiento y tome nuevas deudas en el horizonte del proyecto buscando mantener una relación deuda capital promedio, que es el supuesto del concepto de costo promedio ponderado de capital, que supone que la relación deuda y capital promedio permanecerá en el tiempo. En consecuencia, una vez determinada la maduración del proyecto de inversión esta servirá para determinar la tasa libre de riesgo del costo de capital y del costo de deuda, que debe corresponder a la misma maduración del proyecto.

6. Determinación de la tasa de referencia del costo de capital de una inversión

Un proyecto de inversión implica la construcción de un flujo económico que presentará las principales inversiones en la etapa preoperativa y sus respectivos flujos de caja repago en la etapa operativa.

A la vez se debe establecer el horizonte de evaluación del proyecto, que puede definirse según la vida útil del activo principal o cuanto dure el negocio que implica esta inversión, en ambos casos se establece un horizonte de evaluación finito. En otros esquemas de inversión los flujos de caja se consideran de ejecución infinita por lo que el horizonte de evaluación se establece considerando un esquema de perpetuidades, que por ejemplo es común en los procesos de valorización de empresas.

Gráfico 12. Horizonte de evaluación de los Flujos de Caja



Elaboración: propia.

Adicionalmente, a las consideraciones anteriores y para efectos de calcular la duración de los flujos económicos de una determinada inversión, es importante incluir en el análisis la periodicidad de los flujos de caja (anuales, trimestrales o mensuales).

Como ejemplo, se determinará el valor de la tasa de referencia o tasa libre de riesgo para un proyecto que tiene las siguientes características: Se realizará una inversión de $1,200 MM que tiene la capacidad de generar el primer flujo económico de $103 MM, con una tasa de crecimiento entre el año 1 y 5 del 10%, luego una tasa de crecimiento del 5% entre el periodo 6 y 15, lo que se resumen en el Cuadro siguiente.

Cuadro 1. Características del proyecto

Inversión	1200
FE_1	103
Crecimiento 1-5	10%
Crecimiento 6-15	5%

Elaboración: propia.

Se desarrollan los flujos económicos, que consideran la inversión de $1,200 MM y el flujo de caja neto del repago de las inversiones que es creciente desde el periodo 1 hasta el 15, empezando en $103 MM hasta un flujo de $245'6 MM en el periodo 15. La tasa interna de retorno esperada (TIR) de esta inversión resulta en 10%.

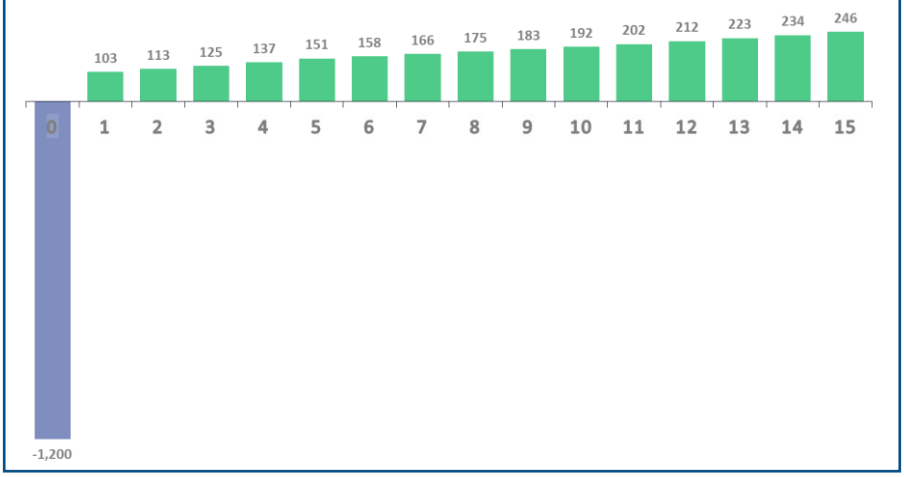
Cuadro 2. Flujos del proyecto

	0	1	2	3	...	13	14	15
Flujo Económico	(1200,0)	103,0	113,3	124,6	⋯	222,8	233,9	245,6
TIRE	10,00%							

Elaboración: propia.

El perfil de repagos crecientes de la inversión puede apreciarse en la siguiente figura.

Gráfico 13. Flujo económico con esquema de repago creciente



Elaboración: propia.

Para calcular la duración del flujo de inversión, se multiplica cada flujo económico por el número del periodo que le corresponde. Así para el periodo 1, tendremos la multiplicación del flujo de $103' * 1 (igual a 103') y para el periodo 15, el flujo de 245.6 * 15 (igual a 3,684'6), así del mismo modo se pondera cada flujo económico por el periodo correspondiente. Luego el flujo ponderado se actualiza VP(FE*t) al periodo cero, resultando en 8,808'7. Finalmente, la duración resulta de dividir el valor actual del flujo económico ponderado entre la inversión 〖8,808〗 ^' 7/ 1,200' que resulta en 7.34 años.

Cuadro 3. Cálculo de duración de proyecto - flujos de repago crecientes

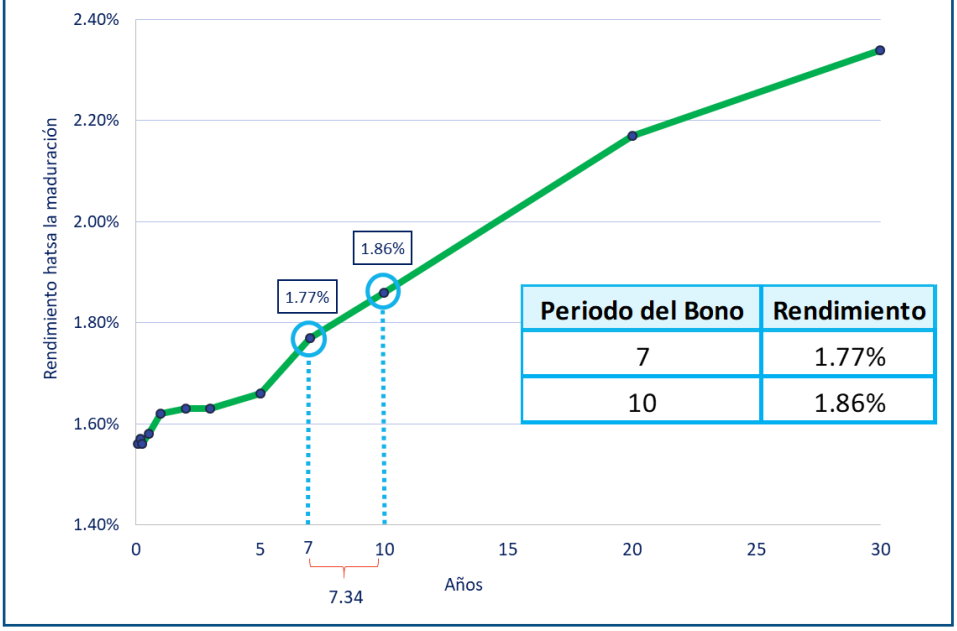
	0	1	2	3	...	13	14	15
Flujo Económico	(1200,0)	103,0	113,3	124,6	⋯	222,8	233,9	245,6
TIRE	10,00%							

FE*t		103,0	226,6	373,9	...	2896,4	3275,2	3684,6
VP(FE*t)	8808,7							
Inversión	(1200,0)							
Duration	7,34							

Elaboración: propia.

En consecuencia, corresponderá buscar como tasa de referencia o tasa libre de riesgo el rendimiento esperado de la deuda americana a una duración de 7.34 años, ello se debe calcular a partir de la curva de rendimiento presentada en el gráfico N°14, del cual se puede extraer un cuadro de los valores más próximos:

Gráfico 14. Selección de la tasa libre de riesgo



Elaboración: propia.

Del cuadro se puede establecer que para la duración considerada se tiene un rendimiento de 1.78%, que correspondería a la tasa libre de riesgo a utilizar en el cálculo del costo de capital o rendimiento esperado mediante el CAPM.

Se debe tener en cuenta que los flujos económicos pueden tener distintos perfiles, algunos que permiten la recuperación de la inversión antes que otros, inclusive con iguales horizontes de evaluación. Para observar se presenta un nuevo formato de los flujos construyendo un esquema de pagos iguales que retribuye la inversión de $1,200 MM, manteniendo el rendimiento del flujo económico en 10% y el periodo de repago en 15 años.

Al realizar el cálculo de la duración de este nuevo esquema de pagos resulta en 6.28 años, menor al 7.34 anterior. Esta reducción de la duración reconoce que en el esquema de pagos iguales se tiene un mayor flujo de repago en los primeros periodos, por ejemplo, en el primer periodo se tiene $157.7 MM frente a $103.0 MM del flujo anterior, lo que se refleja en la duración.

Cuadro 4. Cálculo de duración proyecto con flujos de repago iguales

	0	1	2	3	...	13	14	15
Flujo Económico	(1200,0)	157,8	157,8	157,8	···	157,8	157,8	157,8
TIRE	10,00%							
FE*t		157,8	315,5	473,3	...	2051,0	2208,8	2366,5
VP(FE*t)	7534,7							
Inversión	(1200,0)							
Duration	6,28							

Elaboración: propia.

Este resultado hace que la tasa de referencia para el esquema de recuperación de la inversión por pagos iguales sea 1.73%; menor frente a 1.78% de un esquema de pagos crecientes. Se observa que la diferencia es significativa; sin embargo, en caso de que el periodo de recuperación fuese 5 años y con un esquema de pagos iguales la diferencia sería más notoria.

Si se tiene un proyecto con flujos económicos determinará un cambio en la duración del flujo del proyecto y una tasa de referencia o libre de riesgo menor. En el siguiente ejemplo, se tiene una inversión de $1,200 MM que se repaga con flujos económicos iguales a 5 años y un rendimiento del 10, estableciendo 5 flujos iguales de $316.6 MM. Cómo se puede observar en el cuadro siguiente, la duración es de 2.81 años, el cual es significativamente menor que el 6.28 años correspondiente a un flujo de proyecto de 15 años.

Cuadro 5. Cálculo de duración de un proyecto con periodo de 5 años

	0	1	2	3	4	5
Flujo Económico	(1200,0)	316,6	316,6	316,6	316,6	316,6
TIRE	10,00%					
FE*t		316,6	633,1	949,7	1266,2	1582,8
VP(FE*t)	3372,2					
Inversión	(1200,0)					
Duration	2,81					

Elaboración: propia.

Esto trae como consecuencia que la tasa de referencia para el esquema de recuperación de la inversión por pagos iguales a 5 años sea 1.63% frente a 1.73% de flujos a 15 años, una diferencia de 0.1%; si bien, estas diferencias no son significativamente altas como tasa, en términos de valor presente produce diferencias notables. No obstante, estas diferencias corresponden a una etapa de tasas significativamente bajas, por debajo de los promedios históricos; por lo que las diferencias entre tasas de corto plazo y largo plazo no son muy amplias; sin embargo, en otras coyunturas de la economía –con tasas más altas- las diferencias observadas se incrementan. Por lo que, las variaciones dependerán del momento de análisis de la inversión.

Cuadro 6. Resumen

Periodo	5 años	15 años	
Tipo de Flujo	repago iguales	repago iguales	repago crecientes
Duration	2.81	6.28	7.34
Tasa de rendimiento	1.63%	1.73%	1.78%

Elaboración: propia.

Finalmente, como se ha analizado a lo largo de la revista, el cálculo de la duración del proyecto permitirá identificar el rendimiento de un instrumento libre de riesgo que tenga una duración equivalente al del proyecto lo que tendrá un efecto sobre el nivel de la tasa de referencia que el proyecto debe tener en cuenta en el cálculo de sus tasas de interés.

7. Conclusiones

- La tasa de referencia o tasa libre de riesgo es la base para determina el costo de la deuda y el costo de capital o rendimiento esperado de los accionistas, tasas que son fundamentales en la toma de decisiones para el desarrollo de las inversiones de una empresa y su financiamiento.

- En el caso de las tasas de deuda, sobre todo mediante bonos o instrumentos de renta fija, la selección de la tasa base o libre de riesgo en función de la duración es una práctica común. Esto no sucede con la tasa libre de riesgo que debe corresponden a los costos de capital o rendimientos esperados, aún hoy en día no existe un consenso sobre el periodo del instrumento libre de riesgo que se debe emplear en su cálculo.

- Es posible calcular la duración del proyecto del mismo modo que se realiza para los activos financieros de renta fija o los préstamos. Por lo tanto, permite que se pueda seleccionar una tasa libre de riesgo cuya duración sea la misma que la duración del proyecto.

- Es posible que la duración del proyecto no sea exactamente la duración de los instrumentos vigentes en el mercado, por lo que resulta útil contar con las curvas de rendimiento de los bonos soberanos estadounidense resultan muy útiles. Estas curvas reflejan el valor de las tasas que corresponden a un determinado activo de renta fija a distintos periodos de maduración, entonces se puede formar la curva de rendimiento de la tasa libre de riesgo.

- A partir de la estimación de la duración de un proyecto y de la curva de rendimiento de instrumentos libres de riesgo se puede determinar un rendimiento de específico, de instrumentos libres de riesgo cuya duración coincida con la del proyecto, que correspondería a la tasa libre de riesgo a utilizar en el cálculo del costo de capital o rendimiento esperado mediante el CAPM.

- Con las curvas de rendimiento es posible obtener las tasas libres de riesgo correspondientes a la maduración del proyecto utilizando un proceso de interpolación.

- El uso de las tasas spot correspondientes a la maduración del proyecto resulta adecuado para la determinación de la tasa de referencia o tasa libre de riesgo, pues permite tener los costos de capital y costo de financiamiento que corresponderá a la maduración del proyecto o al uso de los recursos para el financiamiento de los mismos.

- La selección de unas tasas libres de riesgo a partir de los promedios históricos supone que se está considerando que el proyecto se financiará con costos de deuda y capital también históricos y que se espera que ocurra en el futuro. Esto puede colisionar con el escenario o coyuntura del financiamiento de un determinado proyecto, donde las empresas acudirán a financiar sus proyectos a un determinado horizonte y las tasas que consigan diferirán de los promedios históricos. Por lo que es recomendable seleccionar las tasas spot o que correspondan al esquema de financiamiento del proyecto, tanto de deuda como de capital.

Referencias

Bravo Sergio (2021). "Comparación del rendimiento de activos financieros de renta fija: la importancia de la duración (duration)". Diario Gestión. Lima

Bravo Sergio (2021). "Determinación de la tasa libre de riesgo en el costo de capital y la tasa de deuda". Diario Gestión. Lima

Federal Reserve (2021). Daily Treasury Yield Curve Rates
https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates

Alonso de Molina 1652 Monterrico, Surco, Lima – Perú
jvalencia@esan.edu.pe
Telf: (511) 317 – 7200