

## Reglas de decisión para invertir

### notación

$r$	tasa de descuento
$VPN$	valor presente neto
$TIR$	tasa interna de rendimiento
$VP$	valor presente
$VEA_n$	valor económico agregado en la fecha $n$
$C_n$	flujo de efectivo que llega en la fecha $n$
$I$	inversión inicial o capital inicial comprometido en el proyecto
$I_n$	capital comprometido en el proyecto en la fecha $n$

Cuando en 2003 Cisco Systems tomaba la decisión de si adquirir Linksys Group, necesitaba estudiar tanto los costos como los beneficios de la adquisición propuesta. Los costos incluían el precio inicial de compra y los costos en curso de la operación del negocio. Los beneficios serían los ingresos futuros por las ventas de los productos de Linksys. La forma correcta que Cisco tenía de evaluar esta decisión era comparar el valor hoy en efectivo de los costos con el valor hoy en efectivo de los beneficios, por medio de la obtención del VPN de la compra; Cisco hubiera emprendido dicha adquisición únicamente si hubiera tenido un VPN positivo.

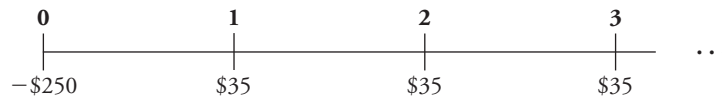
Si bien la regla de la inversión del VPN maximiza el valor de la empresa, algunas de ellas usan otras técnicas para evaluar sus inversiones y decidir cuáles proyectos emprender. En este capítulo se explican varias técnicas que se utilizan de manera común —llamadas **la regla del periodo de recuperación**, **la regla de la tasa interna de rendimiento**, y de la **regla de la utilidad económica o EVA<sup>®</sup>**. En cada caso se define la regla y se comparan las decisiones con base en ésta con las de la regla del VPN. También se ilustran las circunstancias en las que es probable que alguna de las reglas alternativas conduzca a tomar decisiones de inversión incorrectas. Después de establecer dichas reglas en el contexto de un proyecto único, se ampliará la perspectiva para incluir decisiones entre oportunidades de inversión mutuamente excluyentes. Se concluye con un estudio somero de la elección de proyectos cuando la empresa enfrente restricciones en sus recursos.

## 6.1 El VPN y los proyectos aislados

Nuestro análisis de las reglas para tomar decisiones de inversión comienza con una del tipo “tómelo o déjelo” que involucra a un proyecto aislado y único. Al emprender este proyecto, la empresa no limita su capacidad de emprender otros. El estudio inicia con la regla del VPN que nos es familiar.

### Regla del VPN

Los investigadores en Frederik Feed and Farm (FFF) hicieron un gran descubrimiento. Creen que pueden producir un fertilizante nuevo y amigable con el ambiente, a un costo sustancial que ahorra respecto de la línea de fertilizante que ya tiene la compañía. El invento requerirá una planta nueva susceptible de construirse de inmediato a un costo de \$250 millones. Los directivos financieros estiman que los beneficios del fertilizante nuevo serán de \$35 millones por año, que comenzarían a recibirse al final del primer año y durarían para siempre, como se indica en la línea de tiempo siguiente:



Como se explicó en el capítulo 4, el VPN de esta serie de flujos de efectivo, dada una tasa de descuento  $r$ , es:

$$\text{VPN} = -250 + \frac{35}{r}$$

En la figura 6.1 se aprecia la gráfica del VPN como función de la tasa de descuento,  $r$ . Observe que el VPN es positivo sólo para tasas de descuento menores de 14%, que es la tasa interna de rendimiento (TIR). Para decidir si se invierte o no (con la regla del VPN) se necesita conocer el costo de capital. Los directivos financieros responsables del proyecto estiman un costo de capital de 10% por año. En relación con la figura 6.1, se observa que cuando la tasa de descuento es de 10%, el VPN es de \$100 millones, que es positivo. La regla de la inversión según el VPN indica que de hacerse la inversión, FFF incrementa el valor de la empresa en \$100 millones, por lo cual debe emprenderse este proyecto.

### Medición de la sensibilidad con la TIR

Si no se está seguro de la estimación del costo de capital, es importante determinar cuán sensible es el análisis a los errores en dicha estimación. La TIR proporciona esta información. Para FFF, si el costo estimado de capital es mayor que la TIR de 14%, el VPN será negativo (figura 6.1). En general, *la diferencia entre el costo de capital y la TIR es la cantidad máxima del error de estimación en el costo de capital que puede existir, sin que se altere la decisión original.*

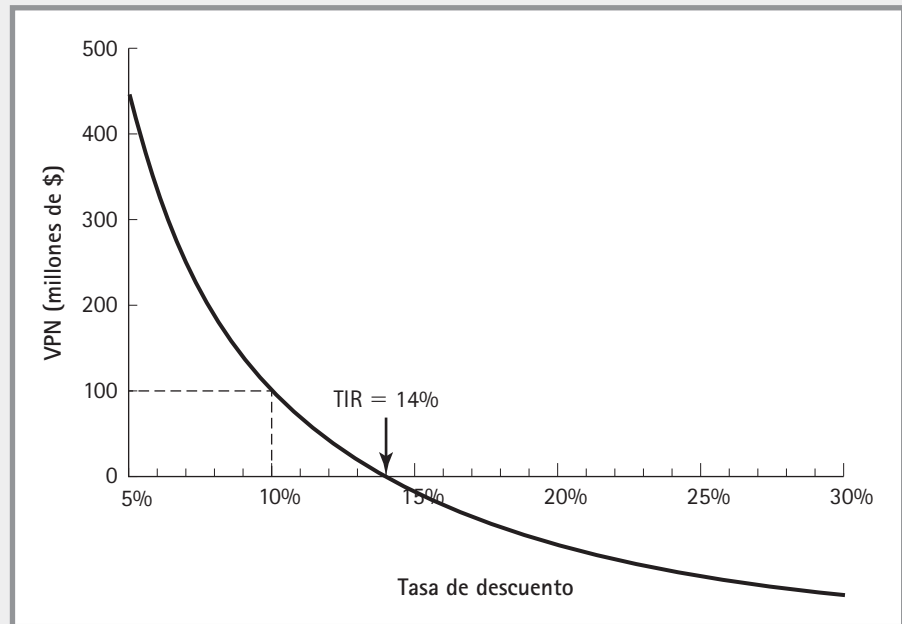
### Reglas alternativas versus la regla del VPN

La regla del VPN indica que FFF debe emprender la inversión en tecnología del fertilizante. Conforme se evalúen reglas alternativas para seleccionar proyectos, hay que recordar que en ocasiones otras reglas pueden dar la misma respuesta que la del VPN, pero en otras ocasiones quizá estén en desacuerdo. Cuando las reglas entran en conflicto, si se siguiera la regla alternativa, significaría que no se acepta un proyecto con VPN positivo, por lo que no se maximizaría la riqueza. En esos casos, las reglas alternativas llevan a tomar decisiones incorrectas.

FIGURA 6.1

**VPN del nuevo proyecto de FFF**

En la gráfica se muestra el VPN como función de la tasa de descuento. El VPN es positivo sólo para tasas de descuento menores de 14%, que es el valor de la tasa interna de rendimiento (TIR). Dado el costo de capital de 10%, el proyecto tiene un VPN positivo de \$100 millones.

**REPASO DE CONCEPTOS**

1. Explique la regla del VPN para proyectos aislados.
2. ¿Cómo se interpreta la diferencia entre el costo de capital y la TIR?

## 6.2 Reglas alternativas para tomar decisiones

En un estudio de 2001, Graham y Harvey<sup>1</sup> encontraron que 74.9% de las empresas que examinaron utilizaban la regla del VPN para tomar decisiones de inversión. Este resultado es muy diferente de lo que se descubrió en otro estudio de 1977 elaborado por Gitman y Forrester,<sup>2</sup> quienes encontraron que únicamente el 9.8% de las compañías utilizaban la regla del VPN. En los últimos años, los estudiantes de MBA han hecho caso a sus profesores de finanzas. Aun así, el estudio de Graham y Harvey indica que la cuarta parte de las corporaciones de Estados Unidos no emplea la regla del VPN. No siempre está claro el por qué se usan en la práctica otras técnicas de presupuestación de capital. Sin embargo, debido a que se les encontrará en el mundo de los negocios, se debe conocer qué son, cómo se utilizan y cómo se comparan con respecto de la regla del VPN. En esta sección se estudian reglas alternativas para decidir acerca de emprender proyectos únicos y aislados dentro de la empresa. La atención se centrará en la *regla del periodo de recuperación*, *la regla TIR*, y la del *valor económico agregado*.

### La regla del periodo de recuperación

La regla de inversión más sencilla es la del **periodo de recuperación de la inversión**, que se basa en el concepto de que una oportunidad que paga su inversión inicial rápido es una buena idea. Para aplicar la regla del periodo de recuperación primero se calcula la cantidad de

1. John Graham y Campbell Harvey, "The Theory and Practice of Corporate Finance Evidence from the Field," *Journal of Financial Economics* 60 (2001): 187-243.

2. L. J. Gitman y J. R. Forrester, Jr., "A Survey of Capital Budgeting Techniques Used by Major U.S. Firms," *Financial Management* 6 (1977): 66-71.

tiempo que toma recuperar la inversión inicial, llamado **periodo de recuperación**. Si el periodo de recuperación es menor que una extensión predeterminada de tiempo —por lo general algunos años— el proyecto se acepta. En otro caso, se desecha. Por ejemplo, una compañía puede adoptar esta regla con la que hará cualquier proyecto cuyo periodo de recuperación sea menor a dos años.

## EJEMPLO

### 6.1

#### Uso de la regla del período de recuperación

##### Problema

Suponga que la empresa FFF requiere que todos sus proyectos tengan un periodo de recuperación de cinco años o menos. ¿Emprenderá la compañía el proyecto del fertilizante bajo esta regla?

##### Solución

La suma de flujos de efectivo de los años 1 a 5 es  $\$35 \times 5 = \$175$  millones, que no alcanzan a cubrir la inversión inicial de \$250 millones. Debido a que el periodo de recuperación de este proyecto excede los 5 años, FFF lo rechazará.

Como resultado del análisis de la regla del periodo de recuperación del ejemplo 6.1, la empresa FFF rechazó el proyecto. Sin embargo, como ya se vio, con un costo de capital de 10%, el VPN es de \$100 millones. Si se siguiera la regla del periodo de recuperación se cometería un error porque se dejaría a FFF con \$100 millones menos.

La regla del periodo de recuperación no es confiable porque ignora el valor del dinero en el tiempo y no depende del costo de capital. Ninguna regla que ignore el conjunto de oportunidades alternativas de inversión es óptima. A pesar de esta falla, Graham y Harvey encontraron que alrededor de 50% de las empresas que estudiaron, utilizaban la regla del periodo de recuperación para tomar decisiones.

¿Por qué tantas compañías utilizan la regla del periodo de recuperación? Es probable que la respuesta se relacione con su simplicidad. Es común que esta regla se utilice para tomar decisiones acerca de inversiones pequeñas —por ejemplo, sobre si comprar una copiadora o dar mantenimiento a la que ya se tiene. En tales casos, el costo de tomar la decisión incorrecta no es tan grande como para que justifique el tiempo que se requiere para calcular el VPN. El atractivo de la regla de la recuperación es que centra la atención en proyectos de corto plazo. Asimismo, si se requiere que el periodo de recuperación sea corto (de 1 a 2 años), entonces la mayoría de proyectos que satisfacen esa regla tendrán un VPN positivo. De manera que las empresas ahorran esfuerzos si primero aplican la regla del periodo de recuperación y sólo si falla dedican tiempo a calcular el VPN.

#### La regla de la tasa interna de rendimiento

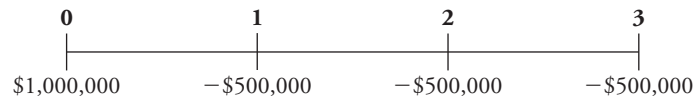
Igual que la regla del periodo de recuperación, la de la **tasa interna de rendimiento (TIR)** se basa en un concepto intuitivo: si el rendimiento de la oportunidad de inversión que se estudia es mayor que el de otras alternativas en el mercado, con riesgo y duración equivalentes (es decir, el costo de capital del proyecto), entonces se debe emprender. El enunciado formal de la regla es el que sigue:

**Regla de la TIR para invertir:** *Aceptar cualquier oportunidad de inversión en la que la TIR supere el costo de oportunidad del capital. Desechar cualquier oportunidad cuya TIR sea menor que el costo de oportunidad del capital.*

La regla de la inversión de la TIR dará la respuesta correcta (es decir, la misma respuesta que la del VPN) en muchas —pero no en todas— las situaciones. Por ejemplo, la proporciona en el caso de la oportunidad de la empresa FFF respecto del fertilizante. En la figura 6.1 se aprecia que siempre que el costo de capital esté por debajo de la TIR (14%), el proyecto tendrá VPN positivo y debe hacerse la inversión. En general, la regla de la TIR funciona para un proyecto aislado si todos los flujos de efectivo negativos preceden a los positivos. Pero en otros

casos, la regla de la TIR tal vez esté en desacuerdo con la del VPN, por lo que ésta sería incorrecta. A continuación se examinarán varias situaciones en las que la TIR falla.

**Inversiones retrasadas.** John Star, fundador de SuperTech, la compañía más exitosa de los últimos 20 años, se acaba de retirar como CEO. Un editor importante le ofreció \$1 millón por escribir un libro acerca de “cómo lo hice”. Es decir, el editor le pagaría \$1 millón de entrada si Star aceptaba escribir un libro sobre sus experiencias. Él estima que le tomaría tres años hacerlo. El tiempo que le dedique a la escritura hará que renuncie a otras fuentes de ingresos por un total de \$500,000 por año. Al considerar el riesgo de esas fuentes y otras oportunidades de inversión disponibles, Star estima que su costo de oportunidad del capital es de 10%. La línea de tiempo de la oportunidad de Star es la siguiente:



El VPN de la oportunidad de inversión de Star es:

$$VPN = 1,000,000 - \frac{500,000}{1+r} - \frac{500,000}{(1+r)^2} - \frac{500,000}{(1+r)^3}$$

Se iguala a cero el VPN, se despeja  $r$  y se resuelve para encontrar la TIR. Con la hoja de cálculo de la anualidad se tiene que:

	NPER	TASA	VA	PAGO	VF	Fórmula de Excel
Dado	3		1,000,000	-500,000	0	
Resolver para I		23.38%				TASA(3, 500000, 1000000, 0)

El 23.38% es mayor que el costo de capital de 10%. De acuerdo con la regla de la TIR, Star debe firmar el trato. Pero, ¿qué dice la regla del VPN?

$$VPN = 1,000,000 - \frac{500,000}{1.1} - \frac{500,000}{1.1^2} - \frac{500,000}{1.1^3} = -\$243,426$$

Con una tasa de descuento de 10%, el VPN resulta negativo, es decir que, si Star acepta el trato reducirá su riqueza. Él no debe firmar el contrato para el libro.

En la figura 6.2 se presenta la gráfica del VPN de la oportunidad de inversión. Ésta muestra que no importa cuál sea el costo de capital, la regla de la TIR y la del VPN harán recomendaciones exactamente opuestas. Es decir, el VPN será positivo sólo si el costo de oportunidad del capital está *por arriba* de 23.38% (la TIR). Star debería aceptar la inversión solo cuando el costo de oportunidad del capital fuera mayor que la TIR, lo opuesto de lo que recomienda la regla de la TIR.

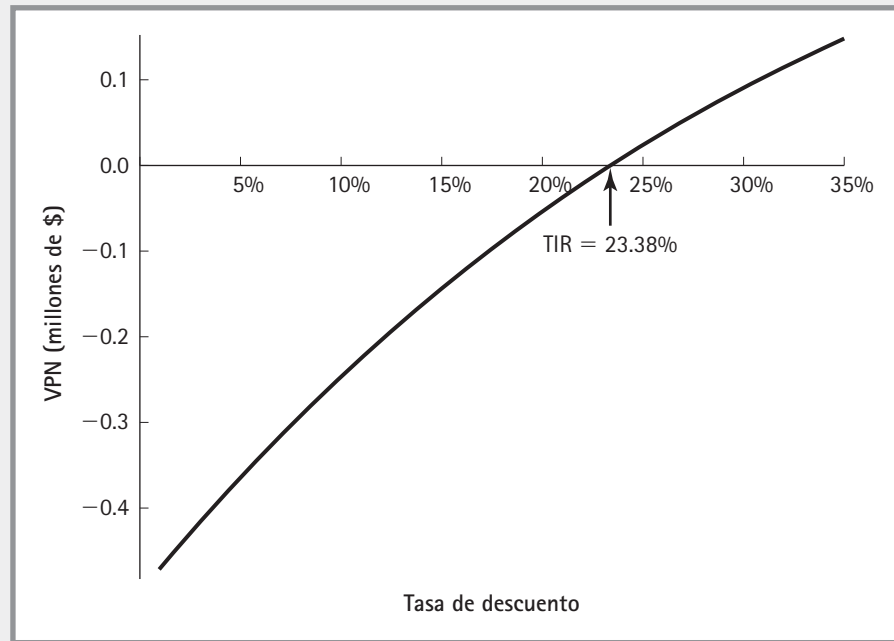
La figura 6.2 también ilustra el problema de utilizar la TIR para este caso. En la mayoría de oportunidades de inversión, los gastos ocurren al inicio y después se recibe efectivo. En este caso, Star obtiene efectivo *al principio* e incurre *después* en los costos de producir el libro. Es como si obtuviera dinero prestado, y cuando se pide un préstamo se prefiere una tasa tan *baja* como sea posible. La regla óptima de Star sería obtener el dinero en tanto la tasa del préstamo sea *menor* que el costo de capital.

Aun si en este caso la regla de la TIR falla en dar la respuesta correcta, en sí misma proporciona información útil *en conjunto* con la del VPN. Como se dijo antes, la TIR da información acerca de la sensibilidad que tiene la decisión de invertir respecto de la incertidumbre en la estimación del costo de capital. En este caso, la diferencia entre el costo de capital y la TIR

FIGURA 6.2

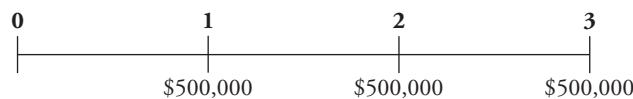
**VPN del contrato de Star para escribir un libro**

Cuando los beneficios de una inversión ocurren antes que los costos, el VPN es una función *creciente* de la tasa de descuento.



es grande —13.38%. Star tendría que haber subestimado el costo de capital en 13.38% para hacer que el VPN fuera positivo.

**La TIR no existe.** Afortunadamente John Star dispone de otras oportunidades. Un agente lo abordó y le garantizó \$1 millón en cada uno de los tres años siguientes si aceptaba impartir cuatro conferencias por mes en dicho periodo. Star estima que la preparación y difusión de las conferencias le tomaría el mismo tiempo que escribir el libro —es decir, el costo sería \$500,000 por año. Por tanto, su flujo de efectivo (flujo de caja) neto sería de \$500,000 por año. ¿Cuál es la TIR de esta oportunidad? Esta es la nueva línea de tiempo:



El VPN de la nueva oportunidad de inversión de Star es:

$$VPN = \frac{500,000}{1+r} + \frac{500,000}{(1+r)^2} + \frac{500,000}{(1+r)^3}$$

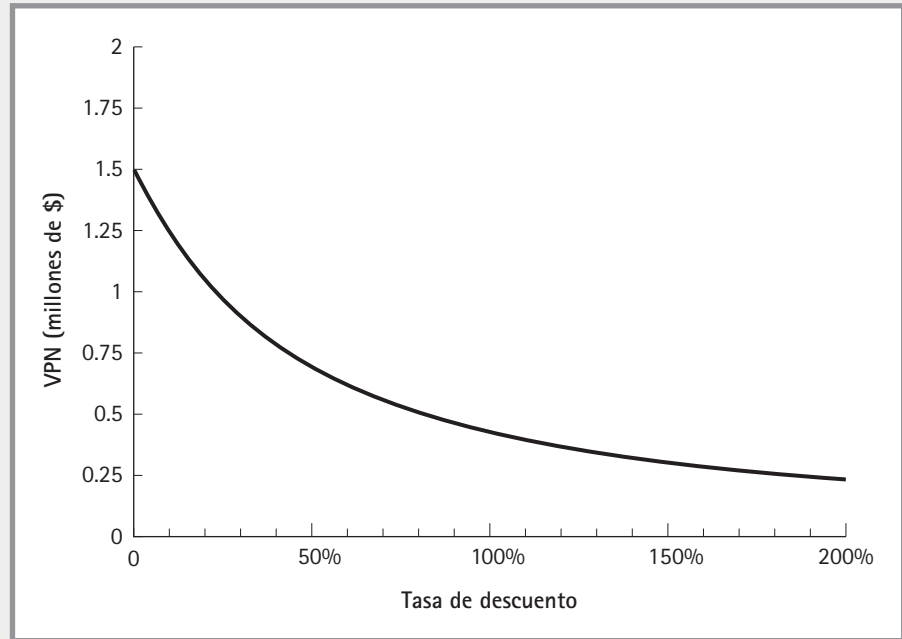
Se iguala a cero el VPN, se resuelve para  $r$  y con ello se encuentra la TIR. Sin embargo, en este caso *no* hay tasa de descuento que haga que el VPN sea igual a cero. Como se ve en la figura 6.3, el VPN de esta oportunidad siempre es positivo, no importa cuál sea el costo de capital. Pero no debe cometerse el error de pensar que siempre que la TIR no existe el VPN será positivo. **Es muy posible que la TIR sea inexistente y el VPN siempre sea negativo** (Problema 11).

En tales situaciones, no es posible emplear la regla de la TIR porque no hace ninguna recomendación. Entonces, la única opción es confiar en la regla del VPN.

FIGURA 6.3

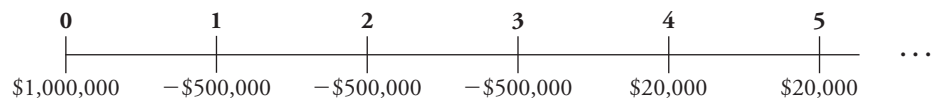
**VPN del contrato de las conferencias**

No existe la TIR porque el VPN es positivo para todos los valores de la tasa de descuento. Entonces, la regla de la TIR no se puede utilizar.



**TIR múltiple.** Desafortunadamente, el contrato de Star para impartir las conferencias no se concretó. Por lo que informó al editor que necesitaba mejorar el trato antes de aceptarlo. En respuesta, éste estuvo de acuerdo en hacer pagos por regalías. Star espera que éstos sean de \$20,000 anuales de por vida, y comiencen una vez que el libro se publique; es decir, dentro de tres años. ¿Debe aceptar o rechazar la nueva oferta?

Se comienza con una nueva línea de tiempo:



Con el empleo de las fórmulas de la anualidad y perpetuidad, se ve que el VPN de la nueva oportunidad de inversión de Star es:

$$\begin{aligned}
 VPN &= 1,000,000 - \frac{500,000}{1+r} - \frac{500,000}{(1+r)^2} - \frac{500,000}{(1+r)^3} + \frac{20,000}{(1+r)^4} + \frac{20,000}{(1+r)^5} + \dots \\
 &= 1,000,000 - \frac{500,000}{r} \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^3} \right) + \frac{1}{(1+r)^3} \left( \frac{20,000}{r} \right)
 \end{aligned}$$

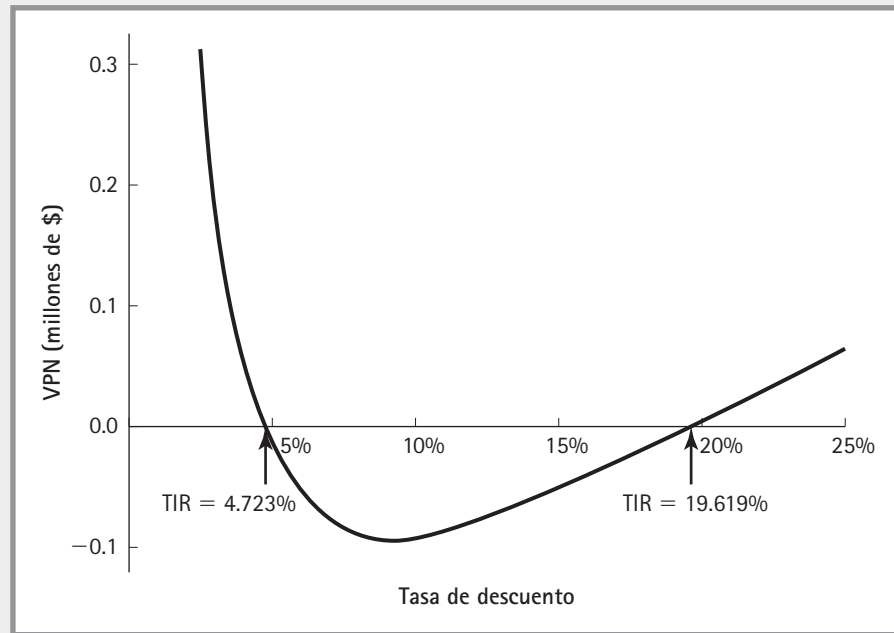
Al igualar a cero y resolver para  $r$ , se llega al valor de la TIR. En este caso, hay dos TIR —es decir, hay *dos* valores que hacen que el VPN sea igual a cero. Esto se comprueba si se sustituyen en la ecuación los valores de la TIR de 4.723% y 19.619%. Como hay más de una TIR, no es posible aplicar esta regla.

Para ver qué sucede, analicemos la regla del VPN. En la figura 6.4 se presenta el VPN de la oportunidad. Si el costo de capital está *ya sea* por debajo de 4.723% o por arriba de 19.619%, Star debería aceptar la oportunidad. De otro modo, debe desecharla. Observe que

FIGURA 6.4

**VPN del contrato de Star para escribir el libro con regalías**

En este caso, hay más de una TIR, lo que invalida esta regla. Si el costo de oportunidad del capital está ya sea por debajo de 4.723% o por arriba de 19.619%, Star debe aceptar la inversión.



aun cuando la regla de la TIR falla en este caso, sus dos valores son útiles como límites del costo de capital. Si la estimación del costo de capital estuviera equivocada, y en realidad fuera menor que 4.723% o mayor que 19.619%, la decisión de no emprender el proyecto cambiaría. Debido a que dichos límites están lejos del costo real de capital, 10%, Star puede tener un grado alto de confianza en su decisión de rechazar el trato.

No hay un arreglo fácil para la regla de la TIR cuando esta tiene valores múltiples. Aunque en este ejemplo el VPN es negativo entre las TIR, también es posible lo contrario (problema 9). En este caso, el proyecto tendría un VPN positivo para tasas de descuento ubicadas entre las TIR, y no si fueran menores o mayores que éstas. Además, hay situaciones en las que existen más de dos TIR.<sup>3</sup> En tales situaciones, la única opción es confiar en la regla del VPN.

**TIR versus regla de la TIR.** En esta subsección se hace la distinción entre la TIR en sí misma y la regla de la TIR. Si bien se han ilustrado las fallas en el uso de la TIR para tomar decisiones de inversión, la TIR en sí misma es una herramienta muy útil. La TIR no sólo mide la sensibilidad del VPN al error en la estimación del costo de capital, sino que también mide el rendimiento promedio de la inversión.

**Utilidad económica o VEA\***

El concepto de **utilidad económica** surgió originalmente de Alfred Marshall, hace más de 100 años, y desde hace poco tiempo, lo popularizó una empresa de consultoría, Stern Stewart, que se especializa en incrementar la eficiencia de las compañías. Dicha empresa bautizó el concepto como **Valor económico agregado** e incluso fue más allá al registrar el acrónimo **EVA\*\***.

3. En general, hay tantos valores de TIR como cambios de signo de los flujos de efectivo del proyecto durante el tiempo.

\* A la utilidad económica también se le conoce como beneficio económico, valor económico o utilidad residual, teniendo diferentes variantes según el autor, principalmente en el ajuste de las partidas contables.

\*\* *Economic Value Added*.



## ENTREVISTA CON

## Joel M. Stern



**J**oel M. Stern ha sido socio administrativo de Stern Stewart & Company desde su fundación en 1982. Es pionero y líder en promover el concepto de administrar para el valor de los accionistas, y, junto con Bennett Stewart, desarrolló el VEA.

**PREGUNTA:** *El VEA se ha vuelto una herramienta popular entre las compañías de éxito para medir su desempeño. ¿Cómo funciona y en qué difiere de las medidas tradicionales?*

**RESPUESTA:** Hay dos modelos populares que se emplean para fines de evaluación. El primero de ellos es el VP de los flujos futuros esperados de efectivo libres, que es la utilidad de operación\* menos la inversión nueva en capital de trabajo y planta. El segundo modelo suma el VP del VEA futuro esperado al valor en libros de la empresa, pero sólo después de ajustar éste para que incluya todas las inversiones en activos intangibles que incluyen la reputación, adquisiciones, valor de la marca, investigación y desarrollo, además del costo de la capacitación para el desarrollo del capital humano. Los dos modelos dan respuestas idénticas porque el VPN y el VEA ofrecen respuestas idénticas. Entonces, la pregunta mucho más interesante es ¿por qué molestarse con el VEA? Con el VPN no hay forma de estudiar año con año para ver si en uno en particular el proyecto genera un valor positivo. Como el VEA se puede medir año con año y a profundidad en una organización, es posible utilizarlo para diseñar planes de compensación por incentivos en casi todos los niveles de una organización.

Virtualmente todos los métodos para medir a la administración y determinar compensaciones variables se basan en las utilidades contables. Esos números adolecen de dos defectos principales: no hay cargo por pérdidas o ganancias del capital de los accionistas y la inversión en activos intangibles se registra como gastos. Los activos intangibles representan una inversión que genera valor a largo plazo y deben tratarse como tal. El VEA corrige esos conceptos porque toma en cuenta todos los costos de capital, establece un cargo por usar éste, y capitaliza los activos intangibles. Entonces, los administradores tienen el mismo cuidado en el manejo de los activos que en el de los ingresos.

El VEA proporciona una medida financiera consistente que vincula toda la toma de decisiones con su mejora. Un aumento en el VEA permea la estructura de incentivos

muy hacia debajo de la organización. En un sistema de VEA la gente trabaja con más intensidad e inteligencia. Todos los empleados tienen incentivos para proponer ideas que mejoren el valor de la empresa. La primera compañía que implantó el VEA en toda su estructura, desde el taller al CEO, fue Briggs and Stratton (fabrican motores para podadoras), y el efecto fue increíble. El U.S. Postal Service (USPS) implantó el VEA en 1996. Después de enseñar a más

de 700,000 personas a entenderlo y cómo funcionaba el programa de incentivos, el USPS eliminó más de \$2.4 mil millones de pérdidas anuales y logró mejoras en la eficiencia de la operación.

**PREGUNTA:** *¿Cuál es la relevancia del VEA como regla de inversión ex ante, en contraposición a ser una medida del desempeño ex post?*

**RESPUESTA:** El VPN es un proceso de medición muy complicado ex post. Se plantea un caso hoy y se esperan flujos de efectivo en el futuro. ¿Cómo se mide si se hizo bien? Eso sólo se puede determinar estudiando los flujos de efectivo de salida y entrada durante la vida del proyecto. Con el VPN no hay forma de mantener registros año con año. El VEA se mide tan fácilmente como el VPN, pero a diferencia de éste, permite que los consejos de administración diseñen incentivos que estimulen la creación de riqueza.

**PREGUNTA:** *¿Cuáles son los retos para implantar el VEA en una empresa?*

**RESPUESTA:** Para implantar el VEA, una compañía debe (1) medirlo correctamente, con los ajustes necesarios para que los intangibles aparezcan en el balance general y se aplique un cargo por capital; (2) capacitar a los empleados acerca del VEA y cómo influir en éste y en el éxito de la empresa por medio de la mejora de sus propias eficiencias; (3) establecer las prioridades de la empresa, en orden de mayor a menor oportunidad de VEA, de modo que el objetivo sea mejorarlo; (4) usar el VEA como la base para la compensación por incentivos, así como por desempeño, y (5) comunicar a los mercados su sistema de VEA y la manera en que se diseñó. Está claro que todo esto requiere un cambio de mentalidad de la administración y de la cultura corporativa, de “más grande es preferible” a “el valor es lo mejor”.

\* El término *operation profit* también se traduce como “ingreso de operación”.

como marca comercial. El VEA no se inventó como regla de inversión, y aun hoy no se usa sobre todo para ello. No obstante, el VEA se basa en muchos de los conceptos que subyacen al cálculo del VPN. A continuación se definirá una regla para tomar decisiones de inversión que se basa en el VEA, y se verá su relación con el VPN.

**El VEA y la utilidad económica.** Joel Stern, de Stern Stewart, se dio cuenta de que ciertas compañías premiaban a los administradores tan sólo porque hacían dinero para ellas, sin tomar en cuenta los recursos que utilizaban para hacerlo. **La diferencia entre sólo hacer dinero y crear valor es la esencia del cálculo del VPN.** Por ejemplo, un administrador obtendría con facilidad \$1 millón por año para una empresa con sólo depositar \$20 millones en una cuenta bancaria que pagara una tasa de interés de 5%. **Habría hecho dinero, pero no creado valor.** El VPN de colocar \$20 millones en una cuenta de banco es igual a cero. Mientras que el VPN es una medida de la riqueza que se genera durante la vida del proyecto, los administradores reciben recompensas cada año. Como resultado, Stern revisó el concepto de la utilidad económica postulado por Marshall, el cual recompensa a los administradores con base en el VPN que generan cada año. El resultado, **el VEA, mide el valor anual agregado por el administrador después y por arriba del costo de dedicar y utilizar el capital que el proyecto requiere.**

**El VEA cuando el capital invertido es constante.** Considere un proyecto que requiere una **inversión inicial de capital con un costo de  $I$  dólares.** Suponga que el capital dura para siempre y genera un flujo de efectivo de  **$C_n$  en cada fecha futura  $n$ .** El VEA en cada año  $n$  es el valor agregado del proyecto después y por arriba del costo de oportunidad de conseguir el capital que se requiere para operar el proyecto. Si el costo de capital es  $r$ , entonces el costo de dedicar  $I$  de capital al proyecto en lugar de invertirlo en otro lado es igual a  $r \times I$  por periodo (este es el rendimiento esperado que podría haberse ganado). Se hace referencia al costo de oportunidad que se asocia con el uso que hace el proyecto del capital, como **cargo por capital.** El VEA en el periodo  $n$  es la diferencia entre el flujo de efectivo del proyecto y el **cargo por capital:**

**VEA en el periodo  $n$  (cuando el capital dura para siempre)**

$$VEA_n = C_n - rI \quad (6.1)$$

La **regla del VEA para invertir** se enuncia como sigue: **aceptar cualquier oportunidad de inversión en la que el valor presente de todos los VEA futuros sea positivo cuando se calcule con el costo de capital  $r$ , del proyecto.**

¿Cómo se compara la regla del VEA para invertir con la del VPN? Note que si se descuenta el cargo por capital en cada periodo  $rI$ , con la tasa  $r$ , el valor presente es  $rI/r = I$ . Así, si se descuenta el VEA del proyecto con su costo de capital  $r$ , entonces  $VP(VEA_n) = VP(C_n) - VP(rI) = VP(C_n) - I = VPN$ . Entonces, la regla del VEA y la del VPN coincidirán.

## EJEMPLO 6.2

### Cálculo del VEA cuando el capital invertido es constante

#### Problema

Calcule el VEA de la oportunidad de la empresa FFF respecto al fertilizante, que requirió una inversión inicial de \$250 millones, y tuvo un beneficio de \$35 millones cada año. Con esa información, decida si se hace la inversión.

**Solución**

El VEA en cada año es:

$$C_n - 250r = 35 - 250r$$

Con el empleo de la fórmula de la perpetuidad, el valor presente de este VEA es:

$$VP(VEA) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{35 - 250r}{(1+r)^n} = \frac{35 - 250r}{r} = \frac{35}{r} - 250$$

Este valor presente coincide con el cálculo anterior del VPN del proyecto de la sección 6.1, y por ello la compañía FFF debería hacer la inversión si el costo de capital fuera inferior a 14%.

**El VEA cuando el capital invertido cambia.** Es común que el capital invertido en un proyecto cambie con el tiempo. El capital existente tenderá a hacerse menos valioso con el correr de los días (es decir, las máquinas se desgastan con el uso), y será necesario hacer inversiones nuevas. Sea  $I_{n-1}$  la cantidad de capital asignado al proyecto en la fecha  $n-1$ , que es el comienzo del periodo  $n$ . Entonces, el cargo por capital en el periodo  $n$  debe incluir el costo de oportunidad de dedicarlo,  $rI_{n-1}$ . También debe tomarse en cuenta el costo de usar y desviar el uso del capital, que es la cantidad en la que el valor de éste se deprecia en el periodo. Entonces,

**VEA en el periodo  $n$  (cuando el capital se deprecia)**

$$VEA_n = C_n - rI_{n-1} - (\text{Depreciación en el periodo } n) \quad (6.2)$$

Con esta definición del VEA, de nuevo coincidirá la regla del VEA con la del VPN.

## EJEMPLO 6.3

### Cálculo del VEA cuando el capital invertido cambia

**Problema**

Planea instalar en el almacén de su compañía un sistema de iluminación de consumo eficiente de energía. La instalación costará \$300,000 y se estiman ahorros totales de \$75,000 por año. Las luminarias se depreciarán de modo uniforme durante 5 años, momento en el que deberán reemplazarse. El costo de capital es de 7% por año. ¿Qué indican las reglas del VPN y VEA respecto de si se debe, o no, instalar el sistema?

**Solución**

La línea de tiempo para la inversión es la siguiente (en miles de \$):



Por tanto, el VPN es:

$$VPN = -300 + \frac{75}{0.07} \left( 1 - \frac{1}{(1.07)^5} \right) = \$7.51 \text{ mil}$$

Por lo tanto, las luces deben instalarse. A continuación se verá que se obtiene el mismo resultado con la regla del VEA. Si las luminarias se deprecian en  $\$300,000 / 5 = \$60,000$  por año, entonces el VEA se calcula de la siguiente manera:

Año	0	1	2	3	4	5
Capital	300	240	180	120	60	0
Flujo de efectivo		75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
Cargo por capital		(21.0)	(16.8)	(12.6)	(8.4)	(4.2)
Depreciación		(60.0)	(60.0)	(60.0)	(60.0)	(60.0)
VEA		-6.0	-1.8	2.4	6.6	10.8

Por ejemplo,  $VEA_1 = 75 - 7\%(300) - 60 = -6.0$  y  $VEA_2 = 75 - 7\%(240) - 60 = -1.8$ . El valor presente de los VEA con el costo de capital del proyecto de 7%, es:

$$VP(VEA) = -\frac{6.0}{1.07} + \frac{-1.8}{1.07^2} + \frac{2.4}{1.07^3} + \frac{6.6}{1.07^4} + \frac{10.8}{1.07^5} = \$7.51 \text{ mil}$$

**¿Por qué persisten otras reglas, además de la del VPN?**

Los profesores Graham y Harvey descubrieron que una minoría notable (25%) de las empresas de su estudio no utilizaban, en ninguna forma, la regla del VPN. Además, cerca del 50% de compañías encuestadas utilizaban la regla del periodo de recuperación. Más aún, pareciera que la mayor parte de empresas utilizaban *ambas* reglas, la del VPN y de la TIR. ¿Por qué emplean las compañías otras reglas distintas de la del VPN, si las pueden llevar a tomar decisiones erróneas?

Una explicación posible de este fenómeno es que los resultados del sondeo de Graham y Harvey sean erróneos. Los CFO que empleaban la TIR como medida de sensibilidad junto con la regla del VPN podrían haber dado las dos respuestas en la encuesta. La pregunta que se hacía en ésta era: “¿con qué frecuencia utiliza su empresa las siguientes técnicas para decidir cuáles proyectos o adquisiciones llevará a cabo?” Al calcular la TIR y usarla junto con la regla del VPN para estimar la sensibilidad de sus resultados quizá creyeran que usaban *ambas* técnicas. No obstante, una minoría significativa de directivos respondió que sólo usaban la regla de la TIR, por lo que esta explicación no aclara todo.

Una razón común que daban los administradores para emplear en exclusiva la regla de la TIR era que **no necesitaban saber el costo de oportunidad del capital para calcularla**. En un nivel superficial eso es cierto: **la TIR no depende del costo de capital**. No es necesario conocerlo

para *calcular* la TIR, pero sin duda se requiere para conocer el costo de capital cuando se *aplica* la regla de la TIR. En consecuencia, el **costo de oportunidad es tan importante para la regla de la TIR como lo es para la del VPN**.

En opinión de los autores de este libro, algunas empresas utilizan la regla de la TIR únicamente porque ésta resume en un sólo número el atractivo que encierra la oportunidad de inversión, sin que se requiera que el analista manipule números para obtener una aproximación del costo de capital. Sin embargo, si una directora financiera (CFO) desea contar con un resumen breve de una oportunidad de inversión pero no quiere que su empleada haga una suposición del costo de capital, ella también podría pedir una gráfica del VPN como función de la tasa de descuento. Ningún cálculo de la TIR requiere conocer el costo de capital, pero la gráfica del VPN tiene la ventaja distintiva de que da información más abundante y confiable.

Si usted es empleado de una empresa que usa únicamente la regla de la TIR, le aconsejamos que siempre calcule el VPN. Si las dos reglas concuerdan puede estar seguro de hacer la recomendación que arroje la TIR. Si difieren, debe investigar el porqué falla la regla de la TIR, por medio de los conceptos que se estudian en esta sección. Una vez que haya identificado el problema, alerte a sus superiores sobre ello y quizá los persuada de adoptar la regla del VPN.

### REPASO DE CONCEPTOS

1. Cuando otras reglas para invertir no dan el mismo resultado que la del VPN, ¿cuál se debe de seguir? ¿Por qué?
2. Explique el término *Valor Económico Agregado* (VEA).

## 6.3 Oportunidades de inversión mutuamente excluyentes

Hasta este momento se han considerado decisiones en las que la elección consiste en aceptar o rechazar un proyecto único y aislado. Sin embargo, en ocasiones una empresa debe elegir sólo un proyecto entre varios posibles. Por ejemplo, un directivo quizá evalúe campañas de marketing alternativas para el lanzamiento de un solo producto.

Cuando los proyectos, como los programas de marketing, son mutuamente excluyentes, no basta determinar cuáles tienen VPN positivo. Con **proyectos mutuamente excluyentes** el objetivo del administrador es calificarlos y elegir el mejor. En esta situación, la regla del VPN proporciona una respuesta directa: *elegir el proyecto con el VPN más alto, siempre que sea positivo.\**

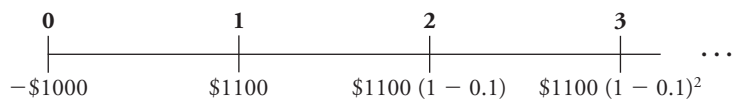
Debido a que la TIR es una medida del rendimiento esperado por invertir en el proyecto, podría existir la tentación de extender la regla de la TIR al caso de proyectos que se excluyen uno con otro y seleccionar aquél con la TIR más elevada. Sin embargo, elegir alguno sólo porque tiene la mayor TIR puede llevar a cometer errores. Los problemas surgen cuando hay diferencias en la escala de las inversiones que se excluyen mutuamente (es decir, que requieren inversiones iniciales distintas) y cuando tienen diferentes patrones de flujo de efectivo. En esta sección se estudian cada una de estas situaciones.

### Diferencias de escala

Si un proyecto tiene un VPN positivo, entonces, *si se duplica su tamaño su VPN también se duplicará*; según la Ley del Precio Único, la duplicación de los flujos de efectivo de una oportunidad de inversión debe hacerla doblemente rentable. Sin embargo, *la regla de la TIR no tiene esta propiedad* —no le afecta la escala de la oportunidad de inversión porque mide el rendimiento promedio de ésta. Por ello, la regla de la TIR no puede usarse para comparar proyectos de escalas distintas. Este concepto se ilustrará con el ejemplo que sigue.

**Escala idéntica.** Se comenzará por estudiar dos proyectos mutuamente excluyentes de la misma escala. Don estudia dos oportunidades de inversión. Si emprende un negocio con su novia necesitaría invertir \$1000, y el negocio generaría flujos de efectivo incrementales de \$1100 por año, mismos que disminuirían 10% para siempre. De manera alternativa, tiene la posibilidad de comenzar una lavandería con una máquina única. La máquina lavadora y secadora cuesta \$1100 en total y generarán \$400 por año, disminuyendo debido a los costos de mantenimiento a razón de 20% anual, para siempre. El costo de oportunidad del capital para ambas opciones es de 12%, y las dos exigirán de todo su tiempo, por lo que Don debe elegir sólo una de ellas. ¿Cuál debe seleccionar?

La línea de tiempo para la inversión con su novia es la siguiente:



Los flujos futuros constituyen una perpetuidad con tasa de crecimiento de  $-10\%$ , por lo que el VPN de la oportunidad de inversión cuando  $r = 12\%$ , es:

$$VPN = -1000 + \frac{1100}{r + 0.1} = -1000 + \frac{1100}{0.12 + 0.1} = \$4000$$

\* La indicación de que el VPN debe ser positivo, en la versión en inglés se da por sabido.

La TIR de esta inversión se determina al igualar a cero el VPN y resolver para  $r$ :

$$1000 = \frac{1100}{r + 0.1} \quad \text{implica que} \quad r = 100\%$$

Entonces, la TIR para la inversión de Don en el negocio de su novia es de 100%.

La línea de tiempo para su inversión en la lavandería es la siguiente:



Los flujos de efectivo son, una vez más, una perpetuidad, en esta ocasión con tasa de crecimiento negativo igual a  $-20\%$ . El VPN de esta oportunidad de inversión es:

$$VPN = -1000 + \frac{400}{r + 0.2} = -1000 + \frac{400}{0.12 + 0.2} = \$250$$

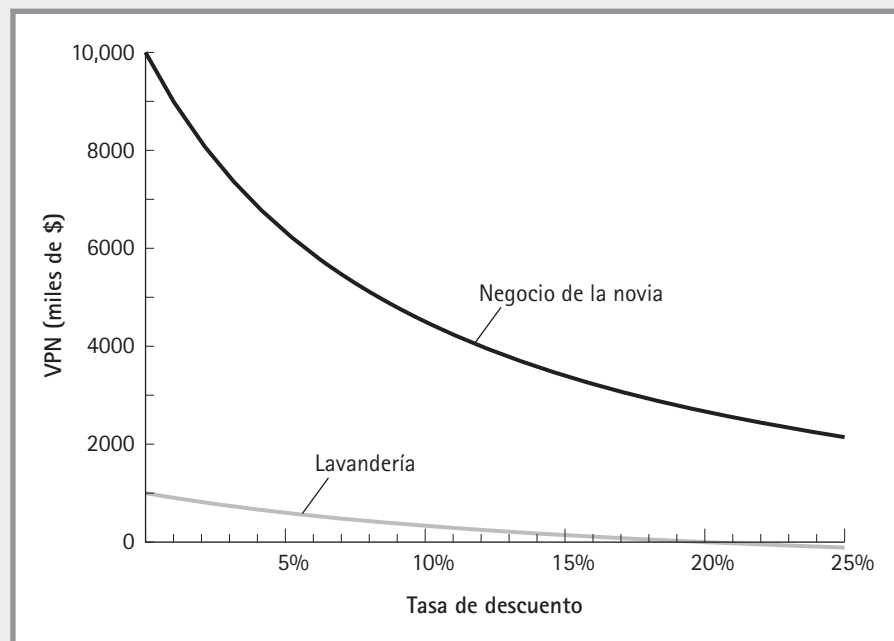
El VPN de \$250 de la lavandería es menor que el de \$4000 del negocio de su novia, por lo que Don debe emprender este último. Por fortuna, parece que Don no necesitará elegir entre su chequera y su relación amorosa!

Si se comparan las TIR se observa que para la lavandería, al igualar a cero el VPN y resolver para  $r$  se obtiene una TIR de 20%. La lavandería tiene una TIR más baja que la inversión en el negocio de su novia. Como se aprecia en la figura 6.5, en este caso el proyecto con la TIR más elevada tiene el VPN más alto.

**FIGURA 6.5**

**VPN de las oportunidades de inversión de Don con la lavandería de máquina única**

El VPN del negocio de su novia siempre es mayor que el de la lavandería. Sucede igual para la TIR, pues la TIR del negocio con su novia es de 100% y la de la lavandería es de 20%.



**Cambio de escala.** ¿Qué pasa si se cambia la escala de uno de los proyectos? El profesor de finanzas de Don dijo que, dado el espacio disponible para las instalaciones, podría instalar con facilidad 20 máquinas en la lavandería. ¿Qué debe hacer Don ahora?

Observe que la TIR no se ve afectada con la escala. Una lavandería de 20 máquinas tiene exactamente la misma TIR que la de una sola máquina, por lo que el negocio de la novia sigue con una TIR más grande que la de la lavandería, sin embargo, el VPN de ésta crece con la escala: es 20 veces mayor.

$$VPN = 20 \left( -1000 + \frac{400}{0.12 + 0.2} \right) = \$5000$$

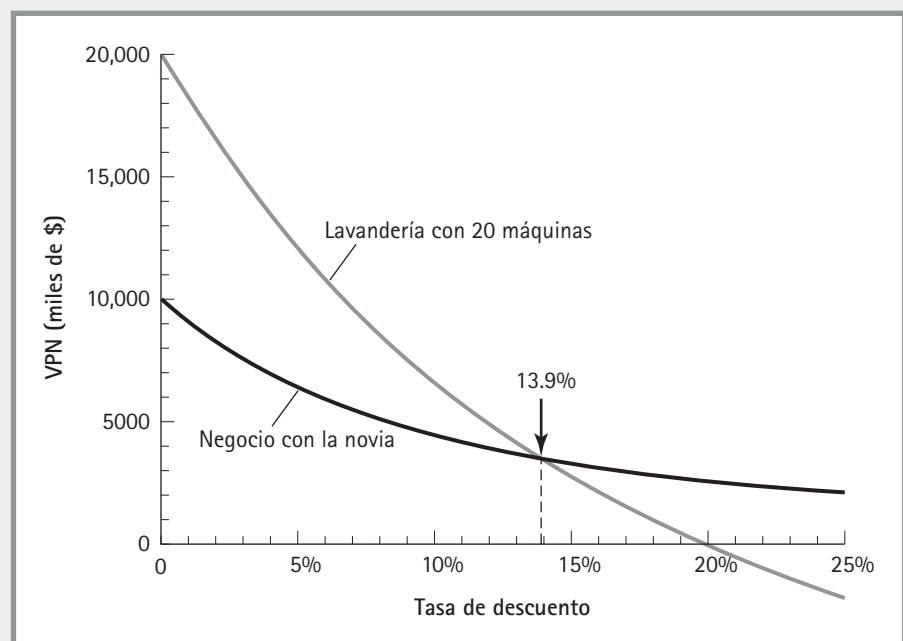
Ahora, la recomendación es que Don debe invertir en la lavandería con 20 máquinas. Como se ve en la figura 6.6, el VPN de la instalación con 20 máquinas supera el del negocio de la novia siempre y cuando el costo del capital sea menor que 13.9%. En este caso, aunque la TIR de trabajar con su novia supera al de la lavandería, elegir la oportunidad de inversión con la TIR más alta no conduce a aquélla con el VPN más elevado.

**Rendimiento porcentual versus efecto en dólares sobre el valor.** Este resultado pareciera ir contra la intuición. ¿Por qué habría alguien de rechazar una oportunidad que tiene un rendimiento (TIR) de 100% para quedarse con otra de tan sólo 20%? La respuesta es que ésta última significa obtener más dinero. Para demostrarlo, considere este conjunto de alternativas: ¿preferiría usted un rendimiento de 200% sobre \$1 dólar o el 10% sobre un millón? La primera sin duda es un resultado de escándalo, pero al final del día sólo ganaría \$2. La segunda no es un resultado notable, pero su ganancia es \$100,000. La TIR es una medida

**FIGURA 6.6**

**VPN de las oportunidades de Don con la lavandería de 20 máquinas**

Igual que en la figura 6.5, la TIR del negocio con su novia es de 100%, en tanto que la de la lavandería es de 20%. Pero en este caso, el VPN del primero es mayor que el VPN del negocio con 20 máquinas únicamente para tasas de descuento mayores de 13.9%.



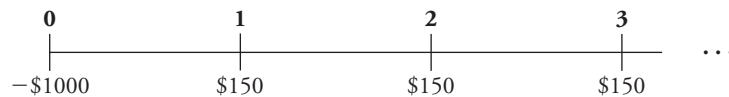
del rendimiento promedio, que es una información valiosa. Sin embargo, al comparar proyectos mutuamente excluyentes de escala distinta, se necesita conocer el efecto en dólares sobre el valor, o VPN.

### Momento en que ocurren los flujos de efectivo

Otra falla de la TIR es que se altera si se cambian los momentos en que ocurren los flujos de efectivo, aun si dicho cambio de tiempo no afecta el VPN. Por ello, es posible alterar la calificación de la TIR de los proyectos sin que cambie en términos del VPN. De ahí que no se pueda usar la TIR para elegir entre inversiones mutuamente excluyentes. Para analizar esto en el contexto de un ejemplo, veamos el de la lavandería de Don.

Un vendedor ofreció a Don un contrato de mantenimiento para sus máquinas por el que pagaría \$250 por año, por cada máquina. Con ese contrato, Don no tendría que pagar su propio mantenimiento, por lo que los flujos de efectivo de las máquinas no disminuirían. Los flujos esperados, entonces, serán los de más máquinas menos el costo del contrato:  $\$400 - \$250 = \$150$  por año, por máquina, para siempre.

Ahora, Don debe decidir entre dos oportunidades de inversión que se excluyen una a otra: la lavandería con el contrato o sin éste. Se comienza con la construcción de la línea de tiempo:



Observe que el contrato de mantenimiento no cambia el VPN:

$$VPN = 20 \left( -1000 + \frac{150}{r} \right) = \$5000 \quad (6.3)$$

En consecuencia, resulta indiferente para Don aceptar o no el contrato de mantenimiento. Al igualar a cero el VPN y resolver para  $r$  queda una TIR de 15%. Recuerde que la TIR sin el contrato de mantenimiento era de 20%, por lo que éste disminuyó en 5 puntos porcentuales a la TIR. La figura 6.7 demuestra que aceptar la alternativa con la TIR más alta siempre resulta en que Don rechace el contrato de mantenimiento, sin importar el costo de capital. Sin embargo, la decisión correcta es aceptar el contrato si el costo de capital es menos del 12%, y rechazarlo si supera dicho porcentaje. Con un costo de capital de 12%, Don es indiferente entre ambas decisiones.

Como se aprecia en este ejemplo, elegir la oportunidad de inversión con la TIR más elevada puede llevar a cometer un error. Ahora centraremos la atención en una “corrección” de las deficiencias de la regla de la TIR cuando se comparan proyectos que se excluyen mutuamente.

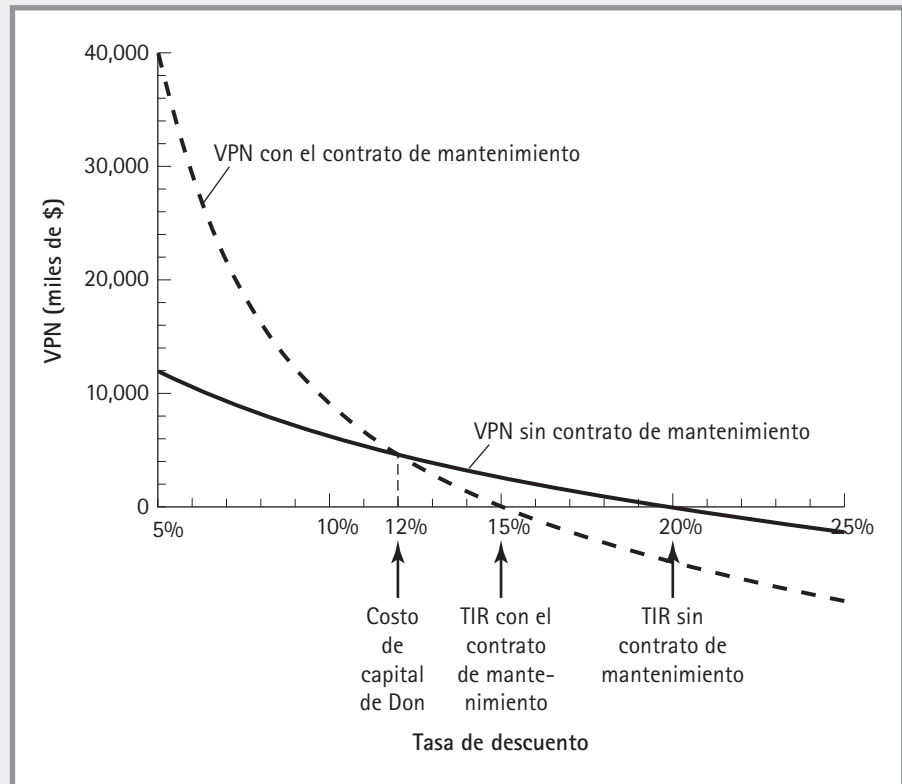
### La regla de la TIR incremental

La **regla de la TIR incremental** aplica la regla de la TIR a la diferencia entre los flujos de efectivo de dos alternativas mutuamente excluyentes (el *incremento* en los flujos de efectivo de una inversión sobre la otra). Para ilustrarlo, suponga que se comparan dos oportunidades que se excluyen una a otra, A y B, y la TIR de ambas excede el costo de capital. Si se restan los flujos de efectivo de la oportunidad B de los de la oportunidad A, entonces debe aceptarse esta última si la TIR incremental supera el costo de capital. De otro modo, se debe aceptar la oportunidad B.



**FIGURA 6.7****VPN con y sin contrato de mantenimiento**

El VPN sin el contrato de mantenimiento supera el VPN con éste para tasas de descuento por arriba de 12%. Sin embargo, la TIR sin el contrato (20%) es mayor que la TIR con éste (15%).



**Aplicación de la regla de la TIR incremental.** A continuación se aplicará la regla de la TIR incremental para el dilema de Don. La siguiente línea de tiempo ilustra los flujos de efectivo incrementales de la lavandería con el contrato de mantenimiento sobre la lavandería sin éste:

Año	0	1	2	3	4	...
Con el contrato	-\$1,000	\$150	\$150	\$150	\$150	
Sin el contrato	-\$1,000	\$400	$\$400(0.8)$	$\$400(0.8)^2$	$\$400(0.8)^3$	
Flujos de efectivo incrementales	\$0	-\$250	-\$170	-\$106	-\$55	

En este caso, es muy difícil calcular en forma directa el VPN del flujo de efectivo incremental, debido a que no crece a una tasa constante. Aunque es fácil de obtener como la diferencia del VPN con el contrato y sin él, de la siguiente manera:

$$VPN = \frac{150}{r} - \frac{400}{r + 0.2}$$

Al igualar esta ecuación a cero y resolver para  $r$ , se obtiene una TIR de 12%. Si se aplica la regla de la TIR incremental, Don debería aceptar el contrato si el costo de capital resulta menor que 12%. Debido a que su costo de capital es 12%, le resulta indiferente cualquier decisión. Hay que recordar que esto ocurre con la regla del VPN, por lo que en este caso la regla de la TIR incremental proporciona una respuesta correcta.

**Desventajas de la regla de la TIR incremental.** Aunque la regla de la TIR incremental resuelve ciertos problemas de inversiones que se excluyen mutuamente, requiere utilizar la regla de la TIR sobre flujos de efectivo incrementales. Como resultado, comparte varios problemas con la regla simple de TIR:

- El hecho de que la TIR supere el costo de capital para ambos proyectos **no implica que los dos tengan VPN positivos.**
- La **TIR incremental no existe necesariamente.**
- Podrían existir **muchas TIR incrementales.** En realidad, la probabilidad de que las haya múltiples es mayor con la regla de la TIR incremental que con la simple.
- Al comparar proyectos, se debe **vigilar de cuál de ellos es el incremental y asegurarse de que los flujos de efectivo incrementales al principio sean negativos y luego se vuelvan positivos.** De otro modo, la regla de la TIR incremental tendrá el problema de la inversión inicial negativa y dará una respuesta equivocada.
- La regla de la TIR incremental **supone que el riesgo de los dos proyectos es el mismo.** Cuando los riesgos son diferentes el costo de capital de los flujos de efectivo incrementales no es obvio, lo que hace difícil saber si la TIR incremental supera el costo de capital. En este caso, sólo la regla del VPN, que permite que cada proyecto se descuenta con su propio costo de capital, dará una respuesta confiable.

En resumen, aunque la regla de la TIR incremental proporciona un método confiable para elegir entre dos o más proyectos, resulta **difícil aplicarla en forma correcta.** Es mucho más sencillo utilizar la regla del VPN.

#### REPASO DE CONCEPTOS

1. ¿Cuál es la regla de la TIR incremental y cuáles son sus desventajas?
2. Para proyectos que se excluyen mutuamente, explique por qué pueden cometerse errores si se elige uno sobre otro debido a que tiene una TIR más grande.

## 6.4 Selección de proyectos con restricciones en los recursos

En la sección anterior se estudió la decisión entre dos oportunidades de inversión que se excluyen mutuamente. Se supuso de manera implícita que ambos proyectos tenían necesidades *idénticas* de recursos —por ejemplo, que tanto la lavandería como el negocio de la novia demandaban el 100% del tiempo de Don.

En ciertas situaciones, diferentes oportunidades de inversión demandan cantidades distintas de un recurso en particular. Si hay un suministro fijo de recursos de modo que no es posible aceptar todas las oportunidades posibles, **elegir una oportunidad sólo porque tiene el VPN más alto podría no conducir a la mejor decisión.**

### Evaluación de proyectos con requerimientos diferentes de recursos

Suponga que se estudian los tres proyectos que se presentan en la tabla 6.1, los cuales requieren de cierto espacio de almacenamiento. En la tabla se da el VPN de cada proyecto y la cantidad de espacio que éstos requieren en la bodega. El proyecto A tiene el VPN más elevado pero utiliza todo el recurso (el almacén). Si los otros proyectos en conjunto tienen un VPN mayor y pueden emprenderse sería un error emprender esta oportunidad. Los proyectos B y C pueden emprenderse *ambos* (juntos utilizan todo el espacio disponible), y su VPN conjunto excede el del proyecto A; por tanto deben iniciarse los dos. Su VPN conjunto es de \$150 millones, en comparación con los \$100 millones del proyecto A por sí solo.

TABLA 6.1

## Proyectos posibles que requieren espacio de bodega

Proyecto	VPN (millones de \$)	Fracción que se requiere de la bodega (%)	Índice de rentabilidad
A	100	100	1
B	75	60	1.25
C	75	40	1.875

## Índice de rentabilidad

En este ejemplo sencillo, la identificación de la combinación óptima de los proyectos por emprender es directa. En situaciones reales en las que hay muchos proyectos y distintos recursos, encontrar la mezcla óptima es difícil. Los profesionales utilizan el **índice de rentabilidad** para identificar la mejor combinación de proyectos que deben emprenderse en tales circunstancias:

## Índice de rentabilidad

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\text{Valor creado}}{\text{Recurso consumido}} = \frac{\text{VPN}}{\text{Recurso consumido}} \quad (6.4)$$

El índice de rentabilidad mide el “resultado por moneda”—es decir, el valor creado en términos del VPN por unidad del recurso consumido. Una vez calculado el índice de rentabilidad, los proyectos se clasifican con base en él. Se comienza con el que tenga el índice más alto, y se sigue en orden decreciente de proyectos hasta que el recurso se haya agotado. En la tabla 6.1 se muestra el índice de rentabilidad calculado para cada uno de los tres proyectos. Observe que la regla del índice de rentabilidad seleccionaría los proyectos B y C.

EJEMPLO  
6.4

## Índice de rentabilidad con restricción de recursos humanos

## Problema

La división en que trabaja, en NetIt, una gran compañía de redes, ha elaborado la propuesta de un proyecto para desarrollar un nuevo ruteador interno. El VPN esperado del proyecto es de \$17.7 millones y requiere 50 ingenieros de software. NetIt tiene un total de 190 ingenieros disponibles, y el proyecto del ruteador debe competir con otros para que le asignen a esos profesionales:

Proyecto	VPN (millones de \$)	Demanda de Ingenieros
Ruteador	17.7	50
Proyecto A	22.7	47
Proyecto B	8.1	44
Proyecto C	14.0	40
Proyecto D	11.5	61
Proyecto E	20.6	58
Proyecto F	12.9	32
<b>Total</b>	<b>107.5</b>	<b>332</b>

¿Cómo debe NetIt asignar las prioridades de los proyectos?

**Solución**

El objetivo es maximizar el VPN total que generan 190 empleados (como máximo). Se calcula el índice de rentabilidad de cada proyecto, con el uso del concepto Demanda de ingenieros (DI) en el denominador, para luego clasificarlos con base en su índice respectivo, de la siguiente manera:

Proyecto	VPN (millones de \$)	Demanda de ingenieros (DI)	Índice de rentabilidad (VPN por DI)	DI total requerida
Proyecto A	22.7	47	0.483	47
Proyecto F	12.9	32	0.403	79
Proyecto E	20.6	58	0.355	137
Ruteador	17.7	50	0.354	187
Proyecto C	14.0	40	0.350	
Proyecto D	11.5	61	0.189	
Proyecto B	8.1	44	0.184	

A continuación se asignan los recursos a los proyectos en orden descendente, de acuerdo con su índice de rentabilidad. La columna final muestra el uso acumulado del recurso, hasta agotarlo, conforme se toma cada proyecto. Para maximizar el VPN dentro de la restricción de 190 empleados, NetIt debe elegir los primeros cuatro proyectos de la lista. La restricción del recurso obliga a la empresa a renunciar a otros tres proyectos valiosos.

**Desventajas del índice de rentabilidad**

Aunque el índice de rentabilidad es fácil de calcular y usar, en ciertas situaciones no da la respuesta correcta. Por ejemplo, suponga que en el ejemplo 6.4 NetIt tiene un proyecto adicional pequeño con VPN de sólo \$100,000 y que requiere de tres ingenieros. En este caso, el índice de rentabilidad es de  $0.1/3 = 0.03$ , por lo que este proyecto aparecería en el último lugar de la clasificación. Sin embargo, observe que 3 de los 190 empleados no se utilizan después de seleccionar los primeros cuatro proyectos. Como resultado, tendría sentido aceptar este proyecto aun cuando clasificara al último.

Un problema más serio ocurre cuando se aplican múltiples restricciones de recursos. En este caso, el índice de rentabilidad puede fallar por completo. La única forma segura de encontrar la mejor combinación de proyectos es buscar entre todos ellos. Aunque parezca que dicho proceso consume demasiado tiempo, se han desarrollado técnicas específicas de programación lineal y entera para resolver esta clase de problemas. A través de dichas técnicas y apoyados con una computadora la solución se obtiene en cuestión de instantes (vaya a la sección de Lecturas adicionales, para ver estas referencias).

**REPASO  
DE CONCEPTOS**

1. Explique por qué podría no ser óptimo elegir el proyecto con el VPN más alto cuando se evalúan proyectos que se excluyen mutuamente y tienen distintos requerimientos de recursos.
2. Explique por qué es frecuente que los profesionales usen el índice de rentabilidad para identificar las combinaciones óptimas de proyectos que deben emprenderse.

**Resumen**

1. Si el objetivo es maximizar la riqueza, la regla del VPN siempre da la respuesta correcta.
2. La diferencia entre el costo de capital y la TIR es la cantidad máxima de error de estimación que puede existir en el costo de capital estimado sin que se altere la decisión original.

3. Regla del periodo de recuperación de una inversión: calcular la cantidad de tiempo que toma recuperar la inversión inicial (periodo de recuperación). Si éste es menor que el plazo previamente especificado, se debe aceptar el proyecto. De otro modo, se debe rechazar.
4. Regla de la TIR para invertir: Aceptar cualquier oportunidad de inversión cuya TIR sea mayor que el costo de oportunidad del capital. Rechazar aquella que tenga TIR menor que dicho costo.
5. La regla de la TIR puede dar la respuesta equivocada si los flujos de efectivo dan un pago inicial positivo (inversión negativa). Cuando no existe la TIR o hay varias, no es posible usar la regla que se basa en ésta.
6. El VEA en el año  $n$  es el flujo de efectivo en ese año menos el costo de dedicar y usar el capital que se requiere para operar el proyecto —es el valor agregado en dicho año durante la vida del proyecto:

$$VEA_n = C_n - rI_{n-1} - (\text{depreciación en el periodo } n) \quad (6.2)$$

7. Regla del VEA para invertir: aceptar cualquier oportunidad de inversión en la que el valor presente calculado con el empleo del costo de capital  $r$  del proyecto, de todos los VEA futuros sea positivo.
8. Al estudiar oportunidades de inversión que se excluyen mutuamente, elegir aquella con el VPN positivo más alto. No usar la TIR para escoger entre oportunidades de inversión mutuamente excluyentes.
9. Regla de la TIR incremental: imagine que se comparan dos oportunidades que se excluyen una a otra, A y B, y la TIR de cada una es mayor que el costo de capital. Si se restan los flujos de efectivo de la oportunidad B de los de la oportunidad A, entonces debe aceptarse esta última si es que la TIR incremental supera el costo de capital. De otro modo, aceptar la oportunidad B.
10. Al elegir entre proyectos que compiten por el mismo recurso, es frecuente que se obtenga el mejor resultado si se ordenan según sus índices de rentabilidad y se elige el conjunto que tenga los más altos y que sean susceptibles de emprenderse dado el recurso limitado.

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\text{Valor creado}}{\text{Recurso consumido}} = \frac{\text{VPN}}{\text{Recurso consumido}} \quad (6.4)$$

## Términos clave

cargo por capital *p. 158*  
 índice de rentabilidad *p. 167*  
 periodo de recuperación *p. 152*  
 proyectos mutuamente  
 excluyentes *p. 161*  
 regla de la tasa interna de rendimiento  
 (TIR) *p. 152*

regla de la TIR incremental *p. 164*  
 regla de la TIR para invertir *p. 152*  
 regla del periodo de recuperación de  
 la inversión *p. 151*  
 regla del VEA para invertir *p. 158*  
 utilidad económica *p. 156*  
 Valor Económico Agregado *p. 156*

## Lecturas adicionales

Para los lectores que quieran aprender más acerca de la utilidad económica (o VEA) y la forma en que se usa, se recomienda ver A. Ehrbar, *EVA: The Real Key to Creating Wealth*. (Nueva York: John Wiley y Sons, 1998).

Los lectores que deseen saber más sobre lo que los administradores hacen realmente, deben consultar a J. Graham y C. Harvey, "How CFOs Make Capital Budgeting and Capital Struc-

ture Decisions", *Journal of Applied Corporate Finance* 15(1) (2002): 8-23; S. H. Kim, T. Crick, y S. H. Kim, "Do Executives Practice What Academics Preach?" *Management Accounting* 68 (noviembre de 1986): 49-52; y P. Ryan y G. Ryan, "Capital Budgeting Practices of the Fortune 1000: How Have Things Changed?" *Journal of Business and Management* 8(4) (2002): 355-364.

Las siguientes referencias serán de utilidad para los lectores interesados en la manera de seleccionar entre proyectos que compiten por el mismo conjunto de recursos: M. Vanhoucke, E. Demeulemeester, y W. Herroelen, "On Maximizing the Net Present Value of a Project Under Renewable Resource Constraints," *Management Science* 47(8) (2001): 1113-1121; y H. M. Weingartner, *Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems*. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1963).

## Problemas

Todos los problemas de este capítulo se encuentran disponibles en MyFinanceLab. Un asterisco (\*) indica problemas con nivel de dificultad más alto.

### VPN y proyectos solos

1. Está en estudio la apertura de una planta nueva. Esta tendrá un costo inicial de \$100 millones y su construcción tomará un año. Después de eso, se espera que produzca utilidades de \$30 millones al final de cada año de producción. Se espera que los flujos de efectivo duren para siempre. Calcule el VPN de esta oportunidad de inversión, si el costo de capital es de 8%. ¿Debe hacerse la inversión? Calcule la TIR y úsela para determinar la desviación máxima permisible en la estimación del costo de capital para que la decisión no cambie.

### EXCEL

2. Bill Clinton dijo que recibió un pago de \$10 millones por escribir su libro *My Way*. Le llevó tres años hacerlo. En el tiempo que dedicó a su escritura, Clinton hubiera podido recibir pagos por impartir conferencias. Dada su popularidad, suponga que hubiera podido ganar \$8 millones por año (pagaderos al final del año) con ellas, en lugar de escribir el libro. También suponga que su costo de capital es de 10% por año.
  - a. ¿Cuál es el VPN de aceptar escribir el libro (ignore cualquier pago por regalías)?
  - b. Imagine que, una vez terminado el libro, se espera que genere en el primer año (que se pagarían al final de éste) regalías de \$5 millones que decrecerían a razón de 30% por año a perpetuidad. ¿Cuál es el VPN del libro con los pagos de regalías?

### EXCEL

- \*3. FastTrack Bikes, Inc., planea desarrollar una nueva bicicleta de carreras de material compuesto. Su desarrollo tomará seis años a un costo de \$200,000 por año. Una vez en producción, se espera que la bicicleta produzca \$300,000 anuales, durante diez años.
  - a. Suponga que el costo de capital es de 10%.
    - i. Calcule el VPN de esta oportunidad de inversión. ¿Debe hacer la inversión la compañía?
    - ii. Calcule la TIR y úsela para determinar la desviación máxima permisible en la estimación del costo de capital para que la decisión no cambie.
    - iii. ¿Cuánto debería durar el desarrollo para que la decisión cambiara?
  - b. Suponga que el costo de capital es de 14%.
    - i. Calcule el VPN de esta oportunidad de inversión. ¿La compañía debe hacer la inversión?
    - ii. ¿De cuánto debería ser la desviación en la estimación del costo de capital para que la decisión cambie?
    - iii. ¿Cuánto tiempo debería durar el desarrollo para que fuera necesario cambiar la decisión?

**Reglas de decisión  
alternativas**

4. El lector es un agente de bienes raíces que planea fijar en una parada del autobús local un anuncio de sus servicios. El anuncio costará \$5000 y permanecerá durante un año. Usted espera que genere ingresos adicionales de \$500 por mes. ¿Cuál es el periodo de recuperación?

5. En el problema 1, ¿la regla de la TIR está de acuerdo con la del VPN?

**EXCEL**

6. ¿Cuántas TIR hay en el inciso (b) del problema 2? ¿Funciona en este caso la regla de la TIR?

**EXCEL**

7. ¿Cuántas TIR hay en el inciso (b) del problema 2? En este caso, ¿funciona la regla de la TIR?

8. A la profesora Wendy Smith le han propuesto el siguiente trato: a una empresa jurídica le gustaría contratarla por un pago inicial de \$50,000. A cambio, durante el año siguiente la compañía tendría derecho a 8 horas de su tiempo cada mes. Los honorarios de Smith son de \$550 por hora y su costo de oportunidad de capital es de 15% (TAE). ¿Qué aconseja la regla de la TIR respecto de esta oportunidad? ¿y la regla del VPN?

9. Innovation Company planea comercializar un producto de software nuevo. Los costos iniciales de la comercialización y desarrollo del producto son de \$5 millones. Se espera que este genere utilidades de \$1 millón por año durante diez años. La compañía tendrá que dar servicio al producto que se espera tenga un costo de \$100,000 por año, a perpetuidad. Asuma que todas las utilidades y gastos ocurren al final de cada año.

- a. ¿Cuál es el VPN de esta inversión, si el costo de capital es de 5.438761%? ¿La empresa debe emprender el proyecto? Repita el análisis para tasas de descuento de 2.745784% y 10.879183%.

- b. ¿Cuál es la TIR de esta oportunidad de inversión?

- c. ¿Qué indica la regla de la TIR acerca de esta inversión?

10. Usted es propietario de una empresa minera de carbón y planea abrir una nueva mina. La apertura de ésta costará \$120 millones. Si este dinero se gasta de inmediato, la mina generará \$20 millones durante los diez años siguientes. Después de eso, el carbón se agotará y el sitio deberá limpiarse y mantenerse para que cumpla estándares ambientales. Se espera que la limpieza y mantenimiento cuesten \$2 millones por año, a perpetuidad. ¿Qué dice la regla de la TIR acerca de aceptar esta oportunidad? Si el costo de capital es de 8%, ¿qué aconseja la regla del VPN?

**EXCEL**

- \*11. Está considerando si invierte en una mina de oro nueva ubicada en Sudáfrica. El oro en ese sitio se obtiene de excavaciones muy profundas, por lo que la mina requerirá una inversión inicial de \$250 millones. Una vez hecha esta inversión, se espera que la mina produzca ingresos de \$30 millones por cada uno de los 20 años siguientes. Operar la mina costará \$10 millones por año. Después de 20 años, el oro se agotará. Entonces, la mina deberá estabilizarse de manera continua, lo que costará \$5 millones por año, a perpetuidad. Calcule la TIR de esta inversión. (*Sugerencia:* Haga la gráfica del VPN como función de la tasa de descuento.)

12. Para el problema 1, calcule el valor presente de los VEA, y determine si el resultado con la regla del EVA concuerda con el de la regla del VPN.

**EXCEL**

- \*13. El lector estudia la construcción de una planta nueva para manufacturar cierto producto novedoso. Prevé que tomará un año construir la planta a un costo inicial de \$100 millones. Una vez construida, generará flujos de efectivo de \$15 millones al final de cada año de su vida. La planta se desgastará 20 años después de haber sido terminada. En ese momento se espera obtener \$20 millones como valor de rescate para la planta. Use un costo de capital de 12% para calcular el valor presente de los VEA y compruebe que son iguales al VPN.

14. Se estudia la filmación de una película. Se espera que inicialmente cueste \$10 millones y lleve un año terminarla. Después de eso, se esperan obtener \$5 millones en el año de su lanzamiento y \$2 millones cada uno de los cuatro años siguientes. ¿Cuál es el periodo de recuperación

de esta inversión? ¿Si se requiriera un periodo de recuperación de dos años, ¿se debería realizar la película? ¿Tendría ésta VPN positivo si el costo de capital fuera de 10%?

Oportunidades de inversión que se excluyen mutuamente

15. Usted trabaja en una empresa que sólo utiliza TIR. La razón es que al CEO no le gusta leer memorandos extensos. Se le ha oído decir: “no me gustan los economistas con dos lados...”<sup>4</sup> A él le agrada resumir todas las decisiones en un número único, como la TIR. Su jefe le pidió que calculara la TIR de un proyecto. Él rehúsa darle a conocer el costo de capital del proyecto, pero usted sabe que una vez que calcule la TIR, él la comparará con el costo de capital y usará la información para tomar la decisión de invertir. ¿Qué debe hacer usted
16. Está en curso la decisión entre dos oportunidades de inversión mutuamente excluyentes. Ambas requieren la misma inversión inicial de \$10 millones. La inversión A generará \$2 millones por año (que comienzan al final del primer año) a perpetuidad. La inversión B generará \$1.5 millones al final del primer año y después de eso sus ingresos crecerán a razón de 2% por año.

a. ¿Cuál es la inversión que tiene la TIR más alta?

b. ¿Cuál inversión tiene el VPN más elevado si el costo de capital es de 7%?

c. En este caso, ¿cuándo lleva a la respuesta correcta la elección de la TIR más elevada acerca de la mejor oportunidad de inversión?
17. Utilice la regla de la TIR incremental para hacer la elección correcta entre las inversiones del problema 16, cuando el costo de capital es de 7%.
18. El lector trabaja para una compañía que manufactura estructuras de juego al aire libre, y trata de decidir entre dos proyectos:

Proyecto	Flujos de efectivo al final del año (miles de \$)			
	0	1	2	TIR
Casita	−30	15	20	10.4%
Fuente	−80	39	52	8.6%

Únicamente se puede emprender un proyecto. Si el costo de capital es de 8%, use la regla de la TIR incremental para tomar la decisión correcta.

Selección de proyectos con restricciones en los recursos

19. Kartman Corporation evalúa cuatro inversiones en bienes raíces. La administración planea comprar hoy las propiedades y venderlas tres años después de hoy. La tasa de descuento anual para las inversiones es de 15%. La siguiente tabla resume el costo inicial y el precio de venta de cada propiedad en tres años.

	Costo hoy	Precio de venta en el año 3
Parkside Acres	\$500,000	\$ 900,000
Real Property Estates	800,000	1,400,000
Lost Lake Properties	650,000	1,050,000
Overlook	150,000	350,000

Karman tiene un presupuesto de capital de \$800,000 para invertir en las propiedades. ¿Cuáles debe elegir?

4. Se dice que el Presidente Harry Truman se quejaba de que el problema con todos los economistas es que siempre tenían dos manos: cuando se les pedía un consejo decían “por un lado... pero por otro...” (del inglés: *On the one hand... but on the other hand...*).



20. Orchid Biotech Company evalúa varios proyectos de desarrollo de medicinas experimentales. Aunque los flujos de efectivo son difíciles de pronosticar, la empresa cuenta con las siguientes estimaciones de los requerimientos de capital inicial y el VPN de los proyectos. Dada una variedad amplia de necesidades de asignación de personal, la compañía también ha estimado el número de investigadores científicos que necesita cada proyecto de desarrollo (todas las cifras de costo están dadas en millones de dólares).

Número de proyecto	Capital inicial	Número de investigadores científicos	VPN
I	\$10	2	\$10.1
II	15	3	19.0
III	15	4	22.0
IV	20	3	25.0
V	30	10	60.2

- Suponga que Orchid tiene un presupuesto total de capital de \$60 millones. ¿Cómo debe asignar las prioridades de los proyectos?
- Imagine que Orchid tiene en la actualidad 12 investigadores científicos y no prevé poder contratar a ninguno más en el futuro cercano. ¿Cómo debe asignar la empresa las prioridades de los proyectos?

## Caso de estudio

El 6 de octubre de 2004, Sirius Satellite Radio anunció que había llegado a un acuerdo con Howard Stern para transmitir su programa de radio, en exclusiva, a través de su sistema. Como resultado del anuncio, el precio de las acciones de Sirius se incrementó. El lector es un analista de mercados en una importante empresa de inversiones, y XM Radio, que también es una empresa de radio por satélite, es una de las compañías que usted estudia. Su jefa quiere estar preparada por si XM imita a Sirius con respecto de contratar a una personalidad importante. Por tanto, ella quiere estimar los flujos de efectivo netos que el mercado ha previsto por la contratación de Stern. Le aconseja que usted trate al valor previsto por el mercado como el VPN del contrato, y luego trabaje hacia atrás a partir del VPN para determinar los flujos de efectivo anuales necesarios para generar dicho valor. Habían rumores acerca del potencial contrato durante cierto tiempo antes del anuncio. Como resultado, el precio de las acciones de Sirius se incrementó durante los días previos al anuncio. Por ello, su jefa le aconseja que la mejor manera de capturar todo el valor es tomar el cambio en el precio de las acciones, del 28 de septiembre de 2004 al 7 de octubre de 2004. Usted está de acuerdo, y trata de determinar cómo proceder. Usted es relativamente nuevo en el trabajo y el término VPN le resulta algo familiar.

- Para determinar el cambio en el precio de las acciones durante este periodo, entre a Yahoo! Finance (<http://finance.yahoo.com>) e introduzca el símbolo de acciones para Sirius (SIRI). Después haga clic en "Historical Prices" y capture las fechas apropiadas. Utilice los precios al cierre ajustados para ambas fechas.
- A fin de determinar el cambio en el valor, multiplique el cambio del precio de las acciones por el número de acciones en circulación. Para esas fechas, éstas se encuentran en la dirección [finance.google.com](http://finance.google.com) si escribe "SIRI" en la ventana "Search". A continuación, seleccione el vínculo de "Income Statement" (estado de resultados) que se encuentra en el lado izquierdo de la pantalla, y luego seleccione "Annual Data" que está en la esquina superior izquierda. El "Diluted Weighted Average Shares" (Promedio Ponderado Diluido del Número de Acciones) se encuentra en el estado de resultados del 31 de diciembre de 2004, en esa página.
- Debido a que el cambio en el valor representa el VPN "esperado" del proyecto, el lector tendrá que encontrar los flujos de efectivo netos anuales que lo produzcan. Para este

análisis, se necesitará estimar el costo de capital de un proyecto. En capítulos posteriores se muestra cómo calcular el costo de capital; por el momento, use el que se da en el sitio Web de la Universidad de Nueva York, UNY, ([http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/wacc.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.htm)). Localice el costo de capital en la columna del lado derecho, para la industria de “Entertainment Tech”.

4. Use el costo de capital del sitio Web de UNY y el VPN que calculó para obtener el flujo de efectivo anual constante que produce dicho VPN. Encuentre los flujos de efectivo para horizontes de 5, 10 y 15 años.
5. Su jefa mencionó que cree que la contratación de Howard Stern por parte de Sirius era benéfica para XM porque enviaba la señal de que la industria tenía potencial valioso de crecimiento. Para determinar si esta hipótesis es correcta, encuentre la reacción porcentual que hubo en el precio de las acciones de XM (XMSR) en el mismo periodo.