

Criterios de evaluación de proyectos

En los capítulos anteriores se revisaron los principales aspectos relativos a la preparación de la información que posibilitará evaluar un proyecto en función de las distintas oportunidades disponibles en el mercado. En este sentido, la evaluación comparará los beneficios proyectados, asociados con una decisión de inversión, con su correspondiente flujo de desembolsos proyectados.

El objetivo de este capítulo es analizar las principales técnicas de medición de la **rentabilidad** de un proyecto individual.

15.1. Fundamentos de matemáticas financieras

En el estudio de las inversiones, las **matemáticas financieras** son útiles, puesto que su análisis se basa en la consideración de que el dinero, solo por transcurrir el tiempo, debe ser remunerado con una rentabilidad que el inversionista exigirá por no usarlo hoy y aplazar su consumo a un futuro conocido, lo cual se conoce como **valor tiempo del dinero**.

En la evaluación de un proyecto, las matemáticas financieras consideran la inversión como el menor consumo presente y la cuantía de los flujos de caja en el tiempo como la recuperación, que debe incluir una recompensa.

La consideración de los flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos diferentes.

Para apreciar los conceptos de **valor del dinero en el tiempo**, **flujos capitalizados** y **flujos descontados**, considere la figura 15.1. Supóngase una persona con un ingreso presente de Y_0^0 , representado en el eje del momento presente t_0 , y un ingreso futuro de Y_1^0 , representado en el eje del tiempo futuro (periodo próximo) t_1 . Con ambos ingresos es posible un consumo actual C_0^0 y un consumo futuro C_1^0 . Sin embargo, también es posible un consumo C_0^1 actual que permitirá ahorros posibles si se invierte en alguna opción que genere un interés i , de tal manera que en el periodo 1 el ingreso Y_1^0 se vería incrementado a Y_1^1 . Esto es:

$$15.1 \quad Y_1^1 = (C_0^0 - C_0^1)(1 + i) + Y_1^0$$

La abstención de un consumo presente espera una recompensa futura representada por i . Por lo tanto:

$$15.2 \quad (C_0^0 - C_0^1) < (Y_1^1 - Y_1^0)$$

Si se ahorrara todo el ingreso actual, es decir, si no hubiera consumo en el periodo cero, el ingreso futuro esperado máximo sería representado en la figura por Y_1^2 , donde:

$$15.3 \quad Y_1^2 = Y_0^0(1 + i) + Y_1^0$$

concepto clave

Valor tiempo del dinero: la remuneración con una rentabilidad del dinero que debe recibir el inversionista por aplazar su consumo a un futuro conocido.

recuerde y reflexione

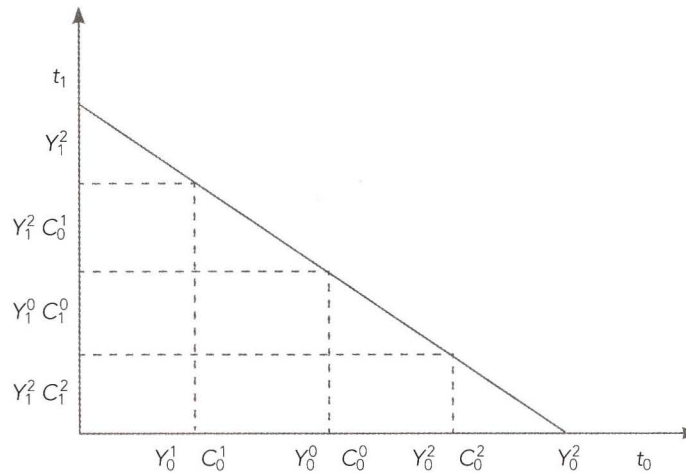


Figura 15.1 Representación de valor del dinero en el tiempo, flujos capitalizados y flujos descontados.

De igual manera, el consumo actual puede incrementarse recurriendo a préstamos, por ejemplo, a cuenta de futuros ingresos. En la figura, un consumo actual de C_0^2 reduce la capacidad de consumo futuro a C_1^2 , donde:

$$15.4 \quad (C_0^2 - C_0^0)(1 - i) = (C_1^0 - C_1^2)$$

y donde:

$$15.5 \quad C_0^2 = C_0^0 + \frac{C_1^0 - C_1^2}{(1 + i)}$$

Entonces, el máximo consumo actual está limitado por el punto Y_0^2 del, o sea,

$$15.6 \quad Y_0^2 = \frac{C_1^0}{(1 + i)} + C_0^0$$

Bien puede apreciarse que la línea que une Y_0^2 con Y_1^2 representa el lugar geométrico de todas las combinaciones de consumo presente y futuro equivalentes en términos de valor tiempo de dinero. El valor capitalizado es Y_1^2 , que, en consecuencia, representa el mismo atractivo que Y_0^2 para el inversionista en términos de valoración de sus flujos de ingreso en el tiempo.

Como la recta representa alternativas idénticas en preferencias de consumo actual y futuro, puede medirse el valor del dinero en el tiempo en cualquiera de sus puntos. Por simplicidad de cálculo, convendrá hacerlo en Y_1^2 o en Y_0^2 . La primera opción significa calcular un **valor capitalizado**, mientras que hacerlo en Y_0^2 es calcular un valor actualizado o descontado.

Aunque se inició el capítulo señalando la medición de la rentabilidad en términos capitalizados, ahora puede apreciarse que hacerlo en valores actuales proporciona una base idéntica de comparación. El uso generalizado de esta última posibilidad hará que los análisis sucesivos de evaluación se realicen sobre la base de valores actuales.

Bierman y Smidt¹ explican el significado del **valor actual** señalando que “un dólar recibido ahora es más valioso que un dólar recibido dentro de cinco años en virtud de las posibilidades de inversión disponibles para el dólar de hoy. Al invertir o prestar el dólar recibido hoy, puedo tener considerablemente más de mi dólar dentro de cinco años. Si el dólar recibido se emplea

¹ H. Bierman y S. Smidt, *El presupuesto de bienes de capital*, Fondo de Cultura Económica, México, 1977, p. 78.

ahora para el consumo, estaré dando más que el valor de un dólar de consumo en el año cinco. Por esta razón, los ingresos futuros deben descontarse siempre”.

El objetivo de descontar los flujos de caja futuros proyectados es determinar si la inversión en estudio rinde mayores beneficios que los usos de alternativa de la misma suma de dinero requerida por el proyecto.

Los principales métodos que utilizan el concepto de **flujo de caja descontado** son el **valor actual neto (VAN)** y la **tasa interna de retorno (TIR)**. Menos importante es el de **razón beneficio-costo descontada**.



Supóngase que se invierten \$1 000 a una tasa pactada de 10% anual compuesto. Al término de un año se tendrán los \$1 000 invertidos más \$100 de interés sobre la inversión. Es decir, se tendrán \$1 100 que se obtuvieron de:

$$1\,000 + \frac{10}{100}(1\,000) = 1\,100$$

lo que también puede escribirse así:

$$1\,000(1 + 0.10) = 1\,100$$

Si la inversión inicial, o valor actual, se representa por VA , el interés por i , y el resultado de la operación, o **valor futuro**, por VF , este cálculo puede generalizarse en la siguiente expresión:

$$15.7 \quad VA(1 + i) = VF$$

Si al término del primer año la ganancia no se retira, sino que se mantiene depositada junto con la inversión inicial durante otro año más, al finalizar este se tendrá, por el mismo procedimiento:

$$1\,100 + 1\,100(0.10) = 1\,210$$

que es lo mismo que:

$$1\,100(1 + 0.10) = 1\,210$$

Recordando cómo se obtuvieron los 1 100, puede reemplazarse para tener la expresión:

$$1\,000(1 + 0.10)(1 + 0.10) = 1\,210$$

Al simplificar se obtiene:

$$1\,000(1 + 0.10)^2 = 1\,210$$

De aquí puede generalizarse a:

$$15.8 \quad VA(1 + i)^n = VF$$

donde n representa el número de periodos durante los cuales quiere capitalizarse la inversión inicial.

En una planilla electrónica, Excel, por ejemplo, el valor futuro se calcula directamente usando la opción *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige VF en el *Nombre de la función*. En el cuadro VF se escribe 10% en la casilla correspondiente a *Tasa*, 2 en la casilla *Nper* y -1 000 en VA . Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene el valor futuro.

También puede calcularse el valor actual de un monto futuro conocido, despejando VA en la ecuación 15.6, lo cual queda así:

$$15.9 \quad VA = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

Para el ejemplo anterior, si se desea conocer el valor actual de los \$1 210 que se van a recibir en dos años a una tasa pertinente de interés de 10%, la aplicación de la ecuación 15.7 permite calcular como valor actual el monto de \$1 000. También puede recurrirse a la planilla Excel para calcular el valor actual: usando la opción *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *VA* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *VA* se escribe 10% en la casilla correspondiente a *Tasa*, 2 en la casilla *Nper* y -1 210 en *VF*. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene el valor actual.

Considere ahora un caso diferente: en lugar de un depósito inicial único de \$1 000, se depositarán \$1 000 al final de cada año durante tres años. Para determinar cuánto se habrá capitalizado al finalizar el año tres, a 10% de interés anual, el procedimiento sigue la misma lógica anterior.

Si cada depósito se realiza al término de cada año, la inversión del primer año ganaría intereses durante dos periodos, la del segundo durante uno y la del tercero no habría ganado aún sus intereses. Esta situación se presenta en el cuadro 15.1.

Cuadro 15.1

Cálculo del valor futuro			
Periodo	Inversión (\$)	Factor de capitalización	Valor futuro (\$)
1	1 000	$(1 + i)^2$	1 210
2	1 000	$(1 + i)^1$	1 100
3	1 000	$(1 + i)^0$	1 000
Total			3 310

A los \$1 000 de depósito anual se les denomina **anualidad**. Si esta es una cuota constante, que se representará por C , puede generalizarse la presentación del cuadro 15.1 en la siguiente expresión:

$$15.10 \quad VF = C(1 + i)^0 + C(1 + i)^1 + \dots + C(1 + i)^{n-1}$$

Del cuadro 15.1 se deduce que la potencia del último factor de capitalización es $n - 1$, donde n es el número de periodos durante los cuales se capitalizará. Así, la ecuación 15.8 puede expresarse como:

$$15.11 \quad VF = C \sum_{t=0}^{n-1} (1 + i)^t$$

También puede recurrirse a la planilla Excel para calcular el valor futuro de una anualidad: usando la *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *VF* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *VF* se escribe 10% en la casilla correspondiente a *Tasa*, 3 en la casilla *Nper* y -1 000 en *Pago*. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene el valor futuro de las cuotas.

Si se quiere calcular el valor actual de los mismos depósitos, se tendrá la posición que se representa en el cuadro 15.2.

Cuadro 15.2

Cálculo del valor presente			
Periodo	Inversión (\$)	Factor de descuento	Valor presente (\$)
1	1 000	$1/(1+i)^1$	909 09
2	1 000	$1/(1+i)^2$	826 45
3	1 000	$1/(1+i)^3$	751 31
Total			2 486 85

Note que en este caso se desea expresar la suma de las anualidades en moneda equivalente al periodo cero.

Si la anualidad es constante, puede generalizarse lo anterior en la siguiente ecuación:

$$15.12 \quad VA = C \left[\frac{1}{(1+i)^1} \right] + C \left[\frac{1}{(1+i)^2} \right] + \dots + C \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

que puede expresarse como:

$$15.13 \quad VA = C \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t}$$

Al recurrir a la planilla Excel para calcular el valor actual de una cuota constante, se usa la opción *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *VA* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *VA*, se escribe 10% en la casilla correspondiente a *Tasa*, 3 en la casilla *Nper* y -1 000 en *Pago*. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene 2 486.8, que representa el valor actual de tres cuotas de \$1 000 cada una, disponibles al término de cada año a partir del siguiente.

Ahora bien, si se quisiera determinar la cuota anual que es necesario depositar a una cierta tasa de interés para que al final de un número dado de periodos se tenga una cantidad deseada, solo se necesita reordenar la ecuación 15.9, despejando la variable que se desea conocer, o sea:

$$15.14 \quad C = \frac{VF}{\sum_{t=0}^{n-1} (1+i)^t}$$

Por ejemplo, si se desea calcular la suma anual por depositar a 10% anual durante tres años para que a su término se disponga de \$5 000, se tiene que:

$$C = \frac{5\,000}{\sum_{t=0}^2 (1+0.10)^t} = 1.510,57$$

Con la planilla Excel, el valor de la cuota anual se calcula usando la opción *Función* del menú *Insertar*; se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *Pago* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *Pago* se escribe 10% en la casilla correspondiente a *Tasa*, 3 en la casilla *Nper* y -5 000 en *VF*. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene el valor de cada cuota.

Un análisis similar se realiza para calcular el retiro anual de un depósito actual a una tasa de interés dada. En este caso, se reordena la ecuación 15.11 para despejar la variable cuota de la siguiente manera:

$$15.15 \quad C = \frac{VA}{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t}}$$

Si la incógnita a calcular es la tasa de interés de un flujo uniforme que reditúa una inversión, en una plantilla de Excel se usa la opción *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *Tasa* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *Tasa* se escribe el número de periodos en la casilla correspondiente a *Nper*, el monto de la inversión en *VA* y el valor de la cuota en *Pago*. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene la tasa anual.

Si la incógnita es el número de periodos que permite recuperar una inversión única presente que reditúa un flujo de caja uniforme futuro, en la planilla Excel se usa la opción *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *Nper* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *Nper* se escribe el interés en la casilla correspondiente a *Tasa*, el monto de la inversión en *VA* y el valor de la cuota en *Pago*. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene el número de años en los que se recuperará la inversión.

Un último caso lo constituye la actualización de cuotas, con valores desiguales. Para descontar este flujo podría hacerse cuota a cuota o utilizar directamente una planilla como Excel. En la opción *Función* del menú *Insertar*, se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *VNA* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *VNA* se escribe el interés en la casilla correspondiente a *Tasa* y se selecciona el rango completo de valores que se desea actualizar, excluyendo la inversión inicial por estar expresada al momento cero. Al marcar la opción *Aceptar* se obtiene el valor actual de un flujo discontinuo.

concepto clave



Criterio del valor actual neto: plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

15.2. El criterio del valor actual neto

El **valor actual neto** (VAN) plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. El VAN como criterio representa una medida de valor o riqueza, es decir, al calcular un VAN se busca determinar cuánto valor o desvalor generaría un proyecto para una compañía o inversionista en el caso de ser aceptado. Es por esta misma razón por la cual en su evaluación no se incorporan variables nominales, pues cambios nominales no representan cambios en el poder adquisitivo ni, por lo tanto, en el nivel de riqueza. Cuando los precios de venta aumentan proporcionalmente con los costos de producción y administración, no se producen cambios en los precios relativos. Si bien las unidades monetarias aumentan, en términos reales no hay cambios, pues las unidades consumidas serán las mismas. Cuando ello ocurre no hay cambio en el nivel de riqueza, que es justamente lo que pretende medirse con el VAN. Cabe destacar que la tasa utilizada representa el nivel de riqueza compensatorio exigido por el inversionista, por lo que el resultado del VAN entrega el cambio en el nivel de riqueza por sobre lo exigido en compensación de riesgo, pues mientras mayor sea el riesgo, mayor será la rentabilidad exigida.

El cálculo del VAN variará en función de la **tasa de costo de capital** utilizada para el descuento de los flujos, es decir, el valor que se estime que generará un proyecto cambiará si cambia la tasa de rendimiento mínimo exigido por la empresa. Mientras mayor sea la tasa, los flujos de los primeros años tendrán mayor incidencia en el cálculo del VAN, no así los flujos posteriores; sin embargo, a medida que la tasa de costo de capital sea menor, la importancia de los flujos proyectados en el cálculo del VAN será mayor.

Al utilizar las ecuaciones del apartado anterior, puede expresarse la formulación matemática de este criterio de la siguiente manera:²

$$15.16 \quad VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

donde Y_t representa el flujo de ingresos del proyecto, E_t sus egresos e I_0 la inversión inicial en el momento cero de la evaluación. La tasa de descuento se representa mediante i .

Aunque es posible aplicar directamente esta ecuación, la operación puede simplificarse a una sola actualización mediante:

² El subíndice t en los ingresos y egresos sólo explica la posibilidad de valores diferentes en el flujo de caja del proyecto.

$$15.17 \quad VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

que es lo mismo que:

$$15.18 \quad VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

donde BN_t representa el beneficio neto del flujo en el periodo t . Obviamente, BN_t puede tomar un valor positivo o negativo.

Al ocupar una planilla como Excel, en la opción *Función* del menú *Insertar* se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *VNA* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *VNA* se escribe el interés en la casilla correspondiente a *Tasa* y se selecciona el rango completo de valores que se desea actualizar (se excluye la inversión en este paso por estar ya actualizado su valor). Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene el valor actual del flujo. Para calcular el VAN se suma la casilla donde la inversión está registrada con signo negativo.

Al aplicar este criterio, el VAN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto produce justamente la renta que el inversionista exige a la inversión. Cuando ello ocurre, existe una compensación perfecta, en el sentido de que el proyecto no solo es capaz de financiar los costos de operación, sino que además recupera lo invertido y genera como renta la tasa exigida. Si el resultado fuese, por ejemplo, 100 positivos, indicaría que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente sobre lo exigido; justamente estos \$100 corresponden a la riqueza generada con el proyecto. Si el resultado fuese 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto genere como renta lo exigido por el inversionista. Lo anterior no necesariamente significa que el proyecto no sea rentable, sino que no genera la renta que debería generar de acuerdo con el nivel de exigencia del inversionista.

15.3. El criterio de la tasa interna de retorno (TIR)

El **criterio de la tasa interna de retorno** evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.³

La tasa interna de retorno puede calcularse aplicando la siguiente ecuación:

$$15.19 \quad \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t} + I_0$$

donde r es la tasa interna de retorno. Al simplificar y agrupar los términos, se obtiene lo siguiente:

$$15.20 \quad \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

que es lo mismo que:

$$15.21 \quad \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Comparando esta ecuación con la 15.16, puede apreciarse que este criterio es equivalente a hacer el VAN igual a cero y determinar la tasa que le permite al flujo actualizado ser cero.

La tasa así calculada se compara con el costo de capital utilizado por la empresa o inversionista para el descuento de los flujos proyectados. Si la TIR es igual o mayor que esta, el proyecto debe aceptarse; si es menor, debe rechazarse.

La consideración de aceptación de un proyecto cuya TIR es igual a la tasa de descuento se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero.

concepto clave

Criterio de la tasa interna de retorno: evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

³ Que es lo mismo que calcular la tasa que hace al VAN igual a cero.

En determinadas circunstancias, el flujo de caja de un proyecto adopta una estructura tal que más de una tasa interna de retorno puede utilizarse para resolver la ecuación 15.19.

James Lorie y Leonard Savage⁴ fueron los primeros en reconocer la existencia de tasas internas de retorno múltiples. Para ilustrar esta situación utilizan el ejemplo de un proyecto que requiere una inversión inicial de \$1 600 y que permitirá recuperar \$10 000 de beneficio neto a fines del primer año. Si no se hace la inversión, la empresa igualmente recuperará los \$10 000, pero a fines del segundo año.

El objetivo, entonces, es evaluar una inversión inicial de \$1 600 que informaría cómo adelantar en un año la recepción de los beneficios del proyecto. El flujo del proyecto será, por lo tanto, el que se observa en el cuadro 15.3.

Cuadro 15.3

Periodo	0	1	2
Flujo neto	(1 600)	10 000	(10 000)

Al sustituir estos valores en la ecuación 15.19, se obtiene el siguiente resultado:

$$\frac{10\,000}{(1+r)} - \frac{10\,000}{(1+r)^2} - 1\,600 = 0$$

Al calcular la tasa interna de retorno, r , de este flujo de caja, se encuentran dos tasas que solucionan la ecuación: 25% y 400%, que pueden calcularse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} 0 &= -1\,600 + \frac{10\,000}{(1+r)} - \frac{10\,000}{(1+r)^2} \\ 0 &= \frac{-1\,600(1+r)^2 + 10\,000(1+r) - 10\,000}{(1+r)^2} \\ &= 1\,600(1+r)^2 - 10\,000(1+r) + 10\,000 \end{aligned}$$

que corresponde a una ecuación de segundo grado del tipo:

$$15.22 \quad ax^2 + bx + c = 0$$

donde:

$$15.23 \quad b = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

o sea,

$$x = (1+r) = \frac{10\,000 \pm \sqrt{(10\,000)^2 - 4(1\,600)(10\,000)}}{2(1\,600)} = \frac{10\,000 \pm 6\,000}{3\,200}$$

donde:

$$\begin{aligned} i &= 25\% \\ i &= 400\% \end{aligned}$$

⁴ J. Lorie y L. Savage, "Three Problems in Rationing Capital" en *Foundation for Financial Management*, Home Wood, Illinois, Irwin, 1966, p. 295.

Teóricamente, habrá tantas TIR como cambios de signo haya en el flujo de caja, lo que significa que se encontrará más de una tasa de descuento que hará que el VAN sea igual a cero. Si se está evaluando un proyecto cuyo flujo de caja tiene dos cambios de signo, habrá como máximo dos tasas de descuento que harán que el VAN de ese proyecto sea igual a cero. Por ejemplo, que ocurriría si un inversionista le exige a un determinado proyecto una rentabilidad anual de 12% y que al haber dos cambios de signo el cálculo de la TIR entrega dos resultados: la primera TIR arroja un resultado de 10%, en tanto que la segunda arroja una tasa de 14%. Al ocurrir esta situación no resulta claro cuál debería ser la recomendación sobre la inversión, pues al considerar el primer resultado, el proyecto debiera ser rechazado, ya que lo que se le exige a la inversión es mayor que lo que genera de renta; sin embargo, al observar el segundo resultado, debería sugerirse su implementación. Cuando ocurre tal situación, este criterio imposibilita recomendar el curso de acción correcto, en cuyo caso deberá utilizarse el VAN como criterio de decisión.

El máximo número de tasas diferentes podría ser igual al número de cambios de signos que tenga el flujo del proyecto, aunque el número de cambios de signo no es condicionante del número de tasas internas de retorno calculables. Un flujo de caja de tres periodos que presente dos cambios de signo puede tener solo una tasa interna de retorno si el último flujo es muy pequeño.

Van Horne⁵ presenta el flujo del cuadro 15.4 para dar un ejemplo de esa no dependencia estricta:

Cuadro 15.4

Periodo	0	1	2
Flujo neto	(1 000)	1 400	(100)

Aunque el flujo de caja presenta dos cambios de signo, el proyecto tiene solo una tasa interna de retorno de 32.5%.

Al presentarse el problema de las tasas internas de retorno múltiples, la solución debe proporcionarse con la aplicación del valor actual neto como criterio de evaluación, que pasa así a constituirse en la medida más adecuada del valor de la inversión en el proyecto.



Si se utiliza una planilla Excel, en la opción *Función* del menú *Insertar* se selecciona *Financieras* en la *Categoría de función* y se elige *TIR* en el *Nombre de la función*. En el cuadro *TIR* se selecciona el rango completo de valores de flujo, incluida la inversión en el año cero. Al marcar la opción *Aceptar*, se obtiene la tasa interna de retorno.

15.4. TIR versus VAN

En ciertas circunstancias, las dos técnicas de evaluación de proyectos analizados, la TIR y el VAN, pueden conducir a resultados contradictorios. Ello puede ocurrir cuando se evalúan varios proyectos con la finalidad de jerarquizarlos, tanto por tener un carácter de alternativas mutuamente excluyentes como por existir restricciones de capital para implementar todos los proyectos aprobados.

Cuando la decisión es solo de aceptación o rechazo, no hay necesidad de consideraciones comparativas entre proyectos, las dos técnicas proporcionan igual resultado. Esta situación

⁵ James van Horne, *Fundamentals of Financial Management*, Prentice Hall, 2005.

puede apreciarse en la figura 15.2. Si la tasa de descuento es cero, el VAN es la suma algebraica de los flujos de caja del proyecto, puesto que el denominador de la ecuación 15.11 sería siempre uno. A medida que se actualiza a una tasa de descuento mayor, el VAN va decreciendo.

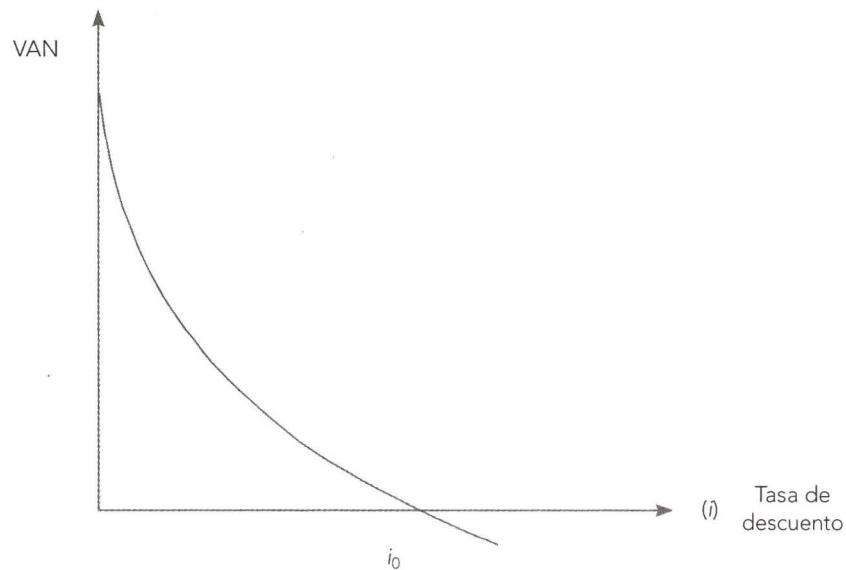


Figura 15.2 VAN frente a tasa de descuento.

Al cruzar el origen (VAN igual a cero), la tasa de descuento i_0 se iguala a la tasa interna de retorno.

Luego, si el criterio del VAN indica la aceptación de un proyecto cuando este es cero o positivo (o sea, cuando la tasa de descuento i está entre cero e i_0) y si el criterio de la TIR indica su aceptación cuando la tasa interna de retorno r es mayor o igual a la tasa utilizada como tasa de descuento ($r > i$ para cualquier i entre cero e i_0 , donde $r = i_0$), ambos caminos conducirán necesariamente al mismo resultado.

Lo anterior no siempre es tan concluyente cuando se desea jerarquizar proyectos. Tómense como ejemplo los flujos del cuadro 15.5, correspondientes a dos proyectos que requieren igual inversión, pero que son alternativos para obtener un mismo fin, es decir, son excluyentes entre sí, y que presentan diferencias en la recepción de ingresos futuros netos.

Cuadro 15.5

Ejemplo de flujos divergentes en la aplicación de TIR y VAN en jerarquización de proyectos				
Proyecto	Periodo			
	0	1	2	3
A	(12 000)	1 000	6 500	10 000
B	(12 000)	10 000	4 500	1 000

La TIR del proyecto A es 16.39%, mientras que la del proyecto B es 20.27%. De esto podría concluirse que el proyecto B debería ser aceptado.

Sin embargo, si se analiza el VAN se observan resultados diferentes, que dependen de la tasa de descuento pertinente para el proyecto. Los VAN que se obtienen a diferentes tasas son lo que muestra el cuadro 15.6.

Cuadro 15.6

Proyecto	Valores actuales netos resultantes de diferentes tasas de descuento			
	Tasa de descuento			
	5%	10%	11.72%	15%
A	3 486	1 947	1 274	360
B	2 469	1 561	1 274	756

Mientras la tasa es superior a 11.72%, el VAN y la TIR coinciden en aceptar el proyecto B. Sin embargo, si la tasa es inferior a 11.72%, el VAN es mayor para el proyecto A y el resultado es contradictorio con el entregado por la TIR. Esta situación se aprecia mejor en la figura 15.3.

La diferencia de los resultados que proporcionan ambas técnicas se debe a los supuestos en los que cada una está basada.



Si se supone que la empresa actúa con un criterio de racionalidad económica, invertirá hasta que su beneficio marginal sea cero (VAN del último proyecto igual cero), es decir, hasta que su tasa de rentabilidad sea igual a su tasa de descuento. Si así fuese, un proyecto con alta TIR difícilmente podrá redundar en que la inversión de los excedentes generados por él reditúen igual tasa de rendimiento. Sin embargo, según el supuesto de eficiencia económica, la empresa reinvertirá los excedentes a su tasa de descuento, ya que si tuviera posibilidades de retornos a tasas mayores ya habría invertido en ellas. Hay que señalar que algunos autores cuestionan el supuesto de que la TIR reinvierte los flujos del proyecto a la misma tasa.

Por otra parte, si el VAN proporciona una unidad de medida concreta de la contribución de un proyecto para incrementar el valor de la empresa, este debe ser el criterio que tendrá que primar en la evaluación.⁶

15.5. El VAN y la TIR ajustados

En el capítulo 14 se introdujo el concepto de VAN ajustado. Cuando existe financiamiento bancario, los métodos tradicionales sugieren construir un flujo de caja que incorpore los factores económicos derivados de la operación del proyecto, como los efectos derivados de la estructura de financiamiento: básicamente el valor del crédito, los gastos financieros y las amortiza-

⁶ Normalmente, al jerarquizar proyectos de distinta vida útil surge la duda de si deben evaluarse en un mismo horizonte de tiempo.

Un planteamiento es que si no se hace así, el proyecto de menor duración queda en desventaja relativa, puesto que no se consideraría que los recursos generados por él puedan reinvertirse y generar más fondos entre el periodo de su finalización y el término de la alternativa con la que se compara.

Sin embargo, una empresa que es eficiente en sus decisiones habrá implementado todos aquellos proyectos cuyo VAN sea positivo o, en otras palabras, su tasa de rendimiento será mayor que la tasa de descuento. Por lo tanto, cualquier inversión marginal se hará a la tasa de descuento. En este caso, el VAN marginal de invertir los excedentes del proyecto de menor duración a lo largo del periodo necesario para igualar la finalización del proyecto más largo será cero y, en consecuencia, irrelevante. Es decir, no tendría sentido igualar las duraciones de las alternativas.

Pero si la empresa no se encuentra maximizando su potencial generador de utilidades, por incapacidad gerencial, restricción en sus oportunidades de financiamiento, etcétera, la inversión de los excedentes del proyecto más corto a una tasa de rendimiento superior a la tasa de descuento dará un VAN marginal positivo. En este caso sí sería necesaria la igualación de sus duraciones.

Teóricamente, se han planteado muchas maneras de igualar los flujos. Por ejemplo, suponer que ambos proyectos son reiterativos hasta tal cantidad de veces como sea necesario para que coincidan sus finalizaciones. Otra forma consiste en suponer que el proyecto más largo se liquida en la finalización del más corto. Para ello se considera un valor de liquidación que incrementa el flujo de caja del último periodo.

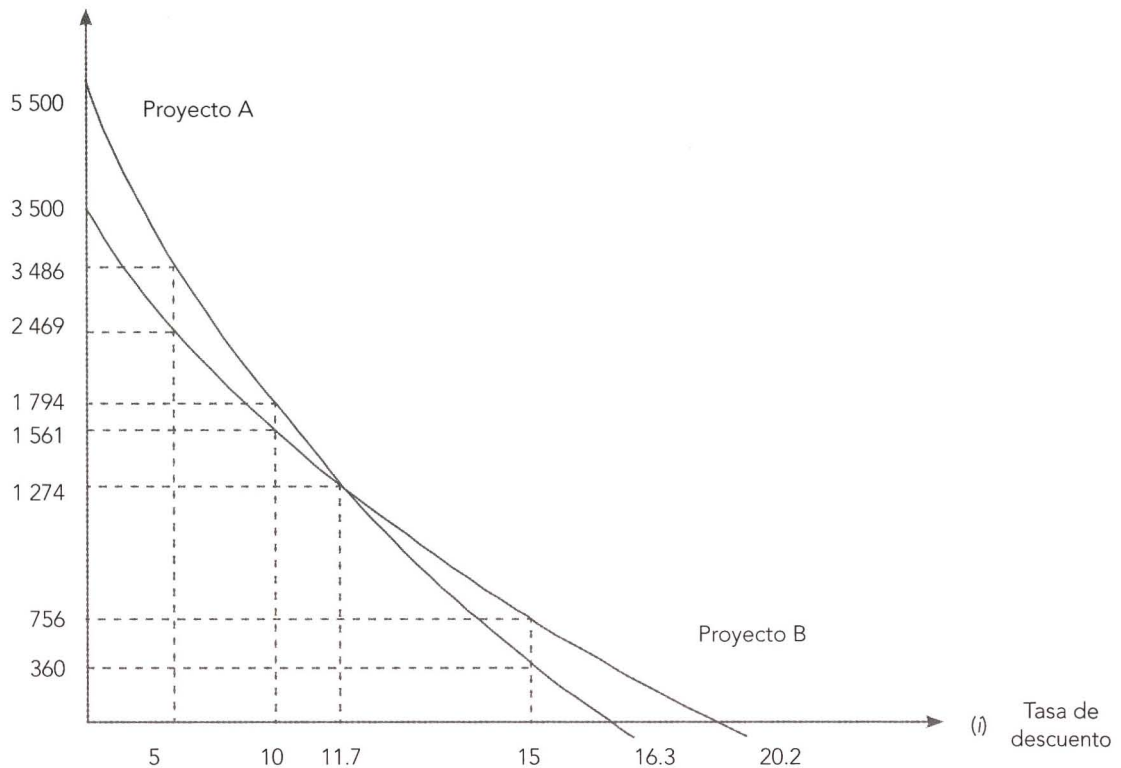


Figura 15.3 Proyectos A y B respecto a la tasa de descuento.

ciones de capital, calculando así el VAN del inversionista. El método denominado **VAN ajustado** considera que las decisiones de inversión y las decisiones de financiamiento deben determinarse conjuntamente pero de manera “independiente”, es decir, se construye el flujo del proyecto puro, el cual es descontado de la tasa exigida al proyecto, y luego se construye, paralelamente, el flujo de la deuda, el cual es descontado de la tasa de la deuda; así se obtiene el VAN del proyecto y el VAN de la deuda. Dado que ambos valores están expresados en valor presente, resulta coherente proceder a su suma aritmética, obteniéndose así el VAN ajustado, es decir, el VAN del proyecto puro ajustado por el efecto económico derivado de la estructura de financiamiento:

$$\text{VAN ajustado} = \text{VAN del proyecto} + \text{VAN de la deuda}$$

Deberá recordarse que esta “independencia” de cálculo es relativa, pues, como se indicó en el capítulo anterior, mientras mayores sean los niveles de deuda, las probabilidades de quiebra y sus costos son mayores. Cuando el nivel de deuda supera el óptimo, inevitablemente el flujo de los activos o flujo de caja del proyecto puro se verá afectado. Para que la deuda no afecte el flujo de la operación, esta deberá ser libre de riesgo, es decir, que la capacidad operacional sea capaz de asumir los compromisos financieros incluso ante escenarios adversos.

La **TIR ajustada**, desde el punto de vista conceptual, corresponde al cálculo de la rentabilidad de los activos ajustada por el efecto económico derivado de la deuda. Como se indicó en el capítulo 14, cuando la deuda es libre de riesgo, es decir, cuando los compromisos financieros en relación con la capacidad de generación de flujos operacionales son muy bajos, entonces la deuda genera valor, pues al proyectar los flujos de la deuda y al ser estos descontados de la tasa de la deuda, se obtiene el valor presente del ahorro tributario. Si al VAN del proyecto puro se suma el valor presente del ahorro tributario, entonces podrá calcularse la TIR ajustada. Dado que la deuda en este escenario genera valor, la TIR ajustada será mayor que la **TIR de los activos**. Supóngase el ejemplo del cuadro 15.7 para comprender mejor la situación:

concepto clave

TIR ajustada: desde el punto de vista conceptual, es el cálculo de la rentabilidad de los activos ajustada por el efecto económico derivado de la estructura de financiamiento.

Cuadro 15.7

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo neto activos	(40 000)	10 960	12 696	14 606	16 706	29 017
VAN 13%	15 760					
TIR activos	25.7%					
Flujo neto deuda	16 000	(3 571)	(3 602)	(3 636)	(3 671)	(3 708)
VAN 5.50%	483					
Flujo neto ajustado	(40 000)	10 960	12 696	14 606	16 706	29 017
VAN de la deuda	483					
Flujo neto ajustado	(39 517)	10 960	12 696	14 606	16 706	29 017
TIR ajustada	26.3%					

Como puede observarse, al calcular la TIR del proyecto puro o TIR de los activos, se obtiene una rentabilidad anual de 25.7%. Sin embargo, al descontar el valor presente del ahorro tributario a la inversión inicial del flujo de los activos, la rentabilidad de los activos aumenta a 26.3%, pues se está adicionado al cálculo el valor presente del ahorro tributario. Observe que el valor de \$483 representa, en un solo valor, el efecto económico derivado de la estructura de financiamiento.

La TIR ajustada y la TIR del inversionista son dos conceptos diferentes: mientras el primero mide la rentabilidad de los activos ajustado por el valor presente del beneficio tributario, el segundo mide la rentabilidad de los recursos efectivamente aportados por el inversionista.



15.6. El periodo de recuperación o *payback*

Uno de los criterios tradicionales de evaluación, bastante difundido, es el del **periodo de recuperación** (PR) de la inversión, también conocido como *payback*, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptables por la empresa. Si los flujos fuesen idénticos y constantes en cada periodo, el cálculo se simplifica en la siguiente expresión:

$$15.24 \quad PR = \frac{I_0}{BN}$$

donde *PR*, periodo de recuperación, expresa el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, I_0 , cuando los beneficios netos generados por el proyecto en cada periodo son *BN*.

Por ejemplo, si la inversión fuese de \$2 000 y los beneficios netos anuales de \$400, el *PR* sería de:

$$PR = \frac{2\,000}{400} = 5$$



Es decir, en cinco años se recuperará la inversión nominal.

Si el flujo neto difiriera entre periodos, el cálculo se realiza determinando por suma acumulada el número de periodos que se requieren para recuperar la inversión.

Suponiendo una inversión de \$3 000 y los flujos que se muestran en el cuadro 15.8, se obtendría:

Cuadro 15.8

Año	Flujo anual	Flujo acumulado
1	500	500
2	700	1 200
3	800	2 000
4	1 000	3 000
5	1 200	
6	1 600	

En este ejemplo la inversión se recupera al término del cuarto año.

La ventaja de la simplicidad de cálculo no logra contrarrestar los peligros de sus desventajas. Entre estas cabe mencionar que el criterio ignora las ganancias posteriores al periodo de recuperación, subordinando la aceptación a un factor de liquidez más que de rentabilidad. Tampoco considera el valor tiempo del dinero, al asignar igual importancia a los fondos generados el primer año que a los del año n .

Lo anterior puede solucionarse si se descuentan los flujos de la tasa de descuento y se calcula la suma acumulada de los beneficios netos actualizados al momento cero.

Descontando los flujos a la tasa de 10% anual, en el ejemplo anterior se tendrían los resultados del cuadro 15.9.

Cuadro 15.9

Año	Flujo anual	Flujo acumulado	Flujo acumulado
1	500	454.54	454.54
2	700	578.48	1 033.02
3	800	601.04	1 634.06
4	1 000	683.00	2 317.06
5	1 200	745.08	3 062.14
6	1 600		

Esto indica que la inversión se recuperaría en un plazo cercano a cinco años.

15.7. Las tasas de retorno ROA y ROE

Otro criterio comúnmente utilizado es el de la tasa de retorno (TR), que define una rentabilidad anual esperada sobre la base de la siguiente expresión:

$$15.25 \quad TRC = \frac{BN}{I_0}$$

donde TR es una razón porcentual entre la utilidad esperada de un periodo y la inversión inicial requerida. Este criterio se conoce también como ROA o ROE,⁷ dependiendo de las partidas que se utilicen en la fórmula. BN representa el resultado operacional del proyecto en un momento determinado, luego de pagar impuestos y sumadas las depreciaciones correspondientes, es decir, equivale a un resultado operacional neto. Si para el cálculo del BN se utilizan solo flujos asociados a la operación y el valor de I_0 , corresponde al valor de los activos, entonces se obtendrá una tasa de retorno sobre los activos en un periodo determinado, denominada *Return Over Assets* (ROA, por su siglas en inglés). Si, por el contrario, el valor de BN es determinado considerando los flujos operacionales del proyecto, incluidos los gastos financieros de la deuda, y, por otra parte, a la inversión inicial se le resta el valor del préstamo, es decir, se considera solo la inversión inicial del inversionista, conocida también como el valor del capital propio o patrimonio, entonces se obtendrá una tasa de retorno sobre el patrimonio en un periodo determinado, denominada *Return Over Equity* (ROE, por su siglas en inglés). El cuadro 15.10 muestra el cálculo de ambos criterios:

conceptos claves

Return Over Assets (ROA): la tasa de retorno sobre los activos en un periodo determinado.

Return Over Equity (ROE): la tasa de retorno sobre el patrimonio en un periodo determinado.

Cuadro 15.10

Concepto	SIN deuda	CON deuda
Ingresos	12 000	12 000
Costo de venta	(7 800)	(7 800)
Gastos de administración y ventas	(2 500)	(2 500)
EBITDA	1 700	1 700
Intereses crédito	0	(605)
Depreciaciones	(200)	(200)
Resultado antes de impuestos	1 500	895
Impuestos 20%	(300)	(179)
Resultado después de impuestos	1 200	716
Depreciaciones	200	200
Flujo neto	1 400	916
Inversión en activos	20 000	
Deuda	(11 000)	
Patrimonio	9 000	
ROA	$\frac{1\,400}{20\,000} = 7.0\%$	
ROE	$\frac{916}{9\,000} = 10.2\%$	

A pesar de que, al igual que la TIR, este criterio apunta a medir la rentabilidad sobre la inversión, la diferencia radica en que calcula la rentabilidad de la inversión en un momento determinado del tiempo, mientras que la TIR lo hace en el largo plazo, considerando la variabilidad en el comportamiento de los flujos futuros.

⁷ ROA y ROE provienen de las expresiones en inglés *Return Over Assets* y *Return Over Equity*, respectivamente.

El cálculo de ROA y ROE se realiza con los flujos de la operación después de impuestos y sumada la depreciación, pues dicho flujo representa la generación operacional neta del periodo en análisis. Si se le resta la inversión en Capex o la amortización de la deuda en el caso de un proyecto financiado, el valor de los activos y el patrimonio respectivamente cambia, por lo tanto la base del cálculo de ambos ratios también difiere. Por ello, el cálculo del ROA y ROE corresponde a los activos o patrimonio que dio origen a dicho flujo.

15.8. Razón beneficio costo (RBC)

Otro criterio tradicionalmente utilizado en la evaluación de proyectos es la razón beneficio-costo (RBC). Cuando se aplica teniendo en cuenta los flujos no descontados de caja, conlleva los mismos problemas ya indicados respecto del valor tiempo del dinero. Estas mismas limitaciones han inducido a utilizar factores descontados. Para ello simplemente se aplica la siguiente expresión:

$$15.26 \quad RBC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t}}$$

que no es otra cosa que una variación de la ecuación 15.15 para calcular el VAN, en la cual se restaba el denominador al numerador de la ecuación 15.24.

Una manera diferente de presentar este indicador es:

$$15.27 \quad \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+i)^t}}$$

donde:

Y = Ingresos

E = Egresos (incluida la inversión I_0)

Esta interpretación es más lógica respecto de los beneficios (ingresos) y costos (egresos con I_0 incluida).

Es fácil apreciar que ambas fórmulas proporcionan igual información. Cuando el VAN es cero (ambos términos de la resta son idénticos), la RCB es igual a uno. Si el VAN es superior a cero, la RBC será mayor que uno.

Las deficiencias de este método respecto al VAN tienen que ver con que este entrega un índice de relación en lugar de un valor concreto, requiere mayores cálculos al hacer necesarias dos actualizaciones en vez de una y debe calcularse una razón en lugar de efectuar una simple resta.

concepto clave

Anualidad equivalente: la expresión uniforme del comportamiento de ingresos y gastos que ocurren de manera desigual o diversa durante un periodo determinado.

15.9. El criterio de la anualidad equivalente

Un criterio comúnmente utilizado tiene relación con la **anualidad equivalente**, que es una expresión uniforme del comportamiento de ingresos y gastos que ocurren de manera desigual o diversa durante un periodo determinado. Este criterio busca convertir dicho comportamiento en una anualidad equivalente uniforme, respetando el valor del dinero en el tiempo. Es este último concepto lo que hace diferir el valor obtenido de la media aritmética. Para entender el concepto observe la situación que se registra en el cuadro 15.11.

Cuadro 15.11

Proyección efectiva

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Flujo neto	0	100	180	230	300	450	600
VA	1 235						
CAE	284						
Costo promedio	310						
TASA	10%						

Proyección de la media

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Flujo neto	0	310	310	310	310	310	310
VA	1 350						

Proyección del CAE

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Flujo neto	0	284	284	284	284	284	284
VA	1 235						

Al calcular el valor presente del primer flujo proyectado, se obtiene un valor de \$1 235. Sin embargo, si se determina el promedio de los distintos flujos futuros y se proyectan utilizando el mismo horizonte de evaluación, al calcular el valor presente se obtiene un valor de \$1 350. Por lo tanto, el valor presente del promedio no es equivalente al valor presente de los flujos efectivos de cada periodo. No obstante, si se calcula el valor de una cuota considerando seis periodos proyectados, a la misma tasa que se efectúa el cálculo del valor presente, se obtiene un valor de \$284.

VA = \$1 235
 N = 6
 Tasa = 10%
 Valor cuota: \$310

Al proyectar el valor de la cuota en los seis periodos considerados en el análisis y luego calcular el valor presente, se obtiene un valor de \$1 235, que es equivalente al valor presente del flujo efectivo. Esta equivalencia se logra debido a que el cálculo de la cuota sí respeta el principio del valor en el tiempo, lo que no ocurre con el cálculo de la media aritmética.

La anualidad equivalente no solo obedece a costos, sino también a beneficios o tasas porcentuales proyectadas; por ello existen los conceptos de **costo anual equivalente** (CAE), **beneficio anual equivalente** (BAE) y **tasa anual equivalente** (TAE).



Una aplicación práctica de la anualidad equivalente surge cuando se requiere determinar el momento óptimo de reemplazo de un activo. Si el costo de operación efectivo es mayor que la anualidad equivalente, entonces resulta más conveniente reemplazar el activo que mantenerlo. Ello se ilustra claramente en la figura 15.4.

concepto clave

Valor anual equivalente: se determina calculando primero el VAN del proyecto y después su equivalencia como flujo constante.

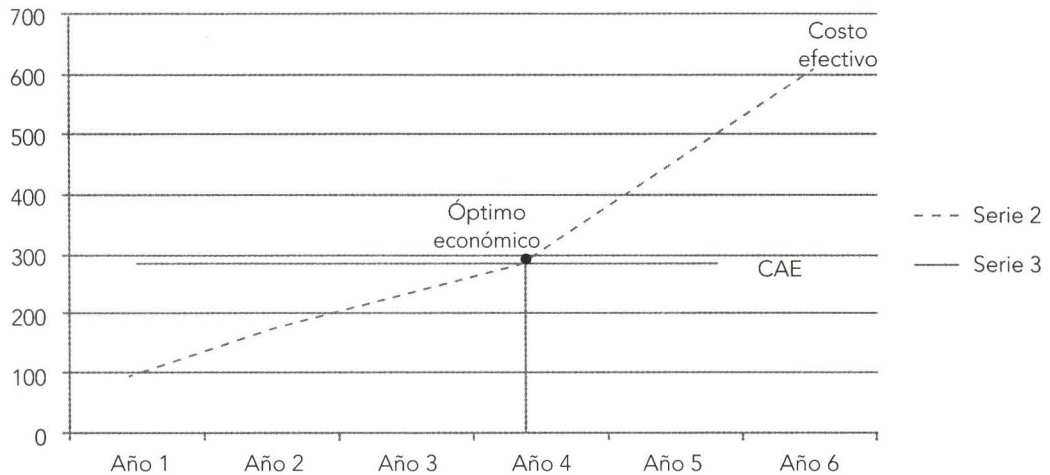


Figura 15.4

La serie 2 de la figura representa el costo efectivo de operar el activo. Como puede observarse, en la medida que pasa el tiempo, el costo total de operación aumenta, básicamente por los mayores costos asociados a su mantenimiento. El hecho de que los mayores costos se den en el futuro implica que el CAE sea menor, pues el valor presente de dichos flujos es más pequeño. Como puede observarse en la figura, al comienzo, el costo de operación efectivo es menor al CAE por lo que económicamente conviene mantener el activo, sin embargo, a partir del cuarto año, el costo efectivo comienza a ser mayor por lo que resulta conveniente su reemplazo.

Otra aplicación práctica de la anualidad equivalente surge cuando se desea comparar dos proyectos cuya vida útil es distinta, en cuyo caso deberá calcularse el **valor anual equivalente** (VAE). Este se determina calculando primero el VAN del proyecto y después su equivalencia como flujo constante. Esto es:

$$15.28 \quad VAE = \frac{VAN}{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t}}$$

Por ejemplo, si se comparan dos proyectos que presentan la información que aparece en el cuadro 15.12, el VAN del proyecto A es mejor que el del proyecto B. Sin embargo, su VAE indica lo contrario.

Cuadro 15.12

Concepto	Vida útil	VAN	VAE	i
Proyecto A	9 años	3 006	630	15%
Proyecto B	6 años	2 975	786	15%

Quienes plantean este modelo señalan que el VAN no puede usarse para comparar opciones con distinta vida útil, ya que no considera el incremento en la riqueza anual del inversionista.

Alternativamente, proponen “repetir” ambos proyectos tantas veces como sea necesario para que finalicen en un mismo momento. Por ejemplo, para el caso anterior, ambos proyectos deberían evaluarse en un horizonte de 18 años, asumiendo que el primero se repite dos veces y

el segundo tres. El procedimiento anterior permitirá evaluar los proyectos con un mismo horizonte.

Ambas propuestas, sin embargo, tienen un supuesto que debe ser evaluado en cada situación antes de ser utilizado: todas las opciones pueden repetirse en las mismas condiciones de la primera vez sin que se modifique su proyección de flujos por cambios en la competencia ni por ningún otro factor.

Si los proyectos que se evalúan son para determinar qué maquinaria usar, es muy probable que los métodos señalados sean válidos, pero si son de carácter comercial, es muy posible que al término del sexto año la empresa no encuentre un proyecto tan rentable como el B y deberá invertir a su tasa de costo de capital (si es eficiente, ya habrá invertido en todos los proyectos que rindan sobre su tasa de costo de capital). Siendo así, el VAN de todo proyecto que haga desde ese momento será cero, con lo cual en definitiva vuelve a ser más atractivo el proyecto que exhiba el mayor VAN.

El VAE o la suposición de repetir varias veces el proyecto solo será válido cuando el supuesto de repetencia pueda ser probado.

Una manera de corregir el efecto de vidas útiles diferentes será incorporando un mayor valor de desecho al equipo de mayor vida útil en el momento de la vida útil del de menor duración.

15.10. Efectos de la inflación en la evaluación del proyecto

La **inflación** representa un alza sostenida en el nivel de precios. Si se asume que todos los componentes del flujo de caja, incluida la tasa de descuento, se corrigen en igual proporción, podría decirse entonces que la rentabilidad del proyecto no debiera verse afectada, pues todo se corrige por el mismo factor, numerador y denominador.

El problema de la inflación se presenta cuando no todos los factores se corrigen en igual proporción, en cuyo caso se producirían cambios en los precios relativos que sí podrían afectar la rentabilidad del proyecto.



Del análisis realizado al inicio del presente capítulo se puede deducir que una inversión es el sacrificio de un consumo actual por otro mayor que se espera en el futuro. Al ser esto así, lo que debe ser relevante en la evaluación de un proyecto son los flujos reales, en lugar de sus valores nominales, pues estos últimos no miden cambios en el nivel de riqueza, que es precisamente el objetivo del cálculo de un VAN. En economías con inflación, en consecuencia, los flujos nominales deberán convertirse a moneda constante, de manera tal que toda información se exprese en términos de poder adquisitivo del periodo cero del proyecto, suponiendo que este representa el periodo en el que se evaluará económicamente. En definitiva, la construcción de un flujo de caja proyectado considera lo que ocurrirá mañana tomando en cuenta el poder adquisitivo actual.

Es importante hacer notar la diferencia entre inflación y cambio en los niveles de precio. Normalmente, la estructura de costos esperada de un proyecto será distinta a la inflación que calcula la autoridad. Cada proyecto puede presentar variaciones en sus costos que nada tienen que ver con la inflación que ocurre en la economía. A ello le denominaremos cambios reales en la estructura de costos o de ingresos. Todo inversionista intentará llevar a precio los cambios que se produzcan en sus costos, pero ello no siempre será posible, en cuyo caso habrá un cambio en los precios relativos que sí debiera considerarse en el cálculo de la rentabilidad. Uno ejemplo de ello podría ser un proyecto de minería, en el que el precio del metal se determina internacionalmente, en forma independiente de lo que ocurra con los costos internos. Al producirse un cambio en los precios relativos o términos de intercambio, necesariamente deberá incorporarse este efecto en la evaluación económica; de lo contrario, no se estaría midiendo de manera correcta la rentabilidad asociada.

La incorporación de la inflación como factor adicional en la evaluación de proyectos supone procedimientos similares, cualquiera que sea el criterio utilizado. Dicho procedimiento implica que tanto la inversión inicial como el flujo de caja y la tasa de descuento deben ser homogéneos entre sí; es decir, deben estar expresados en moneda constante de igual poder adquisitivo. Para ello, lo más simple es trabajar con los precios vigentes en el momento de la evaluación. En este caso, la ecuación 15.19 se aplica directamente.

Si los flujos tuvieran incorporada la expectativa de la inflación, tanto en sus ingresos como en sus egresos, el VAN se calculará de la siguiente manera:

$$15.29 \quad VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Bn_t(1+\phi)^t}{(1+i)(1+\phi)^t} - I_0$$

donde $(1+\phi)$ representa el factor de descuento de los flujos por el efecto de la inflación (ϕ).

Sin embargo, para que la ecuación 15.27 pueda utilizarse correctamente, debe existir la condición de que toda la inversión inicial tenga el carácter de no monetaria.⁸ Pero son muchos los proyectos que requieren una inversión significativa en activos monetarios; por ejemplo, aquellas inversiones en capital de trabajo, como efectivo o cuentas por cobrar que ven disminuido el poder adquisitivo de la inversión por efectos de la inflación.



Cuando la inversión inicial está compuesta, parcial o totalmente, por elementos monetarios, en cada periodo posterior a la evaluación habrá una pérdida de valor por inflación, que deberá descontarse de los flujos de efectivo en los periodos correspondientes.

Si la inversión estuviera en moneda constante, pero tuviera un componente parcial de activos monetarios, y el flujo de caja también estuviese en moneda constante, el VAN del proyecto resultaría de la siguiente formulación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Bn_t - \left[\frac{I_0^m}{(1+\phi)^t} \right] x \phi}{(1+i)^t} - I_0$$

donde el factor

$$\frac{I_0^m}{(1+\phi)} x \phi$$

representa la pérdida por inflación que afecta la parte de la inversión inicial que tiene un carácter monetario (I_0^m).

Al descontar esta pérdida por inflación, el numerador de la sumatoria queda expresado en la moneda real del periodo cero, con lo cual la evaluación se realiza sobre bases más exactas.

Note que para calcular la TIR en estas condiciones el procedimiento es idéntico. Bastará con hacer el VAN igual a cero en la ecuación 15.27 y buscar la tasa r (i , en la ecuación) que haga factible ese resultado.

Por otra parte, si se considera la posibilidad de endeudamiento para financiar parcial o totalmente la inversión inicial, surgen dos efectos complementarios similares. Primero, teniendo el endeudamiento una tasa de interés fija por periodo, el monto real que hay que pagar por este concepto se abarata en presencia de inflación. Segundo, al amortizarse el préstamo en un periodo futuro, también se genera una ganancia por inflación derivada del pago diferido de una cantidad fija. Lo que pudiera corregirse fácilmente si la tasa de interés definida es real, es decir, por sobre la variación de los precios.

⁸ No monetarios son aquellos bienes reales que no modifican su valor real en épocas de inflación (inventarios, equipos, deuda en moneda extranjera), mientras que monetarios son aquellos que sí se modifican (efectivo en caja, cuentas por cobrar o pagar en moneda nacional).

Aquí no interesa analizar si el prestatario ha recargado a la tasa de interés cobrada un factor adicional por sus propias expectativas de una tasa de inflación. Lo que interesa es corregir los flujos de caja del proyecto, de manera que expresen la situación real esperada.

Para aclarar estos conceptos, supóngase la existencia de un proyecto que ofrece el flujo de caja del cuadro 15.13.

Cuadro 15.13

Período	Flujo neto
0	(1 000)
1	200
2	400
3	700

Si 20% de la inversión del año cero fuera financiada con un préstamo amortizable a fines del tercer año en una sola cuota, si la tasa de interés fuera de 15% cancelable anualmente y si la inflación esperada fuese de 10% anual, se tendría un flujo por financiamiento como el que muestra el cuadro 15.14.

Cuadro 15.14

Período	Flujo por financiamiento			Flujo total
	Intereses	Amortización	Préstamo	
0			200	200
1	(30)			(30)
2	(30)			(30)
3	(30)	(200)		(230)

Como se mencionó, el desembolso de los intereses y la amortización generan una ganancia por inflación que se calcula aplicando al flujo un factor de descuento por inflación, de manera que:

$$200 + \frac{-30}{(1 + 0.10)} + \frac{-30}{(1 + 0.10)^2} + \frac{-230}{(1 + 0.10)^3}$$

con lo que se tiene:

$$200 - 27.07 - 24.79 - 172.80$$

El cuadro 15.15 muestra el resultado de combinar el flujo del proyecto con el flujo del financiamiento.

Cuadro 15.15

Período	Flujo proyecto	Financiamiento	Flujo neto ¹¹
0	(1 000)	200.00	(800.00)
1	200	(27.07)	172.93
2	400	(24.79)	375.21
3	700	(172.80)	527.20

¹¹ El VAN de este flujo necesariamente será mayor que el del proyecto original, puesto que este incorpora el efecto de la inflación por pagos diferidos de la amortización y de un interés anual constante, que generan ganancias por inflación. En el caso general, deberá compararse las ganancias por el capital y las pérdidas por los intereses.

Al generalizar este último caso, puede plantearse la siguiente ecuación:

$$15.30 \quad \sum_{t=1}^n \frac{BN_t - \left[\frac{jI_0^p}{(1+\phi)^t} + \frac{I_0^p}{(1+\phi)^n} \right]}{(1+i)^t} - (I_0 + I_1^p)$$

donde j representa la tasa de interés del préstamo e I_0^p , el monto de la inversión financiada con préstamo. En el caso de que hubiera devoluciones parciales del préstamo, deberá cambiarse la potencia n por t en el factor que la actualiza.

Obviamente, es posible combinar las variables de financiamiento y de inversión en activos monetarios. Para ello, bastaría reemplazar el BN_t de la ecuación 15.28 por todo el numerador de la sumatoria de la ecuación 15.27. Tal como se señaló anteriormente, la TIR en este caso se calcula haciendo el VAN igual a cero y determinando la tasa r correspondiente.

También es posible agregar las expectativas de inflación de los inversionistas que aportan capital propio. Sin embargo, puesto que su inclusión se efectúa modificando la tasa de descuento, este análisis se dejará para el capítulo siguiente, en el cual se trata en detalle la determinación de la tasa de descuento pertinente para el proyecto.

Por otra parte, si se evalúa en función de la tasa interna de retorno, surgen consideraciones que llevan a tratar los conceptos de tasas nominal y real de interés, porque con inflación la TIR no se constituye en una medida real de la rentabilidad de un proyecto.

Recordando la ecuación para calcular la TIR, se tiene:

$$15.31 \quad \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

En este caso, se define r como la tasa nominal del proyecto. Es nominal porque no ha sido corregida respecto al efecto de inflación. En presencia de esta, puede modificarse la expresión anterior, separando el factor inflación del factor rendimiento. En este caso, se tiene:

$$15.32 \quad \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+R)^t(1+\phi)^t} - I_0 = 0$$

donde R es la tasa de rentabilidad real del proyecto y $(1+r)^t = (1+R)^t(1+\phi)^t$.

Luego, basta despejar R de la ecuación 15.29 para obtener la tasa real. Esto es:

$$15.33 \quad R = \frac{r - \phi}{1 + \phi}$$

Puesto que el objeto de la TIR es ser comparada con una tasa de corte, se presenta como alternativa calcular la tasa nominal y compararla con una tasa de corte incrementada por el factor inflación.

De la misma manera como se trató el financiamiento, en el modelo pueden y deben incluirse todas aquellas variables que impliquen pérdidas o ganancias por inflación.

En este capítulo se presentaron los principales criterios utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. A pesar de que algunos de ellos presentan mayor fortaleza que otros, en

la práctica son más complementarios que suplementarios. Asimismo, resulta fundamental establecer qué se quiere medir y el punto de vista desde el que se pretende hacerlo. Mien-

tras la tasa interna de retorno (TIR) de los activos y la TIR del patrimonio miden la rentabilidad en el largo plazo, la ROA y la ROE lo hacen en el corto plazo en un momento determinado. Muchos métodos se han desarrollado para evaluar proyectos, aunque todos son comparativamente inferiores al valor actual neto (VAN); algunos lo son por no considerar el valor tiempo del dinero, y otros porque, aunque lo consideran, no entregan una información tan concreta como aquel. Frente a las limitaciones de los métodos que no consideran el valor tiempo del dinero, se presentan dos alternativas de evaluación: el VAN y la TIR. Si bien ambos tienen ventajas sobre aquellos, el VAN es en todos los casos superior a la TIR. Quizás en favor de esta solo pueda plantearse, en dicha comparación, la mayor facilidad de los ejecutivos para su comprensión, que ven en una tasa de rentabilidad una unidad de medida menos compleja que una cantidad de dinero neta expresada en términos actualizados. Sin embargo, las fuertes limitaciones tratadas en este capítulo la hacen no recomendable para la decisión. La posibilidad de tasas múltiples y suponer que los beneficios netos generados son reinvertidos a la misma tasa interna de retorno del proyecto son las principales deficiencias del método y pueden

conducir a decisiones de inversión equivocadas.

Un objetivo especial de este capítulo era dejar de manifiesto la importancia de incluir el análisis de los efectos de la inflación en la evaluación del proyecto. La evaluación, para que tenga sentido, debe tener un carácter lo más realista posible. Solo así podrá compararse el sacrificio de consumo presente con los mayores ingresos futuros esperados. En consecuencia, será preciso incorporar las ganancias y pérdidas por inflación que se generan sobre los flujos de caja, lo que significa que deberán incorporarse los efectos en los precios relativos, pues ellos afectan la rentabilidad del proyecto, no así cuando todos los factores se ajustan a los cambios inflacionarios en la misma proporción, pues en ese caso los precios relativos se mantienen constantes sin que afecten la rentabilidad del negocio. Si bien se recomienda trabajar con ingresos y egresos expresados en moneda constante, para obviar el problema de inflación en los montos, no puede desconocerse la posibilidad bastante real de la existencia de activos monetarios en la inversión inicial o de una fuente de financiamiento con capital ajeno a tasas de interés nominales constantes que afectarán la valoración real de los flujos de caja del proyecto.

■ Preguntas y problemas ■

1. Señale en qué circunstancias las técnicas de evaluación TIR y VAN pueden conducir a resultados contradictorios y cuándo pueden proporcionar igual resultado. Grafique esta última situación y explique qué ocurriría cuando se desea jerarquizar proyectos.
2. Explique de qué manera la inflación puede afectar en la construcción de flujos de caja proyectados.
3. Explique en qué se diferencia el cálculo de la TIR de los activos de la ROA.

Comente las siguientes afirmaciones:

- a) Un proyecto que tenga un VAN negativo puede tener utilidades y uno que tenga un VAN positivo puede tener pérdidas.
- b) La tasa interna de retorno mide el costo máximo del capital que puede resistir el proyecto.
- c) El valor actual de los beneficios brutos descontados a la TIR del proyecto son siempre iguales al valor actual de los costos más la inversión, descontados a esa misma TIR.
- d) El valor actual neto es el método más adecuado para elegir entre proyectos de distinta vida y distinta inversión.
- e) El criterio de la tasa interna de retorno sirve para optar entre proyectos mutuamente excluyentes que tienen la misma inversión inicial.
- f) Todo proyecto que muestre una evaluación positiva debe realizarse en el más breve plazo.

- g) Cuando los recursos no alcanzan para implementar todos los proyectos rentables, el uso de la tasa interna de retorno sigue siendo el método más razonable.
- h) Si la tasa interna de retorno es positiva, el valor actual neto también lo es.
- i) Si la tasa marginal interna de retorno de un proyecto es mayor que cero, entonces conviene aumentar el tamaño de un proyecto.
- j) Si baja la tasa de interés, subirá el peso promedio de los novillos que se envían al matadero.
- k) Uno debería mostrarse indiferente entre dos proyectos excluyentes que, teniendo igual TIR, tienen también igual flujo de beneficios brutos.
- l) Si la inversión de un proyecto excede la capacidad financiera del inversionista, será preferible hacer una versión reducida del proyecto que tenga un VAN positivo, antes que no hacer nada.
- m) Un proyecto que presenta un VAN igual a cero no debe implementarse, ya que no genera utilidades al inversionista.
- n) Los cambios en la tasa de retorno requerida determinarán cambios en el precio del producto que se elabore si se llega a implementar el proyecto.
- ñ) Ningún proyecto debe evaluarse a un horizonte de más de 30 años, ya que después de esa fecha las cifras traídas a valor actual no son relevantes.
- o) Las técnicas del VAN y de la TIR pueden utilizarse indistintamente para determinar la conveniencia o inconveniencia de desarrollar una determinada inversión. Sus resultados permiten llegar a las mismas conclusiones, razón por la cual da lo mismo la adopción de uno u otro criterio de evaluación.
- p) La TIR y la tasa de descuento representan el costo de oportunidad del inversionista cuando el VAN es igual a cero.
- q) Todo proyecto que entregue un flujo negativo deberá ser rechazado.

Material complementario

Ejercicios recomendados del texto complementario: José Manuel Sapag, *Evaluación de proyectos, guía de ejercicios, problemas y soluciones*, McGraw-Hill, 3a. ed., 2007:

1. Compañeros, **2.** Ahorro, **3.** Lotería, **4.** Contrato, **5.** Préstamo, **6.** Periodos, **7.** Cuotas, **8.** Valor presente, **9.** Testamento, **10.** Depósito, **61.** Ferrocarriles del Sur.

Bibliografía

Aluja, Gil, "Incidencia de la inflación en las inversiones de la empresa" en *Alta dirección*, (57):91-103, 1974.

Besley, S. y E. F. Brigham, *Essentials of Managerial Finance*, Thomson/South-Western, 2007.

Elton, E. J., M. J. Gruber, S. J. Brown y W. N. Goetzmann, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, John Wiley & Sons, 2009.

Lorie H. y L. Savage, "Three Problems in Rationing Capital" en *Foundation for Financial Management*, Homewood, 111, Irwin, 1966.

Melicher, R. W. y E. A. Norton, *Introduction to Finance: Markets, Investments, and Financial Management*, John Wiley & Sons, 2010.

Parkinson, A., *Managerial Finance*, Taylor & Francis, 2012.

Pinilla Más, F., *Administración y finanzas*, Anele, 2001.

Ramírez, Octavio, "Presupuestación de capital bajo condiciones de inflación" en *Temas administrativos*, (32):4-7, 1978.

Sanfeliu, I. B. y A. M. G. Bernabeu, *Técnicas financieras y sus aplicaciones a la empresa*, Universitat Politècnica de València, 2006.

Schultz, R. G. y R. E. Schultz, *Basic Financial Management*, Intext Educational Publishers, 1972.

Tarantino, A., *Operational Risk Management in Financial Services*, John Wiley & Sons, 2010.

Van Horne, J. C. y J. M. Wachowicz, *Fundamentals of Financial Management*, Financial Times Prentice Hall, 2005.

Vélez Pareja, Ignacio, "Evaluación de proyectos en inflación" en *Decisiones de inversión*

enfocados a la valoración de empresas, cap. 7:300-322, 2011.

Vélez Pareja, Ignacio, *Decisiones de inversión: para la valoración financiera de proyectos y*

empresas, Pontificia Universidad Javeriana, 2006.

White, J. A., *Principles of Engineering Economic Analysis*, Wiley, 1998.