

## CAPÍTULO 5

# ¿POR QUÉ EL VALOR ACTUAL NETO CONDUCE A MEJORES DECISIONES DE INVERSIÓN QUE OTROS CRITERIOS?

En los cuatro primeros capítulos hemos presentado, en ocasiones a hurtadillas, la mayoría de los principios básicos de las decisiones de inversión. En este capítulo consolidamos esos conocimientos. También echamos una mirada crítica a otros criterios que a veces utilizan las empresas para tomar decisiones de inversión: el criterio del plazo de recuperación, la tasa rentabilidad contable media y la tasa interna de rentabilidad. Los dos primeros son criterios *ad hoc* y pueden llevar a decisiones absurdas. Si se usa correctamente, el criterio de la tasa interna de rentabilidad debería siempre seleccionar aquellos proyectos que aumentan la riqueza de los accionistas, pero veremos que también hay un montón de trampas para los confiados.

Concluimos el capítulo mostrando cómo hacer frente a situaciones cuando la firma tiene el capital u otros recursos limitados. Hay dos aspectos en este problema. Uno es de cálculo. En los casos individuales elegimos aquellos proyectos que ofrecen el VAN más alto por dólar invertido. Pero la limitación de los recursos y las interacciones de proyectos a menudo crean problemas de tal complejidad que se necesita la programación lineal para resolver este problema y ayudar al directivo financiero a manejar varias interacciones de proyectos al mismo tiempo. La otra parte del problema es decidir cuando existe realmente limitación de fondos y si invalida el valor actual neto como criterio para el presupuesto de capital<sup>1</sup>.

### 5.1. REPASO DE LOS FUNDAMENTOS

El director financiero de Vegetron se pregunta cómo analizar una propuesta de inversión de 1 millón de dólares en un nuevo negocio llamado proyecto X. Él le pide su opinión.

Su respuesta podría ser la siguiente: «Primero, realice una previsión de los flujos de tesorería generados por el proyecto X a lo largo de su vida económica. Segundo, determine el pertinente coste de oportunidad del capital. Éste debería reflejar el valor del dinero en el tiempo y el riesgo asumido en el proyecto X. Tercero, utilice el coste de oportunidad del capital para descontar los flujos de tesorería futuros del proyecto X. La suma de los flujos de tesorería descontados recibe el nombre de valor actual (VA). Cuarto, calcule el valor actual *neto* (VAN) sustrayendo del VA el millón de dólares de la inversión. Invierta en el proyecto X si el VAN es mayor que cero.»

Sin embargo, el directivo financiero de Vegetron permanece impasible ante su agudeza mental y le pregunta por qué el VAN es tan importante.

Usted contesta: «Analice qué es lo mejor para los accionistas de Vegetron. Ellos quieren que usted haga que sus acciones de Vegetron valgan tanto como sea posible.»

Ahora el valor total de mercado de Vegetron (precio de la acción multiplicado por el número de acciones existentes) es 10 millones de dólares. Esto incluye 1 millón de dinero líquido que se puede invertir en el proyecto X. El valor de otros activos y oportunidades de Vegetron debe ser, por tanto, de 9 millones de dólares. Tenemos que decidir si es mejor mantener el millón en tesorería y rechazar el proyecto X, o utilizar el dinero y aceptar el proyecto X. Llamemos al valor del nuevo proyecto VA. Entonces la elección es como sigue:

<sup>1</sup> ¿Sabe una cosa? El VAN, adecuadamente interpretado, al final gana.



## 5.2. LOS COMPETIDORES DEL VALOR ACTUAL NETO

Esperemos que el director financiero esté convencido por ahora de la bondad del criterio del valor actual neto. Pero es posible que el director haya oído hablar de otros criterios de inversión y desee saber por qué usted no recomienda ninguno de ellos. Ya que usted está preparado, analicemos ahora las tres alternativas al VAN más populares. Éstas son:

1. Período de recuperación (*payback*).
2. Rentabilidad contable media.
3. Tasa interna de rentabilidad.

Más adelante en el capítulo nos encontraremos con un criterio más. Hay circunstancias en las que este cálculo tiene algunas ventajas especiales.

Al analizar estos criterios, merece la pena tener en cuenta las siguientes características fundamentales del criterio del valor actual neto. Primero, el criterio del VAN reconoce que *un dólar hoy vale más que un dólar mañana*, debido a que el dólar de hoy puede ser invertido para comenzar a rendir intereses inmediatamente. Cualquier regla de inversión que no reconozca el *valor del dinero en el tiempo* no puede considerarse inteligente. Segundo, el *valor actual neto* depende únicamente de los *flujos de tesorería previstos* procedentes del proyecto y del *coste de oportunidad del capital*. Cualquier regla de inversión que se vea afectada por los gustos del directivo, los métodos contables elegidos por la empresa, la rentabilidad de los negocios existentes en la empresa o la rentabilidad de otros proyectos independientes, conducirá a peores decisiones. Tercero, *debido a que todos los valores actuales se miden en dólares de hoy, es posible sumarlos*. Por tanto, si tiene dos proyectos A y B, el valor actual neto de la inversión combinada es

$$\text{VAN}(A + B) = \text{VAN}(A) + \text{VAN}(B)$$

Esta propiedad aditiva tiene importantes consecuencias. Supongamos que el proyecto B tiene un VAN negativo. Si se une al proyecto A, el proyecto conjunto (A + B) tendrá un menor VAN que A por sí solo. Por tanto, es improbable que usted cometa el error de aceptar un mal proyecto (B) sólo porque aparezca junto a uno bueno (A). Como veremos, las medidas alternativas no gozan de esta propiedad aditiva. Si no tiene cuidado, puede dejarse engañar y llegar a aceptar que un proyecto bueno y uno malo es mejor que el proyecto bueno solo.

## 5.3. EL PLAZO DE RECUPERACIÓN

Las empresas desean frecuentemente que el desembolso realizado en cualquier proyecto sea recuperado dentro de cierto período máximo. El **plazo** o

**período de recuperación** de un proyecto se determina contando el número de años que han de transcurrir para que la acumulación de los flujos de tesorería previstos iguale a la inversión inicial. Considere los proyectos A y B:

Proyecto	Flujos de tesorería (en \$)				Período de recuperación (años)	VAN al 10 por ciento
	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$		
A	-2.000	+2.000	0	0	1	-182
B	-2.000	+1.000	+1.000	+5.000	2	+3.492

El proyecto A supone una inversión inicial de 2.000 \$ ( $C_0 = -2.000$ ), seguida de una única entrada de tesorería de 2.000 \$ en el año 1. Supongamos que el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento. Entonces, el proyecto A tiene un VAN de -182 \$:

$$\text{VAN}(A) = -2.000 + \frac{2.000}{1,10} = -182 \$$$

El proyecto B requiere también una inversión inicial de 2.000 \$, pero proporciona una entrada de tesorería de 1.000 \$ en los años 1 y 2 y 5.000 \$ en el año 3. A un coste de oportunidad del capital de un 10 por ciento, el proyecto B tiene un VAN de +3.492 \$:

$$\text{VAN}(B) = -2.000 + \frac{1.000}{1,10} + \frac{1.000}{(1,10)^2} + \frac{5.000}{(1,10)^3} = +3.492 \$$$

De este modo, el criterio del valor actual neto nos dice que rechazemos el proyecto A y aceptemos el B.

## El criterio del plazo de recuperación

Veamos ahora con qué rapidez devuelve cada proyecto su inversión inicial. Con el proyecto A, usted necesita un año para recobrar sus 2.000 \$; con el proyecto B necesita dos años. Si la empresa utilizase el *criterio* del plazo de recuperación con un período máximo de un año, aceptaría únicamente el proyecto A; si utilizase el criterio del plazo de recuperación con un período máximo de dos o más años, aceptaría ambos proyectos. Por tanto, independientemente de la elección del período máximo, el criterio del período de

recuperación da una respuesta diferente a la dada por el criterio del valor actual neto.

La razón de esta diferencia radica en que el criterio del período de recuperación da la misma ponderación a todos los flujos de tesorería generados antes de la fecha correspondiente al período de recuperación y una ponderación nula a todos los flujos posteriores. Por ejemplo, cada uno de los tres proyectos siguientes tiene un período de recuperación de dos años:

Proyecto	Flujos de tesorería (en \$)				Período de recuperación (años)	VAN al 10 por ciento
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>		
A	-2.000	+1.000	+1.000	+5.000	2	3.492
B	-2.000	0	+2.000	+5.000	2	3.409
C	-2.000	+1.000	+1.000	+100.000	2	74.867

El criterio del período de recuperación dice que todos estos proyectos son igualmente atractivos. Pero el proyecto B tiene un VAN mayor que el proyecto C para *cualquier* tipo de interés positivo (1.000 \$ en cada uno de los años 1 y 2 valen más de 2.000 \$ en el año 2). Y el proyecto D tiene un VAN mayor que B o C.

Para utilizar el criterio del período de recuperación, una empresa tiene que decidir una fecha tope adecuada. Si utiliza el mismo período máximo independientemente de la vida del proyecto, tenderá a aceptar demasiados proyectos de duración corta y muy pocos de larga duración. Si, por término medio, los períodos máximos son demasiado largos, aceptará algunos proyectos con VAN negativos; si, por término medio, son demasiado cortos, rechazará algunos proyectos que tienen VAN positivos.

Muchas empresas que utilizan el plazo de recuperación eligen el período máximo esencialmente en base a conjeturas. Es posible mejorar esto. Si se conoce el perfil típico de los flujos de tesorería, se puede hallar el período máximo que más se aproximaría a maximizar el valor actual neto<sup>2</sup>. Sin em-

<sup>2</sup> Si, por término medio, las entradas se distribuyen regularmente a lo largo de la vida del proyecto, el tope óptimo para el criterio del período de recuperación es

$$\text{Período máximo óptimo} = \frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}$$

donde  $n$  indica la vida del proyecto. Esta expresión para el período de recuperación óptimo fue apuntada, por primera vez por M. J. Gordon: «The Pay-Off Period and the Rate of Profit», *Journal of Business*, 28: 253-260 (octubre, 1955).

bargo, esa fecha tope «óptima» sirve únicamente para aquellos proyectos que tienen perfiles «típicos» de flujos de tesorería. Por esto, sigue siendo mejor utilizar el criterio del valor actual neto.

## El plazo de recuperación descontado

Algunas empresas descuentan los flujos de tesorería antes de calcular el período de recuperación. El **criterio del plazo de recuperación descontado** pregunta: «¿Cuántos períodos tarda el proyecto en tener razón de ser según los términos del valor actual neto?» Esta modificación del criterio del período de recuperación supera la objeción de que la ponderación dada a todos los flujos de tesorería antes de la fecha correspondiente sea la misma. Sin embargo, el criterio del período de recuperación descontado todavía no tiene en cuenta ninguno de los flujos de tesorería generados después de esa fecha.

El período de recuperación descontado es algo mejor que el período de recuperación no descontado. Reconoce que un dólar al comienzo del período de recuperación vale más que un dólar al final de este período. Esto ayuda, pero no demasiado. El criterio del período de recuperación descontado depende todavía de la elección de una fecha tope arbitraria e ignora todavía todos los flujos de tesorería después de esta fecha.

### CUADRO 5.1a

Cálculo de la tasa de rendimiento contable medio de una inversión de 9.000 \$ en el proyecto A.

Proyecto A	Flujo de tesorería (en dólares)		
	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	12.000	10.000	8.000
Costes con salida de tesorería	6.000	5.000	4.000
Flujo de tesorería	6.000	5.000	4.000
Amortización	3.000	3.000	3.000
Beneficio neto	3.000	2.000	1.000
Tasa de rentabilidad contable media	$= \frac{\text{Beneficio anual medio}}{\text{Inversión anual media}} = \frac{2.000}{4.500} = 0,44$		

## 5.4. RENTABILIDAD CONTABLE MEDIA

Algunas empresas juzgan un proyecto de inversión analizando su **tasa de rentabilidad contable**. Para calcular la tasa de rendimiento contable es necesario dividir el beneficio medio esperado de un proyecto, después de amortizaciones e impuestos, por el valor medio contable de la inversión. Se compara entonces este ratio con la tasa de rendimiento contable de la empresa en su conjunto o con alguna referencia externa, tal como la tasa media de rendimiento contable en el sector.

El Cuadro 5.1a muestra las cuentas de resultados provisionales del proyecto A a lo largo de sus tres años de vida. Su beneficio neto medio es 2.000 \$ al año (suponemos, por simplificar, que no hay impuestos). La inversión requerida es de 9.000 \$ en  $t = 0$ . Esta cantidad es amortizada después a una tasa constante de 3.000 \$ al año. De este modo, el valor contable de la nueva inversión disminuirá desde 9.000 \$ en el año 0 a cero en el año 3.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Valor contable bruto de la inversión	9.000 \$	9.000 \$	9.000 \$	9.000 \$
Amortización acumulada	0	3.000	6.000	9.000
Valor contable neto de la inversión	9.000 \$	6.000 \$	3.000 \$	0 \$
Valor contable neto medio = 4.500 \$				

El beneficio neto medio es 2.000 \$ y la inversión neta media es 4.500 \$. Por tanto, la tasa media de rendimiento contable es  $2.000/4.500 = 0,44$ . El proyecto A sería emprendido si la tasa de rendimiento contable deseada por la empresa fuese inferior al 44 por ciento<sup>3</sup>.

Este criterio sufre varios defectos serios. Primero, dado que considera únicamente la rentabilidad *media* sobre la inversión contable, no tiene en cuenta el hecho de que los ingresos inmediatos valen más que los distantes. Mientras el período de recuperación no pondera los flujos más distantes, el rendimiento contable les da demasiada importancia. De este modo, en el Cuadro 5.1b podemos presentar dos proyectos, B y C, que tienen la misma inversión contable media, el mismo beneficio contable medio y el mismo rendimiento contable medio que el proyecto A. Con todo, A tiene claramente un VAN mayor que B o C, debido a que la mayor parte de los flujos de tesorería del proyecto A ocurren en los primeros años.

<sup>3</sup> Existen muchas variantes de este criterio. Por ejemplo, algunas empresas miden la *rentabilidad* contable sobre el coste, esto es, el ratio de beneficios medios antes de amortizaciones, pero después de impuestos, sobre el coste inicial del activo.

CUADRO 5.1b

Todos los proyectos A, B y C cuestan 9.000 \$ y producen un beneficio medio de 2.000 \$. Por tanto, todos tienen una tasa de rendimiento contable del 44 por ciento.

Proyecto	Flujo de tesorería (en dólares)		
	Año 1	Año 2	Año 3
A Flujo de tesorería	6.000	5.000	4.000
Beneficio neto	3.000	2.000	1.000
B Flujo de tesorería	4.000	5.000	5.000
Beneficio neto	2.000	2.000	2.000
C Flujo de tesorería	4.000	5.000	6.000
Beneficio neto	1.000	2.000	3.000

Obsérvese también que el rendimiento contable medio depende del beneficio contable; no está basado en los flujos de tesorería del proyecto. Con frecuencia, los flujos de tesorería y el beneficio contable son muy diferentes. Por ejemplo, el contable califica algunas salidas de dinero como *inversiones de capital* y otras como *gastos operativos*. Los gastos operativos son, por supuesto, inmediatamente deducidos del beneficio de cada año. Las inversiones de capital se amortizan según un plan arbitrario elegido por el contable. Después, el coste por amortización se deduce del beneficio de cada año. De este modo el rendimiento contable medio depende de qué partidas considere el contable como inversiones de capital y con qué rapidez se amorticen. Sin embargo, las decisiones del contable no tienen nada que ver con el flujo de tesorería<sup>4</sup> y, por tanto, no deberían afectar a la decisión de aceptación o rechazo.

Una empresa que utilice el rendimiento contable medio tiene que fijar una referencia para juzgar un proyecto. Esta decisión es también arbitraria. A veces la empresa utiliza como referencia su rendimiento contable actual. En este caso, las empresas con altas tasas de rentabilidad en sus actuales negocios pueden verse conducidas a rechazar buenos proyectos, y las empresas con bajas tasas de rentabilidad pueden verse llevadas a aceptar malos proyectos.

El período de recuperación es una mala regla. El rendimiento contable medio es, probablemente, peor. Ignora el coste de oportunidad del dinero y

<sup>4</sup> Por supuesto, el método de amortización, utilizado a efectos impositivos, tiene consecuencias monetarias que deberían tomarse en cuenta al calcular el VAN.

no está basado en los flujos de tesorería de un proyecto, y las decisiones de inversión pueden estar relacionadas con la rentabilidad de los negocios presentes de la empresa.

### 5.5. TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (O DEL FLUJO DE TESORERÍA DESCONTADO)

Mientras el período de recuperación y el rendimiento medio contable son criterios *ad hoc*, la tasa interna de rentabilidad tiene un abolengo más respetable y es recomendada en muchos textos financieros. Por tanto, si insistimos más en sus deficiencias, no se debe a que éstas sean más numerosas, sino a que son menos obvias.

En el Capítulo 2 hemos señalado que el valor actual neto podría también expresarse en términos de tasa de rentabilidad, lo cual conduciría al siguiente criterio: «Acepte oportunidades de inversión que ofrezcan tasas de rentabilidad superiores a sus costes de oportunidad del capital». Adecuadamente interpretada, esta afirmación es absolutamente correcta. Sin embargo, la interpretación no siempre es sencilla en los proyectos de inversión duraderos.

No existe ambigüedad en la definición de la verdadera tasa de rentabilidad de una inversión que genera un único rendimiento al cabo de un período:

$$\text{Tasa de rentabilidad} = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{Inversión}} - 1$$

Alternativamente, podemos especificar el VAN de la inversión y hallar el tipo de descuento que hace el VAN = 0.

$$\text{VAN} = C_0 + \frac{C_1}{1 + \text{tasa de descuento}} = 0$$

lo que implica

$$\text{Tasa de descuento} = \frac{C_1}{-C_0} - 1$$

Por supuesto,  $C$  es el rendimiento y  $-C_0$  es la inversión requerida y, por tanto, nuestras dos ecuaciones dicen exactamente lo mismo. La *tasa de descuento que hace el VAN = 0 es también la tasa de rentabilidad*.

Por desgracia, no existe una manera totalmente satisfactoria de definir la auténtica tasa de rentabilidad de un activo duradero. El mejor concepto disponible es la denominada **tasa de rentabilidad del flujo de tesorería descontado** (FTD) o **tasa interna de rentabilidad** (TIR). La tasa interna de rentabilidad se utiliza frecuentemente en finanzas. Puede ser una medida práctica, pero, como veremos, también puede ser una medida engañosa. Por tanto, debería saber cómo calcularla y utilizarla adecuadamente.

La tasa interna de rentabilidad se define como el tipo de descuento que hace el VAN = 0. Esto significa que para hallar la TIR de un proyecto de inversión que dura  $T$  años, usted debe calcular la TIR en la siguiente expresión:

$$\text{VAN} = C_0 + \frac{C_1}{1 + \text{TIR}} + \frac{C_2}{(1 + \text{TIR})^2} + \dots + \frac{C_T}{(1 + \text{TIR})^T} = 0$$

El cálculo efectivo de la TIR implica normalmente un proceso de prueba y error. Por ejemplo, considere un proyecto que produce los siguientes flujos:

#### FLUJOS DE TESORERÍA (EN DÓLARES)

$C_0$	$C_1$	$C_2$
-4.000	+2.000	+4.000

La tasa interna de rentabilidad es TIR en la ecuación

$$\text{VAN} = -4.000 + \frac{2.000}{1 + \text{TIR}} + \frac{4.000}{(1 + \text{TIR})^2} = 0$$

Probemos arbitrariamente con un tipo de descuento cero. En este caso, el VAN no es cero, sino +2.000 dólares:

$$\text{VAN} = -4.000 + \frac{2.000}{1,0} + \frac{4.000}{(1,0)^2} = +2.000 \$$$

El VAN es positivo; por tanto, la TIR debe ser mayor que cero. La siguiente etapa podría ser probar un tipo de descuento del 50 por ciento. En este caso el valor actual neto es -889 \$:

$$\text{VAN} = -4.000 + \frac{2.000}{1,50} + \frac{4.000}{(1,50)^2} = -889 \$$$

El VAN es negativo; por tanto la TIR debe ser menor que el 50 por ciento. En la Figura 5.2 hemos recogido los valores actuales netos derivados de un abanico de tipos de descuento. Podemos ver en ella que un tipo de descuento del 28 por ciento da lugar al deseado valor actual neto igual a cero. Por tanto, la TIR es el 28 por ciento.

La manera más fácil de calcular la TIR, si hay que hacerlo a mano, es dibujar tres o cuatro combinaciones de VAN y tipo de descuento sobre un gráfico como el de la Figura 5.2, uniendo los puntos con una línea uniforme, y estimar el tipo de descuento al cual el VAN = 0. Por supuesto, es más

rápido y más seguro utilizar un ordenador o una calculadora especialmente programada, y esto es lo que hacen la mayoría de las empresas.

Ahora, el *criterio* de la tasa interna de rentabilidad es aceptar un proyecto de inversión si el coste de oportunidad del capital es menor que la tasa interna de rentabilidad. El razonamiento que subyace detrás de esta idea puede verse mirando otra vez a la Figura 5.2. Si el coste de oportunidad del capital es menor que el 28 por ciento de la TIR, entonces el proyecto tiene un VAN *positivo* cuando se descuenta al coste de oportunidad del capital. Si es igual a la TIR, el proyecto tiene un VAN *cero*. Y si es mayor que la TIR, el proyecto tiene un VAN *negativo*. Por tanto, cuando comparamos el coste de oportunidad del capital con la TIR de nuestro proyecto, estamos realmente preguntando si nuestro proyecto tiene un VAN positivo. Esto no sólo es cierto para nuestro ejemplo. El criterio dará la misma respuesta que el criterio del valor actual neto *siempre que el VAN de un proyecto sea una función uniformemente decreciente del tipo de descuento*<sup>5</sup>.

Muchas empresas prefieren el criterio de la tasa interna de rentabilidad al del valor actual neto. Nosotros pensamos que esto es una pena. Aunque, adecuadamente planteados, los dos criterios son formalmente equivalentes, la tasa interna de rentabilidad contiene varios defectos.

### Primer defecto: ¿Prestar o endeudarse?

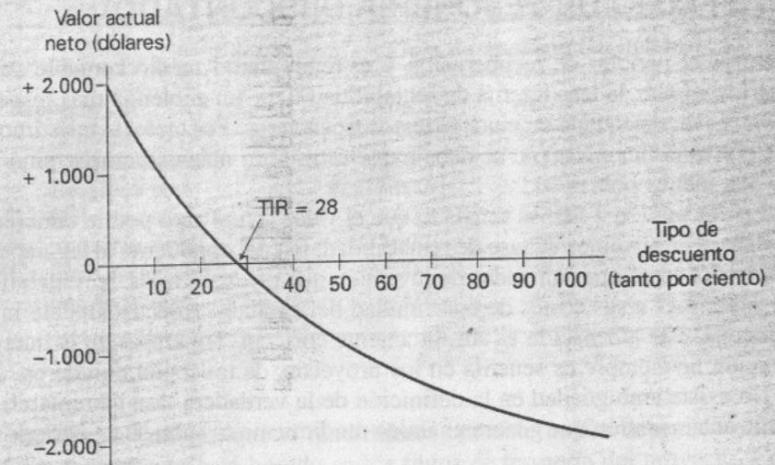
No todas las corrientes de flujos de tesorería tienen la propiedad de que el VAN disminuya a medida que el tipo de descuento aumenta. Consideremos los siguientes proyectos A y B:

Proyecto	Flujo de tesorería (en dólares)		TIR, en %	VAN al 10 %
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>		
A	-1.000	+1.500	+50	+364
B	+1.000	-1.500	+50	-364

<sup>5</sup> He aquí un aviso de prudencia. Algunas personas confunden la tasa interna de rentabilidad y el coste de oportunidad del capital, debido a que ambos aparecen como tipos de descuento en la fórmula del VAN. La tasa interna de rentabilidad es una *medida* de rentabilidad que depende únicamente de la cuantía y duración de los flujos de tesorería del proyecto. El coste de oportunidad del capital es un *estándar de rentabilidad* para el proyecto, que nosotros utilizamos para calcular cuánto vale el proyecto. El coste de oportunidad del capital se establece en los mercados de capitales. Es la tasa esperada de rentabilidad ofrecida por otros activos equivalentes en riesgo al proyecto que está siendo evaluado.

FIGURA 5.2

Este proyecto cuesta 4.000 \$ y produce unas entradas de tesorería de 2.000 \$ en el año 1 y 4.000 \$ en el año 2. Su tasa interna de rentabilidad (TIR) es el 28 por ciento, tipo de descuento al cual el VAN es cero.



Cada proyecto tiene una TIR del 50 por ciento. (Expresado en otras palabras,  $-1000 + 1500/1,5 = 0$  y  $+1000 - 1500/1,5 = 0$ .)

¿Significa esto que son igualmente atractivos? Claramente, no. En el caso de A, donde inicialmente estamos pagando 1.000 \$, estamos *prestando* dinero al 50 por ciento; en el caso de B, donde inicialmente estamos recibiendo 1.000 \$ estamos *tomando prestado* dinero al 50 por ciento. Cuando prestamos dinero, deseamos una *alta* tasa de rentabilidad; cuando nos endeudamos, deseamos una tasa de rentabilidad *baja*.

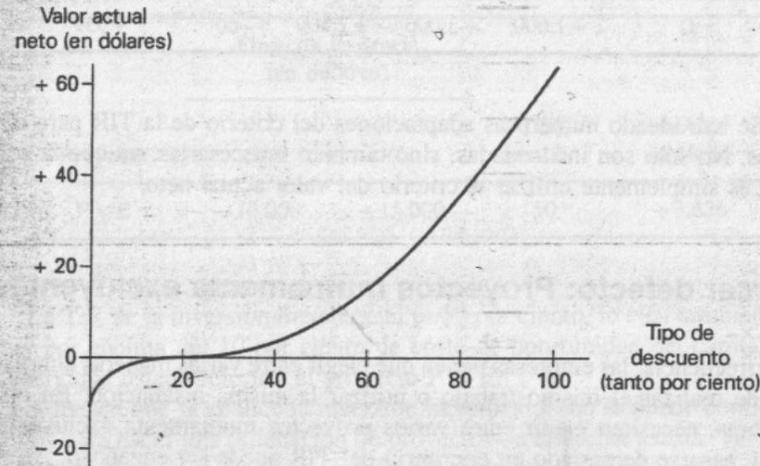
Si dibuja un gráfico como el de la Figura 5.2 para el proyecto B, encontrará que el VAN aumenta a medida que aumenta el tipo de descuento. Obviamente, el criterio de la tasa interna de rentabilidad, como hemos indicado anteriormente, no funciona en este caso; tenemos que buscar una TIR *menor* que el coste de oportunidad del capital.

Esto es bastante sencillo, pero analicemos ahora el proyecto C:

Proyecto	Flujos de tesorería (en \$)				TIR en %	VAN al 10 %
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>		
C	+1.000	-3.600	+4.320	-1.728	+20	-0,75

FIGURA 5.3

El valor actual neto del proyecto C aumenta a medida que el tipo de descuento aumenta.



Resulta que el proyecto C tiene un VAN igual a cero al tipo de descuento del 20 por ciento. Si el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento, significa que el proyecto es bueno. ¿O no es así? En parte, el proyecto C es como endeudarse, debido a que recibimos dinero ahora y lo pagamos en el primer período; en parte es también como prestar dinero, debido a que pagamos dinero en el período 1 y lo recobramos en el período 2. ¿Deberíamos aceptarlo o rechazarlo? La única manera de encontrar la respuesta es mirar el valor actual neto. La Figura 5.3 muestra que el VAN de nuestro proyecto *aumenta* a medida que el tipo de descuento aumenta. Si el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento (es decir, menor que la TIR), el proyecto tiene un pequeño VAN negativo y deberíamos rechazarlo.

### Segundo defecto: Tasas de rentabilidad múltiples

En la mayoría de los países existe normalmente un pequeño lapso de tiempo entre el momento en que la empresa recibe ingresos y el momento en que paga impuestos por esos ingresos. Considere el caso de Hector Castro, que necesita valorar una campaña de publicidad para la empresa de vegetales enlatados para la que trabaja como director financiero. La campaña conlleva un desembolso inicial de 1 millón de dólares, pero se espera que aumente los

beneficios antes de impuestos en 300.000 \$ en cada uno de los próximos cinco períodos. La tasa impositiva es el 50 por ciento, y los impuestos se pagan con un retraso de un período. Por tanto, los flujos de caja esperados de la inversión son los siguientes:

	Flujos de caja. Miles de Dólares						
	Período						
	0	1	2	3	4	5	6
Flujo antes de impuestos	-1.000	+300	+300	+300	+300	+300	
Impuestos		+500	-150	-150	-150	-150	-150
Flujo Neto	-1.000	+800	+150	+150	+150	+150	-150

Nota: El millón de dólares de desembolso en el período 0 reduce los impuestos de la empresa en el período 1 por 500.000 dólares; así, introducimos +500 en el año 1.

El Sr. Castro calcula la tasa interna de rentabilidad del proyecto (TIR) y su VAN de la siguiente foma:

TIR, porcentaje	VAN al 10 %
-50 y 15,2	74,9 o 74.900 \$

Fíjese que hay *dos* tasas de descuento que hacen el VAN = 0. Esto es, *cada una* de las siguientes ecuaciones dan como resultado 0.

$$\text{VAN} = -1.000 + \frac{800}{(0,50)^1} + \frac{150}{(0,50)^2} + \frac{150}{(0,50)^3} + \frac{150}{(0,50)^4} + \frac{150}{(0,50)^5} - \frac{150}{(0,50)^6} = 0$$

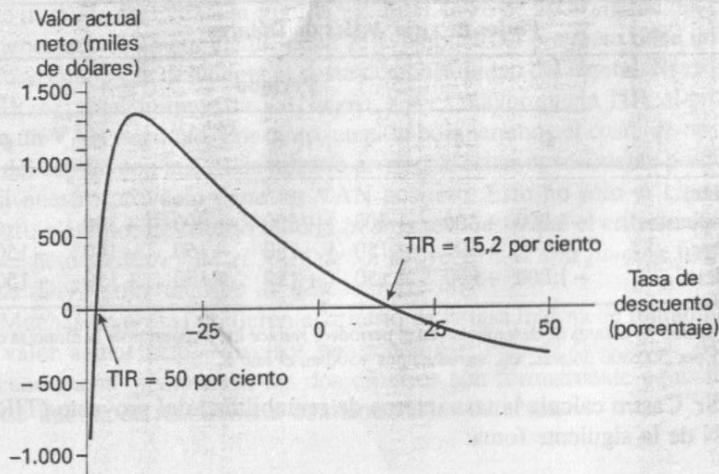
y

$$\text{VAN} = -1.000 + \frac{800}{(1,152)^1} + \frac{150}{(1,152)^2} + \frac{150}{(1,152)^3} + \frac{150}{(1,152)^4} + \frac{150}{(1,152)^5} - \frac{150}{(1,152)^6} = 0$$

En otras palabras, la inversión tiene una TIR de -50 y de 15,2 por ciento. La Figura 5.4 muestra como sucede esto. Al aumentar la tasa de descuen-

FIGURA 5.4

La campaña de publicidad tiene dos tasas internas de rentabilidad. VAN = 0 cuando la tasa de descuento es -50% y cuando es +15,2%.



to, el VAN inicialmente se eleva y después decae. Esta situación se debe al doble cambio en el signo de la corriente de flujos de caja.

Puede haber tantas tasas internas de rentabilidad para un proyecto como cambios en el signo del flujo de caja<sup>6</sup>.

En nuestro ejemplo el doble cambio de signo fue causado por el retraso en el pago de impuestos, pero no es la única razón por la que puede ocurrir. Por ejemplo, muchos proyectos implican importantes costes de desinstalación. Si usted explota una mina de carbón, puede que tenga que invertir grandes sumas para recuperar el terreno después de que se haya explotado el carbón. Por consiguiente, una mina nueva crea una inversión inicial (flujo de caja negativo inicial), una serie de flujos de caja positivos y un desembolso final para la recuperación. El signo de la corriente de flujos de caja cambia dos veces, y las empresas mineras típicamente se enfrentan a dos TIR.

Por si esto no fuese suficiente, también hay casos en los que *no* existe tasa de rentabilidad alguna. Por ejemplo, el proyecto E tiene un valor actual neto positivo para cualquier tipo de descuento.

<sup>6</sup> Por la «regla de los signos» de Descartes, puede haber tantas soluciones diferentes para un polinomio como cambios de signo tenga. Para una discusión del problema de las múltiples tasas de rentabilidad, véase J. H. Lorie y L. J. Savage: «Three Problems in Rationing Capital», *Journal of Business*, 28: 229-239 (octubre, 1955); y E. Solomon: «The Arithmetic of Capital Budgeting», *Journal of Business*, 29: 124-129 (abril, 1956).

Proyecto	Flujo de tesorería (en dólares)			TIR, en %	VAN al 10 %
	$C_0$	$C_1$	$C_2$		
D	+1.000	-3.000	+2.500	no	+339

Se han ideado numerosas adaptaciones del criterio de la TIR para tales casos. No sólo son inadecuadas, sino también innecesarias, ya que la solución es simplemente utilizar el criterio del valor actual neto.

### Tercer defecto: Proyectos mutuamente excluyentes

Con frecuencia, las empresas tienen que elegir entre varias maneras alternativas de realizar el mismo trabajo o utilizar la misma instalación. En otras palabras, necesitan elegir entre varios proyectos mutuamente excluyentes. Aquí, basarse demasiado en el criterio del TIR puede ser engañoso.

Considere los proyectos E y F:

Proyecto	Flujo de tesorería (en dólares)		TIR, en %	VAN al 10 %
	$C_0$	$C_1$		
E	-10.000	+20.000	100	+ 8.182
F	-20.000	+35.500	75	+11.818

Puede que el proyecto E sea un instrumento controlado manualmente, y que F sea el mismo instrumento añadiéndole el control por ordenador. Ambos son buenos proyectos, pero F tiene el mayor VAN y es, por tanto, el mejor. Sin embargo el criterio de la TIR parece indicar que, si tiene que elegir, debería inclinarse por E, ya que tiene la mayor TIR. Si sigue el criterio de la TIR, tiene la satisfacción de ganar una tasa de rentabilidad del 100 por ciento; si sigue el criterio del VAN, tiene una riqueza de 11.818 \$ más.

En estos casos, puede salvar usted el criterio de la TIR analizando la tasa interna de rentabilidad de los flujos incrementales. He aquí cómo hacerlo. Primero, considere el proyecto menor (E en nuestro ejemplo). Éste tiene una TIR del 100 por ciento, lo cual supera ampliamente el 10 por ciento de coste

de oportunidad del capital. Sabe, por tanto, que E es aceptable. Pregúntese ahora si merece la pena hacer la inversión adicional de 10.000 \$ en F. Los flujos incrementales obtenidos al llevar a cabo F en vez de E son los siguientes:

Proyecto	Flujo de tesorería (en dólares)		TIR, en %	VAN al 10 %
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>		
F y E	-10.000	+15.000	50	+3.636

La TIR de la inversión incremental es 50 por ciento, lo cual también está muy por encima del 10 por ciento de coste de oportunidad del capital. De manera que usted preferiría el proyecto F al E.<sup>7</sup>

A menos que se analice la inversión incremental, no se puede confiar en la TIR para hacer una ordenación de proyectos de diferente escala. También es poco fiable para realizar ordenaciones de proyectos que ofrecen diferentes perfiles de flujos de tesorería a lo largo del tiempo. Por ejemplo, supongamos que la empresa puede emprender el proyecto G o el proyecto H, pero no ambos (ignore I por el momento):

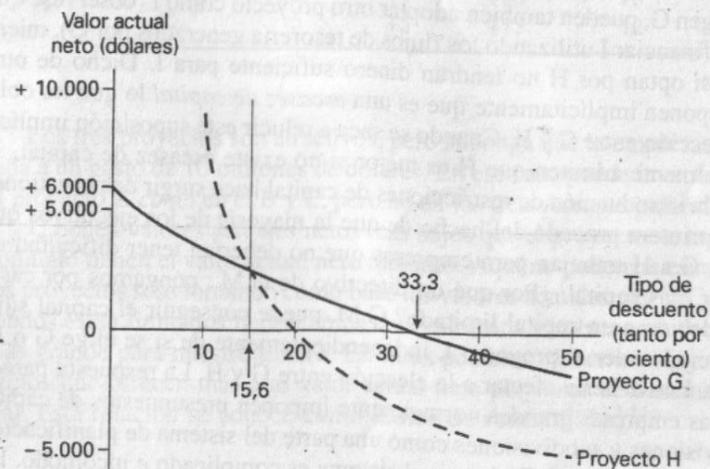
Proyecto	Flujos de tesorería (en dólares)							TIR en %	VAN al 10 %
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	Etc.		
G	-9.000	+6.000	+5.000	+4.000	0	0	...	33	3.592
H	-9.000	+1.800	+1.800	+1.800	+1.800	+1.800	...	20	9.000
I		-6.000	+1.200	+1.200	+1.200	+1.200	...	20	6.000

El proyecto G tiene una TIR mayor, pero el proyecto H tiene un VAN mayor. La Figura 5.5 muestra por qué los dos criterios dan diferentes respuestas. La línea continua representa el valor actual neto del proyecto G para diferentes tipos de descuento. Dado que un tipo de descuento del 33 por

<sup>7</sup> Sin embargo, puede encontrarse con que ha pasado del fuego a las brasas. Las series de flujos de tesorería incrementales pueden implicar varios cambios de signo. En este caso, es probable que haya múltiples TIR y, después de todo, se verá obligado a utilizar criterio del VAN.

FIGURA 5.5

La TIR del proyecto G es mayor que la del proyecto H pero el valor actual neto del proyecto I es mayor sólo si el tipo de descuento es mayor al 15,6 por ciento.



ciento produce un valor actual neto de cero, ésta es la tasa interna de rentabilidad del proyecto G. De manera similar, la línea discontinua muestra el valor actual neto del proyecto H para diferentes tipos de descuento. La TIR del proyecto H es del 20 por ciento. (Supongamos que los flujos de tesorería del proyecto H continúan indefinidamente.) Observe que el proyecto H tiene un VAN mayor siempre y cuando el coste de oportunidad del capital sea inferior al 15,6 por ciento.

La razón por la cual la TIR conduce a error es que las entradas totales de tesorería del proyecto H mayores, pero tienden a ocurrir más tarde. Por tanto, cuando la tasa de descuento es bajo, H tiene el mayor VAN; cuando la tasa de descuento es alta, G tiene el mayor VAN. (Se puede ver en la Figura 5.5 que los dos proyectos, tienen el mismo VAN cuando el tipo de descuento es el 15,6 por ciento.) Las tasas internas de rentabilidad de los dos proyectos nos dicen que para una tasa de descuento del 20 por ciento H tiene un VAN igual a cero (TIR = 20 por ciento) y G tiene un VAN positivo. De este modo, si el coste de oportunidad del capital fuese el 20 por ciento, los inversores atribuirían un valor mayor al proyecto G, de más corta duración. Pero, en nuestro ejemplo, el coste de oportunidad del capital no es del 20 por ciento, sino del 10 por ciento. Los inversores están dispuestos a pagar precios relativamente altos por títulos a largo plazo, y por ello pagarán un precio relativamente alto por el proyecto de mayor duración. A un coste de capital del 10 por ciento

una inversión en H tiene un VAN de 9.000 \$ y una inversión en G tiene un VAN de sólo 3.592.<sup>8</sup>

Éste es uno de nuestros ejemplos favoritos. Hemos encontrado muchas reacciones a él por parte de los hombres de empresa. Cuando pedíamos que se eligiera entre G y H muchos elegían G. La razón parece ser el rápido plazo de recuperación que proporciona el proyecto G. En otras palabras, ellos creen que si eligen G, pueden también adoptar otro proyecto como I (obsérvese que se puede financiar I utilizando los flujos de tesorería generados por G), mientras que si optan por H no tendrán dinero suficiente para I. Dicho de otro modo, suponen implícitamente que es una *escasez de capital* lo que les obliga a la elección entre G y H. Cuando se saca a relucir esta suposición implícita, normalmente admiten que H es mejor si no existe escasez de capital.

Pero la introducción de restricciones de capital hace surgir dos cuestiones más. La primera procede del hecho de que la mayoría de los ejecutivos que prefieren G a H trabajan para empresas que no deberían tener dificultad en conseguir más capital. ¿Por qué un directivo de G.M., pongamos por caso, elige G debido a un capital limitado? G.M. puede conseguir el capital suficiente y emprender el proyecto I, independientemente de si se elige G o H, por tanto, I no debería afectar a la elección entre G y H. La respuesta parece ser que las empresas grandes normalmente imponen presupuestos de capital sobre divisiones y subdivisiones como una parte del sistema de planificación y control de la empresa. Dado que el sistema es complicado e incómodo, los presupuestos no se alteran con facilidad, y debido a ello son percibidos por los directivos intermedios como limitaciones reales.

La segunda cuestión es ésta. Si hay una limitación de capital, ya sea real o autoimpuesta, ¿debería utilizarse la TIR para realizar una ordenación de proyectos? La respuesta es no. El problema, en este caso, es encontrar el paquete de proyectos de inversión que satisface la limitación de capital y tiene el mayor valor actual neto. El criterio de la TIR no identificará este paquete. Como mostraremos en la siguiente sección, la única manera práctica de hacerlo es utilizar la técnica de la programación lineal.

Cuando tenemos que elegir entre los proyectos G y H es más fácil comparar los valores actuales netos. Pero si se siente seducido por el criterio de la TIR, puede utilizarlo siempre y cuando analice la tasa interna de rentabilidad de los flujos incrementales. El procedimiento es exactamente el mismo que el mostrado anteriormente. Primero, se comprueba que el proyecto G tiene una TIR satisfactoria. Luego se analiza la rentabilidad de la inversión adicional en H.

<sup>8</sup> Con frecuencia se sugiere que la elección entre el criterio del valor actual neto y el criterio de la tasa interna de rentabilidad debería depender de la tasa probable de reinversión. Esto es erróneo. Nunca se debería permitir que la futura rentabilidad de otra inversión independiente influya en la decisión de inversión. Para una discusión de la hipótesis de reinversión, véase A. A. Alchian: «The Rate of Interest, Fisher's Rate of Return over Cost and Keynes Internal Rate of Return», *American Economic Review*, 45: 938-942 (diciembre, 1955).

Flujos de tesorería (en dólares)

Proyecto	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	Et.	TIR en %	VAN al 10 %
H-G	0	-4.200	-3.200	-2.200	+1.800	+1.800	...	15,6	+5.408

La TIR de la inversión incremental en H es el 15,6 por ciento. Dado que es mayor que el coste de oportunidad del capital, debería emprenderse H en vez de G.

#### Cuarto defecto: ¿Qué ocurre cuando no podemos eludir la estructura temporal de los tipos de interés?

Hemos simplificado nuestra discusión sobre el presupuesto de capital suponiendo que el coste de oportunidad del capital es el mismo para todos los flujos de tesorería, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, etc. Ahora éste no es el lugar adecuado para discutir la estructura temporal de los tipos de interés, pero debemos señalar ciertos problemas que surgen con el criterio de la TIR cuando los tipos de interés a corto plazo son distintos de los tipos a largo plazo.

Recordemos nuestra fórmula general para calcular el VAN:

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{1 + r_1} + \frac{C_2}{(1 + r_2)^2} + \dots$$

En otras palabras, descontamos al coste de oportunidad del capital para un año, C<sub>2</sub> al coste de oportunidad del capital para dos años, y así sucesivamente. El criterio de la TIR nos dice que aceptemos un proyecto si la TIR es mayor que el coste de oportunidad del capital. ¿Pero qué hacemos cuando tenemos varios costes de oportunidad del capital? ¿Comparamos la TIR con r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, r<sub>3</sub>, ...? En realidad, deberíamos calcular una complicada media ponderada de estos tipos para obtener un número comparable con la TIR.

¿Qué significa esto para el presupuesto de capital? Significa dificultades para el criterio de la TIR siempre que la estructura temporal de los tipos de interés llegue a ser importante<sup>9</sup>. En una situación en la que sea importante, tenemos que comparar la TIR del proyecto con la TIR esperada (rentabilidad

<sup>9</sup> El origen de la dificultad radica en que la TIR es una cifra derivada sin ninguna interpretación económica simple. Si queremos definirla, no podemos hacerlo más que diciendo que es el tipo de descuento que aplicado a todos los flujos de tesorería hace el VAN = 0. La TIR es una media compleja de diferentes tipos de interés. Aquí el problema no radica en la incomodidad de su cálculo, sino en que es un número sin demasiada utilidad.

al vencimiento) ofrecida por un título negociable que: 1) tenga un riesgo similar al del proyecto, y 2) ofrezca la misma secuencia de flujos de tesorería que el proyecto. Esto es más fácil decirlo que hacerlo. Es mucho más fácil olvidarse de la TIR y calcular el VAN.

Muchas empresas utilizan la TIR, suponiendo de ese modo implícitamente que no hay diferencias entre los tipos de interés a corto y a largo plazo. Hacen esto por la misma razón que hasta ahora nosotros hemos eludido el asunto de la estructura temporal: simplicidad<sup>10</sup>.

### Veredicto sobre la TIR

Hemos dado cuatro ejemplos de cosas que pueden conducir a error con la TIR. Hemos dado sólo un ejemplo sobre lo que podría conducir a error con el período de recuperación o el rendimiento contable. ¿Significa esto que la TIR es cuatro veces peor que las otras reglas? Todo lo contrario. Hay pocos aspectos en las deficiencias del período de recuperación o del rendimiento contable sobre los que explayarse.

Indudablemente, son reglas *ad hoc*, que a menudo conducen a conclusiones absurdas. El criterio de la TIR tienen un abolengo mucho más respetable. Es menos fácil de utilizar que el VAN, pero adecuadamente utilizada da la misma repuesta.

### 5.6. ELECCIÓN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES CON RECURSOS LIMITADOS

Toda nuestra discusión acerca de los métodos de presupuesto de capital se ha basado en la proposición de que la riqueza de los accionistas de la empresa es mayor si la empresa acepta *cualquier* proyecto que tenga un valor actual neto positivo. Supongamos, no obstante, que hay restricciones en el programa de inversiones que impiden a la empresa llevar a cabo todos los proyectos. Los economistas llaman a esto *racionamiento de capital*. Cuando el capital está racionado necesitamos un método para seleccionar el paquete de proyectos que con los recursos de la empresa proporciona el mayor valor actual neto posible.

#### Un problema fácil de racionamiento de capital

Empecemos con un ejemplo sencillo. El coste de oportunidad de capital el 10 por ciento y nuestra empresa tiene las siguientes oportunidades:

<sup>10</sup> En el Capítulo 9 analizaremos algunos casos especiales en los que sería erróneo utilizar el mismo tipo de descuento para flujos a corto y a largo plazo.

Flujos de caja (millones de dólares)				
Proyecto	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	VAN Al 10 %
A	-10	+30	+5	21
B	-5	+5	+20	16
C	-5	+5	+15	12

Los tres proyectos son atractivos, pero suponga que la empresa está limitada a un gasto de 10 millones de dólares. En ese caso puede invertir *tanto* en el proyecto A *como* en el B y C, pero no en los tres. Aunque individualmente B y C tienen valores actuales netos más bajos que el proyecto A, tomados en conjunto tienen el valor actual neto más alto. Aquí no podemos escoger entre los proyectos solo tomando como base los valores actuales netos. Cuando los fondos están limitados necesitamos concentrarnos en obtener la recompensa más grande para nuestro dinero. En otras palabras, debemos elegir los proyectos que ofrecen más alto valor actual neto por dólar de desembolso inicial. Esta relación se conoce como **índice de rentabilidad**<sup>11</sup>:

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\text{Valor actual neto}}{\text{Inversión}}$$

Para nuestros tres proyectos el índice de rentabilidad se calcularía de la siguiente forma<sup>12</sup>:

Proyecto	Inversión (millones de dólares)	VAN (millones de dólares)	Índice de rentabilidad
A	10	21	2,1
B	5	16	3,2
C	5	12	2,4

<sup>11</sup> Si un proyecto requiere desembolsos en dos o más períodos, el denominador debería ser el valor actual de los desembolsos (algunas empresas no actualizan los beneficios ni los costes antes de calcular el índice de rentabilidad. Mejor no hablar de ellas).

<sup>12</sup> Algunas veces el índice de rentabilidad se define como el ratio entre valor actual y desembolso inicial, esto es, VA/Inversión. Esta medida se conoce también como ratio beneficio-coste. Para calcular el ratio beneficio-coste, simplemente añadimos 1 al índice de rentabilidad. Las jerarquizaciones de proyectos no cambian.

El proyecto B tiene el índice de rentabilidad más alto y le sigue el proyecto C. Por tanto, si nuestro límite presupuestario es de 10 millones de dólares deberíamos aceptar estos dos proyectos<sup>13</sup>.

Lamentablemente, hay algunas limitaciones en este método sencillo de clasificación. Una de las más serias es que falla si está racionado más de un recurso. Por ejemplo, supongamos que se aplica un límite presupuestario de 10 millones de dólares sobre los flujos de tesorería en cada uno de los años 0 y 1, que nuestra lista de proyectos se amplía de la siguiente forma, incluyendo el proyecto D:

Proyecto	Flujo de tesorería (en millones de dólares)			VAN al 10 %	Índice de rentabilidad
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>		
A	-10	+30	+5	21	2,1
B	-5	+5	+20	16	3,2
C	-5	+5	+15	12	3,4
D	-0	-40	+60	13	0,4

Una estrategia consiste en aceptar los proyectos B y C; sin embargo, si hacemos esto, no podemos aceptar también D, que cuesta más que nuestro límite presupuestario del período 1. Una alternativa es aceptar el proyecto A en el período 0. Aunque tiene un menor valor actual neto que la combinación de B y C, proporciona 30 millones de dólares de flujo de tesorería positivo en el período 1. Con esto sumado al presupuesto de 10 millones de dólares podremos realizar también el D, A y D tienen unos índices de rentabilidad menores que B y C, pero tienen un valor actual neto total mayor.

La razón por la que falla la ordenación del índice de rentabilidad en este ejemplo es que los recursos están limitados en cada uno de los dos períodos. De hecho, el método de ordenación es inadecuado si hay cualquier otra restricción en la elección de proyectos. Esto significa que no puede afrontar con éxito situaciones en las que dos proyectos son mutuamente excluyentes o en las que un proyecto depende de otro.

<sup>13</sup> Si un proyecto tiene un índice de rentabilidad positivo, debe tener también un VAN positivo. Por tanto, las empresas usan a veces el índice de rentabilidad para seleccionar proyectos cuando el capital no está limitado. Sin embargo, como el TIR, el índice de rentabilidad puede inducir a error cuando se usa para elegir entre proyectos mutuamente excluyentes. Por ejemplo, suponga que se ha visto forzado a elegir entre (1) invertir 100 dólares en un proyecto cuyos flujos tienen un valor actual de 200 dólares; (2) invertir 1 millón de dólares en un proyecto cuyos flujos tienen un valor actual de 1,5 millones de dólares. La primera inversión tiene el índice de rentabilidad más alto; la segunda le hará más rico.

### \*Algunos modelos de racionamiento de capital más elaborados

La sencillez del método del índice de rentabilidad puede compensar sus limitaciones. Por ejemplo, puede que no compense preocuparse por los gastos de los próximos años si únicamente se tiene una vaga noción de la disponibilidad futura de capital o de las oportunidades de inversión. Pero hay otras circunstancias en las que las limitaciones del método del índice de rentabilidad son intolerables. Para tales ocasiones se necesita un método más general de resolución de problemas de racionamiento de capital.

Volvamos al problema descrito. Supongamos que tuviésemos que aceptar una proporción  $x_A$  del proyecto A de nuestro ejemplo. Entonces, el valor actual neto de nuestra inversión en el proyecto sería  $21x_A$ . De forma similar, el valor actual neto de nuestra inversión en el proyecto B puede expresarse como  $16x_B$ , y así sucesivamente. Nuestro objetivo es seleccionar el conjunto de proyectos con el mayor valor actual neto total. En otras palabras, deseamos encontrar los valores de  $x$  que maximizan

$$VAN = 21x_A + 16x_B + 12x_C + 13x_D$$

Nuestra elección de proyectos está sujeta a diversas restricciones. Primero, la salida total de tesorería en el período 0 no debe ser mayor de 10 millones de dólares. En otras palabras,

$$10x_A + 5x_B + 5x_C + 0x_D \leq 10$$

De forma similar, la salida total en el período 1 no tiene que ser mayor de 10 millones de dólares.

$$-30x_A - 5x_B - 5x_C - 40x_D \leq 10$$

Finalmente, no se puede invertir una cantidad negativa en un proyecto y no se puede adquirir más que uno de cada. Por tanto, tenemos

$$0 \leq x_A \leq 1, \quad 0 \leq x_B \leq 1, \dots$$

Recopilando todas estas condiciones, podemos resumir el problema así:

Maximizar  $21x_A + 16x_B + 12x_C + 13x_D$

Sujeto a

$$\begin{aligned} 10x_A + 5x_B + 5x_C + 0x_D &\leq 10 \\ -30x_A - 5x_B - 5x_C + 40x_D &\leq 10 \\ 0 \leq x_A \leq 1, \quad 0 \leq x_B \leq 1, \dots \end{aligned}$$

Una forma de abordar el problema es ir seleccionando los diferentes valores de  $x$ , anotando la combinación que satisface las restricciones y da el mayor valor actual neto. Pero es más inteligente percatarse de que las ecuaciones anteriores constituyen un problema de programación lineal (PL). Puede utilizarse un ordenador para resolver PL.

La respuesta dada por el método de PL es algo diferente de la que obtuvimos anteriormente. En lugar de invertir en una unidad del proyecto A y una del proyecto D, se nos aconseja llevar a cabo la mitad del proyecto A, todo el proyecto B y tres cuartas partes de D. La razón es sencilla. El ordenador es tonto pero obediente, simpático y puesto que no le hemos dicho que los valores de  $x$  deberían ser enteros no había razón para que los considerara así. Aceptando proyectos «fraccionarios» es posible aumentar el VAN en 2,25 millones de dólares. En muchos casos esto es bastante pertinente. Si el proyecto A representa una inversión en un almacén de 1.000 pies cuadrados o en 1.000 toneladas de chapa de acero, podría ser factible aceptar 500 pies cuadrados de almacén o 500 toneladas, y bastante razonable suponer que el flujo de tesorería se reduciría proporcionalmente. Si, sin embargo, el proyecto A es una grúa o un pozo de petróleo, tal inversión fraccionaria tiene poco sentido.

Cuando no son factibles los proyectos fraccionarios, podemos utilizar una forma de programación lineal conocida como *programación entera* (o *cero-uno*), que limita todas las  $x$  a números enteros. Lamentablemente, los programas enteros son menos comunes y más difíciles de utilizar\*.

## Utilización de los modelos de racionamiento de capital

Los modelos de programación lineal parecen hechos a medida para resolver problemas de presupuesto de capital cuando los recursos son limitados. ¿Por qué entonces, no están aceptados universalmente ni en la teoría ni en la práctica? Una razón es que estos modelos a menudo no son baratos de utilizar. Sabemos de una compañía de petróleo que gastó más de 4 millones de dólares en un año en un modelo de planificación de inversiones basado en la programación entera. Aun cuando la programación lineal es considerablemente más barata en términos de tiempo de ordenador, no puede utilizarse cuando se trata de proyectos grandes e indivisibles.

Segundo, como con cualquier herramienta complicada de planificación a largo plazo, existe el problema general de suministrar buenos datos. No vale aplicar métodos costosos y complicados a datos pobres. Además, estos modelos están basados en el supuesto de que todas las oportunidades futuras de

inversión son conocidas. En realidad, el descubrimiento de ideas de inversión es un proceso abierto.

El punto en el que se centran nuestras más serias dudas es el supuesto básico de que el capital está limitado. Cuando se discuta la financiación de la empresa, veremos que la mayor parte de las empresas no tienen racionamiento de capital y pueden obtener grandes sumas de dinero en condiciones aceptables. ¿Por qué muchos presidentes de empresas dicen a sus subordinados que el capital es limitado? Si están en lo cierto, resulta que el mercado de capitales es bastante imperfecto. Entonces, ¿qué hacen maximizando el VAN?<sup>14</sup> Podíamos estar tentados de suponer que si el capital no está racionado, no *necesitamos* utilizar el modelo de PL y, si está racionado, entonces seguramente no *deberíamos* utilizarlo. Pero esto no sería más que una opinión demasiado superficial. Observemos el problema con mayor detalle.

**Racionamiento débil.** Las restricciones de capital para muchas empresas son «débiles». No reflejan imperfecciones en el mercado de capitales, sino que son límites provisionales adoptados por los directivos como ayuda para el control financiero.

Algunos directivos de división ambiciosos sobrevaloran habitualmente sus oportunidades de inversión. En vez de tratar de distinguir los proyectos que son realmente valiosos, los directores generales encuentran más fácil imponer un límite superior a las inversiones de la división y, por tanto, forzar a las divisiones a que elijan sus propias prioridades. En tales casos, los límites presupuestarios son un método rudimentario, pero efectivo, de hacer frente a previsiones sesgadas de los flujos de tesorería. En otros casos, la dirección puede creer que un crecimiento muy rápido de la empresa introduciría tensiones intolerables en la administración y la organización. Ya que tales restricciones son difíciles de cuantificar explícitamente, el límite presupuestario puede utilizarse como una aproximación.

Como tales límites presupuestarios no tienen nada que ver con ineficiencias en el mercado de capitales, no hay contradicción en el uso por la división del modelo de PL para maximizar el valor actual neto sujeto a la restricción presupuestaria. Por otra parte, no tiene mucho sentido la elaboración de procedimientos de selección si las previsiones de flujos de tesorería de la división están seriamente sesgadas.

Aun si el capital no está racionado, pueden estarlo otros recursos. La disponibilidad de tiempo de dirección, mano de obra especializada o —incluso— otro equipo de capital a menudo constituye una restricción importante al crecimiento de la empresa. En el Apéndice de este capítulo mostramos cómo el modelo de programación que hemos descrito puede ampliarse para incorporar tales restricciones. Y también mostramos cómo puede usarse para incorporar interrelaciones de proyectos.

\* Los programas de hoja de cálculo cuentan ya con esta posibilidad. (N. del t.).

<sup>14</sup> No olvide que hay que suponer mercados perfectos de capital para derivar el criterio del VAN.

**Racionamiento fuerte.** El racionamiento débil nunca debería suponer un coste para ninguna empresa: si las restricciones llegan a ser lo bastante severas como para hacer daño en el sentido de que proyectos con VAN significativamente positivos son arrinconados, entonces la empresa asigna más dinero y afloja las restricciones. ¿Pero y si *no puede* asignar más dinero?, ¿qué pasa si existe racionamiento fuerte?

El racionamiento fuerte implica imperfecciones de mercado, pero no significa necesariamente que desechemos el valor actual neto como criterio para el presupuesto de capital. Depende de la naturaleza de la imperfección.

Arizona Aquaculture, Inc. (AAI) toma prestado cuantos fondos ponen los bancos a su disposición, y aun así todavía tiene buenas oportunidades de inversión. Esto no es un racionamiento fuerte en la medida que AAI pueda emitir acciones. Pero tal vez no sea posible. Quizá el fundador y la mayoría de los accionistas vetan la idea por miedo a perder el control de la empresa. Tal vez una emisión de acciones suponga costosos trámites o complicaciones legales<sup>15</sup>.

Esto no invalida el criterio del VAN. Los *accionistas* de AAI pueden endeudarse y prestar, vender sus acciones o comprar más. Tienen libre acceso al mercado de títulos. El tipo de cartera que mantienen es independiente de las decisiones de inversión y financiación de AAI. La única forma que

tiene AAI de ayudar a sus accionistas es haciéndolos más ricos. Así que AAI debería invertir su tesorería disponible en el paquete de proyectos que tenga un valor actual neto agregado mayor.

Una barrera entre la empresa y el mercado de capitales no socava el valor actual neto con tal que la barrera sea la *única* imperfección del mercado. La cuestión importante es que los *accionistas* de la empresa tengan libre acceso a mercados de capital que funcionen correctamente.

El método del valor actual neto *se ve* minado cuando las imperfecciones del mercado restringen la elección de la cartera de los accionistas. Supongamos que Nevada Aquaculture, Inc. (NAI) es propiedad únicamente de su fundador, Alejandro Rodaballo. Al señor Rodaballo no le queda tesorería ni crédito, pero está convencido de que la expresión de sus operaciones es una inversión con VAN elevado.

Ha tratado de vender acciones, pero se ha encontrado con que los inversores en perspectiva, escépticos ante la propuesta de piscifactorías en el desierto, le ofrecen mucho menos de lo que cree que vale su empresa. Para el señor Rodaballo el mercado de capitales difícilmente existe. Tiene poco sentido para él descontar los flujos de tesorería previstos al coste de oportunidad del mercado de capitales.

## 5.7. RESUMEN

Si va a persuadir a su empresa para que utilice el criterio del valor actual neto, debe estar preparado para explicar por qué otros criterios *no* conducen a decisiones correctas. Por eso hemos dedicado este capítulo a tres criterios de inversión alternativos.

Algunas empresas utilizan el método del plazo de recuperación para tomar decisiones de inversión. En otras palabras, aceptan sólo aquellos proyectos que recuperan su inversión inicial dentro de cierto período especificado. El período de recuperación es una regla *ad hoc*. Ignora el orden en que se suceden los flujos de tesorería dentro del período del plazo de recuperación, e ignora totalmente los flujos de tesorería posteriores. No tiene en cuenta, por tanto, el coste de oportunidad del capital.

La simplicidad del período de recuperación hace de él un mecanismo fácil para *describir* proyectos de inversión. Los directivos hablan ocasionalmente de proyectos de «rápido período de recuperación», de la misma manera que los inversores hablan de acciones ordinarias de «alto PER». El hecho de que los directivos hablen de plazos de recuperación de proyectos no significa que el criterio del período de recuperación determine sus decisiones. Algunos directivos *utilizan* el plazo de re-

cuperación para juzgar inversiones de capital. Por qué confían en un concepto tan enormemente sobresimplificado es un enigma.

Algunas empresas utilizan el rendimiento contable medio. En este caso, deben decidir qué salidas de caja constituyen inversiones de capital y deben escoger con cuidado planes de amortización adecuados. Calculan después el ratio del beneficio medio sobre el valor contable medio de la inversión, y lo comparan con el objetivo de rentabilidad de la empresa. El rendimiento contable medio es otro método *ad hoc*. Dado que olvida si el beneficio se produce el próximo año o el próximo siglo, no tiene en cuenta el coste de oportunidad del dinero.

La tasa interna de rentabilidad (TIR) se define como el tipo de descuento al cual el VAN de un proyecto sería igual a cero. Es una medida práctica y ampliamente utilizada en finanzas; debería saber, por tanto, cómo calcularla. El criterio TIR establece que las empresas deberían aceptar cualquier inversión que ofrezca una TIR superior al coste de oportunidad del capital. El criterio TIR es, como el valor actual neto, una técnica basada en los flujos de tesorería descontados. Por tanto, dará la respuesta correcta si se utiliza correctamente. El problema es que es fácilmente mal aplicada. He aquí cuatro cosas con las que tener cuidado:

<sup>15</sup> Un propietario mayoritario que está «pillado» y tiene la mayor parte de su riqueza personal ligada a la AAI puede ser que realmente se desvincule del mercado de capitales. El criterio del VAN puede no tener sentido para tal propietario, aunque pueda tenerlo para otros accionistas.

1. *¿Prestar o endeudarse?* Si un proyecto ofrece flujos de tesorería positivos seguidos de flujos negativos, el VAN *aumenta* a medida que el tipo de descuento aumenta. Debería aceptar tales proyectos si su TIR fuese *menor* que el coste de oportunidad del capital.
2. *Múltiples tasas de rentabilidad.* Si se produce más de un cambio de signo en los flujos de tesorería, el proyecto puede tener varias TIR, o no tener ninguna.
3. *Proyectos mutuamente excluyentes.* El criterio TIR puede darnos una clasificación equivocada en los proyectos mutuamente excluyentes que difieren en la vida económica o en la escala de las inversiones solicitadas. Si insiste en usar el TIR para clasificar los proyectos mutuamente excluyentes, deberá examinar el TIR en cada unidad adicional de la inversión.
4. *Los tipos de interés a corto plazo pueden ser distintos de los tipos de interés a largo.* El criterio TIR requiere que se compare la TIR del proyecto con el coste de oportunidad del capital. Pero a veces hay un coste de oportunidad del capital para flujos de tesorería a un año, un coste de capital diferente para flujos de tesorería a dos años, y así sucesivamente. En estos casos no hay una norma sencilla para evaluar la TIR de un proyecto.

Si usted se ha metido en el gasto de realizar previsiones de flujos de caja, debería también usarlas adecuadamente. Los criterios *ad hoc* no deberían tener un papel relevante en las decisiones de la empresa, y la regla del valor actual debería emplearse con preferencia a otras técnicas. Habiendo dicho esto, debemos tener cuidado en no exagerar la importancia de la técnica. La técnica es importante, pero

## APÉNDICE: ADORNOS AL MODELO DE RACIONAMIENTO DE CAPITAL

En la Sección 5.6 veíamos que cuando el capital está racionado puede plantearse la decisión de inversión como un problema de programación lineal. En este apéndice describimos algunos adornos a estos modelos, y mostramos cómo puede usarse para incorporar otras restricciones de recursos e interrelaciones de proyectos.

### La transferencia temporal de fondos

Un gerente de planta que se ve forzado a devolver la parte no gastada de la asignación anual de capital, acaso se anime a efectuar al final de año una sustancial inversión en alfombrar de color rosa el suelo de la fundición o en otros activos igualmente absurdos. (¿Cómo podría justificar un alto presupuesto el próximo año si tiene dinero sobrante este año?) La dirección general puede suavizar este problema permitiendo al gerente transferir al próximo

no es de ninguna forma lo único determinante para el éxito de un programa de inversión de capital. Si las previsiones de flujos de caja son incorrectas, incluso la aplicación más cuidadosa de la regla del valor actual neto puede fallar.

Desarrollando la regla del VAN, hemos asumido que la compañía puede maximizar la riqueza de los accionistas aceptando todo proyecto que valga más de lo que cuesta. Pero si el capital está estrictamente limitado, entonces no será posible realizar todos los proyectos con VAN positivo. Si el capital está racionado sólo en un período la empresa debería seguir una simple regla: calcular el índice de rentabilidad de cada proyecto, que es el valor actual neto del proyecto por cada dólar de inversión. Entonces, escoja los proyectos que tengan los índices de rentabilidad más altos hasta agotar el capital. Desgraciadamente, este procedimiento falla cuando el capital está racionado en más de un período o cuando hay otras limitaciones en la elección del proyecto. La única solución general es la programación lineal o la programación entera.

El racionamiento de capital «fuerte» siempre refleja una imperfección del mercado, una barrera entre la empresa y el mercado de capitales. Si esa barrera implica también que los accionistas de la empresa no tienen libre acceso a un mercado de capitales que funcione adecuadamente, los fundamentos mismos del valor actual se desmoronan. Por fortuna el racionamiento fuerte es raro en las empresas de los Estados Unidos. Sin embargo, muchas empresas usan el racionamiento de capital «débil». Esto es, establecen límites autoimpuestos como una forma de control y planificación financiera.

ejercicio los fondos no gastados. (Entonces el gerente al menos podría esperar hasta enero y hacer una mejor elección de los colores de las alfombras.)

Tomemos a modo de ejemplo el problema descrito en la Sección 5.6. Para incorporar la posibilidad de transferencia temporal de fondos, simplemente necesitamos añadir otro término a nuestra restricción presupuestaria. Llamemos  $s$  a los fondos transferidos desde el año 0 al año 1 y supongamos que devengan interés a la tasa  $r$ . Entonces podemos reescribir nuestra restricción para el año cero como

$$10x_A + 5x_B + 5x_C + 0x_D + s = 10$$

De forma similar, la restricción del año 1 queda

$$-30x_A - 5x_B - 5x_C + 40x_D \leq 10 + (1+r)s$$

Puesto que transferir fondos negativos es equivalente a endeudarse, probablemente querremos añadir la restricción  $s \geq 0$ .

## Proyectos mutuamente excluyentes y contingentes

Supongamos ahora que los proyectos B y C son mutuamente excluyentes. Podemos tener presente esto en la programación entera especificando que nuestra inversión *total* en los dos proyectos no puede ser mayor que 1.

$$x_B + x_C \leq 1, \quad x_B, x_C = 0 \text{ o } 1$$

En otras palabras, si  $x_B$  es 1,  $x_C$  tiene que ser 0; si  $x_C$  es 1,  $x_B$  tiene que ser 0.

Supongamos a continuación que el proyecto D está ligado al proyecto A, y no podemos aceptar D *a menos que* aceptemos A. En ese caso necesitamos añadir

$$x_D - x_A \leq 0, \quad x_D, x_A = 0 \text{ o } 1$$

En otras palabras, si  $x_A$  es 1,  $x_D$  puede ser 0 o 1; pero si  $x_A$  es 0,  $x_D$  tiene que ser también 0.

## LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La mayoría de los textos referentes al presupuesto de capital contienen una discusión sobre criterios de presupuesto alternativos. Véase, por ejemplo:

H. Bierman, Jr. y S. Smidt: *The Capital Budgeting Decision*, 8.<sup>a</sup> ed., The Macmillan Company, Nueva York, 1992.

Artículos clásicos sobre la tasa interna de rentabilidad son:

J. H. Lorie y L. J. Savage: «Three Problems in Rationing Capital», *Journal of Business*, 28: 229-239 (octubre, 1955).

E. Solomon: «The Arithmetic of Capital Budgeting Decisions», *Journal of Business*, 29: 124-129 (abril, 1956).

A. A. Alchian: «The Rate of Interest, Fisher's Rate of Return over Cost and Keynes's Internal Rate of Return», *American Economic Review*, 45: 938-942 (diciembre, 1955).

## Restricciones de recursos no financieros

El dinero puede no ser el único recurso escaso. Cada uno de nuestros proyectos puede requerir los servicios de un departamento de diseño técnico de 12 personas. Si el proyecto A emplea 3 ingenieros, el proyecto B dos, y así sucesivamente, tendríamos que añadir una restricción como

$$3x_A + 2x_B + 8x_C + 3x_D \leq 12$$

A veces es apropiado colocar restricciones al aumento total de la capacidad física. Supongamos que los proyectos A y C producen cuatro y tres unidades, respectivamente, del mismo producto. Si la compañía es incapaz de vender más de cinco unidades, es necesario añadir

$$4x_A + 3x_C \leq 5$$

Podríamos seguir pero usted ya ha cogido la idea.

El tratamiento clásico de la programación lineal al presupuesto de capital es:

H. M. Weingartner: *Mathematical Programming and the Analysis of capital Budgeting Problems*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1963.

Existe una larga controversia académica acerca de cuándo el racionamiento de capital invalida el criterio del VAN. Weingartner ha revisado esta literatura:

H. M. Weingartner: «Capital Rationing:  $n$  Authors in Search of a Plot», *Journal of Finance*, 32: 1403-1432 (diciembre, 1977).

**CUESTIONES**

- 5.1. ¿Qué se supone que representa el coste de oportunidad del capital? Dé una forma definición concisa.
- 5.2. a) ¿Cuál es el período de recuperación de cada uno de los siguientes proyectos?

Flujos de tesorería (en dólares)					
Proyecto	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
A	-5.000	+1.000	+1.000	+3.000	0
B	-1.000	0	+1.000	+2.000	+3.000
C	-5.000	+1.000	+1.000	+3.000	+5.000

- b) Supuesto que usted desee utilizar el criterio del plazo de recuperación con un período máximo de dos años, ¿qué proyectos aceptaría?
- c) Si se utiliza un período máximo de tres años, ¿qué proyectos aceptaría?
- d) Si el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento, ¿qué proyectos tienen un VAN positivo?
- e) «El período de recuperación da demasiada importancia a los flujos de tesorería que se producen después de la fecha tope.» ¿Verdadero o falso?
- f) «Si una empresa utiliza un único período máximo para todos los proyectos, es probable que acepte muchos proyectos de corta duración.» ¿Verdadero o falso?
- g) ¿Si la empresa usa la regla del plazo de recuperación descontado, aceptará algún proyecto de VAN negativo? ¿Rechazará proyectos de VAN positivo? Explíquelo.
- 5.3. Una máquina cuesta 8.000 \$ y se espera que produzca un beneficio antes de amortizaciones de 2.500 \$ en cada uno de los años 1 y 2, y de 3.500 \$ en cada uno de los años 3 y 4. Suponiendo que la máquina se amortiza a un ritmo constante de 2.000 \$ al año y que no hay impuestos, ¿cuál es el rendimiento contable medio?
- 5.4. ¿Verdadero o falso? ¿Por qué?
- a) «El rendimiento contable medio da demasiada importancia a los últimos flujos de tesorería.»
- b) «Si las empresas utilizan su actual rendimiento contable como punto de referencia para nuevas inversiones, las empresas prósperas tenderán a emprender demasiadas inversiones.»
- 5.5. a) Calcule el valor actual neto del siguiente proyecto para tipos de descuento del 0, 50 y 100 por ciento.

Flujos de tesorería (en dólares)		
C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
-6.750	+4.500	+18.000

- b). ¿Cuál es la TIR del proyecto?

- 5.6. Considere los proyectos A y B:

Proyecto	Flujos de tesorería (en dólares)			TIR, %
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
A	-4.000	+2.410	+2.930	21
B	-2.000	+1.310	+1.720	31

- a) El coste de oportunidad del capital es inferior al 10 por ciento. Utilice el criterio TIR para determinar qué proyecto o proyectos deberían ser aceptados si: 1) pueden emprenderse ambos, y 2) sólo uno puede emprenderse.
- b) Suponga que el proyecto A tiene un VAN de 690 \$ y el proyecto B tiene un VAN de 657 \$. ¿Cuál el VAN de la inversión incremental de 2.000 \$ en A?
- 5.7. Los proyectos C y D implican el mismo desembolso y ofrecen la misma TIR, la cual supera el coste de oportunidad del capital. Los flujos de tesorería generados por el proyecto C son mayores que los D, pero tienden a producirse más tarde. ¿Qué proyecto tiene un VAN mayor?
- 5.8. Usted tiene la posibilidad de participar en un proyecto que produce los siguientes flujos de tesorería:

Flujos de tesorería (en dólares)		
C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
+5.000	+4.000	-11.000

La TIR es el 13 por ciento. Si el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento, ¿aceptaría la oferta?

- 5.9. Suponga que usted tiene las siguientes oportunidades de inversión, pero sólo 100.000 \$ disponibles para invertir. ¿Qué proyectos debería escoger?

Proyecto	VAN	Inversión
1	5.000	10.000
2	5.000	5.000
3	10.000	90.000
4	15.000	60.000
5	15.000	75.000
6	3.000	15.000

- 5.10. ¿Cuál es la diferencia entre el racionamiento de capital «débil» y el «fuerte»? ¿Quiere decir el racionamiento débil que el directivo debe dejar de intentar maximizar VAN? ¿Y en el caso del racionamiento fuerte?

**PREGUNTAS Y PROBLEMAS**

5.1. Considere los siguientes proyectos:

Proyecto	Flujos de tesorería (en dólares)					
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
A	-1.000	+1.000	0	0	0	0
B	-2.000	+1.000	+1.000	+4.000	+1.000	+1.000
C	-3.000	+1.000	+1.000	0	+1.000	+1.000

- a) Si el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento, ¿qué proyectos tienen un VAN positivo?
  - b) Calcule el plazo de recuperación de cada proyecto.
  - c) ¿Qué proyecto(s) aceptaría una empresa que utilice el criterio del plazo de recuperación si el período máximo fuese de tres años?
- 5.2. El proyecto A (mostrado en el Cuadrado 5.1a) ha sufrido algunas revisiones. Se ha reducido la inversión a 6.000 \$ y la empresa se propone amortizar esa inversión al ritmo de 2.000 \$ por año. Lamentablemente, los costes operativos se han incrementado en 1.000 \$ al año. Si el coste de oportunidad del capital es el 7 por ciento, ¿cómo afectan estos cambios al VAN del proyecto? ¿Cómo afectan al rendimiento contable medio?
- 5.3. Considere un proyecto con los siguientes flujos de tesorería:

C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
-100	+200	-75

- a) ¿Cuántas tasas internas de rentabilidad tiene el proyecto.
  - b) El coste de oportunidad del capital es el 20 por ciento. ¿Es un proyecto atractivo? Explíquelo brevemente.
- 5.4. Responda a los siguientes comentarios:
- a) «Nos gusta utilizar principalmente el período de recuperación como una manera de hacer frente al riesgo.»
  - b) «El gran mérito del criterio TIR es que no se tiene que pensar cuál es el tipo de descuento adecuado.»
- 5.5. El criterio del período de recuperación se utiliza todavía en muchas empresas a pesar de sus reconocidos defectos teóricos. ¿Por qué cree que ocurre esto?
- 5.6. Desafortunadamente, su jefe ejecutivo se niega a aceptar cualquier inversión para la expansión de plantas que no recupere la inversión inicial en cuatro años o menos. Esto es, él insiste en un *criterio de período de recuperación* con un *período máximo* de cuatro años, lo cual lleva a que se abandonen atractivos proyectos a largo plazo.
- Su jefe está dispuesto a cambiar al criterio del período de recuperación actualizado con el período máximo de cuatro años. ¿Es esto una mejora? Explíquelo.

5.7. Considere los dos proyectos siguientes mutuamente excluyentes:

Proyecto	Flujos de tesorería (en dólares)			
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A	-100	+60	+60	0
B	-100	0	0	+140

- a) Calcule el VAN de cada proyecto para tipos de descuento del 0, 10 y 20 por ciento. Dibújelos en un gráfico con el VAN en el eje vertical y el tipo de descuento en el horizontal.
  - b) ¿Cuál es la TIR aproximada de cada proyecto?
  - c) ¿En qué circunstancias aceptaría la empresa el proyecto A?
  - d) Calcule el VAN de la inversión incremental (B - A) para tipos de descuento de 0, 10 y 20 por ciento. Dibújelos en el gráfico. Muestre que las circunstancias en las que aceptaría A son también aquellas en las que la TIR de la inversión incremental es inferior al coste de oportunidad del capital.
- 5.8. El señor Cyrus Clops, presidente de Empresas Gigante, tiene que elegir entre dos posibles inversiones:

Proyecto	Flujos de tesorería (en dólares)			TIR, %
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
A	-400	+241	+293	21
B	-200	+131	+172	31

- El coste de oportunidad del capital es el 9 por ciento. El señor Clops está tentado a adoptar B, cuya TIR es la mayor.
- a) Explique al señor Clops por qué éste no es el procedimiento adecuado.
  - b) Muéstrelle cómo adaptar el criterio TIR para elegir el mejor proyecto.
  - c) Muéstrelle que este proyecto tiene también mayor VAN.
- 5.9. La Compañía Astilleros Titanic tiene un contrato no cancelable para construir un pequeño buque de carga. La construcción supone un pago 250.000 \$ al final de cada uno de los dos próximos años. Al final del tercer año la empresa recibirá 650.00 \$. La empresa puede acelerar la construcción trabajando un turno extra. En este caso había un pago de 550.000 \$ al final del primer año, seguido de un cobro de 650.000 \$ al final del segundo año. Utilice el criterio TIR para mostrar el rango (aproximado) del coste de oportunidad del capital en el cual la empresa debería trabajar un turno extra.
- 5.10. Mire de nuevo los proyectos E y F de la Sección 5.5. Suponga que estos proyectos son mutuamente excluyentes y que el coste de oportunidad del capital es el 10 por ciento.
- a) Calcule el índice de rentabilidad de cada proyecto.
  - b) Muestre cómo puede utilizarse el criterio del índice de rentabilidad para elegir el mejor proyecto.

5.11. En 1983 se ofreció a ricos inversores un proyecto que les permitiría posponer los impuestos. Este proyecto implicaba una compra financiada con deuda de una flota de camiones de reparto de cerveza, que se arrendaban a un distribuidor local. Los flujos de caja eran los siguientes:

Año	Flujo de caja	
0	-21.750	
1	+ 7.861	Ahorro de impuestos
2	+ 8.317	
3	+ 7.188	
4	+ 6.736	
5	+ 6.231	Más impuestos pagados más tarde
6	-5.340	
7	-5.972	
8	-6.678	
9	-7.468	Valor residual
10	+12.578	

Calcule los TIR aproximados. ¿Es el proyecto atractivo al 14 por ciento de coste de oportunidad de capital?

5.12. Productos farmacéuticos Borgia tiene 1 millón de dólares asignado para gastos de capital. ¿Cuál de los siguientes proyectos debería aceptar la empresa para cumplir con el presupuesto de 1 millón de dólares? ¿Cuánto le cuesta a la empresa el límite de presupuesto en términos de valor de mercado? El coste de oportunidad del capital para cada proyecto es el 11 por ciento.

Proyecto	Inversión (miles de dólares)	VAN (miles de dólares)	TIR (porcentaje)
1	300	66	17,2
2	200	-4	10,7
3	250	43	16,6
4	100	14	12,1
5	100	7	11,8
6	350	63	18,0
7	40	48	13,5