

# 11

## CAPÍTULO ONCE

# ANÁLISIS DE PROYECTOS

**DESPUÉS DE LEER LOS** capítulos anteriores sobre presupuesto de capital, quizá pueda pensarse que la aceptación y el rechazo de proyectos sea una cuestión sencilla. Tan sólo se tiene que preparar un conjunto de pronósticos de flujos de efectivo, seleccionar la tasa de descuento correcta y hallar el valor presente neto. Pero encontrar proyectos que generen valor para los accionistas nunca será un ejercicio mecánico. Por lo tanto, dedicamos los siguientes tres capítulos a los métodos con los cuales las empresas consiguen poner las cosas a su favor al tomar decisiones de inversión.

Puede que surjan propuestas de inversión de muchas partes de la organización. En consecuencia, las empresas necesitan procedimientos para asegurarse de que cada proyecto sea valorado consistentemente. Nuestra primera tarea en este capítulo es revisar cómo las empresas desarrollan planes y presupuestos de inversiones de capital, cómo autorizan determinados proyectos y cómo verifican si éstos se desempeñan de acuerdo con lo prometido.

Cuando los administradores reciben una propuesta de inversión, no toman demasiado en serio los pronósticos de flujo de efectivo. En lugar de ello, tratan de entender qué puede hacer que el proyecto funcione o que resulte mal. Recuerde la ley de Murphy: "Si algo puede salir mal, lo hará", o el corolario de O'Reilly: "En el peor momento posible."

Una vez que se conoce lo que hace funcionar el proyecto, será posible reconfigurarlo para mejorar su posible éxi-

to. Y si se entiende qué causas podrían hacerlo fallar, entonces se podrá decidir si vale la pena intentar descartarlas. Quizá más gastos en investigación de mercado eliminarían las dudas sobre la aceptación de los consumidores; tal vez hacer otra perforación dará una mejor idea sobre el tamaño del depósito de mineral o es probable que más trabajo en el banco de pruebas confirmaría la durabilidad de las soldaduras.

Cuanto más pronto se identifique que un proyecto en realidad tiene un VPN negativo, mejor. Incluso si se decide que vale la pena seguir sin un análisis adicional, nadie quedará ser sorprendido si después las cosas salen mal. Es mejor conocer las señales de peligro y las acciones que se tomarían en tal caso.

Nuestra segunda tarea en este capítulo es mostrar cómo los administradores utilizan el *análisis de sensibilidad*, el *análisis del punto de equilibrio* y la *simulación de Monte Carlo* para identificar los supuestos cruciales de las propuestas de inversión, así como explorar lo que podría salir mal. No hay nada mágico en estas técnicas más que el sentido común asistido por computadora; no se necesita una certificación para saber utilizarlas.

Comúnmente, el análisis de flujo de efectivo supone que las empresas gestionan los activos de forma pasiva, e ignora las oportunidades de expansión del proyecto si es exitoso o de abandonarlo en caso contrario. Sin embargo, los administradores inteligentes toman en cuenta estas oportunidades al momento de decidir sobre una inversión, bus-



can la manera de capitalizar el éxito y reducir los costos del fracaso, y están dispuestos a pagar por proyectos que ofrezcan dicha flexibilidad. Las oportunidades para modificar proyectos conforme se aproxima el futuro se conocen

como *opciones reales*. En la última sección del capítulo describimos algunas opciones reales importantes, y se muestra cómo utilizar los *árboles de decisiones* para realizar elecciones futuras.

## 11.1 EL PROCESO DE INVERSIÓN DE CAPITAL

Los directivos necesitan alguna advertencia sobre los futuros desembolsos de inversión. Por eso, en casi todas las grandes empresas el proceso de inversión comienza con la preparación de un **presupuesto de capital anual**, que es una lista de proyectos de inversión planeados para el año siguiente.

La mayoría de las compañías permite que las propuestas de proyectos provengan de las plantas para que sean revisadas por los administradores de división y después por los directivos y su personal de planeación. Por supuesto, los administradores de mandos medios no llegan a identificar todos los proyectos valiosos. Por ejemplo, no se espera que los administradores de las plantas A y B vean los ahorros potenciales por cerrar sus plantas para consolidar la producción en una nueva planta C. Los administradores de división propondrían la planta C, pero tal vez los de las divisiones 1 y 2 no sientan muchos deseos de ceder sus propias computadoras al sistema de información de la empresa. Esa propuesta provendría de los directivos principales, por ejemplo, del director de información de la empresa.

Muchas veces, los supuestos inconsistentes se filtran en los planes de inversión. Por ejemplo, supongamos que el administrador de la división de mueblería es optimista acerca de la construcción de nuevas viviendas, pero no lo es el administrador de la división de electrodomésticos. La división de mueblería presionaría por una inversión sustancial en nuevas instalaciones, mientras que la de electrodomésticos propondría un plan de reducción. Sería mejor si ambos administradores acordaran una cifra común en la que basen sus propuestas de inversión. Por eso muchas empresas inician el proceso de presupuesto de capital estableciendo pronósticos consensuados sobre indicadores económicos, como inflación y crecimiento del producto nacional bruto, así como pronósticos sobre ciertos asuntos que son importantes para el negocio de la empresa, como la construcción de nuevas viviendas o los precios de las materias primas. Posteriormente, estos pronósticos se convierten en la base del presupuesto de capital.

La preparación del presupuesto de capital no es un ejercicio rígido ni burocrático, sino un proceso con muchas discusiones. Los administradores de división negocian con los de planta y afinan sus listas de proyectos. El presupuesto de capital final también debe reflejar la planeación estratégica de la empresa. Dicha planeación asume una visión descendente de la empresa e intenta identificar los negocios en los que tiene una ventaja competitiva, así como aquellos que podrían venderse o cerrarse.

Las elecciones de inversión de capital de una compañía deberían reflejar las visiones tanto de abajo-arriba como de arriba-abajo (presupuesto de capital y planeación estratégica, respectivamente). A los administradores de planta y de división, quienes hacen la mayor parte del trabajo en el presupuesto de capital de abajo-arriba, los árboles no los dejan ver el bosque. Los planeadores estratégicos tendrán una visión errónea del bosque porque no analizan los árboles uno por uno. (En el siguiente capítulo regresamos a los vínculos entre presupuesto de capital y estrategia corporativa.)

### Autorización de proyectos y el problema de pronósticos sesgados

Una vez que el presupuesto de capital es aprobado por los directores y por el consejo de administración, se convierte en el plan oficial del siguiente año. Sin embargo, no es la



aprobación final de determinados proyectos. Casi todas las empresas demandan una **solicitud de asignación de fondos** para cada propuesta. Esta solicitud incluye pronósticos detallados, análisis de flujos de efectivo descontados e información de respaldo.

Muchos proyectos de inversión conllevan costos elevados y pueden determinar el tipo de negocios de la empresa durante 10 o 20 años. Por lo tanto, la aprobación de las solicitudes de asignación de fondos se reserva a los directores, a menudo a partir de límites sorprendentemente bajos. Por ejemplo, una empresa grande que invierte 400 millones anuales requeriría que los directores aprobaran todos los proyectos superiores a 500 000 dólares.

Dicha centralización en la toma de decisiones acarrea sus propios problemas: los directores no procesan la información detallada sobre cientos de proyectos y deben confiar en los pronósticos que fueron reunidos por los patrocinadores de éstos. Un administrador inteligente se preocupa por que los pronósticos sean realistas.

Incluso si los pronósticos no son inflados deliberadamente, los errores se filtran. Por ejemplo, la mayoría de las personas es demasiado optimista al momento de pronosticar. Los sucesos que consideren seguros en realidad quizás ocurran sólo 80% del tiempo, y los que consideran imposibles tal vez ocurran 20% del tiempo. En consecuencia, suelen subestimarse los riesgos del proyecto. Quien desee que se acepte un proyecto, probablemente se incline a ser demasiado optimista al pronosticar sus flujos de efectivo. Eso parece ser una característica habitual de los pronósticos financieros; además, aflige a los gobiernos probablemente más que a las empresas privadas. ¿Qué tan seguido ha escuchado acerca de una nueva presa, autopista o avión militar que en realidad haya costado *menos* que lo que inicialmente se pronosticó?

Se espera que los administradores de planta o de división sean optimistas cuando presentan propuestas de inversión. Ello no es del todo malo. Los psicólogos enfatizan que el optimismo y la confianza pueden aumentar el esfuerzo, el compromiso y la persistencia. El problema es que posiblemente cientos de solicitudes de asignación de fondos lleguen cada año a los directores; se trata básicamente de documentos de ventas presentados en un frente común y están escritos con el objetivo de persuadir. No obstante, algunos planes alternativos ya habrán sido eliminados en las primeras etapas.

Tal vez sea imposible descartar por completo los errores, pero los directores deberían tener el cuidado de no fomentarlos. Por ejemplo, si los administradores creen que el éxito depende de tener la división más grande en lugar de la más rentable, propondrán grandes proyectos de expansión aunque no crean que tengan VPN positivos. O si los nuevos administradores de planta son obligados a generar más utilidades en el corto plazo, estarán tentados a proponer proyectos de rápida recuperación, incluso si se sacrifica el VPN.

En ocasiones, los directores tratan de compensar los errores incrementando la tasa mínima de aceptación para inversión de capital. Supongamos que el verdadero costo de capital es de 10%, pero el administrador se frustra por la gran proporción de proyectos que no rinden 10%. Por lo tanto, ordena a los patrocinadores de proyectos que utilicen una tasa de descuento de 15%. En otras palabras, agrega 5% de factor adicional en un intento por compensar los errores de predicción. Pero eso no sirve, *nunca* servirá. La Segunda Ley de Brealey, Myers y Allen<sup>1</sup> explica por qué: *La proporción de proyectos propuestos que tenga VPN positivos dada la tasa empresarial mínima aceptable, es independiente de la tasa mínima aceptable.*

La ley no es ninguna conjetura graciosa. Se probó en una gran empresa petrolera en la que el personal mantenía estadísticas detalladas sobre proyectos de inversión de capi-

<sup>1</sup> No existe la Primera Ley: pensamos que "Segunda Ley" se escucha mejor. Hay otra Tercera Ley, pero está en otro capítulo.



tal. Cerca de 85% de éstos tenía VPN positivos. (El 15% restante fue propuesto por otras razones, por ejemplo, para cumplir con los estándares ambientales.) En cierto año, después de varios trimestres con utilidades desalentadoras, los directores decidieron que era necesaria más disciplina financiera e incrementaron la tasa mínima aceptable en varios puntos porcentuales. Pero el siguiente año la fracción de proyectos con VPN positivo permaneció en un firme 85%.

Si nos preocupamos por los errores en los pronósticos de flujos de efectivo, el único remedio es un análisis cuidadoso de los pronósticos. *No deben agregarse factores adicionales al costo de capital.*<sup>2</sup>

### Auditorías

Muchas empresas controlan el progreso de los proyectos grandes realizando **auditorías** poco después de que éstos empiezan a operar. Las auditorías identifican problemas que necesitan correcciones, verifican la exactitud de los pronósticos y sugieren preguntas que debieron hacerse antes de que el proyecto arrancara. Las auditorías valen la pena principalmente porque ayudan a los administradores a hacer un mejor trabajo cuando llegue la siguiente ronda de inversiones. Puede que tras una auditoría el contralor diga: “Debimos haber anticipado la capacitación adicional que se necesitaba para los trabajadores.” Cuando llegue la siguiente propuesta, la capacitación recibirá la atención que merece.

Las auditorías no miden todos los costos ni los beneficios de un proyecto; sería imposible separar el proyecto del resto del negocio. Supongamos que se acaba de adquirir una empresa de transportes que opera un servicio de envíos para almacenes locales y que se decide mejorar el servicio instalando un software adecuado para rastrear los paquetes y programar los camiones. Además, se construye un centro de envíos y se adquieren cinco nuevos camiones de diesel. En un año se intenta auditar la inversión hecha en el software. Se verifica que esté funcionando adecuadamente y que los costos reales de la compra, instalación y operación sean coherentes con las proyecciones. Pero ¿cómo identificar el incremento de las entradas de efectivo? Nadie mantuvo registros del diesel extra que *se hubiera* utilizado ni de los envíos adicionales que *se hubieran* perdido de no haber software. Quizá se verifique que el servicio sea mejor, pero ¿cuánta mejora proviene de los nuevos camiones, del nuevo centro de envíos y del software? Las únicas medidas de éxito significativas son para el negocio de envíos tomado como un todo.

## 11.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Incertidumbre significa que hay más cosas que podrían suceder que las que realmente ocurrirán. Siempre que se hace frente a un pronóstico de flujo de efectivo, se debería tratar de descubrir qué otros acontecimientos podrían pasar.

Pongámonos en los lujosos zapatos del tesorero de la Otobai Company de Osaka, Japón. Piensa introducir una motoneta eléctrica para uso urbano. Su personal ha prepa-

<sup>2</sup> Agregar un factor adicional al costo de capital favorece a los proyectos de pronta recuperación, al tiempo que penaliza a los de larga duración, que generalmente tienen bajas tasas de rendimiento pero VPN mayores. Añadir un factor adicional de 5% a la tasa de descuento es casi equivalente a reducir el pronóstico y el valor presente del primer flujo de efectivo del proyecto en 5%. Es mucho mayor el impacto en el valor presente de un flujo de efectivo en 10 años, porque el factor adicional se compone en la tasa de descuento. El factor adicional no es demasiada carga para un proyecto de dos o tres años, pero sí lo es para un proyecto de 10 o 20 años.



**TABLA 11.1**

Pronósticos preliminares de flujos de efectivo para el proyecto de la motoneta eléctrica de Otobai (cifras en miles de millones de yenes).

Supuestos:

1. Se deprecia la inversión durante 10 años en línea recta.
2. La utilidad se grava a una tasa de 50%.

		Año 0	Años 1-10
1	Inversión	15	
2	Ingresos		37.5
3	Costo variable		30
4	Costo fijo		3
5	Depreciación		1.5
6	Utilidad antes de impuestos		3
7	Impuestos		1.5
8	Utilidad neta		1.5
	Flujo de efectivo operativo		3
	Flujo de efectivo neto	-15	3

rado los pronósticos de flujo de efectivo que aparecen en la tabla 11.1. Como el VPN es positivo a un costo de oportunidad del capital de 10%, parece que vale la pena continuar.

$$\text{VPN} = -15 + \sum_{t=1}^{10} \frac{3}{(1.10)^t} = +3\,430 \text{ millones de yenes}$$

Antes de decidir, deseamos profundizar en los pronósticos e identificar las variables clave que determinarán si el proyecto será exitoso o fracasará. Resulta que el departamento de mercadotecnia ha estimado los ingresos como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Ventas unitarias} &= \text{participación de mercado del nuevo producto} \times \text{tamaño del mercado de motonetas} \\ &= .1 \times 1 \text{ millón} = 100\,000 \text{ motonetas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ingresos} &= \text{ventas unitarias} \times \text{precio por unidad} \\ &= 100\,000 \times 375\,000 = 37\,500 \text{ millones de yenes} \end{aligned}$$

El departamento de producción ha estimado los costos variables unitarios en 300 000 yenes. Como el volumen previsto es de 100 000 motonetas anuales, el costo variable total asciende a 30 000 millones de yenes. Los costos fijos son de 3 000 millones de yenes. La inversión inicial se deprecia en línea recta durante un periodo de 10 años y las utilidades se gravan a una tasa de 50%.

Parece que éstas son las cosas importantes que hay que saber, pero deben buscarse las variables no identificadas. Tal vez haya problemas con las patentes o quizá se tendrá que invertir en estaciones de servicio que recarguen las baterías de las motonetas. Muchas veces, los mayores peligros están escondidos tras esos *desconocidos no conocidos* o “unk-unks” (*unknown unknowns*), como los llaman los científicos.

Si no se han encontrado *desconocidos no conocidos* (no hay duda de que se encontrarán después), hay que realizar un **análisis de sensibilidad** con respecto al tamaño del mercado, la participación de mercado y el resto de las variables. Para llevarlo a cabo, se pide al personal de mercadotecnia y producción que calcule valores optimistas y pesimistas de las variables relevantes, las cuales aparecen en la columna de la izquierda de la tabla 11.2. El lado derecho muestra lo que pasa con el valor presente neto del proyecto si las variables toman una por una sus valores optimistas y pesimistas. Entonces el proyecto no parece tan seguro. Las variables más riesgosas son la participación de mercado y el costo variable unitario. Si la participación de mercado es de .04 (y el resto de las variables se comporta como se espera), entonces el proyecto tiene un VPN de -10 400 millones de yenes. Si el costo variable unitario es de 360 000 yenes (y el resto de variables se comporta como se espera), entonces el proyecto tiene un VPN de -15 000 millones de dólares.



Variable	Rango			VPN, miles de millones de yenes		
	Pesimista	Esperado	Optimista	Pesimista	Esperado	Optimista
Tamaño del mercado, millones	0.9	1	1.1	1.1	3.4	5.7
Participación de mercado	0.04	0.10	0.16	-10.4	3.4	17.3
Precio unitario, yenes	350 000	375 000	380 000	-4.2	3.4	5.0
Costo variable unitario, yenes	360 000	300 000	275 000	-15.0	3.4	11.1
Costo fijo, miles de millones de yenes	4	3	2	0.4	3.4	6.5

**TABLA 11.2**

Para emprender el análisis de sensibilidad del proyecto de la motoneta eléctrica, asignamos sucesivamente a cada variable su valor pesimista u optimista y recalculamos el VPN del proyecto.

### Valor de la información

Ahora se puede verificar si se resolvió parte de la incertidumbre *antes* de que la empresa desembolse los 15 000 millones de yenes de la inversión. Supongamos que el valor pesimista del costo variable unitario refleje en parte la preocupación del departamento de producción de que determinada máquina no trabaje como se espera y de que la operación se lleve a cabo mediante otros métodos que incurren en un costo extra de 20 000 yenes por unidad. La probabilidad de que esto ocurra es de tan sólo 1 en 10, pero si sucede, el costo unitario adicional de 20 000 yenes reducirá el flujo de efectivo después de impuestos en:

$$\begin{aligned} & \text{Ventas unitarias} \times \text{costo unitario adicional} \times (1 - \text{tasa impositiva}) \\ &= 100\,000 \times 20\,000 \times .50 = \text{mil millones de yenes} \end{aligned}$$

Ello reduciría el VPN del proyecto en:

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{1}{(1.10)^t} = 6\,140 \text{ millones de yenes,}$$

lo que hunde al VPN del proyecto de la motoneta en  $+3.43 - 6.14 = -2\,710$  millones de yenes. Es posible que un cambio relativamente pequeño en el diseño de la motoneta elimine la necesidad de la nueva máquina. Quizás una prueba preliminar de la máquina por importe de 10 millones de yenes revele si ésta funcionaría correctamente y consiga resolver el problema. Está claro que vale la pena pagar la inversión de 10 millones de yenes para evitar una probabilidad de 10% de una disminución de 6 140 millones de yenes en el VPN. Tiene una ventaja de  $-10 + .10 \times 6\,140 = +604$  millones de yenes.

Por otro lado, el valor de la información adicional sobre el mercado es pequeño. Como el proyecto es aceptable incluso bajo supuestos pesimistas acerca del tamaño del mercado, es poco probable que haya problemas si no se ha estimado esta variable correctamente.

### Límites del análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se reduce a la expresión de los flujos de efectivo en términos de las principales variables del proyecto y al cálculo de las consecuencias de posibles errores de estimación en las variables. Obliga a los administradores a identificar las variables subyacentes, indica dónde sería más útil la información adicional y ayuda a evidenciar los pronósticos confusos o inapropiados.

Un inconveniente del análisis de sensibilidad es que siempre da resultados un tanto ambiguos. Por ejemplo, ¿qué significa *optimista* y *pesimista*? El departamento de mercadotecnia interpretaría los términos de manera muy diferente que el departamento de



producción. Después de 10 años y de cientos de proyectos, la retrospección mostraría que el límite pesimista del departamento de mercadotecnia era dos veces mayor que el del departamento de producción; pero lo que se descubrirá dentro de 10 años no sirve de nada hoy. Por supuesto, podría especificarse que cuando se utilicen los términos “pesimista” y “optimista”, se quiere decir que sólo hay 10% de probabilidades de que el valor verdadero termine siendo peor que la cifra pesimista o mejor que la optimista. Sin embargo, no es nada fácil conocer la idea subjetiva que cada persona tiene acerca de las verdaderas probabilidades de los posibles resultados.<sup>3</sup>

Otro problema del análisis de sensibilidad es que las variables subyacentes posiblemente estén interrelacionadas. ¿Qué caso tiene examinar por separado el efecto de un incremento en el tamaño del mercado? Si el mercado excede las expectativas, es probable que la demanda sea más fuerte que lo que se anticipó y que los precios unitarios sean superiores. Y ¿por qué analizar por separado el efecto de un incremento en el precio? Si la inflación hace que los precios lleguen al límite del intervalo que se estableció, es bastante probable que los costos también se inflen.

A veces, el analista trata de solucionar el problema definiendo variables subyacentes de tal manera que, en general, sean independientes. Pero el análisis de sensibilidad *suce-sivo* no se puede extender demasiado. Es imposible obtener, con base en la información de la tabla 11.2, valores esperados, optimistas y pesimistas, para los flujos de efectivo totales del *proyecto*.

### Análisis de escenarios

Si las variables están interrelacionadas, ayudaría la consideración de algunos escenarios factibles. Por ejemplo, tal vez el economista de la empresa se preocupe por la posibilidad de otra alza aguda en los precios mundiales del petróleo. Una respuesta directa a lo anterior sería fomentar el uso de transporte eléctrico. La popularidad de los autos compactos después de los incrementos en el precio del petróleo en 2006 podría hacer que se estimara que un aumento inmediato de 20% en el precio del petróleo permitiría capturar otro 3% del mercado de motonetas. Por otro lado, el economista también cree que el aumento de los precios del petróleo provocaría una recesión mundial y, al mismo tiempo, estimularía la inflación. En ese caso, el tamaño del mercado regional sería de alrededor de .8 millones de motonetas y tanto los precios como los costos serían 15% superiores a sus cálculos iniciales. En la tabla 11.3 se muestra que este escenario de un aumento de los precios del petróleo, con recesión al final, ayudaría a su nuevo negocio. Su VPN se incrementaría a 6 400 millones de yenes.

A menudo los administradores consideran que el **análisis de escenarios** es útil, ya que les permite estudiar diferentes combinaciones de variables de forma *coherente*. Generalmente, los previsores prefieren proporcionar una estimación de los ingresos o de los costos bajo un determinado escenario, que dar un valor absoluto optimista o pesimista.

### Análisis del punto de equilibrio

Cuando realizamos el análisis de sensibilidad de un proyecto o cuando examinamos escenarios alternativos, en realidad nos preguntamos qué pasaría si las ventas o los costos resultaran ser peores que lo estimado. A veces, los administradores prefieren expresar esta interrogante de otra forma y preguntarse qué tanto pueden empeorar las ventas antes de que el proyecto empiece a perder dinero. Este ejercicio se conoce como **análisis del punto de equilibrio**.

<sup>3</sup> Si tiene alguna duda, intente algunos experimentos sencillos. Por ejemplo, pida a la persona que repara su televisión que indique qué porcentaje de probabilidades hay de que ésta funcionará durante al menos un año más. O construya su propia distribución de probabilidad subjetiva del número de llamadas telefónicas que recibirá la siguiente semana. Eso sería fácil. Inténtelo.



		Flujos de efectivo, años 1-10, miles de millones de yenes			
		Caso base	Caso de altos precios del petróleo con recesión		
1	Ingresos	37.5		44.9	
2	Costo variable	30		35.9	
3	Costo fijo	3		3.5	
4	Depreciación	1.5		1.5	
5	Utilidad antes de impuestos	3		4.0	
6	Impuestos	1.5		2.0	
7	Utilidad neta	1.5		2.0	
8	Flujo de efectivo neto	3		3.5	
VP de flujos de efectivo		18.4		21.4	
VPN		3.4		6.4	
Supuestos					
		Caso base	Caso de altos precios del petróleo con recesión		
Tamaño del mercado, millones		1		0.8	
Participación de mercado		0.10		0.13	
Precio unitario, yenes		375 000		431 300	
Costo variable unitario, yenes		300 000		345 000	
Costo fijo, miles de millones de yenes		3		3.5	

**TABLA 11.3**

Cómo se vería afectado el VPN del proyecto de la motoneta eléctrica debido al aumento de los precios del petróleo y una recesión mundial (cifras en miles de millones de yenes, salvo indicación).

	Entradas	Salidas						
		Año 0	Años 1-10					
Ventas unitarias, miles	Ingresos, años 1-10		Costos variables	Costos fijos		VP	VP	
		Inversión			Impuestos	entradas	salidas	VPN
0	0	15	0	3	−2.25	0	19.6	−19.6
100	37.5	15	30	3	1.5	230.4	227.0	3.4
200	75.0	15	60	3	5.25	460.8	434.4	26.5

**TABLA 11.4**

VPN del proyecto de la motoneta eléctrica bajo distintos supuestos acerca de las ventas unitarias (cifras en miles de millones de yenes, salvo indicación).

En la parte izquierda de la tabla 11.4 pusimos los ingresos y los costos del proyecto de la motoneta eléctrica de acuerdo con diferentes supuestos de ventas anuales.<sup>4</sup> En la parte derecha de la tabla descontamos dichos ingresos y costos para obtener el *valor presente* de las entradas y el *valor presente* de las salidas. El valor presente neto es, por supuesto, la diferencia entre esos dos números.

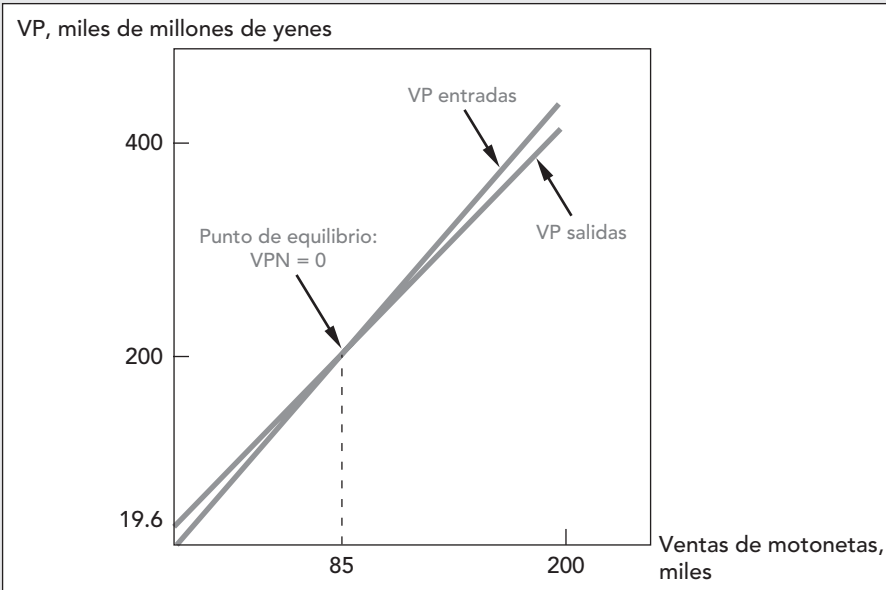
Se observa que el VPN es altamente negativo si la empresa no produce ninguna motoneta. Es ligeramente positivo si (como se esperaba) vende 100 000 motonetas y es sumamente positivo si vende 200 000. Está claro que el VPN de cero se produce cuando las ventas son un poco inferiores a 100 000 motonetas.

<sup>4</sup> Observe que si el proyecto generara pérdidas, éstas se utilizarían para reducir los impuestos a pagar en el resto de negocios de la empresa. En este caso el proyecto produce un ahorro fiscal (la salida de impuestos es negativa).



FIGURA 11.1

La gráfica del punto de equilibrio muestra los valores presentes de las entradas y salidas de Otobai, de acuerdo con distintos posibles niveles de ventas unitarias. El VPN es igual a cero cuando las ventas ascienden a 85 000.



Ventas unitarias, miles	Ingresos Años 1-10	Costos variables	Costos fijos	Depreciación	Impuestos	Costos totales	Utilidad después de impuestos
0	0	0	3	1.5	-2.25	2.25	-2.25
100	37.5	30	3	1.5	1.5	36.0	1.5
200	75.0	60	3	1.5	5.25	69.75	5.25

TABLA 11.5

Utilidad contable del proyecto de la motoneta eléctrica de acuerdo con distintos posibles niveles de ventas unitarias (cifras en miles de millones de yenes, salvo indicación).

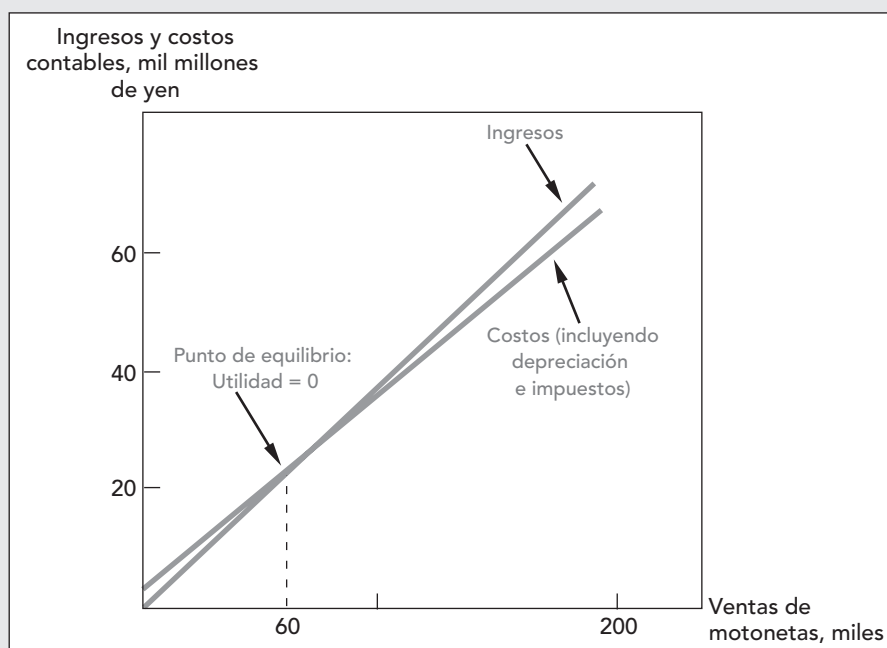
En la figura 11.1 hemos graficado el valor presente de las entradas y salidas según diferentes posibles niveles de ventas unitarias. Las dos líneas se cruzan cuando las ventas llegan a 85 000 motonetas. Éste es el punto en el cual el proyecto tiene un VPN de cero. Cuando las ventas sean mayores que 85 000, el proyecto tendrá un VPN positivo.<sup>5</sup>

Con frecuencia, los administradores calculan puntos de equilibrio de acuerdo con las utilidades contables y no con los valores presentes. La tabla 11.5 muestra las utilidades después de impuestos de Otobai en tres niveles de ventas de motonetas. Una vez más, la figura 11.2 grafica ingresos y costos contra ventas, pero en esta ocasión la interpretación es diferente. La figura 11.2, que se basa en las utilidades contables, muestra un punto de equilibrio de 60 000 motonetas, pero la figura 11.1, que se basa en los valores presentes, uno de 85 000. ¿A qué se debe la diferencia?

Cuando trabajamos en términos de la utilidad contable, deducimos la depreciación de los 1 500 millones de yenes cada año para cubrir el costo de la inversión inicial. Si Otobai vende 60 000 motonetas al año, los ingresos serán suficientes tanto para pagar los costos operativos como para recuperar el desembolso inicial de 15 000 millones de

<sup>5</sup> Asimismo, calcularíamos el punto de equilibrio de las ventas representando gráficamente los costos e ingresos anuales equivalentes. Por supuesto, el punto de equilibrio sería de 85 000 motonetas.



**FIGURA 11.2**

A veces las gráficas de punto de equilibrio se construyen con cifras contables. La utilidad después de impuestos es cero cuando las ventas son 60 000.

yenes. Pero *no* serán suficientes para reembolsar el *costo de oportunidad del capital* de esos 15 000 millones de yenes. Un proyecto que esté en equilibrio en términos contables seguramente tendrá un VPN negativo.

### Apalancamiento operativo y puntos de equilibrio

Las gráficas de punto de equilibrio como la figura 11.1 ayudan a los administradores a valorar el *apalancamiento operativo*, es decir, la exposición del proyecto a los costos fijos. Un elevado apalancamiento operativo significa mayor riesgo, por supuesto, manteniendo todo lo demás constante.

El proyecto de la motoneta eléctrica tiene costos fijos bajos de sólo 3 000 millones de yenes contra los ingresos previstos de 37 500 millones de yenes. Ahora suponga que Otobai debe considerar otra tecnología de producción con menores costos variables, de tan sólo 120 000 yenes por unidad (contra los 300 000 yenes anteriores), pero con mayores costos fijos, de 19 000 millones de yenes. El total de costos de producción pronosticados es menor ( $12 + 19 = 31$  000 millones de yenes contra 33 000 millones de yenes), por lo que la rentabilidad mejora (compare la tabla 11.6 con la 11.1). El VPN del proyecto aparentemente aumenta a 9 600 millones de yenes.

La figura 11.3 es la nueva gráfica del punto de equilibrio. Las ventas de equilibrio se han *incrementado* a 88 000 (eso está mal), aunque los costos de producción hayan *caído*. Un nuevo análisis de sensibilidad mostraría que el VPN del proyecto estaría más expuesto a los cambios en el tamaño del mercado, la participación de mercado y el precio unitario. Todas estas diferencias pueden atribuirse a los costos fijos más altos de la tecnología de producción alternativa.

¿La tecnología alternativa es mejor que la original? El administrador financiero tendría que considerar el mayor riesgo del negocio y tal vez recalcular el VPN a una mayor tasa de descuento antes de tomar una decisión final.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Podría utilizar los procedimientos señalados en la sección 10.3 para reestimar la beta y obtener una nueva tasa de descuento.



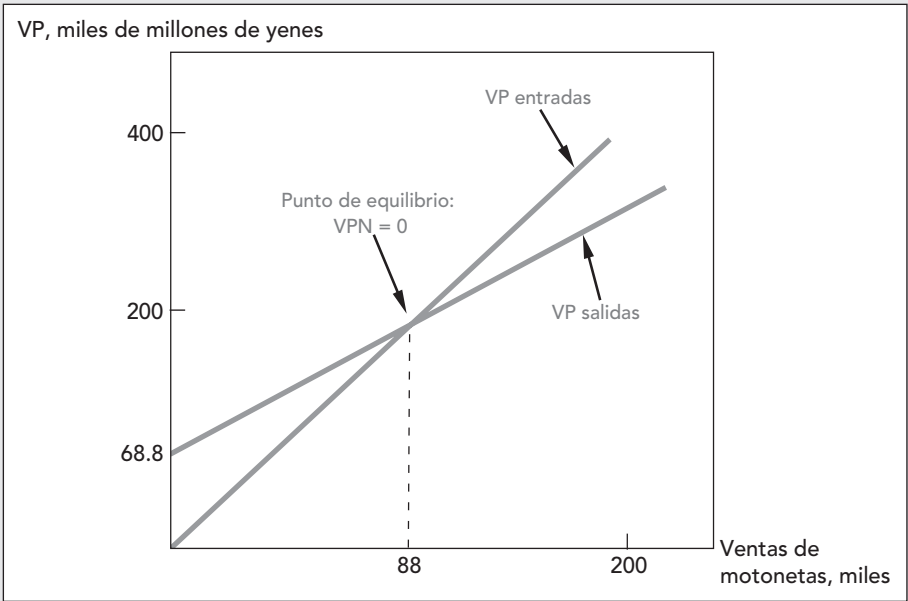
TABLA 11.6

Pronósticos de flujo de efectivo y del VPN para el proyecto de la motoneta eléctrica, suponiendo una tecnología de producción con altos costos fijos pero bajos costos totales (cifras en miles de millones de yenes). Compare con la tabla 11.1.

	Año 0	Años 1-10
Inversión	15	
1. Ingresos		37.5
2. Costo variable		12.0
3. Costo fijo		19.0
4. Depreciación		1.5
5. Utilidad antes de impuestos (1 – 2 – 3 – 4)		5.0
6. Impuestos		2.5
7. Utilidad neta (5 – 6)		2.5
8. Flujo de efectivo operativo (4 + 7)		4.0
Flujo de efectivo neto	–15	+4.0
$VPN = -15 + \sum_{t=1}^{10} \frac{4.0}{(1.1)^t} = +9\,600 \text{ millones de yenes}$		

FIGURA 11.3

Gráfica del punto de equilibrio para una tecnología de producción alternativa con elevados costos fijos. Observe que el punto de equilibrio de las ventas sube a 88 000. Compare con la figura 11.1.



11.3 SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

El análisis de sensibilidad permite considerar el efecto de cambios en las variables considerándolas de una en una. Al analizar el proyecto con escenarios alternativos, es posible considerar el efecto de un *número limitado* de combinaciones de posibles variables. La **simulación de Monte Carlo** es una herramienta para considerar *todas* las posibles combinaciones; por lo tanto, permite inspeccionar la distribución completa de resultados del proyecto.

Imagine que es un jugador en Monte Carlo. No sabe nada acerca de las leyes de probabilidad (pocos jugadores ocasionales las conocen), pero un amigo le ha sugerido una complicada estrategia para jugar a la ruleta. En realidad, su amigo no ha probado la estrategia, pero confía en que, *en promedio*, le dará un rendimiento de 2.5% cada 50 vuel-



tas. La estimación optimista de su amigo para cualquier serie de 50 vueltas es una utilidad de 55%; su estimación pesimista es una pérdida de 50%. ¿Cómo puede usted averiguar si en realidad ésas son las probabilidades? Una forma fácil, pero costosa, es comenzar a jugar y registrar el resultado al final de cada serie de 50 vueltas. Después de, digamos, 100 series de 50 vueltas cada una, construya una gráfica con la distribución de frecuencia de los resultados y calcule la media y los límites superiores e inferiores. Si las cosas salen bien, puede empezar a realizar apuestas más serias.

Una alternativa es pedir a una computadora que simule la rueda de la ruleta y la estrategia. En otras palabras, que usted dé instrucciones a la computadora de obtener números aleatorios para así determinar el resultado de cada vuelta y calcular después cuánto ganaría o perdería con determinada estrategia de juego.

Ése sería un ejemplo de la simulación de Monte Carlo. En el presupuesto de capital sustituimos la estrategia de juego con un modelo del proyecto, y la rueda de la ruleta con un modelo del mundo en el cual opera el proyecto. Veamos cómo funcionaría con nuestro proyecto de una motoneta eléctrica.

### Simulación del proyecto de la motoneta eléctrica

**Paso 1: hacer un modelo del proyecto** El primer paso en cualquier simulación es introducir en la computadora un modelo preciso del proyecto. Por ejemplo, el análisis de sensibilidad del proyecto de la motoneta se basó en el siguiente modelo implícito de flujo de efectivo:

$$\text{Flujo de efectivo} = (\text{ingresos} - \text{costos} - \text{depreciación}) \times (1 - \text{tasa impositiva}) + \text{depreciación}$$

$$\text{Ingresos} = \text{tamaño del mercado} \times \text{participación del mercado} \times \text{precio unitario}$$

$$\text{Costos} = (\text{tamaño del mercado} \times \text{participación del mercado} \times \text{costo variable unitario}) + \text{costo fijo}$$

Este modelo del proyecto era todo lo que se necesitaba para el sencillo análisis de sensibilidad que describimos antes, pero si se desea simular el proyecto completo, hay que pensar cómo se interrelacionan las variables.

Por ejemplo, consideremos la primera variable: el tamaño del mercado. El departamento de mercadotecnia ha estimado un tamaño del mercado de un millón de motonetas durante el primer año de vida del proyecto, pero por supuesto no se sabe cómo saldrán las cosas. El verdadero tamaño del mercado será superior o inferior a las expectativas dependiendo de la cuantía del error de pronóstico del departamento:

$$\text{Tamaño del mercado, año 1} = \text{tamaño esperado del mercado, año 1} \times (1 + \text{error de pronóstico, año 1})$$

Se *espera* que el error de pronóstico sea cero, pero podría ser positivo o negativo. Por ejemplo, supongamos que el verdadero tamaño del mercado resulta ser de 1.1 millones. Ello es igual a un error de pronóstico de 10% o +.1:

$$\text{Tamaño del mercado, año 1} = 1 \times (1 + .1) = 1.1 \text{ millones}$$

En el segundo año, el tamaño del mercado se escribe de la misma manera:

$$\text{Tamaño del mercado, año 2} = \text{tamaño esperado del mercado, año 2} \times (1 + \text{error de pronóstico, año 2})$$

Sin embargo, hasta este momento se tiene que considerar cómo resulta afectado el tamaño esperado del mercado en el año 2 por lo que suceda en el año 1. Si en el año 1 las ventas de motonetas están por debajo de las expectativas, es probable que continúen estándolo en los años posteriores. Supongamos que una disminución en las ventas del año 1 provoca que la empresa disminuya su pronóstico de ventas para el año 2 en una cantidad similar. Entonces,



Tamaño esperado del mercado, año 2 = verdadero tamaño del mercado, año 1

Ahora podemos reescribir el tamaño del mercado del año 2 en términos del verdadero tamaño del mercado del año anterior más un error de pronóstico:

$$\text{Tamaño del mercado, año 2} = \text{tamaño del mercado, año 1} \times (1 + \text{error de pronóstico, año 2})$$

De la misma manera, se describe el tamaño esperado del mercado en el año 3 de acuerdo con el tamaño del mercado del año 2, y así sucesivamente.

Este conjunto de ecuaciones ilustra cómo se describe la interdependencia entre los diferentes *periodos*. Pero también tiene que permitir la interdependencia entre las distintas *variables*. Por ejemplo, el precio de las motonetas eléctricas probablemente se incrementa con el tamaño del mercado. Suponiendo que ésta es la única fuente de incertidumbre y que un incremento de 10% en el tamaño del mercado tendría como consecuencia un aumento de 3% en el precio, se introduciría en el modelo el precio del primer año de la forma siguiente:

$$\text{Precio, año 1} = \text{precio esperado, año 1} \times (1 + .3 \times \text{error en el pronóstico del tamaño del mercado, año 1})$$

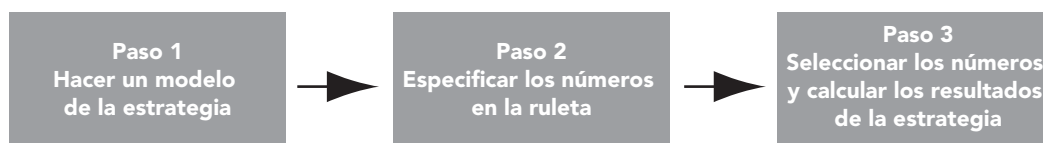
Por consiguiente, si las variaciones en el tamaño del mercado ejercen un efecto permanente en el precio, se define el precio del segundo año como:

$$\begin{aligned} \text{Precio, año 2} &= \text{precio esperado, año 2} \times (1 + .3 \times \text{error en el pronóstico del tamaño del mercado, año 2}) \\ &= \text{precio verdadero, año 1} \times (1 + .3 \times \text{error en el pronóstico del tamaño del mercado, año 2}) \end{aligned}$$

Note cómo hemos relacionado el precio de venta de cada periodo con los *verdaderos* precios de venta (incluido el error en el pronóstico) de los periodos anteriores. Hemos utilizado el mismo tipo de vínculo para el tamaño del mercado. Estos vínculos significan que los errores en los pronósticos se acumulan; no se cancelan entre sí con el paso del tiempo. Por lo tanto, la incertidumbre *se incrementa* con el tiempo: cuanto más lejos se mira en el futuro, más se desvía el verdadero precio o tamaño del mercado de su pronóstico inicial.

El modelo completo del proyecto incluiría un conjunto de ecuaciones para cada variable: tamaño del mercado, precio, participación de mercado, costo variable unitario y costo fijo. Incluso si se tomaran en cuenta sólo algunas interdependencias entre variables a lo largo del tiempo, el resultado incluiría una lista compleja de ecuaciones.<sup>7</sup> Tal vez no sea algo malo si ello obliga a entender el proyecto como un todo. La construcción del modelo es como las espinacas: quizá le disguste su sabor, pero son buenas para usted.

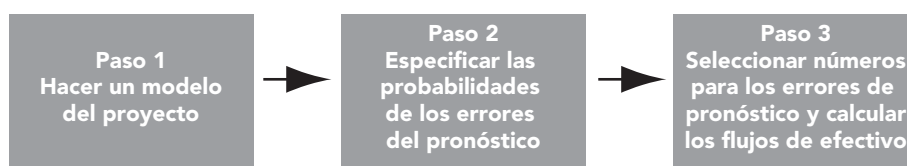
**Paso 2: especificar probabilidades** Recordemos el procedimiento para simular la estrategia de juego. El primer paso era especificar la estrategia, el segundo especificar los números en la ruleta y el tercero pedir a la computadora que los seleccione aleatoriamente y calcule los resultados de la estrategia:



<sup>7</sup> Especificar la interdependencia es la parte más difícil e importante de una simulación. Si no estuvieran relacionados todos los componentes de los flujos de efectivo de un proyecto, la simulación rara vez sería necesaria.



Los pasos son los mismos para el proyecto de la motoneta:



¿Cómo podrían especificarse los posibles errores del pronóstico del tamaño del mercado? *Se espera* que el tamaño del mercado sea de un millón de motonetas y obviamente no se piensa que se estén sobre o subestimando las cifras, por lo que el error de pronóstico es cero. Por otro lado, el departamento de mercadotecnia dio un intervalo de posibles estimaciones. El tamaño del mercado podría ser tan bajo como .85 millones de motonetas o tan alto como 1.1 millones. Por ende, el error de pronóstico tiene un valor esperado de cero y un intervalo de más o menos 15%. Si en realidad el departamento de mercadotecnia dio los límites superior e inferior del abanico de resultados posibles, es casi seguro que el verdadero tamaño del mercado esté dentro de este intervalo.<sup>8</sup>

Esto por lo que se refiere al tamaño del mercado, ahora es necesario seleccionar las estimaciones similares de los posibles errores de pronóstico para cada una de las otras variables en el modelo.

**Paso 3: simular los flujos de efectivo** A continuación, la computadora *muestra* a partir de la distribución de los posibles errores, calcula los flujos de efectivo resultantes para cada periodo y los registra. Después de muchas iteraciones, empieza a obtener estimaciones exactas de las distribuciones de probabilidad de los flujos de efectivo del proyecto —exactas, es decir, sólo hasta el punto en el que el modelo y las distribuciones de probabilidad de los errores de pronóstico sean exactos—. Recuerde el dicho: “basura entra, basura sale”.

La figura 11.4 muestra parte del resultado de una simulación real del proyecto de la motoneta eléctrica.<sup>9</sup> Observe la asimetría positiva de los resultados, los más altos son más probables que los bajos. Esto es común cuando los errores de pronóstico se acumulan a lo largo del tiempo. Debido a la asimetría, el flujo de efectivo promedio es un poco mayor que el resultado más probable; en otras palabras, un poco a la derecha del pico de la distribución.<sup>10</sup>

**Paso 4: calcular el valor presente** Las distribuciones de los flujos de efectivo del proyecto permiten calcular los flujos de efectivo esperados con más exactitud. En el último paso hay que descontar los flujos de efectivo esperados a fin de encontrar el valor presente.

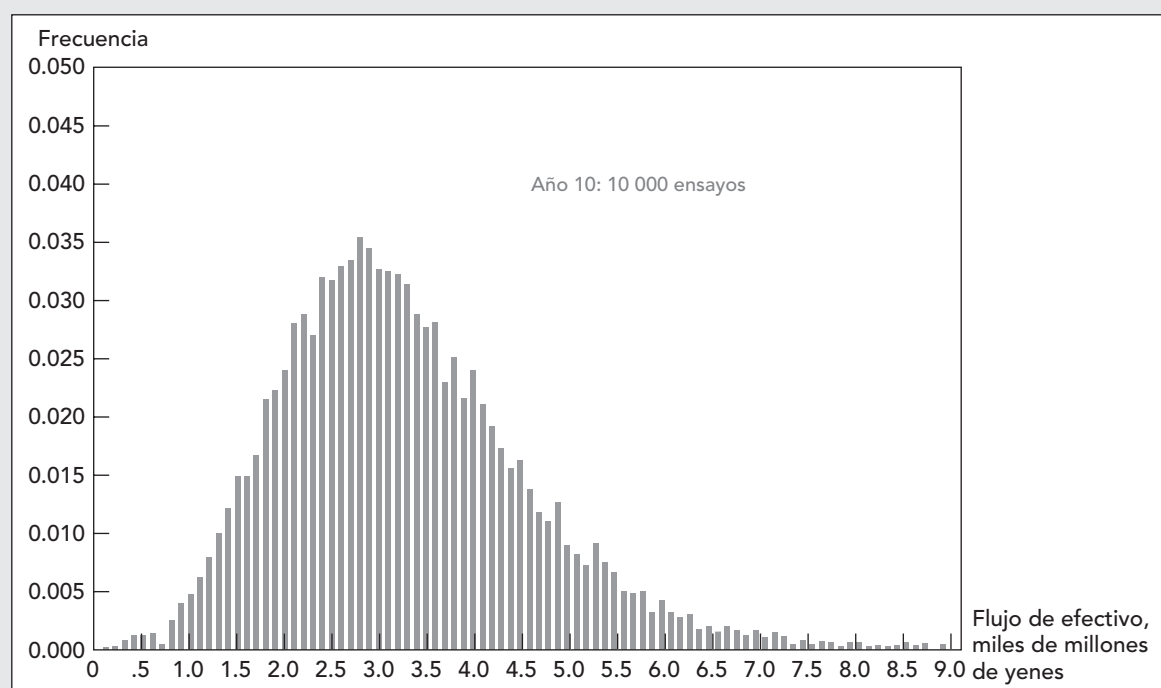
<sup>8</sup> Suponga que “casi seguro” significa “99% de las veces”. Si los errores de pronóstico se distribuyen normalmente, este grado de certidumbre requiere un intervalo de entre más o menos tres desviaciones estándar.

Por supuesto, se podrían usar otras distribuciones. Por ejemplo, el departamento de mercadotecnia consideraría *igualmente probable* cualquier tamaño del mercado de entre .85 y 1.15 millones de motonetas. En ese caso, la simulación necesitaría una distribución uniforme (rectangular) de los errores de pronóstico.

<sup>9</sup> Éstos son resultados reales del software Crystal Ball™. La simulación supuso que los errores de pronóstico anuales seguían una distribución normal y se corrieron 10 000 ensayos. Agradecemos a Christopher Howe haber corrido la simulación. Marek Jochec proporcionó amablemente un programa de Excel para simular el proyecto de Otobai.

<sup>10</sup> Cuando trabaje con pronósticos de flujos de efectivo, tenga en mente la diferencia entre valor esperado y valor más probable (o moda). Los valores presentes se basan en flujos de efectivo *esperados*, es decir, el promedio ponderado por la probabilidad de los posibles flujos de efectivo futuros. Si la distribución de los posibles resultados está sesgada a la derecha como en la figura 11.4, el flujo de efectivo esperado será mayor que el flujo de efectivo más probable.



**FIGURA 11.4**

Simulación de flujos de efectivo para el año 10 del proyecto de la motoneta eléctrica.

### Simulación de la investigación y desarrollo farmacéuticos

Aunque a veces sea costosa y complicada, la simulación posee el mérito obvio de obligar a la persona que lleva a cabo las estimaciones a enfrentarse a la incertidumbre y las interdependencias. Una vez que se ha construido un modelo de simulación, es fácil analizar las principales fuentes de incertidumbre de los flujos de efectivo para ver cuánto se reduciría esta incertidumbre mediante la mejora de los pronósticos de ventas o costos. También se podría explorar el efecto de las posibles modificaciones del proyecto.

Algunas empresas farmacéuticas grandes han utilizado la simulación de Monte Carlo para analizar las inversiones en investigación y desarrollo (IyD) de nuevos medicamentos. Sólo una pequeña fracción de los medicamentos generados en la investigación básica es eficaz y alcanza una producción rentable. En cada fase de IyD, la empresa debe decidir si pasar a la siguiente o detenerse. Las empresas farmacéuticas enfrentan dos tipos de incertidumbre:

1. *¿Funcionará el compuesto?* ¿Tendrá efectos colaterales dañinos? ¿Recibirá la aprobación final de la FDA? (Casi ningún medicamento la recibe: de 10 000 compuestos prometedores, sólo uno o dos llegarán al mercado, y su comercialización tendrá que generar suficiente flujo de efectivo para compensar los otros 9 999 o 9 998 que fracasaron.)
2. *Éxito de mercado.* La aprobación de la FDA no garantiza que un medicamento se venda bien. Quizás otro competidor llegue primero con una medicina similar (o mejor). La empresa tal vez no sea capaz de vender la medicina mundialmente. Los precios de venta y los costos de mercado se desconocen.



Imagine que contempla un programa de investigación que estudiará una clase prometedora de compuestos. ¿Podría escribir las entradas y salidas de efectivo esperadas del programa para los siguientes 25 o 30 años? Pensamos que ningún mortal podría hacerlo sin la ayuda de un modelo; la simulación podría proporcionar una respuesta.<sup>11</sup>

Puede que la simulación suene a panacea para las enfermedades del mundo, pero, como suele ocurrir, hay que pagar por lo que se obtiene. A veces se paga más de que lo que se obtiene. No es sólo cuestión de tiempo y dinero invertidos en la construcción del modelo. Es extremadamente difícil estimar las interrelaciones entre las variables y las distribuciones de probabilidad subyacentes, incluso cuando se trata de ser honesto.<sup>12</sup> Pero en el presupuesto de capital, las personas rara vez son completamente imparciales, y las distribuciones de probabilidad en las que se basan son altamente sesgadas.

En la práctica, la simulación que intente ser realista también será compleja. Por lo tanto, quizás el encargado de tomar decisiones delegue la tarea de construir el modelo a los especialistas en administración o consultores. Aquí el peligro es que, aunque las personas que diseñan el modelo entiendan su creación, puede que quien toma las decisiones no lo comprenda y, por consiguiente, no se base en él. Ésta es una experiencia habitual aunque irónica.

## 11.4 OPCIONES REALES Y ÁRBOLES DE DECISIONES

Cuando se usa el flujo de efectivo descontado (FED) para valuar un proyecto, implícitamente se supone que la empresa mantendrá los activos de manera pasiva. Pero no se les paga a los administradores para que sean tontos. Después de invertir en un nuevo proyecto, no sólo se sientan y miran cómo pasa el tiempo. Si las cosas salen bien, el proyecto se expande; si salen mal, se reduce o se abandona por completo. Los proyectos que pueden modificarse de esta manera son más valiosos que los que no proporcionan tal flexibilidad. Cuanto más inciertas son las perspectivas, más valiosa se vuelve dicha flexibilidad.

Eso suena obvio, pero note que el análisis de sensibilidad y la simulación de Monte Carlo no reconocen la oportunidad de modificar los proyectos.<sup>13</sup> Por ejemplo, pensemos de nuevo en el proyecto de la motoneta eléctrica de Otobai. En la vida real, si las cosas salieran mal con el proyecto, Otobai lo abandonaría para reducir sus pérdidas. Si es así, los peores resultados no serían tan devastadores como lo sugieren nuestros análisis de sensibilidad y de simulación.

Las opciones para modificar los proyectos se conocen como **opciones reales**. Puede que no siempre los administradores usen el término de opción real para describir estas oportunidades; por ejemplo, se referirían a “ventajas intangibles” de los proyectos fáciles de modificar. Pero cuando revisan las principales propuestas de inversión, estas opciones son muchas veces la clave de sus decisiones.

<sup>11</sup> N. A. Nichols, “Scientific Management at Merck: An Interview with CFO Judy Lewent”, *Harvard Business Review* 72 (enero-febrero de 1994), p. 91.

<sup>12</sup> Estas dificultades son menos graves para la industria farmacéutica que para el resto de las industrias. Las empresas farmacéuticas han acumulado una gran cantidad de información sobre las probabilidades de éxitos clínicos y científicos, así como sobre el tiempo y el dinero requeridos para las pruebas clínicas y la aprobación de la FDA.

<sup>13</sup> Algunos modelos de simulación reconocen la posibilidad de un cambio de política. Por ejemplo, cuando una empresa farmacéutica utiliza la simulación para analizar sus decisiones de IyD, toma en cuenta la posibilidad de que en cada etapa la empresa abandone el desarrollo.



### Opción de expansión

El transporte aéreo de larga distancia como FedEx tiene que mover cantidades gigantescas de bienes diariamente. En consecuencia, cuando Airbus anunció retrasos en su avión de carga superjumbo, FedEx recurrió a Boeing para ordenar 15 de sus cargueros 777 que serían entregados entre 2009 y 2011. Si el negocio sigue expandiéndose, FedEx necesitará más aviones, pero en lugar de colocar otras órdenes de compra seguras en 2006, la empresa aseguró un lugar en la línea de producción de Boeing al adquirir *opciones* de compra de otros 15 aviones a un precio determinado. Estas opciones no obligan a FedEx a expandirse, sino que le dan la flexibilidad de hacerlo.

La figura 11.5 despliega la opción de expansión de FedEx en un sencillo **árbol de decisiones**. Se le puede considerar un juego entre FedEx y la suerte. Cada rectángulo representa una acción o decisión de la empresa, y cada círculo, un resultado revelado por la suerte. En este caso sólo hay un resultado: el momento en el que la suerte revele la demanda de aviones cargueros y las necesidades de capacidad de FedEx. Entonces, FedEx decide si ejercer sus opciones y comprar los otros 777. En este caso, la decisión futura es fácil: adquirir los aviones sólo si la demanda es alta y si la empresa los opera rentablemente. Si la demanda es baja, FedEx se aleja y deja a Boeing con el problema de encontrar otro cliente para los aviones que fueron reservados para FedEx.

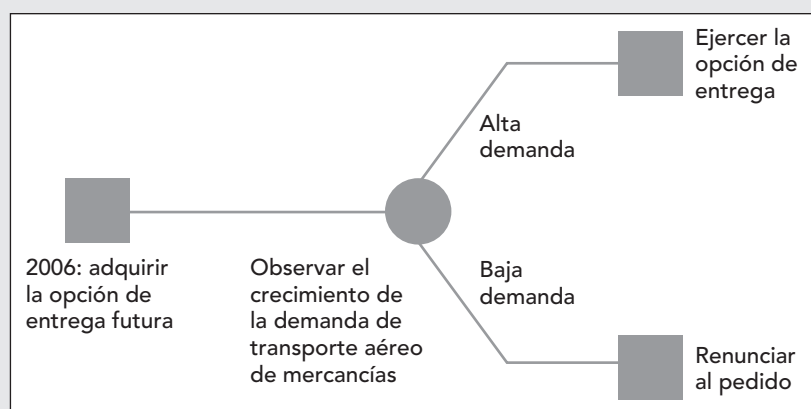
Es posible pensar en muchas otras inversiones que agregan valor debido a las opciones futuras que proporcionan. Por ejemplo:

- Cuando se lanza un nuevo producto, muchas veces las empresas comienzan con un programa piloto para resolver los posibles problemas de diseño y para probar el mercado. La compañía evalúa la prueba piloto y después decide si expandir la producción a la escala proyectada.
- Cuando se diseña una fábrica, tiene sentido preparar terrenos o pisos extras para reducir el costo futuro de una segunda línea de producción.
- Cuando se construye una autopista de cuatro carriles, es conveniente la construcción de puentes de seis carriles de tal manera que después la carretera se amplíe si el volumen de tráfico resulta ser mayor que el anticipado.

Tales opciones de expansión no aparecen en los activos que la empresa pone en su balance general, pero los inversionistas están muy al pendiente de su existencia. Si una compañía tiene opciones reales valiosas que le permitan invertir en nuevos proyectos rentables, su valor de mercado será mayor que el valor de sus activos físicos actuales.

**FIGURA 11.5**

La opción de expansión de FedEx expresada en un sencillo árbol de decisiones.





En el capítulo 5 vimos cómo el valor presente de las oportunidades de crecimiento (VPOC) contribuía al valor de las acciones ordinarias de la empresa. El VPOC es igual al VPN total pronosticado de las inversiones futuras, pero es mejor pensar en el VPOC como el valor de las *opciones* de la empresa para invertir y expandirse. La compañía no está obligada a crecer; puede invertir más si el número de proyectos con VPN positivo resulta ser mayor o invertir menos si resulta ser menor. La flexibilidad de adaptar la inversión a las oportunidades futuras es uno de los factores que hacen valioso al VPOC.

### Opción de abandono

Si la opción de expansión es valiosa, ¿qué pasa con la decisión de desistir? Los proyectos no solamente continúan hasta que los activos expiran por viejos. Generalmente es la administración, y no la naturaleza, la que toma la decisión de terminar un proyecto. Una vez que el proyecto ya no es rentable, la empresa reducirá sus costos y ejercerá su decisión de abandonarlo.

Algunos activos son más fáciles de rescatar que otros. Por lo regular, los activos tangibles son más fáciles de vender que los intangibles. Esto ayuda a que hay mercados dinámicos de segunda mano, los cuales sólo existen para artículos estandarizados. Los bienes raíces, los aviones, los camiones y ciertas máquinas herramienta probablemente se vendan con relativa facilidad, pero el conocimiento acumulado por el programa de investigación y desarrollo de una empresa de software es un activo intangible especializado que difícilmente tendrá un valor de abandono significativo. (Algunos activos, como los colchones viejos, incluso tienen un valor de abandono *negativo*; se tiene que pagar por deshacerse de ellos. Es costoso dismantelar las plantas de energía nuclear o reutilizar el terreno que fue ocupado por una mina.)

**Ejemplo** Los administradores deberían reconocer la opción de abandono al momento de hacer la inversión inicial en un nuevo proyecto o negocio. Por ejemplo, supongamos que debe elegir entre dos tecnologías para la producción de motores Wankel fuera de borda.

1. La tecnología A emplea maquinaria controlada por computadora, especialmente diseñada para producir las complejas formas requeridas por los motores Wankel en gran volumen y bajo costo. Pero si el motor Wankel fuera de borda no se vende, este equipo no valdrá nada.
2. La tecnología B utiliza la maquinaria estándar. Los costos de trabajo son mucho más altos, pero la maquinaria se puede vender en 10 millones de dólares si el motor no se llegara a vender.

La tecnología A parece ser mejor en el análisis de FED del nuevo producto, porque fue diseñada con el menor costo posible a un volumen de producción planificado. Sin embargo, puede notar las ventajas de la flexibilidad de la tecnología B en el caso de que no sea seguro que el nuevo motor fuera de borda salga a flote en el mercado.

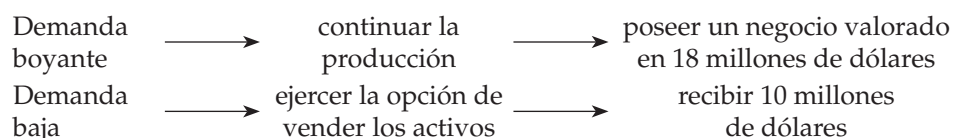
Se puede concretar el valor de esta flexibilidad expresándola como una opción real. Tan sólo por simplicidad, supongamos que los desembolsos iniciales de capital para las tecnologías A y B son los mismos. La tecnología A, con su maquinaria diseñada para bajos costos, proporcionará flujos de 18.5 millones de dólares si el motor fuera de borda es popular entre los propietarios de botes, y de 8.5 millones de dólares si no lo es. Considere que este ingreso es el flujo de efectivo del proyecto durante su primer año de producción más el valor presente de todos los flujos subsecuentes. Los flujos posibles para la tecnología B son de 18 millones de dólares y 8 millones de dólares.



	Ingresos por la producción de motores fuera de borda (millones de dólares)	
	Tecnología A	Tecnología B
Demanda boyante	\$18.5	\$18
Demanda floja	8.5	8

Si es forzoso continuar con la producción sin importar que el proyecto no sea rentable, entonces la tecnología A es claramente la mejor opción, pero recuerde que al final del año puede rescatar 10 millones de dólares por la tecnología B. Si el motor fuera de borda no es un éxito en el mercado, es mejor vender la planta y el equipo a 10 millones de dólares que continuar con el proyecto que tiene un valor presente de tan sólo 8 millones.

La figura 11.6 sintetiza este ejemplo en un árbol de decisiones. La opción de abandono del proyecto en el caso de que se haya seleccionado la tecnología B se representa en las celdas de la derecha. Las decisiones son obvias: continuar si la demanda es boyante y abandonar en caso contrario. Por lo tanto, los ingresos para la tecnología B son:



La tecnología B proporciona una “póliza de seguro”: si las ventas de los motores fuera de borda son desalentadoras, se puede abandonar el proyecto y recuperar los 10 millones de dólares. Considere esta opción de abandono como una posibilidad de vender los activos en 10 millones de dólares. El valor total del proyecto que utiliza la tecnología B es su valor de FED, suponiendo que la empresa no lo abandona, *más* el valor de la opción de abandono. Al momento de valorar esta opción, se agrega valor a la flexibilidad.

### Opciones de producción

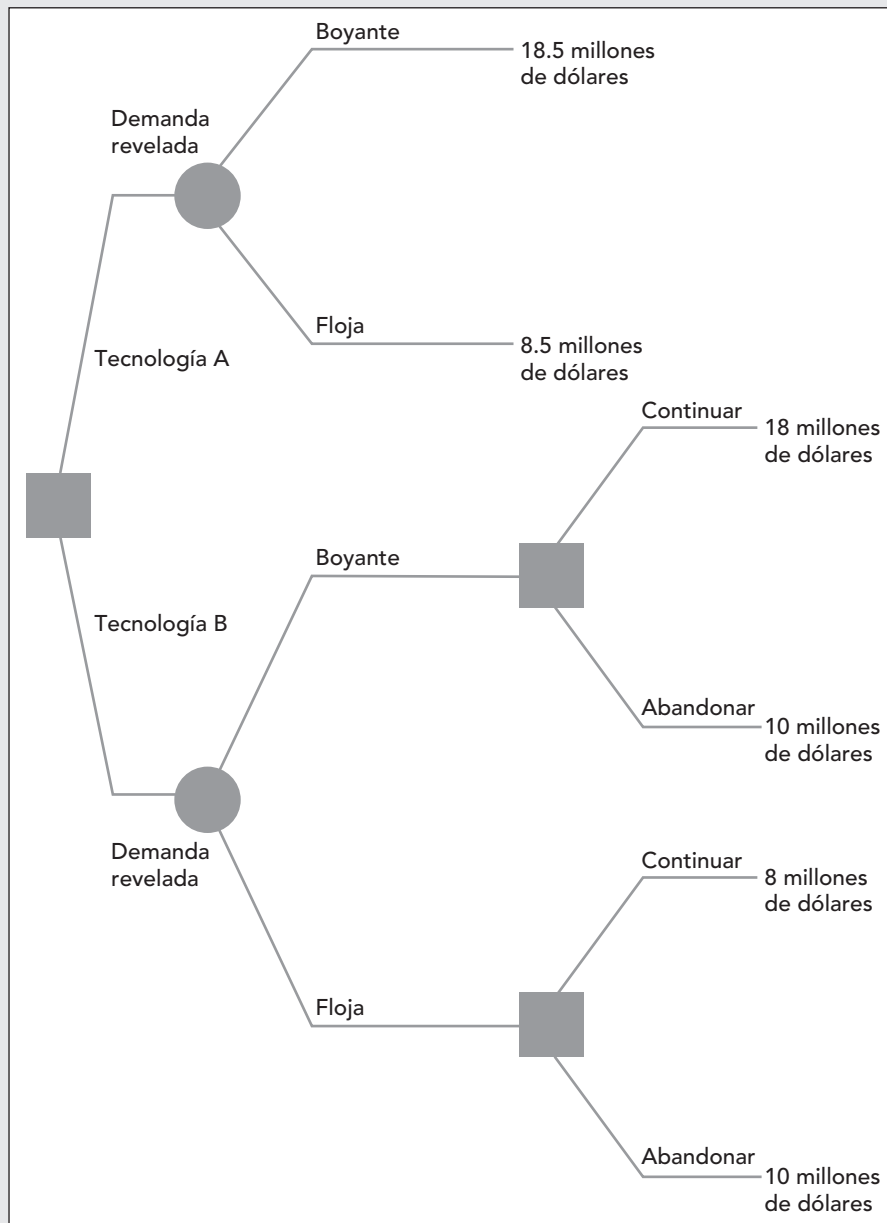
Cuando las empresas realizan nuevas inversiones, generalmente piensan en la posibilidad de que en una etapa posterior modificarán el proyecto. Después de todo, hoy en día todo el mundo podría demandar ganchos redondos, pero es posible que mañana los cuadrados sean el último grito de la moda. En ese caso se necesita una planta que proporcione flexibilidad para producir varios tipos de ganchos. De la misma manera, tal vez valga la pena pagar por la flexibilidad de poder cambiar los insumos. Por ejemplo, en el capítulo 23 describiremos cómo las empresas eléctricas de servicios públicos suelen reservarse la opción de cambiar el consumo de petróleo por el de gas natural. Nos referimos a estas oportunidades como *opciones de producción*.

### Opciones de sincronización

El hecho de que un proyecto tenga VPN positivo no significa que lo mejor sea emprenderlo ahora. Bien podría ser más valioso si se activara más adelante.

Las decisiones de sincronización son bastante simples bajo condiciones de certidumbre. Primero tienen que examinarse las fechas alternativas ( $t$ ) para realizar la inversión y calcular el valor futuro neto que tendría en cada una de ellas. Después, para encontrar



**FIGURA 11.6**

Árbol de decisiones para el proyecto del motor Wankel fuera de borda. La tecnología B permite a la empresa abandonar el proyecto y recuperar 10 millones de dólares si la demanda es baja.

cuál de estas alternativas añadiría a la empresa el valor *actual* más alto, tienen que descontarse esos valores futuros netos al presente:

$$\text{Valor presente neto de la inversión si se emprende en la fecha } t = \frac{\text{Valor futuro neto en la fecha } t}{(1 + r)^t}$$

**Ejemplo** Posee una enorme extensión de bosque maderable inaccesible. Para talar los árboles, tiene que invertir 75 000 dólares en carreteras de acceso y otras instalaciones. Cuanto más tiempo espere, mayor será la inversión requerida. Por otro lado, los precios de la madera subirán conforme espere, y los árboles seguirán creciendo, aunque a una tasa gradualmente decreciente.



Supongamos el siguiente valor presente neto de la tala a diferentes fechas *futuras*:

	Año de tala					
	0	1	2	3	4	5
Valor futuro neto (miles de dólares)	50	64.4	77.5	89.4	100	109.4
Cambio en el valor con respecto al año anterior (%)		+28.8	+20.3	+15.4	+11.9	+9.4

Como se observa, cuanto más se retrase la tala de la madera, más dinero se ganará. Lo que nos preocupa aquí es la fecha que maximiza el valor *presente* neto de la inversión, es decir, su contribución al valor de la empresa *hoy*. Por lo tanto, tiene que descontarse el valor futuro neto de la tala al presente. Supongamos que la tasa de descuento apropiada es de 10%. Entonces, si se tala la madera en el año 1, su valor *presente* neto es de 58 500 dólares:

$$\text{VPN si se tala en el año 1} = \frac{64.4}{1.10} = 58.5, \text{ o } 58\,500 \text{ dólares}$$

El valor presente neto de la tala en las otras fechas es el siguiente:

	Año de tala					
	0	1	2	3	4	5
Valor futuro neto (miles de dólares)	50	58.5	64.0	67.2	68.3	67.9

El momento óptimo para talar la madera es el año 4, porque ahí se maximiza el VPN. Note que antes del año 4 el valor futuro neto de la madera se incrementa más de 10% por año: la ganancia de valor es mayor que el costo de capital vinculado al proyecto. Después del año 4, la ganancia de valor aún es positiva, pero menor que el costo de capital. Por lo tanto, retrasar más la tala sólo reduciría la riqueza de los accionistas.<sup>14</sup>

En el ejemplo de la tala de madera supusimos que no había incertidumbre acerca de los flujos de efectivo, por lo que se sabía que el momento óptimo para la tala era el año 4. La opción de sincronización es mucho más complicada bajo incertidumbre. Rara vez hay una forma segura de saber cuándo una oportunidad en  $t = 0$  es mejor o peor que en  $t = 1$ . Quizá sea mejor actuar cuando el hierro está caliente, incluso si hay probabilidad de que se caliente más. Por otro lado, si se espera un poco se obtendría más información y tal vez se podría evitar un terrible error. Por eso es común observar que los administradores no invierten de inmediato en proyectos en los que el VPN sólo es marginalmente positivo, y en los que hay mucho que aprender del retraso.

<sup>14</sup> Nuestro ejemplo de la tala de madera transmite la idea del momento de la inversión, pero pasa por alto un punto práctico importante: cuanto más pronto se tale la primera cosecha de árboles, más rápido empezará a crecer la segunda. En consecuencia, el valor de la segunda cosecha depende de cuándo se corte la primera. El problema más complejo y realista se resuelve de dos maneras:

1. Hallar las fechas de tala que maximicen el valor presente de una serie de talas, tomando en cuenta las distintas tasas de crecimiento de los árboles viejos y jóvenes.
2. Repetir los cálculos, incluyendo el futuro valor de mercado de la tierra talada como parte de los ingresos de la primera tala. El valor de la tierra talada incluye el valor presente de todas las talas subsecuentes. La segunda solución es mucho más sencilla si se determina qué tanto valdrá la tierra talada.



### Más sobre árboles de decisiones

Regresaremos a estas opciones reales en el capítulo 23, después de que hayamos estudiado la teoría de la valuación de opciones en los capítulos 21 y 22, pero cerraremos este capítulo con una revisión más detallada de los árboles de decisiones.

Éstos generalmente se utilizan para describir las opciones reales de los proyectos de inversión de capital, pero se emplearon en el análisis de proyectos muchos años antes de que las opciones reales fueran explícitamente identificadas. Los árboles de decisiones ayudan a comprender el riesgo del proyecto y el modo en el que las decisiones futuras afectarán sus flujos de efectivo. Incluso si nunca se aprende o se utiliza la teoría de la valuación de opciones, los árboles de decisiones son parte necesaria de una buena caja de herramientas financieras.

La mejor manera de apreciar cómo los árboles de decisiones se usan en el análisis de proyectos es con un ejemplo detallado.

### Un ejemplo: Magna Charter

Magna Charter es una empresa recientemente creada por Agnes Magna para proporcionar servicio de vuelos ejecutivos en el sudeste de Estados Unidos. La fundadora piensa que habrá una demanda por parte de aquellas empresas que no lleguen a justificar un avión de tiempo completo para la empresa, pero que sin embargo necesiten uno de vez en cuando. No obstante, el negocio no es nada seguro: hay 40% de probabilidades de que la demanda del primer año sea baja. Si lo es, hay 60% de probabilidades de que continúe así en años posteriores. Por otro lado, si la demanda inicial es elevada, hay 80% de probabilidades de que permanezca así.

El problema inmediato es decidir qué tipo de avión adquirir. Un avión de turbohélices cuesta 550 000 dólares. Uno con motor de pistones, solamente 250 000 dólares, pero tiene menor capacidad y atractivo para los clientes. Además, su diseño es viejo y probablemente se deprecie pronto. La señora Magna piensa que el próximo año un aeroplano de segunda mano con motor de pistones estará disponible en 150 000 dólares.

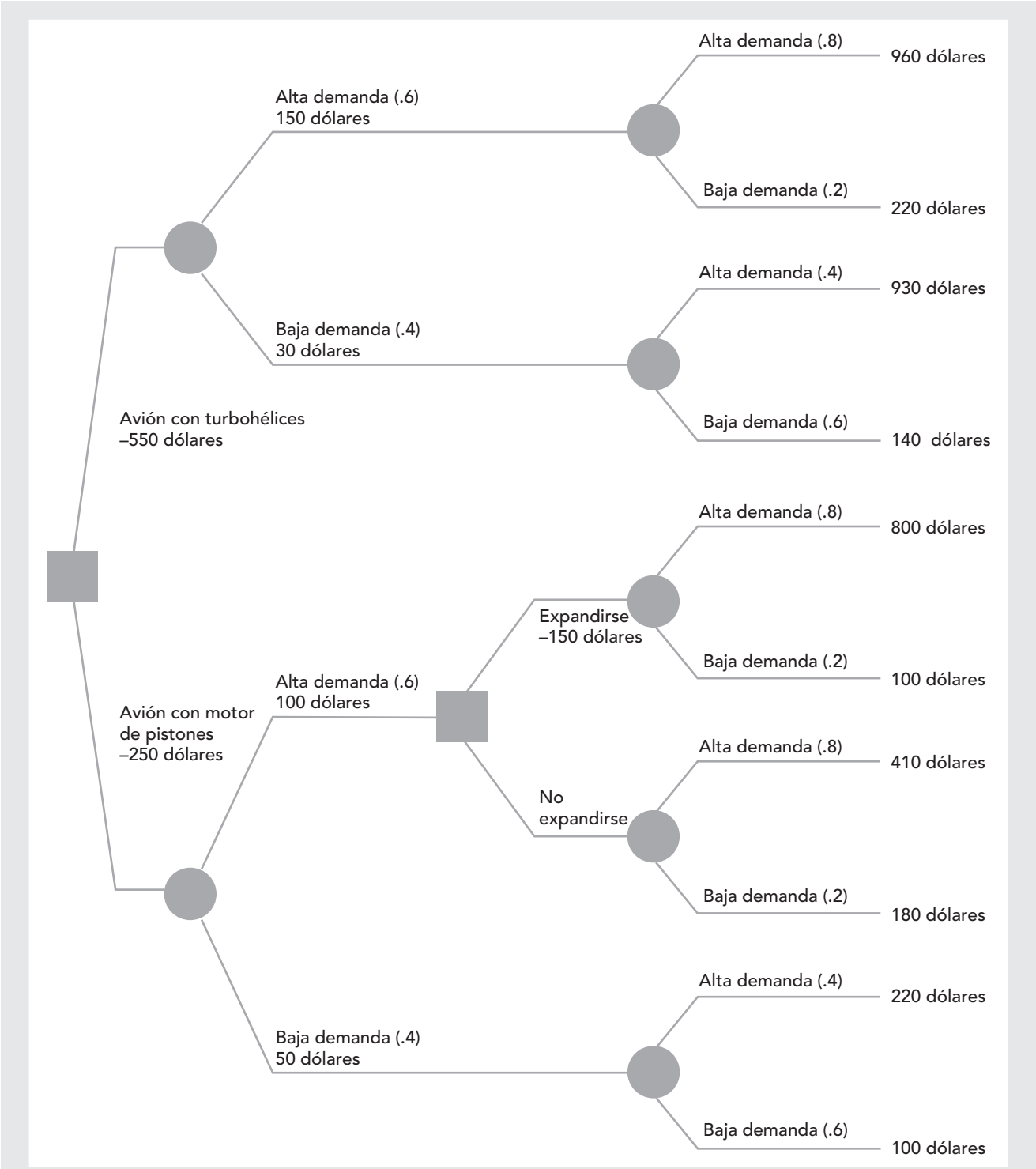
Eso le da una idea: ¿por qué no empezar con un avión de pistones y después comprar otro si la demanda es todavía elevada? La expansión costaría solamente 150 000 dólares. Si la demanda es baja, Magna Charter podría continuar con una aeronave pequeña y relativamente barata.

La figura 11.7 expone estas elecciones. El cuadrado de la izquierda señala la decisión inicial de la empresa de comprar un avión de turbohélices a 550 000 dólares o uno con motor de pistones a 250 000 dólares. Después de que la compañía haya tomado la decisión, la suerte decidirá la demanda del primer año. En el paréntesis se aprecia la probabilidad de que la demanda sea alta o baja; también mostramos las consecuencias que tendría cada una de las dos posibilidades en el flujo de efectivo. Como aquí queremos evitar el tema del riesgo, en la figura 11.7 hemos convertido los inciertos flujos de efectivo esperados en sus equivalentes ciertos.<sup>15</sup> Esto significa que descontamos adecuadamente estos flujos equivalentes ciertos a la tasa de interés libre de riesgo.

Al final del año la empresa tendrá una segunda pregunta que hacerse si posee un avión con motor de pistones: puede expandirse o quedarse igual. Este momento decisivo está señalado con el segundo cuadrado. Por último, la suerte asume el control de nuevo y selecciona el nivel de demanda para el año 2. De nueva cuenta, en el paréntesis se observa la probabilidad de una alta o baja demanda. Observe que las probabilidades del segundo año dependen de los resultados del primer periodo. Por ejemplo, si la

<sup>15</sup> Los flujos de efectivo equivalentes ciertos son los flujos de efectivo seguros que tendrían el mismo valor presente que los flujos inciertos verdaderos. Describimos los flujos equivalentes ciertos en el capítulo 10 y mostramos cómo se usan para calcular valores presentes. Los usaremos en los capítulos 22 y 23 cuando mostremos cómo valorar opciones.





**FIGURA 11.7**

Árbol de decisiones de Magna Charter. ¿Debería comprar un avión de turbohélices o uno pequeño con motor de pistones? Se puede comprar un segundo avión con motor de pistones en el año 1 si la demanda resulta alta. (Las cifras están en miles. Las probabilidades están entre paréntesis.)



demanda es alta en el primer periodo, entonces hay 80% de probabilidades de que también lo será en el segundo. La probabilidad de alta demanda *tanto* en el primero como en el segundo periodos es de  $.6 \times .8 = .48$ . Después del paréntesis, de nuevo mostramos la rentabilidad del proyecto para cada combinación de avión y nivel de demanda. Se interpreta cada una de estas cifras como el valor presente de los flujos de efectivo al final del año 2 para ése y los años subsecuentes.

El problema de la señora Magna es decidir qué hacer hoy. Resolvemos este problema pensando primero qué debería hacer el próximo año. Esto quiere decir que empezamos en el lado derecho del árbol y nos regresamos hacia el principio a la izquierda.

La única decisión que la señora tiene que tomar el próximo año es expandirse en caso de que compre el avión con motor de pistones y si dicha compra está acompañada de una alta demanda. Si se expande, invierte 150 000 dólares y recibe un ingreso de 800 000 dólares si la demanda continúa siendo alta, pero un ingreso de 100 000 dólares si la demanda cae. De ahí que su ingreso *esperado* sea:

$$\begin{aligned} & (\text{Probabilidad de alta demanda} \times \text{ingreso por alta demanda}) \\ & + (\text{probabilidad de baja demanda} \times \text{ingreso con baja demanda}) \\ & = (.8 \times 800) + (.2 \times 100) = +660 \text{ o } 660\,000 \text{ dólares} \end{aligned}$$

Si la tasa de descuento es de 10%, entonces el valor presente neto de la expansión, calculada en el año 1, es:

$$\text{VPN} = -150 + \frac{660}{1.10} = +450 \text{ o } 450\,000 \text{ dólares}$$

Si Magna Charter *no* se expande, el ingreso esperado es:

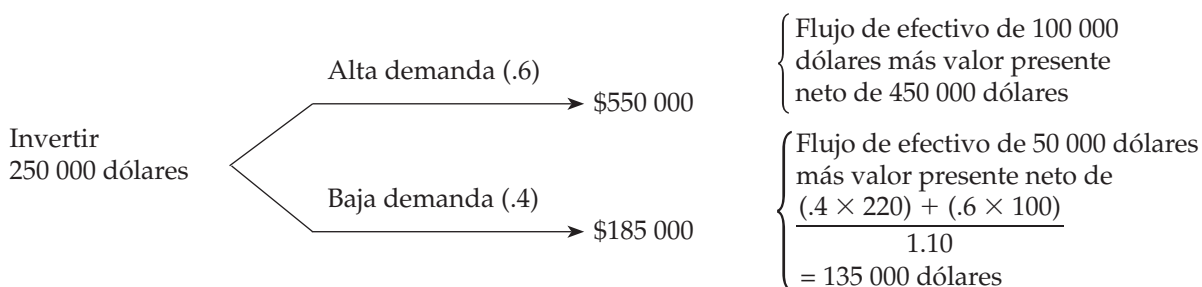
$$\begin{aligned} & (\text{Probabilidad de alta demanda} \times \text{ingreso por alta demanda}) \\ & + (\text{probabilidad de baja demanda} \times \text{ingreso con baja demanda}) \\ & = (.8 \times 410) + (.2 \times 180) = +364 \text{ o } 364\,000 \text{ dólares} \end{aligned}$$

El valor presente neto de *no* expandirse, calculado en el año 1, es:

$$\text{VPN} = 0 + \frac{364}{1.10} = +331 \text{ o } 331\,000 \text{ dólares}$$

Obviamente, la expansión rinde frutos si la demanda de mercado es alta.

Ahora que ya sabemos lo que Magna Charter debería hacer si se enfrentara a la decisión de expandirse, nos remontamos a la decisión actual. Si se compra el primer avión con motor de pistones, Magna puede esperar recibir un flujo con valor de 550 000 dólares en el año 1 si la demanda es alta, y el efectivo vale 185 000 dólares si la demanda es baja:





El valor presente neto de la inversión en el aeroplano con motor de pistones es, por lo tanto, de 117 000 dólares:

$$VPN = -250 + \frac{.6(550) + .4(185)}{1.10} = +117 \text{ o } 117\,000 \text{ dólares}$$

Si Magna compra el avión de turbohélices no hay ninguna decisión futura que analizar y, por lo tanto, no necesitamos regresarnos. Solamente calculamos los flujos de efectivo esperados y descontamos:

$$\begin{aligned} VPN &= -550 + \frac{.6(150) + .4(30)}{1.10} \\ &\quad + \frac{.6[.8(960) + .2(220)] + .4[.4(930) + .6(140)]}{(1.10)^2} \\ &= -550 + \frac{102}{1.10} + \frac{670}{(1.10)^2} = +96 \text{ o } 96\,000 \text{ dólares} \end{aligned}$$

Por consiguiente, la inversión en el avión con motor de pistones tiene un VPN de 117 000 dólares; la inversión en el avión de turbohélices un VPN de 96 000 dólares. El primer avión es la mejor alternativa. Sin embargo, note que la elección sería diferente si nos olvidáramos de tomar en cuenta la opción de expansión. En ese caso, el VPN del avión con motor de pistones se reduciría de 117 000 a 52 000 dólares:

$$\begin{aligned} VPN &= -250 + \frac{.6(100) + .4(50)}{1.10} \\ &\quad + \frac{.6[.8(410) + .2(180)] + .4[.4(220) + .6(100)]}{(1.10)^2} \\ &= +52 \text{ o } 52\,000 \text{ dólares} \end{aligned}$$

En consecuencia, el valor de la opción de expansión es:

$$117 - 52 = +65 \text{ o } 65\,000 \text{ dólares}$$

El árbol de decisiones de la figura 11.7 reconoce que si la señora Magna compra un avión con motor de pistones no se queda atada a esa decisión. Tiene la opción de expandirse adquiriendo un avión adicional si la demanda resulta ser inesperadamente elevada. Pero la figura 11.7 también supone que si la señora Magna juega a lo grande con la adquisición de un avión de turbohélices, no hay nada que pueda hacer si la demanda resultara inesperadamente *baja*. Ello es irrealista. Si en el primer año el negocio es malo, sería conveniente que vendiera el avión de turbohélices y abandonara el negocio por completo. En la figura 11.7 representaríamos esta opción de abandono agregando un punto de decisión extra (otro cuadrado más) si la empresa comprara el avión de turbohélices y la demanda del primer año fuera baja. Si eso sucede, la señora Magna decidiría ya sea vender el avión o aguantarse y esperar a que la demanda se recuperara. Si la opción de abandono es suficientemente valiosa, tendría sentido adquirir el avión de turbohélices e ir con todo.

### Pros y contras de los árboles de decisiones

Cualquier pronóstico de flujo de efectivo se basa en algún supuesto acerca de la inversión futura de la empresa y su estrategia operativa. A menudo, dicho supuesto está implícito. Los árboles de decisiones obligan a hacer explícita la estrategia subyacente. Al exponer los vínculos entre las decisiones actuales y futuras, ayudan al administrador financiero a encontrar la estrategia que tenga el valor presente neto más alto.



El problema de los árboles de decisiones es que rápidamente llegan a ser tan \_\_\_\_\_ complejos tan \_\_\_\_\_ (escriba aquí sus propias palabrotas). ¿Qué hará Magna Charter si la demanda no es alta ni baja, sino tan sólo media? En ese caso, la señora Magna vendería el avión de turbohélices y compraría uno con motor de pistones, o aplazaría las decisiones de expansión y abandono hasta el año 2. Tal vez la demanda media requiere una decisión sobre una reducción de precios o una campaña comercial más intensa.

Podríamos dibujar un nuevo árbol de decisiones que cubriera ese conjunto de sucesos y posibilidades. Inténtelo si así le parece: verá con qué rapidez se acumulan los círculos, los cuadrados y las ramas.

La vida es compleja y poco podemos hacer para solucionarlo. Por ende, es injusto criticar los árboles de decisiones por el hecho de que lleguen a ser complejos. Nuestra crítica está reservada para los analistas que permiten que las complejidades se vuelvan abrumadoras. La ventaja de los árboles de decisiones es que permiten hacer un análisis explícito de los posibles sucesos y decisiones futuras. Deberían ser juzgados no por su completitud, sino porque demuestran ser los vínculos más importantes entre las decisiones actuales y futuras. Los árboles de decisiones de la vida real serán más complejos que los de la figura 11.7, pero sin embargo expondrán una pequeña parte de los sucesos y decisiones futuros. Los árboles de decisiones son como las viñas: son productivos sólo si son podados de forma enérgica.

Los árboles de decisiones ayudan a identificar las elecciones futuras que están disponibles para el administrador y dan una visión más clara de los flujos de efectivo y riesgos de un proyecto. Pero nuestro análisis del proyecto de Magna Charter suscita una cuestión importante. La opción de expansión amplió el rango de posibles resultados, lo que redujo el riesgo de la inversión. Refinamos dicho problema interpretando todas las cifras de flujo de efectivo de la figura 11.7 como flujos de efectivo equivalentes ciertos, los cuales serían descontados a la tasa de interés libre de riesgo. Cuando abordemos la cuestión de la asignación de precios de opciones en el capítulo 22, explicaremos cómo se valúan las opciones de inversión mediante el cálculo de los flujos de efectivo equivalentes ciertos.

### **Árboles de decisiones y simulación de Monte Carlo**

Hemos afirmado que cualquier pronóstico de flujo de efectivo se basa en supuestos sobre la inversión futura y la estrategia operativa. Recuerde el modelo de simulación de Monte Carlo que diseñamos para el proyecto de la motoneta eléctrica de Otobai. ¿En qué estrategia se basaba? No sabemos. Inevitablemente, Otobai tomará decisiones sobre precios, producción, expansión y abandono, pero los supuestos del diseñador del modelo sobre esas decisiones están implícitos en las ecuaciones del mismo. Puede ser que el diseñador ya haya identificado implícitamente la estrategia futura de Otobai, pero claramente no es la óptima. Habrá algunas simulaciones en las que casi todo salga mal y en las que en la vida real Otobai tendría que desistir para reducir sus pérdidas. No obstante, el modelo continúa periodo tras periodo, ajeno al agotamiento de recursos de efectivo de Otobai. Los resultados menos favorables reportados por la simulación nunca se alcanzan en la vida real.

Por otro lado, el modelo de simulación probablemente subestime el valor potencial del proyecto en el caso de que casi todo salga bien: no hay previsiones para expandirse a fin de aprovechar la buena suerte.

La mayoría de los modelos de simulación incorpora una estrategia de negocios de situación normal, que es adecuada si no hay sorpresas importantes. Cuanto mayor sea la divergencia con respecto a los niveles esperados de crecimiento del mercado, la participación de mercado, costos, etc., menos realista será la simulación. Por lo tanto, los extremos altos y bajos de los valores simulados —las “colas” de las distribuciones simuladas— deberían tratarse con precaución. No considere el área bajo las colas como probabilidades realistas de desastre o bonanza.



## RESUMEN

Los capítulos anteriores explicaron cómo las empresas calculaban el VPN de un proyecto al pronosticar los flujos de efectivo y descontar de ellos una porción que reflejara el riesgo del proyecto. El resultado final es la contribución del proyecto a la riqueza de los accionistas. Es importante comprender el análisis de flujos de efectivo descontados, pero la buena práctica del presupuesto de capital es más que la simple habilidad para descontar.

Primero, las empresas tienen que establecer un conjunto de procedimientos de presupuesto de capital para asegurar que se tomen las decisiones de forma sistemática. La mayoría de las compañías prepara un presupuesto de capital anual, el cual es una lista de proyectos de inversión planeados para el siguiente año. La inclusión de un proyecto en el presupuesto de capital no representa la aprobación final del gasto; antes de que la planta o división prosiga con una propuesta, generalmente tendrá que enviar una solicitud de aprobación que incluya pronósticos detallados, análisis de flujos de efectivo descontados e información de respaldo.

A menudo, quienes proponen los proyectos de inversión de capital sobrestiman los flujos de efectivo futuros y subestiman los riesgos. En consecuencia, las empresas necesitan procedimientos para asegurar que los proyectos se ajusten a los planes estratégicos de la empresa, sean desarrollados sobre bases sólidas y se hayan estudiado de forma honesta y transparente. (Dichos procedimientos *no* deben incluir factores adicionales sobre las tasas mínimas aceptables del proyecto como para contrarrestar los pronósticos optimistas.) Más adelante, después que el proyecto empiece a funcionar, la empresa puede darle seguimiento con una auditoría. Ésta es la encargada de identificar los problemas que tienen que solucionarse y ayuda a la empresa a aprender de sus errores.

La buena práctica del presupuesto de capital también intenta identificar las principales incertidumbres en las propuestas de proyectos. La conciencia de tales incertidumbres lleva a la búsqueda de maneras de reelaborar el proyecto para reducir los peligros, o a una investigación adicional que confirmará si el proyecto vale la pena.

Hay varios métodos a través de los cuales las empresas tratan de identificar y evaluar los peligros que acechan el éxito de un proyecto. El primero es el *análisis de sensibilidad*. En este método el administrador considera uno a uno los supuestos o pronósticos que subyacen a los flujos de efectivo esperados y recalcula el VPN con valores optimistas o pesimistas de tal variable. El proyecto es “sensible a” dicha variable si el rango resultante de VPN es amplio, en particular del lado pesimista.

Muchas veces, el análisis de sensibilidad conduce al *análisis del punto de equilibrio*, el cual identifica los valores de equilibrio de variables fundamentales. Supongamos que el director está especialmente preocupado porque la competencia hará que bajen los precios y los ingresos. Entonces, recalcula el nivel de precios al cual el proyecto está en equilibrio ( $VPN = 0$ ) y toma en cuenta la posibilidad de que los precios caigan a dicho nivel. El análisis del punto de equilibrio también se realiza con base en la utilidad contable, aunque no recomendamos este procedimiento.

Los análisis de sensibilidad y del punto de equilibrio son fáciles e identifican los pronósticos y supuestos que en realidad son importantes para el éxito o fracaso del proyecto. Empero, las variables básicas no cambian una a la vez. Por ejemplo, cuando los precios de las materias primas son más altos que lo previsto, es seguro que los precios de venta también lo serán. La respuesta lógica es el *análisis de escenarios*, en el cual se examinan los efectos que tiene sobre el VPN la modificación simultánea de más de una variable.

El análisis de escenarios examina un número limitado de combinaciones de variables. Si se requiere ver todas las combinaciones posibles, tendrá que recurrirse a la *simulación de Monte Carlo*. En ese caso, debe construirse un modelo financiero del proyecto para especificar la distribución de probabilidad de cada variable que influ-



ya sobre el flujo de efectivo. Posteriormente, se pide a la computadora que seleccione números aleatorios de cada variable y que recalcule los flujos de efectivo resultantes. De hecho, se debe pedir a la computadora que lo haga miles de veces, a fin de que genere distribuciones completas de los futuros flujos de efectivo. Una vez que se tienen las distribuciones será posible manejar mejor los flujos de efectivo esperados y los riesgos del proyecto. También se puede experimentar viendo cómo las distribuciones resultarían afectadas si se altera el alcance del proyecto o los intervalos de cualquiera de las variables.

En ocasiones, los tratados elementales sobre presupuesto de capital dan la impresión de que, una vez que el administrador toma una decisión de inversión, no hay nada que hacer más que esperar a que los flujos de efectivo realmente lleguen. En la práctica, las empresas constantemente modifican sus operaciones. Si los flujos de efectivo son mejores que los previstos, tal vez el proyecto se expanda, pero si son peores, quizá se reduzca o se abandone por completo. Las opciones de modificación de proyectos se conocen como *opciones reales*. En este capítulo introducimos los principales tipos de opciones reales: opciones de *expansión*, opciones de *abandono*, opciones de *sincronización* y opciones que otorgan *flexibilidad a la producción*.

Los buenos administradores toman en cuenta las opciones reales cuando valúan un proyecto. Una manera conveniente de resumir las opciones reales y sus consecuencias en los flujos de efectivo es crear un *árbol de decisiones*. Para ello, se identifican los problemas que podría tener el proyecto y los principales remedios a aplicar. Entonces, empezando del futuro al presente, se consideran las acciones que *deberían* tomarse en cada caso.

Los árboles de decisiones ayudan a identificar el efecto posible de las opciones reales sobre los flujos de efectivo del proyecto, pero casi eludimos la forma de valorar las opciones reales. En el capítulo 23 regresaremos a este tema, después de que hayamos cubierto los métodos de valuación de opciones en los dos capítulos anteriores.

*El uso de Merck de la simulación de Monte Carlo se encuentra en:*

N. A. Nichols, "Scientific Management at Merck: An Interview with Judy Lewent", *Harvard Business Review* 72 (enero-febrero de 1994), pp. 89-99.

*Tres referencias poco técnicas sobre opciones reales se listan a continuación. Hay más referencias en el capítulo 23.*

A. Dixit y R. Pindyck, "The Options Approach to Capital Investment", *Harvard Business Review* 73 (mayo-junio de 1995), pp. 105-115.

W. C. Kester, "Today's Options for Tomorrow's Growth", *Harvard Business Review* 62 (marzo-abril de 1984), pp. 153-160.

A. Triantis y A. Borison, "Real Options: State of the Practice", *Journal of Applied Corporate Finance* 14 (verano de 2001), pp. 8-24.

## LECTURAS COMPLEMENTARIAS

1. Explique qué comprende a) la elaboración del presupuesto de capital, b) el envío de una solicitud de aprobación, c) la realización de una auditoría. (páginas 269-271)
2. Un administrador tiene tres maneras para tratar de identificar las principales amenazas para el éxito de un proyecto: el análisis de sensibilidad, el análisis de escenarios y la simulación de Monte Carlo. Describa brevemente cómo se aplica cada técnica. (páginas 271-279)
3. ¿Es posible calcular los valores optimistas y pesimistas del total de flujos del proyecto con base en el análisis de sensibilidad? ¿Por qué? (páginas 273-274)

## PREGUNTAS CONCEPTUALES



## CUESTIONARIO

1. ¿Cierto o falso?
  - a) La aprobación del presupuesto de capital permite que los administradores continúen con cualquier proyecto incluido en el presupuesto.
  - b) Los presupuestos de capital y las aprobaciones de proyectos se desarrollan principalmente de “abajo hacia arriba”. La planeación estratégica es un proceso de “arriba hacia abajo”.
  - c) Quienes promueven los proyectos suelen ser demasiado optimistas al respecto de ellos.
  - d) Las inversiones en mercadotecnia (para productos nuevos) e IyD no son desembolsos de capital.
  - e) Muchas inversiones de capital no se incluyen en el presupuesto de capital de la empresa. (Si es cierto, mencione algunos ejemplos.)
  - f) Típicamente, las auditorías se realizan cinco años después de concluir el proyecto.
2. Explique cómo cada una de las acciones o problemas siguientes distorsionan o rompen el proceso de presupuesto de capital.
  - a) Optimismo de los promotores de proyectos.
  - b) Pronósticos inconsistentes sobre la industria y las variables macroeconómicas.
  - c) Presupuesto de capital organizado únicamente como proceso de abajo hacia arriba.
3. Defina y explique brevemente los siguientes términos o procedimientos:
  - a) Análisis de sensibilidad
  - b) Análisis de escenarios
  - c) Análisis del punto de equilibrio
  - d) Simulación de Monte Carlo
  - e) Árbol de decisiones
  - f) Opción real
  - g) Valor de abandono
  - h) Valor de expansión
4. ¿Cierto o falso?
  - a) El análisis de sensibilidad es innecesario para los proyectos que tienen betas de activos iguales a 0.
  - b) El análisis de sensibilidad se utiliza para identificar las variables más importantes para el éxito de un proyecto.
  - c) Si sólo una variable es incierta, el análisis de sensibilidad genera valores “optimistas” y “pesimistas” para el flujo de efectivo del proyecto y el VPN.
  - d) El nivel de ventas del punto de equilibrio de un proyecto es más alto cuando el *punto de equilibrio* se define en términos del VPN en vez de la utilidad contable.
  - e) Se utiliza la simulación de Monte Carlo para ayudar a pronosticar flujos de efectivo.
5. Supongamos que un administrador ya calculó los flujos de efectivo de un proyecto, estimó su VPN y llevó a cabo un análisis de sensibilidad como el que se muestra en la tabla 11.2. Haga una lista de los pasos adicionales para realizar la simulación de Monte Carlo de los flujos de efectivo de un proyecto.
6. ¿Cierto o falso?
  - a) Los árboles de decisiones ayudan a identificar y describir las opciones reales.
  - b) La opción de expansión incrementa el VPN.
  - c) El valor de abandono disminuye el VPN.
  - d) Si un proyecto tiene un VPN positivo, la empresa siempre debería invertir inmediatamente.
7. Explique por qué establecer una tasa de descuento más alta no es un remedio para los pronósticos de flujo de efectivo con sesgo hacia el alza.



## EJERCICIOS PRÁCTICOS

8. Haga un resumen o diagrama de flujo que trace el proceso de presupuesto de capital desde la idea inicial de un nuevo proyecto de inversión hasta la terminación del mismo y el inicio de operaciones. Suponga la idea de que una nueva máquina ofusadora proviene de un administrador de planta de la División de Deconstrucción de la Compañía de Lenguaje Moderno.

He aquí algunas preguntas que debe considerar su resumen o diagrama de flujo:  
 ¿quién preparará la propuesta original? ¿Qué información contendrá la propuesta?  
 ¿Quién la evaluará? ¿Qué aprobaciones se necesitarán y quién las otorgará? ¿Qué pasaría si la compra e instalación de la máquina costara 40% más de lo inicialmente previsto?  
 ¿Qué sucederá cuando la máquina sea instalada y esté operando?

9. Revise los flujos de efectivo de los proyectos F y G de la sección 6.3. Se supuso que el costo de capital era de 10%. Suponga que los flujos de efectivo previstos para proyectos de este tipo se sobrestiman en promedio 8%. Es decir, el pronóstico del flujo de efectivo de cada proyecto debería reducirse 8%. Pero un administrador financiero flojo y que no desea tomarse el tiempo de discutir con los promotores de proyectos, les ordena utilizar una tasa de descuento de 18%.

- a) ¿Cuáles son los verdaderos VPN del proyecto?  
 b) ¿Cuáles son los VPN a la tasa de descuento de 18%?  
 c) ¿Bajo qué circunstancias la tasa de descuento de 18% arrojaría los VPN correctos?  
*Pista:* ¿Sería el sesgo al alza más grave para los flujos de efectivo más lejanos?

10. ¿Cuál es el VPN del proyecto de la motoneta eléctrica bajo el siguiente escenario?

Tamaño del mercado	1.1 millones
Participación de mercado	.1
Precio unitario	400 000 yenes
Costo variable unitario	360 000 yenes
Costo fijo	2 000 millones de yenes

El personal de Otobai ha obtenido las siguientes estimaciones revisadas para el proyecto de la motoneta eléctrica:

	Pesimista	Esperado	Optimista
Tamaño del mercado	800 000	1 millón	1.2 millones
Participación de mercado	.04	.1	.16
Precio unitario	300 000 yenes	375 000 yenes	400 000
Costo variable unitario	350 000 yenes	300 000 yenes	275 000
Costo fijo	5 000 millones de yenes	3 000 millones de yenes	mil millones de yenes

Realice un análisis de sensibilidad utilizando las hojas de cálculo “dinámicas”. ¿Cuáles son los principales riesgos del proyecto?

12. Otobai considera otro método de producción para su motoneta eléctrica, para el cual necesitaría una inversión adicional de 15 000 millones de yenes, pero reduciría los costos variables en 40 000 yenes por unidad. La tabla 11.1 contiene otros supuestos.
- a) ¿Cuál es el VPN de este plan alternativo?  
 b) Construya gráficas del punto de equilibrio para dicho plan alternativo como la figura 11.1.  
 c) Explique cómo interpretaría la cifra del punto de equilibrio.  
 d) Ahora suponga que a la administración de Otobai le gustaría saber la cifra del costo variable unitario con el cual estaría en equilibrio el proyecto de la motoneta eléctrica de la sección 11.1. Calcule el nivel de costos al cual el proyecto recibiría una utilidad



nula y tendría un VPN nulo. Suponga que la inversión inicial es de 15 000 millones de yenes.

13. Suelas Duraderas considera reemplazar sus viejas máquinas de fabricación de suelas con un equipo más moderno. El nuevo equipo cuesta 9 millones de pesos (el equipo actual tiene un valor de rescate de cero). Lo atractivo de la nueva maquinaria es que se espera que reduzca los costos de fabricación de su nivel actual de ocho pesos por suela a cuatro pesos. Sin embargo, como muestra la tabla siguiente, hay cierta incertidumbre tanto acerca de las ventas futuras como del desempeño de la nueva maquinaria:

	Pesimista	Esperado	Optimista
Ventas, millones de suelas	.4	.5	.7
Costo de fabricación de cada suela con la nueva maquinaria, pesos	6	4	3
Vida económica de la nueva maquinaria, años	7	10	13

Realice un análisis de sensibilidad de la decisión de reemplazo suponiendo una tasa de descuento de 12%. Suelas Duraderas no paga impuestos.

14. Suelas Duraderas podría realizar una prueba de ingeniería para determinar la verdadera mejora en los costos de fabricación generada por las nuevas máquinas. (Vea el ejercicio práctico 13 anterior.) El estudio costaría 450 000 pesos. ¿Sería aconsejable que la empresa continuara con el estudio?
15. Muchas veces el apalancamiento operativo se mide como el incremento porcentual en las utilidades antes de impuestos y después de depreciación debido a un incremento de 1% en las ventas.
- Calcule el apalancamiento operativo para el proyecto de la motoneta eléctrica suponiendo que las ventas unitarias ascienden a 100 000 (vea la sección 11.2).
  - Ahora demuestre que esta cifra es igual a  $1 + (\text{costos fijos, incluyendo depreciación, divididos entre utilidades antes de impuestos})$ .
  - ¿El apalancamiento operativo sería más bajo o más alto si las ventas fueran de 200 000 motonetas?
16. Mire otra vez el proyecto del trapeador eléctrico de Vegetron de la sección 10.4. Suponga que si las pruebas fallan y Vegetron continúa con el proyecto, la inversión de un millón de dólares solamente generaría 75 000 dólares anuales. Exponga el problema de Vegetron como un árbol de decisiones.
17. Utilice Excel para examinar los riesgos principales del proyecto de Otobai. Suponga que un poco más de análisis efectivamente disminuiría la incertidumbre acerca de *una* de las variables. Sugiera dónde se aplicaría mejor.
18. Describa la opción real en cada uno de los casos siguientes:
- Deutsche Metall pospone una gran expansión de la planta. La expansión tiene un VPN positivo con base en un flujo de efectivo descontado, pero la dirección general desea posicionar mejor la demanda del producto antes de proceder.
  - Western Telecom se comprometió en la producción de interruptores digitales especialmente diseñados para el mercado europeo. El proyecto tiene un VPN negativo, pero se justifica sobre fundamentos estratégicos por la necesidad de una fuerte posición en dicho mercado, que crece rápidamente y es potencialmente muy rentable.
  - Western Telecom vetó la línea de producción automatizada y totalmente integrada para los nuevos interruptores digitales. Se basa en equipo estándar más barato. La línea de producción automatizada es más eficiente en general, de acuerdo con un cálculo de flujo de efectivo descontado.
  - Mount Fuji Airways adquiere un avión jumbo con equipo especial que permite que el avión cambie rápidamente de carga de mercancía a pasajeros o viceversa.



- e) El tratado Franco-Británico que otorga la concesión para construir un ferrocarril bajo el Canal de la Mancha también requiere que la concesionaria proponga, en el año 2000, la construcción de una “conexión para automóviles” si “las condiciones técnicas y económicas lo permiten [...] y el incremento en el tráfico lo justificara sin debilitar el rendimiento esperado de la primera conexión (ferroviaria)”. No se permitirá que otras empresas construyan una conexión antes del año 2020.
19. Una planta automotriz cuya construcción cuesta 100 millones de dólares produce una nueva línea de autos que generará flujos de efectivo con un valor presente de 140 millones de dólares si es exitosa, pero de sólo 50 millones si fracasa. Se piensa que la posibilidad de éxito es de tan sólo 50%.
- a) ¿Debería construirse la planta?
- b) Suponga que la planta se puede vender en 90 millones de dólares a otro fabricante de automóviles si la línea fracasara. Entonces, ¿debería construirse la planta?
- c) Ilustre esta opción de abandono utilizando un árbol de decisiones.
20. Agnes Magna encontró algunos errores en sus datos (vea la sección 11.4). Las cifras corregidas son las siguientes:

Precio del avión de turbohélices, año 0	350 000 dólares
Precio del avión con motor de pistones	180 000 dólares
Tasa de descuento	8%

Reelabore el árbol de decisiones con los nuevos datos. Calcule el valor de la opción de expansión. ¿Qué avión debería comprar la señora Magna?

21. Después de descubrir los errores en sus datos (vea el ejercicio práctico 20), la señora Magna ha pensado en otra posibilidad: abandonar totalmente el negocio vendiendo el avión al final del primer año. Suponga que el avión con motor de pistones se vendería a 150 000 dólares y el avión de turbohélices a 500 000.
- a) ¿Bajo qué circunstancias le sería conveniente vender cualquier avión?
- b) Reelabore el árbol de decisiones de la figura 11.7 para mostrar que habrá circunstancias en las cuales la señora Magna elegirá tomar el dinero y abandonar el proyecto.
- c) Recalcule el valor del proyecto sin la opción de abandono.
- d) ¿Cuánto agrega la opción de abandono al valor del proyecto del avión con motor de pistones? ¿Y cuánto al valor del proyecto del avión de turbohélices?

22. Usted posee una mina de oro inutilizada cuyo costo de apertura será de 100 000 dólares. Si abre la mina, espera extraer de ella 1 000 onzas de oro anuales durante tres años. Después de eso, el depósito se agotará. Hoy en día el precio del oro es de 500 dólares por onza, y es igualmente probable que cada año el precio caiga o suba 50 dólares a partir de su nivel de comienzos de año. El costo de extracción es de 460 dólares por onza y la tasa de descuento es de 10%.
- a) ¿Abriría la mina ahora o retrasaría un año el inicio de sus operaciones con la esperanza de que haya un incremento en el precio del oro?
- b) ¿Cómo cambiaría su decisión si pudiera, sin ningún costo, cerrar (pero irreversiblemente) la mina en cualquier momento?
23. Revise el proyecto del guano de la sección 7.2. Utilice el software Crystal Ball™ para simular cómo la incertidumbre acerca de la inflación afectaría a los flujos de efectivo del proyecto.

## DESAFÍOS



## MINICASO

### Vázquez y Asociados

Diego Vázquez, el conocido promotor inmobiliario, trabajaba arduamente y esperaba lo mismo de su personal. Por esa razón, Jorge Chávez no se sorprendió al recibir una llamada de su jefe cuando estaba a punto de salir a disfrutar de un largo fin de semana veraniego.

El éxito del señor Vázquez se había cimentado sobre un notable instinto para elegir buenas localizaciones. Exclamaba: “¡Localización! ¡Localización! ¡Localización!”, en algún momento durante una reunión de planificación. Sin embargo, las finanzas no eran su fuerte. En esta ocasión quería que Jorge examinara las cifras del nuevo centro comercial de 90 millones de dólares diseñado para atrapar a los turistas que se dirigieran hacia Monterrey. “El lunes a primera hora lo revisaremos”, dijo mientras le daba a Jorge el archivo. “Estaré en mi casa de Mirasierra por si me necesitas.”

La primera tarea de Jorge era realizar un resumen de los costos e ingresos proyectados del proyecto. Los resultados se muestran en la tabla 11.7. Note que los ingresos del centro comercial provendrían de dos fuentes: la empresa cobraría a los detallistas una renta mensual por el espacio que ocuparan y además recibiría 5% de las ventas brutas de cada tienda.

La construcción del centro comercial probablemente requiera tres años. Los costos de construcción serían depreciados en línea recta durante 15 años a partir del año 3. Al igual que con las otras construcciones de la empresa, el centro comercial se edificaría con las especificaciones más estrictas y no tendría que reconstruirse sino hasta el año 17. Se espera que el terreno retenga su valor, pero no se depreciaría con fines fiscales.

Tanto los costos de construcción, ingresos y costos de operación y mantenimiento como los impuestos inmobiliarios probablemente se incrementen de acuerdo con la inflación, la cual se pronosticó en 2% anual. La tasa impositiva de la empresa era de 35% y el costo de capital en términos nominales de 9%.

Jorge decidió verificar primero que el proyecto tuviera sentido desde el punto de vista financiero. A continuación propuso revisar algunas cosas que podrían salir mal. Ciertamente, su jefe tenía buen olfato para los proyectos comerciales, pero no era infalible. El proyecto Salomé había sido un desastre porque las ventas de las tiendas habían resultado 40% inferiores a lo previsto. ¿Y si eso volviera a pasar aquí? Jorge se preguntaba qué tan lejos estarían las ventas del pronóstico antes de que el proyecto se hundiera.

La inflación era otra fuente de incertidumbre. Algunas personas mencionaron una tasa de inflación de largo plazo de cero, pero Jorge también se cuestionaba qué pasaría si la inflación pasara, digamos, a 10%.

Una tercera preocupación eran el posible sobre costo de construcción y los retrasos debidos a las aprobaciones medioambientales y los requisitos urbanísticos. Jorge había visto casos con 25% de sobre costo de construcción y retrasos de hasta 12 meses entre la compra del terreno y

	Año					
	0	1	2	3	4	5-17
Inversión:						
Terreno	30					
Construcción	20	30	10			
Operaciones:						
Rentas				12	12	12
Participación en ventas al menudeo				24	24	24
Costos de operación y mantenimiento	2	4	4	10	10	10
Impuestos inmobiliarios	2	2	3	4	4	4

**TABLA 11.7**

Costos e ingresos proyectados del Centro Comercial Downeast en términos reales (cifras en millones de dólares).



el inicio de la construcción. Decidió que analizaría el efecto de este escenario sobre la rentabilidad del proyecto.

“Hey, esto podría ser divertido”, dijo Jorge a Betty, la secretaria del señor Vázquez, quien iba a ir de día de campo el fin de semana. “A lo mejor intento con Monte Carlo.”

“El señor Vázquez fue a Monte Carlo una vez”, dijo Betty. “Perdió una fortuna en la ruleta. Ni se lo recuerde. Tan sólo dile la conclusión. ¿Ganará o perderá dinero? Ésa es la conclusión.”

“Está bien, nada de Monte Carlo”, aceptó Jorge. Pero se dio cuenta de que la elaboración de una hoja de cálculo y la simulación de escenarios no eran suficientes. Tenía que descifrar cómo resumir y presentar sus resultados al señor Vázquez.

### PREGUNTAS

1. ¿Cuál es el VPN del proyecto, dadas las proyecciones de la tabla 11.7?
2. Realice un análisis de sensibilidad y de escenarios del proyecto. ¿Qué revelan dichos análisis acerca de los riesgos del proyecto y su valor potencial?