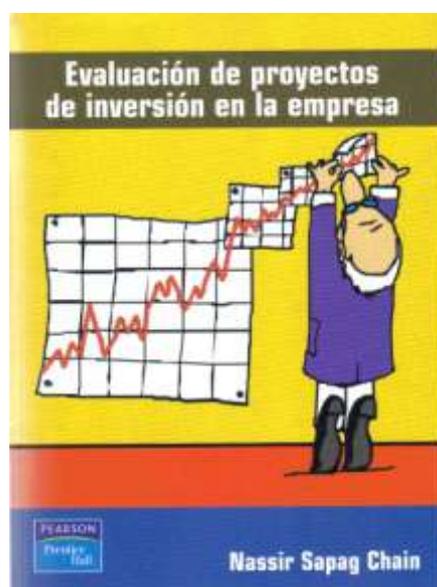


Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain



© 2001, PEARSON EDUCATION S.A.

Primera edición: Enero de 2001

Segunda reimpresión: Enero de 2004

Impreso en Argentina por Gráfica Pinter S.A.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Prefacio | 13 |
| 1. Proyectos en empresas en marcha | 15 |
| 1.1 Tipologías de proyectos en empresas en marcha | 17 |
| 1.2 Estudios de viabilidad | 21 |
| 1.3 Etapas de un proyecto | 26 |
| 1.4 El proceso de estudio del proyecto | 29 |
| Preguntas y problemas | 36 |
| Bibliografía | 38 |
| 2. Comportamientos del mercado: marco económico y predictivo | 39 |
| 2.1 Conceptos económicos básicos para el análisis de inversiones | 39 |
| 2.1.1 Comportamiento de la demanda | 40 |
| 2.1.2 Comportamiento de la oferta | 46 |
| 2.1.3 Comportamiento de los costos | 48 |
| 2.1.4 Maximización de los beneficios | 52 |
| 2.2 Técnicas de predicción para análisis económicos | 55 |
| 2.2.1 Técnicas cuantitativas de predicción | 55 |
| 2.2.2 Técnicas cualitativas de predicción | 68 |
| Preguntas y problemas | 73 |
| Bibliografía | 76 |
| 3. Costos relevantes en proyectos de cambio | 77 |
| 3.1 Costos relevantes | 78 |
| 3.2 Técnicas de estimación de costos | 85 |
| 3.2.1 Factores combinados | 85 |
| 3.2.2 Factor exponencial | 86 |
| 3.2.3 Regresión simple | 88 |
| 3.3 Curva de aprendizaje | 89 |
| 3.4 Garantía sobre los equipos nuevos | 93 |
| 3.5 Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento | 94 |
| 3.6 Costos de una mejora o reparación mayor | 97 |
| 3.7 Irrelevancia de algunos costos asignados | 97 |
| Preguntas y problemas | 99 |
| Bibliografía | 102 |
| 4. Efectos tributarios de un proyecto sobre la empresa | 105 |
| 4.1 Efecto tributario de la venta de activos | 106 |
| 4.2 Efecto tributario de la compra de activos | 109 |
| 4.3 Efecto tributario de la variación de costos | 112 |
| 4.4 Efecto tributario del endeudamiento | 113 |
| 4.5 Efecto tributario relevante para la evaluación | 115 |
| 4.6 Impuesto al valor agregado (IVA) | 119 |
| Preguntas y problemas | 121 |
| Bibliografía | 123 |

| | |
|---|-----|
| 5. Costos e inversiones | 125 |
| 5.1 Inversiones del proyecto | 125 |
| 5.2 Cómo determinar la inversión en capital de trabajo | 129 |
| 5.3 Costos contables no desembolsados | 140 |
| 5.4 Costos de falla y políticas de mantenimiento | 143 |
| Preguntas y problemas | 150 |
| Bibliografía | 154 |
| | |
| 6. Cálculo de beneficios del proyecto | 157 |
| 6.1 Ingresos, ahorro de costos y beneficios | 157 |
| 6.1.1 Ingresos por venta de productos o servicios | 159 |
| 6.1.2 Ingresos por venta de activos | 164 |
| 6.1.3 Ahorro de costos | 167 |
| 6.2 Cálculo de valores de desecho | 169 |
| 6.3 Valor de desecho contable | 170 |
| 6.4 Valor de desecho comercial | 171 |
| 6.5 Valor de desecho económico | 173 |
| 6.6 Aplicación de los modelos | 175 |
| Preguntas y problemas | 179 |
| Bibliografía | 183 |
| | |
| 7. Cómo construir los flujos de caja del proyecto | 185 |
| 7.1 Estructura general de un flujo de caja | 186 |
| 7.2 Situación base frente a situación con proyecto o análisis incremental | 192 |
| 7.3 Flujo de caja para una desinversión | 199 |
| 7.4 Alquilar o comprar | 202 |
| 7.5 Cómo construir un flujo de caja para medir la rentabilidad de los recursos propios y la capacidad de pago | 205 |
| 7.5.1 Financiamiento del proyecto con deuda | 206 |
| 7.5.2 Financiamiento del proyecto con leasing | 209 |
| Preguntas y problemas | 212 |
| Bibliografía | 216 |
| | |
| 8. Cálculo y análisis de la viabilidad económica | 219 |
| 8.1 Conceptos básicos de matemáticas financieras | 219 |
| 8.1.1 Equivalencias entre un valor actual y un valor final | 220 |
| 8.1.2 Equivalencias entre un valor actual o futuro y una serie de pagos uniformes | 223 |
| 8.2 Criterios de evaluación | 227 |
| 8.2.1 Valor actual neto | 228 |
| 8.2.2 Tasa interna de retorno | 229 |
| 8.2.3 Período de recuperación de la inversión | 230 |
| 8.2.4 Relación beneficio-costos | 231 |
| 8.3 Valor económico agregado | 231 |
| 8.4 Evaluación de proyectos en nivel de perfil | 237 |
| 8.5 Valuación de opciones aplicada a la evaluación de proyectos | 242 |
| Preguntas y problemas | 244 |
| Bibliografía | 248 |

| | |
|---|-----|
| 9. Evaluación de inversiones ante incertidumbre | 251 |
| 9.1 Análisis de inversiones en condiciones de riesgo e incertidumbre | 252 |
| 9.2 Análisis de sensibilidad | 260 |
| 9.3 Simulación de MonteCarlo: uso del Crystal Ball | 270 |
| Preguntas y problemas | 278 |
| Bibliografía | 284 |
| 10. Cálculo de la tasa de costo de capital | 285 |
| 10.1 El costo del capital | 285 |
| 10.2 El valor actual neto ajustado | 288 |
| 10.3 Ajuste a la tasa de descuento | 290 |
| 10.3.1 Costo de capital promedio ponderado de los betas | 290 |
| 10.3.2 Costo promedio ponderado del capital | 292 |
| 10.3.3 Ajuste de los flujos de caja y de la tasa de descuento | 293 |
| 10.4 Variaciones en la tasa de descuento | 294 |
| Preguntas y problemas | 296 |
| Bibliografía | 299 |
| 11. Análisis optimizante del proyecto | 301 |
| 11.1 Estimación de momentos óptimos | 301 |
| 11.1.1 El momento óptimo de invertir | 302 |
| 11.1.2 Momento óptimo de hacer un reemplazo | 304 |
| 11.1.3 Momento óptimo de abandonar una inversión | 311 |
| 11.2 Determinación del tamaño óptimo | 316 |
| 11.2.1 Determinación del tamaño óptimo en un proyecto con demanda creciente | 321 |
| 11.2.2 Determinación del tamaño óptimo de un proyecto con demanda constante | 324 |
| 11.3 Selección óptima de proyectos con racionamiento de recursos | 326 |
| Preguntas y problemas | 334 |
| Bibliografía | 337 |
| 12. Outsourcing, reemplazo, ampliación, abandono e internalización | 339 |
| 12.1 Proyectos de outsourcing | 339 |
| 12.2 Proyectos de reemplazo | 346 |
| 12.3 Proyectos de ampliación | 350 |
| 12.4 Proyectos de abandono | 355 |
| 12.5 Proyectos de internalización | 357 |
| Preguntas y problemas | 360 |
| Bibliografía | 363 |
| 13. Estudio de casos | 365 |
| 13.1 Caso 1: outsourcing de actividades de mantenimiento | 365 |
| 13.2 Caso 2: reemplazo de sistema de evacuación de residuos | 374 |
| 13.3 Caso 3: ampliación de niveles de operación | 381 |
| 13.4 Caso 4: abandono de un área de negocio | 387 |
| 13.5 Caso 5: internalización de procesos de mantenimiento externo | 398 |
| Índice temático | 407 |

PREFACIO

Durante años la literatura ha tratado detenidamente el tema de la evaluación de proyectos como creación de nuevos negocios, en circunstancias de que la gran mayoría de los estudios de proyectos se hacen en empresas en marcha. La finalidad última que motivó una publicación particular sobre este tema fue servir de apoyo a los profesionales y estudiantes de muy distintas disciplinas, para que puedan desenvolverse adecuadamente en los complejos procesos de evaluar las ideas de proyecto que surgen de la observación permanente de los problemas susceptibles de mejorar, o de las oportunidades de negocio posibles de aprovechar, ambos aspectos fundamentales en el logro de una mayor eficiencia de las empresas.

La lista de personas que me ayudaron en la preparación de este texto es grande. Entre muchos otros, debo reconocer los comentarios de Rubén Figueroa, Carlos Caro, Carlos Pinto y Orlando Moya, todos vinculados alguna vez con el Centro de Investigación Aplicada para el Desarrollo de la Empresa de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Chile, así como los del profesor Ignacio Vélez, de la Universidad Javeriana de Colombia, quien con su profundo análisis motivó varios cambios al texto original. También el delicado trabajo de transcripción que Alejandra Ortega hizo de mis desordenados borradores y la eficiente asesoría en la redacción que una vez más hizo la implacable crítica de Rolando González.

En forma especial debo destacar la colaboración del profesor Rodrigo Fuentes Díaz, quien revisó acuciosamente parte importante del material original y la del profesor Domingo Alberto Terzia, de la Universidad Austral de Rosario, Argentina. Muchas de sus opiniones, argumentaciones y ejemplos sirvieron para mejorar sustancialmente el texto definitivo.

Entre marzo y octubre de 2000, mis alumnos de los programas de magíster de la Universidad de Chile, de la Universidad de Buenos Aires, de la Universidad Católica de Córdoba, de la Universidad Nacional de Tucumán, de la Universidad Nacional de Córdoba y de ESAN de Perú, "probaron" la mayoría de las preguntas y problemas del final de cada capítulo. Aunque no me sirvieron para modificar las preguntas, fueron fundamentales para cambiar las respuestas. A todos ellos mi gratitud por su anónimo e invaluable aporte.

Agradezco a PEARSON EDUCACIÓN S.A. que, a través de su sello editorial PRENTICE-HALL, confió en este texto, aprobando su publicación teniendo en consideración menos de la mitad de los capítulos terminados. En especial a Juan Carlos Cavin, Hans Werner y Darío Rubinstein.

Como lo he expresado desde mi primera publicación, hace ya 24 años, esto es obra no del autor sino de todos los que están detrás, con su apoyo, estímulo, comprensión y permanentes muestras de cariño y reconocimiento a un trabajo que también les pertenece. Mi esposa Cristina que, desde los 14 años, ha sido mi principal motivación para seguir

emprendiendo desafíos. Mis hijos Álvaro y Andrea y mi yerno Rodrigo, que me han hecho confiar en la madurez de la juventud actual. Mis amigos, que me permitieron compartir momentos que me "reenergizaron": Same y Estela, el Rucio y la Marité, Juanito y Sarwe, el chanana y Mirtha y, mi reserva anímica, Gustavo (el Catalán de Cataluña). A todos ellos mi cariño y gratitud.

Nassir Sapag

Capítulo **1**

PROYECTOS EN EMPRESAS EN MARCHA

A diferencia de los estudios de proyectos de creación de nuevos negocios, las evaluaciones de proyectos que involucran modificar una situación existente, como las inversiones que las empresas realizan para su modernización, requieren consideraciones muy particulares y procedimientos de trabajo específicos y diferentes. Entre otras cosas, esto se debe a que, en el caso de estudiar un posible cambio de una situación vigente, la evaluación debe comparar el *beneficio neto*¹ entre la situación base (o actual), la situación actual optimada y la situación con proyecto. En otras palabras, se analiza la variación en la creación de valor futuro que tendría optar por una inversión (o desinversión) con relación al valor que se podría esperar si se mantiene la situación actual. Una opción que siempre se debe considerar al tomar una decisión es la de mantener las condiciones de funcionalidad vigentes.

En cualquier tipo de empresa, la gestión financiera de los directivos se caracteriza por la búsqueda permanente de mecanismos que posibiliten la creación y mantenimiento de valor mediante la asignación y uso eficiente de los recursos. La evaluación de proyectos, en este contexto, se debe entender como un modelo que facilita la comprensión del comportamiento simplificado de la realidad, por lo que los resultados obtenidos, siendo útiles en el proceso decisional, no son exactos.

1. El beneficio neto representa la diferencia entre los costos (de funcionamiento e inversiones) de un proyecto y los beneficios esperados.

La formulación y evaluación de proyectos, tomada como un proceso de generación de información que sirva de apoyo a la actividad gerencial, ha alcanzado un posicionamiento indiscutible entre los instrumentos más empleados en la difícil tarea de enfrentar la toma de decisiones de inversión, tanto para crear nuevas empresas como para modificar una situación existente en una empresa en marcha, ya sea mediante el outsourcing o externalización de actividades que realiza internamente, la ampliación de sus niveles de operación o el reemplazo de su tecnología, entre otros tipos de proyectos.

Mientras en la evaluación de un proyecto nuevo todos los costos y beneficios deben ser considerados en el análisis, en la evaluación de proyectos de modernización sólo deben incluirse aquellos que son relevantes para la comparación. Un costo o beneficio es relevante si es pertinente para una decisión. Si, por ejemplo, se está evaluando la conveniencia de reemplazar una moto-niveladora, no interesa el costo en que incurre la empresa en su sistema de comunicaciones, ya que, con o sin proyecto de cambio, este costo seguirá siendo el mismo. Es decir, la cuantía del gasto en comunicaciones es un costo irrelevante para tomar la decisión de reemplazar una moto-niveladora, como sería irrelevante el sueldo de un chofer para determinar la conveniencia de sustituir una ambulancia o el monto del seguro contra incendio de un edificio si se evalúa pintar o empapelar sus oficinas.

El único costo que no debe ser considerado en la evaluación de un proyecto de creación de un nuevo negocio es el del estudio de viabilidad, por cuanto, aunque al momento de presentar el proyecto no esté pagado, es un costo que, haciéndose o no la inversión, igualmente se deberá incurrir en él. Por este motivo, se considera irrelevante para la decisión.

Este elemento, que se repetirá innumerables veces en este texto, creará una de las mayores dificultades a aquellos lectores que tengan conceptualizada una estructura de análisis de tipo contable, que tiene una forma diferente de considerar los costos y beneficios que la del evaluador de proyectos.

Problemas tales como el impacto de una modernización sobre el nivel de inversión que financia los requerimientos de recursos por el desfase entre la ocurrencia de los egresos primero y la recaudación posterior de los ingresos, que corresponde a la inversión en capital de trabajo de la empresa; la forma de cálculo del valor remanente de la inversión al término de su período de evaluación o valor de desecho del proyecto, así como de un equipo existente en la empresa que se considera posible de reemplazar como el del nuevo que se podría adquirir; la forma de incluir el impuesto al valor agregado (IVA) en los flujos de ingresos y egresos de caja; la determinación de los costos y beneficios incrementales ocasionados por la decisión de emprender una inversión; los ahorros tributarios asociados al proyecto; la diferenciación entre los costos contables asignados y los costos pertinentes que deben ser considerados para la decisión; la determinación del punto de conveniencia para hacer una modernización; la medición del grado de impacto que un cambio en el valor de una variable tenga sobre el resultado de la rentabilidad calculada para el proyecto o la sensibilización de una variable con impacto dual hacia la situación actual y hacia la situación con proyecto, y el momento óptimo de efectuar la modernización, son algunas de las particularidades que justifican un análisis especial para el estudio de este tipo de proyectos.

En los capítulos siguientes se pretende ofrecer un criterio general para enfrentar correctamente los problemas arriba enunciados, con las correspondientes metodologías para un uso eficaz del instrumento.

Este capítulo, en particular, intenta exponer y caracterizar una tipología de las diferentes opciones que se observan al evaluar la enorme cantidad de proyectos de inversión que pretenden incorporar algún valor agregado a la empresa a través de un cambio que conduzca a una justificada modernización dentro de ella, así como explicar las bases conceptuales que posibilitarán la resolución de los diferentes casos que se analizan en los capítulos posteriores.

1.1 Tipologías de proyectos en empresas en marcha

Las opciones de inversión se pueden clasificar preliminarmente en *dependientes*, *independientes* y *mutuamente excluyentes*.

Las inversiones dependientes son aquellas que para ser realizadas requieren que se haga otra inversión. Por ejemplo, el sistema de evacuación de residuos en una planta termoeléctrica que emplea carbón depende de que se haga la planta, mientras que esta última necesita de la evacuación de residuos para funcionar adecuadamente. En este caso, se hablará de proyectos complementarios y lo más común será evaluarlos en conjunto.

Un caso particular de proyectos dependientes se refiere a proyectos cuyo grado de dependencia es más por razones económicas que físicas, es decir, cuando realizar dos inversiones juntas ocasiona un efecto sinérgico en la rentabilidad, en el sentido de que el resultado combinado es mayor que la suma de los resultados individuales. El caso contrario, *efecto entrópico*, se produce cuando la realización de dos proyectos simultáneos hace obtener un resultado inferior al de la suma de las rentabilidades individuales. Obviamente, esto no significa que deba optarse por una u otra inversión, ya que el resultado conjunto probablemente sea superior al de cada proyecto individual, en la mayoría de los casos.

Las inversiones independientes son las que se pueden realizar sin depender ni afectar o ser afectadas por otros proyectos. Dos proyectos independientes pueden conducir a la decisión de hacer ambos, ninguno o sólo uno cualquiera de ellos. Por ejemplo, la decisión de comprar o alquilar oficinas es independiente de la decisión que se tome respecto al sistema informático.

Las inversiones mutuamente excluyentes, como su nombre lo indica, corresponden a proyectos opcionales, donde aceptar uno impide que se haga el otro o lo hace innecesario. Por ejemplo, elegir una tecnología que usa petróleo en vez de carbón hace innecesario invertir en un sistema para evacuar cenizas y residuos del carbón.

Una complejidad adicional a las ya mencionadas es la gran diversidad de tipos de proyectos de modernización que se pueden presentar en una empresa en marcha, cada uno de los cuales requiere consideraciones especiales para su evaluación.

Una primera clasificación de estos proyectos es en función de la finalidad de la inversión, es decir, del objetivo de la asignación de recursos, que permite distinguir entre proyectos que buscan crear nuevos negocios o empresas y proyectos que buscan evaluar un cambio, mejora o modernización en una empresa existente. Entre estos últimos se identifican, por ejemplo, proyectos que involucran el *outsourcing*, la internalización de servicios o elaboración de productos provistos por empresas externas, la ampliación del nivel de operación de la empresa, el abandono de ciertas líneas de producción o el simple reemplazo o renovación de activos que pueden o no implicar cambios en algunos costos pero no en los ingresos ni en el nivel de operación de la empresa.

Una clasificación más profunda permite identificar proyectos que enfrentan una ampliación mediante el reemplazo de equipos de poca capacidad por otros de mayor capacidad o que solucionan la ampliación con una inversión complementaria que adiciona equipos a los activos actuales. Con ambas alternativas se soluciona el mismo problema de crecimiento, pero con fuertes y distintas implicancias para el trabajo del evaluador, tal como se expondrá más adelante.

En algunas ocasiones se podrá identificar un tipo especial de proyecto de expansión, es decir, cuando se evalúa una inversión que permita el lanzamiento de nuevos productos o la mejora de los existentes. Particularmente, este caso no será tratado en forma especial en este texto, por cuanto su solución se asimila a lo que se expondrá para proyectos de ampliación (hacer más de lo mismo) o de internalización.

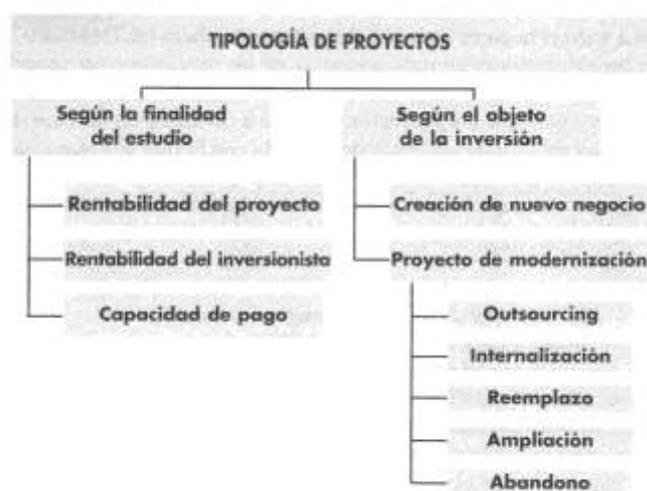


Figura 1.1 Tipología básica de proyectos

Por último, cada uno de los casos anteriores puede clasificarse, también, en función de su fuente de financiamiento, distinguiéndose entre aquellos financiados con *leasing*,² los financiados por endeudamiento -ya sea con el sistema financiero o con proveedores-, los financiados con recursos propios y los financiados con una combinación de fuentes.

Muchas veces, la ampliación ocasionará aumentos tan importantes en los niveles de ingresos, que harán estimar como muy conveniente la modernización. Sin embargo, la

ampliación puede provocar fuertes impactos en las estructuras de costos de la empresa, tanto en los directamente asociados con la ampliación como en los que indirectamente afectarán, por ejemplo, a la administración y el mantenimiento de los sistemas de información y de control, entre otros. Por ello, para evaluar la conveniencia de crecer será preciso demostrar que los incrementos en los costos son menores que ese incremento en los beneficios.

Un problema específico a este respecto se relaciona con la situación de aquellas empresas que actualmente pudieran tener pérdidas porque la modernización, si bien les permitiría minimizarlas, no posibilita

2. Es una forma de financiar la adquisición de un activo, mediante la cual se compromete una serie de pagos futuros, en la forma de un alquiler, con la opción de compra junto con el pago de la última cuota.

hacer a todo el negocio rentable. En este caso, deberá incluirse otro tipo de consideraciones complementarias de las únicamente económicas que provee el estudio de proyectos para tomar la mejor decisión.

Pero también los proyectos se pueden clasificar en función de la *finalidad del estudio*, es decir, de acuerdo con lo que se espera medir con su realización. En este contexto, es posible identificar tres tipos de proyectos que obligan a conocer tres formas diferentes de construir los flujos de caja para lograr el resultado deseado:

- a. estudios para medir la rentabilidad de la inversión, independientemente de dónde provengan los fondos;
- b. estudios para medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto, y
- c. estudios para medir la capacidad del propio proyecto para enfrentar los compromisos de pago asumidos en un eventual endeudamiento para su realización.

Es frecuente, por ejemplo, confundir la rentabilidad del proyecto con la rentabilidad del inversionista. Mientras en el primer caso se busca medir la rentabilidad de un negocio, independientemente de quién lo haga, en el segundo interesa, contrariamente, medir la rentabilidad de los recursos propios de quien realiza la inversión en la eventualidad de que se lleve a cabo el proyecto. Considérese el siguiente ejemplo para observar la diferencia en el resultado entre ambas opciones.

Ejemplo 1.1

Un proyecto que requiere una inversión de \$1.000 reditúa en un año \$1.120, en moneda de igual valor, a quien lo realice. Es decir, le permite aumentar su riqueza en \$120, lo que corresponde a una rentabilidad de 12% anual. Sin embargo, el inversionista no dispone del total de la inversión y debe necesariamente endeudarse para poder implementar el proyecto. Si un banco le presta los recursos faltantes, supongamos \$800, a una tasa anual de 8%, a fin de año deberá devolverle el capital prestado más el interés cobrado. Es decir, deberá devolver \$864. Si el proyecto le generaba una ganancia neta de \$120 y por endeudarse debe pagar al banco \$64 de interés, ahora al inversionista le quedan sólo \$56. Si el proyecto exhibía una rentabilidad de 12%, sólo por el efecto del financiamiento el inversionista obtiene una rentabilidad de un 28%. Esto, por cuanto al recibir una ganancia de \$56 sobre los \$200 de su propia inversión (la diferencia entre el préstamo y el total de la inversión) causa que sus recursos obtengan un retorno de 28%.

En la tabla 1.1 se sistematiza la situación expuesta y se pueden observar los resultados de las distintas rentabilidades de un mismo proyecto si se incluye o no el efecto del financiamiento:

| | 0 | 1 | Increment o | Tasa |
|-------------------------|--------|-------|----------------|------|
| Flujo del proyecto | -1.000 | 1.120 | 120 | 12% |
| Financiamiento | 800 | -864 | -64 | 8% |
| Flujo del inversionista | -200 | 256 | 56 | 28% |

Tabla 1.1 Rentabilidad del proyecto y rentabilidad del inversionista

Obviamente, en este ejemplo no se han incluido elementos fundamentales de una comparación, como el valor tiempo del dinero o el efecto tributario del endeudamiento, donde este último hace que la rentabilidad del inversionista sea aun mayor, por constituir los intereses un gasto contable que reduce la utilidad de la empresa y, por tanto, la cuantía de los impuestos que se deberán pagar.

Aunque la evaluación de proyectos de inversión en empresas en marcha tiene diferencias significativas respecto de la evaluación de proyectos para medir la conveniencia de la creación de nuevos negocios, los fundamentos conceptuales básicos son comunes a ambos tipos de estudios.

1.2 Estudios de viabilidad

La decisión de emprender una inversión, como todo proceso decisional, tiene cuatro componentes básicos:

- el *decisor*, que puede ser un inversionista, financista o analista;
- las *variables controlables* por el decisor, que pueden hacer variar el resultado de un mismo proyecto dependiendo de quien sea él;
- las *variables no controlables* por el decisor y que influyen en el resultado del proyecto, y
- las *opciones* o proyectos que se deben evaluar para solucionar un problema o aprovechar una oportunidad de negocios.

La responsabilidad del evaluador de proyectos será aportar el máximo de información para ayudar al decisor a elegir la mejor opción. Para esto es fundamental identificar todas las opciones y sus viabilidades como único camino para lograr uno óptimo con la decisión.

El análisis del entorno donde se sitúa la empresa y del proyecto que se evalúa implementar es fundamental para determinar el impacto de las variables controlables y no controlables, así como para definir las distintas opciones mediante las cuales es posible emprender la inversión. Tan importante como identificar y dimensionar las fuerzas del entorno que influyen o afectan el comportamiento del proyecto, la empresa o, incluso, el sector industrial al que pertenece, es definir las opciones estratégicas de la decisión en un contexto dinámico.

El estudio del entorno demográfico, por ejemplo, permite determinar el comportamiento de la población atendida por la empresa y de aquella por atender con el proyecto, su tasa de crecimiento, los procesos de migración, la composición por grupos de edad, sexo, educación y ocupación, la población económicamente activa, empleada y desempleada, etcétera.

El estudio del entorno cultural obliga a realizar un análisis descriptivo para comprender los valores y el comportamiento de potenciales clientes, proveedores, competidores y trabajadores. Para ello es importante estudiar las tradiciones, valores y principios éticos, creencias, normas, preferencias, gustos y actitudes frente al consumo.

El estudio del entorno tecnológico busca identificar las tendencias de la innovación tecnológica en los procesos de producción y apoyo a la administración y el grado de adopción que de ella hagan los competidores.

Para recomendar la aprobación de cualquier proyecto es preciso estudiar un mínimo de tres viabilidades que condicionarán el éxito o fracaso de una inversión: la viabilidad técnica, la legal y la económica. Otras dos viabilidades, no incluidas generalmente en un proyecto, son la de gestión y la política. Estas dos, si bien pueden estudiarse cada una en forma independiente, se incorporan en este texto como parte de la viabilidad económica, aunque sólo en los aspectos que a ella corresponde.

Por otra parte, una viabilidad cada vez más exigida en los estudios de proyectos es la que mide el impacto ambiental de la inversión.

La *viabilidad técnica* busca determinar si es posible física o materialmente "hacer" un proyecto, determinación que es realizada generalmente por los expertos propios del área en la que se sitúa el proyecto. En algunos casos el estudio de esta viabilidad puede llegar incluso a evaluar la capacidad técnica y el nivel de motivación del personal de la empresa que se involucraría en el nuevo proyecto. No se puede asumir que por el hecho de que la empresa está funcionando es viable técnicamente hacer más de lo mismo. La ampliación de la capacidad instalada se podría hacer construyendo un nuevo piso sobre el edificio, dependiendo de que las bases estructurales y características técnicas lo permitan. Poner más maquinaria que funciona con energía eléctrica sólo se podrá hacer si existe la resistencia eléctrica necesaria en los transformadores.

La *viabilidad legal*, por otra parte, se refiere a la necesidad de determinar tanto la inexistencia de trabas legales para la instalación y operación normal del proyecto, como la inexistencia de normas internas de la empresa que pudieran contraponerse con alguno de los aspectos de la puesta en marcha o posterior operación del proyecto. Suponiendo que es viable técnicamente construir un nuevo piso sobre la estructura actual del edificio, todavía

se debe determinar si la nueva altura está dentro de los rangos permitidos de constructibilidad y de los límites de las rasantes respecto del área del terreno.

La viabilidad económica busca definir, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados de un proyecto, si es rentable la versión que demanda su implementación. El resto de este texto se concentra en el análisis de la viabilidad económica de proyectos en empresas en marcha.

La viabilidad de gestión busca determinar si existen las capacidades gerenciales internas en la empresa para lograr la correcta implementación y eficiente administración del negocio. En caso de no ser así, se debe evaluar la posibilidad de conseguir el personal con las habilidades y capacidades requeridas en el mercado laboral. Por ejemplo, al internalizar un proceso que involucre tareas muy distintas a las desarrolladas hasta ahora por la empresa.

La viabilidad política corresponde a la intencionalidad, de quienes deben decidir, de querer o no implementar un proyecto, independientemente de su rentabilidad.



Figura 1.2 Clasificación de los estudios de viabilidad

Dado que los agentes que participan en la decisión de una inversión, como los directivos superiores de la empresa, socios y directores del negocio, financista bancario o personal, evaluador del proyecto, etc., tienen grados distintos de aversión al riesgo, poseen información diferente y tienen expectativas, recursos y opciones de negocios también distintas, la forma de considerar la información que provee un mismo estudio de proyectos para tomar una posición al respecto puede diferir significativamente entre ellos.

Ejemplo 1.2

Si se comparan los dos proyectos de la tabla 1.2, probablemente con los criterios tradicionales se opte por elegir el proyecto A, por tener un valor actual neto³ substancialmente mayor que el del proyecto B. Dado que ambos requieren igual monto de 3. El valor actual neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que señala cuánto se ganaría al hacerlo por sobre lo que se le exige al proyecto, después de recuperada la inversión. O sea, si este resultado fuese cero, el proyecto es satisfactorio, porque le da al inversionista justo lo que quiere ganar.

inversión, que tienen la misma proyección de ventas, con igual vida útil y suponiendo equivalentes condiciones de riesgo, la mayoría optaría por el primero, por ser más rentable.

Tabla 1.2 Sensibilización de la rentabilidad

| | Proyecto A | Proyecto B |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Inversión | \$30.000 | \$30.000 |
| Vida útil | 10 años | 10 años |
| Valor de desecho | 0 | 0 |
| Ventas | 1.000 unidades/año | 1.000 unidades/año |
| VAN | \$12.000 | \$4.000 |
| Ventas de equilibrio | 950 unidades/año | 350 unidades/año |

Sin embargo, al sensibilizar los dos proyectos frente a cambios en los niveles de ventas, para determinar cuál es la cantidad básica que se debería vender para que se logre ganar únicamente lo que se exige como mínimo de retorno a la inversión, se observa que el proyecto A resiste como máximo una caída de 5% en las ventas, mientras que el proyecto B, el menos rentable, resiste una caída de 65%. Con esta información, probablemente muchos optarán por el segundo proyecto.

Nótese que esta sensibilización de la variable cantidad no hizo más riesgoso al proyecto A. Sólo agregó información para facilitar la toma de decisiones por parte de los distintos agentes involucrados en ella. Quienes crean posible vender mil unidades, o al menos 950, elegirán la alternativa A y quienes crean que es difícil llegar a ese volumen de ventas, probablemente optarán por la opción B.

Para apoyar la decisión, la evaluación deberá incorporar un dato adicional a la sola medición de una rentabilidad: la sensibilización de los resultados. Los análisis de sensibilidad constituyen, con respecto a esto, una de las más eficaces herramientas para apoyar la viabilidad política.

La *viabilidad ambiental*, por último, busca determinar el impacto que la implementación del proyecto tendría sobre las variables del entorno ambiental, como, por ejemplo, los efectos de la contaminación. Esta viabilidad abarca a todas las anteriores, por cuanto tiene inferencias técnicas (selección del sistema de evacuación de residuos), legales (cumplimiento de las normas sobre impacto ambiental) y económicas (la elección de una opción que, aunque menos rentable que la óptima, posibilite el cumplimiento de las normas de aceptabilidad del proyecto como, por ejemplo, el tamaño de un estacionamiento para alquiler en función del impacto vial máximo permitido).

La viabilidad ambiental es diferente al estudio del impacto ambiental que se realiza en el estudio de la viabilidad económica. En este último se determinan tanto los costos asociados con las medidas de mitigación parcial o total como los beneficios asociados con los daños evitados, incluyéndose ambos efectos dentro del flujo de caja del proyecto que se evalúa.

Económicamente, las medidas de mitigación de daños ambientales se adelantan hasta el punto en que el valor marginal del daño evitado se iguale con el costo marginal del control de daños. Desde esta perspectiva se busca minimizar el costo total del proyecto, para lo

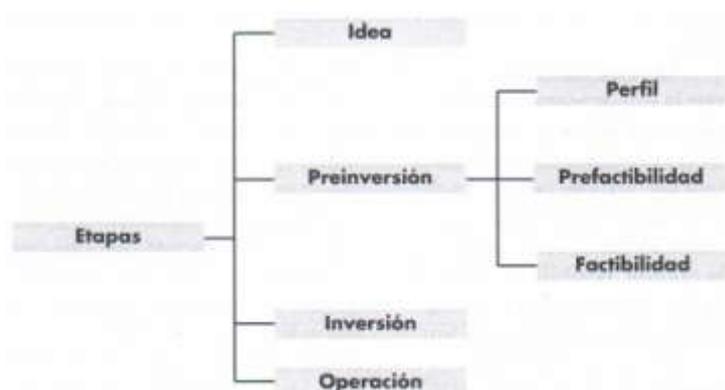
cual es permisible un cierto nivel de daño ambiental residual, que en muchos casos no tiene un carácter permanente.

Desde el punto de vista de la medición de la rentabilidad privada, se deberán incluir los costos que más probablemente enfrentará el inversionista, como, por ejemplo, una compensación económica futura por el daño causado. Entre otros, se deberán incluir costos como los necesarios para cumplir con las normas de evacuación de gases o contaminación de aguas; para eliminar, reciclar o biodegradar residuos sólidos que no pueden ser depositados en lugares controlados y autorizados para tales fines, y para acceder a materias primas que cumplan con normas vinculadas a residuos de embalajes, entre otras.

1.3 Etapas de un proyecto

Hay muchas formas de clasificar las etapas de un proyecto de inversión. Una de las más comunes, y que se empleará en este texto, identifica cuatro etapas básicas: la generación de la idea, los estudios de preinversión para medir la conveniencia económica de llevar a cabo la idea, la inversión para la implementación del proyecto y la puesta en marcha y operación.

Figura 1.3 Etapas de un proyecto



La *etapa de idea* corresponde al proceso sistemático de búsqueda de posibilidades de mejoramiento en el funcionamiento de una empresa y que surgen de la identificación de opciones de solución de problemas e ineficiencias internas que pudieran existir o de formas de enfrentar las oportunidades de negocio que se pudieran presentar.

En el primer caso, de la identificación de problemas, son frecuentes los proyectos de *outsourcing* donde la alternativa de externalizar un servicio o proceso pudiera suplir una ineficiencia interna para trabajar en los niveles de costos adecuados o el reemplazo de un activo, donde el costo asociado al reemplazo es menor que el de continuar con él; o al de la internalización de procesos que se contratan externamente para, por ejemplo, aumentar la productividad del personal que no está plenamente ocupado.

Problemas frecuentes que dan origen a estudios de proyectos son las dificultades para abastecerse de insumos, la calidad inadecuada de la materia prima o del producto que

elabora la empresa, las limitaciones de producción, los factores que hacen a la empresa ser seguidora y no líder de los cambios en el mercado, etcétera.

En el segundo caso, de la identificación de oportunidades de negocio se encuentran proyectos como los de ampliación o los de internalización de algún proceso para aumentar la productividad de los trabajadores, si existiera *capacidad* ociosa, cuando es posible observar capacidad subutilizada de una empresa para producir. Por ejemplo, cuando tiene la posibilidad de producir más y no lo hace por razones fundamentalmente de falta de demanda o por inconveniencia económica.

El proceso de búsqueda de oportunidades de inversión se ve facilitado cuando es posible identificar las fortalezas específicas de la empresa ventajas diferenciadoras del producto, de los recursos y de las disponibilidades de insumos; cobertura diferenciada del mercado; organización de ventas o distribución más sólida; ventajas geográficas; desarrollo de aplicaciones innovadoras; capacidad para detectar anticipadamente cambios en el entorno, en los estilos de vida y en las necesidades de los consumidores; problemas en la competencia por calidad del producto, escasez de recursos, limitaciones de producción o insatisfacción del cliente, etcétera.

La eficacia del proceso de decisión se fundamenta en la capacidad para identificar el máximo de opciones de solución a cada problema u oportunidad de inversión. Es frecuente que el estudio de proyectos se inicie sobre la base de opciones ya definidas. El óptimo, sin embargo, puede estar en una opción no predefinida. Por ejemplo, si el proceso de producción pasa por dos máquinas cuya capacidad de producción es de 106 y 112 unidades/hora, respectivamente, y termina en una tercera da el acabado al producto con una capacidad limitada a sólo 60 unidades/hora y se evalúa enfrentar una demanda equivalente a 100 unidades/hora, las opciones de solución son múltiples: hacer trabajar la tercera máquina a dos turnos, pagar sobretiempo a los trabajadores, subcontratar el servicio de acabado, comprar una segunda máquina o bajar todo el nivel de producción a 60 unidades/hora, entre otras.

La etapa de preinversión corresponde al estudio de la viabilidad económica de las diversas opciones de solución identificadas para cada una de las ideas de proyectos, la que se puede desarrollar de tres formas distintas, dependiendo de la cantidad y calidad de la información considerada en la evaluación: perfil, prefactibilidad y factibilidad.

Mientras menor cantidad y calidad tenga la información, más se acerca el estudio al nivel de perfil, y mientras más y mejor sea ésta, más se acerca al nivel de factibilidad. Es decir, la profundización de los estudios de viabilidad económica posibilita reducir la incertidumbre sobre algunas variables que condicionan el resultado en la medición de la rentabilidad de un proyecto, a costa de una mayor inversión en estudios.

El estudio en nivel de *perfil* es el más preliminar de todos. Su análisis es, en forma frecuente, *estático*⁴ y se basa principalmente en información *secundaria*,⁵ generalmente de tipo cualitativo, en opiniones de expertos o en cifras estimativas. Su objetivo fundamental es, por una parte, determinar si existen antecedentes que justifiquen abandonar el proyecto sin efectuar mayores gastos futuros en estudios que proporcionen mayor y mejor información y, por otra, reducir las opciones de solución, seleccionando aquellas que en un primer análisis pudieran aparecer como las más convenientes.

4. Compara, por ejemplo, los costos con los beneficios de un periodo considerado como representativo o promedio anual perpetuo del comportamiento de un proyecto.

5. La que proviene de fuentes de información secundaria, como la elaborada por terceros: promedios de precios de los insumos, estándares de costos de construcción, tasa de crecimiento de la población revelada por el Instituto Nacional de Estadísticas, registros de importación del Banco Central y otras que pueden ser consideradas como representativas de la situación que se evalúa en el proyecto.

Los niveles de *prefactibilidad* y *factibilidad* son esencialmente dinámicos; es decir, proyectan los costos y beneficios a lo largo del tiempo y los expresan mediante un flujo de caja estructurado en función de criterios convencionales previamente establecidos. En nivel de *prefactibilidad* se proyectan los costos y beneficios sobre la base de criterios cuantitativos, pero sirviéndose mayoritariamente de información secundaria. En *factibilidad*, la información tiende a ser demostrativa, recurriendo principalmente a información de tipo primario. La información primaria es la que genera la fuente misma de la información. Por ejemplo, mientras el costo promedio del metro cuadrado de construcción se usa en nivel de *prefactibilidad* por ser un promedio o estándar, en *factibilidad* debe realizarse un estudio detallado de cada uno de los ítem, para determinar la cuantía de los costos específicos de esa construcción en particular.

Otros estándares comunes usados en nivel de *prefactibilidad* son el costo de combustible por unidad producida, la inversión por kilowatt de capacidad, el costo del transporte por tonelada/kilómetro movilizadas, el costo de mantenimiento por unidad de producción, el porcentaje de pérdidas por manipulación de insumos, los kilómetros recorridos por litro de gasolina, etcétera.

Dependiendo de lo completo del estudio y lo convincente de los resultados obtenidos en nivel de perfil, se decidirá si pasar a la etapa de *prefactibilidad* o ir directamente a la de *factibilidad*. En la casi totalidad de los casos el nivel de perfil proporciona informaciones tan generales que se hace imprescindible realizar la *prefactibilidad* del proyecto.

Contrariamente a lo sostenido por varios autores, lo que parece mas conveniente para la empresa no es llevar todo un estudio de viabilidad en nivel de *factibilidad*, sino hacerlo sólo con aquellas variables respecto de las cuales se tenga mayor incertidumbre. Así, por ejemplo, se podrían calcular ciertos costos de producción en nivel de *prefactibilidad* cuando los estándares son conocidos y altamente confiables y, en el mismo estudio, estimar la demanda en nivel de *factibilidad* cuando hay dudas razonables de la magnitud de ella calculada con la información aproximada, como la de tipo secundario.

La etapa de *inversión* corresponde al proceso de implementación del proyecto, donde se materializan todas las inversiones previas a su puesta en marcha.

La etapa de *operación* es aquella donde la inversión ya materializada está en ejecución, por ejemplo, con el uso de una nueva máquina que reemplazó a otra anterior, con la compra a terceros de servicios antes provistos internamente o con el mayor nivel de producción observado como resultado de una inversión en la ampliación de la planta.

1.4 El proceso de estudio del proyecto

El estudio de la rentabilidad de una inversión busca determinar, con la mayor precisión posible, la cuantía de las inversiones, costos y beneficios de un proyecto, para posteriormente compararlos y determinar la conveniencia de emprenderlo. La primera etapa se conoce como de formulación y preparación de proyectos, donde la *formulación* corresponde al proceso de definición o configuración del proyecto, mientras que la *preparación* es el proceso de cálculo y estructuración de los costos, inversiones y

beneficios de la opción configurada. La segunda etapa corresponde a la *evaluación del proyecto*.

La preparación del proyecto busca cuantificar los comportamientos más probables de ingresos y egresos de un proyecto. Sin embargo, muchas veces el proyecto no está configurado en forma completa y debe ser formulado previamente. Por ejemplo, si la localización no está definida, deberá estudiarse cuál de las opciones identificadas para la ubicación del proyecto es la más atractiva, si conviene alquilar o comprar las oficinas administrativas, si es mejor comprar una tecnología de bajo costo que dura pocos años o una más cara que debe reemplazarse en mayor tiempo, si el transporte se debe hacer con vehículos propios o contratando el servicio de flete, etcétera. El estudio de estas opciones en nivel de perfil es un recurrido procedimiento cuando se busca formular el proyecto, por cuanto reduce los escenarios sobre los que se puede materializar la inversión.

Una vez configurado el proyecto, se estudian nueva y más detalladamente los costos y beneficios asociados a cada una de las variables seleccionadas que, al ser analizadas en nivel de perfil, no fueron lo suficientemente profundizadas para cumplir con los niveles de calidad exigidos a la información en un estudio de prefactibilidad o de factibilidad. El resultado de la preparación de un proyecto es la construcción de un *flujo de caja* con la proyección en el tiempo de la estimación de la ocurrencia de los costos y beneficios vinculados a la implementación del proyecto.

Por su cuantía y significación en los resultados de la evaluación, las inversiones son uno de los ítem que requieren la mayor dedicación en su estimación.

Las inversiones de un proyecto se pueden clasificar en dos grandes tipos: aquellas que se realizarán antes de la implementación del proyecto y las que se realizarán durante su operación. Las primeras dan origen a lo que se denomina *calendario de inversiones*, el cual refleja detalladamente en un presupuesto la totalidad de las inversiones previas a la puesta en marcha del proyecto, en el momento en que ocurre cada una de ellas. El objeto de identificarlas en el momento más exacto en que ocurren es el de poder incorporar el efecto del *costo de capital* que se debe asumir por mantener inmovilizados recursos durante la etapa de construcción. Costo de capital es la tasa de retorno que, como mínimo, se le exige generar a la inversión requerida por el proyecto y que equivale a la rentabilidad esperada a la que se renuncia por invertir en un proyecto económico de riesgo similar.

En algunos casos, la etapa de inversión puede durar varios meses o incluso años. Durante ese período, los recursos invertidos devengan intereses financieros si ellos son financiados mediante préstamos bancarios o generan un costo de oportunidad (ingresos dejados de percibir en otra posibilidad de inversión por tenerlos inmovilizados durante la etapa de construcción) si son financiados con recursos propios. Sin embargo, estos costos no deberían incluirse en el calendario de inversiones, ya que lo usual es que dicho flujo se capitalice, calculando un valor futuro equivalente único de todas las inversiones, a una tasa que incluya este costo.

En nivel de prefactibilidad es frecuente observar que las inversiones incluidas en el calendario se incorporan en los flujos de caja como una simple suma en el momento cero, presumiendo que no habría un costo de oportunidad de los recursos durante la etapa de inversión. Lo correcto, sin embargo, es incluir el costo del capital inmovilizado mediante la capitalización, o cálculo del valor futuro, de los flujos resultantes en la proyección del calendario de inversiones, tal como se expone en el capítulo quinto.

Esto también es válido cuando se consideran inversiones durante la operación del proyecto. Por ejemplo, cuando se incluye una ampliación que requerirá desembolsos por un tiempo que pudiera ser significativo (varios meses), donde el costo de capital de los recursos inmovilizados mientras se efectúan las instalaciones que permitan enfrentar la mayor actividad podría alcanzar niveles relevantes e influir en el resultado de la evaluación, o proporcionar una información errónea en una eventual gestión para la consecución de financiamiento. Una situación similar ocurre cuando se estudia el traslado de una planta productiva, donde se debe considerar el excedente de stock que hay que mantener para garantizar los despachos a clientes.

Durante la operación del proyecto, las inversiones se producen tanto por la necesidad de reemplazo de algunos activos como por tener que enfrentar el crecimiento o ampliación de los niveles de operación.

La sustitución de activos se fundamenta en la *vida útil* esperada de ellos, la cual puede estimarse sobre la base de varios criterios que se describen en los capítulos siguientes.

La estimación de los costos del proyecto es también una tarea importante del estudio de viabilidad, tanto por su efecto en la determinación de su rentabilidad como por la variedad de elementos que condicionan su cuantía y pertinencia en la evaluación, sean éstos contables o no. Un *costo contable* es aquel que se refleja en los estados de pérdidas y ganancias de una empresa, con fines tributarios, mientras que un costo no contable es aquel que no va en los estados contables de la empresa pero que tiene impacto sobre la decisión, como, por ejemplo, el costo de oportunidad de una inversión.

Mientras que los costos contables son útiles para satisfacer los requerimientos legales y tributarios, los costos no contables buscan medir su efecto neto en el resultado de cada decisión. Inclusive, hay costos de obvio significado para el análisis que no se obtienen de los estados contables, como los costos fijos a largo plazo y los de oportunidad, que no sólo no pueden dejar de ser considerados en la decisión, sino que probablemente tendrán una influencia marcada en los resultados.

Para la toma de la decisión entre proyectos que generen igual beneficio será fundamental la diferencia entre los costos de cada alternativa. Estos costos, denominados *costos diferenciales*, expresan el incremento o disminución de los costos totales que implicaría la adopción de una u otra opción. Por ejemplo, no es relevante conocer la remuneración de una secretaria si lo que se evalúa es el tipo de computadora que se le debe comprar.

Los *beneficios del proyecto* están constituidos tanto por los ingresos operacionales proyectados como por los beneficios que, sin ser

movimientos de caja, son parte de la riqueza del inversionista creada por el proyecto. Estos últimos no podrán ser considerados en la determinación de la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar las inversiones del proyecto, aunque es común que muchos analistas consideren que un proyecto, por el solo hecho de ser rentable, es sujeto a crédito.

Ejemplo 1.3

Si se evalúa la conveniencia de comprar un vehículo en \$1.000 para utilizarlo en el transporte comercial de pasajeros y si se estima que puede generar recursos durante toda la vida útil de evaluación (10 años, por ejemplo) por el equivalente en moneda actual de sólo \$800, no se puede concluir que el proyecto es malo, por cuanto la inversión le permitirá al inversionista ser dueño de un vehículo que, al cabo de los 10 años, podría ser vendido, por ejemplo, en \$500 en moneda actual, o seguir generándole rentas futuras por su uso.

| Ítem | \$ |
|-------------------|--------|
| Inversión | -1.000 |
| Beneficio directo | 800 |
| Valor remanente | 500 |
| Saldo | 300 |

Para medir la rentabilidad de cualquier inversión se deberá incluir este beneficio, asociado al remanente de la inversión, que se denomina valor de desecho. Pero para medir la capacidad de pago de eventuales préstamos para financiar dicha inversión, el valor de desecho deberá excluirse, ya que el proyecto no será vendido (y por ello no generará ingresos), habiéndose valorado sólo para medir el aumento o disminución de la riqueza del inversionista. Si toda la inversión fuese "prestada", el inversionista aumenta su riqueza en \$300, pero no tiene capacidad de pago en los 10 años, por cuanto para devolver el préstamo tendría que vender el activo financiado con ese préstamo.

Muchas veces se debe evaluar un proyecto para una empresa en funcionamiento donde no hay ingresos relevantes. Por ejemplo, la adquisición de sistemas computacionales, el reemplazo de un vehículo o el cambio de bodegas. En estos casos, los beneficios se asocian a los posibles ahorros de costos entre la alternativa de seguir con la situación existente (sin proyecto) y la situación con proyecto. Así, por ejemplo, es posible asociar la compra de computadoras con el ahorro de tiempo de los empleados y, por lo tanto, con una eventual reducción de personal y los ahorros de sueldos correspondientes; el reemplazo de un vehículo usado por otro nuevo podría reducir los costos anuales de mantenimiento y el uso de repuestos, y el alquiler de nuevas bodegas podría permitir el ahorro de costos de fletes, si éstas se localizan más cerca de la planta o los consumidores. En todos estos casos el beneficio de hacer el proyecto no es un ingreso, sino el ahorro de costos.

La construcción del flujo de caja del proyecto genera diversas complicaciones al evaluador que no conoce ni aplica las distintas opciones que se presentan dependiendo de la finalidad del estudio y la finalidad de la inversión. Como se mencionó anteriormente, desde el punto de vista de la finalidad del estudio se pueden construir hasta tres flujos distintos de caja: a) el que se hace con fines de calcular la rentabilidad de la inversión, b) el que se hace para determinar la rentabilidad del inversionista o de los recursos propios invertidos en el , y c) el que se hace para medir la capacidad de pago del propio proyecto con los compromisos financieros asumidos en el financiamiento de la inversión.

Desde el punto de vista del objeto de la inversión, se debe elaborar un flujo de caja específico para medir la rentabilidad que se podría esperar con la creación de un nuevo negocio y otro distinto para evaluar un proyecto para una empresa ya funcionando. En este último caso se podrá optar entre dos procedimientos para el análisis: construir y comparar un flujo de caja para la situación sin proyecto con otro para la situación con proyecto, o confeccionar un flujo de caja incremental.

El flujo de caja, cualquiera sea la finalidad con que se elabore, tiene una estructura convencional basada en criterios conocidos y ampliamente aceptados, que son fundamentales para que el resultado de la evaluación cumpla con los requerimientos de información de los distintos agentes involucrados en el proceso de aprobación y financiamiento. El horizonte de evaluación depende mucho de las características de cada proyecto. Si es uno al que se le augura una vida finita y conocida de, por ejemplo, 5, 8 ó 15 años, lo mejor será un flujo de caja a ese plazo. Pero, si el proyecto pretende en el tiempo, hay una convención, no escrita, que hace un período de evaluación de diez años. Los beneficios que son posibles de esperar después del décimo año se reflejan en el valor de desecho del proyecto. Este valor se anota como beneficio del proyecto en el último momento del flujo.

Cuando se comparan proyectos con distintas vidas útiles, un procedimiento usualmente empleado es evaluarlos al plazo de término del que tiene la menor vida. El valor de desecho de los de mayor duración reflejará los beneficios que se podrían esperar después ese plazo. Sin embargo, como se explica más adelante, existen otras opciones, las que se deberán aplicar de acuerdo con las características particulares de los proyectos que se comparan.

La evaluación puede expresarse de muchas formas distintas: unidades monetarias, como una relación o índice, como un porcentaje o como el tiempo que demora la recuperación de la inversión, en otros. Los principales criterios de evaluación son:

- a. el *valor actual neto*, conocido como VAN, que mide, en valores monetarios, los recursos que aporta el proyecto por sobre la rentabilidad exigida a la inversión y después de recuperada toda ella;
- b. la *tasa interna de retorno*, conocida como TIR, que mide la rentabilidad de un proyecto como un porcentaje y corresponde a la tasa que hace al valor actual neto igual a cero;
- c. el *período de recuperación de la inversión*, PRI, que mide en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluido el costo del capital involucrado, y
- d. la *rentabilidad inmediata*, RI, que determina el momento óptimo de hacer la inversión.

Una forma alternativa a estos métodos, llamados tradicionales, para medir la conveniencia de realizar una inversión la constituye el análisis del proyecto como se hace con una *opción real*.

Cuando existen restricciones de recursos para poder implementar todos los proyectos que cumplieron con los requisitos de elegibilidad; se incorporan instrumentos complementarios, como el IVAN,⁶ para determinar la combinatoria óptima de proyectos

6. Como se expondrá más adelante, el índice de valor actual neto, IVAN, mide cuánto aporta de VAN cada peso invertido en un proyecto.

7. En el capítulo 11 se analizan detalladamente los criterios de optimización de proyectos

que se seleccionarán o recurrir al uso de la función **Solver** de una planilla electrónica de cálculo como Excel.

Cuando se busca optimizar la decisión, como por ejemplo respecto del momento óptimo de iniciar la ejecución del proyecto, se recurre a otros instrumentos, tales como la *rentabilidad inmediata*.⁷

La evaluación del proyecto, cualquiera sea el método usado, considera para calcular la rentabilidad de la inversión la ocurrencia de hechos futuros y estima los costos y beneficios futuros en uno solo entre muchos escenarios posibles. Sin embargo, dada la imposibilidad de prever con exactitud el comportamiento de las variables que condicionan la rentabilidad calculada, es conveniente agregar información que contribuya a tomar la decisión por parte de agentes involucrados tan distintos como el inversionista que arriesga su capital, el financista que presta recursos y el gerente o el ejecutivo que administran recursos de accionistas, entre muchos otros. Cada uno de ellos observa el resultado del estudio de proyectos desde muy diversas perspectivas, por cuanto entre ellos tienen expectativas, grados de aversión al riesgo e informaciones distintas, que obligan a buscar una solución que satisfaga los requerimientos de todos ellos.

Existen principalmente tres elementos que explican el fracaso de algunos proyectos: a) la imposibilidad de la predicción perfecta que debe intentar hacer el evaluador sobre cada uno de los componentes de sus beneficio y costos, b) la no participación del evaluador en la administración del proyecto, que puede ser enfrentada con estrategias de negocio diferentes a las previstas o que la gerencia reaccione a cambios de distinta forma a las previstas en cualquier análisis de sensibilidad y c) los errores conceptuales en que incurren algunos evaluadores, ya sea por desconocimiento del instrumental teórico o por considerar sólo algunas opciones metodológicas que ofrece el marco conceptual disponible.

Los cambios, que casi con certeza se producirán en el comportamiento de las variables del entorno, harán que sea prácticamente imposible esperar que la rentabilidad calculada sea la que efectivamente tenga el proyecto implementado. Frente a este problema, surgen los modelos de sensibilidad como un instrumento complementario para la evaluación.

En general, los modelos de sensibilización muestran el grado de variabilidad que puede exhibir o resistir, dependiendo del modelo utilizado, uno o más de los componentes del flujo de caja. La teoría ofrece, a este respecto, dos modelos distintos para efectuar el análisis de sensibilidad: uno que calcula qué pasa con la rentabilidad del proyecto si cambia el valor de una o más variables incluidas en la proyección (una variación de este modelo mide la rentabilidad en tres escenarios distintos: el normal, que corresponde al flujo original del proyecto, uno optimista y otro pesimista) y otro que busca determinar hasta dónde resistiría un proyecto en el cual se modifique el valor de esa variable,⁸ es decir, el punto límite para que se obtenga únicamente la rentabilidad deseada después de recuperar la inversión.

8. El desarrollo de este modelo se explica detalladamente en el capítulo 9.

Frente a la imposibilidad de disponer de técnicas que aseguren la predicción perfecta y de transformar este texto en uno de administración de proyectos, se profundizan los análisis de opciones conceptuales para solucionar los problemas de cálculo de rentabilidades y análisis optimizante de proyectos.

La evaluación de proyectos, desde la perspectiva de este texto, no será tratada como un instrumento de decisión, donde el resultado positivo haga recomendar la implementación del proyecto y el negativo su rechazo. El estudio de proyectos será considerado como un instrumento que provee información para ayudar a la toma de una decisión de inversión en una empresa en funcionamiento, ya que los elementos que influirán en ella serán de muy distinta índole como, por ejemplo, razones políticas, humanitarias, de seguridad nacional, de imagen corporativa o de estrategias competitivas.

Preguntas y problemas

- 1.1 Explique la diferencia entre evaluar un proyecto de creación de una nueva empresa y un proyecto en una empresa existente.
- 1.2 Enumere las principales particularidades que justifican un análisis especial para evaluar proyectos en empresas en marcha.
- 1.3 Analice el concepto de proyectos dependientes y sus efectos sinérgico y entrópico.
- 1.4 Describa en qué consisten los proyectos independientes y mencione al menos cuatro ejemplos de ello.
- 1.5 Describa el concepto de inversiones mutuamente excluyentes y enuncie cuatro ejemplos de ellas.
- 1.6 Describa las formas de clasificar a los proyectos en función de la finalidad del estudio y explique qué información entrega cada uno de ellos.
- 1.7 Hace un año un matrimonio compró un negocio en \$ 12.000, adquisición que financió en un 60% con un préstamo al 11% de interés anual. Al fallecer los esposos en un accidente ferroviario, los hijos deciden vender el negocio, pagar la deuda con el banco (que se mantiene en su totalidad), los gastos financieros generados en el año, y repartirse los dineros sobrantes. Si la empresa se puede vender en \$13.560, ¿cuánto rentó porcentualmente el negocio y cuánto los recursos propios invertidos en él por el matrimonio?, ¿qué rentabilidad porcentual obtendrían los recursos propios si el negocio se vendiese en \$13.272?
- 1.8 Enuncie y explique los componentes básicos del proceso decisional y vincúlelo con las decisiones de inversión.
- 1.9 ¿Está de acuerdo con la afirmación de que "el evaluador tiene la misión de decidir cuál es la mejor opción de inversión"? ¿Por qué?

- 1.10 Explique cómo las variables del entorno condicionan el trabajo del evaluador.
- 1.11 Enuncie y explique los distintos estudios de viabilidad de un proyecto.
- 1.12 Comente la siguiente afirmación: "Si al evaluar un proyecto se observa una rentabilidad positiva, debe recomendarse su implementación inmediata si existen los recursos para hacerlo".
- 1.13 ¿Cómo explicaría el concepto de sensibilización y su impacto en el proceso de toma de decisiones?
- 1.14 Enuncie y explique las distintas etapas de un proyecto.
- 1.15 ¿Cómo enfrentaría la definición de un marco preliminar de análisis para identificar ideas de inversión en una empresa en marcha?
- 1.16 Explique en qué consisten y cómo se diferencian las etapas de prefactibilidad y de factibilidad de un proyecto de inversión.
- 1.17 ¿Coincide con el argumento de que cuando el proyecto evaluado en etapa de prefactibilidad no proporciona suficiente información como para decidir su implementación debe pasar a una etapa de factibilidad?
- 1.18 ¿Qué entiende por costo de capital y costo de oportunidad?
- 1.19 La evaluación de un proyecto permite concluir que si se invierten \$6.000 en adquirir un nuevo negocio, se obtendría una renta, al cabo de un año, de \$1.800 después de pagar todos los costos de funcionamiento y los gastos financieros al banco que prestará el 50% de los recursos necesarios para la compra del negocio. Se estima que después de un año, el negocio tendría un valor de \$5.000. Si usted fuese el inversionista y le exige un 10% de retorno a los proyectos como mínimo para ser aceptados ¿invierte en éste? Y si usted está trabajando en el banco, ¿le prestaría los recursos solicitados a un año plazo?
- 1.20 Describa muy brevemente los principales criterios de evaluación de proyectos.
- 1.21 "La rentabilidad inmediata y el índice de valor actual neto no sirven para determinar la rentabilidad de una inversión." Comente.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, C. Evaluación financiera de proyectos. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso, 1995.
- BAUM, W. C. "El ciclo de los proyectos". Finanzas y Desarrollo vol. 7 num. 2, 1970
- BIERMAN, H., C. BONINI y W. HAUSMAN. Análisis cuantitativo para la toma de decisiones. Reading, Ma. Addison-Wesley, 1994.
- CONTRERAS, M. E. Formulación y evaluación de proyectos. UNAD, Santafé de Bogotá, 1997.
- CROSS, R. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Limusa, México, 1984.
- DEL SOL, P. Evaluación de decisiones estratégicas. McGraw-Hill, Santiago, 1999.

- F. Análisis técnico para proyectos de inversión. ICAP, San José, 1988. GALLARDO, J. Formulación y evaluación de proyectos de inversión. McGraw-Hill, México, 1998.
- KELETTY, A. Análisis y evaluación de inversiones. EADA Gestión, Barcelona, 1992
- MIRANDA, J. Los proyectos: la unidad operativa del desarrollo. ESAP, Santafé de Bogotá, 1994.
- SAPAG, N. Criterios de evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Madrid, 1993. SAPAG, N. y R. SAPAG. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 2000.
- TISSOT, M. Evaluación de proyectos, <http://members.tripod.com>. Universidad Santiago de Cali, 1999.
- VÉLEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.
- VILLEGAS, E. y R. ORTEGA. Administración de inversiones. McGraw-Hill, México 1997.

COMPORTAMIENTOS DEL MERCADO: MARCO ECONÓMICO Y PREDICTIVO

La economía es la ciencia que estudia la mejor forma de asignar recursos limitados a la producción de bienes y servicios que satisfagan necesidades y deseos de carácter ilimitado de los individuos y las empresas. Para decidir respecto de la mejor opción de inversión, la empresa debe investigar las relaciones económicas actuales y sus tendencias y proyectar el comportamiento futuro de los agentes económicos que se relacionan con su mercado particular.

La *economía de la empresa* proporciona diversos modelos microeconómicos que simulan las reacciones y comportamiento de los participantes en los distintos tipos de mercados.

El objetivo de este capítulo es analizar las principales relaciones en los mercados y las herramientas disponibles para proyectar estimaciones de demanda.

2.1 Conceptos económicos básicos para el análisis de inversiones

Los principales aspectos económicos que explican el comportamiento de los mercados vinculados al proyecto de inversión que se evalúa corresponden al comportamiento de la demanda, de la oferta y de los costos y a la maximización de los beneficios. A continuación se revisan en forma preliminar estos conceptos.

2.1.1 Comportamiento de la demanda

La búsqueda de satisfactores de un requerimiento o necesidad que realizan los consumidores, aunque sujeta a diversas restricciones, se conoce como *demanda del mercado*. Los bienes y servicios que los productores libremente desean ofertar para responder a esta demanda se denominan *oferta del mercado*. En el mercado, donde se vinculan esta oferta y demanda, se determina un *equilibrio de mercado*, que se representa por una relación entre el precio y la cantidad acordada de cada producto o servicio.

Debido a la multiplicidad de necesidades y a la limitación de recursos para poder satisfacerlas a todas, el consumidor las jerarquiza definiendo una relación entre la cantidad que está dispuesto a comprar a diferentes niveles que pudiera asumir el precio. Al subir el precio, los consumidores tienden a disminuir la cantidad demandada de ese producto, si el resto de las variables permanece constante. La relación entre precio y cantidad demandada se puede expresar como una función lineal del tipo:

$$(2.1) \quad p = a - (b * QD)$$

donde p es el precio de venta unitario, a la intersección donde el precio hace a la cantidad demandada igual a cero, b la cantidad observada de aumento en la demanda por cada unidad que disminuye el precio y QD la cantidad demandada.

De lo anterior se concluye que:

$$(2.2) \quad QD = \frac{(a - p)}{b}$$

Esto se puede expresar como se muestra en el gráfico 2.1.

Como se puede observar, al variar el precio se producen aumentos o disminuciones sobre la cantidad demandada, las que corresponden a desplazamientos sobre la misma curva.

Una serie de factores pueden afectar el comportamiento de la demanda. Entre otros, se pueden mencionar los siguientes:

a. *Ingreso de los consumidores (Y)*: al variar el ingreso, la tendencia a comprar se puede modificar en el mismo sentido (se denomina *bien superior*), se puede mantener (*bien neutro*) o puede disminuir (*bien inferior*).

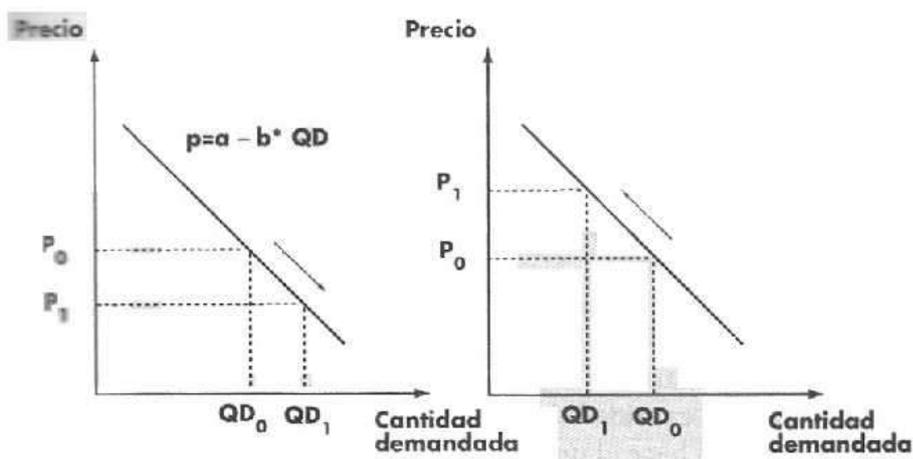


Gráfico 2.1 Comportamiento de la cantidad demandada frente a cambios en el precio.

- b. *Cantidad de consumidores* (N): al variar el número de consumidores en el mercado se puede modificar la demanda en el mismo sentido.
- c. *Precio de los bienes complementarios* (Pc): al variar el precio de un bien complementario la demanda por el producto se modifica en sentido contrario.
- d. *Precio de los bienes sustitutos* (Ps): al variar el precio de un bien sustituto se modifica la demanda en el mismo sentido.
- e. *Gustos y preferencias* (GP): son variables que no se pueden cuantificar aunque sí prever en el proceso decisional.
- f. *Expectativas* (E): el nivel de expectativas sobre variaciones de precio puede hacer que el consumidor adelante o posponga compras.

La función de demanda (D), entonces, se puede expresar como:

$$D = f(p, Y, N, P_c, P_s, GP, E)$$

Un estimador de cuánto cambia la cantidad demandada cuando se modifica uno de los factores de la función 2.3 se denomina *elasticidad*. Las principales son la *elasticidad precio de la demanda*, la *elasticidad precio cruzada de la demanda*, la *elasticidad arco cruzada de la demanda* y la *elasticidad ingreso de la demanda*.

La *elasticidad precio de la demanda* mide cuánto varía porcentualmente la cantidad demandada ante un cambio porcentual en su precio. De acuerdo con la magnitud de su variación, la elasticidad precio de la demanda se denomina:

- a. *perfectamente elástica*, cuando su valor es ∞ , es decir, cuando frente a una disminución infinitesimal en el precio, el aumento en la cantidad demandada tiende a infinito en el límite;
- b. *elástica*, cuando su valor es mayor que uno, es decir, cuando la cantidad demandada varía porcentualmente más que la variación en el precio;
- c. *unitaria*, cuando su valor es igual a uno, es decir, cuando la cantidad demandada varía porcentualmente igual que el precio;
- d. *inelástica*, cuando asume valores menores que uno, es decir, cuando la cantidad demandada varía en un porcentaje menor a la que lo hace el precio, y
- e. *perfectamente inelástica*, cuando su valor es cero, es decir, cuando no cambia cualquiera sea la variación en el precio.

La elasticidad precio se calcula por la ecuación:

$$(2.4) \quad E_p = \frac{\Delta QD / QD}{\Delta P / P} = \frac{\Delta QD}{\Delta P} * \frac{P}{QD}$$

donde E_p es la elasticidad precio, ΔQD y ΔP los cambios en la cantidad QD y en el precio P , respectivamente.

Estas elasticidades se pueden representar como lo muestra el gráfico 2.2.

Ejemplo 2.1

Para calcular la elasticidad precio de la demanda de cada punto de una función de demanda simplificada a $Q = 1.000 - P$, se completa la tercera columna de la tabla 2.1, aplicando la ecuación 2.4.

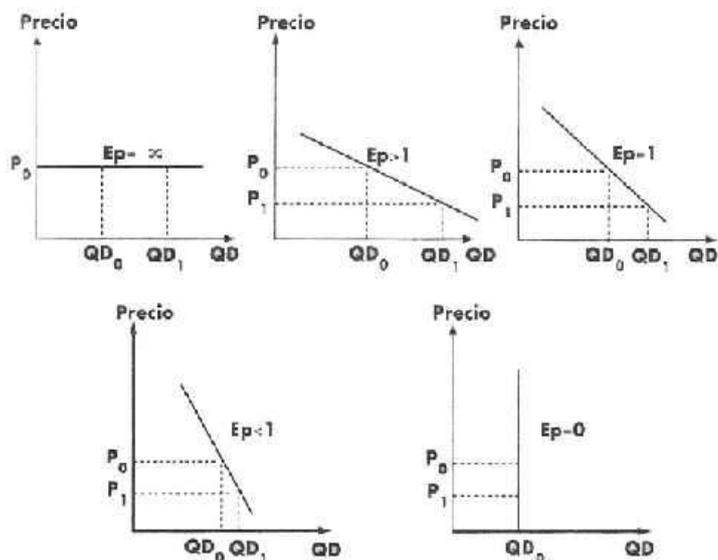
La *elasticidad precio cruzada de la demanda* mide en cuánto varía porcentualmente la cantidad demandada ante un cambio porcentual en un bien relacionado, si el resto de los factores permanece constante. Según su resultado, se puede clasificar en:

- bienes complementarios* si su valor es negativo, es decir, cuando la cantidad demandada del producto varía en forma inversamente proporcional a una variación en el precio de otro bien;
- bienes sustitutos* si su valor es positivo, es decir, si la cantidad demandada del producto varía proporcionalmente con la variación del precio de otro bien, y

Tabla 2.1 Elasticidad precio de la demanda

| P | Q | Ep |
|-------|-------|--------------------------|
| 1.000 | 0 | $1 * (1.000/0) = \infty$ |
| 900 | 100 | $1 * (900/100) = 9,00$ |
| 800 | 200 | $1 * (800/200) = 4,00$ |
| 700 | 300 | $1 * (700/300) = 2,33$ |
| 600 | 400 | $1 * (600/400) = 1,50$ |
| 500 | 500 | $1 * (500/500) = 1,00$ |
| 400 | 600 | $1 * (400/600) = 0,67$ |
| 300 | 700 | $1 * (300/700) = 0,43$ |
| 200 | 800 | $1 * (200/800) = 0,25$ |
| 100 | 900 | $1 * (100/900) = 0,11$ |
| 0 | 1.000 | $1 * (0/1.000) = 0$ |

Gráfico 2.2 Elasticidades precio de la demanda



c. *bienes independientes* si su valor es igual a cero, es decir, que ante un cambio en el precio de otro bien, la cantidad demandada del producto no varía.

La elasticidad cruzada de la demanda se puede expresar como:

$$(2.5) \quad E_{xy} = \frac{\frac{\Delta Q_x}{Q_x}}{\frac{\Delta P_y}{P_y}} = \frac{\Delta Q_x}{\Delta P_y} * \frac{P_y}{Q_x}$$

Para calcular la elasticidad en un punto determinado de la curva de demanda se denomina a las distintas funciones anteriores como *elasticidad-punto*. Lo más frecuente, sin embargo, es medir la elasticidad entre dos puntos de la curva de demanda, lo que se define como *elasticidad arco*. Así, por ejemplo, la ecuación 2.5 corresponde a la *elasticidad punto cruzada de la demanda*.

La *elasticidad arco cruzada de la demanda* correspondería a la siguiente ecuación:

$$(2.6) \quad E_{xy} = \frac{\Delta Q_x}{\Delta P_y} * \frac{(P_{y2} + P_{y1})/2}{(Q_{x2} + Q_{x1})/2} = \frac{Q_{x2} - Q_{x1}}{P_{y2} - P_{y1}} * \frac{P_{y2} + P_{y1}}{Q_{x2} + Q_{x1}}$$

La elasticidad precio de la demanda y sus complementos (elasticidad cruzada y elasticidad arco) son instrumentos de sensibilización que posibilitan agregar información al proceso

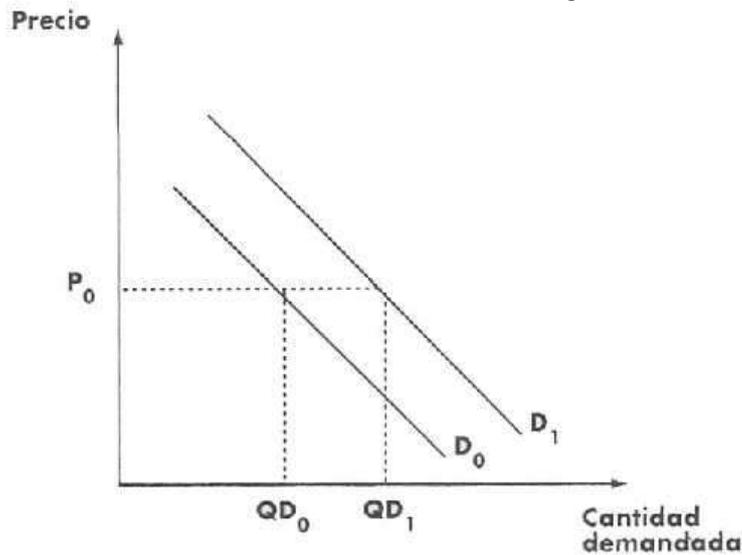
decisivo vinculado con cualquier tipo de proyecto, desde aquellos que evalúan la ampliación de la capacidad productiva de una empresa hasta aquellos que estudian su reducción.

Estimar el comportamiento de las variables que afectan a la demanda del bien producido por la empresa y sus efectos sobre las ventas son antecedentes fundamentales para dirigir la operación en el corto plazo y para la planificación de decisiones estratégicas de largo plazo.

La *elasticidad ingreso de la demanda* mide en cuánto varía la demanda ante un cambio en el ingreso de los consumidores, si todo el resto de factores permanece constante.

Mientras la elasticidad precio de la demanda medía el grado de respuesta de la cantidad demandada en relación con cambios en el precio del producto, la elasticidad ingreso de la demanda mide el grado de desplazamiento de toda la demanda, tal como se muestra en el gráfico 2.3.

Gráfico 2.3 Variación en la demanda frente a cambios en los ingresos de los consumidores



En el gráfico 2.3 se observa que, manteniéndose el precio constante, aumenta la cantidad por un desplazamiento de la demanda ocasionada por un incremento en los ingresos de los consumidores, es decir, consumen más de un mismo producto y a un mismo precio si sus recursos aumentan.

De acuerdo con el resultado de la elasticidad ingreso de la demanda, los bienes se denominan como *bienes normales* cuando su valor es positivo y *bienes inferiores* cuando su valor es negativo, es decir, cuando la demanda disminuye (aumenta) al aumentar (disminuir) el ingreso de los consumidores.

Los bienes normales pueden clasificarse como bienes necesarios cuando la elasticidad ingreso de la demanda esta entre cero y uno y uno y como bienes de lujo cuando es mayor que uno.

La elasticidad ingreso-punto de la demanda está dada por:

$$(2.7) \quad E_y = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta Y/Y} = \frac{\Delta Q}{\Delta Y} * \frac{Y}{Q}$$

donde E_y es la elasticidad ingreso de la demanda y ΔY la variación en ingreso Y de los consumidores.

Igual que en el caso de la elasticidad precio de la demanda, lo más común es calcular la *elasticidad arco ingreso de la demanda* mediante la ecuación:

$$(2.8) \quad E_y = \frac{\Delta Q}{\Delta Y} * \frac{(Y_2 + Y_1)/2}{(Q_2 + Q_1)/2} = \frac{Q_2 - Q_1}{Y_2 - Y_1} * \frac{Y_2 + Y_1}{Q_2 + Q_1}$$

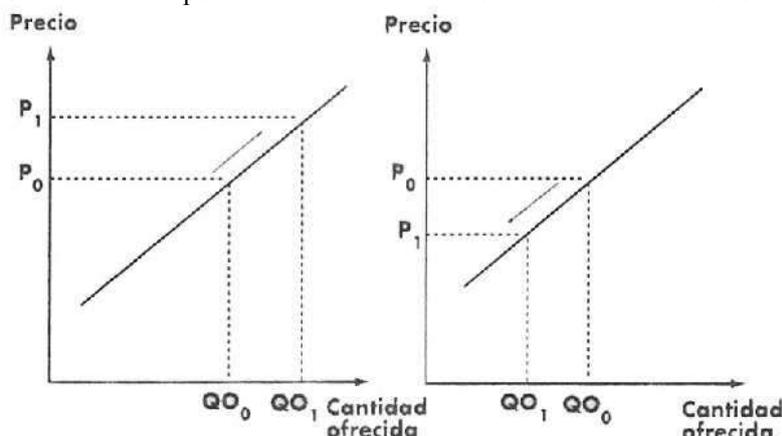
Los factores principales que determinan la elasticidad ingreso de la demanda son las características de las necesidades que el bien o servicio satisface, los hábitos de consumo (que no cambian tan rápidamente con las variaciones en el ingreso de las personas) y el grado de prescindencia del consumo, entre otros.

2.1.2 Comportamiento de la oferta

Mientras la demanda del mercado estudia el comportamiento de los consumidores, la *oferta del mercado* corresponde a la conducta de los empresarios. Los principales elementos que condicionan la oferta son el costo de producción del bien o servicio, el grado de flexibilidad en la producción que tenga la tecnología, las expectativas de los productores, la cantidad de empresas en el sector y el nivel de barreras a la entrada de nuevos competidores, el precio de los bienes relacionados y la capacidad adquisitiva de los consumidores, entre otros.

Una forma de medir el comportamiento de la oferta en el mercado es la elasticidad de la oferta. La *elasticidad precio de la oferta* mide cuánto cambia la cantidad ofrecida ante una variación en los precios de venta, si el resto de las variables permanece constante, correspondiendo a desplazamientos en la misma curva de oferta, tal como se muestra en el gráfico 2.4.

Gráfico 2.4 Comportamiento de la cantidad ofrecida frente a cambios en el precio



Igual que en la demanda, la elasticidad precio de la oferta mide cuánto cambia la cantidad ofrecida si cambia el precio, para lo cual se utiliza la ecuación:

$$2.9 \quad E_p = \frac{\Delta QO/QO}{\Delta P/P} = \frac{\Delta QO}{\Delta P} * \frac{P}{QO}$$

De acuerdo con la elasticidad, la oferta también se clasifica, de la misma forma que la demanda, como perfectamente elástica, elástica, unitaria, inelástica y perfectamente inelástica.

Cuando varía otro factor de la oferta, como el aumento del precio de los bienes complementarios o la disminución de los precios de los sustitutos, se produce un cambio en la oferta, desplazándose de la forma que se muestra en el gráfico 2.5.

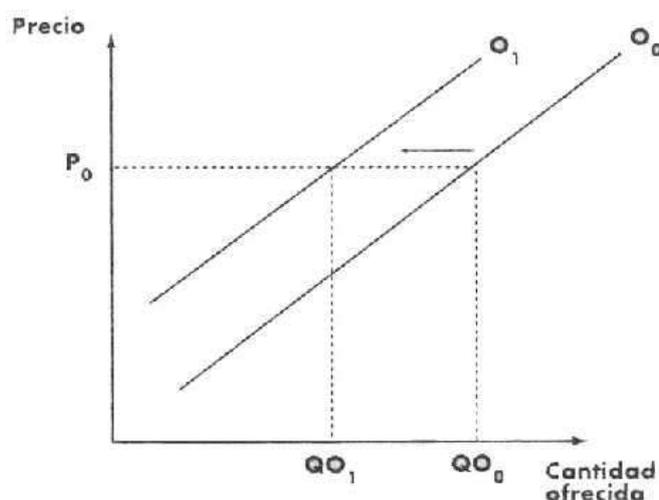


Gráfico 2.5 Variación de la oferta frente a disminuciones en los precios en los sustitutos

La formación de precios en competencia perfecta se regula por la oferta y demanda, suponiendo que ambas representan los intereses productores y consumidores, respectivamente, donde los primeros buscan obtener la máxima utilidad en la venta y los segundos obtener la máxima satisfacción a sus necesidades. El precio en el mercado de competencia perfecta se conoce como *precio de equilibrio* y corresponde a aquel que iguala oferta con demanda.¹

El precio de equilibrio se altera cuando, por ejemplo, aumenta o disminuye la demanda y la oferta permanece constante o, viceversa, aumenta o disminuye la oferta y la demanda permanece constante.

1. En el mundo real se observa que no existe la información perfecta y que hay barreras a la entrada de nuevos proyectos al mercado, entre otros factores, que hacen que los supuestos de competencia perfecta tengan el carácter de herramienta simplificadora del análisis del comportamiento de los mercados.

De igual manera, el precio de equilibrio cambia cuando se modifican oferta y demanda conjuntamente pero en distinta magnitud.

Cuando el precio disminuye, el ingreso total aumenta si la demanda es elástica; permanece constante si es unitaria y disminuye si es inelástica. La elasticidad precio de la demanda es mayor mientras mejores sean los sustitutos disponibles para el bien, mayor sea su número y los consumidores dispongan de más tiempo para reaccionar a los cambios en los precios.

Ejemplo 2.2

Tomando como base los antecedentes del ejemplo 2.1 se calculan en la tabla 2.2 las relaciones de ingreso total y marginal,

Tabla 2.2 Relaciones de ingreso total y marginal

| P | Q | Ep | IT=PxQ | IMg |
|-------|-------|----------|---------|------|
| 1.000 | 0 | ∞ | 0 | |
| 900 | 100 | 9,00 | 90.000 | 900 |
| 800 | 200 | 4,00 | 160.000 | 700 |
| 700 | 300 | 2,33 | 210.000 | 500 |
| 600 | 400 | 1,50 | 240.000 | 300 |
| 500 | 500 | 1,00 | 250.000 | 100 |
| 400 | 600 | 0,67 | 240.000 | -100 |
| 300 | 700 | 0,43 | 210.000 | -300 |
| 200 | 800 | 0,25 | 160.000 | -500 |
| 100 | 900 | 0,11 | 90.000 | -700 |
| 0 | 1.000 | 0 | 0 | -900 |

donde IMg es el ingreso marginal total dividido por las unidades vendidas marginales.

2.1.3 Comportamiento de los costos

La forma más tradicional de clasificar los costos de operación de un proyecto es la que los diferencia entre costos fijos y variables. Los *costos fijos totales* son costos en que se deberá incurrir en un período determinado, independientemente del nivel de producción de la empresa (alquiler de bodegas, algunas remuneraciones, seguros de máquina, etcétera).

Los *costos variables totales* son aquellos que dependen del nivel de producción (costo de los envases, mano de obra, materias primas, etcétera). La suma de ambos costos dará el *costo total del período*.

Dentro de los límites de una capacidad dada de planta, la empresa podrá variar sus niveles de producción haciendo cambiar la cantidad de insumos ocupados y, por lo tanto, sus costos variables totales. Dentro de ciertos rangos, los costos fijos se mantendrán constantes, pero también podrán variar.

Los costos unitarios variables pueden cambiar por las economías o *deseconomías* de escala que se puedan generar con el proyecto, mientras que los costos fijos varían por los factores

de escala involucrados. Hay *economías de escala* cuando, por ejemplo, se logran descuentos en compras por volúmenes mayores, y *deseconomías de escala* cuando, por ejemplo, se debe recurrir a fuentes más lejanas de abastecimiento por un mayor volumen de operación.

Una forma de calcular los costos fijos y variables es hacerlo mediante la cuantificación de ambos ítem de costos y de todos sus componentes para distintos niveles de producción.

Otra forma es determinarlos analizando el comportamiento histórico del costo total en relación con la producción observada. Para ello se efectúa una regresión simple como la expuesta en el próximo capítulo.

Al disponerse de la información de las funciones de costos fijos, variables y totales, pueden derivarse de ella distintas funciones de costo unitario:

$$(2.10) \quad CFMe = \frac{CFT}{Q}$$

donde CFMe es el *costo fijo medio*, CFT los costos fijos totales y Q el nivel de producción del período.

$$(2.11) \quad CVMe = \frac{CVT}{Q}$$

donde CVMe representa al *costo variable medio* y CVT a los costos variables totales.

$$CMeT = CFMe + CVMe$$

Donde CMeT corresponde al *costo medio total*, que se calcula también dividiendo el costo total (CT) por la producción.

Otro costo unitario es el denominado *costo marginal*, CMg, que corresponde a la variación que se observa en el costo total frente a un cambio unitario en la producción.

Ejemplo 2.3

Las relaciones anteriores se ejemplifican en la tabla 2.3, que supone costos fijos totales de \$2.000 por cualquier cantidad que se produzca. Los costos variables unitarios se consideran constantes en \$400.

Tabla 2.3 Relaciones de costos unitarios

| Q | PMg | CFT | CVT | CT | CFMe | CVMe | CMeT | CMg |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | | 2.000 | 0 | 2.000 | | | | |
| 30 | 30 | 2.000 | 400 | 2.400 | 66,67 | 13,33 | 80,00 | 13,33 |
| 72 | 42 | 2.000 | 800 | 2.800 | 27,78 | 11,11 | 38,89 | 9,52 |
| 108 | 36 | 2.000 | 1.200 | 3.200 | 28,52 | 11,11 | 29,63 | 11,11 |
| 138 | 30 | 2.000 | 1.600 | 3.600 | 14,49 | 11,59 | 26,09 | 13,33 |
| 160 | 22 | 2.000 | 2.000 | 4.000 | 12,50 | 12,50 | 25,00 | 18,18 |
| 175 | 15 | 2.000 | 2.400 | 4.400 | 11,43 | 13,71 | 25,14 | 26,67 |
| 186 | 11 | 2.000 | 2.800 | 4.800 | 10,75 | 15,05 | 25,81 | 36,36 |
| 192 | 6 | 2.000 | 3.200 | 5.200 | 10,42 | 16,67 | 27,08 | 66,67 |

La función de costo variable medio baja por las economías de escala, pero puede volver a subir si se presentan deseconomías, por ejemplo, derivadas por la lejanía de las fuentes de materia prima. Ambos costos (el costo medio total y el costo marginal) decrecen inicialmente para después variar en función de las economías y deseconomías de escala que se pudieran presentar.

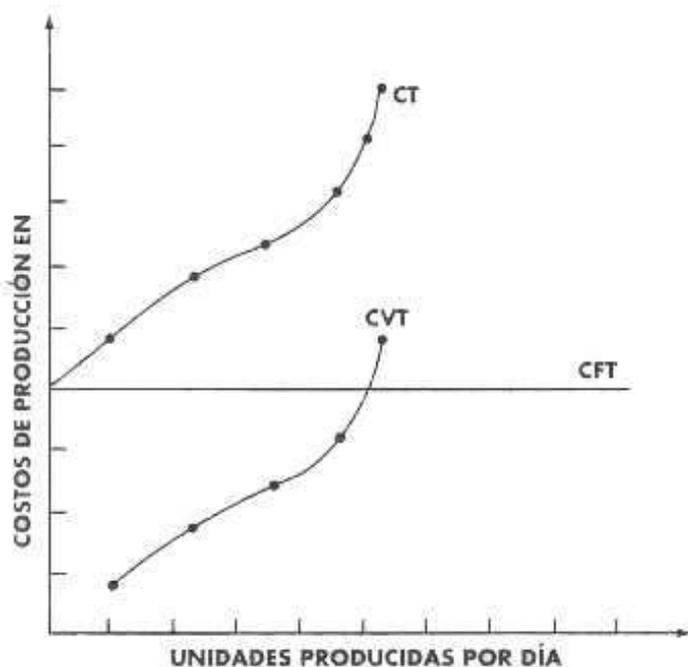
La teoría económica utiliza la *ley de rendimientos marginales finalmente decrecientes* para explicar que, después de cierto nivel de producción, el costo variable medio empieza a aumentar a una tasa creciente debido, entre otras cosas, a la existencia de declinaciones en la productividad por aumentos de volúmenes y a deseconomías de escala (por ejemplo, el rendimiento del trabajo de un albañil o el pago de horas extras, respectivamente).

La *ley de rendimientos no proporcionales* reconoce tres fases en los rendimientos vinculados con el nivel de producción:

- Fase de *rendimientos crecientes*: se observa un aumento rápido en la productividad, que hace que la producción marginal sea mayor que la producción promedio. Esto se da en los primeros niveles de volumen por la sinergia que se produce entre el equipo de trabajo.
- Fase de *rendimientos decrecientes*: al aumentar la producción, la productividad aumenta en forma menos que proporcional, es decir, la producción marginal es decreciente aunque positiva.
- Fase de *rendimientos negativos*: se aprecia al aumentar excesivamente un factor de producción que, además de encarecer el producto, genera entorpecimientos entre procesos, haciendo que la producción marginal, media y, por lo tanto, total, disminuyan.

La forma clásica de la función de costo total se muestra en el gráfico 2.6.

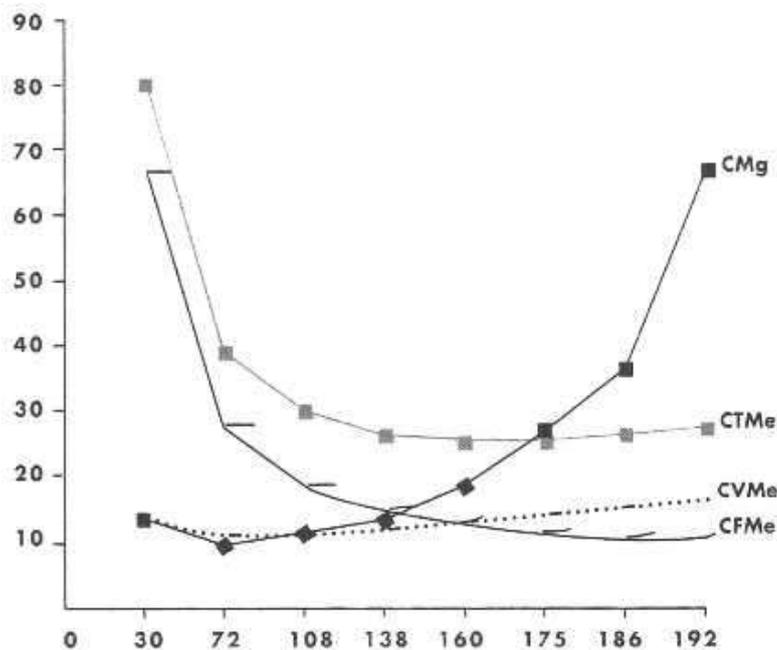
Gráfico 2.6 Funciones de costo total



De la misma forma, los costos medios y marginales se pueden representar como lo muestra el gráfico 2.7.

El costo fijo medio es elevado inicialmente porque se debe prorratar el costo fijo total entre muy pocas unidades. El costo fijo medio va disminuyendo a medida que el costo fijo total se distribuye entre más unidades. La curva de costo marginal corta en su punto más bajo a las curvas de costo medio total y costo variable medio. En el primer caso, esto se explica porque la presión hacia abajo del costo fijo medio es compensada por la presión creciente del costo variable medio. En el segundo caso, mientras el costo marginal sea menor que

Gráfico 2.7 Funciones de costos medio y marginal



los costos medio total y variable medio, ejercerá una presión hacia la baja en los costos y, cuando es mayor, la presión será hacia el alza. Esto explica que el costo marginal se iguale con ellos cuando éstos alcanzan un mínimo.

2.1.4 Maximización de los beneficios

La empresa maximiza el beneficio neto total en el nivel de producción donde la diferencia entre el ingreso total y el costo total se hace máxima. Desde el punto de vista del análisis marginal, esta producción se logra en el punto donde el ingreso marginal se iguala con el costo marginal. Sobre ese punto la empresa podrá aumentar los ingresos totales, pero los

costos de cada unidad adicional producida serán mayores que el ingreso que genere, por lo que la utilidad neta decrecerá.

El volumen de producción óptima es el que maximiza el beneficio total de la empresa, es decir, cuando la diferencia entre ingresos totales y costos totales se hace máxima. El análisis marginal señala que cuando la empresa puede aumentar la producción generando ingresos marginales superiores a los costos marginales, el beneficio total se incrementaría al aumentar la producción y ventas. En el nivel óptimo, el ingreso marginal se iguala con el costo marginal.

Ejemplo 2.4

Suponga un precio constante de \$200 por unidad, un costo fijo de \$200 y los costos totales que se muestran en la tabla 2.4 para distintos niveles de producción.

Tabla 2.4 Relaciones de costos totales y marginales

| Cantidad | Ingreso total | Costo total | Beneficio total | Ingreso marginal | Costo marginal |
|----------|---------------|-------------|-----------------|------------------|----------------|
| 0 | 0 | 200 | -200 | | |
| 1 | 200 | 392 | -192 | 200 | 192 |
| 2 | 400 | 552 | -152 | 200 | 160 |
| 3 | 600 | 688 | -88 | 200 | 136 |
| 4 | 800 | 800 | 0 | 200 | 112 |
| 5 | 1.000 | 912 | 88 | 200 | 112 |
| 6 | 1.200 | 1.024 | 176 | 200 | 112 |
| 7 | 1.400 | 1.152 | 248 | 200 | 128 |
| 8 | 1.600 | 1.304 | 296 | 200 | 152 |
| 9 | 1.800 | 1.480 | 320 | 200 | 176 |
| 10 | 2.000 | 1.696 | 304 | 200 | 216 |
| 11 | 2.200 | 1.968 | 232 | 200 | 272 |
| 12 | 2.400 | 2.400 | 0 | 200 | 432 |
| 13 | 2.600 | 2.880 | 280 | 200 | 480 |

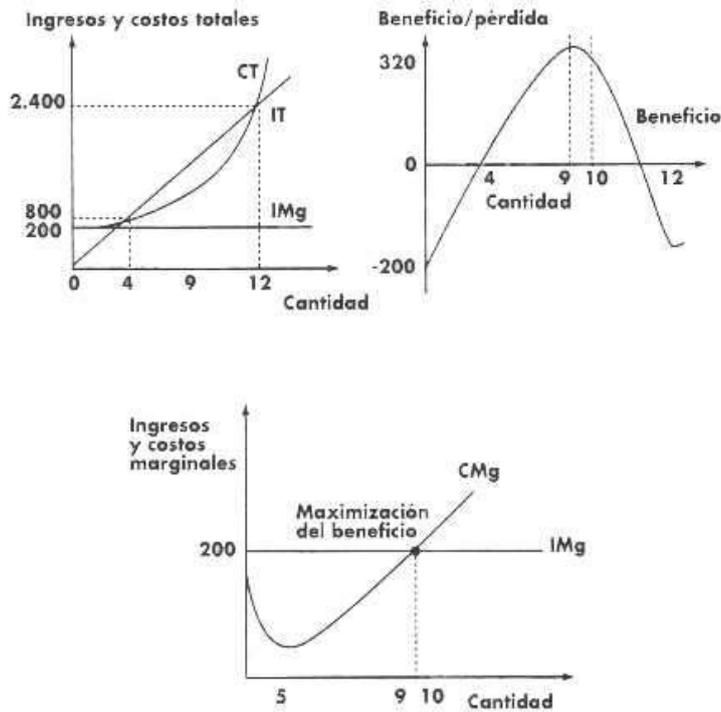
Las relaciones anteriores se pueden representar como lo muestra el gráfico 2.8.

Como se puede observar del análisis de la tabla 2.4 y del gráfico 2.8 el beneficio máximo corresponde a una producción de 9 unidades. El equilibrio, donde se igualan costos con beneficios totales, se obtiene una producción de 4 y 12 unidades.

En el corto plazo, la empresa puede adaptar el nivel de producción dentro de una función de costo total de corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo, la empresa adecúa su tecnología al nivel de producción más permanente. El comportamiento de las empresas en un mercado de libre competencia hará que se logre el equilibrio cuando el precio se iguale con el mínimo costo medio total. Esto, debido a que mientras se observe la posibilidad de obtener beneficios, nuevas empresas se incorporarán al mercado, aumentando la

cantidad producida y ocasionando una disminución del precio hasta que el beneficio se hace cero.

Gráfico 2.8 Funciones de costos y beneficios totales y marginales



De acuerdo con el gráfico 2.7, el costo medio total se hace mínimo en el punto donde se iguala con el costo marginal. Como el beneficio se maximiza donde el ingreso marginal es igual al costo marginal y considerando que la empresa debe enfrentar una estructura de costos fijos, siempre se aceptará producir más cuando el precio de venta supere a los costos variables, por corresponder a los marginales. Cualquier precio sobre éste permitirá cubrir los costos variables y contribuir con el remanente a solventar los costos fijos.

2.2 Técnicas de predicción para análisis económicos

La predicción de los comportamientos de las variables económicas constituye, sin duda, una de las mayores dificultades en el estudio de propuestas de inversión. Sin embargo, su realización es ineludible por cuanto la esencia de la evaluación de proyectos es comparar una inversión o desinversión actual con el flujo de caja posible de esperar en el futuro, si se opta por tomar la decisión. Las condiciones que imperarán en los próximos años difícilmente coincidirán con aquellas observadas en proyectos similares en el pasado. Por

ello, el resultado de una predicción se debe considerar sólo como una medición de evidencias incompletas, basadas en comportamientos empíricos de situaciones parcialmente similares o en inferencias de datos estadísticos disponibles.

Las técnicas de pronóstico se clasifican de diversas formas en la literatura económica. En este texto se usarán dos grandes categorías: las cuantitativas y las cualitativas.

2.2.1 Técnicas cuantitativas de predicción

Las *técnicas cuantitativas* de predicción poseen la ventaja de que al estar expresadas matemáticamente, su procedimiento de cálculo y los supuestos empleados carecen de toda ambigüedad. Dos grupos se identifican en esta categoría: los *modelos causales* y los *modelos de series de tiempo*.

a. Modelos causales

Un *pronóstico causal* se fundamenta en la posibilidad de confiar en el comportamiento de una variable que podría explicar los valores que asumiría la variable a proyectar. La variable conocida se denomina *variable independiente* y la estimada *variable dependiente*.

Variables independientes típicas son la tasa de crecimiento de la población, la tasa de ocupación de un insumo por unidad producida, el crecimiento esperado en el producto interno bruto, etcétera.

Los modelos causales requieren que exista una relación entre los valores de ambas variables y que los de la variable independiente sean conocidos o que su estimación otorgue una mayor confianza. La forma más común de hacer una proyección causal es el *ajuste de curvas*, el cual se puede realizar aplicando el método de los *mínimos cuadrados* o el de la *función polinómica*.

El *método de los mínimos cuadrados* selecciona una línea de tendencia recta del tipo $y = a + bx$, donde y es la variable dependiente, x

la independiente, a el punto de intersección de la función en el eje vertical y b la pendiente de la función. Este método se conoce también como *regresión lineal* y busca determinar la recta que represente de mejor manera la tendencia de las relaciones observadas en el pasado para usarlas como base de la proyección de la tendencia futura.

Como primer paso se debe recoger toda la información histórica que permita expresar las relaciones observadas entre las variables x e y que parezcan estrechamente relacionadas entre sí, para luego determinar la ecuación que mejor se ajuste a dichas relaciones. Para ello se calcula el valor de a y b aplicando las siguientes ecuaciones:

$$(2.13) \quad b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

= =

$$(2.14) \quad a = \bar{y} - b \bar{x}$$

donde \bar{x} y \bar{y} son los valores promedios de las variables y n es el número de observaciones.

Ejemplo 2.5

Una empresa requiere proyectar la demanda potencial de juegos de entretenimientos electrónicos para niños antes de decidir respecto de la conveniencia de emprender una ampliación de sus instalaciones en otro sector de la ciudad. La información disponible en la cadena de negocios de la empresa (12 locales en total) muestra los promedios históricos anuales de venta por local que se exponen en la tabla 2.5.

Reemplazando en las ecuaciones 2.13 y 2.14 se obtienen los siguientes valores:

$$b = \frac{12(2.903.465,41) - (346,08)(86.737,00)}{12(11.876,79) - (346,08)^2} = 212,03$$

$$a = 7.228 - (212,03)(28,84) = 1.113,20$$

Tabla 2.5 Cuadro de información del negocio

| Local | Pobl. Infantil x (en miles) | Ventas y | xy | x ² |
|----------|--------------------------------|-------------|-----------|----------------|
| 1 | 14,68 | 3.845 | 56.445 | 216 |
| 2 | 22,93 | 5.450 | 124.969 | 526 |
| 3 | 16,65 | 5.099 | 84.898 | 277 |
| 4 | 35,99 | 8.890 | 319.951 | 1.295 |
| 5 | 32,48 | 6.681 | 216.999 | 1.055 |
| 6 | 38,77 | 9.678 | 375.216 | 1.503 |
| 7 | 10,03 | 4.542 | 45.556 | 101 |
| 8 | 24,26 | 4.557 | 110.553 | 589 |
| 9 | 52,46 | 13.289 | 697.141 | 2.752 |
| 10 | 36,80 | 10.506 | 386.621 | 1.354 |
| 11 | 17,34 | 5.134 | 89.024 | 301 |
| 12 | 43,69 | 9.066 | 396.094 | 1.909 |
| Suma | 346,08 | 86.737 | 2.903.465 | 11.877 |
| Promedio | 28,84 | 7.228 | | |

Una forma simple de calcular estos valores es recurriendo a una planilla electrónica como Excel, por ejemplo. Para ello se ejecuta el mandato **Herramientas/Análisis de datos²** y se elige la opción **Regresión**. En el cuadro de diálogo se anotará en *Rango Y de entrada* la selección de los valores indicados en la columna y de ventas y en *Rango X de entrada* los valores de la columna x de población infantil.

En **Opciones de salida** se podrá marcar *En una hoja nueva*, explicitando el nombre que se desea asignar (por ejemplo, *Resumen*). Al marcar la opción **Aceptar** aparece la información de la figura 2.1.

Como se puede observar en las celdas B17:B18, aparecen directamente los valores de a y b, denominados como “Intersección” y “VariableX 1”, respectivamente.

Otra información importante del cuadro "Resumen" es la que muestran las filas de *Estadísticas de la regresión*. El *coeficiente de correlación* es un indicador de la precisión y confiabilidad de la relación entre las variables y puede tomar valores desde -1 a 1. Si el coeficiente de correlación es positivo y elevado (muy cercano a uno) las variables x e y tienen comportamientos altamente relacionados. Si el coeficiente de correlación muestra valores negativos, el comportamiento

2 La opción **Análisis de datos** no siempre se encuentra activa. En este caso se deberá ejecutar el mandato **Herramientas/Complementos** y activar la casilla de verificación correspondiente a **Herramientas para análisis**.

de las variables es opuesto, es decir, mientras mayor sea el valor de x menor será el de y. Si el coeficiente es cero, no existe correlación entre las variables. En el ejemplo se observa una correlación del 93,35%. El *coeficiente de determinación R²* muestra cuán confiable es la línea de regresión y corresponde a una medida de lo cercano del ajuste. Se calcula como la suma de los cuadrados de las desviaciones, su resultado está en el rango de 0 a 1 e indica qué cantidad de la variación total en y respecto a su media es explicada por la línea de regresión $y = a + bx$. Cuando esta línea está perfectamente ajustada, el coeficiente de correlación es igual a 1. En el ejemplo, el valor 0,871 de la celda D5 indica que se puede explicar aproximadamente el 87% de la variación de los valores de y mediante el comportamiento de la variable x.

Figura 2.1 Resumen de resultados de la regresión

| Resumen de estadísticas de la regresión | | | | |
|---|---------------------|--------------------|------------------|----------|
| Coeficiente de correlación | 0,9335 | | | |
| Coeficiente de determinación R ² | 0,871 | | | |
| Estadística F | 11,78547 | | | |
| Valor P | 0,001172 | | | |
| Intervalo de confianza para la pendiente | 0,2594181 | | | |
| Intervalo de confianza para la intersección | 0,2594181 | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | |
| | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Media cuadrática | F |
| Regression | 10,50000 | 1 | 10,50000 | 11,78547 |
| Residual | 1,50000 | 1 | 1,50000 | |
| Total | 12,00000 | 2 | | |
| Estatísticas | | | | |
| Observaciones en la muestra | 3 | | | |
| Grupos de datos | 1 | | | |
| Ecuación de la línea de regresión | | | | |
| y = | 0,9335x + 0,2594181 | | | |

Al aplicar los resultados de a y b a una población infantil de aproximadamente 40.000 personas, se podría tener el siguiente pronóstico de ventas anuales:

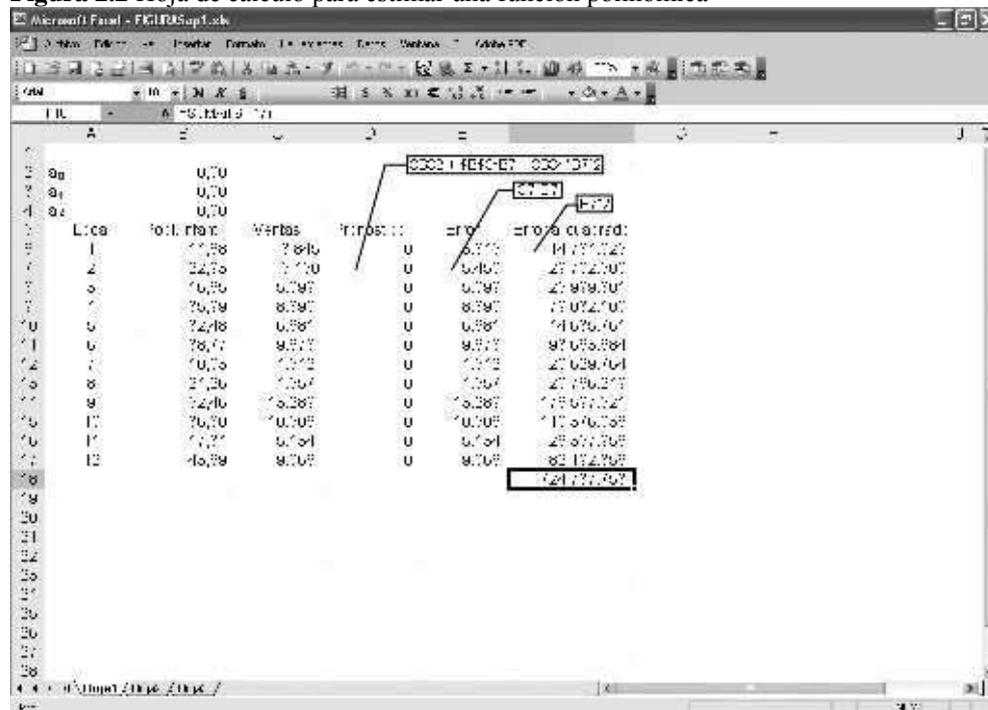
$$y = 1.113,20 + 40 * 212,03 = 9.594,40$$

Para determinar el grado de confianza en la estimación, la planilla muestra en la celda D7 que el *error estándar* o *error típico* (S_e) es de 1.121,01. Este valor corresponde a la cantidad de dispersión de los datos reales alrededor de la tendencia determinada por la línea de regresión. Este valor se utiliza con una *distribución normal*, denominada también *distribución de Gauss*, que indica que para un grado de confianza del 68%, la proyección de las ventas para una población de 40.000 niños estará entre $8.594 \pm 1 S_e$ y que para tener un 95%, ese valor estará entre $8.594 \pm 2S_e$. Es decir, el *intervalo de confianza* estará entre \$7.473 y \$9.715.

El modelo anterior puede incluir más de una variable y asumir cualquier forma la función como, por ejemplo, una de tipo polinómica. La línea de tendencia polinómica asume la forma $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$, donde se buscará determinar los valores de a_0 , a_1 y a_2 que minimicen la suma de los cuadrados de las desviaciones. Esto se puede lograr en una planilla como Excel utilizando la herramienta **Solver**.³

En primer lugar se preparará una hoja de trabajo como la que se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2 Hoja de cálculo para estimar una función polinómica



3. La opción **Solver** no siempre se encuentra activa. Si no se encuentra en el menú **Herramientas** se debe ejecutar el mandato **Herramientas/Complementos** y activar la casilla de verificación correspondiente a **Complemento Solver**.

La herramienta **Solver** buscará los valores de a_0 , a_1 y a_2 que hagan mínima la suma de los errores al cuadrado. Para ello se ejecuta el mandato **Herramientas/Solver**, con lo que aparece el cuadro de diálogo denominado **Parámetros de Solver**. En *Celda objetivo* se anotará la celda que hay que optimizar (F18); en *valor de la celda objetivo* se seleccionará la opción **Mínimo** y en *Cambiando la celda* se pondrá el rango de las tres variables que se desea calcular (B2:B4), quedando el cuadro de diálogo como se muestra en la figura 2.3

Figura 2.3 Cuadro de diálogo Parámetros de Solver para estimar la función polinómica



Debido a que no existen restricciones, se pulsán los botones **Resolver** y **Aceptar**, con lo que se obtienen automáticamente los valores buscados: $a_0=3.538,4$; $a_1=17,43$ y $a_2=3,22$.

Una forma alternativa para determinar estos valores y, al mismo tiempo, buscar la forma de la función que mejor explique la tendencia es recurrir al **Asistente para gráficos** de Excel. Para ello se selecciona en la hoja de cálculo que se exhibió en la figura 2.2, el rango de datos de las dos variables, es decir, B6:C17. Al marcar la opción **Asistente para gráficos** se despliega un cuadro de diálogo que se identifica como **Paso 1 de 4: tipo de gráfico**. En *Tipo de gráfico* se selecciona "XY(Dispersión)" y en *Subtipo de gráfico* la primera opción que muestra sólo los puntos de datos y se pulsa **Siguiente** para pasar al cuadro de diálogo que se denomina **Paso 2 de 4: datos de origen**. En él aparece automáticamente el gráfico preliminar

y el rango de datos, sólo como una forma de confirmar que está correcto. Si es así, se pulsa nuevamente **Siguiente** y aparece el cuadro de diálogo **Paso 3 de 4: opciones de gráfico**, donde puede agregar leyendas si se va a imprimir o exhibir. Pulse nuevamente **Siguiente** para llegar al cuadro de diálogo **Paso 4 de 4: ubicación del gráfico**, que da la opción de ubicarlo en una nueva hoja o como objeto en la misma hoja de cálculo. Una vez seleccionada la ubicación se pulsa **Finalizar**.

En el gráfico debe ponerse el cursor en cualquiera de los puntos de datos, pulsando el botón izquierdo del mouse para seleccionar todo el rango de datos. En el menú **Gráfico** se

debe seleccionar la opción **Agregar línea de tendencia**. En el cuadro de diálogo se elige la opción **Polinomial de 2° grado** en **Tipo de tendencia o regresión**. Antes de pulsar **Aceptar**, se debe ir a "Opciones" y seleccionar las casillas **Presentar ecuación en el gráfico** y **Presentar el valor de R cuadrado en el gráfico**. Al pulsar la opción de **Aceptar** aparece graficada la tendencia polinomial, la ecuación correspondiente (que debe coincidir con los valores obtenidos con la función Solver) y el R^2 que en este caso, será de 0,90.

Pulsando **Deshacer** una vez, se vuelve a la selección de la serie de datos en el gráfico. En el menú **Gráfico** se puede pulsar nuevamente **Agregar línea de tendencia** y elegir ahora la opción Lineal en el **Tipo de tendencia o regresión** y seguir los mismos pasos señalados para la función polinomial. El gráfico deberá mostrar la línea de tendencia recta y la ecuación y R^2 que necesariamente tienen que coincidir con los resultados del gráfico 2.9.

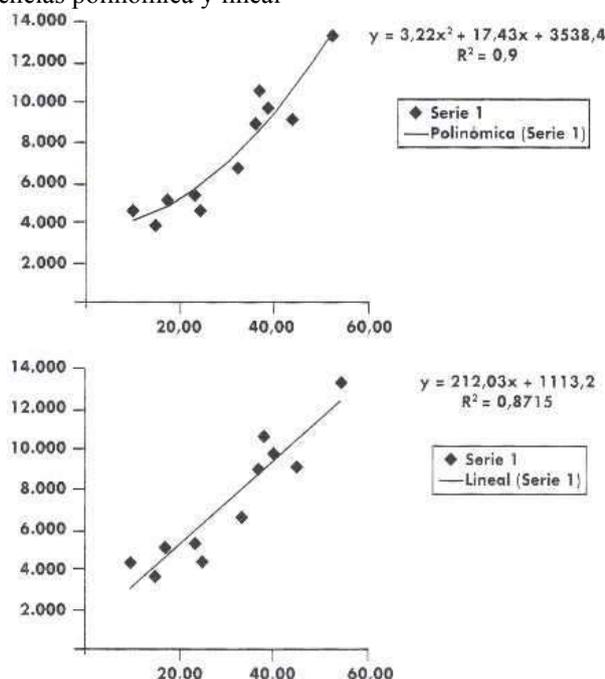
Como se puede observar, la función polinómica tiene un R^2 superior al de la función lineal en aproximadamente 3%. Es decir, la función polinómica permite deducir que la variable Y respecto de su media está explicada en un 90%, mientras que con la función lineal sólo está explicada en un 87%.⁴

⁴ La función polinómica siempre ajusta la tendencia de mejor forma que una función lineal. Es usual en la práctica llegar a usar hasta una función polinomial cúbica, ya que un grado mayor no tiende a reflejar la tendencia de los datos reales.

b. Modelos de series de tiempo

Los *modelos de series de tiempo* pronostican el valor futuro de la variable que se desea estimar extrapolando el comportamiento histórico de los valores observados para esa variable. En esta categoría se clasifican

Gráfico 2.9 Tendencias polinómica y lineal



los métodos de *promedios móviles*, el de *extrapolación de la tendencia histórica* y el de las *variables aleatorias*, entre otros. Cualquiera sea el método, el análisis de las series de tiempo se aplica cuando se considera que el valor que asume la *variable dependiente* se explica por el paso del tiempo.

El método de *promedios móviles* más simple es el denominado *promedio móvil simple de n períodos*, donde el valor esperado para la variable y se calcula por:

$$(2.15) \quad \hat{y}_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-n+1}}{n}$$

donde \hat{y} es el valor proyectado para la variable y .

Por ejemplo, para calcular el valor esperado de las ventas para el período 13 con 4 observaciones, la ecuación 2.15 toma la forma de:

$$\hat{y}_{13} = \frac{y_{12} + y_{11} + y_{10} + y_9}{4}$$

Si las ventas fueran, respectivamente, de 116.000, 104.000, 132.000 y 158.000 pesos para los últimos cuatro meses, la proyección para el mes 13 será de:

$$\frac{116.000 + 104.000 + 132.000 + 158.000}{4} = 127.500$$

Si las ventas reales en el mes 13 fueron de \$ 144.000, para pronosticar las ventas del mes 14 se incorpora en el numerador de la ecuación anterior este monto en sustitución de la observación más antigua, es decir, en vez de los \$158.000 del mes 9.

El cuestionamiento a este método se basa principalmente en que asigna el mismo peso relativo a las n observaciones incluidas en el análisis y a la cantidad de información que debe mantenerse disponible para efectuar los cálculos cuando existe una gran cantidad de productos con distintos comportamientos de ventas en la canasta a pronosticar.

Una variante a este método se conoce como el del *promedio móvil ponderado de n períodos*, que asigna a cada valor observado una ponderación diferente de acuerdo con la antigüedad de la información. En este caso, la ecuación 2.15 queda como:

$$(2.16) \quad \hat{Y}_{t+1} = \alpha_0 y_t + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_{t-n+1}$$

donde α corresponde al *coeficiente de ponderación de los promedios móviles*. La ecuación 2.16 toma la siguiente forma para calcular el pronóstico de ventas del período 13:

$$\hat{Y}_{13} = \alpha_0 y_{12} + \alpha_1 y_{11} + \alpha_2 y_{10} + \alpha_3 y_9$$

La suma de los α debe ser igual a 1 y se asignan de manera decreciente desde y_t hasta y_{t-n+1} . Una manera de hacerlo es asignando arbitrariamente los coeficientes, por ejemplo, $\alpha_0 = 0,40$; $\alpha_1 = 0,30$; $\alpha_2 = 0,20$ y $\alpha_3 = 0,10$. Alternativamente, si se dispone de información

histórica suficiente, se pueden determinar los coeficientes con la herramienta **Solver**, para minimizar la suma del *error medio absoluto*.

Ejemplo 2.6

Considere la información de la figura 2.4 sobre ventas mensuales del año anterior en una empresa que aplica un promedio móvil ponderado de 4 meses para pronosticar su nivel de ventas. La hoja de cálculo sobre la cual se aplicará la herramienta **Solver** para determinar los coeficientes sobre bases históricas debe construirse de la forma que se explica a continuación para lograr el resultado correcto.

Figura 2.4 Cálculo de coeficientes de ponderación

| Mes | Ventas reales | Prom. móvil 4 meses | Error observado |
|------------|---------------|---------------------|-----------------|
| Enero | 305.657 | - | 308.002 |
| Febrero | 314.827 | - | 316.626 |
| Marzo | 324.272 | - | 325.492 |
| Abril | 334.000 | - | 334.605 |
| Mayo | 308.002 | - | 327.066 |
| Junio | 316.626 | - | 333.607 |
| Julio | 325.492 | - | 340.279 |
| Agosto | 334.605 | - | 347.085 |
| Septiembre | 327.066 | - | |
| Octubre | 333.607 | - | |
| Noviembre | 340.279 | - | |
| Diciembre | 347.085 | - | |
| Suma | | 2.632.763 | |
| Promedio | | 329.095 | |

Para preparar la hoja de cálculo se seguirán los siguientes pasos:

1. Se anotará el valor 0 para los cuatro factores ponderados α en las celdas B1:B4.
2. En la celda B5 se escribirá la fórmula =SUMA(B1:B4).
3. La identificación del mes y las ventas reales respectivas observadas en el año anterior se incluirán en las celdas A9:B20.
4. La celda C13 debe expresar el promedio móvil ponderado de los primeros cuatro meses del año con el valor de α correspondiente, escribiendo la fórmula =SUMAPRODUCTO(\$B\$1:\$B\$4;B9:B12).

5. En la celda D13 se anotará la diferencia absoluta entre el valor real de las ventas del mes de mayo y el resultado de la estimación efectuada al aplicar el promedio móvil ponderado. Esto se logra con la fórmula =ABS(B13-C13).
6. Las fórmulas de las celdas C13:D13 se copian a C14:D20.
7. La suma de los errores observados mensualmente se anotará en la celda D21 como =SUMA(D13:D20).
8. En la celda D22 se calculará el promedio mensual de los errores dividiendo D21 por 8.

Para escoger la ponderación más adecuada que se asignará a cada coeficiente que será utilizado en las proyecciones futuras se ejecuta el mandato **Herramientas/Solver**. En *Celda objetivo* del cuadro de diálogo se anota la celda donde se sitúa el error observado promedio (\$D\$22) y se selecciona la opción **Mínimo**. En *Cambiando las celdas* se incluye el rango de coeficientes (\$B\$1:\$B\$4) y en *Sujeta a las siguientes restricciones* se agrega que el coeficiente α_0 sea menor o igual que α_1 , $\alpha_1 \leq \alpha_2$ y que $\alpha_2 \leq \alpha_3$, añadiendo que la suma de los coeficientes sea igual a 1 y que cada uno de ellos se encuentre entre 0 y 1, tal como se aprecia en el cuadro de diálogo **Parámetros de solver** que aparece en la figura 2.5.

Figura 2.5 Cuadro de diálogo Parámetros de Solver para calcular los coeficientes de ponderación



El resultado que se obtiene al pulsar **Resolver** asigna una ponderación de 0,176 a cada uno de los tres primeros coeficientes y de 0,473 al último, es decir, da más peso relativo a la observación más reciente.

El método de *extrapolación de la tendencia histórica* es similar al de los mínimos cuadrados, diferenciándose en que la variable independiente corresponde a los períodos de tiempo. La curva $y = a + bx$ ajustada en base histórica hasta un período t se extiende linealmente desde t hacia $t+n$.

Ejemplo 2.7

Para proyectar el comportamiento futuro de las ventas, considere la información histórica disponible en los registros de la empresa y que se exponen en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Cuadro de información histórica

| Año | x | Ventas (y) |
|------|----|------------|
| 1987 | 1 | 50.065 |
| 1988 | 2 | 54.320 |
| 1989 | 3 | 48.753 |
| 1990 | 4 | 56.697 |
| 1991 | 5 | 53.582 |
| 1992 | 6 | 57.750 |
| 1993 | 7 | 56.772 |
| 1994 | 8 | 61.638 |
| 1995 | 9 | 67.001 |
| 1996 | 10 | 63.590 |
| 1997 | 11 | 67.073 |
| 1998 | 12 | 70.444 |
| 1999 | 13 | 76.480 |
| 2000 | 14 | 72.659 |

Al ejecutar el mandato **Herramientas/Análisis** de datos y elegir la opción **Regresión**, se obtienen los resultados de la figura 2.6.

De acuerdo con estos resultados, las ventas esperadas para los próximos seis años son las que se muestran en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Proyección anual de ventas

| Año | x | \hat{y} |
|------|----|-----------|
| 2001 | 15 | 75.839 |
| 2002 | 16 | 77.791 |
| 2003 | 17 | 79.742 |
| 2004 | 18 | 81.694 |
| 2005 | 19 | 83.645 |
| 2006 | 20 | 85.597 |

Figura 2.6 Resumen de resultados de la regresión

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

| Estadísticas de la regresión | | | | |
|--|--|--|---------|--|
| Coefficiente de correlación múltiple | | | 0,95 | |
| Coefficiente de determinación R ² | | | 0,90 | |
| R ² ajustado | | | 0,89 | |
| Error típico | | | 2796,44 | |
| Observaciones | | | 14 | |

| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | |
|----------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | Grados libertad | Suma cuadrados | Media cuadrados | F | Valor crítico F |
| Regresión | 1 | 866516255 | 866516255 | 110,8064703 | 2,05161E-07 |
| Residuos | 12 | 93841045,84 | 7820087,153 | | |
| Total | 13 | 960357300,9 | | | |

| | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 95% | Superior 95% |
|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Intercepción | 46564,48 | 1578,643622 | 29,49651388 | 1,43881E-12 | 43124,9146 | 50004,05244 | 43124,9146 | 50004,05244 |
| Variable X1 | 1951,63 | 185,4022909 | 10,52646523 | 2,05161E-07 | 1547,673806 | 2355,587652 | 1547,673806 | 2355,587652 |

Todos los valores de la tabla 2.7 corresponden a puntos sobre la línea de tendencia proyectada.

De la misma forma como se hizo en el análisis de los modelos casuales, la extrapolación de la tendencia histórica puede hacerse sobre la base de una función no lineal, como la polinómica, donde el valor de los parámetros se puede calcular estudiando los valores de los registros históricos con la herramienta **Solver** (véase el ejemplo 2.6).

El método de las *variables aleatorias*, desarrollado sobre la base del modelo clásico de Box y Jenkins,⁵ plantea que los valores reales de

⁵ Box, G. y G. Jenkins. Time series, Analysis, Forecasting and Control. Holden-Day, Inc., San Francisco, 1970.

la variable dependiente se explican por comportamientos estocásticos, o probabilísticos, donde la variable y se obtiene de

$$Y_t = X_{t-1} + \varepsilon$$

donde ε es un valor aleatorio. La validez del pronóstico depende de la hipótesis de que el valor esperado de ε sea cero.

Existen diversos *software* diseñados especialmente para aplicar variables aleatorias. Uno de ellos, el *Crystal Ball*, será analizado en los capítulos siguientes.

2.2.2 Técnicas cualitativas de predicción

Las técnicas cuantitativas de estimación descritas anteriormente constituyen una fuente de información importante para apoyar el proceso de toma de decisiones de inversión en cualquier empresa. Sin embargo, como ya se mencionó, la esencia del proceso decisorio es la incertidumbre respecto al comportamiento que asumirá en el futuro el valor de una determinada variable. Esto explica la importancia que se otorga a las *técnicas cualitativas*

de predicción como complemento de la información que deberá estar disponible antes de aprobar o rechazar un proyecto.

Los principales métodos cualitativos se basan en opiniones de expertos que se obtienen de la aplicación de una (o una combinatoria) de las técnicas conocidas como el *método Delphi*, la *investigación de mercados* y la *predicción tecnológica*. En general, estas técnicas se fundamentan en el valor que se otorga a las experiencias pasadas y a la capacidad de las personas para intuir anticipadamente efectos sobre las variables más relevantes en la viabilidad de un proyecto, como el conocimiento especializado de éxitos, fracasos y estándar de desempeño en materias similares.

El *método Delphi* se desarrolla como respuesta a las debilidades del modelo de *consenso de panel*, que buscaba una predicción de un grupo de expertos en una discusión abierta y que, por factores psicológicos conducía al grupo a seguir la posición de quienes demostraban tener una reputación, una habilidad para el debate o una personalidad dominante, capaz de imponerse a la calidad de otros argumentos. El consenso de panel sigue aplicándose en proyectos que se evalúan en empresas en funcionamiento, donde el personal interno demuestra experiencia y conocimiento del mercado. Uno de los casos más comunes es el de los vendedores que, con el conocimiento adquirido durante años en sus relaciones con los clientes, pueden opinar calificadamente sobre las reacciones y comportamientos

que podrían resultar de la posible introducción o modificación de un producto en el mercado, y el del personal de adquisiciones vinculado con los proveedores de insumos de la empresa.

El *método Delphi* supera las dificultades del consenso de panel al constituir un grupo heterogéneo de expertos en un proceso en que todos proporcionan información de manera interactiva, la cual es tratada sistemáticamente por un coordinador para concluir en una convergencia de la información colectiva, de la que nace la predicción.

Para ello, la participación de cada experto es anónima y se la proporciona al coordinador, quien recopila, procesa y retroalimenta a todos los expertos con las opiniones del resto. Mediante la reiteración del proceso en varias rondas, se tiende a una convergencia de opiniones que resulta en una predicción ampliamente consensuada. Este método se fundamenta en que la suma de las especialidades particulares de los integrantes del grupo cubre todo el ámbito de conocimientos que se requiere para la predicción, y que el conocimiento combinado supera las capacidades predictivas de cada individuo.

Ejemplo 2.8

Para hacer una predicción del mercado habitacional mediante la aplicación del método Delphi, se puede constituir un grupo de expertos integrado por un agente corredor de propiedades, una exautoridad económica del sector vivienda del gobierno, un empresario de la construcción, un analista de una institución bancaria especializado en créditos para la compra de viviendas, un analista bancario especializado en otorgar financiamiento a

proyectos inmobiliarios, un funcionario de la Dirección de Obras Municipales de la comuna donde se insertaría el proyecto y un universitario recién egresado de la carrera de administración que, con un nulo conocimiento del mundo real, con seguridad aportará la aplicación de uno o más de los modelos cuantitativos ya explicados. El equipo interdisciplinario así constituido, entre otros expertos, podrá aportar su experiencia en cada uno de los campos de trabajo y áreas de interés para conducir a un solo pronóstico del grupo.

La *investigación de mercados* considera la opinión de los clientes como pertinente en la actividad predictiva. Para ello recurre a diversas formas de recopilación de sus opiniones como, por ejemplo, la toma de encuestas a una muestra representativa de la población, la realización de experimentos o la observación de los consumidores potenciales en mercados de prueba, entre otras, buscando probar o refutar hipótesis sobre un mercado específico, características de algún producto o consumidores.

El procedimiento más característico de este modelo es la realización de una encuesta. Por ejemplo, si se busca medir la intencionalidad de compra para un nuevo producto que la empresa evalúa lanzar al mercado, debe en primer lugar seleccionarse el tamaño y ubicación de la muestra representativa, para luego efectuar la toma de la encuesta y analizar la información recopilada.

La selección de la muestra se puede hacer por un procedimiento no probabilístico, donde cada elemento de la población no tiene la misma probabilidad de ser elegible para la toma de la encuesta, o por un método probabilístico, donde todos tienen la misma posibilidad de ser encuestados. Es importante la estratificación previa de la población para determinar quiénes pueden tener una opinión fundada sobre la materia en estudio. Por ejemplo, para recopilar información sobre preferencias de los automovilistas es necesario conocer primero quiénes tienen vehículo.

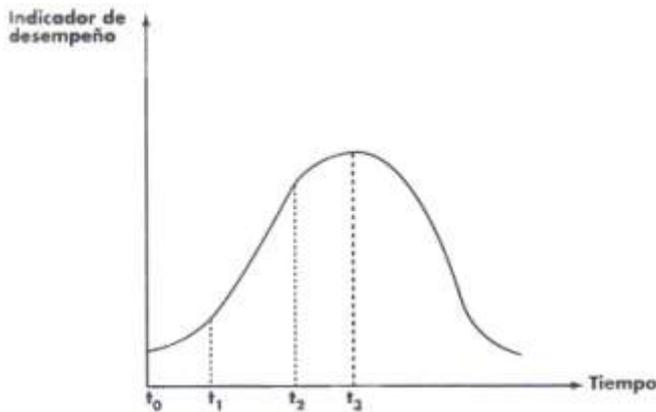
La *predicción tecnológica* es un método que incentiva la capacidad de anticipar el desarrollo de nuevas tecnologías o productos y el impacto que podría tener en el mercado específico de la empresa. Casos típicos son la posibilidad de introducir el gas en sustitución del petróleo en diversos procesos productivos, la comunicación inalámbrica o el desarrollo de nuevos insumos para la construcción. El método trata de prever un ciclo de vida y anticipar una *curva de sustitución* para definir la oportunidad del reemplazo de un mercado, un producto, insumo o tecnología, con la antelación suficiente para no tener que enfrentar los costos de la improvisación o de la decisión reactiva a un hecho consumado.

Los principales supuestos del método son que, cuando aparece una innovación tecnológica, los rendimientos (aumento de productividad o reducción de costos) crecientes terminarán por dejar obsoleta a la tecnología actual y que cuando se inicia la incorporación de la nueva tecnología, el proceso sustitutivo es irreversible hasta desplazar a la antigua. Por ejemplo, esto se ha observado en el pasado con la luz eléctrica en reemplazo de las lámparas a petróleo, el material sintético en vez del natural o las ventanas de aluminio en vez de las de hierro.

El método requiere de un seguimiento permanente de toda innovación que se empieza a introducir en el mercado para que, mediante análisis comparados de la tasa de adopción de tecnologías similares en el pasado, se defina el ciclo de vida que se estima más probable en función de algún indicador de desempeño.

El gráfico 2.10 ejemplifica la curva típica del ciclo de vida de una tecnología.

Gráfico 2.10 Ciclo de vida de una tecnología



En el período que va de t_0 a t_1 se introduce la nueva tecnología o producto. En este momento la empresa debe ser capaz de prever la posibilidad de éxito y anticipar el momento de la sustitución. Para ello, debe predecir la función que asumirá el indicador de desempeño en el tiempo. Entre t_1 y t_2 se produce una adopción intensiva de la innovación, al mostrar claras mejoras en su indicador de desempeño. Entre t_2 y t_3 el crecimiento sigue pero a tasas de rendimiento decrecientes y, a partir de t_3 , la tasa declina por la aparición de otra tecnología con un mejor indicador de desempeño. En el momento t_3 la empresa ya debería haber adoptado la tecnología más eficiente. El gráfico 2.11 muestra esta relación.

Esta misma técnica se utiliza para predecir cambios estructurales en la función de ventas de productos nuevos. Cuando una empresa evalúa, por ejemplo, introducir en el mercado un nuevo producto que significa un fuerte cambio tecnológico, es posible que la tendencia del consumo histórico se altere durante el período de tiempo en que el consumidor que disponía de la tecnología anterior la sustituye por la nueva. Sin embargo, una vez cubierta la demanda de sustitución, las ventas bajan para continuar con la proyección de la tendencia histórica, la que se explica por el crecimiento natural del mercado o por la sustitución normal por desgaste del producto. Esta situación se aprecia en el gráfico 2.12.

Entre t_0 y t_1 las ventas históricas de un producto (ventanas de hierro por ejemplo) se han ajustado a una curva de tendencia lineal. En t_1 se rompe la tendencia por empezar a incorporarse la sustitución de las ventanas de hierro por las de aluminio. Nótese

Gráfico 2.11 Curvas de sustitución

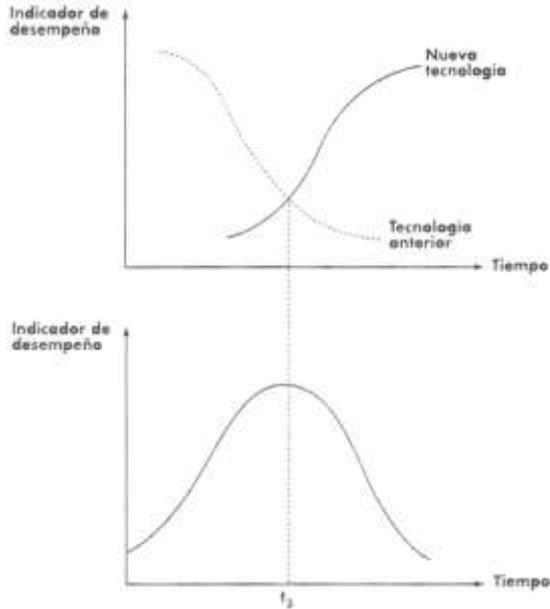
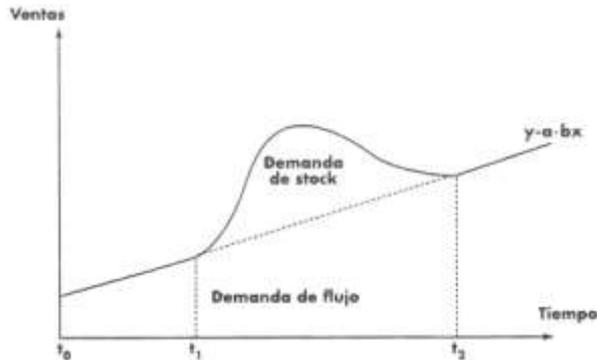


Gráfico 2.12 Variación estructural en la curva de tendencia



que la tendencia se modifica hasta que el proceso de sustitución termina en t_2 . Después de t_2 , la demanda por ventanas metálicas vuelve a la línea de tendencia ajustada por extrapolación de los datos históricos (t_0 a t_1). A la demanda normal ocasionada por las nuevas construcciones se le denominará *demanda de flujo* y corresponde al área bajo la línea de tendencia, mientras que a la demanda agregada por la innovación tecnológica se le llamará *demanda de stock*.

Esta situación ha sido fácilmente observada en el pasado con la aparición de los televisores, videograbadoras, pisos de alfombra y un sinnúmero de electrodomésticos. Actualmente se aprecia el inicio de procesos de sustitución en las cámaras fotográficas tradicionales por las digitales, las computadoras para el hogar, etcétera.

Como se ha expuesto, las técnicas cuantitativas proporcionan información relevante a la plana ejecutiva de las empresas; sin embargo en las decisiones importantes prima el juicio de quien debe tomar la decisión. Por esto es común que las técnicas cuantitativas se complementen con las cualitativas y con el criterio del decisor.

Preguntas y problemas

- 2.1 ¿Qué factores explican el comportamiento de la demanda? Analice los efectos de cada factor.
- 2.2 Explique los conceptos de bienes superiores, bienes neutros y bienes inferiores.
- 2.3 Defina el concepto de elasticidad precio de la demanda y explique las cinco formas que puede asumir.
- 2.4 Si una función de demanda se puede expresar como $Q = 40.000 - 2p^2$, calcule la elasticidad precio de la demanda para intervalos de \$10, desde $p=10$ hasta $p = 100$. Interprete los resultados que obtenga.
- 2.5 Explique qué mide la elasticidad precio cruzada de la demanda y enuncie cómo se pueden clasificar los bienes según el resultado.
- 2.6 Si al bajar el precio de un producto relacionado en un 5%, baja la cantidad demandada del producto de la empresa de 10.000 a 9.680 unidades ¿qué tipo de relación existe entre ambos bienes?
- 2.7 Explique en qué consiste y dé ejemplos de bienes complementarios, sustitutos e independientes.
- 2.8 ¿En qué caso los bienes se denominan normales o inferiores? Ejemplifique ambos conceptos.
- 2.9 Describa y ejemplifique los conceptos de bienes necesarios y bienes de lujo. Relaciónelos con la elasticidad ingreso de la demanda.
- 2.10 ¿Qué se entiende por precio de equilibrio y en qué situaciones se altera?
- 2.11 Comente la siguiente afirmación: "Una de las ventajas de un proyecto de ampliación es que permite lograr economías de escala en el abastecimiento de materias primas, al aumentar la capacidad negociadora por los mayores volúmenes de compra".
- 2.12 ¿Una misma función de costo variable medio puede presentar tendencias contrapuestas (aumentar o bajar) al analizar crecimientos constantes en el nivel de producción?
- 2.13 Explique en qué consisten la ley de rendimientos marginales finalmente decrecientes y la ley de rendimientos no proporcionales. Describa las distintas fases en los rendimientos vinculados con el nivel de producción.
- 2.14 Describa y justifique el comportamiento de los costos fijo medio, variable medio, total medio y marginal.
- 2.15 "Un buen proyecto es aquel que permite maximizar los ingresos de la empresa." Comente y fundamente gráficamente su respuesta.
- 2.16 ¿En qué se diferencian los modelos causales y los de series de tiempo para pronosticar comportamientos futuros de una variable relevante para evaluar un proyecto?
- 2.17 Comente la siguiente afirmación: "Un criterio adecuado para lograr un buen ajuste de curva es la minimización de las desviaciones totales observadas".
- 2.18 Para el conjunto de datos promedios siguientes que se obtuvieron de los registros históricos de la empresa:
- construya el gráfico de dispersión;
 - ajuste la curva de tendencia lineal por el método de los mínimos cuadrados;
 - estime el valor de la variable dependiente cuando la independiente es de 640;
 - estime el intervalo de confianza para lograr un grado de confianza del 95%.

| | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| X | 480 | 880 | 110 | 320 | 960 | 950 | 240 | 510 | 750 |
| Y | 362 | 750 | 143 | 410 | 758 | 1.002 | 320 | 365 | 618 |

2.19 Elabore el diagrama de dispersión y ajuste la tendencia lineal y polinómica para el siguiente conjunto de datos:

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| X | 100 | 210 | 290 | 405 | 515 | 585 | 714 |
| Y | 200 | 166 | 458 | 400 | 506 | 442 | 622 |

2.20 Con los resultados de la pregunta anterior, compare y analice la bondad de ambos ajustes.

2.21 Considere la siguiente información histórica para pronosticar las ventas para los períodos 5 al 13, mediante el método del promedio móvil simple de cuatro períodos

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ventas | 106 | 145 | 201 | 253 | 308 | 344 | 416 | 452 | 522 | 546 | 613 | 538 |

2.22 Determine los coeficientes de ponderación para aplicar el promedio móvil ponderado de tres períodos a la serie de datos sobre ventas mensuales del año anterior, explique el resultado y aplíquelos para proyectar el nivel esperado de ventas del mes 13.

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ventas | 104 | 126 | 155 | 132 | 144 | 168 | 157 | 183 | 191 | 178 | 202 | 188 |

2.23 Con la siguiente información histórica, proyecte las ventas de la empresa para los años 2001-2005.

| Año | Ventas |
|------|---------|
| 1986 | 178.454 |
| 1987 | 135.620 |
| 1988 | 141.909 |
| 1989 | 173.528 |
| 1990 | 206.030 |
| 1991 | 198.215 |
| 1992 | 232.440 |
| 1993 | 221.843 |
| 1994 | 216.631 |
| 1995 | 260.026 |
| 1996 | 295.313 |
| 1997 | 280.666 |
| 1998 | 348.912 |
| 1999 | 389.992 |
| 2000 | 443.806 |

Con los resultados que obtenga:

- a. grafique un diagrama de dispersión para el período 1986-2000;
- b. dibuje la tendencia lineal y polinómica para el período 1986-2000;
- c. determine cuál función se ajusta más a la serie de datos;
- d. calcule el intervalo de confianza de la estimación de las ventas del año 2001, para tener un grado de confianza del 95%.

2.24 ¿Cómo seleccionaría el grupo de trabajo para aplicar el método Delphi en la estimación preliminar del precio del pasaje de un tren rápido Santiago Melipilla?, ¿y el de la demanda del servicio de información sobre planes de salud previsional?

2.25 ¿Qué vincula y qué diferencia al método Delphi del de Consenso de panel?

2.26 Explique el concepto de ciclo de vida de una tecnología y las etapas que lo componen.

2.27 Identifique diez productos que se encuentren en la actualidad en la etapa inicial de una curva de sustitución.

2.28 Describa la importancia de predecir una variación estructural en la curva de tendencia e identifique cinco productos que en el pasado enfrentaron una demanda de stock y cinco que se encuentran en plena etapa de variación de demanda estructural.

Bibliografía

BIERMAN, H., C. BONINI Y W. HAUSMAN. Análisis cuantitativo para la toma de decisiones. Reading, Ma. Addison-Wesley, 1994.

BLAIR, R. y L. KENNY. Microeconomía con aplicaciones en las empresas. McGraw-Hill, España, 1983.

Box, G y G. JENKINS. Time series, Analysis, Forecasting and Control. Holden-Day, Inc., San Francisco, 1970.

CANADA, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.

EPPEN, G. D. y otros. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 2000.

FISCHER, S. y R. DORNBUSH. Economía. McGraw-Hill, México, 1990.

KAZMIER, L. Estadística aplicada a la administración y la economía. McGraw-Hill, México, 1999.

KINNEAY, T. y J. TAYLOR. Investigación de mercados. McGraw-Hill, Bogotá, 1998.

MAKRIDAKIS, S. y S. WHEELWRIGHT. Forecasting methods for management. John Wiley & Sons, Inc. Singapore, 1989.

SALVATORE, D. Economía y empresa. McGraw-Hill, México 1993.

SAMUELSON, P. y W. NORDHAUS. Economía. McGraw-Hill, México, 1996.

SAPAG, N. y R. SAPAG. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 2000.

WONNACOTT, P. y R. WONNACOTT. Economía. McGraw-Hill

COSTOS RELEVANTES EN PROYECTOS DE CAMBIO

Las consideraciones acerca de los costos que influyen en el resultado de la decisión de una inversión constituyen uno de los elementos más determinantes de una correcta evaluación de los proyectos de modernización. En este capítulo se analizan los principales conceptos y aplicaciones de costos, tanto directos como indirectos, y la forma en que deberán ser empleados en la formulación y evaluación de proyectos en una empresa en marcha.

Los costos contables y sus implicancias sobre los costos tributarios serán tratados especialmente, por constituir, en general, un factor decisivo en el resultado de la evaluación, particularmente en aquellos países con alta tasa impositiva.

Las decisiones adecuadas respecto a las inversiones en proyectos son fundamentales en el éxito o fracaso de una empresa. Muchas de estas decisiones, sin embargo, pueden obviar la consideración de algunos ingresos o costos por no ser pertinentes en el resultado de la comparación entre opciones de cursos de acción posibles de seguir.

El término *costo* tiene muchas acepciones distintas, dependiendo del tipo de decisión que se quiera tomar, aunque la definición más adecuada para el análisis de inversiones es la que lo considera como la reducción en dinero que implica comprometer este recurso para una opción particular de negocio, antes de calcular el beneficio que ella reporta. En este sentido, el concepto de costo involucra la totalidad de egresos ocasionados por una alternativa, ya sea que se derive de una inversión, un gasto de operación o un costo de oportunidad.

Un *costo de oportunidad* corresponde al beneficio dejado de percibir cuando se abandona la opción de usar los recursos en otra

oportunidad de negocio de la empresa. Por ejemplo, si un proyecto de ampliación requiere hacer uso de una bodega desocupada, no puede considerarse ni un costo de cero, ni una inversión a costo de construcción ni su valor contable para valorizarlo. Lo que corresponde es asignarle como costo el mayor valor entre la posibilidad de vender la bodega, alquilarla o usarla en otra opción, es decir, el mejor costo alternativo de ella.

A continuación se analizan distintos impactos de costos sobre la empresa que quiere emprender un nuevo proyecto.

3.1 Costos relevantes

Uno de los conceptos más importantes para una correcta evaluación económica de proyectos que involucran cambiar una situación existente por otra nueva, como la sustitución de tecnología o la externalización de un servicio, por ejemplo, es el denominado *costo relevante*, término que se

aplica indistintamente a los costos y a los beneficios, y que corresponde a los ítem que marcan una diferencia entre las opciones que se analizan.

En aquellos proyectos donde no se generan cambios respecto a la situación existente, como los de reemplazo de algún activo, por ejemplo, será la diferencia en los costos de cada alternativa la que determinará cuál de ellas se debe seleccionar, por cuanto los ingresos, al no variar entre las opciones, constituye un elemento irrelevante para la decisión.

Estos costos, denominados *diferenciales*, expresan el incremento o disminución de los costos totales que implicaría la implementación de cada una de las alternativas en análisis, en términos comparativos respecto a lo observado en la situación vigente. Por esto, bastará con considerar los costos diferenciales para decidir respecto de un proyecto que involucre variación en los resultados económicos esperados.

Puesto que muchas de las partidas de costo no variarán al implementar alguna operación como alternativa de la existente, se podrán excluir del análisis para la toma de la decisión. Sólo son relevantes aquellas partidas de costo que sean diferentes entre cada opción estudiada y una situación base de comparación.

Por ejemplo, si se evalúa hacer una producción extraordinaria para responder a una petición especial que implica alterar el programa de producción normal de una empresa, el costo diferencial generalmente corresponderá al costo variable de producción, puesto que los *costos fijos*, dentro de ciertos tramos, permanecerán constantes. Por *costo fijo* se define a aquel que no cambia con las variaciones en

el nivel de operación. Sin embargo, esta definición es válida sólo para tramos de producción, ya que aumentos en la cantidad producida por sobre ciertos niveles sólo serán posibles con el empleo de más recursos de carácter fijo (por ejemplo, más personal o más alquiler de depósitos). Si los costos fijos se vieran incrementados, el aumento ocasionado por este pedido sería parte del costo diferencial y, por lo tanto, debería considerarse como relevante para la decisión.

Ejemplo 3.1

Una empresa que produce partes electrónicas para la fabricación de televisores tiene una capacidad máxima de producción, con tres turnos diarios, de 24.000 partes al año. Basándose en el comportamiento histórico, las proyecciones de ventas para el próximo año son de 20.000 unidades, a un precio unitario promedio de \$ 116.

En el proceso productivo se proyecta la siguiente estructura de costos:

| | |
|--------------------------------|------|
| Material directo | \$63 |
| Mano de obra directa | 27 |
| Costo indirecto de fabricación | 30 |

El 40% de los costos indirectos de fabricación se explican directamente por el nivel de producción y el otro 60% corresponde a una asignación de costos generales de fabricación, como los seguros del edificio y maquinaria, la energía o el mantenimiento.

Además, la empresa aplica un estándar para asignar unitariamente los gastos de administración y ventas, que corresponde a \$20 por unidad. El 10% de este monto (\$2) es por concepto de pagos de comisiones a los vendedores.

Suponga que la empresa recibe un pedido especial, por una sola . para adquirir 2.000 partes electrónicas. Para determinar el precio mínimo al que podrían venderse las unidades adicionales, se debe calcular el costo relevante involucrado en la mayor producción, de la siguiente forma:

a. Material directo: como su nombre lo indica, son los insumos directamente empleados en la producción, por lo que se debe agregar \$63 por cada unidad adicional que se fabrique.

b. Mano de obra directa: de acuerdo con los antecedentes del problema, si la capacidad de producción anual es de 24.000 unidades, se deduce que cada turno de trabajo puede fabricar 8.000 unidades. Esto obliga a averiguar qué parte del costo de

mano de obra se paga por un turno normal y cuál es el que se paga por turno extraordinario. Si el sobrepago por hora es del 20% en segundos y terceros turnos, se puede concluir que 8.000 unidades se pagan a tarifa normal y 12.000 con un 20% de recargo. Por lo tanto:

$$\frac{8.000}{20.000} * x + \frac{2.000}{20.000} * 1,2 x = \$ 27$$

El valor de x, el costo por unidad en horario normal, es de \$24,1. Debido a que todo el pedido se hará en horario extraordinario, se debe considerar un costo de mano de obra directa unitaria de \$28,9, que corresponde a \$ 24,1*1,2.

c. *Costo indirecto de fabricación*: considerando que el 60% de este ítem se debe a una asignación de costos que no variarán con la producción extraordinaria, se debe tomar como costo relevante sólo el 40% restante. Es decir, \$12 por unidad.

Aun cuando los gastos de administración y ventas incluyen a las comisiones por venta como costo variable, en este caso no corresponde considerarlos dentro de los costos relevantes, por cuanto, al no ser las ventas generadas por la acción directa de los vendedores, la empresa no incurrirá en el pago de la comisión.

De acuerdo con esto, el costo incremental que tendría que asumir la empresa si decide aceptar el pedido especial es de:

| | |
|----------------------------------|---------|
| Material directo | \$63,0 |
| Mano de obra directa | 28,9 |
| Costos indirectos de fabricación | 12,0 |
| Total | \$103,9 |

Cualquier precio que esté dispuesto a pagar el comprador por sobre este valor será atractivo para la empresa.

En algunos casos se podrá agregar un costo por desgaste anticipado de la maquinaria, una rentabilidad mínima por el uso de los recursos de la empresa o gastos financieros si el pedido especial requiere de un capital de trabajo que será financiado con préstamos bancarios, por ejemplo.

En muchos casos puede esperarse también que los costos fijos cambien. Por ejemplo, si el proyecto obliga a variar el número de supervisores, equipos, seguros, alquileres u otros, la variación de estos costos fijos será relevante, tanto si redonda en aumentos como en ahorros de costos.

Los costos diferenciales no deben confundirse con los costos variables, aunque pueden coincidir. Mientras los *costos variables*, están constituidos por todos aquellos que varían directamente con el volumen de producción, los costos diferenciales se refieren a aquellos que cambian entre las alternativas específicas en análisis, pudiendo o no coincidir con los variables.

Como se aprecia claramente en el ejemplo anterior, los costos diferenciales no son necesariamente lo mismo que los costos variables, aunque pueden coincidir en algunos ítem, como materias primas, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación variable.

Los *costos históricos*, por otra parte, son inevitables, por haberse incurrido en ellos en el pasado. Por el hecho de haber sido devengados o convenidos en el pasado, estos costos son, independientemente de si fueron o no pagados, inevitables y, por lo tanto, son irrelevantes para la decisión, ya que cualquier decisión que se tome no hará variar su efecto como factor del costo total. Por ejemplo, el monto de la compra de un activo que se evalúa reemplazar dejó de ser evitable en el momento en que se adquirió, y cualquiera sea la alternativa por la que se opte, la inversión ya extinguida no será relevante.

Aunque los costos históricos en sí mismos son irrelevantes en las decisiones —dado que por haber ya ocurrido no pueden recuperarse— podrían tener un efecto indirecto relevante en la decisión de aceptación o rechazo de un proyecto, como, por ejemplo, los ingresos que pudiera generar un activo comprado en el pasado si se destina a usos optativos, como su venta, alquiler u operación, o los beneficios tributarios de la depreciación de un activo comprado en el pasado.

El factor relevante siempre será qué hacer a futuro y en ninguna evaluación se incorporará como patrón o elemento de medida la inversión u otros gastos ya realizados.

Aunque es frecuente que los costos históricos se usen para proyectar los costos futuros, un análisis correcto de las opciones de inversión obliga a efectuar todos los ajustes que requiera la estructura de costos de la empresa para representar el impacto positivo o negativo que un proyecto tendrá sobre los resultados económicos de la institución.

La evaluación de *proyectos de sustitución*¹ de instalaciones ocasiona, en la consideración de costos relevantes, mayores dificultades que el estudio de otro tipo de proyectos en empresas en marcha, más por la disponibilidad de la información adecuada que por los procedimientos empleados. Como se mencionó anteriormente, la sustitución puede

1. Corresponde a la evaluación de la conveniencia de reemplazar un activo existente por otro nuevo, de igual, mayor o menor capacidad de producción.
considerar tanto aumentos como mantenimiento de la capacidad productiva de la empresa.

Los reemplazos que no incrementan la capacidad productiva de la empresa pueden explicarse por el hecho de que existen activos que deben ser sustituidos por haber llegado a su punto de agotamiento, o a que, aun cuando pueden seguir funcionando, aparece una alternativa de igual capacidad pero con alguna ventaja económica.

También se puede dar el caso de un reemplazo por insuficiencia, como, por ejemplo, el de una computadora que no tiene la capacidad exigida para procesar el volumen de información requerido. Si bien este reemplazo aumenta la "capacidad" de la computadora, no incrementa la producción de bienes o servicios de la empresa y, por lo tanto, no tiene impacto sobre sus ingresos normales, aunque sí lo podrá tener sobre el ítem *venta de activo*.

En esta segunda posibilidad se presentan dos opciones que alteran el procedimiento de cálculo:

- a. que los activos nuevos tengan una vida útil igual a la vida residual de los activos por reemplazar, o
- b. que los activos nuevos tengan una duración mayor que la vida útil restante de los que estén en uso.

Si bien el reemplazo de un activo por otro con igual vida útil pudiera parecer una alternativa poco práctica, es una situación real en muchas empresas, donde el cambio tecnológico afecta más notablemente a los costos de operación que a la vida útil del activo.

En este caso, el razonamiento para la evaluación consistirá en determinar si el ahorro en los gastos fijos y variables de operación originados por el reemplazo es suficiente tanto para permitir recuperar la inversión adicional como para remunerar al inversionista por el capital invertido a una tasa de interés razonable para cubrir el costo del capital, en función del riesgo implícito en la decisión. Si se estimase que los costos fijos y los ingresos de operación permanecerán

constantes, ambos elementos deberán ser excluidos del análisis, por las razones expuestas anteriormente.

Para determinar el beneficio relevante de la nueva inversión se trabaja, comúnmente, con costos constantes de los factores de producción, puesto que los cambios en el precio de la materia prima o en la remuneración a la mano de obra directa afectarían por igual a ambas alternativas, a menos que la nueva inversión esté asociada a un cambio tecnológico que posibilite recurrir a un tipo de materia prima más barata o a trabajadores de diferente calificación y, por lo tanto, de distinta remuneración.

Si la vida útil de un equipo nuevo es mayor que la vida útil restante del equipo existente, los valores de venta de éste son relevantes para la decisión, tanto en el momento del reemplazo (cuando se analice la *situación con proyecto* de sustitución, ya que posibilita su venta anticipada) como al final de su vida útil restante (cuando se analice la *situación sin proyecto* de sustitución, ya que será un activo susceptible de vender al dejar de utilizarlo). Lo mismo sucederá con el valor de rescate del nuevo equipo al final del período de evaluación, ya que, como se mencionó en el capítulo anterior, se debe valorar el beneficio que representa la vida útil superior al período de evaluación.²

El análisis de un proyecto de sustitución con ampliación de la capacidad productiva debe respaldarse con una estimación del mercado potencial que haga referencia específica a las variables precio y volumen de ventas, para proyectar los mayores ingresos relevantes del proyecto.

El aumento de la capacidad puede hacer variar los *gastos variables unitarios* (y por lo tanto hacerlos relevantes) dependiendo del efecto del aumento de la operación en el rendimiento técnico y del costo de los factores de producción. Si la sustitución mejora el rendimiento, los costos directos bajarán. Si hace aumentar proporcionalmente la producción sin incrementar el rendimiento, los costos variables unitarios permanecerán constantes. El incremento en volumen puede repercutir en el costo de producción, por ejemplo, al permitir aprovechar descuentos por volumen en la compra de materias primas, o modificar la tasa horaria de trabajo. Si el aumento de la capacidad fuese significativo, posiblemente la infraestructura física y administrativa crecería, incrementando los costos fijos de toda la empresa. En esta situación, los costos fijos sí son relevantes para tomar la decisión.

En los párrafos anteriores se ha pretendido aclarar el concepto de costo relevante asociado específicamente al tema de la toma de decisiones en proyectos de modernización, pero sin entrar a identificar aquellos costos que normalmente serán pertinentes. Una clase de costos que errónea y comúnmente se consideran en una decisión, a pesar de ser irrelevantes, son los llamados costos sepultados, los que corresponden a una obligación de pago que se contrajo en el pasado, aun cuando parte de ella esté pendiente de pago a futuro. Si bien constituye un pago futuro, tiene un carácter inevitable que lo hace irrelevante. La parte de la deuda contraída y no pagada es un compromiso por

2. Este punto será analizado detalladamente en los capítulos siguientes, junto con otras opciones propuestas para solucionar problemas de diferentes vidas útiles.

el cual se debe responder independientemente de las alternativas que se evalúen. La excepción a lo señalado la constituirá la posibilidad de alterar la modalidad de pago, siempre que ella no esté asociada con todas las alternativas a las que se enfrenta la decisión. En este caso, la relevancia se produce por la variabilidad que ocasionaría el valor del dinero en el tiempo.

Aunque los costos relevantes son generalmente los costos efectivos y no los contables, estos últimos son importantes para determinar un costo indirecto relevante para la toma de decisiones:

los impuestos a las utilidades. Si el activo reemplazado se vende generando ya sea utilidades o pérdidas, se deberá considerar el efecto tributario que ocasione.

Para fines tributables, la sola inversión en una máquina, por ejemplo, no genera aumento ni disminución de riqueza. Si en el estudio de un proyecto se considera que la adquisición de un equipo se financia con recursos propios, el aumento en los activos fijos se compensa con la reducción de los activos líquidos (caja) o, si se financia con préstamos, el aumento en los activos fijos se compensa con el aumento de algún pasivo, por lo que no hay variación en las utilidades de la empresa. Por lo tanto, no hay efectos tributables directos. Sin embargo, cuando el activo es usado, empieza a perder valor, por el deterioro normal de ese uso y también por el paso del tiempo. Como es imposible que el fisco revise el grado de deterioro físico de cada activo de un país, se define una pérdida de valor promedio anual para activos similares que se denomina depreciación. La depreciación, por lo tanto, no constituye un egreso de caja (el egreso se produjo cuando se compró el activo), pero es posible restarlo de los ingresos para reducir la utilidad y con ello los impuestos.

El término depreciación se utiliza para referirse a la pérdida de valor contable de activos fijos. El mismo concepto referido a un activo intangible se denomina, en varios países, *amortización*, aunque en otros se mantiene el término depreciación para referirse a ello. Un caso típico de este tipo de activo es la compra de una base de datos. Mientras el disquete que lo contiene puede tener un costo muy bajo, su contenido intangible puede ser muy caro. Cuando se compra, el activo intangible tiene un valor contable equivalente al pagado; sin embargo, a medida que pasa el tiempo, este activo puede perder valor, igual que un activo físico. Para fines contables, la pérdida de valor promedio anual se refleja restando una proporción anual de las utilidades, mediante una cuenta denominada amortización del activo intangible. Así como hay activos fijos que no pierden valor (como los terrenos) y, por lo tanto, no se deprecian, hay activos intangibles (como la marca del negocio) que no pierden valor y no se amortizan.

Algunos costos relevantes, que generalmente no se consideran en la formulación de proyectos de mejora de una situación existente en una empresa en marcha, son los que se refieren a las tasas de cambio de los costos de producción: los mayores costos asociados a la curva de aprendizaje, los menores costos por el eventual uso de la garantía de los equipos nuevos, la variación en la tasa de costos de mantenimiento de los equipos y los costos indirectos asociados a una reparación mayor, etcétera. A continuación se analizan los principales aspectos económicos de cada uno de ellos en la evaluación de un proyecto.

3.2 Técnicas de estimación de costos

En nivel de prefactibilidad es posible utilizar una serie de técnicas de estimación de los costos del proyecto, basándose en información histórica de la propia empresa o recurriendo a estándares generalmente aceptados. Entre éstas, destacan tres por su simpleza y por el valor de la información que proveen:

- a. Técnica de factores combinados
- b. Cálculo de costo exponencial
- c. Análisis de regresión

Ninguno de ellos se aplica en nivel de factibilidad cuando la información de costos que se busca calcular es determinante en el éxito o fracaso de un proyecto.

3.2.1 Factores combinados

La *técnica de factores combinados* es el más simple de los métodos de estimación de costos y consiste en combinar estándares con valores reales. Generalmente se aplica en situaciones donde existe un componente de costos muy pertinente y otro poco significativo. Mientras el primero de ellos se calcula en forma más precisa (costeo de etapas de producción, cotización del proveedor, etcétera), el segundo usa información secundaria como estándares de costos. La ecuación 3.1 expresa este modelo:

$$(3.1) \quad C = \sum C_d + \sum CU_i * q_i$$

donde C es el costo que se busca calcular, C_d el costo real de cada componente pertinente, CU_i el costo unitario del componente i de la estructura de costos y q_i la cantidad del componente i.

Ejemplo 3.2

Suponga que se desea calcular el costo total de instalar una red interna de comunicación, para lo cual se estima emplear 1.000 metros lineales de cable coaxial para enlazar las dependencias de la empresa, 4 unidades de interfaz, 2 modems y un administrador de red. El administrador de red es el componente más caro, por lo que se realizó un estudio acabado de su costo, que se definió en \$30.000. El resto de los componentes se estimó de la siguiente forma.

Tabla 3.1 Costo de los componentes

| Componente | Estándar de costo |
|---------------|-----------------------|
| Cable coaxial | \$ 3 por metro lineal |
| Instalación | \$ 2 por metro lineal |
| Interfaz | \$ 2.000 c/uno |
| Modems | \$ 300 c/uno |

Reemplazando estos valores en la ecuación 3.1 se obtiene:

$$C = 30.000 + 3(1.000) + 2(1.000) + 4(2.000) + 2(300) = 43.600$$

3.2.2 Factor exponencial

La *técnica de factor exponencial* se usa cuando el proyecto genera economías o diseconomías de escala respecto del nivel de costos existentes.

El método supone que la estructura de costos varía en proporción distinta a la variación en la capacidad o niveles de producción.

El modelo general, que se explica en detalle en el capítulo 11, se expresa en la ecuación 3.2

$$(3.2) \quad \frac{C_2}{C_1} = \left| \frac{q_2}{q_1} \right|^\beta$$

donde C_2 es el costo de operación en la situación con proyecto, C_1 el costo de operación para el nivel de producción actual, q_2 la capacidad de producción con proyecto, q_1 la capacidad de producción actual y β el factor de costo exponencial o factor de exponente de costo.

Despejando la variable a determinar, se deduce:

$$(3.3) \quad C_2 = \left| \frac{q_2}{q_1} \right|^\beta * C_1$$

Ejemplo 3.3

Una empresa empaqueta en bolsas 200.000 unidades de su producto con un costo de \$240.000. Si se evalúa ampliar la producción en un 50% y el factor de costo exponencial es de 0,8, el nuevo costo sería de:

$$C_2 = \left| \frac{300.000}{200.000} \right|^{0,8} * 240.000 = 331.954$$

Nótese que si se hubiese supuesto que el costo aumenta proporcionalmente con la producción se habría calculado un costo total de \$360.000, al no considerar las economías de escala que son posibles de obtener.

El factor de costo exponencial no refleja cambios en función de niveles de producción distintos porque supone una linealidad común en las economías de escala, aunque lo más probable es que, de acuerdo con el tamaño, también cambie la función exponencial. Al utilizarse como un instrumento facilitador del proceso de toma de decisiones en estudios de prefactibilidad, esta limitación se obvia dando al modelo la importancia de la simplificación de cálculo en industrias donde el factor de escala o factor de costo exponencial es conocido y confiable en determinados rangos.

Remer y Chai³ ofrecen una lista de los factores más comunes de exponentes de costos o inversiones, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Tabla 3.2 Factores exponenciales de costos e inversiones

| Item | β | Item | β |
|--------------------------|---------|--------------------|---------|
| Transportador de rodillo | 0,9 | Grúas | 0,6 |
| Elevadores | 0,4 | Calderas de vapor | 0,5 |
| Compresor de aire | 0,4 | Empaque bolsas | 0,8 |
| Secador de aire | 0,6 | Motores eléctricos | 0,8 |

3. REMER, D. S. y L. H. CHAI. "Design cost Factors form Scaling-up Engineering Equipment", en: Chemical Engineering Progress, agosto 1990, pp. 77-82.

3.2.3 Regresión simple

También es posible recurrir a un método que calcula los costos futuros como una función de los costos históricos en moneda de igual valor. Para ello se utiliza la función analizada en el capítulo anterior:

$$(3.4) \quad y = a + bx$$

donde y corresponde al costo total (CT) observado mensualmente, a al costo fijo (CF), b al costo variable unitario (cv) y x a la cantidad producida.

Dicho de otra manera, el costo total es igual al costo variable unitario por la cantidad de unidades a producir, más el costo fijo. Es decir,

$$(3.5) \quad CT = CF + (cv)q$$

Con este procedimiento se determinan los valores estimados de a y b , calculados sobre la base de una regresión de datos históricos, los cuales se aplicarán a la estimación de los costos fijos y variables en la construcción del flujo de caja.

Aunque muchos costos son fácilmente clasificables como fijos o variables, existe una importante gama que cae en una clasificación intermedia conocida como *costos semivariables*, entre los que se puede mencionar el consumo de luz, el mantenimiento de maquinarias o las reparaciones. En estos casos, el uso de la regresión simple constituye una adecuada opción para estimar su componente fijo y variable cuando existe información histórica en la empresa.

Ejemplo 3.4

Si una empresa registra mensualmente la producción y los costos totales que se presentan en el siguiente cuadro, los valores de a y b se calcularán mediante las ecuaciones 2.13 y 2.14 explicadas en el capítulo anterior o mediante una planilla electrónica.

Tabla 3.3 Cuadro de costos y producción histórica

| Mes | Producción (x) | Costo | xy | X2 |
|-------|----------------|---------|---------------|------------|
| 1 | 2.300 | 48.110 | 110.653.000 | 5.290.000 |
| 2 | 2.420 | 50.200 | 121.484.000 | 5.856.400 |
| 3 | 2.150 | 47.000 | 101.050.000 | 4.622.500 |
| 4 | 2.630 | 53.600 | 140.968.000 | 6.916.900 |
| 5 | 2.630 | 52.990 | 139.363.700 | 6.916.900 |
| 6 | 2.150 | 48.200 | 103.630.000 | 4.622.500 |
| 7 | 2.470 | 50.200 | 123.994.000 | 6.100.900 |
| 8 | 2.220 | 49.510 | 109.912.200 | 4.928.400 |
| 9 | 2.590 | 52.800 | 136.752.000 | 6.708.100 |
| 10 | 2.400 | 49.920 | 119.808.000 | 5.760.000 |
| 11 | 2.190 | 50.800 | 111.252.000 | 4.796.100 |
| 12 | 2.370 | 47.890 | 113.499.300 | 5.616.900 |
| Sumas | 28.520 | 601.220 | 1.432.366.200 | 68.135.600 |

De lo anterior se deduce que \bar{y} es igual a 50.101,67, y que \bar{x} es 2.376,67.

Reemplazando estos valores en las ecuaciones 2.13 y 2.14 del capítulo anterior, se obtiene:

$$b = \frac{12(1.432.366.200) - (28.520)(601.220)}{12(68.135.600) - (28.520)(28.520)} = 9,82$$

y

$$a = 50.101,67 - 9,82(2.376,67) = 26.765,82.$$

Por lo tanto, si se definió a como costo fijo y b como costo variable unitario, al reemplazar con éstos valores la ecuación 3.5 de costo total, resulta:

$$CT = 26.765,82 + 9,82q$$

3.3 Curva de aprendizaje

Cuando se evalúa un proyecto de modernización que involucra un cambio tecnológico importante, puede ser conveniente o necesario considerar la posibilidad de que el proyecto tenga que enfrentar los efectos negativos para el flujo de caja de lo que se denomina *curva de aprendizaje*.

Este término es el que se emplea para reconocer que, en una primera etapa, la productividad pueda ser inferior a los estándares considerados como normales, por cuanto el personal contratado va adquiriendo muchas veces la experiencia necesaria en el manejo de la tecnología durante la etapa de producción del primer período posterior a la puesta en marcha. Esta menor productividad no sólo podrá determinar menores niveles de producción y venta en los primeros períodos, sino también mayores costos unitarios de producción, explicados tanto por la mayor cantidad de material dañado que produce la falta de experiencia como por el menor aprovechamiento de las escalas de producción óptimas.

A medida que aumenta la producción, se observa que las empresas desarrollan y aplican mejores métodos de trabajo, incrementan la velocidad de producción, disminuyen el número de artículos rechazados, bajan la tasa de ocupación de la mano de obra y uso de materiales y, en general, se logra mejorar el uso de todos los recursos.

La curva de aprendizaje, conocida también como curva de la experiencia, es una técnica que posibilita incluir una tasa de crecimiento en la productividad (o de decrecimiento en los costos unitarios) basada en antecedentes específicos que se pudieran observar tanto en la industria como en procesos productivos similares en la propia empresa.

Cuando se grafica, la curva de experiencia se caracteriza por tener la forma de una pendiente que desciende en forma progresiva y es marginalmente decreciente; cuando se calcula logarítmicamente, toma una forma lineal. La magnitud del efecto del aprendizaje se calcula como la proporción en la que los costos se reducen con sucesivas duplicaciones en los niveles de producción.

La curva de aprendizaje se basa en tres consideraciones básicas:

- que el tiempo que se ocupa en realizar una tarea o en elaborar una unidad de un producto será menor cada vez que se realice la tarea o fabrique el producto,
- que la tasa de ahorro de tiempo por unidad producida será decreciente, y
- que la reducción en el tiempo empleado en ejecutarlo seguirá un patrón previsible.

El supuesto central del modelo es que cada vez que se duplica la producción se reduce en un porcentaje determinado el tiempo ocupado en ella. Si al doblarse la producción se reduce el tiempo de fabricación en un 20%, por ejemplo, se dice que el proceso tiene una curva de aprendizaje del 80%.

Gráfico 3.1 Curvas de aprendizaje



El gráfico 3.1 muestra cómo mejora la productividad al aumentar el aprendizaje del proceso productivo, tanto por el mayor número de unidades producidas en un mismo período de tiempo como por el menor tiempo dedicado a la producción de cada unidad. De la misma forma, se aprecia que el costo por unidad se reduce más fuertemente mientras menor es la tasa de aprendizaje.

Hay dos formas de medir la mejora en el desempeño de una tarea por efecto de la curva de aprendizaje: como la reducción en el tiempo destinado a la producción de cada unidad o como el aumento en el número de unidades producidas en un mismo período de tiempo. Una derivación de ambas es la que mide la reducción en el costo unitario de producción.

Aunque el procedimiento de cálculo es el mismo, existen dos interpretaciones distintas de cómo considerar el tiempo que se deberá ocupar en la producción de cada unidad sucesiva: Uno de los modelos, el que conduce a un resultado más optimista, es el presentado por Horngreen y Foster,⁴ y el otro, más conservador, es el propuesto por Chase y Aquilano.⁵

4. HORNGREEN, C. y G. FOSTER. Contabilidad de costos: un enfoque gerencial. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1990, pp. 404-408.

5. CHASE, R. y N. AQUILANO. Dirección y administración de la producción y de las operaciones. Addison-Wesley Iberoamericana, Estados Unidos, 1994, pp. 578-599.

Ejemplo 3.5

La forma de cálculo y la diferencia entre ambos criterios se exhibe en la tabla 3.4:

Tabla 3.4 Comparación de resultados modelos Horngreen-Foster versus Chase-Aquilano

| Número de unidades producidas | Horas de trabajo por unidad | Horngreen - Foster | | Chase - Aquilano | |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | | Horas acumuladas | Horas última unidad | Horas acumuladas | Horas última unidad |
| 1 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| 2 | 80.000 | 160.000 | 60.000 | 180.000 | 80.000 |
| 4 | 64.000 | 256.000 | 48.000 | 308.000 | 64.000 |
| 8 | 51.200 | 409.600 | 38.400 | 512.800 | 51.200 |
| 16 | 40.960 | 655.360 | 30.720 | 840.480 | 40.960 |
| 32 | 32.768 | 1.048.576 | 24.576 | 1.364.768 | 32.768 |

En la primera columna se anota el número de unidades. Si para la primera unidad se ocuparon 100.000 horas, cada vez que se duplica la producción se anota el 80% del total de horas de trabajo por unidad anterior. Por ejemplo, para dos unidades se calcula el 80% de 100.000, para cuatro unidades el 80% de 80.000, y así sucesivamente.

La diferencia en el cálculo de horas ocupadas entre las propuestas de Horngreen-Foster y de Chase-Aquilano, ambas incluidas en la tabla anterior, radica en que mientras uno supone que la curva de aprendizaje del 80% indica que el promedio de toda la producción acumulada se reduce en un 20%, el otro considera que el ahorro de tiempo corresponde sólo a la producción agregada. Como puede observarse, en el primer caso se considera que al producir dos unidades ambas reducen el tiempo promedio de producción a 80.000 horas, con lo cual, si la primera unidad demoró 100.000 horas en producirse, la segunda unidad demoraría 60.000 horas. En el segundo caso se aplica la tasa de aprendizaje sólo a la segunda unidad, por lo que se estima que el tiempo ocupado en la segunda unidad será de 80.000 horas.

Al calcular los costos de producción, el primer método es más optimista que el segundo. Si bien este último parece más adecuado a la estimación de costos unitarios propios de cualquier proyecto de ampliación, es la información usada en la estimación de la tasa de ahorro de costos la que determinará la validez de cada uno de estos modelos.

Un análisis logarítmico del modelo usa una ecuación de la forma:

$$(3.6) \quad Y_x = Kx^n$$

donde x representa el número de la unidad, Y_x el número de horas de trabajo directo que se necesitan para producir la unidad x, K el número de horas de trabajo directo para producir la primera unidad, y n, el $\log b / \log 2$, donde b es la tasa de aprendizaje.

Ejemplo 3.6

Si se desea calcular las horas de trabajo para producir la octava unidad, con los datos del ejemplo anterior se deberá reemplazar esta ecuación por los términos conocidos, obteniéndose:

$$Y_8 = (100.000) (8)^n$$

de donde

$$\begin{aligned} Y_8 &= 100.000 (8)^{\log 0,8/\log 2} \\ &= 100.000 (8)^{-0,322} \\ &= 100.000 / (8)^{0,322} \\ &= 100.000 / 1,9535 \\ &= 51.900 \end{aligned}$$

De acuerdo con esto, se necesitarían 51.900 horas para fabricar la octava unidad.

3.4 Garantía sobre los equipos nuevos

El efecto contrario al de la curva de aprendizaje es el que se observa por el menor costo de operación en los primeros años de uso de una nueva tecnología. Generalmente, los proveedores otorgan una garantía sobre los nuevos equipos, que origina que los costos, durante el primer año, se vean reducidos porque la empresa puede evitar parte del gasto programado en repuestos y mantenimiento para una situación de operación normal.

Si bien este beneficio puede conceptualmente ser relevante en la generalidad de la empresa, tiende a tener poca importancia al evaluarse un equipo en forma individual. Ello explica que generalmente se omita, junto con los efectos del aprendizaje, al suponer que los mayores costos iniciales por el aprendizaje se compensan con los menores costos de mantenimiento por la garantía de los equipos.

Si el cambio tecnológico pudiera tener un impacto significativo dentro de la estructura de costos, no podrá obviarse la inclusión de la curva de aprendizaje por el fuerte impacto que podría tener sobre la productividad y costos iniciales. Sin embargo, el menor costo de la garantía podrá no ser considerado si es incluido en la tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento o si se plantea seguir un criterio conservador en la evaluación.

3.5 Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento de las máquinas tienden a ser considerados como un valor constante en el curso de los años en la evaluación de los proyectos. Sin embargo, este costo varía permanentemente, pudiendo ser de alta significación en proyectos de reemplazo donde la variable determinante de aceptación o rechazo está basada en costos relevantes.

A medida que el tiempo transcurre y los equipos son más antiguos y tienen mayor cantidad de horas de uso acumuladas, empiezan a requerir cada vez más repuestos, más horas hombre destinadas a la reparación del activo y más insumos para efectuar el mantenimiento. Para una correcta evaluación de las opciones en estudio se deberá elaborar, sobre la base de registros históricos de gastos en mantenimiento por tipo de activo, una tasa de crecimiento en este costo, tasa que puede crecer, a su vez, a tasas marginales que aumentan a lo largo del tiempo.

Una forma de construir la función de crecimiento de los costos de mantenimiento es mediante la aplicación de los instrumentos que provee una planilla electrónica como Excel.

Ejemplo 3.7

Una empresa constructora de caminos posee una flota de motoniveladoras que, en promedio, tienen una vida útil de 14 años. Para determinar la tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento, repuestos y reparaciones, se dispone de los siguientes promedios históricos gastados por cada motoniveladora.

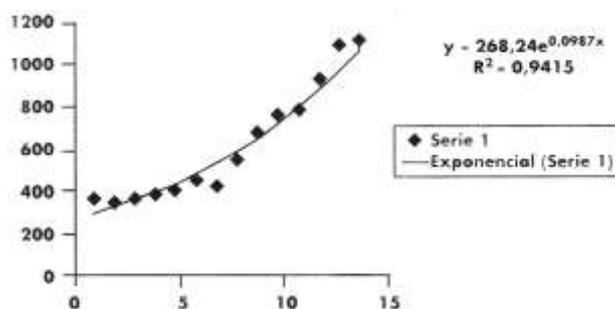
Tabla 3.5 Serie histórica de gastos en mantenimiento, repuestos y reparaciones de las motoniveladoras por años de antigüedad

| Años de uso | Costo anual |
|-------------|-------------|
| 1 | 360 |
| 2 | 352 |
| 3 | 361 |
| 4 | 385 |
| 5 | 404 |
| 6 | 445 |
| 7 | 426 |
| 8 | 542 |
| 9 | 668 |
| 10 | 750 |
| 11 | 785 |
| 12 | 925 |
| 13 | 1.082 |
| 14 | 1.104 |

Para determinar la función de la tendencia de crecimiento del costo de mantenimiento por año de antigüedad de cada máquina, se puede calcular la ecuación exponencial de la serie de datos históricos, siguiendo los mismos pasos ya señalados para estimar la curva polinómica y lineal que se explicó en el capítulo anterior.

En una planilla Excel se utiliza el **Asistente para gráficos** y se obtiene el resultado que muestra el gráfico 3.2.

Gráfico 3.2 Determinación de la tasa de costo de mantenimiento



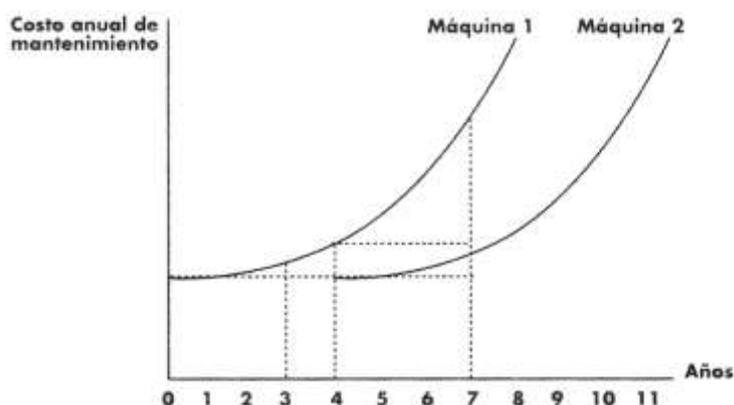
De acuerdo con esto, la tasa de crecimiento anual de los costos de mantenimiento se explica por la ecuación $y = 268,24 e^{0,0987x}$, donde y es el costo del mantenimiento anual y x la cantidad de años de uso.⁶

Con esta información se puede calcular la variación año a año de los costos durante los 14 años de vida activa promedio esperada de las motoniveladoras.⁷

Es muy posible que en un proyecto de reemplazo se tengan que comparar dos activos que exhiban la misma tasa de crecimiento en los costos de mantenimiento. Sin embargo, probablemente durante los primeros años de evaluación el equipo nuevo tenga una tasa de crecimiento baja o cercana a cero, mientras que el equipo antiguo esté en un período donde la misma tasa de cambio ya está en niveles de alto crecimiento.

Esta situación se aprecia en el gráfico 3.3, donde, por ejemplo, ambos activos muestran la misma tasa de crecimiento en los costos de mantenimiento, si se comparan con la misma antigüedad. Por ejemplo, el costo anual es idéntico para los tres primeros años de cada alternativa. Sin embargo, se observa que el activo comprado primero no sólo tendrá en cuatro años más un costo de mantenimiento mayor que el de la máquina nueva, sino que crecerá a tasas diferentes, también mayores, ese año y los siguientes, respecto al equipo nuevo en igual período.

Gráfico 3.3 Comparación de tasas de crecimiento en costo de mantenimiento de máquinas similares



6. $e = 2,71828$

7. En el capítulo 13 se hace una aplicación completa de esta ecuación.

3.6 Costos de una mejora o reparación mayor

Tampoco es frecuente considerar en los proyectos de modernización el efecto de una reparación mayor o mejora asociada con la continuidad de uso de un activo viejo que se compara con su eventual sustitución por uno nuevo. Esto se explica porque a la opción de continuar se la vincula generalmente sólo con la inversión que se debe efectuar para hacer efectiva la mejora.

Los efectos sobre el flujo de caja de continuar con el equipo antiguo, sin embargo, son bastante más complejos que los vinculados sólo con el costo de esa mejora. Por ejemplo, los costos indirectos del propio proceso de la reparación mayor conducen a dos efectos diferentes, tanto sobre los costos como sobre los ingresos de la empresa:

a. Si durante el período de detención del activo la empresa decide alquilar un equipo que lo sustituya, trabajar con turnos especiales o subcontratar con empresas externas el trabajo que dejó de hacer, para mantener el nivel de operación del negocio, los ingresos se mantienen en su nivel pero cambia la estructura de costos en función de la opción que tome la empresa. Si elige la subcontratación por medios externos, probablemente bajen algunos costos directos internos y se asuman los cobrados por el proveedor externo. Si alquila una máquina, los costos tradicionales se mantienen y aumenta el costo del alquiler. Si trabaja en turnos especiales, también se mantienen los costos tradicionales, pero aumentan aquéllos asociados a turnos especiales, como, por ejemplo, el pago de horas extras o segundos turnos al personal. En el caso de turnos especiales, se deberá considerar, además, el costo asociado al aumento de uso del resto de los activos, como, por ejemplo, los costos de su mantenimiento.

b. Si durante el período de la reparación la empresa decidiera no suplir la producción por otra vía, se vería reducido su nivel de actividad, por lo que deberá incluirse en los flujos el efecto del menor ingreso por la baja en las ventas y el menor costo directo por la reducción en la actividad: materiales, pagos a la mano de obra directa, etcétera.

3.7 Irrelevancia de algunos costos asignados

Los distintos sistemas de análisis contable de costos asignan o prorratan los costos indirectos en que incurre entre productos o centros de costos productivos de la empresa. La *asignación de costos* es una tarea inevitable en las organizaciones, las que se ven obligadas a definir diversos criterios para distribuir, por ejemplo, el costo de las remuneraciones del personal de farmacia entre las distintas prestaciones médicas para costear una intervención quirúrgica, o el costo del seguro contra incendio del edificio donde funciona una universidad entre las actividades de docencia e investigación, o el costo de la administración general de una empresa entre los distintos productos que elabora. Esto, principalmente para costear productos o evaluar el desempeño de las distintas divisiones que pudiera tener la empresa.

Los *costos directos*, aquellos que se asocian directamente con un producto, servicio o departamento, por definición no requieren un proceso de asignación, ya que se identifican claramente con el objetivo de costo: un envase con el producto o el sueldo de un consultor con una asesoría, por ejemplo. Los *costos indirectos*, por el contrario, no se identifican claramente con el objetivo del costo y deben ser asignados de acuerdo con alguno de los criterios que la teoría y la práctica ofrecen.

Cuando dos o más "usuarios" comparten un mismo costo, debe distribuirse el gasto asociado entre ambos, mediante la mejor estimación de cuál es la responsabilidad de cada parte en el costo total.

Es frecuente, en este sentido, utilizar criterios ampliamente estandarizados, como, por ejemplo, los metros cuadrados asignados a cada unidad para distribuir el costo de mantenimiento de un edificio y el número de empleados para distribuir el gasto del departamento de personal.

La asignación contable de costos determina que el costo de una unidad de la empresa incluya costos que son irrelevantes para la toma de decisiones, por tener un carácter inevitable.

En proyectos que evalúan el *outsourcing* de determinadas actividades de la empresa, muchos costos que les fueron asignados no deben ser considerados en la evaluación. Por ejemplo, cuando se evalúa la externalización de un servicio de mantenimiento de maquinarias, probablemente en los costos contables vigentes se incluya el prorrateo del costo de los seguros del edificio y el seguro de los equipos de mantenimiento. Mientras el primero generalmente será inevitable (ya que si el edificio sigue asegurado, aunque se externalice el servicio, el costo debe seguir siendo financiado por la empresa), el segundo es evitable por la eventual venta de los activos que dejarían de usarse y, en consecuencia, el seguro asociado a ellos no se justificaría.

La forma más simple para evitar caer en el error de trabajar con los costos contables en vez de con los *costos efectivos*⁸ es identificar todos

8. Todos aquellos costos que son pertinentes para la decisión.

Los costos de la situación existente (sin proyecto) y compararlos con todos los costos de la situación con proyecto, sean o no relevantes, ya que los irrelevantes se anulan entre sí en cualquier comparación. Existen dos métodos para evaluar proyectos de modernización: uno que compara los flujos de la situación base respecto de la situación con proyecto, y otro que hace un análisis incremental. En el capítulo 7 se trata este tema con profundidad.

Preguntas y problemas

- 3.1 Explique el concepto de costo de oportunidad y mencione tres ejemplos.
- 3.2 Explique el comportamiento de los costos fijos y comente respecto de su carácter diferencial.
- 3.3 ¿Considera relevante el valor del terreno donde se contempla construir las instalaciones para ampliar la capacidad productiva de una empresa?
- 3.4 La compañía Grizzly S.A. produce cerraduras que vende a varias fábricas de puertas que son sus clientes tradicionales. La empresa Inmobiliaria Zeus S.A. le solicita cotizar una orden especial de 1.600 cerraduras que requiere para la construcción de un conjunto habitacional en las afueras de la ciudad.

Grizzly S.A. opera actualmente a un 70% de su capacidad instalada, que equivale a 1.900 cerraduras mensuales. La orden especial debe ser cubierta con cuatro entregas mensuales de 400 unidades cada una.

Aun cuando el precio de venta normal es de \$520, Zeus S.A. ofrece pagar sólo \$230 por cada cerradura, argumentando que ella asumiría los costos de transporte y que el fabricante se evitaría incurrir en los gastos de marketing.

La estructura de costos de Grizzly S.A. es la siguiente:

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Materiales directos | \$70 |
| Mano de obra directa | \$50 |
| Costos indirectos variables | \$90 |
| Comisiones de venta | 6% |
| Costos indirectos fijos | \$360.000 |

Para determinar su precio, Grizzly considera un margen de utilidad del 20% sobre los costos totales.

Se estima que atender el pedido especial obligará a aumentar los gastos fijos de la supervisión en \$10.000 mensuales.

Con esta información, determine la conveniencia de aceptar la orden de trabajo especial y calcule el precio mínimo para aceptarla.

3.5 Comente la siguiente afirmación: "En la evaluación de un proyecto en una empresa en marcha se deben considerar sólo los costos diferenciales".

3.6 ¿Cómo se diferencian los costos variables de los costos diferenciales? ¿En qué casos ambos costos coinciden?

3.7 Comente la siguiente afirmación: "Como los costos históricos son inevitables, se consideran irrelevantes para la decisión de inversión y, por lo tanto, no es necesario conocerlos ni analizarlos."

3.8 "Un costo histórico que no esté pagado debe ser considerado en la evaluación, ya que su desembolso ocurriría en el futuro." Comente.

3.9 ¿Qué costos y beneficios se podrían asociar con la decisión de sustitución de un activo, al que le quedan seis años de vida, por otro nuevo cuya vida útil proyectada es también de seis años?

3.10 Las depreciaciones de activos fijos no se deben considerar en la evaluación de un proyecto, ya que no constituyen movimientos de caja." Comente.

3.11 Si el factor de costo exponencial es 0,5, determine en qué porcentaje aumentan los costos en relación con una variación en la cantidad.

3.12 ¿Cuál es el factor de escala de un equipo transportador de materiales que al aumentar su capacidad en un 30% ocasiona un aumento de costos de un 20%?, ¿y cuál sería el factor si los costos aumentan en un 45%?

3.13 Se necesita conocer cuál es el costo total de la instalación de una nueva central telefónica para el edificio donde funcionan las oficinas de la empresa, para lo cual se estima emplear 1.250 metros de cable telefónico simple, 42 anexos telefónicos simples, 8 anexos telefónicos de multiconferencia, 50 conectores, una tarjeta telefónica y una central telefónica. Los valores unitarios de cada componente son los siguientes:

| Componente | Estándar de costo |
|------------------------|--------------------|
| Cable telefónico | \$10 metro lineal |
| Anexo simple | \$12.500/unidad |
| Anexo multiconferencia | \$23.330 / unidad |
| Tarjeta telefónica | \$86.000 / unidad |
| Conectar telefónico | \$2.350 / unidad |
| Central telefónica | \$835.500 en total |

3.14 El costo de distribución de 54.000 unidades de un producto es \$545.000 ¿Cuánto será el costo de distribuir 67.500 unidades si se sabe que el factor de costo exponencial es 0,85?

3.15 La empresa Hillary & Co. elabora molduras metálicas para la industria aeronáutica. Muchos costos son fácilmente clasificables como fijos y variables, aunque no se aprecia así con el consumo de luz y las reparaciones. Para ambos costos se dispone del siguiente registro de comportamientos de costos.

| Mes | Consumo de luz | | Reparaciones | |
|------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|
| | Kw | Costo mensual | Horas mano de obra | Costo mensual |
| Enero | 230.000 | 150.000 | 3.740 | 151.500 |
| Febrero | 246.600 | 165.100 | 3.910 | 157.000 |
| Marzo | 260.800 | 163.300 | 3.570 | 146.080 |
| Abril | 295.900 | 179.200 | 3.420 | 140.400 |
| Mayo | 232.600 | 150.400 | 3.920 | 157.900 |
| Junio | 210.000 | 140.500 | 4.010 | 162.000 |
| Julio | 207.000 | 139.400 | 4.260 | 168.200 |
| Agosto | 208.800 | 139.800 | 4.450 | 173.500 |
| Septiembre | 211.600 | 141.100 | 4.590 | 178.900 |
| Octubre | 215.300 | 142.700 | 4.420 | 162.400 |
| Noviembre | 277.600 | 171.200 | 4.080 | 162.600 |
| Diciembre | 270.100 | 168.300 | 3.890 | 157.000 |

Con esta información, calcule el costo fijo estimado y el costo variable unitario del consumo de luz y de las reparaciones.

¿Cuál sería el costo total anual esperado en consumo de luz y en reparaciones para el año siguiente si se estima un aumento promedio del nivel de actividad en un 20% después que se implemente una inversión en ampliación de la capacidad productiva?

3.16 Determine la función de costos de una empresa manufacturera de la que se tiene la siguiente información histórica:

| Trimestre | Producción | Costo |
|-----------|------------|--------|
| 1 | 8.355 | 15.900 |
| 2 | 8.500 | 16.500 |
| 3 | 8.200 | 15.800 |
| 4 | 8.860 | 17.250 |
| 5 | 8.900 | 17.550 |
| 6 | 8.950 | 17.950 |
| 7 | 9.120 | 18.200 |
| 8 | 9.230 | 18.420 |
| 9 | 9.400 | 18.950 |
| 10 | 9.650 | 19.510 |
| 11 | 9.800 | 19.900 |
| 12 | 10.350 | 21.460 |

3.17 ¿Qué consideraciones se deben tener en cuenta para caracterizar la curva de aprendizaje?

3.18 Calcule y compare los resultados de los modelos Horngreen-Foster y Chase-Aquilano para una curva de aprendizaje del 90% de los siguientes niveles de producción:

| Número de unidades producidas | Horas de trabajo por unidad |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 40.000 |
| 2 | 36.000 |
| 4 | 32.400 |
| 8 | 29.160 |
| 16 | 26.244 |

3.19 Utilizando la información del ejercicio anterior, determine a través del modelo logarítmico $Y_x = K_x^n$ la cantidad de horas de trabajo para producir la cuarta unidad. (Recuerde que n es $\text{Log } b/\text{Log } 2$, donde b es la tasa de aprendizaje.)

Bibliografía

- ÁLVAREZ, C. Evaluación financiera de proyectos. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso, 1995.
- BIERMAN, H., C. BONINI y W. HAUSMAN. Análisis cuantitativo para la toma de decisiones. Reading, Ma. Addison-Wesley, 1994.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CHASE, R. y N. AQUILANO. Dirección y administración de la producción y de las operaciones. Reading, Ma. Addison-Wesley, 1994.
- EROSSA, V. Proyectos de inversión en ingeniería. Limusa, México, 1987.
- FONTAINE, E. Evaluación social de proyectos. Ed. Universidad Católica de Chile, Santiago, 1993.
- HORNGREEN, C. y G. FOSTER. Contabilidad de costos; un enfoque gerencial. Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1990.
- NEWMAN, D. Análisis económico en ingeniería. McGraw-Hill, México, 1984.
- Ross, S., R. WESTERFIELD y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- SAPAG, N. Criterios de evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- SUMANTH, D. Ingeniería y administración de la productividad. McGraw-Hill, México, 1990.
- TAYLOR, G. Ingeniería económica; toma de decisiones económicas. Limusa, México, 1976.
- VARELA, R. Evaluación económica de inversiones. Norma, Bogotá, 1989.
- VÉLEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.
- VILLEGAS, E. y R. ORTEGA. Administración de inversiones. McGraw-Hill, México, 1997.

EFFECTOS TRIBUTARIOS DE UN PROYECTO SOBRE LA EMPRESA

Un elemento típico de costo que influye directamente en cualquier proyecto de modernización es el tributario. En muchos casos, tendrá un efecto negativo (expresándose como un mayor costo) sobre los flujos de caja, pero, en otros, será positivo (beneficio por ahorro de impuestos).

El efecto tributario se vincula al impuesto que enfrentan las empresas y generalmente corresponde a un porcentaje sobre las utilidades del negocio o a un porcentaje sobre su patrimonio.¹

En los casos en que exista un impuesto a las utilidades se deberá considerar como efecto indirecto el mayor pago que deberá hacerse por todo proyecto que genere un aumento en los beneficios netos de la empresa. De igual manera, deberá incluirse el efecto tributario de cualquier utilidad o pérdida por la venta de un activo, por el aumento o disminución de costos, por un endeudamiento y por la variación en los ingresos del negocio.

1. En Chile, la tasa de impuesto a las utilidades, o Impuesto a la Renta de Primera Categoría, es del 15%, en Colombia del 30%, en Paraguay del 30% y en Argentina del 33%. En otros países no existe este impuesto, pero se reemplaza por un impuesto al patrimonio. En Ecuador hay un impuesto a las utilidades, junto con un impuesto porcentual sobre el saldo después del impuesto a las utilidades, equivalente a un impuesto laboral. En Chile, al adquirir bienes muebles o al construir bienes de activo fijo nuevos, exceptuando el terreno, se tiene derecho a un crédito equivalente al 4% del valor de compra, con tope de 500 unidades tributarias mensuales.

Los efectos tributarios se analizan a continuación para cuatro casos típicos que se encuentran en los distintos tipos de proyectos de cambio en empresas en marcha: por la venta de activos (con utilidad y pérdida), por la compra de activos, por el incremento o disminución de algún costo y por el endeudamiento, entre otros.

4.1 Efecto tributario de la venta de activos

Uno de los efectos indirectos más fáciles de observar en la evaluación de proyectos de outsourcing, reemplazo o abandono es el vinculado al pago de impuestos por la venta de un activo. Si el activo se vende con utilidades, la empresa deberá enfrentar el pago de un impuesto proporcional a esa utilidad. Si se vende con pérdidas, tendrá un efecto tributario positivo hacia el resto de la empresa, al permitir reducir las utilidades totales del negocio y, en consecuencia, el pago total de ese tributo. Si la venta no tiene ni utilidades ni pérdidas, el efecto tributario será nulo.

La utilidad o pérdida en la venta de un activo se determina por la diferencia entre el precio de venta y el costo contable del activo al momento de efectuarse la venta. Para fines tributarios, el

costo contable es definido sobre una base general que promedia situaciones en nivel país y que considera una estimación de la pérdida anual del valor de un activo por su uso.

Esta pérdida anual se define como depreciación y corresponde a la pérdida contable de valor promedio de un activo fijo por año transcurrido. Por ejemplo, una computadora, aunque puede ser utilizada durante varios años, tiene, en varios países, una vida útil contable de tres años y, por lo tanto, se considera que pierde un tercio de su valor cada año.

El valor libro, o costo contable de un activo, se calcula como la diferencia entre el valor de adquisición y la depreciación acumulada a la fecha de la venta. Es decir, representa lo que falta por depreciar al activo en el momento de su venta. La depreciación acumulada corresponde a la suma de las depreciaciones anuales registradas hasta ese momento.

La depreciación anual, cuando se evalúan proyectos en niveles de perfil y prefactibilidad, se calcula generalmente por el método lineal, sin considerar valores residuales para el activo al final del período de depreciación. El valor residual es el valor que se le asigna al activo al finalizar su período de depreciación, independientemente de su vida útil real, y se usa contablemente para determinar, por diferencia, la pérdida de valor durante la vida útil contable del activo. Por la casi nula incidencia en la configuración de los flujos de caja, se le considera con valor cero para el cálculo de la depreciación. Esto es:

$$(4.1) \quad D = \frac{V_a}{n}$$

donde D representa el monto para depreciar anualmente, V_a el valor total de adquisición del activo y n el número de años en que es posible depreciar el activo.

Contablemente, existen varios métodos de depreciación. Sin embargo, con fines de evaluación de proyectos, la convención generalmente aceptada usa sólo el método lineal, por cuanto la depreciación no constituye un egreso de caja y el método empleado tiene sólo un efecto marginal en el resultado de la evaluación, ya que afecta indirectamente sólo a la cuantía de los impuestos.

Reuniéndose determinados requisitos, los bienes de activo fijo se pueden depreciar aceleradamente, reduciendo a un tercio la vida útil contable.

Ejemplo 4.1

Suponga que una maquinaria que se compra en \$ 10.000 y se deprecia linealmente en diez años se vende, por razones económicas, en \$2.500 al final del octavo año. Para calcular el efecto tributario se determina en primer lugar la depreciación anual, que en este caso corresponde a \$1.000.² Al final del octavo año, el activo tendrá una depreciación acumulada de \$8.000 y, en consecuencia, su valor libro, o lo que faltará por depreciar, será de \$2.000.

Luego, si la máquina se vende en \$2.500 y tiene un valor libro de \$2.000, la utilidad contable es de \$500 y sobre este monto se debe pagar el impuesto. Si el impuesto a las utilidades fuese del 15%, deberán desembolsarse \$75 por concepto de tributos. Como el valor libro no es un egreso de caja, el efecto neto de la venta del activo es de \$2.425 (los \$2.500 de ingreso por la venta menos los \$75 de impuesto).

Una alternativa de cálculo, que se muestra en la tabla 4.1, y que es la que se empleará en el resto de este texto, anula la deducción del valor libro efectuada antes de impuesto, por no ser un gasto desembolsable, sumándolo a la utilidad neta después de haber incorporado su efecto tributario.

2. Los \$10.000 de valor de adquisición, divididos en los diez años de su periodo de depreciación.

Tabla 4.1 Cálculo del flujo neto de la venta de un activo

| Item | \$ |
|-----------------|--------|
| Venta de activo | 2.500 |
| Valor libro | -2.000 |
| Utilidad | 500 |
| Impuesto | -75 |
| Utilidad neta | 425 |
| Valor libro | 2.000 |
| Flujo neto | 2.425 |

que es lo mismo que:

$$(4.2) \quad VA_c = (Y_{Ac} - VL)(1 - t) + VL$$

donde VA_c es el valor del activo después de incluir el efecto de los impuestos, Y_{Ac} el ingreso por la venta del activo, VL el valor libro del activo que se vende y t la tasa de impuesto a las utilidades.

En este caso, después de calcular la utilidad neta se anuló la resta efectuada del valor libro, por no constituir movimiento de caja, sumando el mismo valor que antes se había deducido. De esta forma, se elimina el efecto de restar algo que no sale de caja, pero después de haber incorporado el efecto tributario en el valor que tendrá el activo para la empresa.

Es decir, aunque el mercado valore el activo en \$2.500, el valor que tendrá para la empresa será de sólo \$2.425, lo que se explica porque, si se vende, parte obligada de los \$2.500 deberá destinarse a pagar el impuesto sobre la utilidad contable generada por esa venta.

Si la venta del activo se hace a un precio inferior a su valor libro, la contabilización de la venta mostrará una pérdida. En este caso, no puede decirse que no hay impuesto porque no hay utilidades, ya que la empresa, al no llevar una contabilidad por activo sino por toda la institución, aprovecha la pérdida contable de esta operación para reducir eventuales utilidades que el resto de la empresa podría tener en el momento de la venta.

Ejemplo 4.2

Considérese el ejemplo de una empresa que, antes de la venta del activo, tiene una utilidad de \$14.000 en el período, resultante de ingresos anuales de \$50.000 y costos de \$36.000. Para una tasa de impuesto del 15%, tendría que pagar tributos equivalentes a \$2.100.

Si, por otra parte, el activo se vende en ese mismo período en \$3.000 y su valor libro fuese de \$4.000, la venta se haría con una pérdida de \$1.000. La empresa, en consecuencia, ve reducida su utilidad como un todo a \$13.000 y, por lo tanto, tendría que enfrentar un pago de impuestos de sólo \$1.950.

El ahorro de impuestos, de \$150, es atribuible a la venta del activo. Se tendrá, entonces, una situación donde la venta del activo con pérdidas contables generará un flujo de caja neto para la empresa de \$3.150, que resulta de sumar el ingreso por la venta con el ahorro tributario que obtiene la empresa, como se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Cálculo del efecto tributario neto incremental de la venta de un activo

| | Situación base | Venta del activo | Total empresa |
|--------------|----------------|------------------|---------------|
| Ingresos | 50.000 | | 50.000 |
| Venta activo | | 3.000 | 3.000 |
| Costos | -36.000 | | -36.000 |
| Valor libro | | -4.000 | -4.000 |
| Utilidad | 14.000 | -1.000 | 13.000 |

| | | | |
|---------------|--------|-------|--------|
| Impuesto | -2.100 | 150 | -1.950 |
| Utilidad neta | 11.900 | -850 | 11.050 |
| Valor libro | | 4.000 | 4.000 |
| Flujo neto | 11.900 | 3.150 | 15.050 |

Como se puede observar, con la venta del activo a pérdidas, la empresa ve incrementado su flujo de \$11.900 a \$15.050. Es decir, en \$3.150 que corresponden a los \$3.000 recibidos de la venta más los \$150 ahorrados de impuesto. El valor de este activo es, en consecuencia, de \$3.150 para la empresa, aunque el mercado lo valore en \$3.000.

4.2 Efecto tributario de la compra de activos

En proyectos que contemplan la compra de activos también se observan efectos tributarios para la empresa, aunque no en el momento en que se adquiere, sino que a partir del período siguiente.

Cuando una empresa compra un activo, en ese momento no cambia su utilidad contable, ya que, como se explicó antes, simultáneamente con el aumento de un activo fijo (la compra del activo) puede aumentar un pasivo (si se financió con deuda) o puede disminuir otro activo (como la cuenta caja, si se pagó al contado) y, por lo tanto, la

adquisición no está afecta al impuesto a las utilidades. Esto, por cuanto la compra de un activo no cambia la riqueza de la empresa en el momento en que ella se efectúa. Sin embargo, cuando el tiempo transcurre, el activo comprado pierde valor por su uso, pudiéndose cargar la depreciación, como una pérdida contable, al estado de pérdidas y ganancias de la empresa, bajando las utilidades y posibilitando una reducción en el pago de su impuesto, con excepción de aquellos activos que no se deprecian, como, por ejemplo, el terreno.

Ejemplo 4.3

Suponga que una empresa en funcionamiento que tiene utilidades contables compra una computadora en \$9.000, el que se puede depreciar contablemente en tres años. Al término de cada uno de los tres primeros años, el equipo se podrá depreciar en \$3.000.

En la tabla 4.3 se muestra el flujo de caja esperado por la empresa al final del primer año de operación³ si no compra la computadora (situación base), el flujo de caja con la depreciación que puede cargar contablemente si la compra (situación con proyecto) y el efecto incremental.

En la situación base la empresa genera ingresos por \$60.000 y costos por \$36.000. Además, carga una depreciación contable de \$8.000 por otros activos que actualmente posee. De esto resulta una utilidad de \$16.000 sobre la que paga el 15% de impuesto, quedando una utilidad neta de \$13.600.

Tabla 4.3 Cálculo del beneficio tributario de la depreciación

| | Situación base | Con proyecto | Incremental |
|---------------|----------------|--------------|-------------|
| Ingresos | 60.000 | 60.000 | |
| Costos | -36.000 | -36.000 | |
| Depreciación | -8.000 | -11.000 | -3.000 |
| Utilidad | 16.000 | 13.000 | -3.000 |
| Impuesto | -2.400 | -1.950 | 450 |
| Utilidad neta | 13.600 | 11.050 | -2.550 |
| Depreciación | 8.000 | 11.000 | 3.000 |
| Flujo neto | 21.600 | 22.050 | 450 |

3. Un período después de la adquisición de la computadora.

Al igual que en el caso anterior, aquí se restó la depreciación, que no es salida de caja, por lo que se debe volver a sumar después de calcular el impuesto para anular su efecto. Obsérvese que se obtiene el mismo resultado si se consideran sólo las cuentas de ingresos y egresos.⁴

Al permitírsele a la empresa incorporar la depreciación del equipo adquirido, la utilidad baja en un monto igual a la depreciación (como se ve en la última columna del análisis incremental) y el impuesto se reduce de \$2.400 a \$1.950. Es decir, la contabilización de la depreciación le ocasiona a la empresa un ahorro de \$450 en los impuestos que debe pagar.

Como los \$450 corresponden al 15% de los \$3.000, puede afirmarse que la empresa se ahorra, cada año, el 15% de la depreciación y, como todo el activo se deprecia en el transcurso del tiempo, el ahorro tributario corresponde al 15% de todo el valor de ese activo.⁵

La columna incremental tiene la importancia de que permite trabajar sólo con la información relevante para la evaluación del proyecto. Si se considera que el nuevo activo no modifica el comportamiento de los ingresos y costos de la empresa (el reemplazo no cambia los niveles de operación ni de gastos asociados con la antigüedad del equipo) no interesa conocer la cuantía de los ingresos ni de los egresos del proyecto, por ser irrelevantes para la decisión. Por lo tanto, se excluyen del análisis.

Sin embargo, como la depreciación se asume sólo si se compra el nuevo activo, debe ser considerada como un costo relevante del proyecto. Independientemente de la utilidad que tenga la empresa antes de la compra de la computadora, su depreciación permitirá disminuirla en \$3.000. Es decir, si antes la empresa debía pagar el 15% de una determinada utilidad, cualquiera sea su monto, ahora debe pagar el 15% del valor resultante de deducir \$3.000 a esa misma cantidad. Esto es, permite ahorrar impuestos por el 15% de la depreciación.

Así queda demostrada la importancia de los efectos indirectos de la compra de un activo en la evaluación de un proyecto, ya que por el

4. Como se observa en el siguiente cuadro, el flujo de caja resultante de comparar ingresos y egresos coincide con el resultado del flujo calculado por la suma de la utilidad neta con la depreciación:

| | |
|--------------|---------------|
| Ingresos | 60.000 |
| Costos | -36.000 |
| Impuesto | -2.400 |
| Flujo | 21.600 |

5. Sin embargo, como el ahorro de impuestos se produce en varios períodos futuros, el efecto neto del ahorro debe corregirse todavía por el efecto del valor tiempo del dinero.

solo hecho de comprar un activo el 15%⁶ se recupera automáticamente si la empresa tiene utilidades.⁷

Un caso particular de efectos tributarios en la compra de activos se refiere al financiamiento de la inversión mediante un leasing financiero. Tributariamente, todas las cuotas del leasing, con excepción de la opción de compra, se consideran como un alquiler y, por lo tanto, afectan a la utilidad contable y al cálculo de los impuestos. Sólo la cuota de la opción representa el valor de compra del activo. Financieramente, los intereses implícitos en el leasing y la depreciación del bien se consideran como gastos financieros, es decir, se tratan financieramente como una adquisición financiada mediante un préstamo. Un análisis más detallado de estas materias se trata en el capítulo 7.

4.3 Efecto tributario de la variación de costos

El efecto indirecto de los impuestos también se observa en la variación de los costos, tanto en aquellos proyectos que los incrementan (una ampliación) como en los que los reducen (un reemplazo de tecnología ineficiente por otra más eficiente).

Para analizar sólo el efecto tributario de una variación de costos, se supondrá, en el siguiente ejemplo, que los costos varían sin que se produzcan cambios en los niveles de beneficios, aunque al evaluar un proyecto donde hay aumentos de costos, es indudable que se aceptará incurrir en ellos porque se esperan cambios positivos en los beneficios.

El análisis es similar al que realiza una empresa para averiguar el impacto de un reajuste especial de las remuneraciones del personal, donde el efecto neto de costo para la empresa corresponde sólo al 85% del mayor gasto, ya que el 15% restante se recupera por la vía de los menores impuestos que se deberán pagar por la reducción de las utilidades que ello conlleva.

Ejemplo 4.4

En la tabla 4.4 se muestra una *situación base* donde la empresa tiene utilidades contables, una *situación con proyecto* donde se aumenta el

6. El ahorro del 15% es en Chile. En otros países puede ser significativamente mayor, de acuerdo con la tasa de impuesto a las utilidades vigente en cada uno de ellos.

7. Como se verá más adelante, hay un efecto del valor tiempo del dinero, que se manifiesta en que la empresa se ahorra este impuesto en distintos periodos futuros.

costo de un factor (por ejemplo, sueldos) y un *análisis incremental* donde se muestra el impacto sólo de la variación de costos.

Como se puede observar, un aumento de costos de \$4.000 hace que se reduzca el flujo de caja en sólo \$3.400 (la diferencia entre \$15.900 y \$12.500). Como se explicó antes, cualquier baja en la utilidad hace que la empresa deje de pagar el 15% de impuestos sobre esa reducción.

Tabla 4.4 Cálculo del efecto tributario de la variación de costos

| | Situación base | Con proyecto | Incremental |
|---------------|----------------|--------------|-------------|
| Ingresos | 30.000 | 30.000 | |
| Costos | -12.000 | -16.000 | -4.000 |
| Depreciación | -4.000 | -4.000 | |
| Utilidad | 14.000 | 10.000 | -4.000 |
| Impuesto | -2.100 | -1.500 | 600 |
| Utilidad neta | 11.900 | 8.500 | -3.400 |
| Depreciación | 4.000 | 4.000 | |
| Flujo neto | 15.900 | 12.500 | -3.400 |

En la columna incremental, por otra parte, se incluye únicamente el ítem relevante para la decisión, es decir, la variación en los costos. La utilidad negativa, en el análisis incremental, no significa necesariamente una pérdida para la empresa, sino que también puede indicar una reducción en el nivel de utilidad. Por eso, en el ejemplo anterior, el análisis incremental, en vez de asociar cero impuesto a una utilidad negativa, se considera un ahorro tributario equivalente a la tasa porcentual de impuestos sobre la menor utilidad antes de impuesto.

De la misma forma, un proyecto de mejora que reduzca los costos de la empresa deberá considerar que el aumento en las utilidades está asociado a un aumento en el impuesto pagadero.

4.4 Efecto tributario del endeudamiento

El costo financiero de una deuda, correspondiente al pago de intereses sobre aquella parte de la inversión financiada con préstamo, como cualquier costo, es deducible de impuestos y, en consecuencia, tiene un efecto tributario positivo que debe incluirse en el flujo de caja cuando se busca medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en un proyecto.

Si bien este efecto es similar al de una variación de costos, explicado en el punto anterior, sólo debe incorporarse en aquellos flujos que buscan medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos en un proyecto.

Para calcular el impacto tributario de una deuda, se debe descomponer el monto total del servicio de la deuda en dos partes: la amortización y los intereses. Mientras la amortización corresponde a una devolución del préstamo, y por lo tanto no constituye un costo ni está afecta a impuesto, los intereses son un gasto financiero de similar comportamiento al costo del alquiler de cualquier activo y, por lo tanto, está afecta a impuestos.

Aunque obviamente el endeudamiento tiene efectos directos sobre el comportamiento futuro de los flujos de caja de la empresa,⁸ en el ejemplo siguiente se incorpora sólo el efecto de la deuda, como una forma de determinar el costo real de financiar el proyecto mediante la opción de la deuda.

Ejemplo 4.5

Suponga que se quiere medir el impacto de financiar parte de la inversión de un proyecto con un préstamo de \$200.000 al 10% de interés anual. En los flujos de caja que se muestran a continuación se observa que al incluir este interés (\$20.000), el flujo disminuye sólo en \$17.000. Es decir, el 85% de su monto total.

Tabla 4.5 Cálculo del efecto tributario de la deuda

| | Sin deuda | Con deuda | Incremental |
|--------------------|-----------|-----------|-------------|
| Ingresos | 100.000 | 100.000 | |
| Costos | -40.000 | -40.000 | |
| Gastos financieros | | -20.000 | -20.000 |
| Depreciación | -10.000 | -10.000 | |
| Utilidad | 50.000 | 30.000 | -20.000 |
| Impuesto | -7.500 | -4.500 | 3.000 |
| Utilidad neta | 42.500 | 25.500 | -17.000 |
| Depreciación | 10.000 | 10.000 | |
| Flujo neto | 52.500 | 35.500 | -17.000 |

8. Si la empresa financió con deuda la compra de una máquina, por ejemplo, posiblemente se vean afectados los costos asociados directamente con su funcionamiento y mantenimiento, aunque con eventuales incrementos en los ingresos derivados de una mayor productividad.

Al igual que en el caso anterior, al agregarse este costo financiero, la utilidad proyectada para el período baja en ese mismo monto y, por lo tanto, deja de pagarse el 15% del impuesto que antes se pagaba sobre él.

De lo anterior se deduce que el costo efectivo de la deuda corresponde al interés cobrado por la institución financiera menos el ahorro tributario de sus gastos financieros. Es decir, anualmente la

empresa se ahorrará el equivalente a la tasa de impuesto aplicada sobre la parte del servicio anual correspondiente a los intereses del préstamo.

Si por cada peso de interés hay un beneficio tributario del 15%, se puede expresar el costo efectivo de la deuda como

$$(4.3) \quad C_{rd} = i(1 - t)$$

donde C_{rd} es el costo efectivo de una deuda, i es el interés pagado y t la tasa de impuestos. Con los datos del ejemplo 4.5 se obtiene el siguiente resultado al reemplazar las variables de la ecuación 4.3:

$$0,1(1 - 0,15) = 0,085$$

es decir, 8,5%.

4.5 Efecto tributario relevante para la evaluación

Cuando la implementación de un proyecto en una empresa genera pérdidas contables durante los primeros años, se pueden observar las siguientes situaciones:

Situación 1: que las utilidades proyectadas para la empresa sin hacer el proyecto sean superiores a las pérdidas estimadas para el proyecto.

Situación 2: que las utilidades proyectadas para la empresa sean inferiores a las pérdidas estimadas para el proyecto.

Situación 3: que la empresa tenga pérdidas proyectadas superiores a las utilidades futuras esperadas del proyecto.

Para cualquiera de las tres situaciones hay dos procedimientos posibles, aunque de distinto valor informativo para quien debe decidir: evaluar el proyecto en forma independiente del resto de la empresa o hacerlo inserto como parte de ella.

Ejemplo 4.6 (Situación 1)

Si un proyecto estima pérdidas contables de \$200 para cada uno de los dos primeros años y utilidades de \$800 para el tercero, el efecto tributario en la primera situación, suponiendo que la empresa espera utilidades contables anuales de \$1.000, se obtendría de la siguiente forma:

Tabla 4.6 Situación 1: Comparación efecto tributario con y sin proyecto

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad empresa sin proyecto | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 3.000 |
| Impuesto (15%) | (150) | (150) | (150) | (450) |
| Utilidad empresa con proyecto | 800 | 800 | 1.800 | 3.400 |
| Impuesto (15%) | (120) | (120) | (270) | (510) |

Como se puede observar, la utilidad total de los tres años aumenta en \$400 y el impuesto en \$60 (15% de los \$400).

El efecto tributario del proyecto podría calcularse, alternativamente, como sigue:

Tabla 4.7 Situación 1: Cálculo efecto tributario incremental

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad del proyecto | (200) | (200) | 800 | 400 |
| Impuesto (15%) | — | — | (60) | (60) |

En este caso se considera la posibilidad de una rebaja de las utilidades tributarias futuras debido a las pérdidas de los primeros años. En esta situación, al tercer año se acumulan utilidades de \$400 por las pérdidas acumuladas en los dos primeros años.

Una forma alternativa de cálculo es incorporar la "contribución" de las pérdidas del proyecto para rebajar las utilidades totales de la empresa lo que permite observar, en consecuencia, un ahorro tributario en los dos primeros años, tal como se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Situación 1: Cálculo alternativo electo tributario incremental

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad del proyecto | (200) | (200) | 800 | 400 |
| Impuesto (15%) | 30 | 30 | (120) | (60) |

Mientras el primer caso considera que al tener pérdidas el proyecto no corresponde asignar un pago de impuestos en los dos primeros años, la segunda incorpora el beneficio indirecto de la pérdida contable del proyecto sobre el resto de la organización, al posibilitar reducir la utilidad de la empresa en \$200 y, por lo tanto, el impuesto en \$30 en cada uno de los dos primeros años. Al tercer año se deberá asignar al proyecto un impuesto del 15% de la utilidad de \$800 -aportada" a la empresa.

Como se puede observar, en ambos casos el efecto total del impuesto acumulado en los tres años asciende a \$60, siendo la única diferencia la que se generaría por la distinta ocurrencia de sus flujos en el tiempo, viéndose afectado el resultado en el equivalente al costo del dinero en el tiempo. Es decir, aunque desde un punto de vista conceptual se podría discutir la conveniencia de uno u otro método, para medir la rentabilidad la diferencia resulta sólo marginal, ya que el valor actual de los flujos tributarios distintos (pero de igual suma total) no será significativo en la mayoría de los casos.

Ejemplo 4.7 (Situación 2)

La segunda situación es similar a la primera. Supóngase que la empresa, sin hacer el proyecto, tiene utilidades estimadas de \$100 anuales. El efecto tributario para la empresa sería:

Tabla 4.9 Situación 2: Comparación efecto tributario con y sin proyecto

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad empresa sin proyecto | 100 | 100 | 100 | 300 |
| Impuesto (15%) | (15) | (15) | (15) | (45) |
| Utilidad empresa con proyecto | (100) | (100) | 900 | 700 |
| Impuesto (15%) | 0 | 0 | (105) | (105) |

El proyecto ocasiona una pérdida contable a la empresa, en los dos primeros años, que se transforma en un crédito fiscal para calcular el impuesto del tercer año.

El efecto tributario del proyecto también se podría calcular alternativamente como sigue:

Tabla 4.10 Situación 2: Cálculo efecto tributario incremental

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad del proyecto | (200) | (200) | 800 | 400 |
| Impuesto (15%) | — | — | (120) | (60) |

O, si se considera su impacto hacia el total de la empresa, se podría calcular por:

Tabla 4.11 Situación 2: Cálculo alternativo efecto tributario incremental

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad del proyecto | (200) | (200) | 800 | 400 |
| Impuesto (15%) | 15 | 15 | (90) | (60) |

El primer caso es similar al de la situación anterior. Sin embargo, en el segundo se considera que el proyecto "contribuye" a que la empresa deje de pagar el impuesto presupuestado de \$15 para cada uno de los dos primeros años, aunque el tercero agrega \$90 de impuesto, que corresponden al 15% de las utilidades que genera el proyecto (\$800) menos el crédito fiscal de la parte de la pérdida no transferida como beneficio al resto de la empresa en los dos primeros años (\$100 anuales o \$200 acumulados).

Igual que en la situación anterior, en cualquiera de las opciones el total del efecto tributario ocasionado por el proyecto sobre los resultados de la empresa es de \$60, cambiando sólo el valor actualizado de los respectivos flujos de caja.

Ejemplo 4.8 (Situación 3)

Para ejemplificar la tercera situación se supondrá que la empresa proyecta pérdidas contables anuales de \$100 si no hace el proyecto. El siguiente resultado se observa al incluir el efecto tributario del proyecto sobre la empresa.

Tabla 4.12 Situación 3: Comparación efecto tributario con y sin proyecto

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Utilidad empresa sin proyecto | (100) | (100) | (100) | (300) |
| Impuesto (15%) | — | — | — | — |
| Utilidad empresa con proyecto | (300) | (300) | 700 | 100 |
| Impuesto (15%) | — | — | (15) | (15) |

Cuando la empresa tiene pérdidas surge la duda de si el proyecto debe o no incluir como beneficio propio el aprovechamiento del crédito fiscal generado por el resto de la empresa. Aunque la respuesta es discutible, parece aconsejable incluir este beneficio cuando existe un único proyecto para incorporarlo a la empresa y no incluirlo cuando existe más de una inversión posible, para no distorsionar el resultado de la comparación de las rentabilidades entre dos o más proyectos. En la tabla 4.13 se expone el efecto del impuesto con y sin crédito fiscal para la empresa.

Tabla 4.13 Situación 3: Cálculo efecto tributario incremental

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Con crédito fiscal empresa | — | — | (15) | (15) |
| Sin crédito fiscal empresa | — | — | (60) | (60) |

El segundo caso (sin crédito fiscal de la empresa) es similar a lo expuesto para las dos situaciones anteriores. El primer caso, con crédito fiscal de la empresa, incorpora como beneficio indirecto la reducción de utilidades y de pago de impuestos que la pérdida contable de la empresa le permite descontar el tercer año.

El objetivo de este capítulo fue presentar una sistematización y análisis de los principales costos pertinentes para tomar una decisión de inversión en empresas en marcha. En los próximos capítulos se hace una aplicación de estos conceptos a los principales proyectos, según la tipología expuesta en el primer capítulo, para analizar en el capítulo 11 los criterios para lograr su optimización.

4.6 Impuesto al valor agregado (IVA)

Otro efecto tributario importante de analizar para estudiar proyectos de inversión es el del impuesto al valor agregado (IVA). Este impuesto es omitido frecuentemente por quienes formulan los proyectos en la construcción de los flujos de caja, por considerar que la empresa actúa sólo como una intermediaria en su recaudación.

Ejemplo 4.9

Si el IVA fuese del 18% y todos los ingresos y egresos estuvieran afectos a él, se podría tener la siguiente situación:

Tabla 4.14 Efecto neto del IVA

| | Sin IVA | IVA | Con IVA |
|----------|---------|------|---------|
| Ingresos | 1.000 | 180 | 1.180 |
| Egresos | -600 | -108 | -708 |
| Flujo | 400 | 72 | 472 |

Aunque el resultado pudiera parecer distinto, el excedente neto para el inversionista siempre es el mismo, ya que al flujo con IVA debe restársele \$72, correspondientes a la diferencia entre el IVA cobrado a los clientes y el IVA pagado a los proveedores, con lo que se obtiene un flujo similar al calculado sin IVA. Esto, por cuanto la empresa actúa como una intermediaria entre el consumidor y el fisco en la recaudación de ese impuesto.

Si bien esto es cierto y válido para muchos estudios de viabilidad, especialmente en niveles de prefactibilidad o perfil, se deben reconocer las siguientes excepciones:

- Cuando se calcula el monto que deberá ser invertido en capital de trabajo, ya que el IVA correspondiente a las compras deberá ser financiado independientemente de que después se recupere en las ventas.
- Cuando la empresa efectúa sus ventas sin IVA y sus compras sí están afectas, como, por ejemplo, en el caso de las sociedades de profesionales o la prestación de servicios de educación.
- Cuando el desfase de tiempo y la cuantía del IVA pagado en las inversiones es alto, ya que afecta al costo del capital inmovilizado hasta que ese impuesto es recuperado. Generalmente, esto no es tan relevante debido a que el IVA por adquisiciones de activos fijos es susceptible de ser recuperado anticipadamente, una vez cumplido un período de seis meses contados desde el mes en que fue adquirido y utilizado el crédito fiscal asociado.

Desde un punto de vista fiscal, el IVA es un impuesto que se traslada al consumidor, no es parte de la inversión y, por lo tanto, no deberá ser considerado para determinar la cuantía del monto anual de depreciación de los activos sujetos a desgaste.

Preguntas y problemas

- 4.1 Explique en qué caso el monto de los impuestos aparece con signo positivo.
- 4.2 Comente la siguiente afirmación: "El impuesto que se debe considerar en el flujo de caja es cero si los activos que se venden tienen un valor de mercado inferior al de libros o contable".
- 4.3 ¿En qué se diferencian los conceptos de valor libro, valor residual y valor de mercado de un activo?
- 4.4 Demuestre con un ejemplo la incidencia de considerar un valor residual en el cálculo de la depreciación de un activo que se renueva durante el período de evaluación del proyecto.
- 4.5 Determine el valor que tiene para una empresa un activo que debe venderse en \$28.000 y registra un valor libro de \$35.000. Considere una tasa de impuesto a las utilidades del 15%.
- 4.6 "Al evaluar un proyecto de ampliación, la empresa debe considerar que por sólo comprar maquinaria ya recuperó el 1 5% (tasa de impuesto) de ella." Comente.
- 4.7 Comente la siguiente afirmación: "Al comprar un activo, la empresa debe anotarlo como gasto (antes de impuesto) para aprovechar el beneficio tributario ocasionado por la reducción de utilidades".
- 4.8 Una empresa presenta actualmente el flujo de caja que se muestra en el cuadro siguiente:

| | |
|-------------------------|--------------|
| Ingresos | 360.000.000 |
| Egresos | 210.000.000 |
| Depreciación | 50.000.000 |
| Utilidad antes impuesto | 100.000.000 |
| Impuesto | 15.000.000 |
| Utilidad neta | 85.000.000 |
| Depreciación | 50.000.000 |
| Flujo de caja | 1 35.000.000 |

Determine el efecto neto en el flujo de caja, respecto de la situación base, para un año, de las siguientes situaciones. Se recomienda usar el análisis incremental.

- Un aumento de \$20.000.000 en el costo de los insumos, suponiendo que no es posible traspasar este incremento a precios.
- Un endeudamiento bancario por \$10.000.000 al 8% de interés anual, para incrementar el nivel de los inventarios. Calcule el efecto tributario sólo para el año siguiente a haber obtenido el préstamo.
- La venta, en \$12.000.000, de un activo cuyo valor libro es de \$16.000.000 (no considere efecto de la depreciación futura).
- La venta del mismo activo si su valor libro fuese de \$10.000.000.

e. La compra de un equipo, en \$60.000.000 realizada el año anterior, que posibilita aumentar los ingresos anuales en \$22.000.000, incrementando los egresos anuales en \$12.000.000, y que puede depreciarse linealmente en 5 años.

4.9 Determine el efecto tributario anual de la compra de un activo por un valor de \$10.000 que se deprecia en 5 años y que permitiría aumentar los ingresos de la empresa en \$3.000 anuales si se está dispuesto a asumir costos anuales adicionales por \$2.000. Al cabo de 5 años, el activo se podrá vender en \$1.600.

Si no se compra la máquina, la empresa espera continuar los próximos cinco años con el siguiente resultado:

| | |
|-------------------------|--------|
| Ingresos | 8.000 |
| Costos | -4.600 |
| Depreciación | -1.000 |
| Utilidad antes impuesto | 2.400 |
| Impuesto | -360 |
| Utilidad neta | 2.040 |

- 4.10 Explique el efecto tributario de financiar una inversión mediante leasing.
- 4.11 ¿Por qué se dice que el costo efectivo de asumir una deuda es inferior a la tasa pactada con la institución financiera que otorga el préstamo?
- 4.12 Enuncie tres casos en que la depreciación, en vez de ser restada para calcular la utilidad contable, se debe sumar.
- 4.13 Una empresa proyecta utilidades antes de impuesto por \$4.000 anuales para cada uno de los próximos cinco años. Si está evaluando implementar un proyecto que generará pérdidas contables de \$1.000, \$600 y \$200 los tres primeros años y utilidades de \$1.500 y \$2.400 los años cuarto y quinto, respectivamente, estime el efecto tributario anual y total del proyecto.
- 4.14 Las utilidades antes de impuesto de la empresa y el proyecto se estiman para los próximos cuatro años en:

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|----------|----------|--------|--------|
| Empresa | 10.000 | 12.000 | 14.000 | 16.000 |
| Proyecto | (13.000) | (13.000) | 20.000 | 30.000 |

Con estos antecedentes, determine el efecto tributario anual del proyecto.

- 4.15 Una empresa considera que su opción para solucionar el problema de pérdidas contables proyectadas para los próximos cuatro años es la incorporación de un proyecto que posibilite trabajar en un nivel de producción más eficiente y que abarque nuevos mercados. Determine el efecto tributario del proyecto si la tasa de impuesto a las utilidades fuese de 15% y la estimación de pérdidas y ganancias fuese la siguiente:

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| Empresa | (5.000) | (5.000) | (5.000) | (5.000) |
| Proyecto | (2.000) | 5.000 | 10.000 | 10.000 |

- 4.16 "No es necesario considerar el IVA en los proyectos, ya que la empresa actúa sólo como intermediaria en su recaudación y transferencia al fisco." Comente.
- 4.17 Enuncie los tres casos en que el IVA puede ser un factor relevante en los proyectos y explique cómo se debe incorporar para la evaluación.
- 4.18 Explique si el IVA debe o no ser considerado como parte de la inversión y si debe o no ser incluido para el cálculo de la depreciación de los activos.

Bibliografía

- BLAIR, R. y L. KENNY. Microeconomía con aplicaciones en las empresas. McGraw-Hill, Madrid, 1983.
- BLANK, L. y A. TARQUIN. Ingeniería económica. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 1991.
- CONTRERAS, M.E. Formulación y evaluación de proyectos. UNAD, Santafé de Bogotá, 1997.
- CROSS, R. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Limusa, México, 1984.
- FONTAINE, E. Evaluación social de proyectos. Ed. Universidad Católica de Chile. Santiago, 1993.
- SAPAG, N. y R. SAPAG. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 2000.
- SUMANTH, D. Ingeniería y administración de la productividad. McGraw-Hill, México, 1990.
- TARSH, S. Managin the outsourcing relationship. <http://www.outsourcing.com>. P. A. Consulting Group, London, 1999.
- TAYLOR, G. Ingeniería económica; toma de decisiones económicas. Limusa, México, 1976.
- TISSOT, M. Evaluación de proyectos, <http://members.tripod.com>. Universidad Santiago de Cali, 1999.
- VARELA, R. Evaluación económica de inversiones. Norma, Bogotá, 1989.

COSTOS E INVERSIONES

El objetivo de este capítulo es exponer las metodologías y los distintos procedimientos de cálculo de los diferentes tipos de costos e inversiones que deben ser considerados en los proyectos que se analizan en las empresas en marcha, para su correcta incorporación en la construcción de los distintos flujos de caja que se deben elaborar para su evaluación.

Los egresos relevantes para la decisión se pueden diferenciar entre aquellos que constituyen inversión y los que son egresos de operación. Mientras los primeros no son gastos deducibles de impuestos en el momento que ocurre el desembolso, los segundos se deben anotar antes de impuesto, ya que permiten reducir la utilidad contable sobre la cual se calcula el monto de los impuestos pagaderos. Estos dos componentes de los costos de un proyecto se analizan principalmente en este capítulo y se revisa el costo de falla vinculada a una política de mantenimiento.

5.1 Inversiones del proyecto

La mayoría de las inversiones de un proyecto se concentran en aquellas que se deben realizar antes del inicio de la operación, aunque es importante considerar también las que deben realizarse durante la operación del proyecto, tanto por la necesidad de reemplazar activos como para enfrentar la ampliación proyectada del nivel de actividad. Las inversiones de reemplazo se incluirán en función de la vida útil de cada activo, la que se puede calcular de acuerdo con distintos criterios:

- a. criterio contable: supone que los activos deberán ser reemplazados en la misma cantidad de años en que pueden ser depreciados contablemente;¹
- b. criterio técnico: define el período de reemplazo en función de estándares predeterminados de uso, que se relacionan con tasas estudiadas de fallas, obsolescencia de los equipos, horas de trabajo, años, unidades producidas u otra forma donde primen las características físicas de las inversiones;
- c. criterio comercial: determina el período de reemplazo en función de alguna variable comercial generalmente asociada a la imagen corporativa, como, por ejemplo, el reemplazo de los vehículos de gerencia o la flota de vehículos que distribuyen productos congelados para dar a los clientes una imagen de modernidad, higiene y alta tecnología o renovar muy ocasionalmente los vehículos que transportan vino, para dar una imagen de tradición, antigüedad e, incluso, falta de procesos de tecnología moderna en la elaboración del producto, y

d. criterio económico: estima el momento óptimo económico de la sustitución, es decir, cuando los costos de continuar con un activo son mayores que los de invertir en uno nuevo.²

El avance que se observa de manera creciente en los últimos años en casi todas las áreas tecnológicas puede determinar que se acorte la vida útil económica de un activo, aunque no su vida útil técnica ni contable.

Lo anterior hace conveniente elaborar un cuadro de requerimientos de activos para poder construir un calendario de inversiones de sustitución durante el horizonte de evaluación. El siguiente ejemplo resume la utilización de ambos procedimientos de cálculo.

Ejemplo 5.1

Considere que una empresa busca ampliar su capacidad de producción adquiriendo los activos que se muestran en la tabla 5.1. Con esa información debe construirse el calendario de inversiones de sustitución que deberá incorporarse en el flujo de caja del proyecto que, se supondrá, es evaluado en 10 años.

1. El período de depreciación corresponde al plazo en que una inversión es cargada a gasto contable con fines tributables. Cuando se compra un activo, no cambia el valor de la empresa, pero al pasar el tiempo, éste pierde valor. El Fisco define como depreciación la pérdida de valor promedio anual de un activo, el cual puede descontarse de la utilidad como un gasto. El plazo en que se puede depreciar un activo se define como período de depreciación.

2. En el capítulo 11 se aborda con profundidad el tema del momento óptimo económico del reemplazo de un activo.

Tabla 5.1 Requerimientos de activos sustituibles durante el horizonte de evaluación

| Item | Unidades | Precio unitario | Precio total | Vida útil | Valor de desecho |
|-------------------------|----------|-----------------|--------------|-----------|------------------|
| Tractor TL80 80HP | 1 | 30.000 | 30.000 | 8 | 3.000 |
| Pulverizador 400 l | 2 | 400 | 800 | 4 | 100 |
| Arado de vertedera | 1 | 5.000 | 5.000 | 10 | 500 |
| Motobomba | 1 | 1.200 | 1.200 | 6 | 200 |
| Carro esparcidor | 1 | 7.000 | 7.000 | 8 | 1.500 |
| Carro remolque | 1 | 3.000 | 3.000 | 8 | 600 |
| Total Inversión inicial | | | 47.000 | | |

En nivel de prefactibilidad es usual considerar a la suma del precio de los activos como el monto único y total a invertir en equipos. En estudios en nivel de factibilidad deberá construirse un calendario de inversiones que permita incorporar el costo del capital inmovilizado durante la etapa de inversión, ya que no todos los activos se compran de manera simultánea.

La tabla 5.2 muestra la proyección de reposiciones de activos durante los 10 años de horizonte de evaluación.

Tabla 5.2 Calendario de sustitución durante el horizonte de evaluación

| Item | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------|---|---|---|-----|---|-------|---|--------|---|-------|
| Tractor TL80 80HP | | | | | | | | 30.000 | | |
| Pulverizador 400 l | | | | 800 | | | | 800 | | |
| Arado de vertedera | | | | | | | | | | 5.000 |
| Motobomba | | | | | | 1.200 | | | | |
| Carro esparcidor | | | | | | | | 7.000 | | |
| Carro remolque | | | | | | | | 3.000 | | |
| Total inversión inicial | 0 | 0 | 0 | 800 | 0 | 1.200 | 0 | 40.800 | 0 | 5.000 |

Nótese que al término del horizonte de evaluación (finales del año diez) se incluyó el valor de reposición del arado de vertedera. Esto debe ser así porque uno de los métodos para valorizar el remanente de la inversión está basado en la capacidad del proyecto para seguir generando recursos a futuro, lo que sólo es posible si la empresa tiene todos los activos que posibilitan tal producción. Un detalle de este método se analiza en el capítulo sexto.

Las inversiones más frecuentes en proyectos de ampliación, internalización y reemplazo se asocian con la construcción de las obras físicas necesarias y con la adquisición del equipamiento, mobiliario y vehículos. Pero no es posible esperar que un nuevo proyecto pueda funcionar sin tener definidos sus sistemas de información, su plan de cuentas contable, su sistema de cobranzas, de clientes y proveedores, su control de inventarios, la adquisición de licencias, el montaje y pruebas para la puesta en marcha, la capacitación del personal, etcétera. Estos elementos son los que se conocen generalmente como activos intangibles. Para una correcta evaluación, se deberán estimar los desembolsos en todos los ítem que requerirán estar oportuna y adecuadamente disponibles en el momento de su puesta en marcha.

En proyectos de abandono y de *outsourcing* es frecuente identificar el concepto de *desinversión*, como una forma de expresar la liberación de recursos físicos que hace la empresa, a pesar de que con ello se incrementan los recursos líquidos que podrían tener una mayor rentabilidad de uso.

De igual forma, hay un concepto de inversión necesaria de considerar y que no se incluye entre las inversiones fijas. Es la que corresponde a aquellos recursos que deben estar siempre en la empresa para financiar el desfase natural que se produce en la mayoría de los proyectos entre la ocurrencia de los egresos, primero, y su posterior recuperación.

Esta inversión, que se conoce como *inversión en capital de trabajo*, constituye el total de recursos que facilitarán el financiamiento de la operación del negocio.

Hay algunas inversiones que, aunque se realizan, son irrelevantes para la decisión de hacer o no el proyecto, como, por ejemplo, la realizada en el estudio de la viabilidad del propio proyecto, ya que se realice o no el proyecto, este desembolso igualmente deberá ocurrir.

Aunque en un proyecto de creación de una nueva empresa se considera relevante el efecto tributario de la amortización contable del estudio,³ en un proyecto de una empresa en marcha tanto el costo como el beneficio tributario producido por la contabilización del estudio son irrelevantes, por cuanto, se haga o no el proyecto, la empresa llevará contablemente a gasto del período dicho costo y aprovechará, independientemente de qué se decida hacer, el ahorro tributario que ello conlleva.

3. Es relevante, porque si se crea la empresa el costo del estudio podrá activarse y aprovecharse el efecto tributario de su amortización contable y si se opta por rechazar el proyecto, no podrá ni activarse ni amortizarse.

En proyectos que se evalúan en empresas en funcionamiento, los gastos previos a la puesta en marcha se anotarán, antes de impuesto, en el momento cero, con todos los efectos tributarios que ello signifique, ya que es posible hacerlo, por cuanto la empresa existe.

En una empresa en marcha, el ahorro tributario de la depreciación de los activos durante la etapa de inversión podrá asignarse al momento cero, dado que se generan en una empresa existente.⁴ Sin embargo, si la empresa es creada con el proyecto, todos los egresos durante la construcción se activan y se deprecian o amortizan a partir del momento 1.

4. En un proyecto que crea una nueva empresa, la inversión se activa en el momento 0 y se deprecia contablemente a partir del primer período, ya que la empresa no existe y, por lo tanto, no hay una contabilidad a la que asignar esos gastos.

5.2 Cómo determinar la inversión en capital de trabajo

Una inversión fundamental para el éxito o fracaso de un negocio es la que se debe hacer en capital de trabajo. El proyecto puede considerar la inversión en todos los activos fijos necesarios para poder funcionar adecuadamente, pero, si no contempla la inversión en el capital necesario para financiar los desfases de caja durante su operación, probablemente fracase.

Por ejemplo, si una empresa demora dos meses en transformar la materia prima en productos terminados, si además tiene un período de comercialización de otro mes y si las ventas las hace contra pago a 30 días, debe tener un capital de trabajo equivalente a la cuantía de los recursos que le permita cubrir los gastos en que tendrá que incurrir durante los 120 días que demora en recuperar los recursos que desembolsa.

Desde el punto de vista del cálculo de la rentabilidad de un proyecto, no es necesaria una gran precisión en su determinación, por cuanto el capital de trabajo, como se verá más adelante, si bien se considera como una inversión inicial, es un activo de propiedad permanente del inversionista que se mantiene en la empresa, por lo que deberá considerarse como parte de los beneficios recuperables en el tiempo. Sólo tiene el efecto de su costo de capital por mantenerlo inmovilizado en el negocio en vez de invertirlo en otra opción rentable.

Si el informe que emana del estudio de la viabilidad económica del proyecto se utiliza además como un instrumento para pedir un préstamo o si se evalúa en nivel de factibilidad, la forma de cálculo deberá seguir patrones más estrictos. Por ejemplo, si el capital de trabajo se calcula equivocadamente como 10% inferior a lo que efectivamente se requerirá, el error sobre el cálculo de la rentabilidad será substancialmente inferior a ese monto, por lo que se considera como no tan relevante para la evaluación. Esto se explica porque, al ser esta inversión recuperable al final del período de evaluación, el error tendrá sólo el efecto correspondiente al mayor o menor costo del capital inmovilizado entre el momento en que se hace la inversión y el momento en que se recupera, por estar reflejado en el presupuesto, con signo positivo, el mismo valor incluido en las inversiones con signo negativo.

Sin embargo, el 10% menos de capital de trabajo disponible para la futura gestión del negocio haría que los recursos no alcancen a cubrir el desfase entre la generación de los ingresos a futuro y la ocurrencia de los gastos que se produzcan anticipadamente, ocasionando graves efectos negativos sobre los resultados posibles de alcanzar en su etapa de operación.

Existen tres modelos para calcular el monto para invertir en capital de trabajo: el contable, el del período de desfase y el del déficit acumulado máximo.

El *método contable* proyecta los niveles promedios de activos corrientes o circulantes (recursos mantenidos en caja, cuentas por cobrar a clientes e inventarios) y de pasivos corrientes o circulantes (créditos bancarios de corto plazo, deudas con proveedores y otras cuentas por pagar de corto plazo) y calcula la inversión en capital de trabajo como la diferencia entre ambos.

Las dificultades para estimar una proyección confiable de cada variable hace recomendable utilizar este método únicamente cuando, en una empresa en marcha, se encuentre que el capital de trabajo contable observado históricamente está correlacionado con alguna variable mensurable y conocida para el nuevo proyecto, como, por ejemplo, el volumen de la producción, el valor de los activos o el costo de los insumos, entre otras. De esta forma, se puede definir un estándar y aplicarlo al proyecto que se evalúa. Por sus limitaciones, se usa principalmente en niveles de perfil o de prefactibilidad y cuando se pueda determinar el estándar antes señalado.

En algunos casos se puede calcular el estándar sobre promedios de la industria. Por ello también se debe definir la variable que explica el comportamiento del capital de trabajo contable en las empresas del sector mediante el mismo análisis de correlación, tal como se vio en el capítulo 2.

Ejemplo 5.2

Una empresa productora de queso encuentra que su nivel de capital de trabajo contable ha tenido, históricamente, un comportamiento muy similar a la tendencia observada en el costo de adquisición de su principal materia prima, la leche.

La función que mejor explica esta relación esta dada por la ecuación:

$$CTc = 6.947 + 0,65Lc$$

donde CTc es el capital de trabajo contable y Lc el monto anual de las compras de leche.

Si se está evaluando una posible ampliación que obligará a aumentar las compras de leche en \$54.000 anuales, se puede estimar que se requerirá invertir en capital de trabajo adicional lo que resulte de la ecuación anterior, es decir:

$$ICT_0 = 6.947 + 0,65(54.000) = \$42.047$$

donde ICT₀ es el monto de inversión inicial estimado para garantizar el financiamiento de la inversión durante el primer año de operación.

Cualquier cambio proyectado en el nivel de operación en los siguientes años se manifestará en una variación en el valor de las compras de la leche y, en consecuencia, se deberá considerar también una variación en el nivel de inversión necesario en capital de trabajo. Generalmente se aplica una variación proporcional, no considerando el posible impacto de economías o deseconomías de escala del crecimiento o disminución de la producción futura. Este criterio se aplica en cualquiera de los tres métodos de cálculo de esta inversión.

El *método del período de desfase* calcula la inversión en capital de trabajo como la cantidad de recursos necesarios para financiar los costos de operación desde que se inician los desembolsos y hasta que se recuperan. Para ello, toma el costo promedio diario⁵ y lo multiplica por el número de días estimados de desfase:

$$(5.1) \quad ICT_0 = \frac{Ca_1}{365} * n$$

5. Lo que resulta sencillo por tener la referencia del costo anual en el flujo de caja del proyecto. Obviamente, los costos anuales son sólo los desembolsables, por cuanto ni la depreciación ni la amortización de los intangibles deben ser financiadas con capital de trabajo.

donde ICT₀ es el monto de la inversión en capital de trabajo inicial, Ca₁ es el costo anual proyectado para el primer año de operación⁶ y n el número de días de desfase entre la ocurrencia de los egresos y la generación de los ingresos.

Ejemplo 5.3

El número de días de desfase puede calcularse como un factor ponderado de varias cuentas. Por ejemplo, si en la evaluación de un proyecto hotelero se estima que los pasajeros permanecen en promedio cinco días y que el 10% de ellos paga su cuenta en efectivo, que un 30% lo hace con cheque de otra plaza que demora tres días en cobrarse y que el 60% restante lo hace con tarjeta de crédito que demora ocho días en recuperarse, se calcula el número de días de desfase como se muestra en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Cálculo del número de días de desfase ponderado

| Forma de pago | Permanencia | Período de cobranza | Total a financiar | Participación relativa | Ponderado (días) |
|---------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------------|------------------|
| En efectivo | 5 días | 0 días | 5 días | 10% | 0,5 |
| Con cheque | 5 días | 3 días | 8 días | 30% | 2,4 |
| Con tarjeta | 5 días | 8 días | 13 días | 60% | 7,8 |
| Total | 0 | 0 | 0 | 0 | 10,7 |

Según este modelo, el capital de trabajo invertido deberá ser capaz de financiar la operación promedio de 10,7 días.

Si el costo anual desembolsable proyectado para el primer año de operación del hotel fuese de \$3.742.000, la inversión en capital de trabajo se calcularía por:

$$\frac{3.742.000}{365} * 10,7 = \$ 109.697$$

Al utilizar este método, que trabaja con estimaciones de promedios diarios, se está frente a una típica situación de información secundaria, por lo que se emplea fundamentalmente en estudios de

6. No deben incluirse en estos costos aquellos que no requieren financiarse con capital de trabajo, como, por ejemplo, las comisiones de los vendedores que se pagan con posterioridad al cobro a los clientes.

prefactibilidad y en aquéllos de factibilidad que se usarán sólo para medir la rentabilidad del proyecto y en situaciones que no presenten estacionalidades.

El *método del déficit acumulado máximo* es el más exacto de los tres disponibles para calcular la inversión en capital de trabajo, al determinar el máximo déficit que se produce entre la ocurrencia de los egresos y los ingresos. A diferencia del método anterior, considera la posibilidad real de que durante el período de desfase se produzcan tanto estacionalidades en la producción, ventas o compras de insumos, como ingresos que permitan financiar parte de los egresos proyectados. Para ello, elabora un presupuesto de caja donde detalla, para un período de 12 meses, la estimación de los ingresos y egresos de caja mensuales.

A diferencia del flujo de caja del proyecto, que se elabora para períodos generalmente anuales, aquí deben incluirse egresos que suceden durante el año, como, por ejemplo, los pagos provisionales mensuales de los impuestos, o el impuesto al valor agregado que, como se verá más adelante, no siempre se incluyen en la proyección de los flujos de caja.

El siguiente ejemplo simplificado muestra la estructura de análisis para determinar la cuantía de recursos que financian el máximo de los déficit operacionales para el nivel de producción que se observará en el primer año de funcionamiento.

Ejemplo 5.4

Una empresa busca determinar el monto que deberá destinar a la inversión en capital de trabajo si se aprueba la fabricación y venta de un nuevo producto para aprovechar capacidad instalada ociosa.

El proceso de producción demora 20 días y se estima un período promedio de ventas de 10 días. Como resultado del estudio de mercado, se proyecta vender las cantidades mensuales que se

muestran en la tabla 5.4 a \$65 cada una. Durante los meses de mayo, junio y julio, el negocio enfrenta una disminución en las ventas ocasionada por una estacionalidad estructural y que por lo tanto se puede suponer que se mantendrá en los próximos años.

De acuerdo con las políticas comerciales de la empresa, se prevé un cobro de un 30% al momento de materializarse la venta, un 40% a 30 días y el 30% restante a 60 días.

El ingreso mensual presupuestado para el primer año de operación es, entonces, el que aparece en la última fila de la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Proyección de ingresos mensuales

| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-----------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Precio | | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| Ventas (q) | | 576 | 600 | 612 | 284 | 284 | 284 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 |
| Ventas (\$) | | 37.440 | 39.000 | 39.780 | 18.460 | 18.460 | 18.460 | 42.575 | 42.575 | 42.575 | 42.575 | 42.575 |
| 30% contado | | 11.232 | 11.700 | 11.934 | 5.538 | 5.53 | 5.53 | 12.773 | 12.773 | 12.773 | 12.773 | 12.773 |
| 40% a 30 días | | | 14.976 | 15.600 | 15.912 | 7.384 | 7.384 | 7.384 | 17.030 | 17.030 | 17.030 | 17.030 |
| 30% a 60 días | | | | 11.232 | 11.700 | 11.934 | 5.538 | 5.538 | 5.538 | 12.773 | 12.773 | 12.773 |
| Ingreso mensual | | 11.232 | 26.676 | 38.766 | 33.150 | 24.856 | 18.460 | 25.695 | 35.341 | 42.575 | 42.575 | 42.575 |

Para calcular los egresos mensuales, se debe definir primero la cantidad de unidades a producir cada mes. Para ello, se aplicará la siguiente ecuación:

$$(5.2) \quad Pp = Pv + If - Ii$$

donde Pp es el programa de producción mensual, Pv la proyección de unidades vendidas mensualmente, If el inventario que debe estar disponible a fin de mes e Ii el inventario inicial del mes, que es igual al inventario final del mes anterior.

Como la producción es un proceso continuo, no se requiere tener el total de las ventas disponible el primer día del mes. En este caso se supondrá que la política de la empresa es mantener un 66,67% de las ventas proyectadas para el mes como inventario de seguridad al principio de ese mes.

Tabla 5.5 Programa de producción mensual

| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ventas | | 576 | 600 | 612 | 284 | 284 | 284 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 |
| Inventario final | 384 | 400 | 408 | 189 | 189 | 189 | 437 | 437 | 437 | 437 | 437 | 437 |
| Inventario inicial | | 384 | 400 | 408 | 189 | 189 | 189 | 437 | 437 | 437 | 437 | 437 |
| Programa de producción | 384 | 592 | 608 | 393 | 284 | 284 | 531 | 655 | 655 | 655 | 655 | 655 |

La primera fila repite la proyección de ventas mensuales expuesta en la tabla 5.4. La segunda fila corresponde al 66,67% de las ventas proyectadas para el mes siguiente y que deberán estar en el inventario al finalizar el mes de producción. La tercera fila es equivalente al saldo final del mes anterior. Así, la producción requerida en abril deberá ser suficiente para cubrir las unidades que se

La herramienta **Solver** buscará los valores de a_0 , a_1 y a_2 que hagan mínima la suma de los errores al cuadrado. Para ello se ejecuta el mandato **Herramientas/Solver**, con lo que aparece el cuadro de diálogo denominado **Parámetros de Solver**. En *Celda objetivo* se anotará la celda que hay que optimizar (F18); en *valor de la celda objetivo* se seleccionará la opción **Mínimo** y en *Cambiando la celda* se pondrá el rango de las tres variables que se desea calcular (B2:B4), quedando el cuadro de diálogo como se muestra en la figura 2.3

Figura 2.3 Cuadro de diálogo Parámetros de Solver para estimar la función polinómica



Debido a que no existen restricciones, se pulsán los botones **Resolver** y **Aceptar**, con lo que se obtienen automáticamente los valores buscados: $a_0=3.538,4$; $a_1=17,43$ y $a_2=3,22$.

Una forma alternativa para determinar estos valores y, al mismo tiempo, buscar la forma de la función que mejor explique la tendencia es recurrir al **Asistente para gráficos** de Excel. Para ello se selecciona en la hoja de cálculo que se exhibió en la figura 2.2, el rango de datos de las dos variables, es decir, B6:C17. Al marcar la opción **Asistente para gráficos** se despliega un cuadro de diálogo que se identifica como **Paso 1 de 4: tipo de gráfico**. En *Tipo de gráfico* se selecciona "XY(Dispersión)" y en *Subtipo de gráfico* la primera opción que muestra sólo los puntos de datos y se pulsa **Siguiente** para pasar al cuadro de diálogo que se denomina **Paso 2 de 4: datos de origen**. En él aparece automáticamente el gráfico preliminar

y el rango de datos, sólo como una forma de confirmar que está correcto. Si es así, se pulsa nuevamente **Siguiente** y aparece el cuadro de diálogo **Paso 3 de 4: opciones de gráfico**, donde puede agregar leyendas si se va a imprimir o exhibir. Pulse nuevamente **Siguiente** para llegar al cuadro de diálogo **Paso 4 de 4: ubicación del gráfico**, que da la opción de ubicarlo en una nueva hoja o como objeto en la misma hoja de cálculo. Una vez seleccionada la ubicación se pulsa **Finalizar**.

En el gráfico debe ponerse el cursor en cualquiera de los puntos de datos, pulsando el botón izquierdo del mouse para seleccionar todo el rango de datos. En el menú **Gráfico** se

debe seleccionar la opción **Agregar línea de tendencia**. En el cuadro de diálogo se elige la opción **Polinomial de 2° grado** en **Tipo de tendencia o regresión**. Antes de pulsar **Aceptar**, se debe ir a "Opciones" y seleccionar las casillas **Presentar ecuación en el gráfico** y **Presentar el valor de R cuadrado en el gráfico**. Al pulsar la opción de **Aceptar** aparece graficada la tendencia polinomial, la ecuación correspondiente (que debe coincidir con los valores obtenidos con la función Solver) y el R^2 que en este caso, será de 0,90.

Pulsando **Deshacer** una vez, se vuelve a la selección de la serie de datos en el gráfico. En el menú **Gráfico** se puede pulsar nuevamente **Agregar línea de tendencia** y elegir ahora la opción Lineal en el **Tipo de tendencia o regresión** y seguir los mismos pasos señalados para la función polinomial. El gráfico deberá mostrar la línea de tendencia recta y la ecuación y R^2 que necesariamente tienen que coincidir con los resultados del gráfico 2.9.

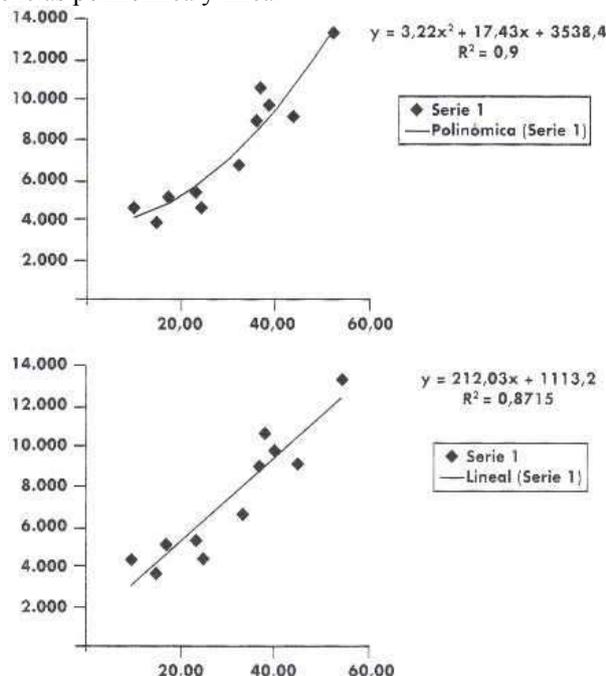
Como se puede observar, la función polinómica tiene un R^2 superior al de la función lineal en aproximadamente 3%. Es decir, la función polinómica permite deducir que la variable Y respecto de su media está explicada en un 90%, mientras que con la función lineal sólo está explicada en un 87%.⁴

⁴ La función polinómica siempre ajusta la tendencia de mejor forma que una función lineal. Es usual en la práctica llegar a usar hasta una función polinomial cúbica, ya que un grado mayor no tiende a reflejar la tendencia de los datos reales.

b. Modelos de series de tiempo

Los *modelos de series de tiempo* pronostican el valor futuro de la variable que se desea estimar extrapolando el comportamiento histórico de los valores observados para esa variable. En esta categoría se clasifican

Gráfico 2.9 Tendencias polinómica y lineal



El saldo positivo muestra sólo que el crecimiento en el capital de trabajo puede ser financiado con excedentes del propio flujo de caja del proyecto. Si se financia con estos excedentes, deberá exigirse a esta inversión un retorno que compense su no uso en otras oportunidades de inversión que tenga la empresa, tal como se exigirá que renten los recursos que son aportados para el financiamiento de toda la inversión.

La diferencia entre la inversión en capital de trabajo y aquella que se realiza en activos fijos es que mientras estos últimos pueden perder o ganar valor con el paso del tiempo, la inversión en capital de trabajo se mantiene, en términos reales, durante todo el período de evaluación, pudiendo recuperarse con el término del proyecto.

Como se verá más adelante, este concepto es importante al evaluar el proyecto en un horizonte de tiempo menor que el de su vida útil, ya que se deberá valorar esta inversión al final de ese período de evaluación, por cuanto constituye parte de lo que la empresa poseerá por haber realizado las inversiones iniciales.

Cuando se evalúa un proyecto en una empresa en marcha, existe en la situación base o actual un capital de trabajo que podrá verse modificado por el proyecto. Si el proyecto involucra un crecimiento en la actividad (ampliación o internalización, por ejemplo) se deberá considerar una inversión incremental a la actual y si involucra un decrecimiento (abandono o, en algunos casos, outsourcing) se considerará una recuperación anticipada de ella. Existen tres criterios para calcular la inversión incremental que, aunque conducen a resultados iguales, la información que entregan para la situación base y con proyecto puede conducir a una impresión equivocada de los recursos que efectivamente se deberán desembolsar si se hace el proyecto. Esto se aprecia en el ejemplo siguiente.

Ejemplo 5.5

Por ejemplo, si una empresa tiene hoy un capital de trabajo de \$ 1.000 y evalúa un proyecto de ampliación que requiere agregar \$200 para financiar el mayor desfase entre egresos e ingresos, se puede incluir esta variación opcionalmente de las tres formas que se indican en la tabla 5.8, aunque el último procedimiento parece, conceptualmente, poco adecuado.

Tabla 5.8. Efecto neto de los modelos de inclusión de la inversión en capital de trabajo en los flujos de caja

| | Caso 1 | | Caso 2 | | Caso 3 | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | I_0 | RI_n | I_0 | RI_n | I_0 | RI_n |
| Sin proyecto | - | - | - | 1.000 | -1.000 | 1.000 |
| Con proyecto | -200 | 200 | -200 | 1.200 | -1.200 | 1.200 |
| Variación | -200 | 200 | -200 | 200 | -200 | 200 |

donde I_0 corresponde a la inversión en capital de trabajo que se debe hacer en el momento cero del flujo de caja y RI_n a la recuperación de ese capital de trabajo en el momento n , que representa el final del período de evaluación.

Como se puede observar, la variación en la inversión y valor de desecho entre los tres casos es exactamente igual.

En el primero se ha supuesto en la situación sin proyecto que el capital de trabajo actual es irrelevante, ya que cualquiera sea la decisión (hacer o no el proyecto) esa inversión está en la empresa y se recuperará al final del período de evaluación. Por ello, en la situación con proyecto se consideró, para mantener la coherencia del análisis, que se invierte y recupera sólo la diferencia agregada si se hace el proyecto.

En el segundo caso se supuso que la inversión en la situación base es innecesaria, porque ya está en la empresa, pero que se puede recuperar al final del período de evaluación. En la situación con proyecto, entonces, se incluye inicialmente lo que se debe agregar de inversión inicial y, con el mismo criterio, se incluye al final la recuperación total de la inversión.

$$(2.14) \quad a = \bar{y} - b \bar{x}$$

donde \bar{x} y \bar{y} son los valores promedios de las variables y n es el número de observaciones.

Ejemplo 2.5

Una empresa requiere proyectar la demanda potencial de juegos de entretenimientos electrónicos para niños antes de decidir respecto de la conveniencia de emprender una ampliación de sus instalaciones en otro sector de la ciudad. La información disponible en la cadena de negocios de la empresa (12 locales en total) muestra los promedios históricos anuales de venta por local que se exponen en la tabla 2.5.

Reemplazando en las ecuaciones 2.13 y 2.14 se obtienen los siguientes valores:

$$b = \frac{12(2.903.465,41) - (346,08)(86.737,00)}{12(11.876,79) - (346,08)^2} = 212,03$$

$$a = 7.228 - (212,03)(28,84) = 1.113,20$$

Tabla 2.5 Cuadro de información del negocio

| Local | Pobl. Infantil x (en miles) | Ventas y | xy | x ² |
|----------|--------------------------------|-------------|-----------|----------------|
| 1 | 14,68 | 3.845 | 56.445 | 216 |
| 2 | 22,93 | 5.450 | 124.969 | 526 |
| 3 | 16,65 | 5.099 | 84.898 | 277 |
| 4 | 35,99 | 8.890 | 319.951 | 1.295 |
| 5 | 32,48 | 6.681 | 216.999 | 1.055 |
| 6 | 38,77 | 9.678 | 375.216 | 1.503 |
| 7 | 10,03 | 4.542 | 45.556 | 101 |
| 8 | 24,26 | 4.557 | 110.553 | 589 |
| 9 | 52,46 | 13.289 | 697.141 | 2.752 |
| 10 | 36,80 | 10.506 | 386.621 | 1.354 |
| 11 | 17,34 | 5.134 | 89.024 | 301 |
| 12 | 43,69 | 9.066 | 396.094 | 1.909 |
| Suma | 346,08 | 86.737 | 2.903.465 | 11.877 |
| Promedio | 28,84 | 7.228 | | |

Una forma simple de calcular estos valores es recurriendo a una planilla electrónica como Excel, por ejemplo. Para ello se ejecuta el mandato **Herramientas/Análisis de datos²** y se elige la opción **Regresión**. En el cuadro de diálogo se anotará en *Rango Y de entrada* la selección de los valores indicados en la columna y de ventas y en *Rango X de entrada* los valores de la columna x de población infantil.

ello, el resultado de una predicción se debe considerar sólo como una medición de evidencias incompletas, basadas en comportamientos empíricos de situaciones parcialmente similares o en inferencias de datos estadísticos disponibles.

Las técnicas de pronóstico se clasifican de diversas formas en la literatura económica. En este texto se usarán dos grandes categorías: las cuantitativas y las cualitativas.

2.2.1 Técnicas cuantitativas de predicción

Las *técnicas cuantitativas* de predicción poseen la ventaja de que al estar expresadas matemáticamente, su procedimiento de cálculo y los supuestos empleados carecen de toda ambigüedad. Dos grupos se identifican en esta categoría: los *modelos causales* y los *modelos de series de tiempo*.

a. Modelos causales

Un *pronóstico causal* se fundamenta en la posibilidad de confiar en el comportamiento de una variable que podría explicar los valores que asumiría la variable a proyectar. La variable conocida se denomina *variable independiente* y la estimada *variable dependiente*.

Variables independientes típicas son la tasa de crecimiento de la población, la tasa de ocupación de un insumo por unidad producida, el crecimiento esperado en el producto interno bruto, etcétera.

Los modelos causales requieren que exista una relación entre los valores de ambas variables y que los de la variable independiente sean conocidos o que su estimación otorgue una mayor confianza. La forma más común de hacer una proyección causal es el *ajuste de curvas*, el cual se puede realizar aplicando el método de los *mínimos cuadrados* o el de la *función polinómica*.

El *método de los mínimos cuadrados* selecciona una línea de tendencia recta del tipo $y = a + bx$, donde y es la variable dependiente, x

la independiente, a el punto de intersección de la función en el eje vertical y b la pendiente de la función. Este método se conoce también como *regresión lineal* y busca determinar la recta que represente de mejor manera la tendencia de las relaciones observadas en el pasado para usarlas como base de la proyección de la tendencia futura.

Como primer paso se debe recoger toda la información histórica que permita expresar las relaciones observadas entre las variables x e y que parezcan estrechamente relacionadas entre sí, para luego determinar la ecuación que mejor se ajuste a dichas relaciones. Para ello se calcula el valor de a y b aplicando las siguientes ecuaciones:

$$(2.13) \quad b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

= =

De igual manera, el precio de equilibrio cambia cuando se modifican oferta y demanda conjuntamente pero en distinta magnitud.

Cuando el precio disminuye, el ingreso total aumenta si la demanda es elástica; permanece constante si es unitaria y disminuye si es inelástica. La elasticidad precio de la demanda es mayor mientras mejores sean los sustitutos disponibles para el bien, mayor sea su número y los consumidores dispongan de más tiempo para reaccionar a los cambios en los precios.

Ejemplo 2.2

Tomando como base los antecedentes del ejemplo 2.1 se calculan en la tabla 2.2 las relaciones de ingreso total y marginal,

Tabla 2.2 Relaciones de ingreso total y marginal

| P | Q | Ep | IT=PxQ | IMg |
|-------|-------|----------|---------|------|
| 1.000 | 0 | ∞ | 0 | |
| 900 | 100 | 9,00 | 90.000 | 900 |
| 800 | 200 | 4,00 | 160.000 | 700 |
| 700 | 300 | 2,33 | 210.000 | 500 |
| 600 | 400 | 1,50 | 240.000 | 300 |
| 500 | 500 | 1,00 | 250.000 | 100 |
| 400 | 600 | 0,67 | 240.000 | -100 |
| 300 | 700 | 0,43 | 210.000 | -300 |
| 200 | 800 | 0,25 | 160.000 | -500 |
| 100 | 900 | 0,11 | 90.000 | -700 |
| 0 | 1.000 | 0 | 0 | -900 |

donde IMg es el ingreso marginal total dividido por las unidades vendidas marginales.

2.1.3 Comportamiento de los costos

La forma más tradicional de clasificar los costos de operación de un proyecto es la que los diferencia entre costos fijos y variables. Los *costos fijos totales* son costos en que se deberá incurrir en un período determinado, independientemente del nivel de producción de la empresa (alquiler de bodegas, algunas remuneraciones, seguros de máquina, etcétera).

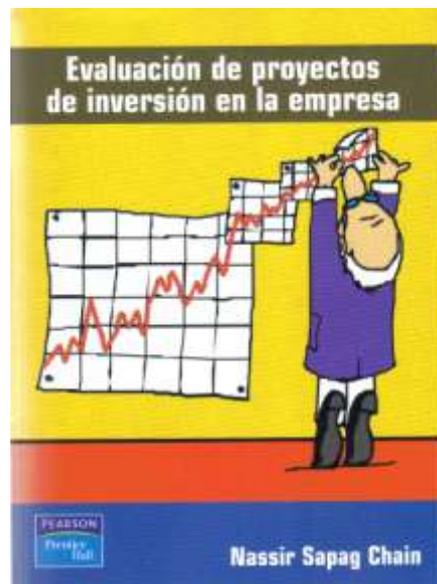
Los *costos variables totales* son aquellos que dependen del nivel de producción (costo de los envases, mano de obra, materias primas, etcétera). La suma de ambos costos dará el *costo total del período*.

Dentro de los límites de una capacidad dada de planta, la empresa podrá variar sus niveles de producción haciendo cambiar la cantidad de insumos ocupados y, por lo tanto, sus costos variables totales. Dentro de ciertos rangos, los costos fijos se mantendrán constantes, pero también podrán variar.

Los costos unitarios variables pueden cambiar por las economías o *deseconomías* de escala que se puedan generar con el proyecto, mientras que los costos fijos varían por los factores

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain



© 2001, PEARSON EDUCATION S.A.

Primera edición: Enero de 2001

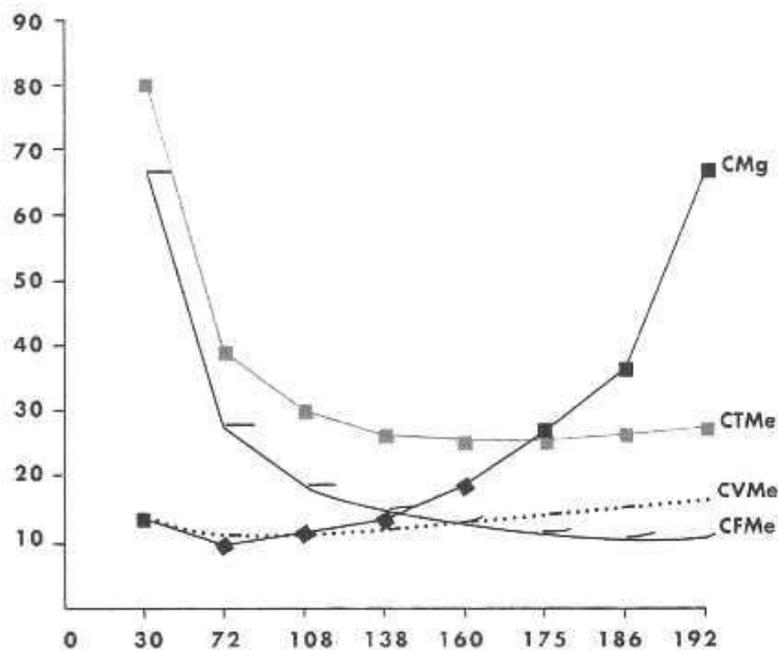
Segunda reimpresión: Enero de 2004

Impreso en Argentina por Gráfica Pinter S.A.

De la misma forma, los costos medios y marginales se pueden representar como lo muestra el gráfico 2.7.

El costo fijo medio es elevado inicialmente porque se debe prorratar el costo fijo total entre muy pocas unidades. El costo fijo medio va disminuyendo a medida que el costo fijo total se distribuye entre más unidades. La curva de costo marginal corta en su punto más bajo a las curvas de costo medio total y costo variable medio. En el primer caso, esto se explica porque la presión hacia abajo del costo fijo medio es compensada por la presión creciente del costo variable medio. En el segundo caso, mientras el costo marginal sea menor que

Gráfico 2.7 Funciones de costos medio y marginal



los costos medio total y variable medio, ejercerá una presión hacia la baja en los costos y, cuando es mayor, la presión será hacia el alza. Esto explica que el costo marginal se iguale con ellos cuando éstos alcanzan un mínimo.

2.1.4 Maximización de los beneficios

La empresa maximiza el beneficio neto total en el nivel de producción donde la diferencia entre el ingreso total y el costo total se hace máxima. Desde el punto de vista del análisis marginal, esta producción se logra en el punto donde el ingreso marginal se iguala con el costo marginal. Sobre ese punto la empresa podrá aumentar los ingresos totales, pero los

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Prefacio | 13 |
| 1. Proyectos en empresas en marcha | 15 |
| 1.1 Tipologías de proyectos en empresas en marcha | 17 |
| 1.2 Estudios de viabilidad | 21 |
| 1.3 Etapas de un proyecto | 26 |
| 1.4 El proceso de estudio del proyecto | 29 |
| Preguntas y problemas | 36 |
| Bibliografía | 38 |
| 2. Comportamientos del mercado: marco económico y predictivo | 39 |
| 2.1 Conceptos económicos básicos para el análisis de inversiones | 39 |
| 2.1.1 Comportamiento de la demanda | 40 |
| 2.1.2 Comportamiento de la oferta | 46 |
| 2.1.3 Comportamiento de los costos | 48 |
| 2.1.4 Maximización de los beneficios | 52 |
| 2.2 Técnicas de predicción para análisis económicos | 55 |
| 2.2.1 Técnicas cuantitativas de predicción | 55 |
| 2.2.2 Técnicas cualitativas de predicción | 68 |
| Preguntas y problemas | 73 |
| Bibliografía | 76 |
| 3. Costos relevantes en proyectos de cambio | 77 |
| 3.1 Costos relevantes | 78 |
| 3.2 Técnicas de estimación de costos | 85 |
| 3.2.1 Factores combinados | 85 |
| 3.2.2 Factor exponencial | 86 |
| 3.2.3 Regresión simple | 88 |
| 3.3 Curva de aprendizaje | 89 |
| 3.4 Garantía sobre los equipos nuevos | 93 |
| 3.5 Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento | 94 |
| 3.6 Costos de una mejora o reparación mayor | 97 |
| 3.7 Irrelevancia de algunos costos asignados | 97 |
| Preguntas y problemas | 99 |
| Bibliografía | 102 |
| 4. Efectos tributarios de un proyecto sobre la empresa | 105 |
| 4.1 Efecto tributario de la venta de activos | 106 |
| 4.2 Efecto tributario de la compra de activos | 109 |
| 4.3 Efecto tributario de la variación de costos | 112 |
| 4.4 Efecto tributario del endeudamiento | 113 |
| 4.5 Efecto tributario relevante para la evaluación | 115 |
| 4.6 Impuesto al valor agregado (IVA) | 119 |
| Preguntas y problemas | 121 |
| Bibliografía | 123 |

de escala involucrados. Hay *economías de escala* cuando, por ejemplo, se logran descuentos en compras por volúmenes mayores, y *deseconomías de escala* cuando, por ejemplo, se debe recurrir a fuentes más lejanas de abastecimiento por un mayor volumen de operación.

Una forma de calcular los costos fijos y variables es hacerlo mediante la cuantificación de ambos ítem de costos y de todos sus componentes para distintos niveles de producción.

Otra forma es determinarlos analizando el comportamiento histórico del costo total en relación con la producción observada. Para ello se efectúa una regresión simple como la expuesta en el próximo capítulo.

Al disponerse de la información de las funciones de costos fijos, variables y totales, pueden derivarse de ella distintas funciones de costo unitario:

$$(2.10) \quad CFMe = \frac{CFT}{Q}$$

donde CFMe es el *costo fijo medio*, CFT los costos fijos totales y Q el nivel de producción del período.

$$(2.11) \quad CVMe = \frac{CVT}{Q}$$

donde CVMe representa al *costo variable medio* y CVT a los costos variables totales.

$$CMeT = CFMe + CVMe$$

Donde CMeT corresponde al *costo medio total*, que se calcula también dividiendo el costo total (CT) por la producción.

Otro costo unitario es el denominado *costo marginal*, CMg, que corresponde a la variación que se observa en el costo total frente a un cambio unitario en la producción.

Ejemplo 2.3

Las relaciones anteriores se ejemplifican en la tabla 2.3, que supone costos fijos totales de \$2.000 por cualquier cantidad que se produzca. Los costos variables unitarios se consideran constantes en \$400.

Tabla 2.3 Relaciones de costos unitarios

| Q | PMg | CFT | CVT | CT | CFMe | CVMe | CMeT | CMg |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | | 2.000 | 0 | 2.000 | | | | |
| 30 | 30 | 2.000 | 400 | 2.400 | 66,67 | 13,33 | 80,00 | 13,33 |
| 72 | 42 | 2.000 | 800 | 2.800 | 27,78 | 11,11 | 38,89 | 9,52 |
| 108 | 36 | 2.000 | 1.200 | 3.200 | 28,52 | 11,11 | 29,63 | 11,11 |
| 138 | 30 | 2.000 | 1.600 | 3.600 | 14,49 | 11,59 | 26,09 | 13,33 |
| 160 | 22 | 2.000 | 2.000 | 4.000 | 12,50 | 12,50 | 25,00 | 18,18 |
| 175 | 15 | 2.000 | 2.400 | 4.400 | 11,43 | 13,71 | 25,14 | 26,67 |
| 186 | 11 | 2.000 | 2.800 | 4.800 | 10,75 | 15,05 | 25,81 | 36,36 |
| 192 | 6 | 2.000 | 3.200 | 5.200 | 10,42 | 16,67 | 27,08 | 66,67 |

El estudio de mercado y la experiencia de la empresa en las otras ciudades donde opera permiten aproximar como mejor estimación que el 20% de los compradores pagará al contado y que el 80% restante lo hará de la siguiente forma:

| | | |
|---------|-----|-----|
| Contado | 20% | |
| 30 días | | 40% |
| 60 días | | 40% |

La política de la empresa, que ha resultado exitosa en el resto de las ciudades, es mantener un inventario final de productos listos para la venta, equivalente al 40% de las ventas estimadas para el mes siguiente.

El costo de los materiales directos asciende a \$12 por unidad. Los proveedores permiten pagar los insumos con un 60% al contado y el 40% a 30 días. La mano de obra directa se estima en \$4 por unidad y los costos de fabricación indirectos en \$3.204 anuales.

Los gastos de administración y ventas alcanzarían a \$9.672 por año. Además, se paga a los vendedores una comisión equivalente al 3% de los ingresos efectivamente recibidos por las ventas.

5.17 "Si el proyecto tiene un ingreso presupuestado de \$12.000 el mes 12, un egreso de \$8.000 y el saldo acumulado positivo, no requiere capital de trabajo." Comente.

5.18 Comente la siguiente afirmación: "Un cálculo correcto de los cambios en los niveles de la inversión en capital de trabajo durante el horizonte de evaluación debe considerar las economías o deseconomías de escala ocasionadas por el cambio en los niveles de producción".

5.19 ¿En qué casos se podría considerar una desinversión en capital de trabajo?

5.20 Si un activo se compró hace tres años en \$1.000.000 y se deprecia linealmente en 5 años ¿es posible estimar su valor libro actual?

5.21 Enuncie y explique las distintas políticas para enfrentar el mantenimiento o reparación de maquinarias.

5.22 ¿Qué ventajas y desventajas posee una política de mantenimiento correctivo?

5.23 ¿De qué factores depende el costo total de una política de mantenimiento correctivo?

5.24 ¿Qué ventajas y desventajas tiene una política de mantenimiento preventivo?

5.25 ¿Cuáles son los principales objetivos de efectuar alguna política de mantenimiento?

5.26 Describa en qué consisten los costos fijos, variables, directo, indirecto e inicial de mantenimiento.

5.27 En una empresa existen 100 vehículos con un componente susceptible de enfrentar una falla repentina. La probabilidad de falla por cada 50.000 kilómetros de uso se muestra en la siguiente tabla.

| x | P(x) |
|---------|------|
| 50.000 | 0,08 |
| 100.000 | 0,12 |
| 150.000 | 0,18 |
| 200.000 | 0,24 |
| 250.000 | 0,18 |
| 300.000 | 0,12 |
| 350.000 | 0,08 |

Con esta información, determine la cantidad de vehículos que tendría falla repentina en cada intervalo de 50.000 kilómetros de recorrido y el número esperado de fallas.

5.28 Con los antecedentes del ejercicio precedente y si el costo de sustitución del conjunto antes de que se produzca una falla es de \$140 por vehículo mientras que la sustitución con posterioridad a la falla es de \$320. ¿Cuál es el costo total del intervalo y costo promedio por kilómetro recorrido?

5.29 Con los antecedentes de los ejercicios 5.27 y 5.28, determine el valor esperado de la vida de cada componente y el costo esperado promedio por kilómetro, si la empresa siguiera una política de mantenimiento correctivo basado sólo en la consecuencia de una falla.

5.30 Con los resultados de las tres preguntas anteriores, determine con qué cantidad de kilómetros la política de sustitución en grupo es mejor que una política de mantenimiento correctivo.

5.31 Suponga que una empresa posee 300 componentes idénticos para los cuales se ha determinado una tasa de falla por días de uso correspondiente a $20 + 30t$, donde t son los días de uso. Si el costo unitario de sustitución del grupo es de \$130 mientras que el unitario de sustitución con posterioridad a la falla sube a \$320. ¿Cuál es el intervalo de sustitución más económico?

5.32 ¿Cuál es la política de sustitución que minimiza los costos totales esperados si la probabilidad de que el componente de una máquina dure 100, 200, 300 y 400 días es del 80%, 60%, 40% y 15%, respectivamente? Si la máquina falla, los costos de reparación y de oportunidad por menores ventas es de \$4.000, mientras que la sustitución preventiva del grupo de componentes es de \$520.

Bibliografía

- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CANADÁ, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.
- CONTRERAS, M. E. Formulación y evaluación de proyectos. UNAD, Santafé de Bogotá, 1997.
- CROSS, R. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Limusa, México, 1984.
- CHASE, R. y N. AQUILANO. Dirección y administración de la producción y de las operaciones. Reading, Ma., Addison-Wesley. 1994.
- EROSSA, V. Proyectos de inversión en ingeniería. Limusa, México, 1987.
- FUENTES, F. Análisis técnico para proyectos de inversión. ICAP, San José, 1988.
- GALLARDO, J. Formulación y evaluación de proyectos de inversión. McGraw-Hill, México, 1998.
- GRUPO MANTECNOLOGÍA. Mantecnología. <http://mantecnologia.com>. 2000.
- HORNGREEN, C. y G. FoSTER. Contabilidad de costos; un enfoque gerencia/. Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1990.
- KELETY, A. Análisis y evaluación de inversiones. EADA Gestión, Barcelona, 1992.
- KNEZEVIC, J. Mantenimiento. ISDEFE, Madrid, 1996.
- LANGE, O. Teoría general de la programación. Ariel, Barcelona, 1968.
- POLIMENI, R. y otros. Contabilidad de costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales. McGraw-Hill, Bogotá, 1989.
- ROSS, S., R. WESTERFIELD Y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- SALVATORE, D. Economía y empresa. McGraw-Hill, México, 1993.
- SAPAG, N. y R. SAPAG. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 2000.
- SUMANTH, D. Ingeniería y administración de la productividad. McGraw-Hill, México, 1990.
- TISSOT, M. Evaluación de proyectos, <http://members.tripod.com>. Universidad Santiago de Cali, 1999.
- VARELA, R. Evaluación económica de inversiones. Norma, Bogotá, 1989.
- VELEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.
- VILLEGAS, E. y R. ORTEGA. Administración de inversiones. McGraw-Hill, México, 1997.
- WESTON, J. F. y T. E. COPELAND. Finanzas en administración. McGraw-Hill, México, 1995.

CALCULO DE BENEFICIOS DEL PROYECTO

La rentabilidad que se estime para cualquier proyecto dependerá de la magnitud de los beneficios netos que la empresa obtenga a cambio de la inversión realizada en su implementación, sean éstos obtenidos tanto mediante la agregación de ingresos o la creación de valor a los activos de la empresa como mediante la reducción de costos.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, hay dos tipos de beneficios que, por la información que proveen para la toma de decisiones, deben ser considerados en la evaluación de una inversión y deben ser incorporados en la construcción de los flujos de caja de los proyectos: aquellos que constituyen ingresos y aquellos que no son movimientos de caja.

Aunque el concepto de "flujo de caja" se asocia con cuentas que constituirían movimientos de fondos, en la evaluación de proyectos se incluyen variables que no lo son pero que forman parte de la riqueza o valor agregado por el proyecto a la empresa como, por ejemplo, el valor remanente de la inversión realizada.

El objetivo de este capítulo es exponer los principales componentes que se deben considerar como beneficios atribuibles al proyecto que se evalúa, su forma de estimación o cálculo y los mecanismos para su correcta aplicación.

6.1 Ingresos, ahorro de costos y beneficios

En términos generales, se consideran variables que impactan positivamente el resultado de una inversión a los ingresos, las reducciones de costos y el aumento de eficiencia y a los beneficios que no

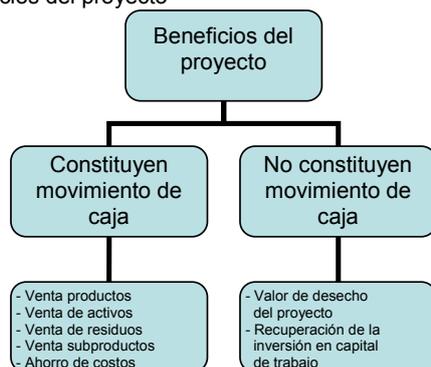
son ingresos pero que incrementan en la riqueza del inversionista o la empresa.

En el primer caso se encuentran los ingresos por la venta del producto o servicio que generará adicionalmente el proyecto como resultado de una mejora o ampliación; los ingresos por la venta de activos, particularmente cuando el proyecto involucra el reemplazo de alguno de ellos o su liberación por efecto de algún outsourcing; los ingresos por la venta de material de desecho reutilizable o subproductos, y los ahorros de costo que se asocian a la realización del proyecto que se evalúa. Todos ellos constituyen beneficios que aumentan la liquidez de la empresa y, por lo tanto, se incluyen dentro del concepto de ingreso.

En el segundo caso se consideran los beneficios que no constituyen ingresos de caja como, por ejemplo, el valor de desecho del proyecto al final del período de evaluación y la recuperación de la inversión en capital de trabajo. La empresa, cuando hace una inversión, además de recibir el beneficio generado por la utilización de los activos comprados, tiene el beneficio de la propiedad de esos activos, cualquiera sea el momento en que se considere valorarlos.

El valor de desecho del proyecto representa el valor que se le asigna, al final del período de evaluación, a los saldos de la inversión realizada. Si el proyecto se evalúa, por ejemplo, en un horizonte de 10 años, el inversionista debe visualizar que, además de recibir el flujo neto de caja anual, será también dueño del remanente de lo invertido en el negocio. Por esta razón, para determinar la conveniencia de emprender el proyecto, se deberá valorar el residuo de su inversión, ya sea cuantificando el valor de sus activos (contable o comercialmente) o calculando el valor equivalente esperado de su propia capacidad de seguir generando flujos de caja a futuro. La figura 6.1 muestra una tipología general de los beneficios asociados con los proyectos de inversión.

Figura 6.1 Beneficios del proyecto



6.1.1 Ingresos por venta de productos o servicios

La mayoría de las inversiones que realiza la empresa se justifican en el incremento futuro de los beneficios monetarios. Si bien la teoría de la oferta y la demanda ha sido considerada como una de las más influyentes de la ciencia económica, desde el punto de vista de la administración la maximización de los beneficios de la empresa busca quebrantar esa ley tan seguido como sea posible. Para escapar de la ley de oferta y demanda, las empresas intentan, mediante distintos proyectos, ganar las preferencias del consumidor por medio de una estrategia basada en la diferenciación del producto ofertado, para que sea percibido como deseable y, por lo tanto, se esté dispuesto a pagar por ello. Esto se logra, según Martín de Holán,¹ mediante tres vías:

- ofertar un producto que le parezca al consumidor tan distinto de las otras opciones que no sea posible comparación alguna;
- ofertar un producto que, aunque sea percibido como similar haga al consumidor estimar que posee características adicionales a las de la mejor opción, y
- ofertar un producto percibido como similar, pero a un precio inferior.

En todos estos casos los clientes podrían pagar por una diferencia que valorizan. Para alcanzar una ventaja competitiva la empresa debe obtener primero -y mantener después- las preferencias del cliente, lo que logra mediante el aumento de la apreciación del valor del producto (o la disminución de la apreciación de costo) respecto del precio por parte del consumidor.

Lo anterior se puede obtener tanto con la implementación de nuevos proyectos que permitan el aumento de productividad como con la diferenciación de productos que los consumidores están dispuestos a pagar. Lograr esto es uno de los objetivos que los nuevos proyectos buscan para proporcionar a una empresa la ventaja competitiva sustentable que debe perseguir como objetivo comercial, basada en la interpretación adecuada de las diferencias apreciadas por los consumidores.

Los ingresos del proyecto hacen aumentar las utilidades contables de la empresa y, en consecuencia, deben ir antes de impuesto en el flujo de caja. De igual forma, un proyecto de mejora que reduzca costos deberá considerar el aumento de las utilidades como una cantidad

1. DE HOLAN, M. "Los encantadores del mercado", en: Percepción Gerencial. INCAE, vol. 2 num. 4, 1999.

igual al costo neto ahorrado y, por lo tanto, deberá reflejar el mayor impuesto que ello ocasiona, tal como se explicó en el capítulo cuarto.

Uno de los aspectos más complejos de un estudio de viabilidad económica es la proyección de los ingresos generados por la venta de productos o servicios derivados del proyecto, ya sea si se estudia una desinversión o abandono, donde lo relevante es la reducción del ingreso, o una ampliación, donde lo importante es su aumento.

De acuerdo con lo analizado en el segundo capítulo, las relaciones entre las curvas de oferta y demanda de un producto determinan el equilibrio parcial del mercado y, por lo tanto, el precio de mercado.

Ejemplo 6.1

Una empresa constructora está evaluando edificar un conjunto habitacional en una comuna que muestra un fuerte crecimiento y desarrollo y provee los datos que muestra la tabla 6.1 respecto de la información que registra permanentemente sobre los metros cuadrados ofrecidos y demandados en los últimos años y los precios promedios observados en el mercado.

Tabla 6.1 Promedio histórico de metros cuadrados de vivienda ofertados y demandados en función de su precio

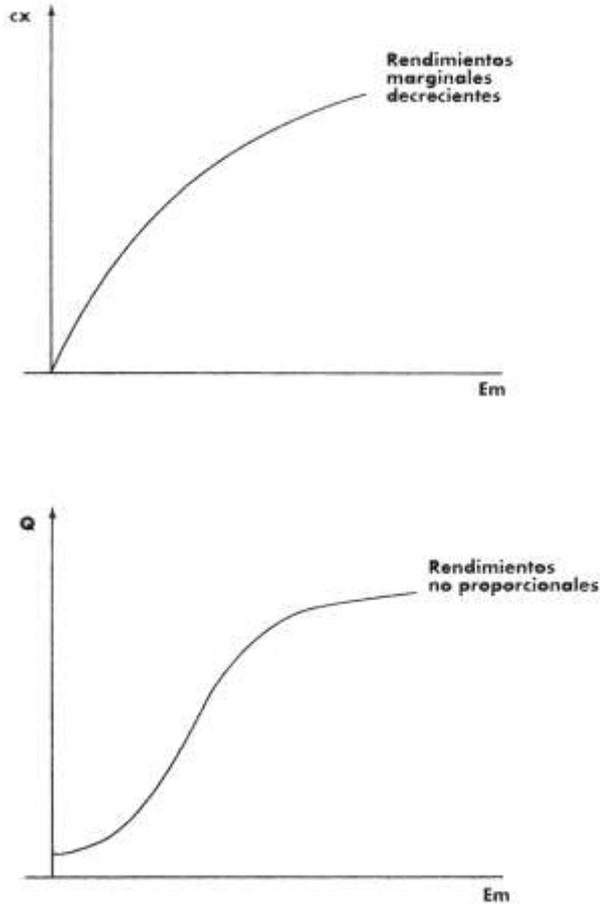
| Precio por m ² | Demanda anual | Oferta anual | Variación |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 100 | 13.000 m ² | 46.000 m ² | +33.000 m ² |
| 90 | 16.000 m ² | 42.000 m ² | +26.000 m ² |
| 80 | 23.000 m ² | 38.000 m ² | +15.000 m ² |
| 72 | 29.000 m ² | 35.000 m ² | +6.000 m ² |
| 64 | 33.000 m ² | 33.000 m ² | 0 m ² |
| 56 | 42.000 m ² | 28.000 m ² | -14.000 m ² |
| 48 | 50.000 m ² | 21.000 m ² | -29.000 m ² |

Como se puede observar, mientras más alto ha sido el precio de venta menor fue la demanda. Con un precio de \$64, la cantidad ofrecida iguala a la cantidad demandada en lo que se conoce como *precio de equilibrio*.

Un precio superior haría que algunos consumidores potenciales abandonen su intencionalidad de comprar, generando un incentivo a la incorporación de otras constructoras al mercado que optan por ofertar un precio inferior.

Si bien entre precio y demanda existe una relación generalmente inversa, hay otros factores que se relacionan positivamente con la demanda, como es el gasto en los esfuerzos de marketing. La respuesta del mercado a este esfuerzo puede ser de rendimientos marginales decrecientes o, como se explicó en el capítulo 2, de rendimientos no proporcionales, tal como se ilustra en el gráfico 6.1.

Gráfico 6.1 Comportamiento de la demanda ante un esfuerzo de marketing



Probablemente, en el caso de la constructora del ejemplo 6.1 la proyección de ventas estará asociada no sólo con el precio y con los esfuerzos de venta que pueda realizar, sino también con el nivel de ingresos del grupo familiar potencialmente comprador y con la facilidad para acceder a créditos para la adquisición de viviendas en el mercado financiero.

Por estos y otros factores, la estructura que puede asumir un flujo de ingresos por venta varía significativamente entre proyectos. Cuando la inversión de la empresa se hace para responder a una demanda insatisfecha medida en el pasado, es probablemente más fácil estimar los ingresos futuros. Cuando no existen datos, se puede recurrir a la tendencia de demanda por terceros factores que la afectan como, por ejemplo, la tendencia en las ventas de pintura si se va a producir pigmentos.

Al fijar el precio, que determinará el volumen de demanda y en consecuencia el ingreso futuro, se deberá responder previamente a una serie de interrogantes entre los que se pueden mencionar la preferencia de obtener un incremento en los beneficios en el corto plazo a cambio de atraer demanda o generar mayores niveles de consumo; la definición de un producto para el largo plazo donde debe incorporarse un precio que cubra los costos totales, incluyendo los asignados, o si se definirá un precio que cubra los costos marginales ocasionados por el nuevo proyecto, etcétera. En definitiva, se deberá definir un precio que maximice la diferencia entre ingresos o costos totales

o, de la misma forma como ya se expresó, el ingreso marginal sea igual al costo marginal. Sobre este nivel todavía podrán obtenerse beneficios, aunque menores. Una opción así se elegirá cuando se desee crear barreras a la incorporación de nuevos competidores mientras se consolida el nuevo proyecto.

Cuando la demanda esperada para el bien que ofrecerá la empresa es confiable, se puede recurrir al *análisis de equilibrio* para determinar el precio mínimo al que tendría que venderse el producto para que el proyecto sea aprobado. Para esto se expresa el precio como:

$$(6.1) \quad P = f(q, cv, cf, t, i, I, VD)$$

donde **q** es la cantidad estimada a producir y vender, **cv** el costo variable de producción y ventas, **cf** el costo fijo de producción, ventas y administración, **t** la tasa de impuesto a las utilidades, **i** la rentabilidad exigida a la inversión, **I** el monto total invertido y **VD** el valor remanente de la inversión.

En otras palabras, la tarifa que se fije debe ser capaz de cubrir todos los costos variables implícitos en la mayor producción, los costos fijos incrementales atribuibles al proyecto agregado, el impuesto por las mayores utilidades que la ampliación generaría, una rentabilidad acorde al riesgo y costo de oportunidad del inversionista y la recuperación de la pérdida de valor de la inversión por la utilización de los activos adquiridos con ella. Un análisis detallado de esta materia se realiza en el capítulo octavo.

Por otra parte, recurriendo a las ecuaciones que se derivan del análisis del comportamiento del mercado que se expusieron en el capítulo 2, es posible determinar la relación de precios y cantidad que maximiza los beneficios de la empresa.

Ejemplo 6.2

El estudio de los antecedentes históricos de una empresa permite estimar que, por cada peso que aumenta el precio de un producto, las ventas se reducen en 200 unidades; que por cada peso que aumenta el ingreso de la población, las ventas se incrementan en 8 unidades, que por cada habitante que se agrega a la población el incremento es de un 3% y que por cada peso gastado en actividades de marketing y publicidad, el aumento es de un 2%.

Si el ingreso *per capita* es de \$2.600, si el mercado objetivo está compuesto por una población de 2 millones de habitantes y si los gastos en marketing y publicidad ascienden a \$48.000, se puede deducir que:

$$\begin{aligned} QD &= -200p + 8I + 0,03P_B + 0,02Pu \\ QD &= -200p + 8(2.600) + 0,03(2.000.000) + 0,02(48.000) \\ QD &= -200p + 81.760 \end{aligned}$$

Si, por otra parte, la empresa enfrenta costos fijos de fabricación, administración y ventas promedios de \$300.000 y si el costo variable de producción es \$4,2, se deduce que el costo total es:

$$CT = 300.000 + 4,2Q$$

La maximización del beneficio se obtiene cuando la diferencia entre ingreso total y costo total se hace máximo. Es decir:

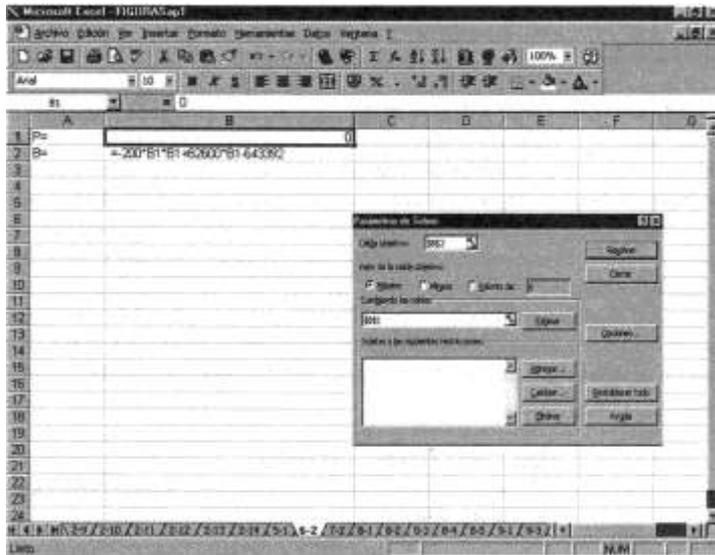
$$\begin{aligned} B &= IT - CT \\ B &= pQ - cvQ - CF \\ B &= P(-200p + 81.760) - 4,2(-200p + 81.760) - 300.000 \\ B &= -200 p^2 + 81.760p + 840p - 343.392 - 300.000 \end{aligned}$$

$$B = -200 p^2 + 82.600p - 643.392$$

Derivando la función o utilizando la función Solver, se obtiene un precio óptimo de \$206.

Para calcular el precio óptimo empleando una planilla electrónica se anota en la celda B1 el valor cero y en la celda B2 la fórmula, haciendo P= \$B\$1. Ejecutando el mandato **Herramientas/Solver**, se anota en *Celda objetivo* \$B\$2, en *Valor de la celda objetivo* se elige la opción **Máximo** y en *Cambiando la celda* se anota \$B\$1. Al pulsar **Resolver** se muestra que el precio óptimo es de \$206.

Figura 6.2 Planilla de cálculo para determinar el precio que maximiza los beneficios



6.1.2 Ingresos por venta de activos

Para mantener la consistencia del estudio de la viabilidad económica de una inversión, se deberá considerar el uso alternativo del activo que se libera como resultado de un reemplazo pronosticado e incluido en los *Requerimientos de activos sustituibles durante el horizonte de evaluación*.² De la misma forma como esta información permitió elaborar el calendario de inversiones de sustitución de activos durante el horizonte de evaluación expuesto en la tabla 5.2, es posible construir un calendario de ingresos por venta de activos con esa misma información. Así, por ejemplo, la tabla 6.2 resume esta situación.

2. Ver la tabla 5.1 del capítulo anterior.

Tabla 6.2 Calendario de ingresos por venta de activos

| Item | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------|---|---|---|-----|---|-----|---|-------|---|-----|
| Tractor TL80 80HP | | | | | | | | 3.000 | | |
| Pulverizador 400 l | | | | 100 | | | | 100 | | |
| Arado de vertedera | | | | | | | | | | 500 |
| Motobomba | | | | | | 200 | | | | |
| Carro esparcidor | | | | | | | | 1.500 | | |
| Carro remolque | | | | | | | | 600 | | |
| Total inversión inicial | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 200 | 0 | 5.200 | 0 | 500 |

Frecuentemente, el equipo liberado puede ser vendido generando un ingreso real que se debe incluir en el flujo de caja del proyecto. Sin embargo, este ingreso podrá afectar a las actuales utilidades o pérdidas del negocio con el consiguiente efecto tributario. Si el activo liberado se vende con utilidades, el ingreso neto corresponderá al precio neto menos el impuesto. Si el precio de venta es \$100 y el valor libro, o costo contable, es \$60, se deberá desembolsar el impuesto correspondiente a la utilidad. Si la tasa de impuesto es del 15%, el efecto neto de la venta del activo es \$94 (\$100 de ingresos menos el 15% de la utilidad de \$40). Si el ingreso neto se calcula de esta forma, el resultado se incluirá en el flujo de caja después de impuesto.

Otra forma de calcular el ingreso neto es anotando el valor de la venta como ingreso antes de impuesto e incorporando, como costo antes de impuesto, el valor libro que se estime tendrá en el momento de ser sustituido. Sin embargo, esto obliga a anular el efecto de restar un costo contable no desembolsable, mediante la suma del valor libro después de impuesto. Esto es:

$$(6.2) \quad (P_V - V_L)(1 - t) + V_L$$

donde P_V es el precio de venta, V_L el valor libro o costo contable del activo y t la tasa de impuesto. Aplicando la ecuación a los datos anteriores, se obtiene:

$$(100 - 60)(0,85) + 60 = 94$$

Un caso especial sucede con algunas ventas de activo. Es frecuente observar que algunas empresas deciden no vender el equipo que se

desea reemplazar, para poder utilizar sus partes y piezas como repuestos en otros equipos de la empresa, dado el bajo precio comercial relativo del activo en el mercado. El hecho de no vender la máquina y utilizarla en cualquier otra opción se puede interpretar como que el valor de los repuestos ahorrados es al menos igual al precio que el mercado está dispuesto a pagar por ella.

Es decir, para fines de una evaluación, se podrá suponer que el beneficio atribuible al uso alternativo del equipo es al menos igual a lo dejado de percibir por decidir no venderlo. Como ya se explicó, el valor del activo equivale a los recursos netos obtenidos por su posible venta, es decir, después de incorporar el efecto tributario.

Aun si la decisión de no venderlo se toma en función de una variable no económica como, por ejemplo, una emocional, se deberá incluir este beneficio, por cuanto el proyecto libera un activo que tiene un valor alternativo.

La única excepción la constituye la existencia de una razón estratégica para no vender un activo, como, por ejemplo, cuando es una máquina con tecnología desarrollada internamente y no es conveniente traspasar el conocimiento adquirido.

Sobre este aspecto, es frecuente encontrar un grave error conceptual en proyectos incrementales: considerar que los activos que se venden al ser liberados por la aceptación del proyecto constituyen un beneficio asignable al proyecto que se evalúa, en circunstancias de que esos activos son de la empresa y no son generados por la inversión. Por ejemplo, si en un proyecto se evalúa la conveniencia de hacer un outsourcing que libera activos, en el momento cero se deberá incluir la posibilidad de generar un ingreso por su venta. Sin embargo, por otra parte también deberá considerarse la pérdida de la propiedad que la empresa tenía sobre ese activo y que por la aprobación del proyecto se venderá. La forma de hacer esto es incorporar, con signo positivo, el ingreso por la venta del activo en el momento cero y, con signo negativo, el menor valor de desecho que la empresa dejaría de tener al final del período de evaluación por aceptar el proyecto.

Visto de otra forma, si un proyecto se evalúa en un horizonte de diez años, en la situación con proyecto la empresa tendría en el momento cero el ingreso de la venta, pero en la situación sin

proyecto tendría, en el momento 10, un valor de desecho por mantener la propiedad de ese activo. Por tal motivo, en un análisis incremental debe incluirse el cambio en la situación esperada si se hace el proyecto, respecto de no hacerlo. Es decir, se recibe un ingreso hoy por su venta y se deja de tener un valor de desecho al final del período de evaluación.

6.1.3 Ahorro de costos

Gran parte de los proyectos que se evalúan en empresas en marcha no modifican los ingresos operacionales de la empresa y, por lo tanto, pueden ser evaluados por comparación de sus costos. Es el caso de los camiones de reparto, de la opción de comprar las oficinas que actualmente se alquilan o de contratar el servicio de aseo externo mediante un outsourcing que sustituya la operación interna.

En estos casos no se requiere conocer el nivel de ventas ni los ingresos operacionales, por cuanto son irrelevantes para la decisión de elegir entre las alternativas. La inversión inicial se justificará, en consecuencia, por los ahorros de costo que ella permita a futuro, además del impacto sobre los beneficios netos de la venta de activos y valores de desecho.

Para ser consecuentes con lo señalado anteriormente se deberá incorporar el efecto tributario negativo que producirá cualquier mejora que determine algún ahorro en sus costos, por cuanto al reducirse los gastos suben la utilidad y el impuesto a pagar.

Al igual que en muchos otros aspectos de la evaluación de proyectos, es posible definir opciones respecto al comportamiento de determinadas variables influyentes en la rentabilidad que se obtenga con la implementación del proyecto.

En este sentido, la empresa puede enfrentarse a decisiones como comprar o alquilar las oficinas, donde una inversión en la adquisición de un inmueble puede generar ahorros de costos que no compensen la inversión realizada, aun considerando su valor remanente; la opción de un mejoramiento continuo versus una reingeniería, o el cambio de parte de la tecnología, entre muchas otras. Todos estos casos pueden no impactar sobre el nivel de ingresos de la empresa, pero sí sobre sus beneficios si logra una reducción en sus egresos netos, esto es, en el valor de la suma de costos e inversiones, corregidas por el cambio en el valor remanente.

Por ejemplo, tanto si compra como si alquila las oficinas, la empresa va a seguir vendiendo lo mismo. Por ello, se comparará el egreso uniforme del alquiler durante el período de evaluación, contra un egreso inicial fuerte seguido de menores desembolsos anuales durante ese período y un saldo final favorable equivalente al valor de desecho de las oficinas. Además, se deberá considerar una serie de otros factores como, por ejemplo, que la incertidumbre del éxito futuro de un proyecto de expansión del negocio a otra ciudad pudiera hacer más recomendable optar por alquilar, aunque sea económicamente menos atractivo que comprar, para esperar la confirmación de la consolidación del proyecto. En algunos casos, la opción de alquilar se tomará como resguardo a las posibilidades de obsolescencia de un activo, por la fuerte movilidad geográfica de los mercados o por no disponer de los recursos ni de las fuentes de financiamiento suficientes para adquirir el bien.

En relación con el mejoramiento continuo en vez de la reingeniería, es importante señalar algunas variables que diferencian los costos de ambas alternativas. La reingeniería enfrenta un problema de alta inversión concentrada generalmente en un área que se estima como prioritaria para efectuar una mejora mayor, por lo que se asocia más a los síntomas del problema. El mejoramiento continuo, por otra parte, ataca la causa del problema estudiando y evaluando anticipadamente las acciones tendientes al mantenimiento de los resultados dentro de los estándares prefijados.

El caso de un cambio de tecnología puede o no tener impacto sobre los ingresos, dependiendo de si el activo sustituto aumenta o no la productividad y de si existe la posibilidad de vender la producción agregada. Hay casos, como el cambio de la tecnología que se usa para generar

energía, donde no se alteran los niveles de producción y ventas, constituyendo un típico ejemplo de ingresos irrelevantes para la evaluación.

En muchos casos, elegir la opción no requiere de un esfuerzo mayor, por la baja cantidad de factores relevantes para la decisión. El modelo más complejo se aproxima a la solución dada al problema de definición de la política de mantenimiento explicada en el punto 5.4 del capítulo anterior.

Ejemplo 6.3

Una empresa se encuentra trabajando a plena capacidad en un turno de trabajo, con 40.000 horas anuales fabricando espejos retrovisores para automóviles. El desarrollo de la industria automotriz en los últimos años hace pensar en la conveniencia de ampliar los niveles de fabricación aprovechando los dos turnos ociosos. Para esto se puede optar por contratar un segundo turno o pagar horas extraordinarias. Se sabe que si la demanda aumenta fuertemente, la primera alternativa es mejor. Sin embargo, la aparición de nuevos competidores hace dudar de la conveniencia de asumir el compromiso que conlleva la contratación de personal y su posterior reducción.

Suponga que el costo de los materiales directos es de \$80, que los costos fijos de fabricación ascienden a \$640.000 y que los de administración y ventas a \$120.000, ambos anuales. El costo de la mano de obra promedio (directa) asciende a \$24 por hora y hay un recargo del 50% por hora extra.

Un segundo turno incrementaría los costos fijos de fabricación, por la contratación de un supervisor, en \$160.000 anuales. Los gastos generales y de administración se verían incrementados en \$140.000, por la necesidad de contratar un vigilante y un encargado para el depósito. Además, la remuneración horaria sube a \$29.

Para calcular sobre qué nivel de producción convendría contratar un segundo turno se debe, primero, determinar qué factores son relevantes entre ambas alternativas. En este caso, dado que la producción es la misma en cada punto de comparación, se excluyen los costos de los materiales directos y los fijos actuales de fabricación, administración y ventas.

Si se opta por un segundo turno el costo relevante sería de:

$$\begin{aligned} CR_{st} &= \$29/h + 160.000 + 140.000 \\ &= \$29/h + 300.000 \end{aligned}$$

donde CR_{st} es el costo relevante del segundo turno. Por otra parte, el costo relevante de la hora extraordinaria corresponde a \$36 al agregar el recargo del 50%.

En consecuencia, el número de horas que hace indiferente a ambas alternativas se determina por:

$$\begin{aligned} \$36/h &= \$29/h + \$300.000 \\ \$7/h &= \$300.000 \\ h &= 42.857 \end{aligned}$$

Es decir, si la demanda aumenta por sobre el equivalente a 42.857 horas, convendrá contratar el segundo turno. Si se estima una relación directa entre horas de trabajo y producción, se podría concluir que esta opción pasa a ser mejor con un incremento de un 7% o más en la demanda.

6.2 Cálculo de valores de desecho

Un beneficio que no constituye ingreso pero que debe estar incluido en el flujo de caja de cualquier proyecto es el valor de desecho de los activos remanentes al final del período de evaluación.

Si se decide evaluar un proyecto en un horizonte de tiempo de 10 años, ello no significa que la empresa tendrá una duración de igual cantidad de años. Generalmente, los proyectos se evalúan en un horizonte de tiempo distinto de su vida útil real o estimada, siendo el valor de desecho lo que representa el valor que tendría el negocio

en ese momento. Por ejemplo, cuando se mide la rentabilidad de un proyecto forestal en un horizonte de 10 años, probablemente no habrá, en ese lapso, ningún ingreso relevante, por cuanto los árboles se encuentran todavía en etapa de crecimiento. Sin embargo, el proyecto puede ser evaluado en ese horizonte, suponiendo un beneficio (que no constituye ingreso) dado por una estimación del valor, que se conoce como valor de desecho, que se le dé a un proyecto forestal con diez años de crecimiento. Por lo tanto, para reflejar los beneficios que el inversionista podrá seguir recibiendo a futuro deberá asignársele un valor a la propiedad que habrá en ese momento.

La teoría ofrece tres formas para determinar el valor de desecho: dos de ellas valorando los activos y una tercera valorando el proyecto por su capacidad de generar flujos positivos de caja a futuro.

Para valorar activos se puede recurrir al *método contable*, que considera que el valor del proyecto al final del período de evaluación corresponde a la suma de los valores libro o contables de los activos que se presume existirán en ese momento, o al *método comercial*, que considera el valor de venta de los activos, corregido por su efecto tributario.

Para valorar el proyecto por los flujos de caja que permitiría generar a partir del primer momento posterior al término del período de evaluación, se debe aplicar el *método económico*, que valora el proyecto en función de la capacidad generadora de ingresos netos futuros.

Figura 6.3 Valores de desecho



6.3 Valor de desecho contable

El valor contable -o valor libro- corresponde, como ya se mencionó, al valor de adquisición de cada activo menos la depreciación que tenga acumulada a la fecha de su cálculo o, lo que es lo mismo, a lo que le falta por depreciar a ese activo en el término del horizonte de evaluación.

La determinación del valor de desecho mediante el método contable se debe efectuar sólo en el nivel de perfil y, ocasionalmente, en el de prefactibilidad. Esto último, por cuanto dicho método constituye un procedimiento en extremo conservador, ya que presume que la empresa siempre pierde valor económico en consideración sólo del avance del tiempo.

Por esta razón, y dado que los estudios en niveles de perfil o prefactibilidad permiten el uso de aproximaciones en su evaluación, el método contable compensa, con su criterio conservador, la falta de precisión en algunas estimaciones de costos y beneficios.

Cuando se valore el proyecto por el valor de sus activos, tanto contable como comercialmente, se deberá agregar la recuperación del capital de trabajo, por constituir recursos de propiedad del

inversionista y corresponde a los activos líquidos que mantiene la empresa complementariamente a los activos fijos como, por ejemplo, los recursos monetarios de la cuenta caja, las cuentas por cobrar a clientes y los inventarios, tanto en materias primas como en productos en proceso o artículos terminados.

6.4 Valor de desecho comercial

El método comercial se fundamenta en que los valores contables no reflejan el verdadero valor que podrán tener los activos al término del período de evaluación. Por tal motivo, se plantea que el valor de desecho de la empresa corresponderá a la suma de los valores de mercado que sería posible esperar de cada activo, corregida por su efecto tributario.

Obviamente, existe una gran dificultad para estimar cuánto podrá valer, dentro de diez años, por ejemplo, un activo que todavía ni siquiera se adquiere. Si bien hay quienes proponen que se busquen activos similares a los del proyecto con diez años de uso y determinar cuánto valor han perdido en términos reales en ese plazo, para aplicar igual factor de pérdida de valor a aquellos activos que se adquirirían con el proyecto, esta respuesta no constituye una adecuada solución al problema, por cuanto no considera posibles cambios en la tecnología, ni en los términos de intercambio ni en ninguna de las variables del entorno.

Se agrega a lo anterior la enorme dificultad práctica de su aplicación a proyectos que tienen una gran cantidad y diversidad de activos, lo que hace que el cálculo de sus valores de mercado se constituya en una tarea verdaderamente titánica. Por esto se recomienda su aplicación en proyectos donde la cantidad de activos que se debe valorar es reducida como, por ejemplo, cuando se evalúa el reemplazo de una máquina, y donde se pueda tener cierta confianza en la proyección de los valores de mercado que podrán tener esos activos al final del período de evaluación, en moneda actual.

Cualquiera sea el caso en que se aplique, se presenta, sin embargo, una complejidad adicional; a saber: la necesidad de incorporar el efecto tributario que generaría la posibilidad de hacer efectiva su venta.

Si el activo tuviese un valor comercial tal que al venderlo le genere a la empresa una utilidad contable, se debe descontar de dicho valor el monto del impuesto que se deberá pagar por obtener dicha utilidad.

Si el activo tuviese un valor comercial inferior a su valor contable, se deberá sumar al precio de venta el ahorro tributario que esa pérdida contable le ocasione a la empresa. Es decir, cuando la empresa como un todo tenga utilidades contables consolidadas, el ahorro de impuestos corresponderá exactamente a la tasa de impuestos multiplicada por la pérdida contable del activo que se vendería a precios inferiores a los de su valor contable, tal como se explicó en el capítulo anterior.

El cálculo del valor de desecho mediante la corrección de los valores comerciales después de impuesto se puede efectuar por dos procedimientos que conducen a igual resultado. En ambos casos se requerirá determinar primero la utilidad contable sobre la cual se aplicará la tasa de impuesto vigente. Para ello, con el primer método se restará al precio de mercado estimado de venta el costo de la venta, que corresponde al valor contable del activo, luego se calculará el impuesto y, a la utilidad o pérdida resultante, se le sumará el costo contable del activo para eliminar su efecto en el flujo de caja, ya que no constituye un gasto desembolsable, tal como se muestra a continuación:

$$(6.1) \quad VD_c = (\sum Vm_a - \sum VL_a)(1 - t) + \sum VL_a$$

donde VD_c es el valor de desecho del proyecto obtenido por el método comercial, $\sum VM_a$ es la suma de los valores de mercado de los activos existentes al momento de calcular el valor de desecho, $\sum VL_a$ es la suma de los valores libro de esos activos en ese momento y t la tasa de impuesto sobre las utilidades.

Ejemplo 6.4

Si en la evaluación de un proyecto se considera agregar dos activos al equipamiento actual, su valor de desecho se calcularía, aplicando el método comercial, como lo muestra la tabla 6.3.

Tabla 6.3 Cálculo de valores de desecho por el método comercial

| | Activo A | Activo B | Total proyecto |
|------------------|----------|----------|----------------|
| Venta activo | 10.000 | 4.000 | 14.000 |
| Valor libro | -6.000 | -5.000 | -11.000 |
| Utilidad | 4.000 | -1.000 | 3.000 |
| Impuesto | -600 | 150 | -450 |
| Utilidad neta | 3.400 | -850 | 2.550 |
| Valor libro | 6.000 | 5.000 | 11.000 |
| Valor de desecho | 9.400 | 4.150 | 13.550 |

Como se puede observar, cuando se valora la venta del activo A la empresa enfrenta un impuesto de \$600, pero si vendiese A y B conjuntamente tendría un impuesto de sólo \$450. Esto significa que la venta del activo B, con pérdidas contables, genera un ahorro de impuesto de \$150, lo que equivale exactamente al 15% de la pérdida atribuible a su venta.

Otra forma de cálculo es sumar o restar al precio de venta, según corresponda, directamente el efecto tributario calculado, tal como se muestra en la tabla 6.4.

Tabla 6.4 Cálculo alternativo de los valores de desecho

| | Activo A | Activo B | Total proyecto |
|------------------|----------|----------|----------------|
| Venta activo | 10.000 | 4.000 | 14.000 |
| Impuesto | -600 | 150 | -450 |
| Valor de desecho | 9.400 | 4.150 | 13.550 |

En consecuencia, el valor que se le asigna al equipo A es de \$9.400, aunque se venda en \$10.000, puesto que corresponde al monto neto de su sustitución por dinero. El activo B, aunque se venda en \$4.000, se valora en \$4.150 por la misma razón.

6.5 Valor de desecho económico

La valoración por el método económico considera que el proyecto tendrá un valor equivalente a lo que será capaz de generar a futuro. Expresado de otra forma, corresponde al monto al cual la empresa estaría dispuesta a vender el proyecto. Como usualmente el proyecto se evalúa en un horizonte de 10 años, lo más probable es que al término de ese período ya se encuentre en un nivel de operación estabilizado.

Por lo tanto, sería posible suponer que la situación del noveno o décimo año es representativa de lo que podría suceder a perpetuidad en los años siguientes.

El ideal, en este sentido, es elegir un año en que no haya situaciones excepcionales, como el reemplazo de algún equipo, ya que su efecto se incorporará en la misma fórmula de cálculo que se propone a continuación.

El valor de un proyecto en funcionamiento se podrá calcular, en el último momento de su período de evaluación, como el valor actual de un flujo promedio de caja a perpetuidad:

$$(6.4) \quad VD_e = \frac{FC_p}{i}$$

donde VD_e es el valor de desecho calculado por el método económico, FC_p el flujo de caja promedio perpetuo anual e i la tasa de ganancia exigida al proyecto.

Por ejemplo, si el flujo promedio anual futuro fuese de \$100 y si a los recursos invertidos se les exige una rentabilidad del 10%, la inversión máxima que una persona estará en condiciones de aportar en ese proyecto será de \$1.000, ya que sólo así los \$100 reflejarán la rentabilidad de 10% deseada.

En términos conceptuales, el valor económico se obtendrá dividiendo el flujo promedio perpetuo por la tasa de rentabilidad exigida. En el ejemplo, los \$100 divididos por 0,1 (o sea por el 10%), resultan en los \$1.000 de valor de desecho. Nótese como, si el flujo fuese el doble, el valor económico aumenta también al doble.

Queda todavía un problema por resolver, ya que no es posible suponer que el proyecto pueda mantener a perpetuidad el mismo nivel de ingresos netos sin la reposición normal de equipos para mantener la capacidad productiva del proyecto que posibilite generar ese flujo promedio perpetuo, reposición que se refleja en un calendario de inversiones de reemplazo que se caracteriza por sus flujos desiguales a lo largo del tiempo.

Debido a que esto impide aplicar la fórmula de la actualización de una perpetuidad, será necesario recurrir a un artificio, el cual, sin embargo, distorsionará sólo de manera insignificante los resultados de la evaluación.

Esto es, se deducirá del flujo de caja promedio normal anual estimado una cantidad constante que se considerará suficiente para reinvertir en el mantenimiento de la capacidad productiva del proyecto, la que se estimará como el equivalente a la depreciación anual contable de los activos involucrados. De esta forma, se calculará el valor de desecho como:

$$(6.5) \quad VD = \frac{FCn - D}{i}$$

donde FCn es el flujo de caja de un año normal y D la depreciación anual.³

Si se calcula el valor de desecho por la capacidad que tendrá el proyecto para continuar generando flujos de caja positivos a futuro, no se podrá considerar adicionalmente la recuperación de este capital de operación.

Lo anterior se explica por el hecho de que el valor de desecho del proyecto, cuando se determina por este método, equivale al valor actual de los beneficios futuros que se podrán obtener si continúa funcionando el proyecto a perpetuidad después del período considerado como horizonte de evaluación.

Obviamente, si la empresa no tiene capital de trabajo no podrá generar beneficios futuros o, desde otro punto de vista, para generarlos deberá invertir recursos en él, con lo que el valor del negocio sería menor.

Ejemplo 6.5

Supóngase que se evalúa comprar un negocio que renta \$ 1.000 anuales a perpetuidad. Si el inversionista exige una rentabilidad anual del 10% a sus recursos, le puede asignar un valor de \$10.000 al negocio. Es decir, el inversionista estaría dispuesto a pagar este valor, ya que los \$1.000 anuales corresponden exactamente al 10% que desea ganar. Pero si sobre los \$10.000 debe agregar recursos (\$2.000 por ejemplo) para reponer un eventual retiro del capital de trabajo por parte del vendedor del negocio, los \$1.000 anuales sólo le reportarían el 8,33% (y no el 10% anual requerido) sobre una inversión final de \$12.000.

6.6 Aplicación de los modelos

El siguiente ejemplo demuestra cómo, para un mismo conjunto de activos, se obtienen tres resultados distintos, dependiendo del método de cálculo del valor de desecho que se utilice.

3. Como se puede deducir, esto es igual a:

$$(6.6) \quad Vd_e = \frac{UN}{i}$$

donde UN es la utilidad neta después de impuesto en un año normal.

Ejemplo 6.6

Supóngase que en un proyecto de ampliación se requiere efectuar las siguientes inversiones en el momento cero:

| Inversiones | Monto (\$) |
|----------------|------------|
| Terrenos | 20.000.000 |
| Construcciones | 50.000.000 |
| Equipamiento | 30.000.000 |

En los \$30.000.000 de la inversión en equipamiento se incluye una máquina que tiene un valor de \$10.000.000, que debe ser reemplazada cada ocho años, estimándose que puede ser vendida en \$2.400.000.

El proyecto considera crecer en dos etapas: una hoy, con la que se espera incrementar el flujo de caja actual de la empresa en \$15.000.000, y otra en seis años más, para alcanzar un flujo de caja normal de \$24.000.000 por sobre el actual. El crecimiento para satisfacer el incremento estimado de las ventas requerirá duplicar la inversión en maquinarias (\$30 millones más) y efectuar construcciones adicionales por \$40.000.000.

Se supondrá que todas las construcciones se deprecian contablemente en 50 años y que todas las máquinas pueden hacerlo en 10 años, independientemente de cuánto tiempo decida la empresa quedarse con ellas.

Se estima que al finalizar el décimo año de operación del proyecto, las construcciones y el terreno podrían tener un valor comercial de \$100.000.000, mientras que las maquinarias tendrían un valor estimado de \$34.000.000.

Para aplicar los procedimientos de cálculo del valor de desecho por los tres métodos propuestos, se supondrá una tasa de impuestos del 15% sobre las utilidades y una tasa de retorno exigida a las inversiones del 12%.

Como se expuso anteriormente, el valor de desecho contable se calcula como la suma de los valores libro de los activos o como la suma de lo que le falta por depreciar a cada uno de ellos en el momento de efectuar su valoración.

La tabla 6.5 resume el procedimiento de cálculo de los valores libro individuales y total para la empresa.

Tabla 6.5 Valor de desecho contable

| Activo | Valor de compra | Vida contable | Depreciación anual | Años depreciándose | Depreciación acumulada | Valor libro |
|-------------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------|
| $T_{(0)}$ | 20.000 | | | | | 20.000 |
| $C_{(0)}$ | 50.000 | 50 años | 1.000 | 10 | 10.000 | 40.000 |
| $C_{(6)}$ | 40.000 | 50 años | 800 | 4 | 3.200 | 36.800 |
| $M_{(0,10)}$ | 20.000 | 10 años | 2.000 | 10 | 20.000 | 0 |
| $M_{(0,8)}$ | 10.000 | | | | | |
| $M_{(6)}$ | 30.000 | 10 años | 3.000 | 4 | 12.000 | 18.000 |
| $M_{(8)}$ | 10.000 | 10 años | 1.000 | 2 | 2.000 | 8.000 |
| Depreciación acumulada= | | | 7.800 | Valor de desecho = | | 122.800 |

donde $T_{(0)}$ es la inversión en terreno efectuada en el momento cero, $C_{(0)}$ la inversión inicial en construcciones, $C_{(6)}$ la inversión en construcciones para la ampliación que se realiza en el momento seis, $M_{(0,10)}$ la inversión inicial en máquinas que perdura 10 años, $M_{(0,8)}$ la inversión inicial en máquinas que tienen una vida útil de ocho años, $M_{(6)}$ la inversión en máquinas para la ampliación que se realiza en el momento seis y $M_{(8)}$ la inversión para reponer la máquina $M_{(0,8)}$.

De acuerdo con esto, el valor de desecho por el método contable es de \$122.800.000.

Nótese que no se incluyó el valor del activo que fue reemplazado al final del año octavo, por no ser de propiedad de la empresa al momento de calcular el valor de desecho.

El terreno, como no se deprecia, mantiene como valor libro el valor de su adquisición.

Para calcular el valor de desecho comercial se considera el valor de mercado esperado del total de activos, corregido por el efecto tributario. Es decir, supone que el valor de los activos no es lo que el mercado está dispuesto a pagar por ellos, sino que lo hace igual al ingreso neto que la empresa percibiría efectivamente de su venta después de impuesto.

De acuerdo con los antecedentes del problema, el valor de desecho comercial se obtendría de la siguiente forma:

| | |
|---------------|--------------|
| Ventas | 134.000.000 |
| Valor libro | -122.800.000 |
| Utilidad | 11.200.000 |
| Impuesto | -1.680.000 |
| Utilidad neta | 9.520.000 |
| Valor libro | 122.800.000 |
| Valor desecho | 132.320.000 |

Como se puede observar, para calcular este valor se debió necesariamente calcular el valor de desecho contable, ya que el efecto tributario se obtiene restando el valor libro que tendrán los activos al final del décimo año.

Para calcular el valor de desecho por el método económico, debe tomarse el flujo de caja de un año normal, restarle la depreciación anual del conjunto de activos y dividir ese resultado por la tasa de retorno exigida a las inversiones.

Como el proyecto de ampliación se plantea en dos etapas, es posible esperar que en el décimo año ya esté estabilizado el ingreso incremental neto atribuible a la ampliación en \$24.000.000 anuales. Como se mencionó anteriormente, a este monto deberá deducirse una cantidad considerada como la necesaria promedio anual para reinvertir en mantener la capacidad productiva de la empresa a perpetuidad, como establece el modelo. Si la depreciación anual obtenida del cuadro de cálculo del valor libro es de \$7.800.000, el valor de desecho económico sería de:

$$VD_e = \frac{24.000.000 - 7.800.000}{0,12} = 135.000.000$$

Por último, es necesario considerar que la empresa poseerá, además de los activos fijos, el capital de trabajo invertido para financiar la operación. Este valor constituye parte de los beneficios que la empresa tendrá a su disposición por haber invertido en él al hacer el proyecto. Igual que en el caso de los activos fijos, este activo corriente se debe valorar junto con el valor de desecho, pero únicamente cuando se emplea cualquiera de los métodos de valoración de los activos.

Cuando se calcula el valor de desecho por el método económico no se debe considerar la recuperación del capital de trabajo, por cuanto el proyecto se valora sólo en función de los flujos de caja que esos activos pueden generar a futuro. Dicho de otra forma, el proyecto no puede generar ningún flujo futuro si no tiene capital de trabajo. Por ejemplo, si el proyecto puede generar un flujo promedio de \$100 y exige al capital el 10% de rentabilidad, el valor del proyecto es \$1.000. Pero si se debe invertir, además, \$200 en reponer el capital de trabajo retirado, los \$100 ya no representan el 10% de la inversión total, que ascendería, a \$1.200.

Preguntas y problemas

- 6.1 Comente la siguiente información: "Como su nombre lo indica, para construir un flujo de caja se deben considerar sólo los ingresos y egresos que ocasiona el proyecto".
- 6.2 Enuncie las principales categorías en que se pueden clasificar los beneficios de un proyecto.
- 6.3 Explique cómo se justifica la inclusión del valor de desecho en el flujo de caja de un proyecto y en qué consiste.
- 6.4 Indique las vías por las cuales el consumidor preferirá el bien o servicio provisto por el proyecto que se evalúa en vez de otra opción existente en el mercado.
- 6.5 Explique los efectos tributarios de los distintos tipos de beneficios de un proyecto.
- 6.6 Una empresa está evaluando una nueva línea de productos, la que ha venido analizando desde hace varios años. Por ello, cuenta con una adecuada base de información histórica de la oferta y demanda por el bien, según el comportamiento que ha exhibido el precio en el pasado. El siguiente cuadro resume los promedios históricos observados en la industria y que la empresa considera como pertinentes para su propio proyecto.

| Precio (\$) | Demanda (unidades) | Oferta (unidades) |
|-------------|--------------------|-------------------|
| 18,0 | 6.341 | 16.756 |
| 17,0 | 6.863 | 14.090 |
| 15,4 | 8.210 | 12.882 |
| 14,2 | 8.990 | 11.624 |
| 13,9 | 9.078 | 11.330 |
| 12,2 | 10.422 | 10.447 |
| 10,9 | 12.860 | 8.765 |

| | | |
|-----|--------|-------|
| 9,8 | 13.359 | 8.011 |
|-----|--------|-------|

Con esta información explique el concepto de precio de equilibrio y el comportamiento de la oferta y demanda al variar éste. ¿En qué casos el comportamiento puede ser distinto al normalmente esperado?

6.7 Grafique y analice los conceptos de rendimientos marginales decrecientes y de rendimientos no proporcionales. ¿En qué casos se explicaría cada uno de estos conceptos?

6.8 Enuncie los factores que determinan el precio mínimo para el producto o servicio que ofrecerá el proyecto.

6.9 Para calcular el precio que maximiza los beneficios, una empresa ha determinado, después de varios años de analizar el comportamiento del mercado que por cada peso que aumenta el precio del producto, las ventas se reducen en 2.400 unidades, mientras que por cada peso que aumenta el ingreso per cápita de la población, las ventas se incrementan en 110 unidades. También se sabe que, por cada persona que se incorpora a la población objetivo del proyecto, las ventas suben en un 1 % y que por cada peso gastado en publicidad el aumento es de un 2%.

El ingreso per cápita se estima en \$3.000 y la población objetivo se calcula en 600 mil habitantes. Los gastos en publicidad de la empresa en promedio son de \$62.000.

Por otra parte, para la elaboración del producto se deberá incurrir en costos fijos adicionales de \$410.000 anuales y en un costo variable de producción de \$4,80 por unidad.

Con estos antecedentes, calcule el precio que hace máximo el beneficio del proyecto.

6.10 Determine el precio que optimiza el beneficio para las siguientes funciones de demanda y costos conocidas:

$$Q_D = -3.000p + 114.000$$

$$C_T = 520.000 + 61Q$$

6.11 "Si durante el horizonte de evaluación de un proyecto se debe sustituir un equipo, debe considerarse siempre como ingreso el precio de mercado del activo". Comente.

6.12 Analice el efecto tributario que puede tener un activo que se venderá con pérdidas contables durante el período de evaluación.

6.13 Comente la siguiente afirmación: "Si una empresa tiene la política de no vender los artículos usados para poder emplearlos en los períodos en que los activos nuevos se deben detener para su normal proceso de mantenimiento y reparación, no debe incluirse en el flujo de caja ningún efecto del activo liberado mediante la sustitución".

6.14 ¿Cómo incluiría en el flujo de caja la venta de un terreno que se liberaría al aprobar un proyecto de abandono que se evalúa en un horizonte de diez años?

6.15 "Si al evaluar un proyecto de sustitución los costos se incrementan, entonces no debe incluirse ningún efecto tributario en los flujos de caja, ya que ocasiona pérdidas contables incrementales." Comente.

6.16 Enuncie los principales factores a considerar en un proyecto que busca determinar la conveniencia de vender sus actuales bodegas para optar por el alquiler del servicio de almacenaje.

6.17 ¿En qué casos la reingeniería puede o no ser más conveniente que el mejoramiento continuo?

6.18 "Si dos máquinas prestan el mismo servicio y cuestan lo mismo, entonces se debe elegir aquella que presente los menores costos de operación." Comente.

6.19 Enuncie y explique los modelos de cálculo del valor de desecho de un proyecto.

6.20 Comente la siguiente afirmación: "Todos los proyectos tienen valor de desecho".

6.21 Suponga que la implementación de un proyecto obligará a invertir, antes de la puesta en marcha, \$10.000 en terrenos, \$26.000 en construcciones, \$22.000 en maquinarias y \$8.000 en capital de trabajo.

Si se hace el proyecto, el 50% de las máquinas se deberá reemplazar cada cuatro años.

La depreciación de las construcciones se hace en 40 años y la de las maquinarias en 10 años.

Con esta información, determine el valor de desecho contable para el proyecto al cabo de 8 y 10 años.

6.22 Para continuar con su política de expansión, una empresa evalúa la conveniencia de ampliarse en dos etapas. La primera el año 2002 y la segunda el 2006. Para lograr esto, deberá construir un nuevo edificio que tiene que estar terminado a fines del 2001, con una inversión estimada en \$60.000. Además, deberá invertir en los siguientes activos:

| Maquinaria | Costo (\$) |
|------------|------------|
| A | 12.000 |
| B | 18.000 |
| C | 6.000 |
| D | 24.000 |

Las máquinas A y B se deben sustituir cada 4 años, mientras que la C cada 8 y la D cada 16 años. Para la segunda etapa, la empresa deberá comprar nuevas máquinas A, B y C. No se requiere comprar una segunda máquina D, ya que su capacidad de producción inicial permite enfrentar sin dificultades este crecimiento.

El capital de trabajo se incrementaría en \$10.000 en la primera etapa y en \$6.000 en la segunda.

Todas las máquinas se deprecian en 10 años y la construcción en 50 años.

Con esta información, determine el valor de desecho contable en un horizonte de evaluación de diez años.

6.23 Explique las dificultades que existen para calcular el valor de desecho por el método comercial y de qué formas se pueden enfrentar.

6.24 En la elaboración de un flujo de caja se considera que la situación se consolida y estabiliza a partir del sexto año. Si la tasa de descuento exigida al capital es del 12% y el siguiente flujo se pronostica para los años seis en adelante, calcule el valor de desecho económico.

| | |
|-------------------------|-----------|
| Ingresos por venta | \$ 24.000 |
| Costos variables | -11.000 |
| Costos fijos | -7.000 |
| Depreciación | -2.000 |
| Utilidad antes impuesto | 4.000 |
| Impuesto (15%) | -600 |
| Utilidad neta | 3.400 |
| Depreciación | 2.000 |
| Flujo de caja | 5.400 |

6.25 "Al calcular el valor de desecho siempre se debe considerar la recuperación del capital de trabajo, por ser parte del remanente de la inversión." Comente.

6.26 ¿En qué se diferencia el flujo anual perpetuo del flujo anual promedio perpetuo?

6.27 "Al calcular el valor de desecho económico es indiferente actualizar el flujo de caja promedio perpetuo que la utilidad neta." Comente.

6.28 ¿En qué casos no es posible o conveniente calcular el valor de desecho de un proyecto por el método económico?

6.29 Analice cómo se debe considerar dentro de un flujo de caja el valor de desecho en un proyecto de abandono.

6.30 Para el siguiente estado de resultados previsto para el último año de la evaluación de un proyecto, determine el valor de desecho económico para una tasa de costo de capital del 16%.

| | |
|-------------------------|----------|
| Ingresos por venta | \$65.000 |
| Venta de activos | 30.000 |
| Costos variables | -23.000 |
| Costos fijos | -28.000 |
| Depreciación | -17.000 |
| Valor libro | 15.000 |
| Utilidad antes impuesto | 12.000 |
| Impuesto (15%) | -1.800 |
| Utilidad neta | 10.200 |

6.31 ¿El flujo de caja de un proyecto de ampliación puede presentar un valor de desecho negativo?

6.32 Comente la siguiente afirmación: "Hay casos en que no se puede calcular ningún valor de desecho".

6.33 "No siempre es relevante considerar el valor de desecho en un proyecto. Por ejemplo, cuando todos los activos se obtendrán mediante alquiler." Comente.

6.34 En la evaluación de un proyecto de internalización del servicio de mantenimiento se estima necesario invertir \$20.000 en maquinaria de mantenimiento

pesado y \$12.000 en maquinaria liviana para tareas de mantenimiento preventivo. Mientras las primeras tienen una duración estimada de 15 años, la segunda debe reemplazarse cada siete años, aun cuando ambas se deprecian en diez años.

La maquinaria de mantenimiento pesado puede venderse en \$3.000 al término de su vida útil real, mientras que la de mantenimiento preventivo en \$4.000 al término del séptimo año.

Por otra parte, la empresa deberá construir un galpón de estructura metálica para realizar las tareas de mantenimiento, cuyo costo asciende a \$24.000 y tiene la posibilidad de depreciarse en 40 años. Al cabo de 10 años, se estima que podría ser desarmado y vendido en un 70% de lo que costó.

Al internalizar el proceso, la empresa se ahorrará \$14.000 anuales que paga por el mantenimiento externo, pero deberá asumir los siguientes costos:

| | |
|--------------|---------|
| Mano de obra | \$2.000 |
| Materiales | 1.200 |
| Repuestos | 4.100 |
| Energía | 700 |
| Seguros | 1.000 |

Con esta información, calcule el valor de desecho por los métodos contable, comercial y económico, si sabe, además, que la inversión en capital de trabajo aumenta en \$2.000, que la tasa de impuestos es del 15% y que la tasa exigida de retorno es de un 8%.

Bibliografía

BIERMAN, H. y S. SMIDT. *The Capital Budgeting Decisión; Economic Analysis of Investment Projects*. Macmillan, New York, 1993.

BIERMAN, H., C. BONINI y W. HAUSMAN. *Análisis cuantitativo para la toma de decisiones*. Reading, Ma. Addison-Wesley, 1994.

BREALEY, R. y S. MYERS. *Fundamentos de financiación empresarial*. McGraw-Hill, Madrid, 1993.

CANADA, J. y otros. *Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.

CHASE, R. y N. AQUILANO. *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. Reading, Ma Addison-Wesley, 1994.

DE HOLAN, M. "Los encantadores del mercado" en: *Percepción Gerencial*. INCAE, vol. 2, num. 4, 1999

ESTOL, C. *El análisis de costos y beneficios*. <http://members.tripod.com.ar/Es-tol/costos-beneficios.htm>. Buenos Aires, 2000.

KELETY, A. *Análisis y evaluación de inversiones*. EADA Gestión, Barcelona, 1992.

LOEVY, J. "Análisis del punto de equilibrio y de la contribución como herramienta en la elaboración de presupuestos", en: A. SWEENY y R. RACHLIN (ed.) *Manual de presupuestos*. McGraw-Hill, México, 1984.

OXENFELDT, A. *Análisis de costo-beneficio para la toma de decisiones*. Norma, Bogotá, 1985.

ROBINSON, A. *Continuous improvement in operation: A systematic approach to waste reduction*. Productivity Press, Cambridge, Mass. 1991.

SAPAG, N. *Criterios de evaluación de proyectos*. McGraw-Hill, Madrid, 1993.

SAPAG, N. y R. SAPAG. *Preparación y evaluación de proyectos*. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 2000.

TISSOT, M. *Evaluación de proyectos*, <http://members.tripod.com>. Universidad Santiago de Cali, 1999.

SZYCHOWSKI, M. *La demanda del bien*.

<http://www.aaep.org.ar/espa/anale5/pdf/szychowski.pdf>. Buenos Aires, 1997.

COMO CONSTRUIR LOS FLUJOS DE CAJA DEL PROYECTO

Como se mencionó en los capítulos anteriores, existen varias formas de construir el flujo de caja de un proyecto, dependiendo de la información que se desee obtener: medir la rentabilidad del proyecto, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en él o la capacidad de pago de un eventual préstamo para financiar la inversión. Por ello, la estructura que deberá asumir el flujo de caja dependerá del objetivo perseguido con la evaluación.

Un factor de mucha relevancia en la confección correcta de un flujo de caja es la determinación del *horizonte de evaluación* que, en una situación ideal, debiera ser igual a la vida útil real del proyecto, del activo o del sistema que origina el estudio. De esta forma, la estructura de costos y beneficios futuros de la proyección estaría directamente asociada con la ocurrencia esperada de los ingresos y egresos de caja en el total del período involucrado. Sin embargo, la mayoría de las veces esto no es posible, ya que el ciclo de vida real puede ser tan largo que hace imposible confiar en las proyecciones más allá de cierto plazo o porque la comparación de alternativas de vidas útiles muy distintas hace conveniente optar por criterios que se adecúen a cada situación como, por ejemplo, el período de producción requerido si existen contratos de por medio, la vida útil de la alternativa de vida más corta si hay una clara tendencia a la innovación en sus características técnicas o las propias políticas internas de la empresa.

La importancia del ciclo de vida de los proyectos se manifiesta también en que determinará el procedimiento que se deberá seguir para su evaluación. En este sentido, se puede identificar la existencia de alternativas con igual vida útil, con vidas útiles distintas donde existe repetibilidad perpetua mediante reinversiones en iguales tecnologías o vidas útiles distintas donde al menos una de las opciones no coincide con el período de evaluación. El primer caso corresponde, por ejemplo, a la selección del vehículo que se empleará en el transporte de los trabajadores hacia la planta, donde es posible encontrar vehículos de distinta marca que tengan una vida útil muy parecida. El segundo caso se da, por ejemplo, cuando una empresa minera está evaluando optar por una planta generadora de energía a carbón o a petróleo, donde la decisión que se tome tiene escasa posibilidad de revertirse. El tercer caso es frecuente en proyectos que evalúan una sustitución de un activo al que le queda poca vida útil por otro nuevo cuya duración puede ser sustancialmente mayor.

7.1 Estructura general de un flujo de caja

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos en que ocurren los costos y beneficios de un proyecto. Cada momento refleja dos cosas: los movimientos de caja

ocurridos durante un período, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del período siguiente puedan ocurrir.

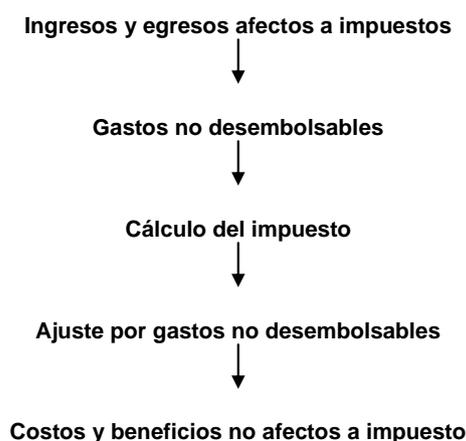
Si el proyecto se evaluara en un horizonte de tiempo de diez años, por ejemplo, se deberá construir un flujo de caja con once columnas, una para cada año de funcionamiento y otra para reflejar todos los desembolsos previos a la puesta en marcha. Esta última va antes que las demás, se conoce como momento cero e incluye lo que se denomina *calendario de inversiones*.

El *calendario de inversiones* corresponde a los presupuestos de todas las inversiones que se efectúan antes del inicio de la operación que se espera realizar con la implementación del proyecto.

Una forma de ordenar los distintos ítem que componen el flujo de caja de un proyecto considera los cinco pasos básicos que se muestran en la figura 7.1.

Los *ingresos y egresos afectos a impuesto* incluyen todos aquellos movimientos de caja que, por su naturaleza, puedan alterar el estado de pérdidas y ganancias (o estado de resultados) de la empresa y, por lo tanto, la cuantía de los impuestos sobre las utilidades que se podrán generar por la implementación del proyecto. Por ejemplo, entre este tipo de ingresos se pueden identificar las mayores ventas que podrán esperarse de una ampliación, los ahorros de costo por cambio de tecnología o la venta de algún activo si se hace un outsourcing o un abandono de alguna área de actividad de la empresa y, entre los egresos, las remuneraciones, insumos, alquileres y cualquier desembolso real que signifique además un gasto contable para la empresa.

Figura 7.1 Etapas para la construcción de un flujo de caja



Los *gastos no desembolsables* corresponden a gastos que, sin ser salidas de caja, son posibles de agregar a los costos de la empresa con fines contables, permitiendo reducir la utilidad sobre la cual se deberá calcular el monto de los impuestos a pagar. Por ejemplo, constituyen cuentas de gastos contables, sin ser egresos de caja, la depreciación de los activos fijos, la amortización de los activos intangibles y el valor contable o valor libro de los activos que se venden.

Como resultado de las sumas y restas de ingresos y gastos, tanto efectivos como no desembolsables, se obtiene la utilidad antes de impuesto. En la tercera etapa, la del cálculo del impuesto, corresponde aplicar la tasa tributaria porcentual sobre las utilidades para determinar el monto impositivo, que sí es un egreso efectivo necesario de incorporar en la construcción del flujo de caja. Después de calculado y restado el impuesto, se obtiene la utilidad neta.

En algunos casos se sumará un ahorro tributario, tal como se hizo en el capítulo anterior al vender un activo con pérdidas contables. Por ejemplo, cuando la evaluación de opciones se hace sólo por consideraciones de costos, en la utilidad antes de impuesto se reflejará cuánto hace disminuir cada opción la utilidad total de la empresa y, en consecuencia, el impuesto tendrá signo positivo por corresponder a un ahorro o menor gasto tributario atribuible a cada opción.

Esta materia se analiza con más detalle en este mismo capítulo.

Dado que los gastos no desembolsables no constituyen una salida de caja y fueron restados sólo para calcular la cuantía de los tributos, después de calcular el impuesto se deberán efectuar los ajustes por *gastos no desembolsables*. Aquí, todos los gastos que no constituyen egresos se volverán a sumar para anular su efecto directo en el flujo de caja, pero dejando incorporado su efecto tributario.

En un proyecto de abandono o de *outsourcing* es muy posible que se produzca la eliminación de algunos activos, lo que implicará una reducción en el monto de la depreciación anual. Este menor gasto, o "ahorro" contable, se deberá anotar con signo positivo en los gastos no desembolsables y negativo en los ajustes por gastos no desembolsables, para anular su efecto. Como toda reducción de gastos, esto aumentará la utilidad antes de impuesto y, en consecuencia, se verá incrementado el monto de los impuestos.

En los *costos y beneficios no afectos a impuesto* se deberán incluir aquellos movimientos de caja que no modifican la riqueza contable de la empresa y que, por lo tanto, no están sujetos a impuestos. Por ejemplo, en los egresos se incluirán las inversiones, por cuanto al adquirir un activo no disminuye la riqueza de la empresa, sino que sólo está cambiando un activo corriente (como caja, por ejemplo) por un activo fijo (como máquinas) o aumentando el valor de los activos y los pasivos, simultáneamente, si su adquisición fue financiada con deuda. La pérdida para la empresa se producirá posteriormente cuando entre en uso el activo. Como se mencionó antes, esto se reflejará en una pérdida anual de una parte de su valor, lo que se registrará contablemente en la depreciación. En los beneficios no afectos a impuestos se incluirá la valoración del remanente de la inversión realizada y ocupada, la que se expresará en el valor de desecho del proyecto, el que incluso puede tener un valor superior al de la inversión inicial, y se anotará al final del último período de evaluación.

Cada uno de los cinco pasos ordenará la información que corresponda a cada cuenta registrándola en la columna o momento respectivo. Por ejemplo, en la columna o momento 0 se registrarán todas las inversiones que deben estar efectuadas para que el proyecto pueda iniciar su operación a partir del primer período.

Previo a la puesta en marcha del proyecto, las inversiones se realizan en distintos momentos de tiempo, aunque se presentan, por lo general, como un solo monto en el momento cero. Esto hace necesario construir un calendario de inversiones que posibilite agregar el costo del capital inmovilizado durante la etapa de construcción y puesta en marcha. Comúnmente, este calendario se hace en períodos mensuales, correspondiendo el último al momento cero del proyecto. Es decir, el desembolso realizado en el último mes no ocasiona costos de capital.¹

1. Como se verá más adelante, esto es así porque la mayoría de los software de computación y las calculadoras científicas vienen programadas con la fórmula:

$$(7.1) \quad VF = \sum_{t=0}^{n-1} C_t * (1 + i)^t$$

donde VF es el valor final del flujo del calendario de inversiones, C_t el flujo de cada período t e i la tasa de costo de capital por período.

Otra opción es la ecuación:

$$(7.2) \quad VF = \sum_{t=1}^n C_t * (1 + i)^t$$

En este caso, el valor final está expresado un período después del último flujo y, en consecuencia, el calendario de inversiones se hace hasta un mes (período) antes de la puesta en marcha del proyecto.

En el *calendario de inversiones* se deben incluir todos los egresos derivados de la eventual puesta en marcha del proyecto, sean calificados bajo la denominación de inversión o de gasto. Por ejemplo, entre estos últimos están aquellos en que se incurre por concepto de seguros de las maquinarias, sueldos, alquileres, impuesto territorial o energía, entre otros, durante la etapa de construcción o inversión. En empresas en marcha estos egresos son cargados frecuentemente como gastos del período para fines contables y tributarios, mientras que los de inversión propiamente tal se activan para posteriormente depreciarlos.

Por otra parte, una columna del flujo, como la 4, por ejemplo, anotará los ingresos y egresos proyectados para el cuarto año, más aquellas inversiones que deberán estar realizadas para enfrentar un crecimiento en la operación en el quinto año.

Si, por ejemplo, como se muestra en la tabla 7.1, un activo tiene una duración estimada de seis años, al final del sexto período (momento 6), se deberá incluir el ingreso esperado de la venta del que se reemplaza (antes de impuesto) y el egreso por la inversión de reposición (después de impuesto).

Nótese que al aumentar las inversiones fijas en el momento 4, se incrementó también la inversión en capital de trabajo para asegurar el financiamiento de la mayor actividad que el aumento en la operación implicará para el negocio. Por el contrario, en el momento 6 se incluye una inversión fija y no se agrega otra en capital de trabajo, por suponer que la sustitución de activos no cambia los requerimientos de capital de operación.

Tabla 7.1 Estructura general de un flujo de caja

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Venta producto-servicio | | 200 | 208 | 216 | 225 | 306 | 306 | 306 | 306 | 306 | 306 |
| Venta activo | | | | | | | 40 | | | | |
| Costos funcionamiento | | -50 | -51 | -52 | -54 | -66 | -66 | -66 | -66 | -66 | -66 |
| Depreciación | | -20 | -20 | -20 | -20 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 |
| Amortización intangible | | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | | | | | |
| Valor contable | | | | | | | -30 | | | | |
| Utilidad antes impuesto | | 124 | 131 | 138 | 145 | 198 | 214 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| Impuesto | | -19 | -20 | -21 | -22 | -30 | -32 | -31 | -31 | -31 | -31 |
| Utilidad neta | | 105 | 111 | 117 | 123 | 168 | 182 | 173 | 173 | 173 | 173 |
| Depreciación | | 20 | 20 | 20 | 20 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Amortización intangible | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | |
| Valor contable | | | | | | | 30 | | | | |
| Inversión | -600 | | | | | | | | | | |
| Ampliación | | | | | -160 | | | | | | |
| Reemplazo | | | | | | | -90 | | | | |
| Capital de trabajo | -75 | | | | -20 | | | | | | 95 |
| Valor de desecho | | | | | | | | | | | 494 |
| Flujo de caja | -675 | 131 | 137 | 143 | -31 | 210 | 158 | 209 | 209 | 209 | 798 |

Si el proyecto se evalúa en un horizonte de diez años y uno de los activos tiene exactamente una vida útil de diez años, se deberá incluir en el momento 10 la reposición de ese activo cuando el valor de desecho se calcule por el método económico, aun cuando sea al final del período de evaluación, por cuanto la empresa tiene un horizonte de vida superior al plazo de evaluación. Para que el proyecto tenga la capacidad de seguir generando beneficios a futuro, los que se considerarán para calcular el valor de desecho del proyecto, se requerirá toda su capacidad productiva instalada disponible.

Es posible obtener un resultado de la evaluación más certero si en vez de anotar la suma de los flujos durante un año éstos se capitalizan, por ejemplo mensualmente, agregándoles el costo del capital utilizado dentro de un año. Lo anterior se usa escasamente y sólo cuando existen variaciones estacionales significativas durante un año. Obviamente, la capitalización de un flujo anual expresado mensualmente deberá hacerse a la tasa de costo de capital mensual.²

2. Para expresar mensualmente una tasa anual, se puede recurrir a la siguiente fórmula:

$$(7.3) \quad i_m = \sqrt[12]{1 + i_a} - 1$$

donde i_m es la tasa de interés mensual e i_a es la tasa de interés anual.

En la gran mayoría de los casos, sin embargo, no se calculan flujos capitalizados en forma mensual, por cuanto se considera que la variación en el monto calculado de rentabilidad para el proyecto generalmente cambia en forma poco significativa y porque parte del efecto estacional puede ser corregido por un capital de trabajo determinado sobre consideraciones estacionales, tal como se explicó en el capítulo 5.

El *horizonte de evaluación* (o plazo en que se evaluará la inversión) depende mucho de las características de cada proyecto. Si es uno al que se le augura una vida útil real de 5, 8 ó 15 años, por ejemplo, lo mejor será construir un flujo de caja a ese número de años. Pero, si el proyecto pretende mantenerse en el tiempo, hay una convención no escrita que hace que la mayoría de los evaluadores usen un período de evaluación de diez años.

Los beneficios que son posibles de esperar después del décimo año se reflejarán en el valor de desecho del proyecto, el cual se anotará como un beneficio no afecto a impuesto en el último momento del flujo.

Cuando se comparan proyectos con distintas vidas útiles, dos procedimientos destacan sobre el resto: evaluar todos los proyectos al plazo de término del que tiene la menor vida útil o calcular el costo anual equivalente de las opciones. En el primer caso, se asume que si el máximo tiempo que puede mantenerse una situación está dada por la opción de menor vida útil, la evaluación considerará la conveniencia de mantener esa opción por todo el resto de su vida útil o sustituirla hoy por otra. Es decir, si la empresa tuviera un equipo usado cuya vida útil es de cinco años más y su alternativa en el mercado tuviera una vida útil de ocho años, la evaluación supone que las opciones son cambiar hoy el equipo usado o hacerlo al cabo de cinco años, al término de su período esperado de uso.³

3. Un procedimiento distinto, que se expone en los siguientes capítulos, se utiliza para determinar el momento óptimo de la sustitución.

El valor de desecho de la alternativa de mayor duración reflejará los beneficios adicionales que podrían esperarse de su mayor vida útil.

En el segundo caso se supone que las opciones de distinta vida útil son repetibles en el largo plazo, por lo que calcular un flujo promedio anual que considere los costos de inversión, operación y capital, así como los beneficios de operación y remanentes de la inversión, es equivalente a evaluar ambas en el muy largo plazo.

Cuando un proyecto mide la conveniencia de un reemplazo de activos, generalmente será irrelevante el cambio en los niveles de capital de trabajo para financiar la operación del negocio. Pero cada vez que se evalúe, ya sea una ampliación de la capacidad como la internalización de algún proceso en la empresa o el abandono u *outsourcing* de alguna actividad realizada

internamente, se deberá incluir, según corresponda, el incremento o disminución de la inversión mantenida en capital de trabajo.

7.2 Situación base frente a situación con proyecto o análisis incremental

La estructura general de construcción de cualquier flujo de caja es la misma, cualquiera sea el objeto de la inversión o la finalidad del estudio. Sin embargo, cuando el proyecto se evalúa para una empresa en marcha se pueden presentar distintas situaciones que deben ser claramente comprendidas para poder emplear en forma correcta los criterios que incorporen las particularidades de cada una de esas situaciones.

Una primera forma de determinar la conveniencia de una inversión que genere un cambio respecto de una situación existente es mediante la proyección de dos flujos de caja cuyos resultados deben ser comparados: uno para lo que se denomina la *situación base*, o sin proyecto, y otro para la *situación con proyecto*.

En ambos casos se deberá estimar el comportamiento del flujo de caja que efectivamente se espera que pueda ocurrir si se optara por seguir uno u otro curso de acción. Por ejemplo, si el proyecto evalúa la conveniencia de realizar un reemplazo de alguna maquinaria, se deberá anotar en el momento cero (hoy) de la situación con proyecto el beneficio dado por la posibilidad de la venta del equipo en uso y la inversión por la compra del sustituto. Por este concepto, sin embargo, no se deberá anotar ningún valor en la situación base, por cuanto ni se venderá el equipo actual ni se comprará uno nuevo.

Cuando las dos situaciones tienen variables comunes, éstas podrán obviarse, por ser irrelevantes para la decisión. Por ejemplo, si los ingresos son idénticos al elegir el sistema de transporte para la empresa, este ítem podrá omitirse de la situación base y de la situación con proyecto y efectuar la comparación por el criterio de mínimo costo.⁴

Una alternativa al criterio de comparar la situación base con la situación con proyecto es efectuar un análisis incremental, el que, correctamente aplicado, debe conducir al mismo resultado. Por ejemplo, si con el criterio anterior correspondiera anotar en el flujo de caja de la situación base un costo de \$ 1.000 por consumo de energía y en la situación con proyecto este ítem baja a \$800, en la construcción del flujo incremental se deberá anotar un beneficio de \$200 por el ahorro de costos en el consumo de energía, si es que se ejecuta el proyecto.

De acuerdo con esto, el resultado de ambas alternativas debe no sólo conducir a la misma decisión, sino también mostrar exactamente la magnitud monetaria de la diferencia de los resultados. Por ejemplo, si el resultado de la primera alternativa muestra un beneficio neto para la empresa de \$10.000 en la situación base y de \$13.000 para la situación con proyecto, en el análisis incremental el resultado tendría que mostrar un beneficio neto de \$3.000, que reflejaría en cuánto mejora la situación de la empresa (o empeora) si ejecuta el proyecto. Con este criterio, si el resultado incremental fuese negativo en \$4.000, no debe interpretarse como una pérdida atribuible a si se hace el proyecto, sino a una baja comparativa en los beneficios por este monto.

El siguiente ejemplo muestra la forma de construir el flujo de caja mediante los dos procedimientos alternativos: a) comparando la situación base respecto de la situación con proyecto y b) mediante un análisis incremental.

4. Este punto se analiza con más detalle en el capítulo octavo.

Ejemplo 7.1

Suponga que una empresa está estudiando la posibilidad de cambiar el vehículo que actualmente usa por otro nuevo que posibilitaría la reducción de sus altos costos de mantenimiento y repuestos. Ambos vehículos prestan el mismo servicio, por lo que se considera que los beneficios directos no son relevantes para la decisión.

El vehículo actual se compró hace tres años en \$1.000. Hoy tiene un valor de mercado de \$500 y una vida útil de cinco años más, al cabo de los cuales tendrá un valor de mercado de \$60. El costo de funcionamiento anual se estima constante en \$400.

El nuevo vehículo tiene un valor de \$1.200 pero permite reducir los costos de funcionamiento a sólo \$300.

Ambos vehículos se deprecian linealmente en un total de cinco años. El vehículo actual se ha revalorizado contablemente en el pasado, registrando un valor libro actual de \$440 y restándole dos años por depreciar. La tasa de impuesto a las utilidades es del 15%.

En consideración a que el vehículo actual tiene una vida útil máxima de otros cinco años, se comparará la conveniencia de quedarse por ese período con el vehículo actual o el nuevo. Si éste tuviese una vida útil estimada de siete años, se debe calcular su valor de desecho al final del período de evaluación. Para ello, suponga que se espera un valor de mercado de \$320 si tuviese cinco años de uso.

En primer lugar, se construirá el flujo de caja de la situación base, siguiendo los cinco pasos mencionados.

a. *Ingresos y egresos afectos a impuesto*: se incluye el ingreso por la venta del equipo actual al final de su vida útil y el egreso asociado al costo de funcionamiento.

b. *Gastos no desembolsables*: debido a que el vehículo actual lleva tres años depreciándose y a que el período de depreciación es de cinco años, se incluyen dos años de depreciación equivalente al 50% del valor libro revalorizado en cada año. Como al final del quinto año el vehículo estará totalmente depreciado, su valor libro al momento de venderse será cero.

c. *Cálculo de impuestos*: en este caso la utilidad del proyecto base arroja un resultado negativo por no haberse incluido los ingresos de la empresa que, como se mencionó, son iguales para ambos vehículos y, por lo tanto, irrelevantes para la decisión. Por esto, no se considera el impuesto como cero, sino que se mide el ahorro tributario con que contribuye esta opción hacia el total de la empresa.

d. *Ajuste por gastos no desembolsables*: se anota con signo positivo la depreciación restada para calcular la utilidad contable e impuestos, como una forma de anular su efecto por no constituir movimiento de caja. Si el vehículo hubiese tenido valor libro al momento de venderse, también debería sumarse para eliminar su efecto sobre el flujo.

e. *Ingresos y egresos no afectos a impuestos*: en este ejemplo, la situación base no requiere hacer nuevas inversiones. Tampoco existe valor de desecho del vehículo, por cuanto se consideró su venta al final de período de evaluación.

El flujo de caja resultante para la situación base se muestra en la tabla 7.2.

Tabla 7.2 Flujo de caja situación base o sin proyecto

| Sin proyecto | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|------|------|------|------|------|
| Venta activo | | | | | | 60 |
| Costo funcionamiento | | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 |
| Depreciación | | -220 | -220 | | | |
| Valor libro | | | | | | 0 |
| Utilidad | | -620 | -620 | -400 | -400 | -340 |
| Impuesto | | 93 | 93 | 60 | 60 | 51 |
| Utilidad neta | | -527 | -527 | -340 | -340 | -289 |
| Depreciación | | 220 | 220 | | | |
| Valor libro | | | | | | 0 |
| Flujo | | -307 | -307 | -340 | -340 | -289 |

En la situación con proyecto se observan los siguientes componentes del flujo de caja del proyecto.

a. *Ingresos y egresos afectos a impuesto*: si se hace el reemplazo, se podrá vender el vehículo actual en \$500. No se anota la venta del activo nuevo dentro de cinco años, debido a que lo más probable es que en esa oportunidad no se venda, por lo que se debe registrar como valor de desecho. El nuevo costo de funcionamiento baja, en esta alternativa, a \$300 anuales.

b. *Gastos no desembolsables*: incluye la depreciación anual del activo en cinco años y el valor libro del vehículo que se vende, el que corresponde a lo que falta por depreciar.

c. *Cálculo del impuesto*: el cálculo es similar al de la situación base, aunque en el momento cero se observa un efecto tributario

negativo por el aumento de las utilidades contables generado por la venta del vehículo.

d. *Ajuste por gastos no desembolsables*: se sigue el mismo procedimiento de la situación base.

e. *Ingresos y egresos no afectos a impuesto*: incluye el valor de la inversión de reposición en el momento cero y el valor de desecho, o valor remanente de la inversión, que se calculó por el método comercial de la siguiente forma:

| | |
|------------------|-----|
| Venta activo | 320 |
| Valor libro | 0 |
| Utilidad | 320 |
| Impuesto (15%) | -48 |
| Utilidad neta | 272 |
| Valor libro | 0 |
| Valor de desecho | 272 |

En este caso no es conveniente aplicar el método contable, ya que la vida útil contable de los vehículos difiere de la vida útil real, distorsionándose los resultados. En este ejemplo, ambos vehículos tienen un valor libro de cero al final del quinto año; sin embargo, mientras el vehículo actual no tendrá uso alternativo al cabo de ese período, al vehículo nuevo le restarán todavía dos años más de vida. Obviamente, en ese momento ambos activos no pueden tener el mismo valor.

El método del valor de desecho económico tampoco se puede aplicar, ya que al excluir los ingresos por considerarlos irrelevantes para la decisión, se trabaja con flujos negativos que hacen imposible valorar el remanente de la inversión actualizando costos.

El flujo resultante para la situación con proyecto se expone en la tabla 7.3.

De la medición de la rentabilidad de ambas opciones se concluirá cuál es la más conveniente. En este caso, se optará por la menos negativa de las dos.

Una forma alternativa de llegar a la misma información de apoyo a la decisión es la de construir directamente un flujo de caja incremental. Para ello se debe incluir la variación ocasionada en cada ítem presupuestado en el flujo por la eventual aprobación del proyecto de sustitución, siguiendo también los cinco pasos anteriores:

Tabla 7.3 Flujo de caja con proyecto

| Con proyecto | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Venta activo | 500 | | | | | |
| Costo funcionamiento | | -300 | -300 | -300 | -300 | -300 |
| Depreciación | | -240 | -240 | -240 | -240 | -240 |
| Valor libro | -440 | | | | | 0 |
| Utilidad | 60 | -540 | -540 | -540 | -540 | -540 |
| Impuesto | -9 | 81 | 81 | 81 | 81 | 81 |
| Utilidad neta | 51 | -459 | -459 | -459 | -459 | -459 |
| Depreciación | | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 |
| Valor libro | 440 | | | | | |
| Inversión | -1.200 | | | | | |
| Valor desecho | | | | | | 272 |
| Flujo | -709 | -219 | -219 | -219 | -219 | 53 |

a. *Ingresos y egresos afectos a impuesto*: se deben incluir con signo positivo el mayor ingreso por la venta del vehículo actual en el momento cero y el menor ingreso presupuestado al final del quinto año por dejar de venderse el activo ese año. Se agrega con signo positivo el ahorro o reducción de los costos de funcionamiento que permite trabajar con un vehículo nuevo.

b. *Gastos no desembolsables*: incluye la variación esperada en la depreciación y valor libro. Respecto de la depreciación, el nuevo vehículo permite a la empresa incrementar este gasto en \$20 cada uno de los dos primeros años y en \$240 del tercero al quinto. El valor libro va con signo negativo en el momento cero y, si hubiese sido distinto a cero, con signo positivo en el momento cinco. Esto debe ser así porque, al igual como se anotó lo que se deja de percibir por la venta del vehículo, se debe incorporar el efecto tributario que se deja de ahorrar por no rebajar el valor libro de las utilidades contables presupuestadas para la empresa.

c. *Cálculo del impuesto*: se procede de igual manera que en los casos anteriores.

d. *Ajuste por gastos no desembolsables*: se reversan los "gastos no desembolsables" por no constituir movimientos de caja. Nótese que si el vehículo actual se hubiese reemplazado por otro más pequeño y de menor valor, la depreciación anual podría haber disminuido. Si así fuese, habría que considerar un "ahorro de depreciación" con signo positivo antes de impuesto y, por lo tanto, tendría signo negativo en la etapa de ajuste por gastos no desembolsables. El valor libro también se anula cambiando su signo después de impuesto. En este caso, va con signo positivo en el momento cero y con signo negativo en el momento cinco si hubiese tenido un valor distinto a cero,

e. *Ingresos y egresos no afectos a impuesto*: incluye la inversión inicial que determina la opción de hacer el reemplazo y su valor remanente al final del período de evaluación.

El resultado del flujo incremental se muestra en la tabla 7.4.

Tabla 7.4 Flujo de caja incremental

| Incremental | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|--------|-----|-----|------|------|------|
| Venta activo | 500 | | | | | -60 |
| Ahorro costo | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Cambio depreciación | | -20 | -20 | -240 | -240 | -240 |
| Valor libro | -440 | | | | | 0 |
| Utilidad | 60 | 80 | 80 | -140 | -140 | -200 |
| Impuesto | -9 | -12 | -12 | 21 | 21 | 30 |
| Utilidad neta | 51 | 68 | 68 | -119 | -119 | -170 |
| Depreciación | | 20 | 20 | 240 | 240 | 240 |
| Valor libro | 440 | | | | | |
| Inversión | -1.200 | | | | | |
| Valor desecho | | | | | | 272 |
| Flujo | -709 | 88 | 88 | 121 | 121 | 342 |

Como se puede observar en la tabla 7.5, la diferencia entre los flujos de caja de la situación base y la situación con proyecto coincide con el flujo de caja del análisis incremental. Como se verá más adelante, la rentabilidad de la inversión incremental corresponde a la diferencia de las rentabilidades de las opciones analizadas.

Tabla 7.5 Comparación de flujos con y sin proyecto versus flujo incremental

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| Con Proyecto | -709 | -219 | -219 | -219 | -219 | 53 |
| Sin Proyecto | | -307 | -307 | -340 | -340 | -289 |
| Diferencia | -709 | 88 | 88 | 121 | 121 | 342 |

7.3 Flujo de caja para una desinversión

Un caso particular de evaluación en empresas en marcha lo constituyen los proyectos de desinversión que consisten, como su nombre lo indica, en medir la conveniencia de liquidar parte de las inversiones, ya sea porque se estima que es un mal negocio (abandono) o porque existe otra opción más rentable (outsourcing) para mantener el nivel de operación, pero bajo otra estructura de costos.

La construcción del flujo de caja para esta situación confunde con frecuencia a quienes evalúan una opción de desinversión elaborando directamente un flujo incremental, debido a que los costos aparecen como beneficios (menor producción con ahorros de costos), los ingresos con signo negativo (menores ventas), las depreciaciones con signo positivo y el valor de desecho como negativo, entre otros. El siguiente ejemplo explica estas situaciones y cómo se debe proceder correctamente.

Ejemplo 7.2

Suponga que la empresa adquirió hace dos años una maquinaria capaz de producir 10.000 unidades anuales de un producto, para enfrentar una proyección original de ventas de 9.200 unidades. Sin embargo, no ha logrado posicionarse en el mercado, lo que se ha traducido en que ha alcanzado niveles de ventas que se han consolidado en sólo 4.600 unidades por año, con un precio unitario de \$54. Los diferentes estudios de mercado indican que será muy difícil superar este nivel en el futuro.

Por esta razón y porque es imposible utilizar la capacidad ociosa de la maquinaria en otro uso alternativo, se ha decidido evaluar la conveniencia de vender este activo y sustituirlo por otro de menor capacidad y con una vida útil de sólo 5 años, plazo en que la empresa reevaluará continuar con este producto en el mercado. Los proveedores de maquinaria ofrecen un equipo alternativo que permite producir 4.500 unidades por año, lo que obligaría a reducir las ventas en 100 unidades en caso de aceptarse la sustitución.

El equipo actual se compró en \$120.000. Hoy tiene un valor de mercado, como activo usado, de \$80.000. Su vida útil restante se estima en ocho años y se proyecta un precio de venta, en cinco años más, de sólo \$15.000. En estos dos años no ha sido revalorizado contablemente. El costo de operación observado históricamente está constituido por:

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Materiales\$ | 8,2 por unidad |
| Mano de obra directa | \$ 4,1 por unidad |
| Costo fijo de fabricación | \$20.800 por año |

El equipo nuevo tiene un valor de \$70.000 y se estima que al final de su vida útil de 5 años podrá ser vendido en \$ 18.000. Se estima que esta máquina podrá trabajar con costos fijos de fabricación de sólo \$18.600 anuales, debido al menor gasto en seguros, mantenimiento y otros. No se esperan cambios en los costos variables de producción, ya que se estima que no habrá economías ni deseconomías de escala. Tampoco se considera que podrá impactar a otros costos del resto de la empresa, como los de administración o ventas, ya que este producto es marginal dentro de toda la gama que se elabora actualmente.

Ambos equipos se pueden depreciar contablemente en diez años, independientemente del tiempo que la empresa desee quedarse con ellos. Los impuestos a las utilidades ascienden a un 15%.

La empresa mantiene una inversión en capital de trabajo equivalente a cuatro meses de costos variables, y exige aplicar este estándar a todos los proyectos que se evalúan en ella.

De acuerdo con esta información, el flujo de caja incremental toma la forma que muestra la tabla 7.6.

Tabla 7.6 Flujo Incremental para un proyecto de desinversión

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Ingreso | | -5.400 | -5.400 | -5.400 | -5.400 | -5.400 |
| Venta de activos | 80.000 | | | | | 18.000 |
| Ahorro costos var. | | 1.230 | 1.230 | 1.230 | 1.230 | 1.230 |
| Ahorro costos fijos | | 2.200 | 2.200 | 2.200 | 2.200 | 2.200 |
| Valor libro | -96.000 | | | | | -35.000 |
| Depreciación | | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| Utilidad | -16.000 | 3.030 | 3.030 | 3.030 | 3.030 | -13.970 |
| Impuesto | 2.400 | -455 | -455 | -455 | -455 | 2.096 |
| Utilidad neta | -13.600 | 2.576 | 2.576 | 2.576 | 2.576 | -11.875 |
| Depreciación | | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 |
| Valor libro | 96.000 | | | | | 35.000 |
| Inversión fija | -70.000 | | | | | |
| Capital de trabajo | 410 | | | | | -410 |
| Valor de desecho | | | | | | -18.150 |
| Flujo | 12.810 | -2.425 | -2.425 | -2.425 | -2.425 | -435 |

Los ingresos de \$5.400 negativos durante los cinco años se explican por la menor venta de 100 unidades anuales, ocasionada por la incapacidad de la nueva máquina para mantener las ventas actuales.

Si se hace la sustitución, la empresa podría vender hoy el equipo viejo en \$80.000 y el nuevo, al final de su vida útil real de cinco años, en \$18.000. Como el primero costó \$120.000 y se deprecia en 10 años, su valor libro corresponde a los ocho años que falta por depreciar, es decir, ocho veces \$12.000, lo que da \$96.000. Por otra parte, el equipo nuevo se vendería justo en la mitad de su periodo de depreciación, por lo que su valor libro correspondería al 50% de los \$70.000 de su precio de compra, o sea, \$35.000.

Al disminuir la producción en 100 unidades, la empresa deja de gastar \$12,3 de costo variable por unidad (\$12.300 anuales) y ahorra \$2.200 de costo fijo. Ambos ahorros se consideran como beneficios y van con signo positivo en el flujo.

La depreciación aparece en este caso con signo positivo antes de impuesto, por cuanto al liberar la empresa un activo de mayor valor y sustituirlo por otro de menor precio, se reduce el monto de la depreciación anual en \$5.000. La depreciación actual es de \$12.000 y la del nuevo equipo sólo de \$7.000.

El impuesto con signo positivo en el momento cero se explica porque la venta de la máquina actual con pérdidas contables hará disminuir la utilidad total de la empresa en \$16.000, permitiéndole bajar el impuesto a pagar en \$2.400 (el 15% de los \$16.000). Lo mismo sucederá con el equipo nuevo cuando se venda en cinco años más.

Como la depreciación se sumó antes de impuesto y no constituye ingreso, se resta para eliminar su impacto en el cálculo del flujo de caja.

Al reducir su nivel de actividad la empresa va a requerir menos capital de trabajo, por lo que se puede recuperar anticipadamente \$410, que se determinan como $\frac{4}{12}$ de la disminución de los costos variables. Nótese que en el momento 5 aparece el mismo valor con signo negativo, indicando, de esta manera, que al hacer el proyecto se reduciría la recuperación del capital de trabajo pronosticado para el final del horizonte de evaluación.

Por último, el valor de desecho también aparece con signo negativo y corresponde al menor valor futuro que tendría el remanente de la inversión. Si no se hace el proyecto, el activo actual seguiría en la empresa al término del periodo de evaluación quedándole todavía tres años por depreciar. Si se estima un precio de venta de \$15.000 y su valor libro es de \$36.000 (3 años por la depreciación anual de \$12.000), el equipo se podría vender con una pérdida contable de \$21.000, lo que posibilitaría reducir las utilidades globales de la empresa en ese monto y bajar los impuestos en la proporción del 15% correspondiente. Es decir, habría un beneficio de \$15.000 que pagaría el comprador al que debe sumarse el ahorro tributario

que obtendría la empresa (\$3.150), lo que permitiría estimar que, si no se hace el proyecto, el valor de desecho esperado alcanza a \$18.150. Como al hacer el proyecto se incluye el ingreso por su venta en el momento cero, para ser consistente en el análisis, se debe considerar la reducción en el valor de desecho ocasionado por la venta anticipada de un activo que la empresa deja de tener por esa razón.

Sobre el flujo resultante se deberá hacer la evaluación, aplicando los modelos que se exponen en el capítulo siguiente, para determinar la conveniencia de efectuar la desinversión.

Otras situaciones típicas de desinversión se dan cuando la empresa evalúa vender el edificio donde funcionan las oficinas para optar por alquilarlas, comprar insumos en vez de fabricarlos o, como ya se mencionó, externalizar algún servicio que realiza internamente.

7.4 Alquilar o comprar

La decisión de comprar o alquilar las instalaciones de la empresa está asociada a consideraciones muy distintas en la construcción del flujo de caja del proyecto. Mientras la primera obliga a un desembolso inicial fuerte, a menores egresos posteriores, a un efecto tributario basado en la

depreciación futura del activo comprado y en el valor de desecho al término del período de evaluación, la segunda se asocia básicamente con el egreso del canon de alquiler y su efecto tributario.

Existen, sin embargo, situaciones donde las opciones de compra o alquiler no corresponden a activos comparables, con lo que se ven afectados los ingresos generados por la mayor o menor actividad vinculada a cada opción, ya sea por sus tamaños o por la localización de las alternativas.

En otros casos, la decisión se verá afectada por la disponibilidad de recursos, su uso alternativo o la búsqueda de una situación que permita flexibilizar la decisión si cambian las condiciones a futuro.

Desde un punto de vista estrictamente económico, la evaluación se puede hacer determinando en cuánto mejora o empeora la situación del proyecto si decide comprar en vez de alquiler sus instalaciones.

Ejemplo 7.3

Una empresa que busca extender su cadena de discotecas a la principal ciudad de la costa del país debe resolver entre alquilar un local que funcionaba como restaurante o comprar las instalaciones de una antigua discoteca. Su proyecto es sólo a cinco años, por cuanto estima que la juventud cambia sus preferencias a locales de moda cada cierto tiempo. Por ello, al cabo de cinco años se considera como escenario más probable el de la venta de la propiedad.

El local susceptible de ser alquilado está valorado en \$ 16.000, tiene un derecho de llave de \$1.500 y el monto del alquiler asciende a \$270 mensuales. El contrato se deberá firmar por cinco años. El dueño informó que los gastos generales del local, como agua, luz y teléfono, entre otros, alcanzan a \$20 mensuales, que los gastos de mantenimiento son de aproximadamente \$15 mensuales y que el seguro contratado tiene una prima anual de \$850. Este local tiene un estacionamiento que se incluye en el valor del alquiler. Si se opta por este local, se deberá considerar un monto de \$ 1.800 para efectuar un conjunto de remodelaciones que demorarían dos meses, los que serán cancelados contra avance de la obra a los contratistas en pagos idénticos. Se convino con el dueño del local que la remodelación correría por cuenta de él, pero el alquiler aumentaría en \$15 mensuales. El contrato comenzaría a regir una vez finalizadas las obras de remodelación. Asimismo el contrato de alquiler obligaría al locatario a pagar las contribuciones del mismo, mientras dure el contrato.

Por otra parte, el local que se podría comprar tiene dimensiones y ubicación similares al anterior, por lo que la operatoria del negocio no debería sufrir mayores modificaciones y no existirían efectos sobre la demanda o los ingresos. Su precio es de \$19.000 que deben ser cancelados al inicio de las obras de remodelación que demorarían también dos meses e implicarían dos pagos contra estado de avance de \$1.000 cada uno. El valor de salvamento de este local se estima equivalente a su valor contable al final del horizonte de evaluación definido en cinco años, producto de la imposibilidad de pronosticar algo distinto en este respecto. El seguro que se debería contratar tiene una prima de \$600 al año, mientras que los gastos generales se estiman en \$25 mensuales y los de mantenimiento en \$15 mensuales. Este local no posee estacionamientos, pero se tendría la posibilidad de alquilar a una universidad colindante sus estacionamientos durante las noches, por \$250 al año.

En ambos casos el valor fiscal sobre el cual se pagan las contribuciones al Estado por el bien inmueble es equivalente al valor de mercado del bien, estimándose un incremento de este valor en un 2% por año. Las contribuciones alcanzan al 2% del valor fiscal y se pagan una vez al año. La autoridad tributaria fija la depreciación de activos en 10 años, la amortización de los activos nominales o intangibles en tres años y los impuestos a las utilidades en un 15%. La empresa usa una tasa de costo de capital del 18% anual.

La tabla 7.7 muestra el resultado del flujo incremental si se opta por comprar en vez de alquilar. Nótese que, en este caso, se asumen todos los costos y beneficios de comprar y se evitan todos los vinculados con alquilar, lo que es similar a construir y comparar los flujos de caja de la opción de comprar con la de alquilar.

Tabla 7.7 Flujo de caja incremental entre comprar o alquilar

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ahorro por menor gasto de alquiler | | 3.170 | 3.170 | 3.170 | 3.170 | 3.170 |
| Mayor gasto de gastos generales | | -60 | -60 | -60 | -60 | -60 |
| Ahorro de gastos en seguro | | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Mayor gasto de contribuciones | | -60 | -61 | -62 | -64 | -65 |
| Mayor gasto por depreciación | | -2.100 | -2.100 | -2.100 | -2.100 | -2.100 |
| Menor gasto amort. | | | | | | |
| Derecho de llave | | 500 | 500 | 500 | 0 | 0 |
| Venta del local | | | | | | 10.500 |
| Valor libro del local | | | | | | 10.500 |
| Utilidad antes de impuesto | | 1.700 | 1.699 | 1.698 | 1.196 | 1.195 |
| Impuesto 1 5% | | -255 | -255 | -255 | -179 | -179 |
| Utilidad después de impuesto | | 1.445 | 1.444 | 1.443 | 1.017 | 1.016 |
| Valor libro del local | | | | | | 10.500 |
| Mayor gasto por depreciación | | 2.100 | 2.100 | 2.100 | 2.100 | 2.100 |
| Menor gasto amort. | | | | | | |
| Derecho de llave | | -500 | -500 | -500 | 0 | 0 |
| Inversiones | | | | | | |
| Compra del local | 19.000 | | | | | |
| Remodelación | -2.000 | | | | | |
| Gasto financiero de la remodelación | - 14 | | | | | |
| Menor inversión por Derecho de llave | 1.500 | | | | | |
| Flujo de caja | -19.514 | 3.045 | 3.044 | 3.043 | 3.117 | 13.616 |

El ahorro de costos de alquiler se calcula por la diferencia entre pagar doce veces \$285 al año por el precio y el mantenimiento o una vez \$250 por los estacionamientos. Los gastos generales aumentan de \$20 a \$25 mensuales, lo que significa al año un mayor costo de \$60 si se opta por comprar. Los seguros disminuyen de \$850 a \$600, con lo que se obtendría un ahorro anual de \$250. Las contribuciones aumentan de un 2% de los \$16.000 que por contrato se obliga a pagar el locador, a un 2% de los \$19.000 de la compra de la propiedad. En los años siguientes se consideró un incremento del 2% real en el valor de las propiedades. Si se compra la propiedad, la empresa podrá aprovechar el beneficio tributario de la depreciación, la que se calcula dividiendo el total de las inversiones (\$21.000) en los diez años de depreciación. Al comprar, la empresa deja de aprovechar el gasto contable que permitiría el Derecho de llave, por lo que aparece con signo positivo su menor amortización, la que se calcula dividiendo en tres años los \$1.500 que se habría tenido que pagar por él si se alquila el local. Si se compra la propiedad, al final del quinto año

tendrá un valor de venta equivalente a su valor libro, \$10.500, que corresponde al saldo por depreciar (50% de la inversión).

Siguiendo los procedimientos ya explicados, se calcula la utilidad antes de impuesto, el impuesto y la utilidad neta. Posteriormente se anula el efecto de los gastos que no constituyen movimientos de caja sumando el valor libro y la depreciación y restando el Derecho de llave.

Como último paso, se anotan los costos y beneficios que no están afectos a impuestos: la compra del local en \$19.000 y la remodelación por \$2.000. Se agrega el costo financiero de la inmovilización de la primera cuota de la remodelación que se calcula como $1.000 \cdot 0,0139$. Este último factor corresponde a la tasa mensual de la tasa anual del 18% que exige la empresa. Como la compra evita pagar \$1.500 de Derecho de llave, esta cifra se anota con signo positivo para expresar el ahorro que se logra en este ítem.

7.5 Cómo construir un flujo de caja para medir la rentabilidad de los recursos propios y la capacidad de pago

Para determinar cuál es la rentabilidad que obtendría el inversionista por los recursos propios aportados para la materialización del proyecto se debe efectuar una corrección al flujo de caja que mide la rentabilidad

del total de la inversión, mediante la incorporación del efecto del financiamiento externo en la proyección de caja efectuada anteriormente, ya sea por la obtención de un préstamo o la contratación de un *leasing*.

La forma de tratar estas dos situaciones es distinta cuando se trata de medir la rentabilidad del inversionista, principalmente por las consideraciones de tipo tributario que se deben tener en cuenta al construir el flujo de caja.

7.5.1 Financiamiento del proyecto con deuda

Al recurrir a un préstamo bancario para financiar el proyecto, la empresa debe asumir el costo financiero que está asociado a todo proceso de otorgamiento de créditos, el cual, como se explicó anteriormente, tiene un efecto negativo sobre las utilidades y, por lo tanto, positivo sobre el impuesto. Es decir, genera un ahorro tributario al reducir las utilidades contables sobre las cuales se calcula el impuesto.

Por otra parte, incorporar el préstamo como un ingreso en el flujo de caja del inversionista, en el momento cero, hace que la inversión se reduzca de manera tal que el valor resultante corresponde al monto de la inversión que debe ser financiada con recursos propios.

La rentabilidad del inversionista se calculará comparando la inversión que él deberá financiar con el remanente del flujo de caja que queda después de servir el crédito, es decir, después de pagar los intereses y de amortizar la deuda. Para ejemplificar esta situación, considérese el siguiente flujo de caja simplificado de un proyecto antes de incorporar el análisis del financiamiento.

Ejemplo 7.4

Para ejemplificar las diferencias en la construcción de los flujos de caja para medir la rentabilidad del proyecto con la del inversionista cuando financia parte de las inversiones con deuda bancaria, se usará un caso muy sencillo donde se han eliminado todas las dificultades de cálculo para concentrar el análisis en la estructura del flujo de caja.

Tabla 7.8 Flujo de caja del proyecto puro

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ingresos | | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Egresos | | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 |
| Depreciación | | -60 | -60 | -60 | -60 | -60 |
| Utilidad | | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Impuesto | | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 |
| Utilidad neta | | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 |
| Depreciación | | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Inversión | -800 | | | | | |
| Valor de desecho | | | | | | 400 |
| Flujo del proyecto | -800 | 196 | 196 | 196 | 196 | 596 |

Si el 50% de la inversión se financia con un préstamo a cuatro años plazo y con un interés anual del 8%, la cuota que se deberá servir al banco anualmente se puede calcular por la siguiente expresión:

$$(7.4) \quad C = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

donde C es el valor de la cuota, P el monto del préstamo, i la tasa de interés y n el número de cuotas en que se servirá el crédito.

Reemplazando con los antecedentes del ejemplo, se tiene:

$$C = 400 \frac{0,08(1+0,08)^4}{(1+0,08)^4 - 1}$$

de lo que resulta una cuota de \$120,77.

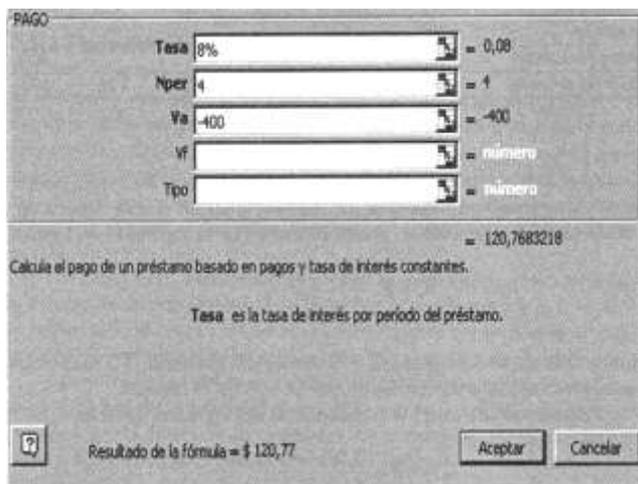
En una planilla electrónica como Excel, por ejemplo, la cuota se calcula directamente usando la opción **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la Categoría de función y se elige **Pago** en el Nombre de la función. En el cuadro de diálogo **Pago**, se escribe 8% en la casilla correspondiente a **Tasa**, 4 en la casilla **Nper** y -400 en **VA**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor de la cuota.

Para diferenciar la parte de la cuota que corresponde a los intereses del préstamo (que se encuentran afectos a impuesto) de su amortización (que no está afectada a impuesto), se elaborará una tabla de pagos que expresa, en la primera columna, el saldo de la deuda al inicio de cada año; en la segunda, el monto total de cada cuota; en la tercera, el interés del período y, en la cuarta, el monto que amortizará la deuda inicial, calculada como la diferencia entre la cuota y el interés pagaderos. Esto es:

| Deuda | Cuota | Interés | Amortización |
|-------|-------|---------|--------------|
| 400 | 121 | 32 | 89 |
| 311 | 121 | 25 | 96 |

| | | | |
|-----|-----|----|-----|
| 215 | 121 | 17 | 104 |
| 112 | 121 | 9 | 112 |

Figura 7.2 Cuadro de diálogo para calcular el valor de la cuota de un crédito.



Al incluir el efecto del financiamiento en el flujo de caja original, resulta el siguiente flujo de caja, que muestra los movimientos de caja que enfrentará el inversionista si financia parte de la inversión con deuda.

Como se puede observar en la tabla 7.9, cuando se incorpora el préstamo con signo positivo, el flujo de caja en el momento cero se reduce a los \$400 correspondientes a la cuantía de recursos que debe aportar el inversionista para financiar la parte de la inversión que no cubre el préstamo.

Tabla 7.9 Flujo de caja del proyecto financiado con deuda

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ingresos | | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Egresos | | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 |
| Intereses | | -32 | -25 | -17 | -9 | |
| Depreciación | | -60 | -60 | -60 | -60 | -60 |
| Utilidad | | 128 | 135 | 143 | 151 | 160 |
| Impuesto | | -19 | -20 | -21 | -23 | -24 |
| Utilidad neta | | 109 | 115 | 122 | 128 | 136 |
| Depreciación | | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Inversión | -800 | | | | | |
| Préstamo | 400 | | | | | |
| Amortización | | -89 | -96 | -104 | -112 | |
| Valor de desecho | | | | | | 400 |
| Flujo del inversionista | -400 | 80 | 79 | 78 | 76 | 596 |

7.5.2 Financiamiento del proyecto con leasing

Una fuente opcional de financiamiento de las inversiones de un proyecto lo constituye el *leasing*, instrumento mediante el cual la empresa puede disponer de determinados activos con anterioridad a su pago.

El *leasing* o alquiler de activos, permite su uso por un período determinado de tiempo a cambio de una serie de pagos. Al término del período de alquiler el locatario puede ejercer una opción para comprar o devolver el bien o para renovar el contrato. Hay dos tipos de operaciones de *leasing*: financiero y operativo.

Un *leasing financiero* involucra plazos generalmente largos y pagos que deben ser cumplidos en su totalidad. Una característica importante de este tipo de *leasing* es que en el contrato deben estar explícitas cualquiera de las siguientes cuatro condiciones.

- La transferencia de la propiedad del bien al locatario o inquilino, al término del contrato.
- El monto de la opción de compra es inferior al valor comercial esperado para el bien en ese momento.
- El valor actual de las cuotas corresponde a una proporción significativa del valor de adquisición al inicio del contrato.
- El contrato abarca parte importante de la vida útil.

El *leasing financiero* se contabiliza en forma similar a la compra de un activo fijo. Es decir, se activa, bajo la denominación de "activos en leasing", el valor actual de las cuotas y la opción de compra o, si el contrato lo establece, el precio contado del bien objeto del alquiler. El valor nominal del contrato se contabilizará como pasivo exigible. La diferencia entre el valor nominal del contrato y el valor actual de sus pagos convenidos se contabilizará como "intereses diferidos por leasing". Al vencimiento de cada cuota se traspasarán a gastos contables los intereses diferidos por leasing devengados.

Si el proyecto va a ser financiado mediante un *leasing operativo* en vez de endeudamiento, la forma de calcular el flujo del inversionista difiere del procedimiento explicado para el financiamiento bancario, por cuanto el total de la cuota del leasing es considerada como gasto deducible de impuesto, similar a cualquier alquiler de un bien inmueble, por ejemplo.

Como se busca medir la rentabilidad de los recursos propios, en la columna cero se colocará el total de la inversión menos el valor de los activos que se financiarán con el leasing. Nótese que, en este caso, la inversión neta que aparecerá en el momento cero corresponderá a los recursos que tendrá que aportar el inversionista.

Si se incorpora la opción de financiamiento por leasing para financiar el 50% de la inversión del ejemplo anterior y suponiendo que conlleva a pagar una cuota anual de \$ 132, también en cuatro años, se tendría un flujo de caja para el inversionista como el que muestra la tabla 7.10. En este caso, en el momento cero se anota sólo aquella parte de la inversión que corresponde financiar antes del inicio de la operación, por cuanto el pago por la compra de los activos se hace diferido en cuatro años.

Tabla 7.10 Flujo de caja del proyecto financiado con leasing

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ingresos | | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Egresos | | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 |
| Leasing | | -132 | -132 | -132 | -132 | |
| Depreciación | | -30 | -30 | -30 | -30 | -30 |
| Utilidad | | 58 | 58 | 58 | 58 | 190 |
| Impuesto | | -9 | -9 | -9 | -9 | -29 |
| Utilidad neta | | 49 | 49 | 49 | 49 | 161 |
| Depreciación | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Inversión | -400 | | | | | |
| Valor de desecho | | | | | | 400 |
| Flujo del proyecto | -400 | 79 | 79 | 79 | 79 | 591 |

Nótese que se desembolsa una inversión inicial de sólo \$400 en circunstancias de que el proyecto utiliza activos valorados en \$800. Esto se debe a que la mitad de la inversión es financiada por la vía de un alquiler. Como se puede observar, la depreciación también disminuye en este caso, por cuanto el ahorro tributario del leasing se obtiene sobre el total de la cuota y sólo el monto no financiado con leasing se deprecia para aprovechar el descuento tributario restante.

Cuando el 50% de la inversión se financia con deuda, se aprovecha el ahorro tributario sólo de los intereses del préstamo (no sobre todo el servicio de la deuda que incluye, además, las amortizaciones de esa deuda) y de la depreciación de los activos comprados con dicho préstamo. Con el leasing se asume que, en este ejemplo, el 50% de los activos es alquilado, obteniéndose un ahorro tributario sobre el monto total de la cuota.

De acuerdo con lo anterior, la inclusión de los efectos tanto de la deuda como del leasing permiten medir la rentabilidad de los recursos propios invertidos y no la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, cuando un proyecto es evaluado desde la perspectiva de la institución financiera que tiene que decidir si entrega los recursos solicitados en préstamo, se hace necesario considerar si el proyecto es capaz de generar los recursos suficientes para amortizar la deuda y para pagar los intereses que devengue, en los plazos y con las condiciones que se le definan.

Un proyecto puede ser rentable pero no tener capacidad de pago. Por ejemplo, cuando el valor de desecho, que no significa ingresos ni constituye liquidez para el negocio, es de una cuantía significativa, puede determinar una alta rentabilidad para el proyecto. Sin embargo, como el valor de desecho valora los activos que tendrá el proyecto al final de su período de evaluación, o mide el valor del negocio, su monto no es un recurso disponible para enfrentar el pago del crédito recibido.

Cuando se evalúa un proyecto para calcular tanto la rentabilidad de la inversión como la del inversionista, se deberán incluir todos los beneficios. Cuando se mide la capacidad de pago, se deberán excluir aquellos beneficios que no constituyan ingresos: valor de desecho y recuperación del capital de trabajo, cuando corresponda.

Si se acepta dar crédito a un proyecto que es rentable cuando se evalúa con todos sus beneficios, pero que no lo es cuando no se considera su valor de desecho, ello significaría que la única forma de que se pague el crédito es con la venta del negocio. Difícilmente un banco otorgará un crédito para financiar un activo si la única forma de responder al crédito es vendiendo el activo, a menos que se demuestre la capacidad de pago recurriendo a otras fuentes distintas a las generadas únicamente por el proyecto.

Preguntas y problemas

7.1 Explique el concepto de horizonte de evaluación y su relación con el ciclo de vida real del proyecto.

7.2 Al comparar proyectos alternativos se pueden identificar tres tipos de relaciones de acuerdo con su vida útil. Descríbalas y explíquelas.

7.3 ¿Qué información debe incluirse en cada momento o columna de un flujo de caja?

7.4 Enuncie las cinco etapas básicas para la construcción de un flujo de caja y explique brevemente en qué consiste cada una de ellas.

7.5 ¿Es posible que en algunos proyectos deba sumarse la depreciación para calcular la utilidad antes de impuestos en vez de restarla como se hace para elaborar un estado de resultados?

7.6 Comente la siguiente afirmación: "Si se proyecta la compra de un activo en el momento cero, se debe anotar el egreso antes de impuesto, por constituir un desembolso que reduce la riqueza de la empresa".

7.7 "La compra de cualquier activo tendrá siempre un efecto tributario, ya sea en el momento de su adquisición o por su posterior depreciación." Comente.

7.8 Explique por qué el calendario de inversiones puede incluir ítem que no constituyen inversiones.

7.9 "Al sustituir un activo durante el horizonte de evaluación no deben incluirse cambios en la inversión en capital de trabajo." Comente.

7.10 ¿En qué casos se debe incluir en un proyecto que se evalúa en un horizonte de diez años la reposición de un activo que tiene una vida útil de diez años?

7.11 En la evaluación de un proyecto se utiliza una tasa de costo de capital anual del 12%. Si el calendario de inversiones se elabora en base mensual, ¿qué tasa de descuento se debe utilizar?

7.12 Para la evaluación de un proyecto de ampliación de la capacidad de evacuación de residuos mediante la instalación de tuberías, se ha elaborado una carta Gantt con las tareas a realizar previas a su puesta en marcha. Con la información que muestra el cuadro de la página siguiente, determine el valor capitalizado de la inversión al momento cero del flujo de caja del proyecto, si la tasa anual de descuento que emplea la empresa es de un 18%.

7.13 Una empresa evalúa la conveniencia de ampliarse, para lo cual está considerando tres opciones.

a. invertir hoy \$6.000 en una máquina que cubre las necesidades actuales y proyectadas de producción.

b. Invertir hoy en una máquina pequeña de \$4.000 y cambiarla con otra máquina igual y del mismo valor dentro de cuatro años más para que, entre ambas puedan enfrentar los requerimientos de ampliación de la producción.

c. Comprar la máquina pequeña hoy y sustituirla por la primera en cuatro años más.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Instalación faenas | 136 | | | | | | | | | | |
| Movimiento tierras | | 200 | 140 | 140 | | | | | | | |
| Obras civiles | | | 315 | 315 | 330 | 360 | 400 | | | | |
| Compra acueductos | | 980 | 0 | | | | | | | | |
| Montaje acueductos | | | | | | 110 | 0 | 170 | | | |
| Supervisión faenas | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Sellado tuberías | | | | | | | | | 890 | | |
| Alquiler maquinarias | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | | |
| Seguros | | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Nivelación terrenos | | | | | | | | | | | 220 |
| Pruebas | | | | | | | | | | 60 | 60 |
| Puesta en marcha | | | | | | | | | 632 | 632 | 632 |

Si el valor de desecho de la máquina grande es de \$700 al cabo de ocho años del horizonte de evaluación y si la pequeña tiene un valor de desecho de \$800 con cuatro años de uso y de \$500 con ocho años, elabore los flujos de caja básicos para comparar estas tres alternativas con la opción de no ampliar. Suponga que no hay impuestos ni costos de producción distintos cualquiera sea la máquina que se utilice.

7.14 Una empresa le encarga construir los flujos de caja para evaluar la conveniencia de sustituir un equipo que se compró hace seis años en \$12.000.000 y que hoy tiene un valor de venta en el mercado de \$4.000.000. Su vida útil restante es de seis años más, al cabo de la cual se podrá vender en \$1.000.000. Sus costos de operación se suponen constantes en \$3.000.000 anuales. Este equipo no ha sido revalorizado en el pasado.

El equipo nuevo requiere invertir \$15.000.000, tiene una vida útil de 10 años, al término de la cual se podrá vender en \$2.500.000. Su costo de operación anual es de \$2.300.000.

Ambos activos se deprecian en un total de diez años. La tasa de impuesto a las utilidades es del 15%.

Con esta información, construya el flujo de caja para un horizonte de evaluación de seis años, justificando el valor que le asigne al equipo nuevo al final del período de evaluación.

7.15 Explique en qué situaciones el método comercial para calcular el valor de desecho es el más conveniente para evaluar un proyecto.

7.16 Un local de expendio de refrescos compró hace cinco años un congelador en \$28.000. Su valor libro actual es de \$12.000 y le restan cinco años de vida contable, donde se espera poder venderlo en \$2.000. La disminución que han experimentado las ventas del negocio hace aconsejable evaluar la conveniencia de sustituirlo por otro más pequeño, que tiene un valor de \$14.000 y que requiere de gastos de \$1.000 en montaje y supervisión de la instalación.

El congelador en uso tiene una vida útil real restante de ocho años y un valor de mercado actual de \$16.000.

El costo del seguro asciende anualmente, para ambos activos, a un 6% del valor contable vigente al inicio del año.

La función de costos de mantenimiento y reparaciones está determinada por una función, calculada en base histórica, del tipo:

$$Y = 19x^2 + 49x + 3.631$$

donde y es el costo del mantenimiento anual y x el número de años de antigüedad del equipo.

El congelador nuevo tiene una vida útil real y contable de diez años y su valor de desecho se calcula por el método contable. La tasa de impuestos es 15%. Con esta información, construya los flujos de caja para comparar ambas alternativas.

7.17 Enuncie las principales particularidades de un flujo de caja para evaluar una desinversión.

7.18 Comente la siguiente afirmación: "Al evaluar las opciones de comprar o alquilar las bodegas de la fábrica, los ingresos son irrelevantes y no deben incluirse en el flujo de caja, con excepción de la posibilidad de venta del activo si se opta por la compra".

7.19 Explique en qué se diferencian los flujos de caja para medir la rentabilidad del proyecto y la rentabilidad del inversionista.

7.20 Analice la diferencia que se observa en dos flujos de caja que miden, respectivamente, la rentabilidad del inversionista al financiar parte de la inversión con deuda y al financiarla con leasing.

7.21 ¿Puede un proyecto ser rentable y no tener capacidad de pago? ¿Y no ser rentable y tener capacidad de pago?

7.22 En la evaluación de un proyecto para la creación de un nuevo negocio, se determinaron los siguientes ítem de egresos:

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Inversión en capital de trabajo | 10.000 |
| Inversión en equipos y mobiliario | 50.000 |
| Inversión en terrenos | 50.000 |
| Gastos de puesta en marcha | 15.000 |
| Costo del estudio de viabilidad | 8.000 |

¿Cuál es el flujo de caja del período cero?

7.23 El Departamento de Mantenimiento de una empresa evalúa el reemplazo de una tecnología intensiva en mano de obra por otra intensiva en capital. Al hacer el reemplazo, debe despedir personal ahorrándose el costo de la mano de obra. Indirectamente, al haber menos personal, se puede también reducir el personal encargado de dar alimentación a ese personal que, como está

conformado principalmente por mujeres jóvenes, casadas y con hijos, haría también reducir el personal de la guardería infantil. Este último ahorro:

- a. No corresponde considerarlo por no estar asociado directamente al proyecto.
- b. Debe ser considerado sólo para fines contables.
- c. Debe considerarse directamente en los beneficios económicos de hacer el proyecto.
- d. Ninguna de las anteriores.

Explique y fundamente su respuesta.

7.24 Los beneficios que no constituyen movimientos de caja son:

- a. El valor de desecho del proyecto.
- b. El valor de desecho y la recuperación del capital de trabajo.
- c. El valor de desecho y ocasionalmente la recuperación del capital de trabajo.
- d. La recuperación del capital de trabajo.

7.25 "No siempre se debe incluir la recuperación del capital de trabajo en el último período de un flujo de caja, porque se recupera generalmente mucho antes del período de evaluación." Comente.

7.26 Enuncie a lo menos dos situaciones donde no se incluye la recuperación en capital de trabajo al construir el flujo de caja.

7.27 Cómo se denomina el concepto "valor de los activos al final del período de evaluación": valor residual, valor de desecho, valor libro o valor comercial.

7.28 En un proyecto que se evalúa en un horizonte de diez años hay una máquina que debe reemplazarse cada cinco años. Al final del décimo año la inversión para su reposición:

- a. Siempre debe incluirse en el flujo de caja.
- b. Nunca debe incluirse.
- c. Es indiferente incluirla.
- d. A veces debe incluirse y a veces no debe incluirse.

7.29 Comente la siguiente afirmación: "Es posible medir la capacidad de pago de un proyecto analizando el flujo de caja del inversionista".

7.30 Una empresa requiere una inversión total de \$40.000 para ampliar su negocio y está evaluando pedir un préstamo por el 60% de ese monto a 5 años plazo. Si la tasa de interés del préstamo es del 14% anual y la tasa de impuestos es del 15%, determine el efecto neto del endeudamiento sobre el flujo de caja del proyecto desde el momento 0 al 5.

7.31 Si la misma empresa tiene la opción de tomar un leasing en cinco cuotas iguales de \$7.160 para financiar la compra de activos por \$24.000, evitando así endeudarse ¿qué efecto neto tiene sobre el flujo de caja del proyecto desde el momento 0 al 5?

7.32 Explique el concepto de leasing y la diferencia entre el leasing financiero y el operativo.

Bibliografía

- BIERMAN, H. y S. SMIDT. The Capital Budgeting Decisión; Economic Analysis of Investment Projects. Macmillan, New York, 1993.
- BLANK, L. y A. TARQUIN. Ingeniería económica. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 1991.
- BONO, E. How to... Prepare a Cash Flow Statement. <http://edge.love.org/resource/document/htmldocs/6332.htm>. Entrepreneurial Edge Online. Edward Lowe Foundation, Cassopolis, MI, 1996.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- BUSINESS SERVICE CENTRE. Preparing a cash flow forecast. <http://www.sb.gov.bc.ca/smallbus/workshop/cashflow.html>. Canadá, British Columbia, 2000.
- CANADA, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1997.
- CONTE, M. Apuntes sobre evaluación de proyectos. <http://www.cema.edu.ar/~mcf/>. Universidad del CEMA, Buenos Aires, 2000.
- CONTRERAS, M. E. Formulación y evaluación de proyectos. UNAD, Santafé de Bogotá, 1997.
- EROSSA, V. Proyectos de inversión en ingeniería. Limusa, México.

CALCULO Y ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

La medición de la rentabilidad económica de un proyecto no es fácil por las enormes dificultades que existen para pronosticar el comportamiento de todas las variables que condicionan su resultado. Por ello, lo común es explicitar que lo que se evalúa es uno, quizás el más probable, de los escenarios que podría enfrentar un proyecto. El cálculo de la rentabilidad de cada uno de los escenarios es una de las tareas más simples, fáciles y certeras del trabajo del evaluador. La determinación de la rentabilidad propiamente tal es un proceso mecánico que conduce siempre a un solo resultado. Por esto en este capítulo, más que exponer el desarrollo de las fórmulas para calcular los criterios de evaluación, se profundiza el tema en la interpretación de los resultados, los efectos de las distintas formas de financiación, las alternativas analíticas y la sensibilización de los resultados.

8.1 Conceptos básicos de matemáticas financieras

La rentabilidad de un proyecto se puede medir de muchas formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otros. Todas ellas se basan en el concepto del valor tiempo del dinero, que considera que siempre existe un costo asociado a los recursos que se utilizan en el proyecto, ya sea de oportunidad, si existen otras posibilidades de uso del dinero, o financiero, si se debe recurrir a un préstamo.

En otras palabras, \$ 1 de hoy vale más que \$ 1 a futuro, por cuanto el peso recibido hoy puede invertirse inmediatamente para obtener una ganancia que el peso recibido a futuro no logra obtener.

Por ejemplo, \$1.000 invertidos hoy al 10% anual, permiten obtener una ganancia de \$ 100 a recibir en un año más. Es decir, \$ 1.000 de hoy equivalen a \$ 1.100 de un año más o, lo que es igual, \$ 1.100 de un año más equivalen a \$1.000 de hoy. Si los \$1.100 se dejan invertidos por un segundo año, se obtiene una ganancia de \$110, correspondientes a 10% del capital invertido. Es decir, \$1.000 de hoy equivalen a \$1.210 de dos años más.

8.1.1 Equivalencias entre un valor actual y un valor final

El valor final o valor futuro (VF) de un valor actual (VA) se calcula por la expresión:

$$(8.1) \quad VF = VA (1 + i)^n$$

donde i es la tasa de rentabilidad exigida y n el número de períodos.

Ejemplo 8.1

Una empresa desea hacer uso de la línea de sobregiro automático que le ofrece su banco para financiar \$10.000 que requiere para invertir en capital de trabajo de un nuevo proyecto, hasta que éste genere los excedentes suficientes para que se autofinancie. Si la tasa de interés real es del 10% anual y las proyecciones de caja estiman que se cubrirá el sobregiro al finalizar el cuarto año de operación del proyecto, el monto adeudado en ese momento se determina por:

$$VF = 10.000 (1 + 0,1)^4 = 14.641$$

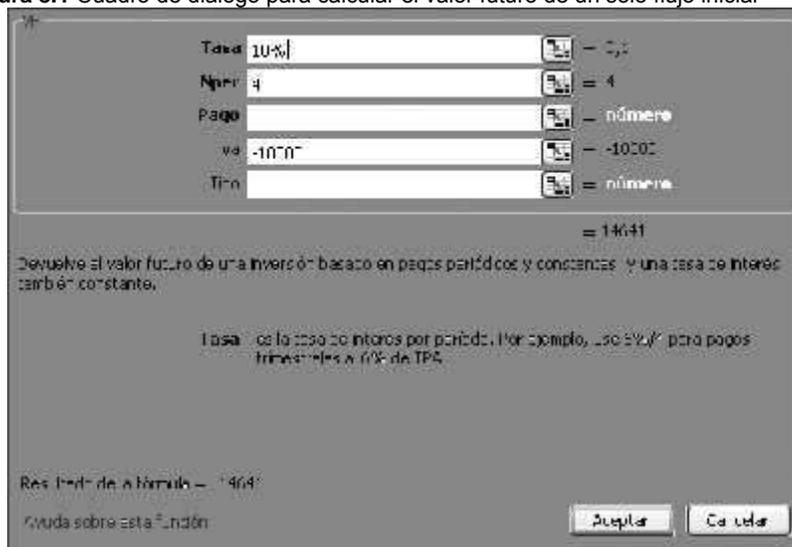
Esto se demuestra fácilmente en la tabla 8.1.

Tabla 8.1 Cálculo del valor futuro de un único flujo inicial

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| Saldo inicial | 10.000 | 11.000 | 12.100 | 13.310 |
| Interés | 1.000 | 1.100 | 1.210 | 1.331 |
| Saldo Final | 11.000 | 12.100 | 13.310 | 14.641 |

En una planilla electrónica, como Excel, por ejemplo, el VF se calcula directamente usando la opción **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función y se elige **VF** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo **VF** se escribe el interés al que se quiere capitalizar el valor inicial en la casilla correspondiente a **Tasa**, el número de períodos en que se mantendrá la deuda se anota en la casilla **Nper** y el valor de la deuda adquirida inicialmente en la casilla **VA**.¹ Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor futuro, tal como se muestra en el cuadro de diálogo de la figura 8.1.

Figura 8.1 Cuadro de diálogo para calcular el valor futuro de un solo flujo inicial



Si se busca calcular el valor actual de un valor futuro, se despeja el elemento **VA** de la ecuación 8.1, multiplicando el valor futuro por un factor de descuento que debe ser menor que 1 y que se expresa como $1/(1+i)^n$. De esta forma, el valor actual de un valor futuro se obtiene de:

1. En la planilla Excel siempre se debe ingresar el valor con signo contrario al que se desea obtener como resultado.

$$(8.2) \quad VA = VF \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Ejemplo 8.2

Para determinar cuánto se debe depositar hoy para lograr acumular \$18.000 al final de cuatro años si un banco ofrece una tasa de interés a los depósitos de un 10% anual, se reemplaza la ecuación 8.2 con estos valores, obteniéndose:

$$VA = \frac{18.000}{(1+0,1)^4} = 12.294$$

Igual que en el caso anterior, esto se demuestra haciendo el análisis para cada año, tal como se muestra en la tabla 8.2.

Tabla 8.2 Cálculo del valor actual de un flujo único al final de n períodos

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| Saldo inicial | 12.294 | 13.523 | 14.876 | 16.363 |
| Interés | 1.229 | 1.352 | 1.488 | 1.636 |
| Saldo final | 13.523 | 14.876 | 16.363 | 18.000 |

En una planilla Excel el VA se calcula usando la opción **Función** del menú Insertar, para lo cual se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función y se elige **VA** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo **VA** se escribe el interés al que se quiere capitalizar en la casilla correspondiente a **Tasa**, el número de períodos que se dejarán invertidos los recursos se anota en la casilla **Nper** y el valor del monto que se desea tener al final de n períodos en la casilla **VF**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor actual requerido, tal como se muestra en la figura 8.2.

Cuando se calculan equivalencias de dinero en el tiempo es posible encontrar, además de los valores actuales o finales, el número de períodos o la tasa de interés que hace que se cumpla la equivalencia de los dineros en el tiempo. Por ejemplo, para calcular cuánto tiempo debe mantenerse un depósito a una determinada tasa de interés para que se logre capitalizar en un valor final predeterminado, en una planilla Excel se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función del menú **Insertar** y se elige **Nper** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo **Nper** se escribe en la casilla **Tasa** el interés al que se quiere buscar la equivalencia, se anota el monto que se desea tener al

Figura 8.2 Cuadro de diálogo para calcular el valor actual de un flujo final único

final de los n períodos en la casilla **VF** y el valor que se desea invertir inicialmente en la casilla **VA**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el número de períodos que hace ambos montos equivalentes.

Para calcular la tasa de interés que hace equivalente un valor actual con uno final después de n períodos se sigue un procedimiento similar, seleccionando **Tasa** en el Nombre de la Función.

8.1.2 Equivalencias entre un valor actual o futuro y una serie de pagos uniformes

Cuando se busca calcular el valor final de una serie de pagos iguales se recurre a la ecuación 7.1 explicada en el capítulo anterior o al cuadro de diálogo de la figura 8.1, donde se anota en la casilla **Pago** el valor de la cuota uniforme, en vez de ocupar la casilla **VA** que se utiliza cuando existe un único pago inicial.

Ejemplo 8.3

Si en cada uno de los siguientes cuatro años se depositará \$1.000 a una tasa de interés del 10%, al final del período se tendrá un valor acumulado de \$4.641, de acuerdo con lo que muestra el cuadro de diálogo de la figura 8.3:

Figura 8.3 Cuadro de diálogo para calcular el valor final de un flujo periódico uniforme

Tasa 10% = 0,1
 Nper 4 = 4
 Pago -1000 = -1000
 Va = número
 Tipo = número
 = 4641

Devuelve el valor futuro de una inversión basado en pagos periódicos y constantes, y una tasa de interés también constante.

Tasa es la tasa de interés por periodo.

Resultado de la fórmula = \$ 4.641,00

Aceptar Cancelar

La tabla 8.3 demuestra y explica cómo se obtiene el valor final al ir acumulando intereses sobre saldos crecientes por los mismos intereses de los períodos pasados y los propios depósitos.

Tabla 8.3 Cálculo del valor futuro de un flujo periódico uniforme

| | Hoy | 1 | 2 | 3 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Saldo inicial | | 1.000 | 2.100 | 3.310 |
| Interés | | 100 | 210 | 331 |
| Saldo capitalizado | | 1.100 | 2.310 | 3.641 |
| Depósito | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Saldo final | 1.000 | 2.100 | 3.310 | 4.641 |

Si los flujos de cada período son diferentes, se repite la ecuación 8.1 para cada flujo anual, donde el último flujo no se capitaliza por corresponder al momento en que se efectúa el cálculo.

El cálculo del valor actual de varios pagos que suceden en varios períodos distintos es similar a sumar los valores actuales individuales calculados mediante la ecuación 8.2 para obtener el valor actual de todo el flujo.

Cuando se calcula el valor actual de varios pagos que suceden en períodos distintos, es el factor n el que altera la equivalencia en el tiempo de cada pago, debiendo sumarse los valores actuales individuales calculados para obtener el valor actual del flujo.

Cuando todos los flujos son iguales, el valor actual se puede calcular alternativamente por la siguiente expresión:

$$(8.3) \quad VA = F \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

donde F es el valor del flujo neto de caja, uniforme anualmente, y que se denomina *anualidad*.²

El valor actualizado del flujo queda expresado un período antes del inicio de la serie uniforme. Es decir, si se actualizan los flujos iguales desde el momento 1 al momento 10, el resultado quedará expresado en moneda del momento cero.

Ejemplo 8.4

Si se busca calcular el valor actual de cinco pagos futuros iguales de \$100 cada uno, a una tasa del 10%, se obtiene un equivalente actual de \$379,08:

$$VA = 100 \frac{(1,1)^5 - 1}{0,1(1,1)^5} = 379,08$$

2. Esta expresión se deduce fácilmente como sigue:

$$VA = \frac{F}{(1+i)} + \frac{F}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F}{(1+i)^n}$$

Si se multiplican ambos lados de la ecuación por (1+i), se tiene:

$$VA(1+i) = F + \frac{F}{(1+i)} + \dots + \frac{F}{(1+i)^{n-1}}$$

Si se resta la primera ecuación de la segunda, resulta:

$$VA(1+i) - VA = \left(F + \frac{F}{(1+i)} + \dots + \frac{F}{(1+i)^{n-1}} \right) - \left(\frac{F}{(1+i)} + \frac{F}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F}{(1+i)^n} \right)$$

De donde:

$$VA * i = F - \frac{F}{(1+i)^n} = F \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n}$$

Despejado VA se deduce que:

$$VA = F \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Es decir, cinco pagos futuros anuales de \$100 equivalen a un valor actual de \$379,08 o, lo que es lo mismo, un monto actual de \$379,08 equivale a cinco anualidades iguales de \$100. Si se invierten hoy los \$379,08 a la misma tasa i , al final del primer año habrá subido la inversión a \$416,99. Si se retiran \$100 cada año y se reinvierte el saldo al 10% anual, se podrán retirar exactamente cinco cuotas iguales de \$100.

En una planilla Excel este valor se obtiene utilizando el cuadro de diálogo VA. Para ello, se escribe en la casilla **Tasa** el interés del 10%, se anota el monto de la cuota en la casilla **Pago** y el número de cuotas o pagos en la casilla **Nper**. Marcando la opción **Aceptar**, se obtiene el valor actual de las cinco cuotas iguales.

Si las cuotas son de diferente valor cada año, se podrá calcular su valor actual sumando los valores actuales calculados de cada cuota.

Ejemplo 8.5

Si un proyecto genera cinco flujos de \$2.000, \$2.600, \$3.200, \$3.200 y \$3.200, el valor actual del flujo indicaría, a una tasa de actualización del 10%, un resultado positivo de \$10.544. Esto se obtiene de actualizar el valor de cada flujo anual, multiplicándolo por el factor $1/(1 + 0,1)^n$, como se muestra en la tabla 8.4.

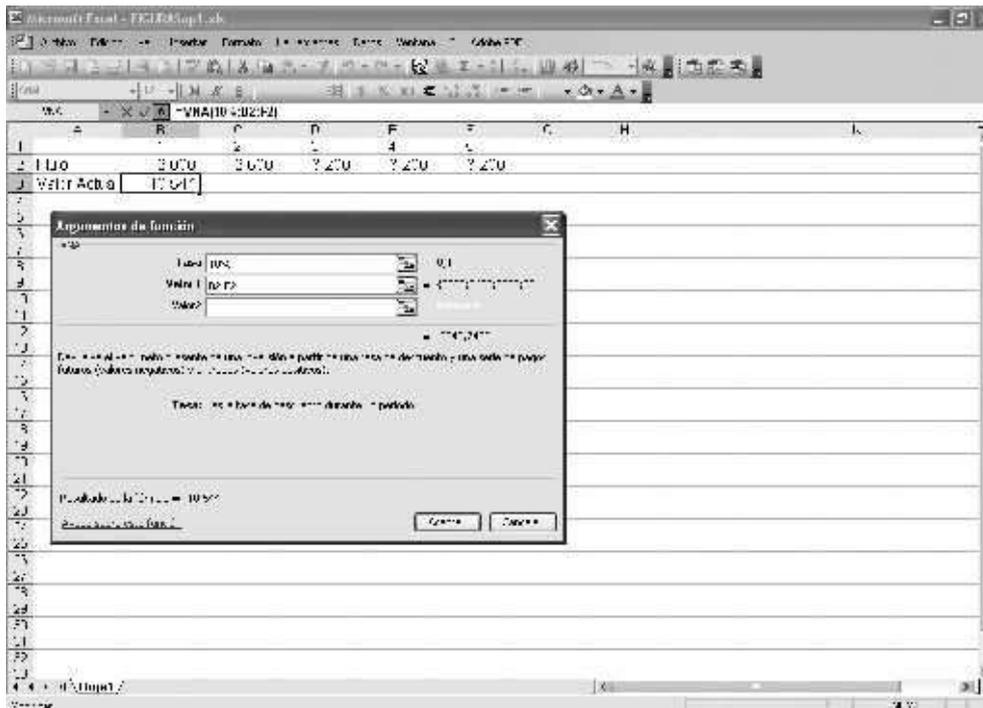
Tabla 8.4 Valor actual de cada flujo futuro

| N | Flujo | Factor | VA |
|-------|-------|-----------------|--------|
| 1 | 2.000 | $1/(1 + 0,1)^1$ | 1.818 |
| 2 | 2.600 | $1/(1 + 0,1)^2$ | 2.149 |
| 3 | 3.200 | $1/(1 + 0,1)^3$ | 2.404 |
| 4 | 3.200 | $1/(1 + 0,1)^4$ | 2.186 |
| 5 | 3.200 | $1/(1 + 0,1)^5$ | 1.987 |
| Total | | | 10.544 |

En la planilla Excel existe también una forma simple para determinar el valor actual de un flujo discontinuo. En primer lugar se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función del menú **Insertar** y se elige **VNA** en el Nombre de la Función. En el cuadro de diálogo VNA se escribe el interés al que se quiere actualizar el flujo en la casilla **Tasa** y se selecciona el rango de valores, tal como se muestra en la figura 8.4.

Como se puede observar al final del cuadro de diálogo, aparece el valor 10.544 como *Resultado de la fórmula*. Obviamente, si la función VNA se utiliza para flujos diferentes, también se puede emplear para flujos similares.

Figura 8.4 Cálculo del valor de un flujo desigual aplicando Excel



Para calcular el valor de una anualidad que sea equivalente a un valor actual (como la inversión, por ejemplo), se despeja el término F de la ecuación anterior para obtener:

$$(8.4) \quad F = VA \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

En algunos casos se requerirá determinar el *costo anual equivalente* para comparar opciones de inversión, tal como se aplica, por ejemplo, a la optimización de proyectos. En estas situaciones pueden existir vidas útiles distintas y flujos de caja no uniformes que hacen difícil la comparación.

Esto es fácilmente solucionable si los flujos discontinuos se traen primero a valor presente y luego se calcula su correspondiente anualidad. Este tema se trata en detalle en el capítulo 11.

8.2 Criterios de evaluación

La evaluación del proyecto compara, mediante distintos instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. Los métodos más comunes corresponden a los denominados *valor actual neto*, más conocido como VAN, la *tasa interna de retorno*, o TIR, el *período de recuperación* y la relación *beneficio-costo*.

8.2.1 Valor actual neto

Es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir del primer período de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Si el resultado es mayor que cero, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa i que se exigía de retorno al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa i que se quería obtener después de recuperar el capital invertido y, si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión.

Ejemplo 8.6

Suponga que para generar el flujo de caja expuesto en el ejemplo anterior se debe realizar una inversión de \$10.000. Al restar al total de los valores actuales ya calculados la inversión inicial, se obtiene un VAN de \$544, que se interpreta como el exceso de valor obtenido por sobre lo exigido al capital invertido, lo que se demuestra en la tabla 8.5.

Tabla 8.5 Supuestos de rentabilidad y recuperación de la inversión con el método VAN

| Saldo inversión | Flujo anual | Rentabilidad exigida | Devolución inversión |
|---|-------------|----------------------|----------------------|
| 10.000 | 2.000 | 1.000 | 1.000 |
| 9.000 | 2.600 | 900 | 1.700 |
| 7.300 | 3.200 | 730 | 2.470 |
| 4.830 | 3.200 | 483 | 2.717 |
| 2.113 | 3.200 | 211 | 2.113 |
| Saldo después de recuperar la inversión | | | 876 |

Como se exige una ganancia del 10% a los recursos invertidos, el VAN asigna el primer año \$1.000, de los \$2.000 del flujo de caja, como rentabilidad para el inversionista y el saldo, otros \$1.000, lo considera como parte de la recuperación de la inversión efectuada.

El segundo año, como quedan \$9.000 por recuperar del total invertido en el proyecto, el VAN asigna el 10% (\$900) como ganancia y el

saldo, \$1.700, lo considera como recuperación de la inversión. Al final del quinto año, el proyecto genera \$3.200, que se asignan de la siguiente manera: 10% del saldo invertido aún en el proyecto (\$211) como rentabilidad para el inversionista, \$2.113 para recuperar todo el saldo de lo invertido³ y todavía sobran \$876, que representan lo que el inversionista gana por sobre lo que exigía al proyecto después de recuperar lo que había invertido.

La diferencia de este valor con el VAN se debe a que éste está calculado en el momento cero y los \$876 están calculados al final del momento cinco. Si se actualiza este valor multiplicándolo por el

factor de actualización $1 / (1 + 0,1)^5$, se observa que ambos son iguales. Así, entonces, queda demostrado que el VAN refleja la cuantía de recursos que genera el proyecto por sobre lo exigido de ganancia por el inversionista, después de recuperada la inversión.

8.2.2. Tasa interna de retorno

Un segundo criterio de evaluación lo constituye la tasa interna de retorno, TIR, que mide la rentabilidad como un porcentaje. En el ejemplo anterior, cuando se exigía el 10% de retorno a la inversión, el VAN mostró que el proyecto rendía eso y \$544 más. Es decir, que daba al inversionista una rentabilidad superior al 10% exigido.

Esto indica que se puede exigir al proyecto una ganancia superior a esa tasa. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea cero. Esta condición se cumple, en el ejemplo anterior, con una tasa del 11,95%, que representa la TIR del proyecto.

La TIR tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación, por tres razones principales:

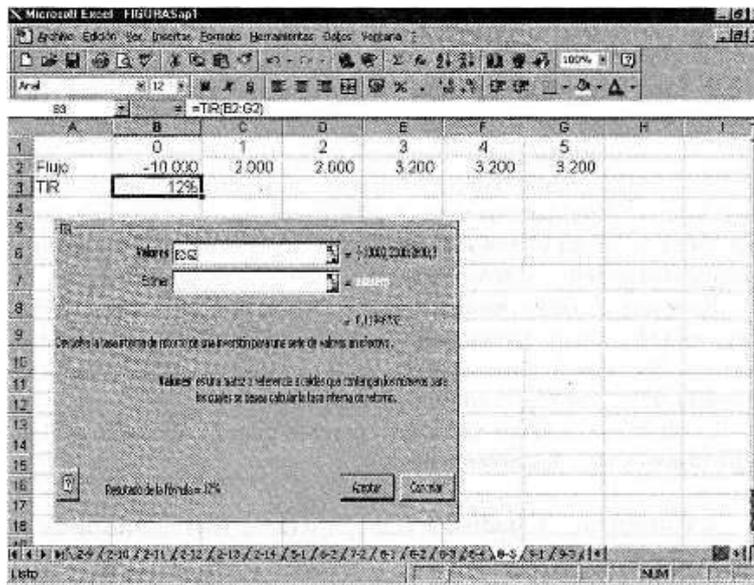
- a. entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN⁴,
- b. no sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada, y
- c. cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas tasas internas de retorno como cambios de signo se observen en el flujo de caja.

3. Con esta cantidad, equivalente al saldo de la inversión al principio del quinto período, se recuperan los \$10.000 invertidos.

4. Si el VAN es cero, se gana exactamente lo que se quería ganar, por lo que la TIR es igual a la tasa de descuento; si el VAN es positivo, la TIR es mayor que la tasa de descuento, por cuanto se gana más de lo exigido y si el VAN es negativo, la TIR es menor que la tasa de descuento exigida al proyecto.

La TIR se calcula muy fácilmente en una planilla electrónica, como Excel, por ejemplo, donde se usa la opción **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la Categoría de Función y se elige **TIR** en el Nombre de la Función. En el cuadro **TIR** se selecciona el rango de valores que se desea actualizar, a partir del momento 0, y marcando la opción **Aceptar**, se obtiene la tasa interna de retorno. Para los datos del ejemplo 8.6, el cuadro de diálogo queda como muestra la figura 8.5.

Figura 8.5 Cuadro de diálogo para cálculo de la TIR en una hoja Excel



8.2.3 Período de recuperación de la inversión

El **período de recuperación de la inversión**, PRI, es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo del capital involucrado.

Ejemplo 8.7

Suponga que un proyecto al que se le exige un retorno del 10% anual, requiere de una inversión de \$2.000 y presenta flujos anuales de \$200, \$400, \$600, \$800, y \$800.

Aunque la suma simple de los flujos de caja de los primeros cuatro años corresponde exactamente al monto de la inversión, el período de recuperación de la inversión es de cinco y no de cuatro años. Al incluir en los costos la tasa de retorno exigida, el período de recuperación de la inversión resulta de aplicar el cuadro de pagos a la inversión que se muestra en la tabla 8.6.

Tabla 8.6 Cálculo del periodo de recuperación de la inversión

| Saldo inversión | Flujo de caja | Rentabilidad exigida | Recuperación inversión |
|-----------------|---------------|----------------------|------------------------|
| 2.000 | 200 | 200 | 0 |
| 2.000 | 400 | 200 | 200 |
| 1.800 | 600 | 180 | 420 |
| 1.380 | 800 | 138 | 662 |
| 718 | 800 | 72 | 718 |

Nótese que si se extrae de cada cuota la tasa de retorno exigida a la inversión remanente, se observa que demora casi cinco años en ser recuperada.

8.2.4 Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costo compara el valor actual de los beneficios proyectados con el valor actual de los costos, incluida la inversión. El método lleva a la misma regla de decisión del VAN, ya que cuando éste es cero, la relación beneficio-costo será igual a uno. Si el VAN es mayor que cero, la relación será mayor que uno y, si el VAN es negativo, ésta será menor que uno. Este método no aporta ninguna información importante que merezca ser considerada.

8.3 Valor económico agregado

La creciente competitividad que enfrentan las empresas por la apertura de los mercados mundiales, entre otros factores, hace que los proyectos deban ser evaluados y seleccionados en función de su posibilidad de mantener o ampliar sus mercados cautivos, con el objeto de sostener o crear valor para la empresa.

Se considera que un proyecto crea valor cuando genera excedentes después de haber pagado el costo del capital utilizado. Aunque el concepto es similar al VAN, el *valor económico agregado*, VEA, más que un indicador es un instrumento de gestión que permite un proceso continuo de incorporación de nuevos proyectos que crean valor y de eliminación de aquellos que, aún teniendo utilidades, reducen el valor de la empresa.

Para aumentar el VEA, la búsqueda de áreas de negocio deberá estar encaminada a implementar proyectos que incrementen la *utilidad neta de operación* sin incrementar los activos o a invertir en activos que generen un incremento en la *utilidad neta de operación* superior al aumento en el costo del capital agregado. En un caso más extremo, si se considera que la empresa tiene un capital superior al nivel de inversión óptimo, se optará por liquidar activos que no puedan generar una utilidad mayor al costo del capital involucrado.

La diferencia entre el VEA y el VAN es que mientras éste calcula rentabilidad sobre flujos proyectados, el primero lo hace, en forma periódica, sobre resultados efectivamente alcanzados, midiendo el desempeño real de los activos y procesos.

El VEA es generalmente calculado como:

$$(8.5) \quad \text{VEA} = \text{UNO} - (k_w * A_n)$$

donde UNO es la utilidad neta de operación después de impuesto, k_w el costo del capital medio ponderado y A_n el valor contable ajustado del capital neto.

Una estimación del valor actual de los VEA anuales proyectados debiera dar un resultado idéntico al VAN del proyecto. Su utilidad, entonces, se manifiesta en que permite verificar, período a período, si el proyecto (o la empresa) está generando excedentes que contribuyan a obtener ganancias por sobre el costo del capital empleado.

La aplicación del modelo de cálculo del VEA generalmente aceptado y expuesto en la expresión 8.5 adolece de dos grandes vacíos:

- a. no considera que algunos proyectos requieren de períodos que no sólo no aportan un excedente en la utilidad que supere el costo de capital de los activos, sino que en muchas ocasiones el valor de la empresa se maximiza en el mediano y largo plazo si se trabaja con pérdidas contables en el corto plazo, y
- b. mide la capacidad de generar excedentes por sobre el costo de capital de los activos en el corto plazo, cuando para mantener

la capacidad operativa del negocio se debe reinvertir en mantener la capacidad productiva generadora de esa utilidad neta de operación.

Esto lleva a definir un modelo corregido que incorpore todos los elementos que hacen al VAN un instrumento válido, a la vez que posibilite lograr los objetivos específicos del VEA, especialmente en la evaluación del desempeño de los activos.

A continuación se desarrolla el modelo paralelamente con un ejemplo donde se simplifican las estructuras de costos y beneficios de una situación frecuentemente observada, para exponer un procedimiento que incorpore la totalidad de los elementos que deben ser considerados en la medición del valor económico agregado.

Ejemplo 8.8

Suponga que para enfrentar un proyecto de ampliación una empresa optó por una solución tecnológica que permite producir y vender 1.000 unidades anuales a \$ 100 cada una; que el costo variable de producir cada unidad es de \$30 y el costo fijo, independientemente del nivel de producción, es de \$20.000 anuales.

El resultado o *utilidad operacional* del proyecto está dado por la diferencia entre los ingresos y los costos totales, lo que se puede expresar como:

$$R_{op} = p * q - cv * q - CF$$

donde R_{op} es el resultado operacional, p el precio unitario, q la cantidad adicional que se estima será producida y vendida, cv el costo variable unitario y CF el costo fijo anual.

En el ejemplo, el resultado operacional correspondería a \$50.000, que resulta de:

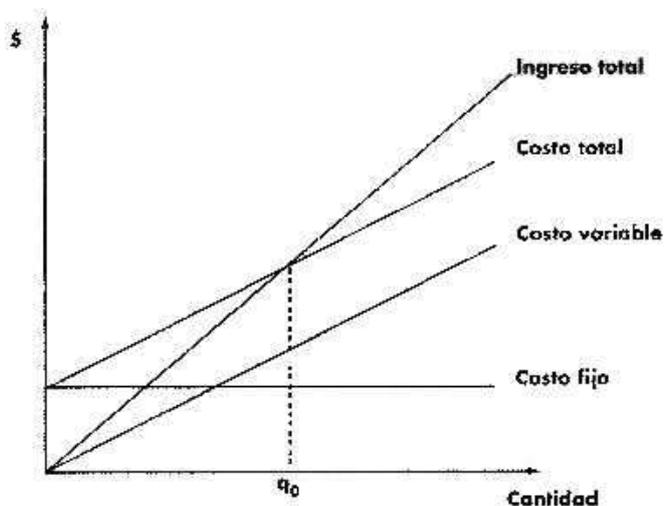
$$(8.6) \quad R_{op} = 100.000 - 30.000 - 20.000.$$

Es usual, con esta información, suponer que el resultado operacional aumenta mientras mayor es la cantidad producida y vendida, tal como se muestra en el gráfico 8.1.

Pero, como se demuestra en las páginas siguientes, esto no es válido en todos los casos, por cuanto existen dos particularidades que deben ser explicadas.

En q_0 , el resultado operacional es cero (los ingresos totales son iguales a los costos totales). Cualquier cantidad producida y vendida

Gráfico 8.1 Punto de equilibrio tradicional



por sobre este punto, que se conoce como *cantidad de equilibrio*, le dará a la empresa una utilidad operacional. Nótese cómo ésta crece en la medida en que aumenta el nivel de operación.

El análisis anterior, sin embargo, no considera todas las variables que corresponde analizar en una decisión de inversión que conlleve cambios en la situación vigente.

Un costo, que no es fijo ni variable, es el impuesto a las utilidades.⁵ Como se vio anteriormente, para calcularlo se permite agregar, a los egresos contables del proyecto, los gastos no desembolsables que constituyen la pérdida de valor contable de los activos usados, lo que se denominó depreciación. Si ésta fuese de \$10.000 anuales, la utilidad sobre la que se calculará el impuesto resultaría de aplicar la siguiente ecuación:

$$(8.7) \quad U = p * q - cv * q - CF - D$$

donde U es la utilidad antes de impuesto y D el monto de la depreciación anual.

Al sustituir los valores de la ecuación por los antecedentes del ejemplo, se obtiene:

5. No es fijo ni variable porque depende de una función de utilidad basada en ingresos, costos fijos y costos variables.

$$U = 100 * 1.000 - 30 * 1.000 - 20.000 - 10.000 = 40.000$$

Si la tasa de impuesto a las utilidades es del 15%, el impuesto atribuible a esta opción tecnológica sería de \$6.000 y la utilidad neta de impuestos de \$34.000.

La utilidad neta se puede calcular como la diferencia entre la utilidad antes de impuesto y el impuesto pagado, o como el 85% de la utilidad antes de impuesto, que es lo que le queda a la empresa después de pagar en impuestos el 15% correspondiente de las utilidades.

Corrigiendo la ecuación anterior, se puede determinar la utilidad neta como sigue:

$$(8.8) \quad UN = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t)$$

donde UN es la utilidad neta y t la tasa de impuesto a las utilidades.

El factor (1 - t) corresponde al remanente después de pagar el impuesto.⁶

Sin embargo, como para efectuar la medición se debe considerar el flujo de caja y no la utilidad neta, que es sólo el resultado de una operación contable, hay que corregir la deducción de la depreciación, por no constituir un egreso efectivo de caja. Tal como se vio en páginas anteriores, se debe sumar la depreciación después de haberla considerado en el cálculo del impuesto. De esta forma, al sumar \$10.000 a la utilidad neta (\$34.000), resulta un flujo de caja de \$44.000.

Un resultado similar se obtiene si se consideran sólo los ítem que constituyen movimientos de caja: si a los \$100.000 de ingresos se le restan los \$30.000 de costos variables, los \$20.000 de costos fijos y los \$6.000 de impuestos, también resulta un flujo de caja de \$44.000.

Para obtener este resultado, la ecuación anterior se modifica de la siguiente forma para obtener el flujo de caja:

$$(8.9) \quad FC = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t) + D$$

donde FC representa el flujo de caja promedio anual.

Sin embargo, para determinar si el flujo de caja es atractivo o no para el inversionista, se debe agregar todavía información al resultado calculado.

6. Si la tasa del impuestos es del 15%, el factor $(1 - t)$ corresponde a $(1 - 0,15)$. Es decir, a 0,85 u 85%.

Los \$44.000 proyectados como flujo de caja anual podrían ser un muy buen resultado si la inversión fuese, por ejemplo, de \$100.000; pero el mismo resultado no sería satisfactorio si el monto invertido hubiese sido de \$1.000.000.

Para incorporar el efecto de la cuantía de la inversión, se debe determinar si el flujo de caja es suficiente para otorgarle al inversionista la rentabilidad porcentual deseada por la inversión realizada. Si, por ejemplo, la inversión hubiese sido de \$200.000 y el inversionista exige a ella un retorno mínimo del 12% anual para aceptar el proyecto, se restarán \$24.000 al flujo de caja (12% de los \$200.000 invertidos). Los \$20.000 resultantes indican que, con los ingresos anuales, esta opción permite cubrir todos los costos (fijos y variables), pagar el impuesto, entregarle al inversionista el 12% de rentabilidad y dejar aún un remanente de \$20.000.

Incorporando el retorno sobre la inversión en la ecuación anterior, resulta:

$$(8.10) \quad R = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t) + D - i I$$

donde R es el resultado neto de ganancia exigida, i la tasa deseada de retorno sobre la inversión e I la inversión asociada a la implementación de la alternativa tecnológica que se evalúa.

Esto, sin embargo, aún no es suficiente para tomar una decisión, ya que para mantener el supuesto de un flujo a perpetuidad la empresa deberá invertir, a lo largo del tiempo, en la reposición de los activos necesarios para mantener la capacidad productiva perpetua.

Cuando el flujo de caja se calcula como un promedio anual perpetuo, las inversiones en reposición también deben ser incluidas como un promedio anual. Es decir, del flujo resultante (\$20.000) se debe restar una cantidad anual que represente las reinversiones promedio necesarias para mantener su capacidad de producción. Para ello existen dos criterios:

- a. suponer que la depreciación contable anual es un monto representativo de la reinversión anual, como lo hace la fórmula tradicional del VEA, o
- b. calcular la pérdida de valor promedio anual de la inversión que efectivamente debe ser repuesta.

En el primer caso, se resta la depreciación anual para calcular la rentabilidad promedio anual R_p como sigue:

$$(8.11) \quad R_p = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t) + D - i I - D$$

que es lo mismo que:

$$(8.12) \quad R_p = (p * q - cv * q - CF - D)(1 - t) - i I$$

En este caso, la rentabilidad promedio anual sería de \$ 10.000 por sobre lo que el inversionista exige de retorno a la inversión.

La segunda forma para su cálculo estima el valor que sería posible de recuperar de la inversión en un período determinado de tiempo y supone que cada año se pierde linealmente una parte de la diferencia entre el valor de la inversión y su valor de desecho. Por ejemplo, si de los \$200.000 de inversión inicial se estima posible recuperar \$80.000 después de 10 años, la pérdida de \$120.000 en el valor de la inversión se distribuye en los 10 años en partes iguales, a razón de \$12.000 por año.

De esta forma, la ecuación final, que corresponde a la determinación del VEA, mostraría una rentabilidad promedio anual de \$8.000 por sobre la rentabilidad deseada, después de descontar lo necesario para reinvertir en mantener la capacidad productiva del negocio:

$$(8.13) \quad VEA = (p * q - cv * q - CF - D) (1 - t) + D - i I - (I - VD_n) / n$$

donde VD_n es el valor de desecho estimado para el período n .

8.4 Evaluación de proyectos en nivel de perfil

En nivel de perfil es posible recurrir a un método simplificado para medir la rentabilidad de una opción de inversión, similar al expresado en la ecuación 8.13, pero en función del supuesto de una situación futura promedio perpetua. Como se mencionó anteriormente, el perfil constituye el más simple de los niveles de la evaluación, recomendándose su aplicación sólo para determinar la conveniencia o inconveniencia de efectuar una evaluación en un nivel más profundo o para elegir entre varias opciones al formular un proyecto en nivel de prefactibilidad, como, por ejemplo, cuando se busca seleccionar el mejor sistema de transporte para los productos de la empresa, la mejor alternativa tecnológica o el mejor sistema de almacenamiento de información.

El carácter básico de los estudios en nivel de perfil hace posible definir un modelo que calcule la rentabilidad para un año típico, suponiendo que puede representarse el comportamiento promedio de los costos y beneficios del proyecto como en un sistema perpetuo.

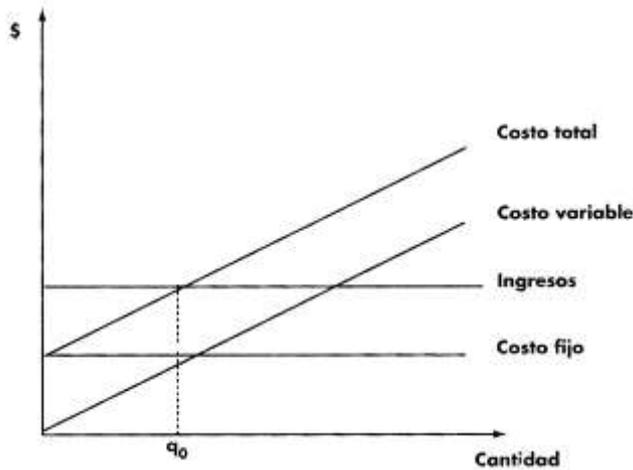
Obviamente, existen otras formas de construir un perfil de proyectos, como, por ejemplo, los análisis cualitativos o la proyección de un flujo de caja muy preliminar sustentado en antecedentes estimados o en supuestos no respaldados necesariamente sobre bases sólidas.

Si el proyecto que se evalúa tiene la forma tradicional de una inversión asociada a crecimientos en los costos y beneficios de acuerdo con el incremento en las ventas, la ecuación 8.13 se aplica en forma directa.

Sin embargo, cuando la empresa tiene ingresos constantes y su estructura de costos está compuesta por una parte variable, la maximización del resultado operacional se logra cuando el nivel de actividad es mínimo. Por ejemplo, en las mutuales de seguridad donde el ingreso está dado por la prima asegurada por accidentes en el trabajo y los costos dependen de la

sinistralidad de los afiliados, mientras menos siniestros se produzcan, más alta es la utilidad operacional de la mutual, tal como se observa en el gráfico 8.2.

Gráfico 8.2 Punto de equilibrio con ingresos constantes

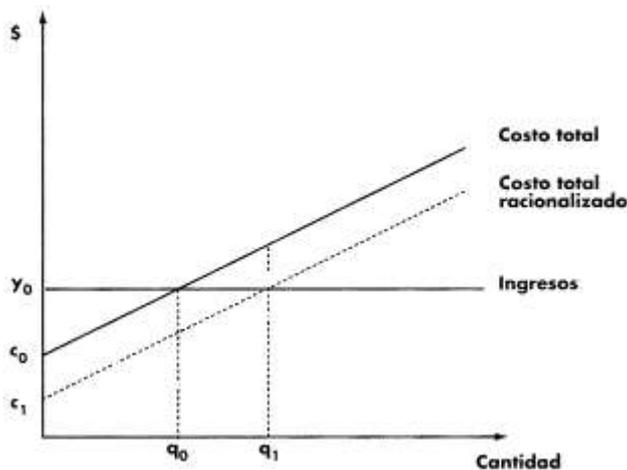


En instituciones donde la situación presupuestaria de los ingresos es una variable fija e independiente del nivel de actividad, los proyectos de racionalización que buscan reducir los costos de funcionamiento tienen asociado el beneficio de la mayor cantidad de actividad que es posible realizar con la misma disponibilidad presupuestaria.

Como se puede observar en el gráfico 8.2, el resultado operacional se hace máximo cuando la actividad es cero. Al crecer el nivel de actividad, la diferencia entre ingresos y costos totales disminuye, haciéndose cero en el punto q_0 . Sobre ese nivel de actividad, los ingresos son inferiores a los costos totales.

En el gráfico 8.3 se observa cómo aumenta el nivel de actividad máximo posible de realizar ($q_1 - q_0$) con los recursos disponibles ante una reducción de los costos totales ($C_0 - C_1$).

Gráfico 8.3 Cambio en el punto de equilibrio ante una reducción de costos



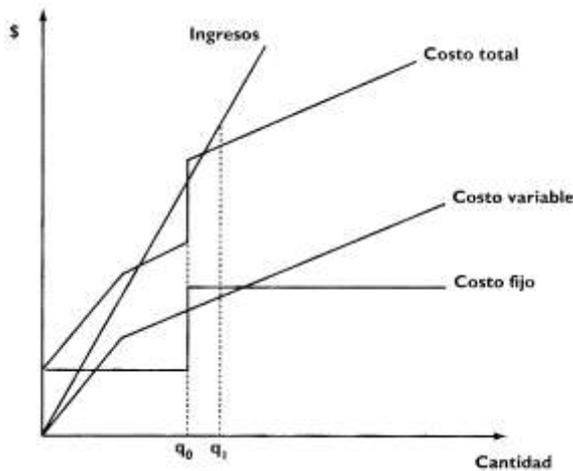
Si un proyecto de racionalización logra una reducción de costos como la de la gráfica anterior, la cantidad de actividad que podría ser desarrollada con la misma disponibilidad presupuestaria aumenta desde q_0 a q_1 .

En cualquiera de estos casos, la forma de calcular la rentabilidad en nivel de perfil se debe hacer para un volumen estático de producción y ventas, por cuanto los costos fijos son válidos sólo dentro de un rango de producción. Sobre ese rango, la estructura de costos fijos sube para adecuarse al nuevo nivel de producción.

De la misma forma, el costo variable unitario se mantiene constante dentro de un determinado rango. Sobre él, este costo puede subir o bajar, dependiendo de si el mayor volumen de operación le genera economías o deseconomías de escala a la empresa.

El gráfico 8.4 muestra las relaciones que se dan entre los costos e ingresos del proyecto en distintos niveles de producción y ventas.

Gráfico 8.4 Puntos de equilibrio con cambios en las estructuras de costo



Nótese que al reconocer la variabilidad de los costos fijos y variables puede encontrarse más de un punto de equilibrio y, por otra parte, que un tamaño mayor (q_1) puede tener menor rentabilidad que un volumen de producción menor (q_0). Esto es especialmente importante en proyectos de ampliación, donde la situación, podría mostrar una rentabilidad positiva (en q_1), si bien es menor que la observada en la situación base o sin proyecto (en q_0). Sin embargo, es necesario considerar otras variables, como, por ejemplo, que dejar demanda insatisfecha (la diferencia entre q_1 y q_0) baja las barreras a la entrada de nuevos competidores que podrían no sólo acceder a estos consumidores no satisfechos por la empresa, sino que, incluso, a otros que son actualmente cubiertos en la situación base.

Aunque no es muy frecuente incorporar el efecto del financiamiento en nivel de perfil, la solución es simple e interesante de analizar. Para ello, basta con incorporar los intereses sobre la deuda antes de impuesto como un costo más. De esta forma, la ecuación 8.13 se corrige de la siguiente manera:

$$(8.14) \quad R_{p'} = (p * q - cv * q - CF - D - klp) (1 - t) + D - rla - (I - VD_n) / n$$

donde R_p' representa la rentabilidad promedio de los recursos propios, k la tasa de interés del préstamo, lp la parte de la inversión total financiada con préstamo, r la rentabilidad exigida a los recursos propios invertidos en el negocio, e la la parte de la inversión total financiada con recursos propios.

Cuando se calculó el VEA, la rentabilidad del proyecto se determinó en \$8.000 por sobre lo exigido a la inversión total. Este valor, en una evaluación en nivel de perfil basado en datos estimados, corresponde a la rentabilidad de toda la inversión, no importa cómo se financie. Es decir, el proyecto generaría una rentabilidad porcentual superior al 12%. Para calcular la rentabilidad porcentual se sigue el mismo criterio que el empleado en el cálculo de la tasa interna de retorno. Es decir, se busca el i que haga al resultado R_p igual a cero. En otras palabras, busca determinar hasta qué tasa de retorno podría entregar el proyecto sobre la inversión.

Reemplazando la ecuación 8.13 con los valores conocidos, haciendo R_p igual a cero y dejando como incógnita el factor i , se tiene:

$$0 = (100.000 - 30.000 - 20.000 - 10.000) (1 - 0,15) + 10.000 - i (200.000) - 12.000$$

Al despejar el factor i se obtiene un resultado del 16%, que corresponde a la rentabilidad anual perpetua que reporta el proyecto sobre la inversión total.

Suponiendo que el 75% de la inversión se financia con préstamos al 8% de interés anual, el gasto financiero ascendería a \$12.000 (el 8% de \$150.000). Luego, la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto (25% de los \$200.000) se determina reemplazando R_p' por cero y calculando el factor r como sigue:

$$0 = (100.000 - 30.000 - 20.000 - 10.000 - 12.000) (1 - 0,15) + 10.000 - r (50.000) - 12.000$$

Al despejar el factor r en la ecuación anterior se obtiene el 43,6%, que representa la rentabilidad promedio anual de los recursos propios invertidos en el proyecto.

El supuesto básico de este procedimiento es que la empresa mantiene una estructura de deuda a capital constante en el tiempo, por lo que el interés sobre la deuda se mantiene a perpetuidad al no amortizarse el préstamo.

Como es fácil deducir, el modelo de evaluación en nivel de perfil de la rentabilidad de los recursos propios invertidos en el proyecto se puede asimilar a un VEA corregido por este mismo elemento.

8.5 Valuación de opciones aplicada a la evaluación de proyectos

La empresa y los inversionistas estarán dispuestos a destinar recursos a un proyecto siempre que la inversión tenga un retorno que les satisfaga. Sin embargo, el retorno esperado está sujeto al comportamiento o volatilidad de una gran cantidad de variables. El supuesto que adoptan todos los modelos de valoración de opciones es que es posible predecir la volatilidad.

Frente a la imposibilidad de predecir con exactitud este comportamiento en la evaluación de un proyecto, se aplica el mismo criterio general propuesto por Black y Scholes en 1973⁷ para proporcionar al decisor la máxima información posible. En este sentido, se supone que mientras mayor sea la volatilidad o incertidumbre, mayor será el interés por tener una opción.

Si una empresa, por ejemplo, evalúa la incorporación de más equipos de fábrica para producir un nuevo producto y se enfrenta a dos alternativas tecnológicas: una más cara que tiene una duración de 15 años y otra más barata pero que se debe sustituir cada tres años, no siempre optará por la que aparezca más rentable. Si en este caso la máquina de mayor vida útil conduce a un VAN mayor que el que se obtendría con la adquisición de la máquina más barata y que debe sustituirse cuatro veces para igualar la vida útil de 15 años de la otra, es posible que algunos

inversionistas deseen esta última, por cuanto valoran la opción que tendrían dentro de tres años para abandonar o redireccionar el proyecto.

Especialmente en empresas que enfrentan un alto grado de cambio tecnológico, la decisión de una u otra tecnología se podrá basar en el valor que se otorga a la flexibilización de una decisión tomada. Si este valor es superior a la diferencia de valores actuales netos, se optará por la que permite la mayor flexibilización y si este valor fuese inferior, se elegirá el proyecto de mayor VAN. Haciendo una analogía con la teoría de opciones en los mercados financieros, Dixit y Pindyck⁸ valoran la espera de la opción para una mejor información. Por ejemplo, si en tres años más se ve consolidado el mercado o se estima más estable el cambio tecnológico, en ese momento se podrá optar por sustituir la máquina de menor vida útil por la de mayor duración. Si se invierte en esta última por ser más rentable y en tres años más se

7. BLACK, F. y M. SCHOLLES. "The pricing of corporate liabilities" en: Journal of political Economy, num. 81,1973.

8. DIXIT, A. y R. PINDYCK. Investment under uncertainty. Princeton University Press, Princeton, 1995.

observa un comportamiento del mercado o de la tecnología contrario al señalado, la empresa podría enfrentarse a un pésimo proyecto si la inversión tiene el carácter de irreversible.

La aplicación de modelos de valoración de opciones como complemento al VAN para apoyar la toma de una decisión de inversión se fundamenta en que el valor actual neto ignora tanto la irreversibilidad como la conveniencia de postergar una inversión.

La valuación de opciones denomina *call* a la opción de compra, la que consiste en un contrato que da al poseedor el derecho, pero no la obligación, de comprar algo a un precio definido y en una fecha determinada.

Una empresa, basándose sólo en el criterio del VAN, puede enfrentar una oportunidad de inversión de manera similar a una opción de compra, es decir, tiene el derecho, pero no la obligación, de invertir en un proyecto. Cuando se decide aceptar un proyecto caracterizado por una inversión irreversible, estaría ejerciendo su opción de invertir sabiendo que no puede desinvertir aunque las condiciones cambien afectando negativamente los resultados del proyecto como, por ejemplo, al tomar por 30 años la concesión para construir y mantener una carretera.

Para Alzugaray,⁹ este valor de la opción perdida es un costo de oportunidad que debe ser incluido como parte de una inversión, donde su irreversibilidad afecta la decisión de aprobar un proyecto.

Respecto del valor de la flexibilidad, probablemente cada inversionista estará dispuesto a asumir diferentes costos (menor rentabilidad esperada) para tener una oportunidad de inversión flexible en vez de inflexible.

La posibilidad de posponer el inicio de la inversión en un proyecto -situación de mayor flexibilidad- se produce por dos elementos que el VAN no considera:

- a. que el proyecto puede presentar flujos iniciales menores al costo del capital exigido a la inversión, aunque el VAN sea positivo, y
- b. que puede existir una importante incertidumbre respecto de la evolución de los mercados y la tecnología, aun cuando el VAN sea positivo y los flujos iniciales excedan al costo de capital exigido.

9. ALZUGARAY, A. Método Black & Scholes para la valuación de opciones aplicado a la evaluación de proyectos de inversión.

<http://www.uas.mx/departamentos/publicaciones/TEXTOS/black.htm>. 1999.

En el primer caso, se deberá complementar la información proporcionada por el VAN mediante la aplicación de un modelo denominado rentabilidad inmediata, que mide el retorno sobre la inversión de cada año mediante F_t / I_{t-1} , donde F_t es el flujo del período t e I_{t-1} es la inversión que se realizaría en el período anterior para obtener ese flujo, suponiendo que la inversión es pospuesta de año en año. Este instrumento se analiza en detalle en el capítulo 11.

En el segundo caso se deberá determinar la rentabilidad dejada de percibir por postergar una inversión rentable, sirviendo como información al decisor para que evalúe si está dispuesto a asumir ese costo de oportunidad a cambio de una mayor flexibilidad.

Mientras el primer caso se aplica a proyectos cuya inversión puede tener el carácter de reversible o irreversible, el segundo corresponde aplicarlo cuando se está frente a un proyecto con inversión irreversible. En ambos casos será preciso analizar la posibilidad de que al postergar se pueda perder la posibilidad de liderar la introducción del proyecto al mercado, si existen otros agentes económicos dispuestos a asumir el riesgo de la inflexibilidad e ingresar antes a ese mismo mercado.

Preguntas y problemas

8.1 Calcule el valor final de un depósito inicial de \$10.000 al 12% anual que se mantiene por cinco años.

8.2 ¿Qué monto debe depositarse hoy a una tasa anual del 15% para que al cabo de seis años se logre acumular \$22.000?

8.3 ¿A qué tasa se debe hacer una inversión hoy para que al cabo de ocho años triplique su valor?

8.4 ¿En cuánto tiempo una inversión de \$20.000 se duplica si puede depositarse al 6% anual?

8.5 Si un proyecto financia \$100.000 de su inversión con un préstamo al 11 % de interés anual ¿De qué monto debe ser la cuota para amortizar la deuda en seis años?

8.6 Una inversión de \$80.000 permite recibir a cambio cinco cuotas iguales de \$20.000 ¿Qué tasa de interés se está ganando?

8.7 Si se desea acumular \$300.000 en ocho años ¿a qué tasa de interés se deben invertir ocho depósitos de \$18.000 cada uno?

8.8 ¿Qué monto acumularán doce depósitos iguales de \$16.000 a una tasa de interés del 6% anual?

8.9 ¿Cuántos depósitos iguales de \$7.000 se deben hacer al 8% de interés anual para acumular \$56.000 al Final del período?

8.10 Determine el valor actual del siguiente flujo a una tasa del 10% anual.

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Flujo | 400 | 650 | 900 | 300 | 450 | 500 |

8.11 Calcule la tasa de interés de la compra a crédito de un insumo, si el proveedor exige un pago contado equivalente a un 20% y el saldo en cinco cuotas iguales al pago contado.

8.12 Calcule y explique el valor actual neto del siguiente flujo de caja, si se exige un retorno del 12% anual.

| Momento | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------|--------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Flujo | -5.000 | 500 | 800 | 1.300 | 1.800 | 2.200 | 2.600 | 3.000 |

8.13 Para los datos del ejercicio anterior, determine la tasa interna de retorno y pruebe el resultado en una tabla de "supuestos de rentabilidad y recuperación de la inversión".

8.14 Enuncie las principales razones por las cuales se critica la validez de la tasa interna de retorno.

8.15 Con los datos del ejercicio 8.12, calcule el período de recuperación de la inversión.

8.16 Calcule la tasa interna de retorno de los flujos de caja que se expusieron en las tablas 7.8, 7.9 y 7.10 del capítulo anterior, y explique los resultados comparativamente.

8.17 Explique la relación que existe entre el valor actual neto y el índice beneficio-costos.

8.18 Analice el concepto de valor económico agregado y las formas para incrementar la utilidad neta de la operación.

8.19 ¿Cuáles son las críticas que se le hacen al VEA como instrumento de evaluación de proyectos?

8.20 "La depreciación equivale a la reposición promedio anual de activos para mantener la capacidad operativa del proyecto." Comente.

8.21 Explique las alternativas para incluir un factor que considere la reposición promedio anual de activos.

8.22 Con los siguientes antecedentes históricos, calcule y analice el VEA por el método tradicional y el propuesto en este texto.

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Precio (p) | \$360 |
| Costo variable (cv) | \$120 |
| Costo fijo (CF) | \$800.000 |
| Volumen de operación (q) | 10.000 unidades |
| Depreciación (D) | \$80.000 |
| Tasa de impuesto (t) | 15% |
| Rentabilidad exigida (i) | 10% |
| Inversión (I) | \$4.000.000 |
| Valor de desecho (VDn) | \$3.000.000 |
| Horizonte de análisis (n) | 5 años |

8.23 Comente la siguiente afirmación: "Toda empresa debe buscar maximizar su nivel de operación".

8.24 ¿Cómo afecta al análisis de equilibrio una racionalización que reduzca costos de operación?

8.25 "El impuesto a las utilidades es un costo variable." Comente.

8.26 "La empresa maximiza sus utilidades si aumenta su nivel de operación hasta satisfacer toda la demanda." Comente

8.27 Analice el concepto de desinversión desde la perspectiva del punto de equilibrio.

8.28 Determine la opción más conveniente entre las dos alternativas que se exponen a continuación.

ALTERNATIVA 1:

La investigación del mercado definió ventas anuales posibles de 430.000 unidades a un precio unitario de \$260 cada uno, pagando una comisión de venta de un 1 %. El estudio de costos calculó que para ese nivel de operación podrían esperarse los siguientes costos variables:

| | |
|-----------------------|------|
| Material directo | \$60 |
| Mano de obra directa | \$40 |
| Gastos de fabricación | \$20 |

Los costos fijos anuales de fabricación, administración y ventas, alcanzan a \$22.000.000. Se incluye el alquiler de edificios, bodegas y oficinas, ya que la única inversión prevista es la de los

equipos de producción. Además, contablemente se deben considerar \$8.000.000 de depreciación. La inversión en equipos alcanza a \$80.000.000, a los que se exige una rentabilidad del 12% anual. Los equipos tienen una vida útil de 10 años, al cabo de los cuales tendrán un valor de desecho estimado en \$25.000.000. Para fines contables se deprecian total y linealmente en diez años. Los impuestos ascienden al 15% de las utilidades.

ALTERNATIVA 2:

En el estudio técnico se detectó la existencia de un equipo menor, con capacidad de hasta 400.000 unidades anuales. Si bien esta máquina deja demanda insatisfecha, esto permitiría subir el precio de venta a \$280, y aprovechar deseconomías de escala que permitirían reducir el costo del material directo a \$50. Los costos fijos de esta alternativa alcanzarían a \$18.000.000 por año. Este equipo costaría \$72.000.000 y se estima que al final de su vida útil tendrá un valor de desecho de \$28.000.000.

8.29 Con los antecedentes del ejercicio anterior ¿Qué rentabilidad porcentual obtendría el inversionista si financia el 50% de la inversión con deuda al 8% de interés anual?

8.30 Con los antecedentes del ejercicio 8.28, determine la cantidad mínima a producir y vender.

8.31 En un estudio para evaluar en nivel de perfil la conveniencia de elaborar y comercializar un nuevo producto, se estima posible producir y vender 60.000 unidades anuales promedio. El costo de fabricación variable se calculó en \$70 y los costos fijos en \$3.000.000 anuales. Los gastos de administración de la empresa se incrementarían en \$1.200.000 al año. En gastos de venta se estiman \$600.000 anuales en publicidad y un 3% de los ingresos en gastos de comisiones y ventas. Para este nivel de producción se deberán comprar nuevos equipos por \$14.000.000 los cuales tienen una vida útil real de 8 años, aunque se pueden depreciar en 10 años. Al ser sustituidos, los equipos liberados se pueden vender en \$4.000.000.

La empresa exige un 12% de retorno a sus inversiones y la tasa de impuesto a las utilidades es del 15%.

Con estos antecedentes, determine la tarifa mínima a la que se debe vender cada unidad del nuevo producto.

8.32 Explique cómo se puede utilizar el modelo de valuación de opciones en la evaluación de proyectos y enuncie en qué casos se justifica ampliamente su aplicación.

8.33 ¿Qué razones justifican la decisión de posponer un proyecto con VAN positivo?

8.34 Explique el concepto de rentabilidad inmediata y los casos en que se justifica su utilización.

8.35 Una planta de agua mineral requiere aumentar su capacidad productiva debido al éxito que ha mostrado su producto en la zona norte del país. La gerencia de producción había realizado los estudios pertinentes y la solución era una embotelladora Serie OZAT-2000 para abastecer el aumento de 3.500 litros diarios que eran necesarios elaborar. El explosivo crecimiento impide a la empresa hacer frente a la fuerte inversión que ello implica y que alcanza a \$290.000, incluyendo los costos de instalación que

demorarán seis meses, por lo que la concreción de esta ampliación de la capacidad productiva se podría financiar:

a. con un crédito bancario a cuatro años plazo, con el primero de gracia, a una tasa de interés del 10% anual. Los gastos notariales y legales para finiquitar la operación ascienden al 1% del pagaré que se firmaría;

b. mediante la obtención de un leasing a pagar en cuatro cuotas iguales de \$85.000, donde la última corresponde a la opción de compra.

Esta nueva maquinaria permitiría aumentar los ingresos netos antes de impuestos en \$125.000 al año.

Se estima que la vida útil de la máquina es de cinco años, al cabo de los cuales se espera un valor de desecho equivalente al 60% de su valor de adquisición. La empresa fija la tasa de descuento relevante para las decisiones propias en un 17%. La tasa de impuesto a las utilidades es del 15% y los activos se pueden depreciar en cinco años.

Bibliografía

- ALIBER, R. La presupuestación de inversiones: ¿será rentable el proyecto? Serie "Management en Finanzas" num. 1. El Diario/Financiamiento Times. Santiago de Chile, 2000.
- ALZUGARAY, A. Método Black & Scholes para la valuación de opciones aplicadas a la evaluación de proyectos de inversión.
<http://www.uas.mx/departamentos/publicaciones/TEXTOS/black.htm>. 1999
- BIERMAN, H. y S. SMIDT. The Capital Budgeting Decisión; Economic Analysis of Investment Projects, Macmillan, New York, 1993.
- BLACK, F. y M. SCHOLES. "The pricing of corporate liabilities" en: Journal of Political Economic, num. 81, 1973.
- BLANK, L. y A. TARQUIN. Ingeniería económica. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 1991.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CANADÁ, y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1997.
- DIXIT, A. y R. PINDYCK. Investment under uncertainty. Princeton University Press, Princeton, 1995.
- EROSSA, V. Proyectos de Inversión en ingeniería. Limusa, México, 1987.
- INFANTE, A. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Norma, Bogotá, 1988.
- INSTITUTO SUPERIOR DE TÉCNICAS Y PRÁCTICAS BANCARIAS. Introducción a las decisiones financieras de la empresa.
<http://www.bancafinanzas/es/cd/muestras/DirecFinan/1-3.htm>. 2000.
- KELETY, A. Análisis y evaluación de inversiones. EADA Gestión, Barcelona, 1992. KPMG CONSULTING. Economic Value Management (EVM).
<http://www.kpmg.com.mx/web/evm/htm>. KPMG, México, 2000.
- LOEVY, J. "Análisis del punto de equilibrio y de la contribución como herramienta en la elaboración de presupuestos", en: A. SWEENEY y R. RACHLIN, (ed.), Manual de presupuestos. McGraw-Hill, México, 1984.
- MILBOURN, T. El encanto de VEA como medida de rendimiento. Serie "Management en Finanzas" num. 5. El Diario/Financiamiento Times. Santiago de Chile, 2000.
- MORALES, D. La creación de valor económico agregado como herramienta de gestión.
<http://www.imiq.org/leon99/memorias/trabajos/Vm9/vm9-2.htm>. IMIQ. Coatzacoalcos, Veracruz, 1999.
- NEUBERGER, A. Cómo poner precio a las acciones. Serie "Management en Finanzas" num. 9. El Diario/Financiamiento Times. Santiago de Chile, 2000.
- NEWMAN, D. Análisis económico en ingeniería. McGraw-Hill, México, 1984. O'BRIAN, P. Utilidad y flujo de caja. En: Serie "Management en Finanzas", num. 2. El Diario/Financiamiento Times. Santiago de Chile, 2000.
- OXENFELDT, A. Análisis de costo-beneficio para la toma de decisiones. Norma, Bogotá, 1985.
- ROSS, S., R. WESTERFIELD y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- TISSOT, M. Evaluación de proyectos, <http://members.tripod.com/>. Universidad Santiago de Cali, 1999.
- VARELA, R. Evaluación económica de inversiones. Norma, Bogotá, 1989.
- VÉLEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.
- VÉLEZ, I. Más reflexiones sobre el Valor Económico Agregado VEA: una mirada a un caso práctico.
<http://www.javeriana.edu.co/decisiones/textoevadinero.html>. 1998.
- WESTON, J. F. y T. E. COPELAND. Finanzas en administración. McGraw-Hill, México, 1995.

EVALUACIÓN DE INVERSIONES ANTE INCERTIDUMBRE

La mayoría de las evaluaciones de proyectos se realiza en escenarios de certidumbre respecto de las variables que componen el flujo de caja. Sin embargo, en la mayoría de los procesos decisivos, el inversionista busca determinar la probabilidad de que el resultado real no sea el estimado y la posibilidad de que la inversión pudiera incluso resultar con rentabilidad negativa.

La tolerancia al riesgo, la posición financiera de la empresa, la diversificación de sus otras inversiones y el plazo de la recuperación de la inversión, entre otros factores, condicionan la toma de distintas decisiones entre diferentes potenciales inversionistas que evalúan un mismo proyecto. Un análisis equilibrado del riesgo con el rendimiento esperado de una inversión, evitará aceptar proyectos muy vulnerables si se asume mucho riesgo o perder oportunidades por ser poco agresivos en la decisión.

Muchas variables son las que condicionan el grado de tolerancia al riesgo: la personalidad del inversionista, el horizonte de tiempo de la inversión, la disponibilidad de recursos físicos o

financieros e, incluso la edad de quien decide. Generalmente, los inversionistas jóvenes toman más riesgos justamente por trabajar con horizontes de tiempo más largos. Por lo mismo, la tolerancia al riesgo cambia con el tiempo, lo que obliga a reevaluar el riesgo al cambiar las circunstancias que lo determinaron en primera instancia.

En los capítulos anteriores se supuso comportamientos específicos respecto de cada una de las variables que condicionan la rentabilidad de una inversión, es decir, se asumió la estructura de un análisis que se conoce como *decisiones bajo certidumbre*. Sin embargo, siempre

existirán dudas en relación con el cumplimiento del escenario proyectado. Por esto, es frecuente incorporar distintos análisis complementarios para determinar la variabilidad máxima que resisten las estimaciones del proyecto.

En este capítulo se analizan los conceptos de riesgo, incertidumbre y sensibilidad, y se exponen los principales instrumentos para tratarlos.

9.1 Análisis de inversiones en condiciones de riesgo e incertidumbre

En evaluación de proyectos los conceptos de riesgo e incertidumbre se diferencian en que mientras el primero considera que los supuestos de la proyección se basan en probabilidades de ocurrencia que se pueden estimar, el segundo enfrenta una serie de eventos futuros a los que es imposible asignar una probabilidad. En otras palabras, existe riesgo cuando los posibles escenarios con sus resultados se conocen y existen antecedentes para estimar su distribución de frecuencia y hay incertidumbre cuando los escenarios o su distribución de frecuencia se desconocen.

Aun cuando existen distintos modelos para efectuar un análisis de las probabilidades en proyectos que tienen riesgos, éstas difícilmente se pueden validar en forma objetiva como sería, por ejemplo, el resultado de lanzar una moneda al aire. En este sentido, los análisis de probabilidades en los proyectos no modifican los niveles de riesgo ni de incertidumbre, sino que generan información para ayudar al proceso de toma de decisiones. Con más información del mercado, de las opciones tecnológicas o de los efectos de una u otra localización, podría reducirse la incertidumbre.

La decisión de aceptar proyectos con mayor grado de riesgo se asocia, por lo general, con exigencias de mayor rentabilidad, aunque los inversionistas deseen lograr el retorno más alto posible sobre sus inversiones, simultáneamente con obtener el máximo de seguridad en alcanzarlos. Lo importante es reconocer que cada individuo manifiesta particulares preferencias de riesgo-recompensa.

La definición más común de riesgo es la de "la variabilidad relativa del retorno esperado" o la *desviación estándar* del retorno esperado respecto al retorno medio, en cuanto a la magnitud de la variación. Mientras más alta sea la desviación estándar, mayores serán la variabilidad del retorno y, por consiguiente, del riesgo.

Las probabilidades que no se pueden verificar en forma objetiva se denominan *probabilidades subjetivas*. La más observada en la práctica es la que supone una distribución normal, la que indica que en un

67,5% de los casos los retornos caerán dentro de un rango que está entre el valor promedio del retorno \pm una desviación estándar. Si al promedio se suman y restan dos desviaciones estándar, el intervalo incluirá al 95% de los casos.

En una empresa en funcionamiento es muy posible encontrar información en sus registros de datos que posibiliten efectuar un análisis de riesgo de un proyecto nuevo pero sobre el que se tienen experiencias previas. El análisis del riesgo mediante la desviación estándar sigue procedimientos distintos según se trate de datos históricos o proyectados.

El procedimiento para calcular la desviación estándar en base histórica se aplica a diferentes elementos del proyecto: nivel de repuesta de la demanda a un proyecto que se amplía permanentemente a nuevos sectores geográficos, rentabilidad de una inversión replicable, etcétera. En estos casos, se busca estimar la variabilidad del resultado sobre la base de los comportamientos históricos observados, para lo cual se usa la expresión:

$$(9.1) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (A_j - A_x)^2}{n-1}}$$

donde σ es la desviación estándar, A_j el rendimiento de cada observación j , A_x el rendimiento promedio de las observaciones y n el número de observaciones. La desviación estándar al cuadrado, σ^2 , se denomina *varianza*.

Ejemplo 9.1

Una empresa ha logrado las rentabilidades promedio anuales sobre inversiones repetitivas en seis locales de venta de hamburguesas, las que se muestran en la tabla 9.1.

Tabla 9.1 Cálculo de las desviaciones sobre observaciones históricas

| Observación (j) | Rendimiento observ.(A_j) | Rendimiento promed.(A_x) | Desviación ($A_j - A_x$) | Desviación cuadr ($A_j - A_x$) ² |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | 0,12 | 0,095 | 0,025 | 0,000625 |
| 2 | 0,13 | 0,095 | 0,035 | 0,001225 |
| 3 | 0,08 | 0,095 | -0,015 | 0,000225 |
| 4 | 0,04 | 0,095 | -0,055 | 0,003025 |
| 5 | 0,08 | 0,095 | -0,015 | 0,000225 |
| 6 | 0,12 | 0,095 | 0,025 | 0,000625 |
| Suma | 0,57 | 0 | 0,00 | 0,006000 |

Sustituyendo estos valores en la ecuación 9.1 se obtiene:

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,0060}{5}} = \sqrt{0,00119} = 0,034496 = 3,45\%$$

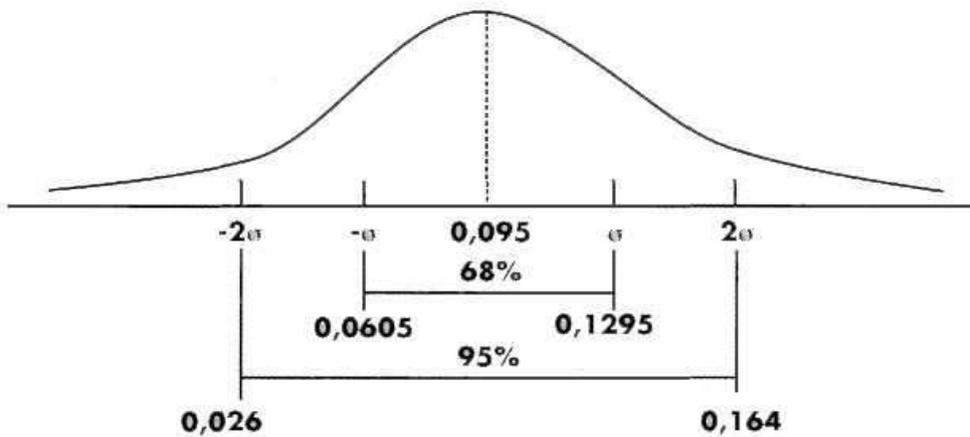
lo que indica que existe un 67,5% de posibilidades de que la rentabilidad de un nuevo local de ventas se sitúe entre $9,5\% \pm 3,45\%$ (o sea, entre el 6,05% y el 12,95%) y un 95% de que esté entre $9,5\% \pm 2 * 3,45\%$ (o sea, entre el 2,6% y el 16,4%).

Cuando un resultado es de naturaleza aleatoria, la distribución normal sirve para calcular la probabilidad de que se sitúe en un determinado intervalo. El caso más común corresponde a los rendimientos de las inversiones que la empresa pudiera tener en acciones comunes de otras grandes empresas.

El gráfico 9.1 muestra la distribución normal basada en los rendimientos observados en el historial de la empresa para los resultados del ejemplo 9.1.

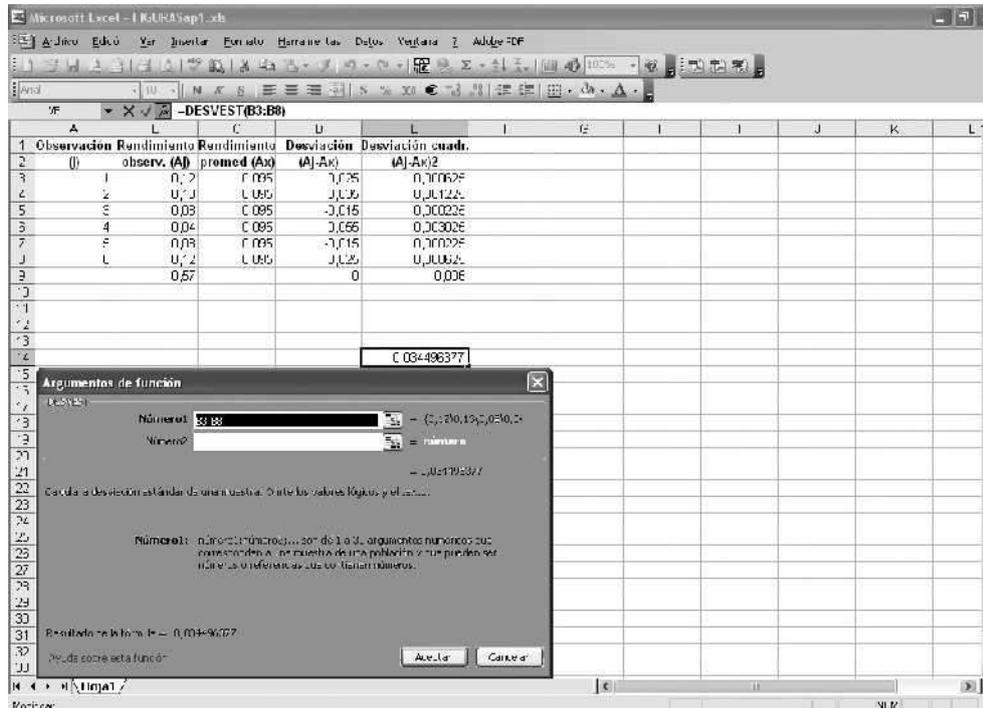
Gráfico 9.1

 Resultados de la distribución normal



Al usar una planilla Excel, la desviación estándar se obtiene directamente seleccionando **fx** en la opción **Insertar** de la **Barra de Herramientas**. En **Pegar función** se elige **Estadísticas** en la **Categoría de Función** y **DESVEST** en **Nombre de la función**. En el Cuadro de diálogo que aparece al pulsar **Aceptar** se anota en **Número 1** el rango de resultados de los rendimientos observados. En la parte inferior del cuadro de diálogo aparece en **Resultado de la fórmula** la desviación estándar, tal como se muestra en la figura 9.1.

Figura 9.1 Uso de planilla de cálculo para determinar la desviación estándar



Para calcular la variabilidad de los resultados de una inversión de acuerdo con posibles escenarios futuros a los cuales se les puede asignar una probabilidad de ocurrencia, el procedimiento para calcular la desviación estándar difiere del anterior, ocupando la siguiente ecuación:

$$\sqrt{\quad}$$

$$(9.2) \quad \sigma = \sum_{k=1}^n (A_k - A_y) * P(k)$$

donde A_k es el resultado esperado para cada escenario k , A_y el resultado promedio ponderado de los distintos escenarios respecto de la probabilidad $P(k)$ asignada a cada uno.

Ejemplo 9.2

Para una inversión de \$20.000, una empresa identifica tres escenarios que condicionarían el valor actual de los flujos netos proyectados y a los cuales asigna la probabilidad de ocurrencia que se muestra en la tabla 9.2.

Tabla 9.2 Cálculo de las desviaciones sobre bases proyectadas

| Escenario (k) | Probabilidad (Pk) | Flujo caja (Ak) | Factor (AkPk) | Desviación (Ak-Ay) | Desv Cuad (Ak-Ay) ² | Producto (Pk)*(Ak-Ay) ² |
|---------------|-------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Expansión | 40% | 26.000 | 10.400 | 3.300 | 10.890.000 | 4.356.000 |
| Normal | 45% | 22.000 | 9.900 | -700 | 490.000 | 220.500 |
| Recesión | 15% | 16.000 | 2.400 | -6.700 | 44.890.000 | 6.733.500 |
| | | Ay= | 22.700 | | 56.270.000 | 11.310.000 |

La desviación estándar se calcula reemplazando los valores de la ecuación 9.2, de lo que resulta:

$$\sigma = \sqrt{11.310.000} = 3.363$$

Igual que el caso anterior, se concluye que el valor actual del flujo de caja estaría con un 68% de posibilidades en el intervalo de 22.700 más 3.363 y 22.700 menos 3.363, o sea, entre 19.337 y 26.063. Con un 95% de confianza, el intervalo estará entre 15.974 y 29.426.

Observe cómo, en ambos casos, el límite inferior del intervalo muestra un valor actual del flujo menor a la inversión, con lo que se obtendría un VAN menor que cero.

Cuando se comparan proyectos con consideraciones de riesgo, existen algunos criterios que logran simplificar el proceso decisorio:

a. *Dominancia*: cuando en todos los escenarios el resultado esperado de una alternativa X es mejor que el de otra Y, se dice que la primera domina a la segunda y, por lo tanto, se descarta Y.

Ejemplo 9.3

Una empresa enfrenta cuatro opciones de inversión cuyos valores actuales netos se calcularon en función de cinco escenarios posibles a los que se asignó la probabilidad que muestra la tabla 9.3.

Tabla 9.3 Relaciones de VAN para escenarios probables

| Escenario | Probabilidad | Proyectos | | | |
|-----------|--------------|-----------|--------|---------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Recesivo | 5% | -10.000 | 0 | -15.000 | -3.000 |
| Pesimista | 15% | -4.000 | 6.000 | -8.000 | 5.000 |
| Normal | 40% | 0 | 7.000 | 1.000 | 11.000 |
| Optimista | 25% | 6.000 | 9.000 | 9.000 | 14.000 |
| Expansivo | 15% | 9.000 | 10.000 | 18.000 | 17.000 |

Como se puede observar, en todos los escenarios el proyecto 2 domina al proyecto 1, por lo que este último se elimina.

b. *Nivel de aspiración*: se define un nivel de aspiración y después se busca el proyecto que maximiza la probabilidad de alcanzarlo. Si, en el mismo ejemplo anterior, con un criterio muy conservador se plantea elegir el proyecto más seguro después de dar al inversionista el retorno exigido, se seleccionará el proyecto 2 por ser el único que cumple en todos los escenarios con esa condición.

c. *Valor esperado*: calcula el valor esperado de cada proyecto en función de la probabilidad asignada a cada escenario y al resultado proyectado. El valor esperado se calcula por:

$$(9.3) \quad E[\text{VAN}_x] = \sum_{k=1}^n \text{VAN}_{xk} \cdot P(k)$$

donde $E[\text{VAN}_x]$ es el valor esperado del VAN de cada proyecto x y $P(k)$ la probabilidad de que ocurra el escenario k . La tabla 9.4 resume el valor esperado del VAN para los proyectos 2, 3 y 4. Se excluye el proyecto 1 por haberse eliminado por el criterio de dominación.

Tabla 9.4 Valor esperado del VAN

| Proyecto | E[VAN _x] | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|---|--------|
| 2 | (0,05)(0) | + | (0,15)(6.000) | + | (0,40)(7.000) | + | (0,25)(9.000) | + | (0,15)(10.000) | = | 7.450 |
| 3 | (0,05)(-15.000) | + | (0,15)(-8.000) | + | (0,40)(1.000) | + | (0,25)(9.000) | + | (0,15)(18.000) | = | 3.400 |
| 4 | (0,05)(-3.000) | + | (0,15)(5.000) | + | (0,40)(11.000) | + | (0,25)(14.000) | + | (0,15)(17.000) | = | 11.050 |

Con este criterio se elegiría el proyecto 4 por tener el mayor valor esperado de VAN.

d. *Equivalencia de certeza*: corrige el resultado del valor esperado por un coeficiente α de aversión al riesgo, mediante:

$$(9.4) \quad EC = E[\text{VAN}_x] - \alpha \cdot \sigma [x]$$

donde EC es el equivalente de certeza, α es el coeficiente de aversión al riesgo y $\sigma [x]$ la desviación estándar del resultado. Si

$$(9.5) \quad \sigma [x] = \sqrt{\sum (\text{VAN}_x)^2 P(x) - (E [x])^2}$$

la varianza de cada proyecto sería la que se determina con la tabla 9.5.

Tabla 9.5 Cálculo de la varianza del VAN

| Proyecto | E[VAN _x] | | | | | | | | | | |
|----------|------------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-------------|
| 2 | (0,05)(0) ² | + | (0,15)(6.000) ² | + | (0,40)(7.000) ² | + | (0,25)(9.000) ² | + | (0,15)(10.000) ² | = | 60.250.000 |
| 3 | (0,05)(-15.000) ² | + | (0,15)(-8.000) ² | + | (0,40)(1.000) ² | + | (0,25)(9.000) ² | + | (0,15)(18.000) ² | = | 90.100.000 |
| 4 | (0,05)(-3.000) ² | + | (0,15)(5.000) ² | + | (0,40)(11.000) ² | + | (0,25)(14.000) ² | + | (0,15)(17.000) ² | = | 144.950.000 |

Reemplazando con estos valores la ecuación 9.4, y suponiendo un coeficiente de aversión al riesgo de 0,7, se obtienen los siguientes factores de equivalencia a certeza para los tres proyectos que se comparan.

Tabla 9.6 Cálculo del equivalente certeza

| Proyecto | E[VAN _x] | - | $\alpha \sqrt{\sigma^2 [x]}$ | = | Ec |
|----------|----------------------|---|------------------------------|---|--------|
| 2 | 7.450 | | 0,7 $\sqrt{60.250.000}$ | = | 2.017 |
| 3 | 3.400 | | 0,7 $\sqrt{90.100.000}$ | = | -3.244 |
| 4 | 11.050 | | 0,7 $\sqrt{144.950.000}$ | = | 2.622 |

Según este criterio, el proyecto 4 sería elegido ya que presenta el mayor VAN en equivalencia de certeza.

El riesgo de invertir en un proyecto proviene de la imposibilidad de predecir los acontecimientos futuros. Cuando éstos se conocen o son predecibles, el proyecto se tipifica como libre de riesgo. Los acontecimientos inesperados dan origen a dos tipos de riesgo: sistemático y no sistemático.

El *riesgo sistemático*, o *riesgo de mercado* (m) es aquel que afecta a todo el mercado, mientras que el *riesgo no sistemático* (E) se asocia específicamente con un proyecto, empresa o pequeño grupo de empresas.

De acuerdo con esto, el rendimiento total de un proyecto se puede definir como

$$(9.6) \quad R = E(R) + \varepsilon + m$$

donde R es el rendimiento total, $E(R)$ el rendimiento esperado y ε y m las partes no sistemática y sistemática, respectivamente, de la parte no esperada del rendimiento.

En una empresa, el riesgo no sistemático atribuible a un proyecto no está vinculado con los riesgos no sistemáticos de otros proyectos. Esto explica el argumento de que la empresa reduce su riesgo total mediante la diversificación de las inversiones, haciendo insignificante el riesgo no sistemático, e igualándolo prácticamente con el riesgo sistemático.

La forma de medir el nivel de riesgo sistemático es calculando el *coeficiente beta* (β), que indica la relación entre el riesgo sistemático de una inversión y el promedio del mercado. Un beta de 0,5 indica que la inversión tiene la mitad de riesgo sistemático que el promedio, mientras que un beta de 2,0 indica que es el doble.

El valor del beta de un sector determinado de la economía se calcula por la expresión:

$$(9.7) \quad \beta_i = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{Var}(R_m)}$$

donde R_i es la rentabilidad observada en el sector i y R_m la rentabilidad del mercado. Esta última se calcula generalmente como equivalente a la rentabilidad promedio del mercado bursátil.

La *covarianza* se calcula por:

$$(9.8) \quad \text{Cov}(R_i, R_m) = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{i_t} - R_i)(R_{m_t} - R_m)}{n}$$

donde R_{i_t} es la rentabilidad del sector i en el período t , R_{m_t} la rentabilidad del mercado en el período t y n el número de observaciones.

La *varianza*, por otra parte, se calcula por:

$$(9.9) \quad \text{VAR}(R_m) = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{m_t} - R_m)^2}{n - 1}$$

Ejemplo 9.4

Con la información histórica recogida de los últimos ocho años, tanto de la industria como del mercado, se busca calcular el coeficiente beta de la industria donde se inserta la empresa. La rentabilidad promedio del sector y global del mercado se muestran en las dos primeras columnas de la tabla 9.7. Las siguientes se utilizan como hoja de cálculo para determinar tanto la $Cov(R_i, R_m)$ como la $Var(R_m)$

Tabla 9.7 Cálculo de la covarianza y varianza

| Año | Rit | Rmt | Rit-Ri | Rmt-Rm | (Rit-Ri)(Rmt-Rm) | (Rmt-Rm) ² |
|------------|---------|---------|----------|----------|------------------|-----------------------|
| 1993 | 0,04300 | 0,07850 | -0,04244 | -0,03095 | 0,001313 | 0,00096 |
| 1994 | 0,06010 | 0,06930 | -0,02534 | -0,04015 | 0,001017 | 0,00161 |
| 1995 | 0,07410 | 0,07990 | -0,01134 | -0,02955 | 0,000335 | 0,00087 |
| 1996 | 0,09810 | 0,11610 | 0,01266 | 0,00665 | 0,000084 | 0,00004 |
| 1997 | 0,08890 | 0,14020 | 0,00346 | 0,03075 | 0,000106 | 0,00095 |
| 1998 | 0,09640 | 0,13320 | 0,01096 | 0,02375 | 0,000260 | 0,00056 |
| 1999 | 0,11320 | 0,12830 | 0,02776 | 0,01885 | 0,000523 | 0,00036 |
| 2000 | 0,10970 | 0,13010 | 0,02426 | 0,02065 | 0,000501 | 0,00043 |
| Suma | 0,68350 | 0,87560 | | | 0,004141 | 0,005779 |
| Ri | 0,08544 | | | | | |
| Rm | | 0,10945 | | | | |
| Cov(Ri,Rm) | | | | | 0,000518 | |
| Var(Rm) | | | | | | 0,00082553 |

Sustituyendo con esta información la ecuación 9.7 se obtiene el siguiente coeficiente beta para el sector:

$$\beta = \frac{0,000518}{0,000825} = 0,627$$

En este ejemplo, el riesgo sistemático del sector equivale a un 62,7% del riesgo promedio del mercado.¹

Una aplicación de este coeficiente se trata en el capítulo siguiente.

9.2 Análisis de sensibilidad

Los resultados que se obtienen al aplicar los criterios de evaluación no miden exactamente la rentabilidad del proyecto, sino sólo la de uno de los tantos escenarios futuros posibles. Los cambios que casi con certeza se producirán en el comportamiento de las variables del entorno harán

1. En una planilla electrónica como Excel, la covarianza y varianza se calculan directamente mediante la opción **Función** del menú **Insertar**. En el cuadro de diálogo *Pegar función* se selecciona **Estadísticas** (en Categoría de la función) y **COVAR** (en Nombre de la función). Pulsando **Aceptar** aparece el cuadro de diálogo COVAR, donde se anota en *Matriz 1* el rango de datos *Rit* y en *Matriz 2* el rango *Rmt*. La covarianza aparece al final del cuadro en *Resultado de la Fórmula*. Para calcular la varianza se sigue igual procedimiento. En el cuadro de diálogo VAR, se anota en *Número 1* el rango de datos *Rmt*, para obtener directamente la varianza.

que sea prácticamente imposible esperar que la rentabilidad calculada sea la que efectivamente tenga el proyecto implementado. Por ello, la decisión sobre la aceptación o rechazo de un proyecto debe basarse más en la comprensión del origen de la rentabilidad de la inversión y del impacto de la no ocurrencia de algún parámetro considerado en el cálculo del resultado que en el VAN positivo o negativo.

Como señala Patricio del Sol,² un buen proyecto siempre es vulnerable a la reacción que tendrán los competidores que intentarán imitar u ofrecer sustitutos al producto exitoso, los proveedores que tratarán de participar de este éxito subiendo los precios de los insumos, e, incluso, de los

propios trabajadores que presionarán por mejoras salariales ante los positivos resultados del negocio. La posibilidad de estas reacciones debe preverse con el análisis de sensibilización de la rentabilidad a cambios, dentro de rangos probables, en los supuestos que determinaron las estructuras de costos y beneficios.

Anticipar estas variaciones permite a la empresa no sólo medir el impacto que podrían ocasionar en sus resultados sino también reaccionar adecuadamente creando, por ejemplo, las barreras a la entrada de nuevos competidores o tomar medidas para enfrentar la presión de proveedores y trabajadores, como la opción de internalizar procesos provistos por terceros o hacer *outsourcing* de tareas internas cuando su costo sea superior al contrato externo.

El principal problema de los modelos de riesgo para enfrentar esta situación radica en que básicamente consideran información histórica para suponer, por ejemplo, probabilidades de ocurrencia que le asignarán a los flujos de caja proyectados.

A pesar de lo señalado, los métodos que incorporan el riesgo no son malos, sino insuficientes para agregarlos por sí solos a una evaluación. Por ello surgen los modelos de sensibilización como una alternativa interesante de considerar para agregar información que posibilite decidir más adecuadamente respecto de una inversión.

Dos son los principales métodos de sensibilidad, que, si bien en ciertos casos reemplazarán a los de riesgo, se proponen como un complemento de aquéllos, siempre con la finalidad de mejorar la información que se le proporcionará al inversionista para ayudarlo en su toma de decisión. Ambos métodos muestran el grado de variabilidad que puede exhibir o, dependiendo del modelo utilizado, resistir, la proyección del flujo de caja. Esto permite identificar cuáles son las variables más críticas y los puntos más débiles sobre los que se debe

2. DEL SOL, P. Evaluación de decisiones estratégicas. McGraw-Hill Interamericana, Santiago de Chile, 1999.

concentrar la búsqueda de más información para determinar las posibilidades de que se alcancen esos puntos críticos.

El método más tradicional y común se conoce como el *modelo de sensibilización de Hertz, o análisis multidimensional*, y analiza qué pasa con el VAN cuando se modifica el valor de una o más variables que se consideran susceptibles de cambiar durante el período de evaluación. El procedimiento, propone que se confeccionen tantos flujos de caja como posibles combinaciones se identifiquen entre las variables que componen el flujo de caja.

La aplicación de este modelo, por su simplicidad, conduce a veces a elaborar tal cantidad de flujos de caja sensibilizados que, más que convertirse en una ayuda, constituyen una limitación al proceso decisorio.

Una simplificación de este modelo plantea que se debe sensibilizar el proyecto a sólo dos escenarios: uno optimista y otro pesimista. La definición de las variables en estos escenarios tiende a ser sesgada por las expectativas que se tengan sobre el resultado de la inversión, entre otras variables. La principal ventaja que se le asigna es que permite trabajar con cambios en más de una variable a la vez.

Un modelo opcional, denominado *análisis unidimensional*, plantea que, en vez de analizar qué pasa con el VAN cuando se modifica el valor de una o más variables, se determine la variación máxima que puede resistir el valor de una variable relevante para que el proyecto siga siendo atractivo para el inversionista.

Por ejemplo, si con la cantidad a producir y vender estimada en el flujo de caja original el VAN del proyecto es positivo, la sensibilización estimará la cantidad mínima que hace que el proyecto siga siendo elegible. Esto es, hasta dónde puede bajar la cantidad para que el VAN se haga igual a cero.

Una planilla electrónica, como Excel, por ejemplo, permite resolver ambos modelos de sensibilización con mucha rapidez. El siguiente ejemplo muestra el procedimiento de solución de los dos modelos y se usará más adelante para mostrar la aplicación del Crystal Ball.

Ejemplo 9.5

Para la evaluación de un proyecto de expansión se estima poder vender mil unidades el primer año de operación y crecer en un 10% el segundo, tras posicionarse en el mercado. A partir del tercer año se considera un crecimiento constante del 2% anual, por lo menos hasta el final del horizonte de evaluación definido en ocho años.

Para materializar la expansión, la empresa deberá invertir \$300.000 en maquinaria a la que se le estima una vida útil de cinco años, aunque contablemente se deprecian en diez años. La inversión en capital de trabajo se calcula como un estándar equivalente al 18% de la inversión fija. Se estima el valor de salvamento de las máquinas en un 40% de su valor de adquisición.

El plan comercial establece un precio de \$200 por unidad durante los tres primeros años, para luego estabilizarse en \$230. Los costos variables de fabricación y ventas ascienden a \$80 y los costos fijos de administración, fabricación y ventas a \$50.000 anuales los primeros tres años y, a partir del cuarto, a \$46.000, en consideración a que se reduce el costo de la campaña promocional.

El valor de desecho del proyecto se calcula por el método contable, siguiendo un criterio conservador. La tasa de impuesto a las utilidades es del 15% y la de retorno exigida a la inversión del 12%.

Para facilitar la sensibilización, se incluirán al inicio de la hoja de trabajo tantas filas como variables afecten a los valores que se sensibilizarán. En este caso, se seleccionan la cantidad, precio y costo variable. Sólo en las celdas C1, C2 y C3 se anotarán valores. El resto de las celdas se expresarán como una función de ellas. Por ejemplo, en la celda D1 se anotará $=C1 * 1,1$ para reflejar el incremento del 10% proyectado en el nivel de producción y ventas. En D2 se anotará $+C2$ para copiar el valor de esa celda.

La figura 9.2 muestra la hoja de trabajo con las fórmulas correspondientes a cada celda en el flujo de caja terminado. En su preparación, todos los valores deben estar vinculados de la forma que se muestra, para que al modificar el valor de una celda se vean automáticamente modificadas todas las que están en función de ella. La excepción la constituye un valor que no se va a sensibilizar como, por ejemplo, el costo fijo a partir del cuarto año. Como se aprecia en la figura 9.2, se anotó un valor absoluto de \$46.000 entre el cuarto y octavo momento. Esto permite sensibilizar hasta dónde se puede, por ejemplo, incrementar el gasto en publicidad durante los tres primeros años.

El resultado del flujo de caja, incluyendo el VAN del proyecto, se muestra en la figura 9.3.

Para aplicar el *modelo de sensibilización de Hertz* bastará modificar la celda C1, C2 o C3, o una combinación de ellas, para ver cómo impacta este cambio al resultado de la evaluación.

Alternativamente, se podrá recurrir a la función **Datos** del menú **Herramientas**, para obtener los VAN de distintas combinatorias de variación en dos componentes simultáneos de la estructura del flujo de caja. Si, en el ejemplo anterior, se quisiera medir el impacto de cambios en el precio y la cantidad para variaciones negativas del 3% en ambas variables, se deberá construir una tabla vinculada al flujo de caja, como se muestra en la figura 9.4.

Figura 9.2 Fórmulas de la hoja de trabajo

Hoja de cálculo de Microsoft Works - [9.2]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas 2

Año 0

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|------------------|---|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | Cantidad | | 1,000 | 1,100 | 1,122 | 1,144 | 1,167 | 1,191 | 1,214 | 1,239 | |
| 2 | Precio | | 200 | 200 | 200 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | |
| 3 | Costo variable | | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | 0 | | | | | | | | | |
| 6 | Ingresos operac. | | 200,000 | 220,000 | 224,400 | 263,221 | 268,486 | 273,853 | 279,332 | 284,919 | |
| 7 | Venta activo | | | | | | 130,000 | | | | |
| 8 | Costo variable | | -80,000 | -88,000 | -89,760 | -91,555 | -93,386 | -95,254 | -97,159 | -99,102 | |
| 9 | Costos fijos | | -50,000 | -50,000 | -50,000 | -46,000 | -46,000 | -46,000 | -46,000 | -46,000 | |
| 10 | Depreciación | | -30,000 | -30,000 | -30,000 | -30,000 | -30,000 | -30,000 | -30,000 | -30,000 | |
| 11 | Valor libro | | | | | | -130,000 | | | | |
| 12 | Utilidad | | 40,000 | 52,000 | 54,640 | 95,666 | 69,099 | 102,601 | 106,173 | 109,817 | |
| 13 | Impuesto | | -6,000 | -7,800 | -8,196 | -14,350 | -10,365 | -15,390 | -15,926 | -16,473 | |
| 14 | Utilidad neta | | 34,000 | 44,200 | 46,444 | 81,316 | 58,734 | 87,211 | 90,247 | 93,344 | |
| 15 | Depreciación | | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | 30,000 | |
| 16 | Valor libro | | | | | | 150,000 | | | | |
| 17 | Inversión B | | -300,000 | | | | | | | | |
| 18 | Capital de t | | -54,000 | | | | | | | 54,000 | |
| 19 | Valor de desecho | | | | | | | | | 210,000 | |
| 20 | Flujo | | -354,000 | 64,000 | 74,200 | 76,444 | 111,316 | -61,266 | 117,211 | 120,247 | 387,344 |
| 21 | VAN | | 122,904 | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | |

Zoom: 100%

Presione ALT para elegir comandos o F2 para editar

NUM

Figura 9.3 Flujo de caja a sensibilizar

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| 6 Ingresos operac | 200 000 | 220 000 | 224 400 | 263 221 | 268 486 | 273 855 | 279 332 | 284 919 | |
| 7 Venta activo | | | | | | 120 000 | | | |
| 8 Costo variable | -80 000 | -88 000 | -89 760 | -91 555 | -93 386 | -95 254 | -97 159 | -99 102 | |
| 9 Costos fijos | -50 000 | -50 000 | -50 000 | -46 000 | -46 000 | -46 000 | -46 000 | -46 000 | |
| 10 Depreciación | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | |
| 11 Valor libro | | | | | | -150 000 | | | |
| 12 Utilidad | 40 000 | 52 000 | 54 640 | 95 666 | 69 099 | 102 601 | 106 173 | 109 817 | |
| 13 Impuesto | -6 000 | -7 800 | -8 196 | -14 350 | -10 365 | -15 390 | -15 926 | -16 473 | |
| 14 Utilidad neta | 34 000 | 44 200 | 46 444 | 81 316 | 58 734 | 87 211 | 90 247 | 93 344 | |
| 15 Depreciación | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | |
| 16 Valor libro | | | | | | 150 000 | | | |
| 17 Inversión fija | -300 000 | | | | | -300 000 | | | |
| 18 Capital de trabajo | -54 000 | | | | | | | 54 000 | |
| 19 Valor de desecho | | | | | | | | | 210 000 |
| 20 Flujo | -354 000 | 64 000 | 74 200 | 76 444 | 111 316 | -61 266 | 117 211 | 120 247 | 387 344 |
| 21 VAN | | 122 904 | | | | | | | |

Figura 9.4 Sensibilización del VAN frente a cambios combinados en precio y cantidad

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| 6 Ingresos operac | 200 000 | 220 000 | 224 400 | 263 221 | 268 486 | 273 855 | 279 332 | 284 919 | |
| 7 Venta activo | | | | | | 120 000 | | | |
| 8 Costo variable | -80 000 | -88 000 | -89 760 | -91 555 | -93 386 | -95 254 | -97 159 | -99 102 | |
| 9 Costos fijos | -50 000 | -50 000 | -50 000 | -46 000 | -46 000 | -46 000 | -46 000 | -46 000 | |
| 10 Depreciación | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | -30 000 | |
| 11 Valor libro | | | | | | -150 000 | | | |
| 12 Utilidad | 40 000 | 52 000 | 54 640 | 95 666 | 69 099 | 102 601 | 106 173 | 109 817 | |
| 13 Impuesto | -6 000 | -7 800 | -8 196 | -14 350 | -10 365 | -15 390 | -15 926 | -16 473 | |
| 14 Utilidad neta | 34 000 | 44 200 | 46 444 | 81 316 | 58 734 | 87 211 | 90 247 | 93 344 | |
| 15 Depreciación | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | 30 000 | |
| 16 Valor libro | | | | | | 150 000 | | | |
| 17 Inversión fija | -300 000 | | | | | -300 000 | | | |
| 18 Capital de trabajo | -54 000 | | | | | | | 54 000 | |
| 19 Valor de desecho | | | | | | | | | 210 000 |
| 20 Flujo | -354 000 | 64 000 | 74 200 | 76 444 | 111 316 | -61 266 | 117 211 | 120 247 | 387 344 |
| 21 VAN | | 122 904 | | | | | | | |
| 23 | | 200 | 187 | 184 | 191 | 188 | 185 | 182 | |

En la celda B23 se anota el resultado del VAN (+B21). En la fila 23 el precio inicial de \$200 y los precios en el rango a sensibilizar. En este caso, se asoció a escenarios con reducciones de \$3 (1,5%), lo que se anota en cada celda siguiente. En la columna 2 se escribe primero la cantidad de 1.000 unidades y después el volumen de operación con una reducción de 30 unidades (3%), hasta un rango considerado como relevante para el análisis. Para ver el VAN de cada combinatoria de precio y cantidad, se resalta el rango de celdas que contengan los datos y los resultados a determinar (B23:130). Ejecutando el mandato **Datos/Tabla**, aparece el cuadro de diálogo *Tabla*, donde se anota la celda C2 en *Celda de entrada (fila)* y la C1 en *Celda de entrada (columna)*. Pulsando **Aceptar** aparecen todos los VAN para cada combinatoria de precio y cantidad, tal como se muestra en la tabla 9.8.

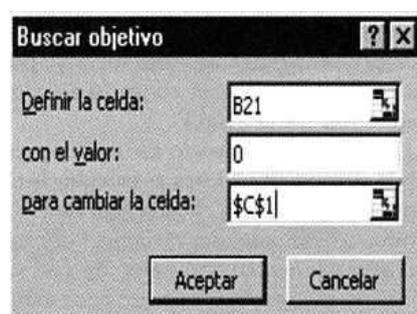
Tabla 9.8 Resultados del VAN ante cambios en el precio y la cantidad

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| 122.904 | 200 | 197 | 194 | 191 | 188 | 185 | 182 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.000 | 122.904 | 107.432 | 91.960 | 76.489 | 61.017 | 45.545 | 30.073 |
| 970 | 103.407 | 88.399 | 73.391 | 58.384 | 43.376 | 28.368 | 13.361 |
| 940 | 83.910 | 69.366 | 54.822 | 40.279 | 25.735 | 11.192 | -3.352 |
| 910 | 64.412 | 50.333 | 36.253 | 22.174 | 8.095 | -5.985 | -20.064 |
| 880 | 44.915 | 31.300 | 17.685 | 4.069 | -9.546 | -23.161 | -36.776 |
| 850 | 25.418 | 12.267 | -884 | -14.035 | -27.187 | -40.338 | -53.489 |
| 820 | 5.920 | -6.766 | -19.453 | -32.140 | -44.827 | -57.514 | -70.201 |

Con esta información se deduce que el proyecto no es sensible a un cambio en la cantidad si el precio no varía y no es sensible al precio aunque la cantidad cambie en un 3%. Con una caída del 6% en la estimación de la cantidad, el proyecto pasa a ser sensible a la variación del precio si este baja de \$185. Obviamente, al rango de variabilidad de cada elemento lo define el analista del proyecto.

El *modelo unidimensional*, por otra parte, busca determinar hasta dónde puede bajar el precio o el nivel de operación y hasta dónde subir el costo variable o fijo, para que el proyecto siga siendo atractivo. Para ello se selecciona el comando **Buscar objetivo** del menú **Herramientas** y en el cuadro de diálogo desplegado se anota en *Definir la celda* aquella donde aparece el resultado del VAN (celda B21), en *con el valor* se anota el número cero para indicar que es el valor que se busca asignar en el límite al VAN y en *para cambiar la celda* se anota C1 si se desea determinar la cantidad que hace al VAN cero.



Pulsando **Aceptar** aparece el valor 811 en la celda C1, lo que representa el menor nivel de producción que resiste el proyecto para seguir siendo elegible.

Como se puede observar en el flujo sensibilizado de la figura 9.5, toda la función de la fila 1 se desplazó en un 18,9% hacia abajo, en cada uno de los ocho años proyectados o, lo que es lo mismo, el proyecto resiste un nivel de operación mínimo equivalente al 81,1% de lo estimado.

Figura 9.5 Sensibilización de la cantidad

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| 6 Ingresos operac | 182.178 | 178.396 | 181.964 | 213.444 | 217.712 | 222.067 | 226.508 | 231.038 | |
| 7 Ventas activo | | | | | | 120.000 | | | |
| 8 Costo variable | -64.871 | -71.358 | -72.786 | -74.241 | -75.726 | -77.241 | -78.785 | -80.361 | |
| 9 Costos fijos | -30.000 | -30.000 | -30.000 | -46.000 | -46.000 | -46.000 | -46.000 | -46.000 | |
| 10 Depreciación | -30.000 | -30.000 | -30.000 | -30.000 | -30.000 | -30.000 | -30.000 | -30.000 | |
| 11 Valor libro | | | | | | -150.000 | | | |
| 12 Unidades | 17.307 | 27.038 | 29.178 | 62.202 | 35.966 | 68.826 | 71.723 | 74.677 | |
| 13 Impuesto | -2.996 | -4.056 | -4.377 | -9.480 | -5.368 | -10.324 | -10.758 | -11.202 | |
| 14 Utilidad neta | 14.711 | 22.962 | 24.802 | 53.722 | 30.588 | 58.502 | 60.964 | 63.473 | |
| 15 Depreciación | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | |
| 16 Valor libro | | | | | | 150.000 | | | |
| 17 Inversión fija | -300.000 | | | | | | | | |
| 18 Capital de trab. | -54.000 | | | | | | | | 54.000 |
| 19 Valor de desecho | | | | | | | | | 210.000 |
| 20 Flujo | -354.000 | 44.711 | 52.982 | 54.802 | 83.722 | -89.412 | 88.502 | 90.964 | 357.473 |
| 21 VAN | | | | | | | | | 0 |

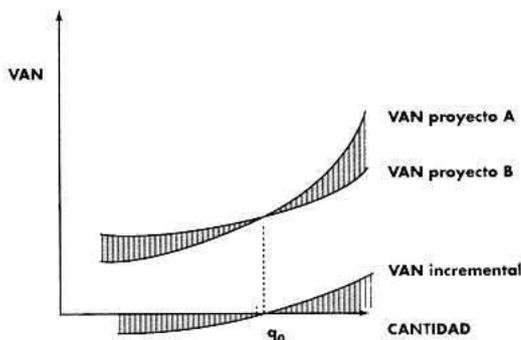
El mismo procedimiento se puede hacer para el precio y el costo variable, siempre sensibilizando una variable por vez. (Compruebe que el precio mínimo puede caer en un 10,5% y que el costo variable unitario puede subir hasta \$106.)

Cuando se evalúa un proyecto en una empresa en marcha surge la dificultad de que lo que se desea es calcular la condición que se debe cumplir para que la opción elegida siga siendo la más conveniente si llega a cambiar el valor de una variable. Por ejemplo, si se evalúa el transporte por camiones en comparación con uno por una correa transportadora, lo más probable es que para movilizar grandes volúmenes la correa sea más conveniente, y si el volumen es pequeño, parezcan más convenientes los camiones.

En este caso, no tiene sentido calcular la cantidad para transportar que hace a cada proyecto tener un VAN de cero, ya que lo que se busca es determinar la cantidad que hace indiferente optar por una u otra alternativa. Es decir, la cantidad sobre la cual convendrá la correa transportadora y bajo la cual convendrán los camiones. Esto se determina buscando la cantidad que haga iguales los VAN de ambas alternativas, lo que corresponde a encontrar el VAN incremental igual a cero.³

Si el proyecto se evalúa por comparación de los valores actuales netos se tendría una situación como la expuesta en el gráfico 9.2.

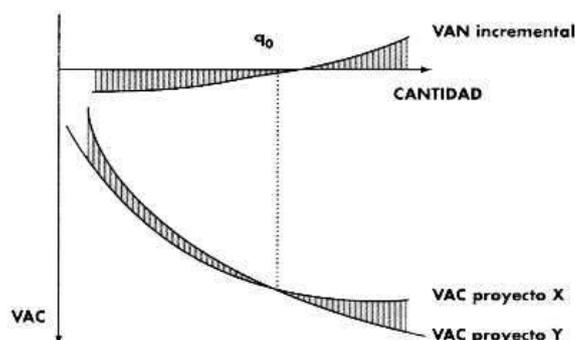
Gráfico 9.2 VAN de cada alternativa y VAN incremental en distintos niveles de operación



3. Cuando los dos VAN son iguales, la diferencia entre ambos es cero. Por lo tanto, la sensibilización se hará sobre la misma base indicada, pero respecto de la información contenida en un flujo incremental.

Pero si se comparan los valores actuales de costos⁴ (VAC), la situación sería como la presentada en el gráfico 9.3.

Gráfico 9.3 VAC de cada alternativa y VAN incremental en distintos niveles de operación



En ambos casos, la curva incremental entre las alternativas que se comparan es igual, por cuanto el sistema de transporte que se utilice no influirá, supuestamente, sobre los volúmenes de operación o sobre los precios de venta del producto final, por lo que la comparación por costos da idéntico resultado que la comparación por beneficios netos, ya que los ingresos serían irrelevantes para la decisión.

Como se puede observar, el nivel de indiferencia se produce cuando el VAN incremental entre ambas opciones es cero, por lo que se podría fácilmente calcular para la cantidad de equilibrio que las hace indiferentes por el procedimiento explicado en las páginas anteriores.

Por tal motivo, al comparar proyectos excluyentes se deberá construir el flujo de caja incremental entre ambos y sensibilizarlo buscando el valor límite de la variable que se desea investigar. Esto es,

4. El valor actual de costos se calcula de manera idéntica al valor actual neto y se denomina así cuando los flujos de caja se elaboraron sobre la base de costos por tener beneficios irrelevantes. La diferente denominación es sólo para señalar que un VAC negativo se puede aceptar, mientras que un VAN negativo, por considerar los beneficios del proyecto, no cumple con la condición de aceptación. Por ejemplo, para evaluar qué ambulancia comprar entre dos alternativas, no se necesita saber el ingreso de la clínica, ya que es igual para ambas, por lo que las distintas opciones se compararán sólo por costos ante características técnicas iguales.

aquella que haga a ambas alternativas iguales de atractivas o, lo que es lo mismo, que señale el punto donde el VAN incremental sea cero.

9.3 Simulación de MonteCarlo: uso del Crystal Ball

El modelo de *MonteCarlo* simula los resultados que puede asumir el VAN del proyecto, mediante la asignación aleatoria de un valor a cada variable pertinente del flujo de caja. La selección de valores aleatorios⁵ otorga la posibilidad de que, al aplicarlos repetidas veces a las variables

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

relevantes, se obtengan suficientes resultados de prueba para que se aproxime a la forma de distribución estimada.

Cada variable asume individualmente valores aleatorios concordantes con una distribución de probabilidades propia para cada una de ellas.

El modelo de simulación de MonteCarlo se diferencia del análisis de sensibilidad de Hertz en que mientras en este último los valores de las variables son definidos sobre la base del criterio del evaluador y de acuerdo con lo que él estima pesimista u optimista, en el primero se asignan en función a la distribución de probabilidades que se estime para cada una y dentro de un intervalo determinado por el evaluador. En otras palabras, la simulación permite experimentar para observar los resultados que va mostrando el VAN, especialmente cuando existen dudas del comportamiento de más de una variables a la vez, pero no es un instrumento que busca su optimización.

Para aplicar el *Crystal Ball* a la simulación de MonteCarlo se deben seguir los siguientes seis pasos:

- a. Construir el flujo de caja referenciando las celdas a aquellas sobre las cuales se aplicará la simulación.
- b. Elegir la distribución de probabilidades para cada una de las variables a iterar, indicando los valores límites, cuando corresponda, con la opción **Define Assumption** de la barra de herramientas del *Crystal Ball*.
- c. Definir el nombre de la función a pronosticar (VAN) y la unidad de medida (\$, M\$, US\$, etc.) con la opción **Define Forecast** de la barra de herramientas.
- d. Seleccionar las tareas a desarrollar con la simulación (análisis de correlación, sensibilización, número de iteraciones, nivel de confianza con el que se desea trabajar, entre otros, con la opción **Run Preferences**.

5. Un número aleatorio es aquel que se genera de manera tal que la probabilidad de que aparezca es siempre la misma e independiente de los resultados previamente generados.

e. Iterar las variables indicadas mediante la opción **Start Simulation**.

f. Ver y analizar la información gráfica y numérica en el cuadro de diálogo resultante (Forecast:VAN), eligiendo en la opción **View** los antecedentes que se desea rescatar como, por ejemplo, las estadísticas de la media, mediana, desviación estándar, varianza, etcétera.

Cada variable a iterar puede tener formas diferentes de distribución de probabilidades. Para aplicar la simulación de MonteCarlo, es fundamental asignar una determinada distribución a cada una de ellas. En la tabla 9.9 se describen las principales distribuciones de probabilidades que se aplican al estudio de proyectos. Las formas gráficas aparecen en la figura 9.6.

Tabla 9.9 Distribuciones de probabilidades

| Distribución | Descripción | Uso |
|--------------|---|---|
| Normal | Da un valor con una media μ y una desviación estándar | Análisis de valores de resultados de prueba |
| Triangular | Da un valor con parámetros optimista, normal y pesimista | Cuando no se conoce la forma de la distribución pero se puede estimar los escenarios |
| Uniforme | Da un valor con parámetros mínimo y máximo | Cuando dentro de un rango conocido todos los valores tienen la misma posibilidad de ocurrir |
| Poisson | Da un valor con una media λ | Describir comportamientos que ocurrieron en un período de tiempo dado |

Utilizando los antecedentes del proyecto sensibilizado en el ejemplo 9.5, se hará una aplicación del Crystal Ball para la simulación de MonteCarlo.

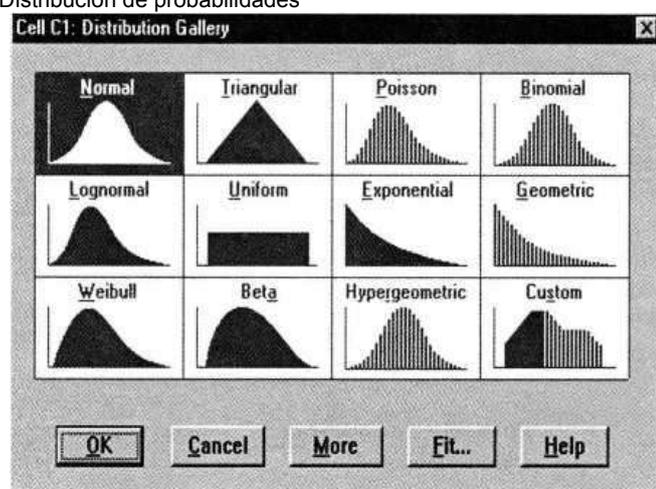
a. Construcción del flujo de caja

Tal como aparece en las figuras 9.2 y 9.3, el flujo de caja está construido en referencia a las celdas de las tres variables determinantes en el éxito o fracaso del proyecto: cantidad a producir y vender, precio y costo variable, las mismas que se iterarán en la simulación de su impacto en el resultado del VAN.

b. Elección de las distribuciones de probabilidades

Para asignar una distribución de probabilidades a cada una de las tres variables, se debe ubicar el cursor en la celda donde esté el valor de la primera de ellas. En el ejemplo, se colocará el cursor en la celda C1, donde está anotada la cantidad a producir y vender. Luego se seleccionará **Define Assump** en la barra de herramientas de Crystal Ball (primer botón) y se elige el tipo de distribución de probabilidades. En este caso se optará por una distribución normal, haciendo doble clic en la opción "Normal" del cuadro de diálogo **Cell C1: Distribution Gallery**, que se muestra en la figura 9.6.

Figura 9.6 Distribución de probabilidades



Pulsando **OK** aparece el nuevo cuadro de diálogo **Cell C1: Normal Distribution** para la distribución de probabilidades asignada a la ocurrencia de la variable "cantidad", que se muestra en la figura 9.7. Marcando la opción **OK** la distribución queda almacenada (lo que se confirma si cambia el color del fondo de la celda).

El mismo procedimiento se sigue para el precio, donde en este ejemplo se optará también por una distribución normal suponiendo como condición adicional que éste no puede ser inferior a \$ 170 (ver figura 9.8) y para el costo variable, donde se definirá un intervalo de \pm \$10 sobre el valor original estimado (ver figura 9.9).

Figura 9.7 Distribución de probabilidades de la cantidad

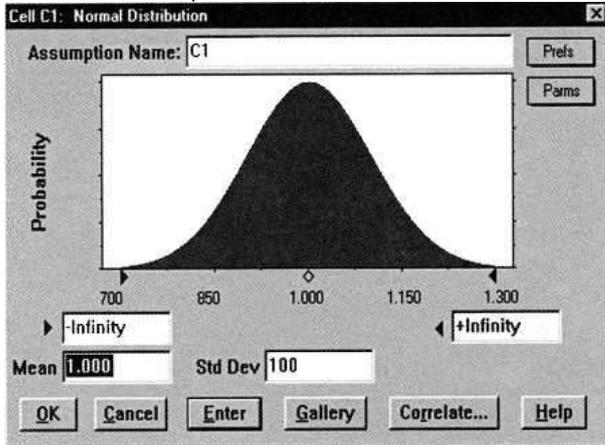


Figura 9.8 Distribución de probabilidades del precio

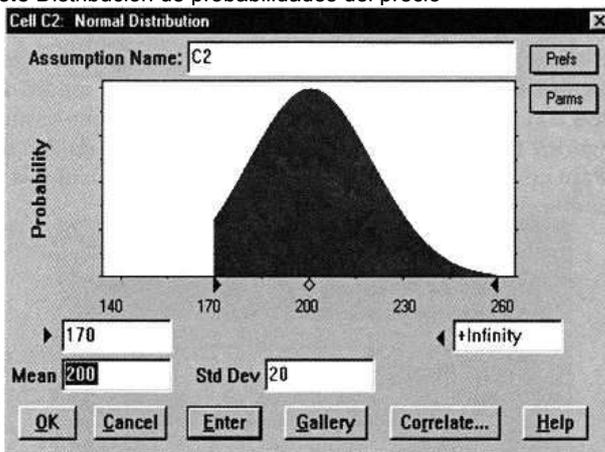
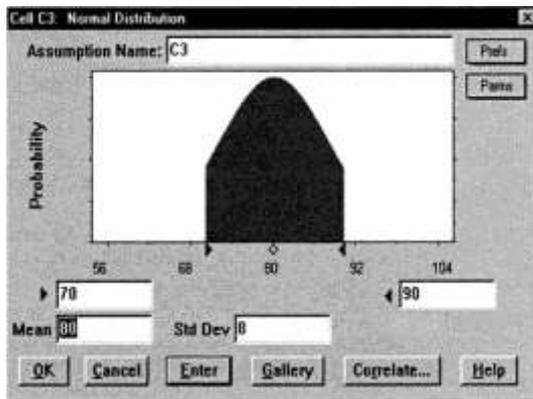


Figura 9.9 Distribución de probabilidades del costo variable

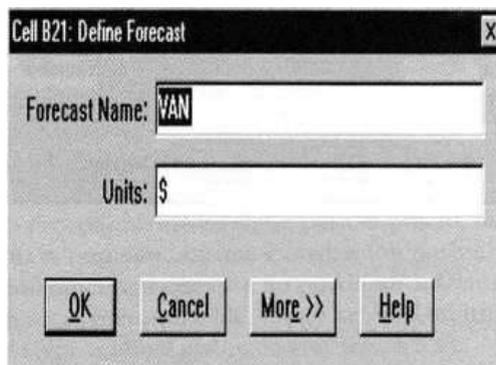
Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain



c. Función a pronosticar

Para que el modelo funcione se debe indicar la variable a pronosticar, es decir, el VAN del proyecto, para lo cual se ubica el cursor en la celda B21 de la hoja de trabajo. En la barra de herramientas del Crystal Ball se selecciona **Define Forecast** (segundo botón) y, en el cuadro de diálogo **Cell B21: Define Forecast** que se desplegará, y que se muestra en la figura 9.10, se define el nombre de la función y la unidad de medida. Para confirmar que la información fue almacenada, la celda B21 cambia el color de fondo.

Figura 9.10 Cuadro de diálogo Define Forecast



d. Selección de tareas de la simulación

La opción **Run Preferences** de la barra de herramientas ofrece la posibilidad de definir la cantidad de veces que se desea ejecutar la simulación, 1.000 en este ejemplo (figura 9.11), así como las tareas que se desea ejecutar. Pulsando \geq aparecen varios cuadros de diálogo con el mismo nombre para definir las características de la iteración (figura 9.12).

Figura 9.11 Selección de número de iteraciones

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

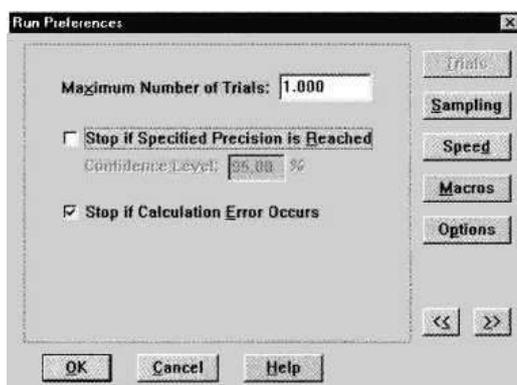
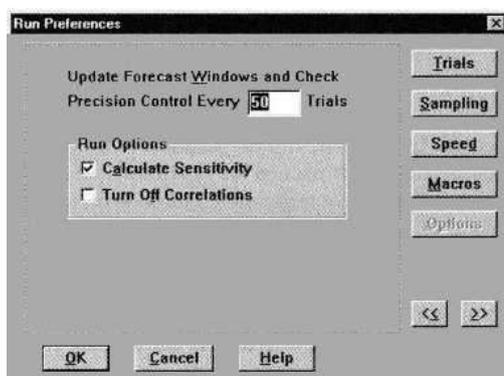


Figura 9.12 Selección de preferencias



e. Iteración del valor de las variables

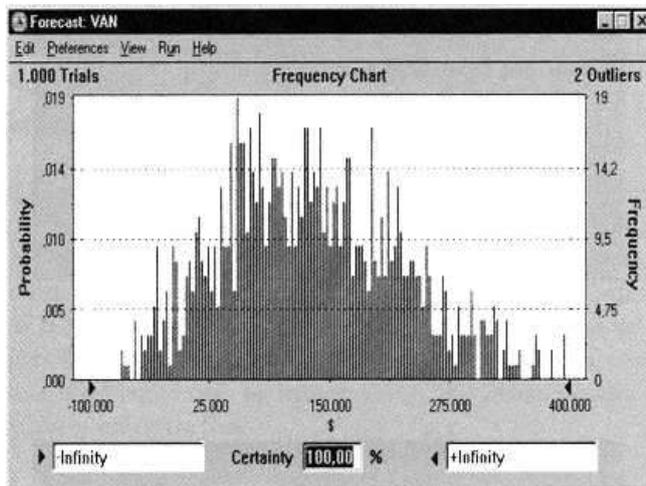
Pulsando la opción **Start Simulation** de la barra de herramientas, el Crystal Ball ejecutará los mil ensayos de simulación indicados en el cuadro de diálogo **Run Preferences**.

f. Estadísticas de la simulación

Al finalizar las mil iteraciones, el Crystal Ball indicará que se alcanzó el *maximum number of trials reached*. Pulsando la opción **OK** se desplegará el histograma correspondiente a la simulación en el cuadro de diálogo **Forecast:VAN**, para un nivel de certeza del 100%, tal como se muestra en la figura 9.13.

Figura 9.13 Histograma del VAN

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

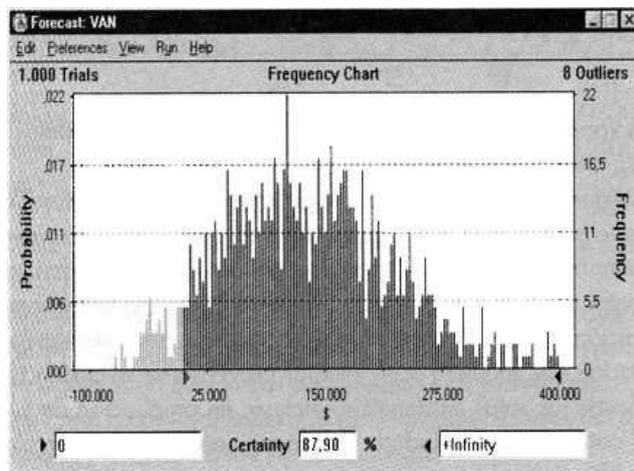


Si en la celda que indica *-Infinity* se anota el número cero, el histograma mostrará en color oscuro los resultados de las pruebas con VAN igual o mayor que cero e indicará el grado de certeza (87,9% en el ejemplo), como se aprecia en la figura 9.14.

Marcando la opción **View** del cuadro de diálogo, se pueden ver el reporte de una serie de datos como, por ejemplo, las estadísticas que se muestran en la figura 9.15.

La simulación de MonteCarlo aporta claramente una mejor estimación del VAN esperado mientras mayor sea el número de pruebas que se realice. Sin embargo, el resultado del promedio simulado puede ser muy diferente al que se observe con su implementación. Esto

Figura 9.14 Análisis del histograma del VAN



es así ya que los resultados de la simulación dependen de las condiciones que se asignaron a los parámetros de entrada al modelo: forma de la distribución de probabilidades, supuestos de límites al rango de valores, etcétera.

Figura 9.15 Estadísticas de la simulación

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| Statistic | Value |
|----------------------|---------------|
| Trials | 1.000 |
| Mean | 136.227 |
| Median | 128.919 |
| Mode | -- |
| Standard Deviation | 93.826 |
| Variance | 8.803.380.044 |
| Skewness | 0.50 |
| Kurtosis | 3.37 |
| Coef. of Variability | 0.69 |
| Range Minimum | -71.913 |
| Range Maximum | 534.360 |
| Range Width | 606.273 |
| Mean Std. Error | 2.96705 |

Preguntas y problemas

9.1 ¿Qué variables condicionan que las personas tomen distintas decisiones con la misma información?

9.2 Explique en qué se diferencian riesgo e incertidumbre y enuncie las variables que condicionan el grado de tolerancia al riesgo de los inversionistas.

9.2 Una empresa propietaria de una cadena de cines, considera que el nivel de ventas promedio de entradas observado históricamente en sus salas de exhibición explica el rango en que podría situarse la demanda futura, información que requiere para evaluar proyectos de inversión en modernización de las salas existentes e, incluso, en ampliación de su cadena a otras comunas de la ciudad. Con la siguiente información determine el rango de ventas de entradas que podría esperarse para tener un 67,5% y un 95% de posibilidades de que así ocurra.

| Año | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 | 1995 | 1994 | 1993 | 1992 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ventas (miles) | 43,2 | 37,9 | 39,8 | 42,1 | 42,9 | 38,8 | 40,2 | 41,3 | 38,1 |

9.4 Determine el intervalo que otorga un 95% de posibilidades de que el flujo de caja del primer año de operación de un proyecto esté dentro de ese rango, si la empresa asigna las siguientes probabilidades de ocurrencia a los escenarios siguientes.

| Escenario | Probabilidad | Flujo esperado |
|-----------|--------------|----------------|
| Expansivo | 10% | 204.000 |
| Bueno | 29% | 181.000 |
| Normal | 41% | 163.000 |
| Malo | 16% | 150.000 |
| Recesivo | 4% | 119.000 |

9.5 ¿Qué diferencia los cálculos de la desviación estándar sobre bases de información histórica y de escenarios proyectados?

9.6 Enuncie los cuatro criterios que permiten simplificar el proceso decisorio cuando se comparan proyectos con consideraciones de riesgo y explique muy brevemente cada uno de ellos.

9.7 Una empresa debe elegir uno de los cinco proyectos siguientes, para los cuales se identificó el VAN esperado en tres escenarios posibles.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| Escenario | Probabilidad | VAN Proyectos | | | | |
|-----------|--------------|---------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Optimista | 33% | 18.000 | 32.000 | 16.000 | 21.000 | 12.000 |
| Normal | 44% | 11.000 | 6.000 | 10.000 | 12.000 | 10.000 |
| Pesimista | 23% | 0 | -7.000 | -1.000 | -2.000 | 0 |

Con el criterio de dominancia, determine qué proyectos no son eliminados para un análisis más profundo.

9.8 Con los antecedentes del ejercicio anterior, señale qué proyectos cumplen con el criterio del nivel de aspiración, de no aprobar proyectos cuyos VAN sean negativos en cualquiera de los escenarios proyectados.

9.9 Bajo el criterio del valor esperado y con los antecedentes del ejercicio 9.7, indique qué proyecto debe ser seleccionado.

9.10 Agregando a los antecedentes del ejercicio 9.7 un coeficiente 0,8 de aversión al riesgo, elija el proyecto que mejor cumple con el criterio equivalencia a certeza.

9.11 Elabore una escala de prioridades en la selección de los cuatro proyectos siguientes que se evalúan bajo condiciones de riesgo, según los criterios del valor esperado y de la equivalencia a certeza.

| Escenario | Probabilidad | VAN Proyectos | | | |
|-----------|--------------|---------------|-----|-----|------|
| | | A | B | C | D |
| 1 | 0,06 | 300 | 180 | 290 | 240 |
| 2 | 0,18 | 250 | 160 | 260 | 160 |
| 3 | 0,40 | 150 | 120 | 160 | 20 |
| 4 | 0,26 | 80 | 10 | 0 | -100 |
| 5 | 0,10 | -60 | -20 | -90 | -180 |

9.12 Explique los conceptos de riesgo sistemático, riesgo no sistemático y coeficiente beta.

9.13 Determine el coeficiente beta para la industria en base a las siguientes rentabilidades promedios para el sector y el mercado.

| Año | Rentabilidad de la industria | Rentabilidad del mercado |
|------|------------------------------|--------------------------|
| 1990 | 5,3% | 6,1% |
| 1991 | 7,1% | 6,9% |
| 1992 | 7,6% | 8,0% |
| 1993 | 8,4% | 8,2% |
| 1994 | 8,8% | 9,0% |
| 1995 | 8,1% | 8,5% |
| 1996 | 7,9% | 8,0% |
| 1997 | 8,6% | 8,0% |
| 1998 | 10,4% | 9,6% |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | |
|------|------|------|
| 1999 | 8,2% | 9,3% |
| 2000 | 9,0% | 9,7% |

9.14 Explique el concepto de análisis de sensibilidad y enuncie los métodos que existen para realizarlos.

9.15 Analice las dificultades y limitaciones del modelo de sensibilización de Hertz.

9.16 Comente la siguiente afirmación: "Evaluar el proyecto en tres escenarios es una forma eficiente de simplificar el modelo de sensibilización multidimensional".

9.17 "Como todas las variables del flujo de caja de un proyecto tienen un comportamiento futuro incierto, la sensibilización puede conducir a generar tal cantidad de combinatorias, que la información resultante se transforma en una limitación más que en una ayuda para el proceso de toma de decisiones." Comente.

9.18 Explique cómo se pueden utilizar los modelos de sensibilización para tarifar un proyecto.

9.19 ¿En qué se diferencian los modelos de sensibilización de los modelos de punto de equilibrio y de valor económico agregado?

9.20 Explique la diferencia en el procedimiento de una sensibilización unidimensional de un proyecto de creación de una empresa respecto de uno en una empresa en marcha.

9.21 "Cuando se comparan dos proyectos sobre la base de costos, la sensibilización debe buscar el nivel de operación que haga el VAC incremental igual a cero". Comente.

9.22 Una empresa que elabora productos derivados de la leche está evaluando la posibilidad de procesar y vender el suero que hoy es desechado. Se han calculado todos los costos y estudiado todos los elementos técnicos. Sin embargo, no se ha realizado un estudio de mercado por cuanto la totalidad de la producción será vendida a un agricultor cercano que lo empleará en la alimentación de su ganado.

Con la siguiente información, determine el precio mínimo sobre el cual se deberá realizar la negociación.

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Inversión en equipos | \$162.000.000 |
| Compra de vehículo | \$7.000.000 |
| Suero producido anualmente | 3.000.000 litros |
| Pérdida en la recuperación de suero | 3% por manipulación |
| Costo en mano de obra | \$10 el litro procesado |
| Costo de manejo de suero | \$3 el litro procesado |
| Costos fijos incrementales | \$22.000.000 anuales |

El 50% de los equipos debe ser sustituido cada ocho años, aunque todos los activos se pueden depreciar en diez años. El valor de salvamento esperado es de un 10% del valor de adquisición. El resto de los equipos tiene una vida útil real de 10 años y se consideran sin valor de venta.

El vehículo será reemplazado cada seis años, estimándose un valor de salvamento de \$2.800.000.

La inversión en capital de trabajo se estima en el equivalente al 45% del costo variable anual.

La tasa de impuesto a las utilidades es del 15% y la de descuento del 18%.

9.23 Una empresa está estudiando la viabilidad de elaborar un nuevo producto cuyo principal insumo es importado. Si sube el precio de la materia prima o el tipo de cambio, ese incremento no se podrá trasladar al precio, por cuanto existen en el mercado local otros sustitutos que usan insumas nacionales que no se verían afectados por el cambio en los precios internacionales. Por esta razón, determine el costo máximo que puede alcanzar el insumo importado para que el VAN siga siendo atractivo. La información recogida para evaluar el proyecto es la siguiente:

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Inversión fija | \$10.000.000 |
| Costo variable (sin insumo importado) | \$180/unidad |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| Costo variable del insumo importado | \$90/unidad |
| Costo fijo de producción | \$3.000.000 |
| Precio de venta | \$800 |

Por tratarse de un producto con características muy particulares, se asocian a las ventas dos componentes, que permiten proyectar un componente fijo (demanda de flujo) y uno variable (demanda de stock), en consideración a que es muy posible que personas que tengan el producto, deseen cambiarlo por efectos de imagen. La gran mayoría de la población, sin embargo, no debiera sustituir el que hoy tiene. La siguiente es la proyección de ventas para los próximos 10 años.

| Demanda | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Flujo | 1.000 | 12.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 | 14.000 |
| Stock | 1.000 | 2.500 | 5.000 | 3.000 | 500 | | | | | |

La inversión fija tiene una vida útil de 10 años, aunque se deprecia en sólo ocho años. La tasa de impuestos es del 15% y la de costo de capital de 16%. El valor de desecho se calcula por el método contable para seguir un criterio más conservador.

9.24 Una empresa recibe un pedido especial para atender la demanda de insumas de una empresa constructora que edificará varios conjuntos habitacionales, demorándose tres años en cada uno y en un terreno muy cercano.

Por no tener carácter permanente, la empresa evalúa las opciones de pagar horas extras o contratar un segundo turno para atender el pedido, evitándose la inversión en un crecimiento sobre la que no existe seguridad de lograr una desinversión conveniente al cabo de los tres años.

Los antecedentes conocidos son los siguientes:

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| Costo mano de obra horario normal | \$20/hora |
| Costo adicional por horas extra | \$15/hora |
| Costo mano de obra en segundo turno | \$28/hora |
| Tasa de producción | 10 unidades/hora |
| Demanda estimada para el 1er año | 120.000 unidades |
| Demanda estimada para el 2° año | 170.000 unidades |
| Demanda estimada para el 3er año | 110.000 unidades |

Si se opta por un segundo turno se deberá contratar, además, un supervisor cuyo costo anual asciende a \$50.000.

El proyecto de la empresa constructora es edificar cada conjunto en función de las ventas que logre y no sabe exactamente cuántos conjuntos se adjudicará en el sector, por lo que no puede garantizar esas cantidades anuales, las que podrán ser mayores o menores, según sea su propia demanda de mercado. Lo que sí asegura es que la estructura de compra que hará a la empresa se mantendrá en la proporción indicada; es decir, 30% el primer año, 42,5% el segundo y 27,5% el tercero.

Si la tasa de impuestos es el 15% y la de costo de capital el 12%, determine en qué porcentaje se pueden modificar las compras de la constructora para que empiece a convenir la opción de horas extra en vez de segundo turno.

9.25 En la evaluación de un nuevo proyecto, una empresa duda del comportamiento futuro del precio del transporte y de la cantidad de producción. El proyecto consiste en invertir \$12.000.000 en una máquina que aumentará la producción y ventas en 10.000 unidades. Como no existe mucha capacidad disponible de transporte, es posible que los dueños de los vehículos presionen las tarifas al alza.

Por otra parte, no es seguro que quienes manifestaron su intención de compra lo hagan efectivamente, por lo que se busca elaborar una tabla de VAN para cambios proporcionales en 2%, 4%, 6%, 8% y 10% para la demanda

y de 8%, 15% y 20% en el costo del transporte, ambos en sentido pesimista para el proyecto. La información disponible es la siguiente:

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Precio | \$1.100/unidad |
| Costo flete | \$190/unidad |
| Costo variable producción | \$450/unidad |
| Costo fijo incremental | \$1.800.000/año |

El proyecto se evalúa a cinco años, la tasa de impuestos es el 15% y la de descuento el 10%. Al cabo de cinco años, la inversión tendrá un valor de liquidación de \$5.000.000. Toda la inversión se deprecia en cinco años.

9.26 Explique en qué consiste y cuándo se aplica el modelo de simulación de MonteCarlo.

9.27 ¿En qué se diferencian los modelos de sensibilización de Hertz con el de simulación de MonteCarlo?

9.28 Explique el concepto de variable aleatoria y enuncie algunos ejemplos aplicables al flujo de caja de un proyecto.

9.29 Enuncie las principales distribuciones de probabilidades y explíquelas brevemente.

9.30 Con los antecedentes del ejercicio 9.22 y con el precio calculado al resolverlo, aplique el modelo de MonteCarlo bajo los siguientes supuestos:

| Variable a iterar | Distribución de probabilidades | Límites |
|----------------------|--------------------------------|-----------|
| Producción | Normal | Infinitos |
| Costo de manejo | Uniforme | ± \$0,50 |
| Inversión en equipos | Triangular | ± 10% |
| Precio | Normal | -20% +10% |

9.31 Con la información del ejercicio 9.23 ejecute una simulación de MonteCarlo bajo los siguientes supuestos:

| Variable a iterar | Distribución de probabilidades | Límites |
|------------------------|--------------------------------|------------------|
| Tasa de descuento | Uniforme | -15% +17% |
| Valor de desecho | Triangular | ±10% |
| Costo insumo importado | Normal | -\$80 + infinito |

Bibliografía

- BIERMAN, H. y S. SMIDT. The Capital Budgeting Decisión; Economic Analysis of Investment Projects. Macmillan, New York, 1993.
- BIJMOLT, T. y M. WEDEL. A MonteCarlo evaluation of máximo likelihood multidimensional scaling methods.
<http://greywww.kub.nl:2080/greyfiles/few/1996/doc/725.pdf>. Tilburg University, Netherlands, 1996.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CANADA, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.
- EPPEN, G. D. y otros. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 2000.
- DIXIT, A. y R. PINDYCK. Investment under uncertainty. Princeton University Press, Princeton, 1995.
- HULETT, D. Project Cost Risk Analysis Using Crystal Ball.
<http://www.decisioneering.com/support/whitepaper/hulett.html>. International Institute for Learning, Los Angeles, 1999.
- KLEIJNEN, J. Sensitivity analysis and related analyses: a survey of statistical techniques.
<http://greywww.kub.nl:2080/greyfiles/few/1995/doc/706.pdf>. Tilburg University, Netherlands, 1995.
- NEUBERGER, A. Cómo poner precio a las acciones. Serie "Management en Finanzas" num. 9. El Diario/Financial Times. Santiago de Chile, 2000.
- Ross, S., R. WESTERFIELD y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- SCHUYLER, J. Exploiting the best of critical chain and MonteCarlo simulation.
<http://www.decisioneering.com/support/whitepaper/schuyler1.html>. Project Management Institute. Aurora, Colorado, 2000.
- VÉLEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.

CALCULO DE LA TASA DE COSTO DE CAPITAL

En los capítulos anteriores se expuso acerca de la evaluación de proyectos bajo condiciones de certidumbre, incertidumbre y riesgo, utilizando una tasa de actualización que se supuso conocida. La importancia que esta tasa tiene en el cálculo de la rentabilidad de un proyecto se manifiesta en que un pequeño error en su determinación y uso puede hacer que un proyecto rentable se exprese como no rentable o viceversa.

El objetivo de este capítulo es estudiar, en una primera parte, los aspectos conceptuales y las alternativas metodológicas generales para calcularlo y, posteriormente, las consideraciones particulares que hacen necesaria su modificación cuando la empresa evalúa proyectos que modifican su estructura de financiamiento o tienen riesgos distintos al de la propia empresa.

10.1 El costo del capital

El costo del capital representa la tasa de retorno exigida a la inversión realizada en un proyecto, para compensar el costo de oportunidad de los recursos propios destinados a ella, la variabilidad del riesgo y el costo financiero de los recursos obtenidos en préstamos, si se recurriera a esta fuente de financiamiento. En otras palabras, la tasa de costo de capital debe ser igual a la rentabilidad esperada de un activo financiero de riesgo comparable, ya que los accionistas de la empresa estarán dispuestos a invertir en un proyecto si su rentabilidad esperada es más alta, en igualdad de condiciones de riesgo, que la que obtendría invirtiendo en activos financieros como, por ejemplo, acciones.

La empresa, al optar por un determinado proyecto de inversión, desvía recursos que dejan de redituarte la rentabilidad alternativa, por lo que asume un *costo de oportunidad*. Sin embargo, es muy probable que ambos proyectos tengan riesgos distintos, por lo que este costo se define como la mejor rentabilidad esperada después de su ajuste por riesgo.

La rentabilidad esperada para la empresa se puede calcular mediante el *Modelo para la valoración de los activos de capital* (CAPM), que señala que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo:

$$(10.1) \quad E(R_i) = R_f + \beta [E(R_m) - R_f]$$

donde $E(R_i)$ es la rentabilidad esperada de la empresa, R_f la tasa libre de riesgos y $E(R_m)$ la tasa de retorno esperada para el mercado.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Para el modelo CAPM, cada inversionista tiene la opción de configurar su cartera de inversiones en función de sus preferencias de retorno y del riesgo que, como se expuso en el capítulo anterior, para un conjunto de proyectos puede clasificarse como sistemático o no diversificable y no sistemático o diversificable, donde el coeficiente beta es el factor de medida del riesgo sistemático.

El cálculo del beta, sin embargo, enfrenta limitaciones que pueden distorsionar los resultados como, por ejemplo, que el beta sectorial deba calcularse sobre información no representativa por la cantidad de empresas que tengan presencia bursátil o por el eventual cambio de giro de las empresas que transan en bolsa. De igual forma, el modelo CAPM también tiene debilidades, aunque por su simplicidad es generalmente aceptado por muchos evaluadores de proyectos. Las principales son que se basa en la existencia de un activo libre de riesgo que no se observa en la realidad en términos puros, que considera una única fuente de riesgo y que falta la evidencia empírica que respalde la hipótesis del coeficiente beta.

Ejemplo 10.1

Suponiendo que una empresa se financia sólo con capital propio, que el coeficiente beta de los proyectos nuevos es 1,18 e igual al del capital de la empresa, que la tasa libre de riesgo es del 6% y que la prima por riesgo de mercado es del 8%, la tasa de descuento de los nuevos proyectos sería, reemplazando en la ecuación 10.1, la siguiente:

$$r_0 = 6\% + 1,18 (8\%) = 15,4\%$$

donde r_0 es el costo de capital.

El coeficiente beta del capital de la empresa se calcula por los procedimientos expuestos en el capítulo anterior y, como se puede apreciar, influye directamente en la magnitud de la tasa de descuento de la que depende, en gran medida, el resultado de la rentabilidad esperada de cualquier proyecto.

Sin embargo, el supuesto de que la inversión se financia en su totalidad con recursos propios no es realista en la gran mayoría de los casos. Por ello, se hace necesario incorporar el efecto de un eventual endeudamiento sobre la rentabilidad de la inversión.

La situación de una deuda es comparable con la de un apalancamiento operacional. Cuando una empresa tiene costos fijos más altos y costos variables unitarios más bajos respecto de otra cuyos costos fijos son bajos pero los variables unitarios altos, se dice que tiene un *apalancamiento operativo* mayor, ya que una variación en el nivel de ventas impacta más fuertemente en la variación de los beneficios.

Ejemplo 10.2

Dos empresas que elaboran un mismo producto utilizan alternativas tecnológicas distintas con estructuras de costos diferentes:

| | Tecnología A | Tecnología B |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Precio venta producto | \$200 | \$200 |
| Costo variable unitario | \$120 | \$90 |
| Margen de contribución | \$80 | \$110 |
| Costo fijo | \$12.000 | \$20.000 |

En este caso, la empresa que usa la opción tecnológica B tiene un apalancamiento operativo mayor, ya que un incremento en las ventas aporta \$ 110 por cada unidad, mientras que en la otra sólo contribuye con \$80. De la misma forma, una reducción en la actividad afecta más fuertemente

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

a la empresa que usa la tecnología B, ya que deja de recibir más beneficios por cada unidad que se deje de vender, pero mantiene compromisos de pago sobre los costos fijos.

Cuando la empresa se endeuda para financiar un proyecto, asume la responsabilidad de pago de los intereses, independientemente del comportamiento de sus ventas, por lo que tiene el carácter de costo fijo. A este caso se le denomina *apalancamiento financiero*.

Para incorporar este efecto existen dos modelos generales.

- a. Ajustar el VAN del proyecto por el VAN del financiamiento.
- b. Ajustar la tasa de descuento calculando el costo promedio ponderado del capital

10.2 El valor actual neto ajustado

El criterio del *valor actual neto ajustado* consiste en calcular el VAN del proyecto a la tasa r_s determinada, para luego sumarle el valor actual del efecto del financiamiento.

Ejemplo 10.3

Suponga que el flujo de caja resultante para un proyecto es el que se muestra a continuación y que la empresa desea medir el impacto de endeudarse en un 60% del valor de la inversión a una tasa de interés (r_d) del 9% anual, en un plazo de seis años.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Flujo | -10.000 | 2.000 | 2.200 | 2.450 | 2.600 | 2.652 | 2.705 | 2.759 | 2.814 | 2.871 | 2.928 |

Al calcular el VAN a la tasa del 15,4% obtenida en el ejemplo 10.1, resulta \$2.284.

Para incorporar el efecto de la deuda, se procede a calcular el valor de la cuota y la tabla de pagos, para diferenciar la parte de la cuota que corresponde a intereses y que es deducible de impuestos, de aquella que corresponde a la amortización de la deuda. Aplicando la ecuación 7.4, se determina un valor de la cuota de \$1.337,5.

La *tabla de pago* o *tabla de amortización de deuda* quedaría como lo muestra la tabla 10.1.

Tabla 10.1Tabla de pago de la deuda

| Saldo de deuda | Servicio de la deuda | Intereses | Amortización |
|----------------|----------------------|-----------|--------------|
| 6.000,0 | 1.337,5 | 540,0 | 797,5 |
| 5.202,5 | 1.337,5 | 468,2 | 869,3 |
| 4.333,2 | 1.337,5 | 390,0 | 947,5 |
| 3.385,7 | 1.337,5 | 304,7 | 1.032,8 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | | |
|---------|---------|-------|---------|
| 2.352,8 | 1.337,5 | 211,8 | 1.125,8 |
| 1.227,1 | 1.337,5 | 110,4 | 1.227,1 |

Al confeccionar el flujo de caja de la deuda, incorporando el efecto tributario de los intereses, resulta lo que se muestra en la tabla 10.2, para una tasa de impuestos del 15%.

Tabla 10.2 Flujo de la deuda neto de impuestos

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Intereses | | -540,0 | -468,2 | -390 | -304,7 | -211,8 | -110,4 |
| Impuesto | | 81,0 | 70,2 | 58,5 | 45,7 | 31,8 | 16,6 |
| Interés neto | | -459,0 | -398,0 | -331,5 | -259,0 | -180,0 | -93,9 |
| Préstamo | 6.000 | | | | | | |
| Amortización | | -797,5 | -869,3 | -947,5 | -1.032,8 | -1.125,8 | -1.227,1 |
| Flujo deuda | 6.000 | -1.256,5 | -1.267,3 | -1.279,0 | -1.291,8 | -1.305,8 | -1.321,0 |

El valor actual neto del flujo de la deuda, a la tasa r_d del 9%, queda en \$241.

Aplicando la siguiente ecuación se obtiene el VAN ajustado.

$$(10.2) \quad \text{VAN}_p + \text{VAN}_d = \text{VAN}_a$$

donde VAN_p es el valor actual neto del proyecto, VAN_d el de la deuda y VAN_a el ajustado. De acuerdo con esto, el VAN ajustado queda en

$$\text{VAN}_a = 2.284 + 241 = 2.525$$

El criterio del VAN ajustado es particularmente útil cuando se considera que el servicio de la deuda va cambiando la estructura deuda/capital, lo que obligaría, al corregir la tasa de descuento, a trabajar con tasas diferentes en cada período.

Cuando se considera que un nuevo proyecto mantendrá la estructura de financiamiento de la empresa en el largo plazo, se puede ajustar la tasa de descuento para incorporar en ella el efecto de la deuda.

10.3 Ajuste a la tasa de descuento

Los métodos de *ajuste a la tasa de descuento* para incluir el efecto neto de la deuda se aplican en proyectos donde se supone que la estructura de endeudamiento es constante en el tiempo y en cualquier nivel de inversión.

Existen fundamentalmente dos modelos para ajustar la tasa de descuento, que reflejan el resultado de una ponderación del costo del capital: uno que calcula la media ponderada de los betas del capital propio y la deuda y otro que calcula la media ponderada de las tasas de retorno del capital propio y de la deuda.

10.3.1 Costo de capital promedio ponderado de los betas

El cálculo de la *media ponderada de los betas* de la deuda y del capital propio requiere que en una primera etapa se calculen ambos betas, se ponderen de acuerdo con la relación deuda/capital y se sustituya el beta resultante en la ecuación 10.1. De esta forma, el beta calculado corresponderá al de todos los activos de la empresa y se obtiene ponderando de la siguiente forma:

$$(10.3) \quad \beta_A = \frac{D}{D+C} * \beta_D + \frac{C}{D+C} * \beta_C$$

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

$$D + C \quad D + C$$

donde β_A es el beta ponderado para todos los activos, $D/D + C$ el porcentaje de la deuda sobre la estructura total de capital, β_D el beta de la deuda, $C/D + C$ el porcentaje de capital propio sobre la estructura total de capital y β_C el beta del capital de la empresa endeudada.

Debido a que en la práctica el beta de la deuda es muy bajo, ya que la empresa enfrenta el compromiso de pago independientemente de sus flujos, es común suponer que tiende a cero, por lo que la ecuación 10.3 se transforma en:

$$(10.4) \quad \beta_A = \frac{C}{D + C} * \beta_C$$

Como el costo de la deuda es deducible de impuestos, el beta de los activos se puede expresar como:

$$(10.5) \quad \beta_A = \frac{C}{D(1-t) + C} * \beta_C$$

En otras palabras, el β_A es equivalente al beta de una empresa no apalancada (sin deuda) y β_C el beta del capital de una empresa con deuda. Es decir:

$$(10.6) \quad \beta^{s/d} = \frac{C}{D(1-t) + C} * \beta^{c/d}$$

La información disponible en el mercado bursátil es el beta del capital para empresas que ya están endeudadas, por lo que se determina el $\beta^{s/d}$ para poder calcular la tasa de descuento para una empresa sin deuda a través del CAPM¹ con el objeto de hacer equivalente el beta del patrimonio sin deuda con el beta de la empresa. Lo que se calcula, entonces, es el beta del capital propio sin deuda que, en la práctica, corresponde al beta del proyecto puro, es decir, mide el riesgo operacional del negocio.

Ejemplo 10.4

Suponga que una empresa mantiene una estructura deuda/capital de 1/3 (o sea, 25% deuda y 75% capital propio). Si la deuda no presenta riesgos, la tasa de impuesto a las utilidades es del 15% y el beta del capital propio es 1,2, entonces el beta del patrimonio sin deuda es:

$$\beta^{s/d} = \frac{0,75}{0,25(1 - 0,15) + 0,75} * 1,2 = 0,94$$

Si la tasa libre de riesgos es del 7% y la rentabilidad esperada del mercado por sobre la tasa libre de riesgos es del 8,5%, la tasa de descuento resultante de aplicar el beta calculado al modelo CAPM sería:

$$rs^* = 7\% + 0,94 (8,5\%) = 14,99\%$$

donde rs^* es la tasa de descuento ajustada.

1 . Nótese que esta ecuación se deriva del modelo clásico de Hamada:

$$(10.7) \quad \beta^{c/d} = \beta^{s/d} \left(\frac{D(1-t)}{C} + 1 \right) = \beta^{s/d} \left(\frac{D(1-t) + C}{C} \right)$$

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

de donde:

$$(10.8) \quad \beta^{s/d} = \frac{C}{D(1-t)+C} * \beta^{c/d}$$

Este costo de capital es válido para proyectos que se financien con la misma proporción deuda/capital que el resto de la empresa.

10.3.2 Costo promedio ponderado del capital

El *costo promedio ponderado del capital* pondera el costo de la deuda (r_d) después de impuestos con el costo del capital propio (r_s), mediante la siguiente ecuación

$$(10.9) \quad r_{pp} = \frac{C}{C+D} r_s + \frac{D}{C+D} r_d (1-t)$$

donde r_{pp} es el costo promedio ponderado del capital y r_s el costo de capital con apalancamiento.

Ejemplo 10.5

Suponga que una empresa financiará un nuevo proyecto con deuda que modificará la estructura permanente deuda/capital propio a 1:4 (o sea, 20% deuda y 80% capital propio). Si la tasa de costo de capital apalancada r_s es del 18,7%, la tasa de interés r_d del 10% y la tasa de impuesto del 15%, el costo promedio ponderado del capital sería, reemplazando en la ecuación 10.9, el siguiente

$$r_{pp} = \frac{0,8}{0,8+0,2} (0,187) + \frac{0,2}{0,8+0,2} (0,10) (1-0,15) = 16,6\%$$

Cuando la empresa financiaba todo con capital propio, el r_{pp} era igual al r_s :

$$r_{pp} = \frac{1}{1} (0,187) + \frac{0}{1} (0,10) (1-0,15) = 18,7\%$$

La reducción de la tasa de costo de capital se explica porque al financiar parte de la inversión con deuda se accede a fuentes de financiamiento generalmente más baratas que el costo alternativo de uso de los recursos propios y, además, se aprovecha el subsidio tributario de los intereses, ya que constituyen un gasto deducible de impuestos.

La fórmula para calcular el costo promedio ponderado del capital considera una relación deuda/capital constante para la empresa, por lo que la tasa obtenida es válida para proyectos que tengan características de riesgo similares a los de la empresa y que no modifiquen la relación de endeudamiento existente.

La tasa de descuento calculada por el costo promedio ponderado del capital se aplica sobre los flujos de caja suponiendo que se financia en su totalidad con capital propio, ya que los efectos de su financiamiento se corrigieron en la tasa. Nótese que este supuesto es similar al empleado al calcular el valor actual ajustado, donde el flujo y la tasa de descuento consideraban sólo financiación propia, ajustando el resultado del VAN por el valor actual neto de la deuda.

Aunque ambos modelos usan los flujos de caja no apalancados, el del valor actual ajustado otorga flexibilidad al análisis de la deuda, al permitir incorporar el efecto del financiamiento específico a cada período, mientras que el del costo promedio ponderado del capital supone condiciones constantes a toda la vida del proyecto. Al cambiar la relación deuda/capital por el servicio anual del préstamo, lo correcto sería medir la rentabilidad del proyecto con tasas promedios variables para

cada período, lo que sin duda constituye una desventaja comparativa respecto del valor actual ajustado.

10.3.3 Ajuste de los flujos de caja y de la tasa de descuento

En los capítulos iniciales se señaló que existe un flujo de caja que mide la rentabilidad del proyecto y otro que mide la rentabilidad de los recursos propios invertidos en ese proyecto. En este último caso, el flujo de caja era corregido por el efecto de los intereses del préstamo, su efecto tributario, el préstamo y la amortización de la deuda.

El objetivo principal de ese flujo es determinar, como información complementaria, la TIR de los recursos propios invertidos, aunque conceptualmente se puede utilizar para calcular el VAN. Ello se logra modificando la tasa de descuento r_0 para asimilarla a una tasa r_s correspondiente a la del costo de capital patrimonial con apalancamiento, mediante la siguiente ecuación.

$$(10.10) \quad r_s = r_0 + \frac{D}{C} (1 - t) (r_0 - r_d)$$

donde r_s es el costo del capital propio con apalancamiento financiero.

Ejemplo 10.6

Suponga el siguiente ejemplo para explicar cómo se determinó la tasa de costo de capital con apalancamiento del 18,7% del ejemplo anterior.

Una empresa va a ejecutar un proyecto que modificará en forma permanente su estructura de endeudamiento a una relación 1:3. La tasa de interés al préstamo es del 11%, la tasa de costo de capital de empresas comparables no apalancadas es 17% y la tasa de impuestos del 15%. Sustituyendo en la ecuación 10.10, se obtiene:

$$r_s = 0,17 + \frac{1}{3} (1 - 0,15) (0,17 - 0,11) = 18,7\%$$

10.4 Variaciones en la tasa de descuento

Al evaluar proyectos en empresas en marcha se deben considerar no sólo las variaciones en los flujos de costos y beneficios, sino también los cambios que pueden inducir sobre la tasa de costo de capital relevante para evaluar una nueva inversión. Esto último se observa principalmente cuando el proyecto es de una magnitud tal que modifica la estructura de endeudamiento de largo plazo de la empresa o cuando modifica los niveles de riesgo.

Lo anterior se observa, por ejemplo, cuando el proyecto tiene una alta importancia relativa en la cadena de valor de la empresa. Es el caso de evaluar una inversión (o un abandono) en un proyecto de imprenta para una empresa editorial. Probablemente el riesgo del negocio de impresión sea diferente al del negocio editorial y la magnitud de la inversión involucrada en el primero modifique la estructura de endeudamiento en el largo plazo del segundo si se opta por integrar la impresión al proceso de producción.

Si el nuevo proyecto cambia la relación de riesgo de la inversión, el costo del capital patrimonial y el costo promedio ponderado del capital también cambian.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Ejemplo 10.7

Suponga que una empresa minera tiene una estructura de endeudamiento con una relación 1:3, que el costo de la deuda es del 10%, la tasa libre de riesgo del 7%, la rentabilidad promedio del mercado del 14%, la tasa de impuestos del 15% y el coeficiente beta 0,9. El costo del capital patrimonial sería:

$$0,07 + 0,9 (0,14 - 0,07) = 0,133 = 13,3\%$$

De acuerdo con esto, el costo promedio ponderado del capital sería de:

$$0,10 (1 - 0,15) (0,25) + 0,133 (0,75) = 12,1\%$$

Si la empresa minera evalúa una gran inversión para sustituir el sistema de transporte que hoy contrata por un transporte propio, lo más probable es que la magnitud del proyecto y su poca relación con el proceso central de la empresa hagan conveniente evaluarlo a su propia tasa de costo de capital. Si el coeficiente beta para los proyectos de transporte fuese 0,65, el costo del capital patrimonial para la empresa en este proyecto sería de:

$$0,07 + 0,65 (0,14 - 0,07) = 0,1155 = 11,55\%$$

Suponiendo que la empresa financiará este proyecto sin modificar su estructura de endeudamiento en el largo plazo, el costo promedio ponderado del capital se calcula por

$$0,10 (1 - 0,15) (0,25) + 0,1155 (0,75) = 10,3\%$$

En proyectos de sustitución de activos también es posible observar cambios en la tasa de descuento, con excepción de aquellos que reemplazarían la tecnología actual por otra similar, que no modifique el grado de riesgo ni la estructura de endeudamiento de la empresa.

Si la sustitución no cambia el riesgo pero sí la estructura de endeudamiento, se producirá un cambio en la tasa de costo de capital.

Cuando la sustitución involucra un cambio tecnológico como, por ejemplo, si se evalúa reemplazar el sistema de generación eléctrica de carbón por petróleo, lo más probable es que se produzca un cambio importante y significativo para la evaluación en la relación de riesgos.

En algunos casos, el cambio tecnológico afecta los niveles de producción y ventas o el aprovechamiento de algún subproducto o desecho. En ambas situaciones se asimilará el cambio en la tasa de costo de capital a los cambios que ocasionará un típico caso de ampliación.

Para aumentar el nivel de producción del producto principal o de uno de sus subproductos, lo más probable es que la empresa deba invertir en mayor cantidad de activos los que, dependiendo de cómo se financien, podrán afectar el costo del capital tanto por su impacto en el nivel de riesgo del negocio como en la estructura de endeudamiento de la empresa.

Si la ampliación pretende cubrir demanda insatisfecha local, el nivel de riesgo del proyecto diferirá de si se busca la expansión hacia mercados internacionales. En este último caso, el modelo CAPM deberá considerar el coeficiente beta internacional (riesgo de mercado, riesgo país y riesgo del tipo de cambio).

Por otra parte, si el proyecto de ampliación consiste en la integración vertical de parte del proceso que se contrata externamente, el coeficiente beta que se considerará será el del proyecto a evaluar. Por ejemplo, si una editorial busca medir la rentabilidad de invertir en un sistema de impresión propia, el beta que se deberá utilizar corresponderá al del sector imprenta y no al de la industria editorial.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

En el caso contrario, cuando la empresa busca determinar la conveniencia de una desinversión, los recursos liberados por un eventual abandono de una línea de productos pueden ser utilizados para modificar la estructura de endeudamiento de largo plazo de la empresa así como el factor de riesgo. Por ejemplo, cuando una empresa agroindustrial evalúa el cierre de su área de negocio de exportación de fruta fresca para destinar los recursos liberados a la fabricación de pulpa de fruta para jugos y a la disminución de su relación deuda/capital, el cambio en la tasa de descuento se produce tanto por la variación en esta relación como en la del riesgo inherente al negocio. El abandono puede provocar cambios en ambos factores o en uno solo de ellos, dependiendo del destino de los recursos liberados.

Preguntas y problemas

10.1 Explique el concepto de costo de capital y su relación con la estructura de endeudamiento de la empresa.

10.2 Señale los factores que se busca compensar con la determinación de la tasa de costo de capital.

10.3 Explique en qué consiste el modelo para la valoración de los activos de capital y enuncie las principales limitaciones que tiene en la determinación de la tasa de costo de capital de un proyecto.

10.4 Suponiendo que el coeficiente beta de una empresa que se financia en su totalidad con capital propio es 1,4, que la tasa libre de riesgos es el 8% y la prima por riesgos 7%, determine la tasa de descuento.

10.5 Explique el concepto de apalancamiento financiero y su relación con el apalancamiento operativo.

10.6 Enuncie los modelos que permiten incorporar el efecto de la deuda en la evaluación de un proyecto.

10.7 ¿En qué consiste y cuándo se recomienda utilizar el método del valor actual ajustado?

10.8 Un proyecto muestra el siguiente flujo de caja:

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Flujo | -1.000 | 200 | 220 | 290 | 370 | 200 | 480 | 480 | 480 | 480 | 480 |

Si se desea medir el impacto de endeudarse a una tasa del 11% anual para financiarlo en un período de ocho años, determine el valor actual ajustado si la tasa de impuestos es 15%, para:

- un endeudamiento del 60% de la inversión,
- un endeudamiento del 50% de la inversión,
- un endeudamiento del 40% de la inversión.

10.9 Explique los cambios que se observan en los resultados de la pregunta anterior para cada una de las opciones de endeudamiento.

10.10 ¿Se puede determinar con el valor actual ajustado la capacidad de pago de una eventual deuda para financiar un proyecto?

10.11 Explique los métodos para ajustar la tasa de descuento con el efecto del endeudamiento de un proyecto.

10.12 ¿En qué consiste el costo de capital promedio ponderado de los betas?

10.13 ¿Cómo definiría el beta de los activos, el beta de la deuda y el beta del capital propio?

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

10.14 Si la estructura deuda/capital de una empresa es 1:4, los impuestos son un 15% de las utilidades, la deuda no presenta riesgos y el beta del capital propio es 1,3 ¿cuál es el beta de los activos?

10.15 Con los datos de la pregunta anterior, determine el costo del capital mediante el modelo CAPM para una empresa con una tasa libre de riesgos del 6% una rentabilidad esperada del mercado del 14%.

10.16 ¿En qué casos se recomienda utilizar el costo de capital calculado en la pregunta anterior para evaluar un proyecto particular?

10.17 Explique el modelo del costo promedio ponderado del capital y los casos en que se recomienda utilizarlo.

10.18 Al evaluar un nuevo proyecto una empresa considera modificar la estructura permanente deuda/capital a 1:3. Si la tasa de costo de capital sin apalancamiento es del 16%, la tasa de interés del préstamo es del 10% y la tasa de impuestos a las utilidades del 15%, calcule la tasa de costo promedio ponderado del capital.

10.19 ¿Cómo explicaría que la tasa de costo promedio ponderado del capital sea inferior a la tasa de costo de capital sin apalancamiento?

10.20 ¿Qué supuestos son coincidentes en el cálculo del valor actual ajustado con el del costo promedio ponderado del capital?

10.21 ¿En qué se diferencian los modelos de cálculo del valor actual ajustado y el costo promedio ponderado del capital?

10.22 ¿Qué tasa de descuento se debe usar para evaluar el flujo de caja del inversionista?

10.23 Una empresa que pertenece a un sector industrial donde se observa una tasa de costo de capital en empresas no apalancadas del 16%, evalúa un proyecto que modificaría en forma permanente su estructura deuda/capital a una relación 2:3. Si la tasa de interés de la deuda es del 10% y la de impuestos del 15% ¿cuál es la tasa de descuento relevante para el proyecto?

10.24 Se conoce la siguiente información para la evaluación de un proyecto:
Inversión inicial \$10.000

| | |
|----------------------|---------|
| Vida útil | 8 años |
| Flujo anual | \$2.200 |
| Costo capital propio | 14% |
| Tasa interés | 8% |
| Tasa impuestos | 15% |

Con esta información, calcule:

- VAN del proyecto,
- valor actual ajustado si la empresa financia el proyecto con un 40% de deuda a ocho años plazo.

10.25 ¿Hay diferencias entre el costo de capital de la empresa y el costo de capital de un proyecto particular que desea llevar a cabo?

10.26 Si el beta del proyecto difiere del beta de la empresa ¿en cuál de los dos se deberá basar la tasa de descuento para evaluar el proyecto?

10.27 La relación deuda/capital de una empresa es 0,67 y el beta del capital es 1,4. Si la rentabilidad esperada del mercado es del 15%, la tasa libre de riesgos del 7%, la tasa de impuestos del 15% y el interés de la deuda del 9%, calcule:

- el costo del capital de la empresa,
- el costo promedio ponderado del capital.

10.28 ¿Qué factores pueden hacer que la tasa de costo de capital que se utilice en la evaluación de un proyecto sea diferente a la usada generalmente por la empresa?

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

10.29 ¿En qué casos un proyecto de sustitución puede o no generar un impacto sobre la tasa de costo de capital de la empresa?

10.30 Enuncie los factores que influyen en el cálculo del coeficiente beta de un proyecto de ampliación para expandirse a mercados internacionales.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, M. I. y M. A. DUISBERG. Cálculo de la tasa de costo de capital para proyectos en empresas en marcha. CIADE, Universidad de Chile, Santiago, 2000.
- BIERMAN, H. y S. SMIDT. The Capital Budgeting Decisión; Economic Analysis of Investment Projects. Macmillan, New York, 1993.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CANADA, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.
- CACHANOSKY, J. Value Based management. <http://sites.netscape.net/shikida/libertarias/1/libertarias.html>. 1999.
- EPPEN, G. D. y otros. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 2000.
- GREGOIRE, J. y S. ZURITA. Lecturas de economía financiera. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 1995.
- DIXIT, A. y R. PINDYCK. Investment under uncertainty. Princeton University Press, Princeton, 1995.
- NEUBERGER, A. Cómo poner precio a las acciones. Serie "Management en Finanzas" num. 9. El Diario/Financial Times. Santiago de Chile, 2000.
- PARISI, F. y A. PARISI. Costo de capital, <http://www.parisinet.com/>. 2000.
- ROSS, S., R. WESTERFIELD y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- VÉLEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.

ANÁLISIS OPTIMIZANTE DEL PROYECTO

La regla de decisión basada en el método del valor actual neto se sustenta en que la riqueza de la empresa aumenta con cada proyecto aceptado que tenga un VAN positivo. Sin embargo, un VAN mayor que cero no es condición suficiente para recomendar la aprobación de la inversión, por cuanto podrían existir, en el mismo proyecto, otras oportunidades que posibilitarían maximizar la rentabilidad, ya sea porque existan tamaños más convenientes de planta o momentos de tiempo mejores que el actual para implementar la decisión de hacer el proyecto.

En este capítulo se analizan los criterios de optimización de proyectos para los casos más comunes y, generalmente, los más complejos: momentos óptimos, tamaño óptimo y combinatoria óptima de proyectos en presencia de restricciones de capital.

11.1 Estimación de momentos óptimos¹

Existen dos situaciones donde la sensibilización del resultado de adelantar o postergar una decisión puede mostrar cambios significativos en la rentabilidad calculada de un proyecto, pudiendo, por ello, encontrarse una solución mejor si se modifica el momento de hacerlo:

1. Un completo análisis de los momentos óptimos para hacer un proyecto se encuentra en GUTIÉRREZ, H. Evaluación de proyectos ante certidumbre. CIADE, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 1994, pp. 107-180.

el momento de hacer la inversión y el de liquidarla. La primera de ellas presenta una particularidad especial cuando se trata de determinar el momento óptimo de reemplazar un activo.

11.1.1 El momento óptimo de invertir

Para determinar el momento óptimo de hacer la inversión se puede recurrir a distintos criterios, dependiendo de las características específicas que presente el proyecto. El instrumento más recurrente para definir cuándo hacer la inversión se denomina *rentabilidad inmediata*, la cual mide la rentabilidad del primer año de operación respecto de la inversión realizada y se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$(11.1) \quad RI = \frac{F_1}{I_0}$$

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

donde RI es el índice de rentabilidad inmediata, F_1 el flujo de caja esperado para el primer año de funcionamiento e I_0 la inversión realizada en el momento cero.

La rentabilidad inmediata se fundamenta en que puede haber un proyecto con flujos de caja tan altos en los años futuros que compensaría a flujos que pudieran ser muy bajos en los años iniciales, mostrando un VAN positivo para el total del proyecto.

La regla de decisión señala que el proyecto se debe implementar cuando el primer flujo de caja sobre la inversión dé, como resultado, un índice igual o superior a la tasa de retorno exigida por el inversionista. Si el flujo del primer año fuese inferior a ella, la inversión deberá posponerse, por cuanto esos recursos debieran ser capaces de rentar dicha tasa en otro proyecto optativo de inversión para la misma empresa.

Esto supone que los flujos futuros de caja son independientes de cuándo se realiza el proyecto.

La regla de decisión se explica porque al ser los beneficios independientes de cuándo se ejecuta el proyecto, los flujos de caja entre invertir hoy en el proyecto o hacerlo en un año más, serían siempre los que se muestran en la tabla 11.1.

Tabla 11.1 Flujo de caja incremental al no postergar la inversión

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | → | n |
|-----------------|--------|--------|----|----|----|----|----|----|
| Iniciar hoy | -1.000 | 30 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Posponer un año | | -1.000 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Incremental | -1.000 | 1.030 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

El flujo incremental indica qué pasa si se hace hoy la inversión en vez de posponerla un año. Si no se posterga, la empresa tendría que asumir ahora el costo de invertir a cambio de "ahorrarse" la inversión en un año más y de obtener el beneficio de generar el flujo de caja de \$30 el próximo año. Desde el año 2 los beneficios son idénticos cualquiera sea el momento de iniciar la inversión y, por lo tanto, son irrelevantes para el análisis.

Si todo se expresa en moneda del momento cero y si la tasa de descuento fuese el 10%, se tendría:

$$(11.2) \quad -I_0 + \frac{I_0}{1+i} + \frac{F_1}{1+i} = \text{VAN incremental}^2$$

es decir

$$-1.000 + \frac{1.030}{1+0,1} = -63,64$$

2. Dado que un VAN incremental igual o mayor que cero hace conveniente la postergación de la inversión y que se supone que, en moneda de igual valor la inversión no cambia, por lo que $I_0 = I'_0$ (de aquí en adelante I), esta ecuación se puede expresar como sigue para exponer la condición de aceptabilidad de la postergación:

$$+I - \frac{I}{(1+i)} - \frac{F_1}{(1+i)} \geq 0$$

de lo que se deduce:

$$I \geq \frac{I}{(1+i)} + \frac{F_1}{(1+i)}$$

que es lo mismo que

$$I(1+i) \geq I + F_1$$

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | |
|------------|-------------------------|
| Luego | $I(1+i) - I \geq F_1$ |
| entonces | $I[(1+i) - 1] \geq F_1$ |
| y | $I \cdot i \geq F_1$ |
| resultando | $I \geq \frac{F_1}{i}$ |

O sea, si la rentabilidad del primer año es inferior a la tasa de retorno exigida a la inversión, se cumple la condición de aceptabilidad de la postergación.

Al aplicar el concepto de rentabilidad inmediata a los datos de la tabla 11.1, se observa que recién en el momento 3 se obtiene un resultado superior a 10%, lo que indica que la inversión debe hacerse en el momento 2.

Cuando la inversión se debe realizar en más de un año, corresponderá capitalizar el flujo de inversiones hasta el momento cero y proceder a aplicar directamente la fórmula de cálculo de la rentabilidad inmediata.

Si los beneficios netos fuesen constantes en el tiempo, no tiene sentido calcular la rentabilidad inmediata, por cuanto F_1/I_0 tendrá siempre el mismo resultado. Si éste es mayor o igual a la tasa exigida -y basado sólo en consideraciones económicas- se deberá implementar de inmediato el proyecto, ya que reporta al inversionista, desde el primer año de operación, a lo menos la rentabilidad deseada.

Obviamente, el modelo considera sólo la variable económica para proponer un curso de acción. Sin embargo, existe una cantidad importante de otras variables que se deben tomar en cuenta al tomar una decisión. Por ejemplo, la posibilidad de que con la postergación de la inversión se bajen las barreras a la entrada de nuevos competidores que pudieran incorporarse hoy con un proyecto opcional, o que al estar el proyecto integrado a un plan de desarrollo estratégico de la empresa atente contra los resultados consolidados de ella.

Por último, la rentabilidad inmediata no puede ser empleada cuando los beneficios netos son dependientes de la inversión. Por ejemplo, sería ilógico que se postergue por cuatro años la plantación de árboles frutales que dan frutos -y por lo tanto generan un flujo de caja positivo por su venta- a partir del cuarto año de realizada la inversión, ya que si ésta se posterga, se deberá esperar otros cuatro años más para que los árboles den un producto que sea posible de comercializar.

11.1.2 Momento óptimo de hacer un reemplazo

Como se mencionó anteriormente, un caso especial respecto del momento óptimo de hacer la inversión se relaciona con la oportunidad de reemplazar un activo. En este caso, se pueden distinguir dos situaciones básicas:

- a. el reemplazo de un activo que incrementa a lo largo el tiempo sus costos debido al deterioro normal que produce el desgaste, por otro idéntico pero nuevo, y
- b. el reemplazo de un activo por otro que introduce cambios tecnológicos en el proceso productivo.

La situación de reemplazar un activo deteriorado por otro igual se fundamenta en que el aumento de costos del primero llegará a tal nivel que el reemplazo se deberá hacer necesariamente en algún momento.

Para determinar el momento más conveniente para el cambio se supone, en una primera alternativa metodológica, que el costo atribuible al deterioro crece anualmente a una tasa fija y se

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

asume que la productividad, y por lo tanto los beneficios, son los mismos ya sea que se utilice en el proceso una máquina nueva u otra con más deterioro.

El momento óptimo del reemplazo se calculará determinando el número de años de uso que minimiza el valor actual de los costos, incluyendo en éstos la inversión inicial, lo que se logra aplicando la siguiente ecuación:

$$(11.3) \quad n = \frac{i * I_0}{g} + \frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n}$$

donde n representa al número de años de vida útil económica de la máquina, I_0 el valor de la máquina nueva, i la tasa de retorno exigida a la inversión y g el aumento anual de los costos por el deterioro del activo.³

Para encontrar n se debe proceder a probar distintos valores para que por aproximaciones sucesivas se pueda hallar el valor de n que haga cumplir la ecuación, o recurrir a una calculadora programable o a una computadora.

Ejemplo 11.1

Suponga que una máquina tiene un valor de adquisición de \$30.000, que el crecimiento anual en los costos de operación por su deterioro es de \$1.000 y que la tasa de retorno exigida es de un 12%. Reemplazando en la ecuación anterior, se tendría el siguiente resultado:

$$n = \frac{30.000 * 0,12}{1.000} + \frac{1}{0,12} - \frac{1}{0,12(1,12)^n}$$

que es lo mismo que

$$n = 20,33 - \frac{8,33}{1,12^n}$$

3. Una deducción de esta fórmula se encuentra en GUTIÉRREZ, H., ibídem pp. 148-149.

lo que da como resultado 8,89. Es decir, el equipo debería ser sustituido por otro idéntico cuando cumpla aproximadamente nueve años de antigüedad.

Cuando se incorpora una tasa de crecimiento no constante en los costos de operación o un cambio en el valor de desecho del equipo sustituido en función de su antigüedad, la solución pasa por calcular el costo anual equivalente para diferentes plazos de uso del activo, hasta encontrar aquel número de años que haga mínimo el costo anual equivalente.

El *costo anual equivalente*⁴ no es otra cosa que el valor actual de los costos de un proyecto, calculados respecto a una base anual uniforme equivalente. Su principal utilidad se manifiesta al comparar proyectos, de distinta vida útil, que son replicados a perpetuidad, ya que, al calcular el equivalente anual de su inversión y flujos futuros para un ciclo cualquiera de vida de un activo, el instrumento deduce su costo anual equivalente perpetuo. En cualquiera de los ciclos que se calcule se obtendrá el mismo valor anual equivalente.

Ejemplo 11.2

Para ejemplificar cómo determinar cuál de dos tecnologías es más conveniente para la empresa, considérese la siguiente información:

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | Máquina 1 | Máquina 2 |
|------------------|-----------|-----------|
| Precio | -1.000 | -1.300 |
| Flujo neto anual | -200 | -160 |
| Vida útil | 3 años | 5 años |
| Valor de desecho | +400 | +300 |

Ambas máquinas prestan el mismo servicio, por lo que los beneficios asociados a ambas son iguales y, por lo tanto, irrelevantes para la decisión.

Si se actualizan los flujos anuales y se agrega el valor de la inversión resulta:

4. Aunque el nombre del concepto incluye la palabra "anual", en realidad sirve para calcular una serie equivalente uniforme cualquiera sea la unidad de tiempo de que se trate, siempre que todas las variables (tasa de descuento, la misma anualidad y el factor n de la ecuación sobre la que se calculará) estén expresadas en esa misma unidad.

| | Máquina 1 | Máquina 2 |
|--------------|-----------|-----------|
| Valor actual | -1.196 | -1.720 |

Como se vio en el capítulo 8, la anualidad equivalente de un valor actual cualquiera se puede calcular por la siguiente expresión:

$$(11.4) \quad F = VA * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Reemplazando con los valores conocidos, se obtiene, para la máquina 1:

$$F = 1.196 * \frac{0,1(1,1)^3}{(1,1)^3 - 1} = 480,93$$

Siguiendo el mismo procedimiento, es posible calcular el costo anual equivalente de la máquina 2 como sigue:

$$F = 1.720 * \frac{0,1(1,1)^5}{(1,1)^5 - 1} = 453,73$$

De esto se deduce que es más conveniente invertir cada cinco años en la segunda tecnología y no cada tres años en la primera. Es decir, el menor costo anual y la vida útil más prolongada de la máquina 2 compensan el menor valor de la inversión de la máquina 1.

En la casi totalidad de los casos, sin embargo, el costo anual de las máquinas crece en la medida en que pasa el tiempo, debido al aumento en el gasto ocasionado por sus reparaciones y mantenimiento. Por eso, el costo anual equivalente de los costos de operación debiera incrementarse, por ejemplo para la máquina 1, si su vida útil fuese de cuatro, cinco o más años.

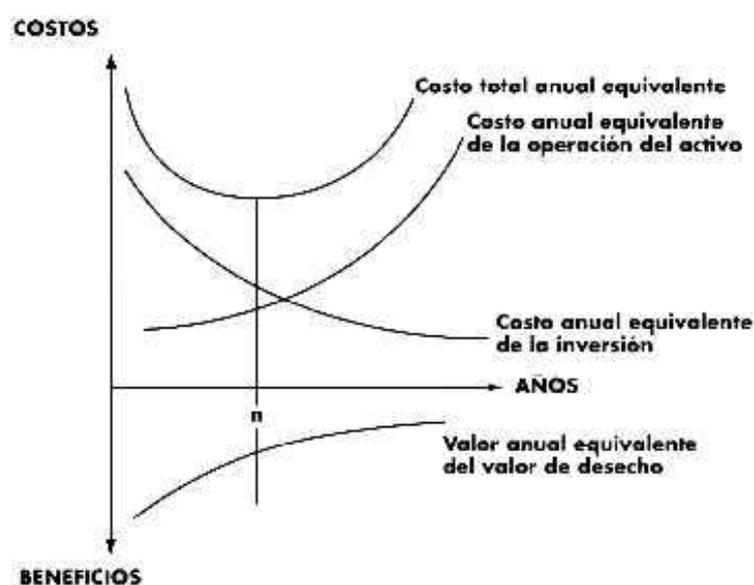
De igual manera, el costo anual equivalente de la inversión decrece en la medida en que se prolongue el plazo de reposición de la máquina, al distribuir un mismo valor actual en un horizonte mayor de tiempo.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

El valor de desecho, por otra parte, tiene también un comportamiento similar al de la inversión. Mientras más tiempo se mantenga la máquina, el valor anual equivalente de su valor de desecho disminuirá a tasas crecientes por dos razones: porque el monto a "distribuir" decrece en la medida en que pasa el tiempo y porque la distribución se hace entre un mayor número de años.

De acuerdo con esto, los valores anuales y el costo total anual equivalente tendrían un comportamiento como el que se muestra en el gráfico 11.1. El mínimo costo anual equivalente representa la vida útil económica óptima para el activo y corresponde al factor n del gráfico.

Gráfico 11.1 Comportamiento de los costos anuales equivalentes, según el período de sustitución



Ejemplo 11.3

Suponga que un activo tiene un valor de adquisición de \$1.000 y que su valor de desecho, neto de impuestos, es de \$800 si se vende con un año de uso y de \$640, \$512, \$410, \$328 y \$262 si se vende con dos, tres, cuatro, cinco o seis años de uso, respectivamente. El costo de operación y mantenimiento neto del efecto tributario de la depreciación es de \$350 el primer año, \$385 el segundo, \$424 el tercero, \$466 el cuarto, \$512 el quinto y \$564 el sexto. Los ingresos son independientes de la antigüedad del activo, por lo que se considera irrelevante para el cálculo de su vida útil económica en este ejemplo. Si la antigüedad del activo se asocia con un aumento en los días de detención para efectuar las reparaciones que requiera y esto ocasiona una disminución en la producción y venta, deberá considerarse este efecto de la misma forma en que se procederá a continuación.

Para calcular la anualidad se procederá, en primer lugar, a calcular el valor actual de cada uno de los tres ítem considerados en este ejemplo, a una tasa del 10% anual.

El valor actual de la inversión será siempre \$1.000, ya que independientemente de su vida útil, el desembolso por la compra se efectúa en el momento cero.

El valor actual del valor de desecho se obtiene trayéndolo a valor presente por el número de años correspondiente a cada opción de su vida útil. Así, el valor actual de recibir \$800 al final del primer año es de \$727, el de recibir \$640 al final del segundo año es de \$529 y así sucesivamente hasta llegar a un valor actual de \$148 si se vende en \$262 al final del sexto año.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

El cálculo del valor actual de los costos se realiza actualizando el flujo discontinuo anual de la proyección de los costos anuales. De esta forma, se considerará que si se reemplaza el activo todos los años, el costo anual será siempre equivalente al de un activo nuevo, es decir, a \$350, que actualizados al momento cero corresponden a \$318. Si el activo se reemplaza cada dos años, el valor actual del costo de operación del primer año (\$350) más el del segundo año (\$385), ascendería a \$636.

La tabla 11.2 muestra un resumen de los valores actuales de la inversión, del valor de desecho y de los costos de operación en función de las vidas útiles opcionales que se evalúan.

Tabla 11.2 Valores actuales a distintos períodos de sustitución

| Vida útil | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| VA Inversión | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 |
| VA Valor desecho | 727 | 529 | 385 | 280 | 203 | 148 |
| VA Costo operación | -318 | -636 | -955 | -1.273 | -1.591 | -1.909 |
| VA total | -591 | -1.107 | -1.570 | -1.993 | -2.387 | -2.761 |

Por último, se debe determinar si conviene más sustituir todos los años el activo por un costo total equivalente actual de \$591, cada dos años gastando \$1.107 o cada más años.

Para definir económicamente la vida útil, se buscará aquel plazo de sustitución que haga mínimo el costo anual promedio de quedarse uno o más años con el activo. La tabla 11.3 resume los resultados para las seis vidas útiles estudiadas en el ejemplo.

Tabla 11.3 Costo anual equivalente a distintos períodos de sustitución

| Vida útil | Valor actual total | Costo anual equivalente |
|-----------|--------------------|-------------------------|
| 1 | -591 | -650 |
| 2 | -1.107 | -638 |
| 3 | -1.570 | -631 |
| 4 | -1.993 | -629 |
| 5 | -2387 | -630 |
| 6 | -2.761 | -634 |

Desde la perspectiva económica, lo más conveniente es sustituir el activo cada cuatro años.

Una segunda situación relacionada con el momento óptimo del reemplazo de un activo es la que se refiere a una sustitución que introduce un cambio tecnológico y, por lo tanto, modifica el perfil de costos de la máquina que se encuentra en uso (o sea, el de la situación base).

Si se calcula el costo anual equivalente de ambas máquinas y si el de la nueva resultase más bajo, se concluye que la nueva tecnología es más conveniente que la actual y se debe recomendar el reemplazo. Sin embargo, no significa que éste deba ser realizado inmediatamente, por cuanto puede haber un momento futuro que sea más conveniente para maximizar la rentabilidad de la empresa.

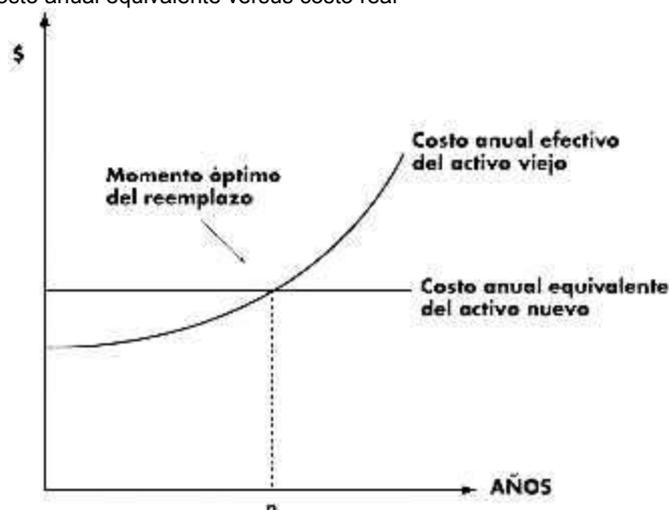
Lo anterior se explica porque el costo anual equivalente es un promedio anual que incluye, en el caso de la nueva tecnología, un "prorratio" de la inversión que, en el caso de continuarse con la actual maquina, no requerirá ser incurrida por estar ya efectuada en el pasado.

Como la decisión de reemplazar la máquina ya está tomada, para solucionar lo anterior se debe comparar el costo anual equivalente de la nueva tecnología con el costo futuro efectivo que se espera de la tecnología actual, tal como se muestra en el gráfico 11.2.

Ejemplo 11.4

Si el costo anual equivalente de la nueva máquina fuese de \$362.500 y el costo anual actual (no equivalente) de la máquina en uso fuese de sólo \$300.000 pero creciente anualmente en un 5%, se puede observar que en los próximos tres años su costo de operación seguirá estando por debajo del de la nueva alternativa pero que en cuatro años más llegará a \$364.652, por lo que se deberá recomendar la inversión de reemplazo al final del tercer año próximo, para que a partir del cuarto y siguientes años opere con un costo "promedio" de \$362.500.

Gráfico 11.2 Costo anual equivalente versus costo real



11.1.3 Momento óptimo de abandonar una inversión

En aquellos proyectos que presentan beneficios crecientes en el tiempo asociados a la propia maduración de la inversión, como la cría de animales o la plantación de árboles, surge el problema de determinar el momento óptimo de abandonar o liquidar esa inversión.

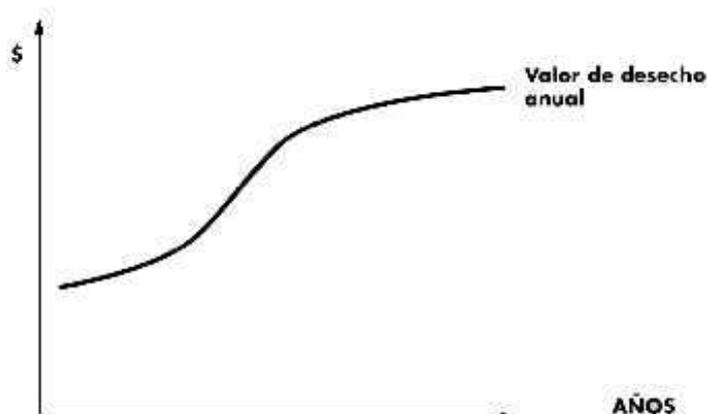
Estos proyectos se caracterizan por la relevancia de su valor de desecho, tanto en el resultado de su rentabilidad como en el plazo recomendable de su liquidación. Mientras más tiempo se engorde a los animales, mayor precio se logrará en su venta, y mientras más tiempo se dejen crecer los árboles, mejor precio se podrá obtener al momento de liquidarlos.

En ambos casos es posible esperar, cada año, un mayor valor de desecho de la inversión. Sin embargo, su aumento de valor se observará a tasas decrecientes en el tiempo, e incluso la tasa de crecimiento se podrá hacer igual a cero en un momento, tal como lo muestra el gráfico 11.3.

Aunque la postergación del momento de abandonar el proyecto hace aumentar su valor de desecho, es posible encontrar un punto donde el crecimiento de este beneficio es menor que la tasa de retorno exigida por el inversionista. Cuando eso sucede, se hace recomendable su liquidación, ya que los recursos generados de esta forma podrán ser probablemente destinados a otro proyecto que rente, a lo menos, lo exigido por el inversionista, o incluso repetir la inversión en otro

Gráfico 11.3 Tasa de crecimiento del valor de desecho por años de antigüedad

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain



proyecto igual. En otras palabras, la postergación en un año del momento de poner término al proyecto puede tener un valor actual neto incremental negativo respecto de la no postergación aunque ambos valores actuales netos sean positivos.

La teoría ofrece tres formas para determinar el momento óptimo de la liquidación de un proyecto: los modelos de *Fischer*, de *Faustmann* y de *Boulding*. La diferencia que se observa entre ellos radica en el supuesto de reinversión que asumen para los recursos generados por el proyecto.

El *modelo de Fisher* determina el momento óptimo de liquidar la inversión conforme al supuesto de que el proyecto finaliza con la venta del producto y, por lo tanto, no supone la posibilidad de repetirlo. De esta forma, estima que los recursos liberados se reinvertirán a la tasa de costo de capital de la empresa. Es decir, en proyectos con VAN igual cero. Según este supuesto, el óptimo se encuentra en el punto donde se maximiza el VAN del proyecto único.

Ejemplo 11.5

En un proyecto para plantar árboles, suponga que es posible esperar un valor de desecho del bosque, en función del año en que se corte, como el que se muestra en el siguiente cuadro, en el cual se agregó la variación porcentual anual del valor de desecho.

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Valor de desecho | 100 | 126,2 | 152,6 | 177,8 | 200,7 | 221,2 | 239,5 | 256,0 | 270,6 |
| Variación anual | 0 | 26,2 | 20,9 | 16,5 | 12,9 | 10,1 | 8,3 | 6,9 | 5,7 |

Como se puede observar, el valor de desecho del proyecto crece mientras más se demore el corte de los árboles, aunque el aumento se logre a tasas decrecientes.

Si se calcula el valor actual neto del único flujo relevante para evaluar el proyecto de cortar los árboles en distintos años (su valor de desecho⁵), se tendrían los siguientes resultados a una tasa de descuento del 10%.

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| VAN | 100 | 114,7 | 126,1 | 133,6 | 137,1 | 137,4 | 135,2 | 131,4 | 126,2 |

De acuerdo con lo anterior, el momento óptimo para liquidar el negocio se logra el quinto año, porque es cuando se obtiene el máximo valor actual neto. Como se puede observar, en el sexto año el valor del proyecto aumenta, respecto al quinto, en sólo 8,3%, siendo este incremento inferior a la rentabilidad del 10% exigida anualmente a la inversión.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

La inversión, entonces, deberá ser liquidada en aquel número de años en que se logre, por última vez, obtener un valor de desecho que crezca a una tasa superior a la tasa de costo de capital de la empresa. Esto es:

$$(11.5) \quad \frac{BN_{n+1}}{BN_n} - 1 \geq i$$

Si el proyecto fuese de crianza y engorde de animales, se deberá considerar el flujo de costos anuales incrementales en el cálculo del VAN para distintos momentos de liquidación de la inversión.

Por ejemplo, si se evalúa la conveniencia de hacer engordar al animal por cuatro años en vez de tres, los primeros tres años son irrelevantes para la decisión, por cuanto en ambos casos lo gastado en la compra y engorde del animal en los tres primeros años es idéntico cualquiera sea la decisión. Por lo tanto, se deberá considerar como antecedente relevante sólo al beneficio generado por el incremento en el valor de desecho del animal, por un lado, y al mayor costo del engorde del cuarto año, por otro.

5. Nótese que la inversión inicial es irrelevante para el análisis si se consideran como proyectos distintos a la posibilidad de corte en diferentes años, por cuanto la inversión es similar para todos ellos tanto en el monto como en el momento en que ocurre.

El modelo de Fisher, como se mencionó antes, supone que la mejor opción de reinvertir los recursos generados por el proyecto está reflejada por la tasa de costo de capital del proyecto. Si la posibilidad de reinvertir en replantar los árboles es cierta, entonces una parte del VAN del proyecto⁶ (o de su valor de desecho actualizado) podrá ser invertida a una tasa superior a la de costo de capital, posibilitando un nuevo VAN positivo. Se supone que la diferencia entre el valor actual del valor de desecho y la nueva inversión es invertida en otro proyecto a la tasa de costo de capital de la empresa, lo que por definición da un VAN igual a cero.

El *modelo de Faustmann*, por otra parte, supone que el proyecto se puede repetir indefinidamente. Es decir, que en un proyecto forestal, por ejemplo, es posible reforestar después de haber cortado los árboles, lográndose un proyecto con igual perfil de costos y beneficios, o que cuando se vende el ganado adulto en un proyecto ganadero se compra la misma cantidad de animales jóvenes para obtener un crecimiento de la masa ganadera, costos e ingresos similares a los obtenidos con el primer grupo.

Al poder repetirse el proyecto en forma indefinida, su VAN se transforma en una serie infinita de proyectos que se repiten cada n años. Por lo tanto, si se calcula el valor anual equivalente del VAN se obtiene el flujo equivalente anual de una perpetuidad.

Como el valor actual de un flujo uniforme perpetuo se calcula por:

$$(11.6) \quad VA = \frac{F}{i}$$

y el valor anual equivalente a n períodos de un valor actual se calculó como:

$$(11.7) \quad F = VA * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

el valor actual neto del flujo perpetuo de valores anuales equivalentes resulta de aplicar la siguiente expresión:

6. Se reinvertirá el equivalente al total de la inversión. Como el proyecto anterior tuvo un VAN positivo, la inversión requerida en repetir el proyecto es inferior al valor actual del valor de desecho logrado en su liquidación.

$$(11.8) \quad VAN_{(n,\infty)} = \frac{VAN_{(n)} \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}}{i}$$

donde $VAN_{(n,\infty)}$ representa el valor actual neto de un proyecto a n años, repetido a infinito, y $VAN_{(n)}$ el valor actual neto de un proyecto único a n años. De esta ecuación se deduce que

$$(11.9) \quad VAN_{(n,\infty)} = VAN_{(n)} \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Para determinar el momento óptimo de liquidar un proyecto que se puede repetir indefinidamente en el tiempo, se calcula el mayor $VAN_{(n,\infty)}$ de entre todas aquellas opciones que se identifican en función de vidas útiles distintas.

Ejemplo 11.6

Si se busca determinar el momento más conveniente de vender un producto que mejora con su maduración y se sabe que las opciones son hacerlo entre cinco y ocho años, se debe buscar el $VAN_{(n,\infty)}$ para los distintos valores que tome n entre cinco y ocho años. Esto se aprecia en la siguiente tabla.

| n | I_0 | VD_n | $VAN_{(n)}$ | $VAN_{(n,\infty)}$ |
|---|---------|--------|-------------|--------------------|
| 5 | -10.000 | 20.102 | 2.482 | 6.547 |
| 6 | -10.000 | 22.874 | 2.912 | 6.686 |
| 7 | -10.000 | 25.550 | 3.111 | 6.390 |
| 8 | -10.000 | 28.600 | 3342 | 6.264 |

Como se puede observar, aunque el mayor valor actual neto de una sola producción, $VAN_{(n)}$, se logra añejando el producto ocho años por el mayor precio que se le puede sacar en el momento de su venta (si no se repitiese el proyecto, como postula el modelo de Fischer), lo que más le conviene a la empresa en una proyección de largo plazo, según el modelo de Faustmann, es liberar los recursos físicos y monetarios cada seis años, para repetir antes el proyecto.

De acuerdo con esto, el máximo VAN de replicar la inversión a infinito se logra adelantando el momento de renovación del proyecto, lo que explica por qué el momento óptimo que resulta de aplicar el modelo de

Faustmann resulta inferior al de Fisher. La explicación racional de que empresas similares decidan "cortar los árboles" con distintos años de antigüedad se encuentra en que tienen tasas de costo de capital diferentes.

Por otra parte, existe otro elemento de diferenciación entre los modelos expuestos. En un proyecto forestal, por ejemplo, el valor de la tierra es irrelevante para la decisión, por cuanto en todos los casos se debe invertir la misma cuantía de recursos en comprarla. Sin embargo, el valor de la

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

tierra sí es relevante en el modelo de Fisher, por cuanto se incluye en el valor de desecho y, aun cuando puede tener el mismo valor nominal, si el proyecto se liquida cada cinco, seis o más años, hace variar su valor actual y, por lo tanto, su valor equivalente anual. El modelo de Faustmann, por otra parte, al hacer repetitivo el proyecto a infinito, hace que el valor actual del valor del terreno incluido en el valor de desecho cuando $n = \infty$ sea igual a cero y, en consecuencia, no es relevante si se reinvierte cada cinco, seis o más años.

El *modelo de Boulding*, por último, postula que el momento óptimo de liquidar la inversión está dado por aquel plazo que maximiza la TIR del proyecto. O sea, supone que todo el valor de desecho del proyecto se reinvierte a la misma TIR.

La situación donde este supuesto es válido se produce cuando el proyecto es posible de ampliar. Por ejemplo, cuando por restricciones presupuestarias se plantó sólo una parte de la tierra disponible, los excedentes ocasionados por el proyecto, así como cualquier otro recurso que se obtenga, deberían ser invertidos en la opción más rentable. Como señala Gutiérrez,⁷ "la posibilidad de aumentar la superficie plantada es también mejor que replantar la misma superficie, por lo que el n de Boulding es inferior al n de Faustmann".

Esto se explica porque mientras los modelos anteriores suponen que los excedentes se reinvierten a la tasa de costo de capital (aquellos no reutilizables en el proyecto en el modelo de Faustmann), el de Boulding plantea la posibilidad de reinvertirlos en un proyecto similar y, por lo tanto, de igual tasa interna de retorno.

11.2 Determinación del tamaño óptimo

La determinación del tamaño de una inversión se relaciona con las proyecciones sobre tendencias de la demanda del producto generado con el proyecto.

7. GUTIÉRREZ, H., *ibídem* p. 136.

El cálculo del tamaño óptimo de un proyecto busca determinar, al igual que en los casos anteriores, aquella solución que maximice el valor actual neto de las opciones en el análisis de un proyecto. Dos factores son determinantes en este caso: la relación precio-volumen, por el efecto de la elasticidad de la demanda, y la relación costo-volumen, por las economías y deseconomías de escala que pueden lograrse en el proceso productivo.

La relación entre capacidad y costos de producción afectará la selección de la tecnología y del proceso productivo. En algunos casos, por estrategias de mercado que buscan generar barreras a la entrada de nuevos competidores, se podrá optar por un diseño de planta con capacidad de producción superior a la requerida en el corto plazo. El conocimiento futuro de la demanda esperada podrá justificar económicamente una capacidad instalada ociosa inicialmente. Otra opción será realizar las inversiones por etapas, especialmente en proyectos donde se conoce el nivel de demanda actual pero son inciertos los niveles futuros, ya sea por la ágil reacción de los competidores en el mercado donde se inserta la empresa o por el continuo avance tecnológico en el sector industrial al que pertenece.

El criterio que se emplea en este cálculo es el mismo que se sigue para evaluar el proyecto global y muy similar al empleado en la determinación de los momentos óptimos. Mediante el análisis de los flujos de caja de cada tamaño, se puede definir una tasa interna de retorno marginal del tamaño que corresponda a la tasa de descuento que hace nulo al flujo diferencial de los tamaños posibles de implementar. Mientras la tasa marginal sea superior a la tasa de costo de capital exigida para el proyecto, convendrá aumentar el tamaño. El nivel óptimo estará dado por el punto en el cual ambas tasas se igualan. Esta condición se cumple cuando el tamaño del proyecto se incrementa hasta que el beneficio marginal del último aumento sea igual a su costo marginal.

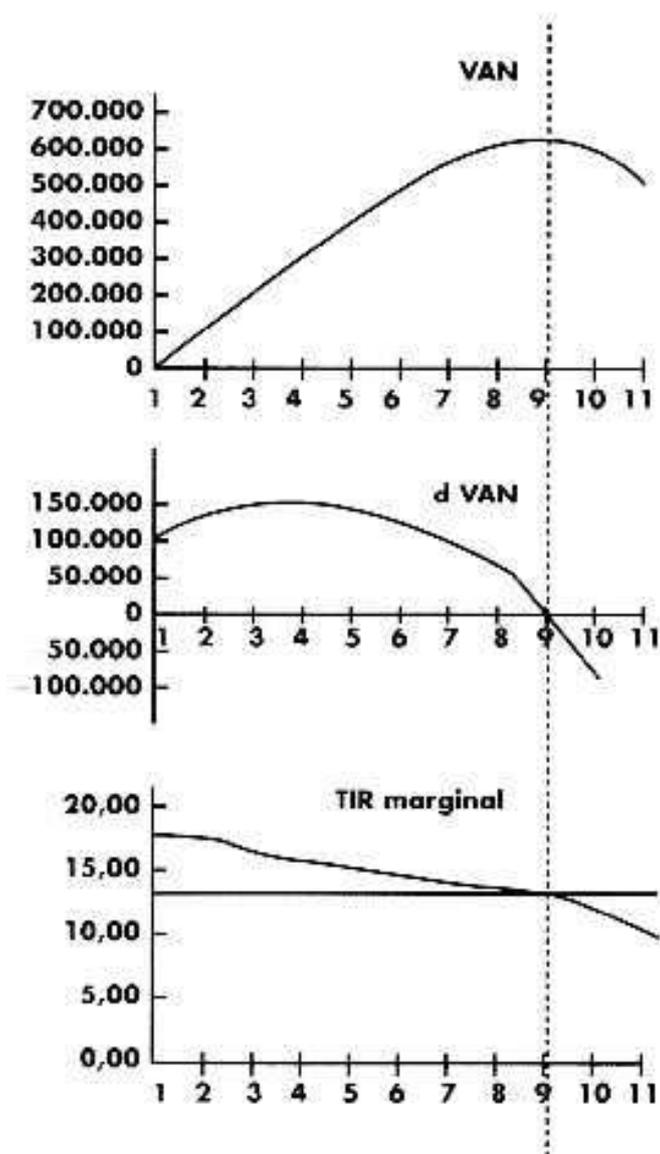
Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

En el gráfico 11.4 se pueden apreciar las relaciones entre la TIR marginal, el VAN incremental y el tamaño óptimo (T_0) que maximiza al VAN.

Si se determina la función de la curva, el tamaño óptimo se obtiene cuando la primera derivada es igual a cero y la segunda es menor que cero, para asegurar que el punto sea un máximo. Si se expresa el VAN en función del tamaño, $VAN(T)$, se podría definir la siguiente igualdad:

$$(11.10) \quad VAN(T) = \sum_{t=1}^n \frac{Ft(T)}{(1+i)^t} - I(T)$$

Gráfico 11.4 Relaciones entre la TIR marginal, el VAN incremental y el tamaño óptimo



Para calcular el punto que hace igual a cero el VAN marginal, se deriva la función anterior de la siguiente forma:

$$(11.11) \quad \frac{dVAN(T)}{dT} = \sum_{t=1}^n \frac{\frac{dF_t(T)}{dT}}{(1+i)^t} - \frac{dl(T)}{dT} = 0$$

Ejemplo 11.7

En una planta de áridos se desconoce la capacidad que debe instalarse para maximizar los beneficios, dado que a mayor cantidad procesada se obtienen mayores beneficios, pero un mayor

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

costo de producción e inversión. Según el tamaño, la función de beneficios presentes netos se expresa según la siguiente ecuación, donde por cada metro cúbico adicional se debe invertir \$ 1:

$$VAN(T) = -20,714 * T^2 + 2.733,3 * T + 23.821$$

donde T_i son las distintas capacidades. Derivando respecto el tamaño y su implicancia en la inversión, se obtiene:

$$\frac{dVAN(T)}{dT} = 2 * 20,714 * T + 2.733,3 = 0$$

Despejando T se obtiene que el máximo beneficio neto se logra al invertir \$65,98, es decir se debe tener un tamaño para procesar 65,98 metros cúbicos de material, y así maximizar los beneficios del proyecto.

El mismo resultado se obtiene si se analiza el incremento de VAN que se logra con aumentos de tamaño. En T_0 el VAN se hace máximo, el VAN incremental es cero (el costo marginal es igual al ingreso marginal) y la TIR marginal es igual a la tasa de descuento exigida al proyecto. Aunque lo anterior puede facilitar la comprensión de algunas relaciones de variables y clarifica hacia dónde se debe tender en la búsqueda del tamaño óptimo, en la práctica este procedimiento pocas veces se emplea, ya que como el número de opciones posibles es limitado, resulta más simple calcular el valor actual neto de cada una de ellas y elegir el tamaño que tenga el mayor valor actual neto asociado. En los casos donde se encuentren variaciones continuas en el tamaño, como por ejemplo en un oleoducto, se pueden expresar tanto la inversión como los beneficios netos en función del tamaño y derivar la función tal como se explicó anteriormente.

En proyectos donde los costos vinculados al tamaño aumentan a tasas crecientes pero los beneficios lo hacen a tasas decrecientes, el tamaño óptimo está dado por el punto donde los costos marginales de crecer se igualan con sus beneficios marginales.

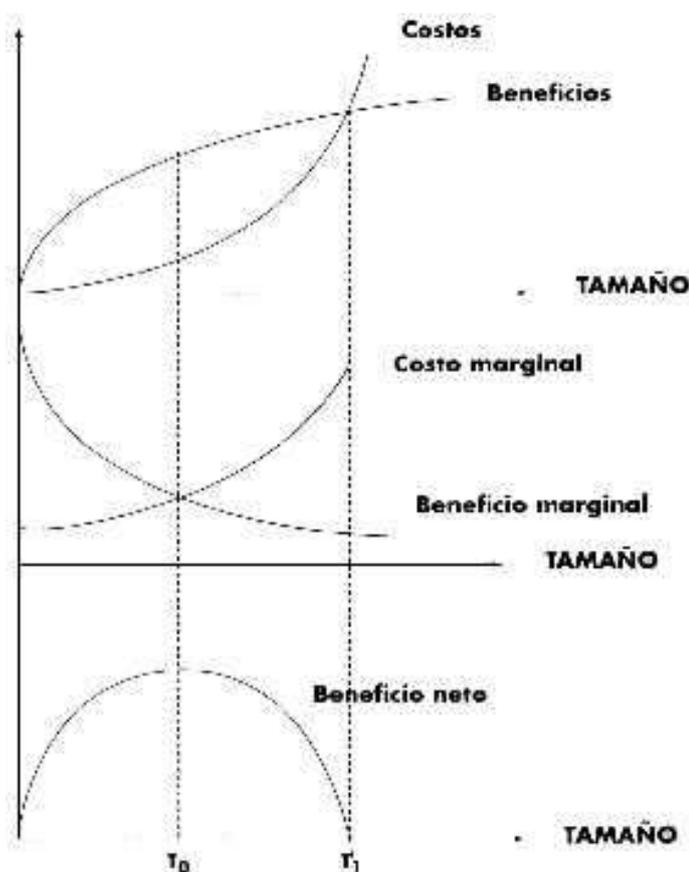
Como se observa en el gráfico 11.5, en T_0 se maximiza la diferencia entre beneficios y costos o, lo que es lo mismo, se obtiene el máximo beneficio neto.

El hecho de que los beneficios crezcan a tasas marginalmente decrecientes, mientras que los costos se incrementan a tasas marginalmente crecientes, determina que en algún punto los beneficios se incrementen menos que los costos.

Nótese en el gráfico que, desde el tamaño T_0 hacia T_1 , siempre los beneficios son mayores que los costos, haciéndose cero la diferencia en T_1 . Esto indica que hasta ese punto es posible obtener utilidades, pero siempre menores que las posibles de obtener en un tamaño T_0 .

De esto se concluye que el tamaño óptimo del proyecto, desde una perspectiva exclusivamente económica, se logra donde los costos marginales se igualan con los beneficios marginales y, por otra parte, que es posible optar por un tamaño superior al del punto óptimo, basado en consideraciones estratégicas de negocio, por ejemplo, y obtener utilidades, aunque inferiores a las del tamaño T_0 , siempre que sea inferior al de T_1 .

Gráfico 11.5 Relaciones de costos, beneficios y utilidades



Las relaciones expuestas se observan claramente en el gráfico anterior, donde se muestran las relaciones entre costos, beneficios, costo marginal, beneficio marginal y beneficio neto.

Este último toma el valor cero cuando los costos totales son iguales a los beneficios totales.

11.2.1 Determinación del tamaño óptimo en un proyecto con demanda creciente

Al analizar las variables determinantes del tamaño del proyecto, el comportamiento futuro de la cantidad demandada tiene un fuerte influjo en la solución óptima, tanto por su incidencia en la magnitud de los costos de operación e ingresos de venta del producto como por el impacto de posibles economías o deseconomías de escala insertas en una situación dinámica en el tiempo.

Al estar en presencia de un mercado creciente, las economías de escala toman más importancia, ya que se deberá optar por definir un tamaño inicial lo suficientemente grande para que pueda responder a futuro a ese crecimiento del mercado u otro más pequeño, pero que se vaya ampliando de acuerdo con las posibilidades de las escalas de producción. El primer caso obliga a trabajar con capacidad ociosa programada, lo que puede ser una opción atractiva para la empresa frente a la segunda, que hace necesario que, además de evaluar la conveniencia de implementar el proyecto por etapas, se deba definir cuándo se debe hacer la ampliación.

Generalmente, la cantidad demandada del producto que elabora la empresa crece a tasas diferentes de las posibles de implementar para enfrentar el aumento en las capacidades de planta, lo que obliga a elegir entre dos estrategias opcionales: satisfacer la demanda con excedentes o

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

hacerlo deficitariamente. En el primer caso se estará optando por trabajar en niveles de producción inferiores a los permitidos por la capacidad de planta, mientras que, en el segundo, por dejar de percibir beneficios que ocasionaría la opción de satisfacer toda la demanda.

El siguiente ejemplo expone el procedimiento de análisis de las diferentes opciones de tamaño frente a una demanda creciente en el tiempo.

Ejemplo 11.8

Suponga que la demanda esperada para cada uno de los próximos cinco años crece como se exhibe a continuación:

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Demanda | 10.000 | 11.000 | 12.700 | 15.200 | 18.000 |

Para enfrentar la producción existen tres opciones tecnológicas, con los siguientes valores de adquisición y costos de fabricación que se muestran en la tabla 11.4.

Tabla 11.4 Costos y producción tecnológicas

| Opción tecnológica | Capacidad producción | Costo fijo anual | Costo variable | Inversión |
|--------------------|----------------------|------------------|----------------|-----------|
| A | 12.000 u/año | \$ 32.000 | \$ 3,00 | \$140.000 |
| B | 14.500 u/año | 38.000 | 2,60 | 160.000 |
| C | 18.000 u/año | 46.000 | 2,30 | 190.000 |

El precio de venta unitario es de \$ 10 para cualquier volumen de ventas y la vida útil de todas las plantas se estima en cinco años. No se ha supuesto la posibilidad de valores de rescate al término de su vida útil.

Si se opta por la alternativa tecnológica A, se deduce, de la información anterior, el flujo de beneficios netos de cada año que se muestra en la tabla 11.5.

Tabla 11.5 Flujo anual de la opción tecnológica A

| Año | Producción | Ingresos | Costos fijos | Costos variables | Costo total | Flujo anual |
|-----|------------|----------|--------------|------------------|-------------|-------------|
| 1 | 10.000 | 100.000 | 32.000 | 30.000 | 62.000 | 38.000 |
| 2 | 11.000 | 110.000 | 32.000 | 33.000 | 65.000 | 45.000 |
| 3 | 12.000 | 120.000 | 32.000 | 36.000 | 68.000 | 52.000 |
| 4 | 12.000 | 120.000 | 32.000 | 36.000 | 68.000 | 52.000 |
| 5 | 12.000 | 120.000 | 32.000 | 36.000 | 68.000 | 52.000 |

Si se calcula el valor actual neto de este flujo a una tasa de actualización de un 10% anual, resulta \$38.608,52.

Optar por la tecnología B generaría el flujo de caja neto resultante de la proyección que se muestra en la tabla 11.6, con lo cual se obtendría un valor actual neto de \$ 41.016,32.

Tabla 11.6 Flujo anual de la opción tecnológica B

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| Año | Producción | Ingresos | Costos fijos | Costos variables | Costo total | Flujo anual |
|-----|------------|----------|--------------|------------------|-------------|-------------|
| 1 | 10.000 | 100.000 | 38.000 | 26.000 | 64.000 | 36.000 |
| 2 | 11.000 | 110.000 | 38.000 | 28.600 | 66.600 | 43.400 |
| 3 | 12.700 | 127.000 | 38.000 | 33.020 | 71.020 | 55.980 |
| 4 | 14.500 | 145.000 | 38.000 | 37.700 | 75.700 | 69.300 |
| 5 | 14.500 | 145.000 | 38.000 | 37.700 | 75.700 | 69.300 |

En el caso de la opción tecnológica C, con capacidad de producción de 18.000 unidades anuales, el flujo anual de caja resultante es el que se muestra en la tabla 11.7.

Tabla 11.7 Flujo anual de la opción tecnológica C

| Año | Producción | Ingresos | Costos fijos | Costos variables | Costo total | Flujo anual |
|-----|------------|----------|--------------|------------------|-------------|-------------|
| 1 | 10.000 | 100.000 | 46.000 | 23.000 | 69.000 | 31.000 |
| 2 | 11.000 | 110.000 | 46.000 | 25.300 | 71.300 | 38.700 |
| 3 | 12.700 | 127.000 | 46.000 | 29.210 | 75.210 | 51.790 |
| 4 | 15.200 | 152.000 | 46.000 | 34.960 | 79.960 | 71.040 |
| 5 | 18.000 | 180.000 | 46.000 | 41.400 | 87.400 | 92.600 |

El valor actual neto que se obtiene de este flujo de caja anual, con una inversión inicial de \$190.000 es, a la misma tasa de actualización, de \$15.094,47.

De acuerdo exclusivamente con consideraciones de tipo económico como las empleadas en el cálculo anterior, la opción tecnológica más conveniente es la B, por tener el mayor valor actual neto comparativo.

Como se ha mencionado reiteradamente en las páginas anteriores, estos procedimientos proporcionan, a quienes deban tomar la decisión, una base de información que debe ser complementada con otros antecedentes de carácter no económico como, por ejemplo, la estrategia de negocios de largo plazo de la empresa o el plan de desarrollo integrado de todas sus divisiones.

Una posibilidad más para buscar el tamaño óptimo de un proyecto es optar por invertir en dos tecnologías: una pequeña para enfrentar el volumen de operación de los primeros años y otra mayor, que sustituiría a la primera, para adecuarse a los niveles de operación de los años futuros.

Con una estrategia como ésta, la empresa minimiza las capacidades ociosas, aunque agrega el costo propio de un reemplazo que se hace necesario para adecuarse a nuevos niveles de producción, más que para enfrentar la obsolescencia de los equipos. Sin embargo, proporciona la oportunidad de que si el proyecto no muestra resultados satisfactorios, el abandono sea menos costoso que si se debiera hacer con una tecnología mayor.

11.2.2 Determinación del tamaño óptimo de un proyecto con demanda constante

Una situación diferente de la anterior se presenta cuando se enfrenta una demanda constante. En este caso, la opción que exhiba el costo medio mínimo será la que maximice el valor actual neto, ya que se supone que los beneficios son constantes cualquiera sea la configuración tecnológica que logre satisfacer el nivel de demanda que se presume dado.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Esto se calcula por:

$$(11.12) \quad VAN(T_0) = \sum_{t=1}^n \frac{pq_0 - Co(T_0)}{(1+i)^t} - I_0(T_0)$$

donde p representa al precio del producto por vender, q_0 la cantidad demandada anualmente (fija y conocida), $I_0(T_0)$ la inversión requerida para el tamaño T_0 y $Co(T_0)$ el costo de operación anual para el tamaño T_0 .

Si se convierte la inversión en un flujo anual equivalente, CAI (costo anual equivalente de la inversión), la ecuación anterior se transforma en:

$$(11.13) \quad VAN(T_0) = \sum_{t=1}^n \frac{pq_0 - Co(T_0) - CAI}{(1+i)^t}$$

lo que se puede formular también como:

$$(11.14) \quad VAN(T_0) = q_0 \left(p - \frac{CT}{q_0} \right) \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t}$$

donde CT es el costo total.⁸

8. Donde el costo total resulta de:

$$CT = Co(T_0) + CAI$$

Dado que todos los valores son constantes y conocidos, de esta última ecuación se deduce que el máximo valor actual neto corresponde al menor costo medio (CT/q_0). Obviamente, al existir una demanda constante, la solución se logra tanto determinando el mínimo costo medio como calculando el mínimo costo total, lo que es lo mismo que obtener el menor valor actual de costos, VAC.

Ejemplo 11.9

Una empresa enfrenta una demanda constante de 4.000 unidades anuales no cubierta por trabajar a plena ocupación. Existen seis opciones de tamaño básicos para enfrentar un crecimiento, cuyas características son:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Precio | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Costo variable | 40 | 40 | 41 | 39 | 38 | 38 |
| Costo fijo | 18.000 | 16.000 | 19.000 | 27.000 | 32.000 | 56.000 |
| Cantidad | 1.420 | 1.600 | 1.700 | 1.950 | 3.600 | 4.000 |
| Inversión | 300.000 | 320.000 | 370.000 | 400.000 | 450.000 | 1.000.000 |
| Vida útil | 6 | 6 | 6 | 7 | 9 | 12 |
| Valor de desecho | 60.000 | 62.000 | 70.000 | 80.000 | 54.000 | 68.000 |

Una forma de resolver el problema del tamaño con que debe crecer la empresa es determinando el costo anual equivalente de cada tamaño opcional. Como los ingresos, costos fijos y costos variables están expresados por año, basta calcular el valor de la anualidad de la inversión y del valor de desecho, lo que se muestra a continuación:

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| Tamaño | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Ingreso | 142.000 | 160.000 | 170.000 | 195.000 | 360.000 | 400.000 |
| C var. | -56.800 | -64.000 | -69.700 | -76.050 | -136.800 | -152.000 |
| C. fijo | -18.000 | -16.000 | -19.000 | -27.000 | -32.000 | -56.000 |
| CAE I | -68.882 | -73.474 | -84.955 | -82.162 | -78.138 | -146.763 |
| CAEvd | 7.776 | 8.036 | 9.073 | 8.432 | 3.977 | 3.180 |
| CAE | 6.094 | 14.561 | 5.418 | 18.220 | 117.038 | 48.417 |

Mediante comparación de los CAE convendría claramente la opción 5. Nótese que para atender la demanda de 4.000 unidades también se deberían evaluar las posibilidades de combinar opciones como, por ejemplo, dos máquinas de tamaño 2 o una máquina 4 con otra 2, etcétera.

A la misma decisión conduce la ecuación 11.14, donde reemplazando se obtiene, por ejemplo para el tamaño 5, lo siguiente:

$$VAN_{T(5)} = 3.600 \left(100 - \frac{242.962}{3.600} \right) \sum_{t=1}^9 \frac{1}{(1+0,1)^t} = 674,027$$

Aplicando la ecuación a los restantes tamaños, se obtienen los siguientes VAN :

| Tamaño | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| VAN | 26.542 | 63.418 | 23.596 | 88.704 | 329.896 |

11.3 Selección óptima de proyectos con racionamiento de recursos

Cuando los recursos disponibles no son suficientes para poder invertir en todos aquellos proyectos que muestran un valor actual neto igual o mayor que cero, se está en presencia de lo que se denomina *racionamiento de capital*. Frente a restricciones presupuestarias para aceptar todos los proyectos elegibles, se deberá optar por aquella combinatoria de proyectos que maximice la rentabilidad de la inversión conjunta para la empresa.

Como se expuso anteriormente, existen variadas formas para elaborar los indicadores de rentabilidad de cada proyecto individual. Cuando se busca determinar la combinatoria óptima de proyectos, dada una restricción de recursos para invertir en todos ellos a la vez, debe elaborarse un ranking (u ordenamiento) *de proyectos* que jerarquice las inversiones en función de los indicadores relevantes de rentabilidad.

Ejemplo 11.10

Una empresa ha identificado los siguientes siete proyectos cuyos flujos de caja se resumen en la tabla 11.8.

Tabla 11.8 Flujos de caja de los proyectos

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|--------|------|--------|------|--------|--------|------|
| 0 | -1.000 | -300 | -1.500 | -800 | -1.600 | -2.200 | -400 |
| 1 | 300 | 120 | 350 | 180 | 450 | 540 | 100 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 | 300 | 120 | 350 | 180 | 450 | 540 | 100 |
| 3 | 300 | 120 | 350 | 180 | 450 | 540 | 100 |
| 4 | 300 | 120 | 350 | 180 | 450 | 540 | 100 |
| 5 | 300 | 120 | 350 | 180 | 450 | 540 | 100 |
| 6 | 300 | | 350 | 180 | 450 | 540 | 100 |
| 7 | | | 350 | 180 | | | 100 |
| 8 | | | 350 | | | | 100 |

Al calcular los indicadores tradicionales de rentabilidad se obtienen los resultados de la tabla 11.9, a una tasa de costo de capital que se supondrá del 10% real anual.

Tabla 11.9 Resultado de los indicadores de rentabilidad

| | A | B | C | D | E | F | G |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VAN | 307 | 155 | 367 | 76 | 360 | 152 | 133 |
| TIR | 19,9% | 28,6% | 16,4% | 12,8% | 17,4% | 12,3% | 18,6% |
| VAE | 70 | 41 | 69 | 16 | 83 | 35 | 25 |
| VAN(∞) | 704 | 409 | 688 | 157 | 826 | 349 | 250 |

Una forma de jerarquizar proyectos se obtiene de la *curva de demanda por inversión*, la que los ordena de mayor a menor tasa interna de retorno. De acuerdo con los antecedentes del ejemplo, esto correspondería al ordenamiento o *ranking* que se muestra en la tabla 11.10.

Tabla 11.10 Ranking de proyectos en base a TIR

| Proyecto | TIR | Inversión |
|----------|-------|-----------|
| B | 28,6% | 300 |
| A | 19,9% | 1.000 |
| G | 18,6% | 400 |
| E | 17,4% | 1.600 |
| C | 16,4% | 1.500 |
| D | 12,8% | 800 |
| F | 12,3% | 2.200 |

Debido a que todas las inversiones fueron definidas como proyectos elegibles, o sea que tienen un VAN mayor o igual que cero, todos ellos exhiben una TIR igual o superior a la tasa mínima del 10% de retorno exigida por la empresa.

Si, por ejemplo, el presupuesto disponible fuese de \$4.800, se seleccionan, por este criterio, los proyectos B, A, G, E y C (en este mismo orden). Es decir, se seleccionan los proyectos de mayor a menor TIR hasta que se agota el presupuesto disponible para inversiones de capital.

Nótese que si el presupuesto fuese de sólo \$3.300, quedaría fuera del grupo seleccionado el proyecto C, a pesar de ser el que exhibe el mayor VAN.

Lo anterior se explica porque lo que se busca, en definitiva, es priorizar los proyectos en función de cuánto VAN aportan por cada peso invertido en ellos. En otras palabras, no importa el VAN particular de cada proyecto, sino la combinatoria de proyectos que posibilita, frente al total de los recursos disponibles para la inversión, obtener el máximo VAN conjunto.

La suma de los VAN de los cinco proyectos seleccionados corresponde al máximo valor posible de obtener de los VAN sumados de todas las combinaciones posibles de proyectos, dada una restricción presupuestaria de \$4.800.⁹

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

La tabla 11.11 muestra el resultado de sumar los valores actuales netos de las 88 combinaciones de proyectos susceptibles de ser implementadas, de un total de 127, por tener requerimientos de inversión inferiores o iguales al presupuesto disponible.

Como se puede observar, la sumatoria de los valores actuales netos de las distintas combinatorias se hace máxima con los proyectos A, B, C, E y G, tal como se dedujo del ordenamiento jerárquico basado en comparaciones de las TIR¹⁰ de los proyectos. Sin embargo, como se verá más adelante, esta coincidencia no se da en todos los proyectos, modificándose la selección de aquellos que se encuentran en el margen de los menos deseables.

Una solución fácil, rápida y muy simple a este problema se logra mediante la aplicación de una función como **Solver** de la planilla electrónica Excel 2000.

9. La cantidad de combinaciones posibles esta dada por la expresión $(2^m - 1)$, que, en este caso, corresponde a $127 = 2^7 - 1$.

10. El método de comparar las TIR tiene, por su simplicidad, una gran aceptación. Si bien en el margen tiene problemas cuando la sumatoria de las inversiones no coincide con el presupuesto disponible, se ha determinado, en una serie de pruebas simuladas, que permite resultados muy similares a los de una selección óptima. Así lo demuestra el ejemplo que se utilizó en este texto.

Tabla 11.11 Valor actual acumulado de las combinatorias de proyectos

| Cp | VAN | Cp | VAN | Cp | VAN | Cp | VAN |
|----|-----|-----|------|------|------|-------|------|
| A | 307 | DE | 436 | BCE | 882 | ABDF | 690 |
| B | 155 | DF | 228 | BCF | 674 | ABDG | 671 |
| C | 367 | DG | 209 | BCG | 655 | ABEG | 955 |
| D | 76 | EF | 512 | BDE | 591 | ABFG | 747 |
| E | 360 | EG | 493 | BDF | 383 | ACDG | 883 |
| F | 152 | FG | 285 | BDG | 364 | ACEG | 1167 |
| G | 133 | ABC | 829 | BEF | 667 | ADEG | 876 |
| AB | 462 | ABD | 538 | BEG | 648 | ADFG | 668 |
| AC | 674 | ABE | 822 | BFG | 440 | BCDE | 958 |
| AD | 383 | ABF | 614 | CDE | 803 | BCDF | 750 |
| AE | 667 | ABG | 595 | CDF | 595 | BCDG | 731 |
| AF | 459 | ACD | 750 | CDG | 576 | BCEG | 1015 |
| AG | 440 | ACE | 1034 | CEG | 860 | BCFG | 807 |
| BC | 522 | ACF | 826 | CFG | 652 | BDEG | 724 |
| BD | 231 | ACG | 807 | DEF | 588 | BDFG | 516 |
| BE | 515 | ADE | 743 | DEG | 569 | BEFG | 800 |
| BF | 307 | ADF | 535 | DFG | 361 | CDEG | 936 |
| BG | 288 | ADG | 516 | EFG | 645 | ABCDG | 1038 |
| CD | 443 | AEF | 819 | ABCD | 905 | ABCEG | 1322 |
| CE | 727 | AEG | 800 | ABCE | 1189 | ABDEG | 1031 |
| CF | 519 | AFG | 592 | ABCG | 962 | ABDFG | 823 |
| CG | 500 | BCD | 598 | ABDE | 898 | BCDEG | 1092 |

La hoja de trabajo tendrá seis columnas, correspondiendo las tres primeras a la información del problema: una (A) con la identificación del proyecto, otra (B) con el monto requerido de inversión de cada uno y la última (C) con el VAN individual calculado para cada inversión. Las otras tres columnas formarán parte de la hoja de cálculo: una (D) para los valores que el programa modificará para obtener la solución óptima, otra (E) para reflejar el producto de las columnas B y D y la última para expresar el producto de las columnas C y D. En la columna D se anotarán sólo valores 1 para que la solución óptima los modifique asignando valor 0 al proyecto rechazado y 1 al aceptado, tal como se muestra en la figura 11.1, donde se observa que hacer todos los proyectos

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

requeriría de recursos por \$7.800 para invertir, con lo que se lograría un VAN acumulado de \$1.550,21.

La herramienta **Solver** buscará la combinatoria que haga máxima la sumatoria de los VAN para una restricción de recursos de \$4.800. Para ello se ejecuta el mandato **Herramientas/Solver**, apareciendo en pantalla el cuadro de diálogo denominado **Parámetros de Solver** que se muestra en la figura 11.2.

Figura 11.1 Hoja de cálculo Solver para seleccionar la combinatoria óptima de proyectos

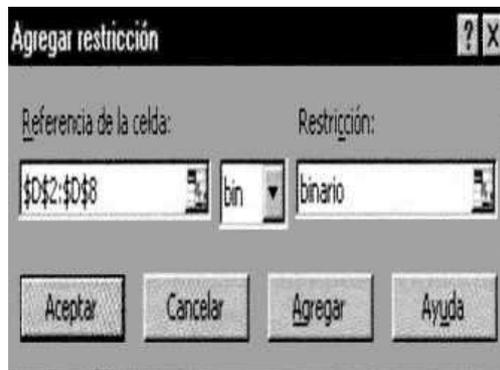
| PROYECTO | INVERSIÓN | VAN | VARIABLE | INVERSIÓN | VAN |
|-------------|-----------|--------|----------|-----------|---------|
| A | 1000 | 305,58 | 1 | 1.000 | 305,58 |
| B | 300 | 154,85 | 1 | 300 | 154,85 |
| C | 1500 | 367,22 | 1 | 1.500 | 367,22 |
| D | 800 | 75,32 | 1 | 800 | 75,32 |
| E | 1600 | 369,67 | 1 | 1.600 | 369,67 |
| F | 2200 | 161,64 | 1 | 2.200 | 161,64 |
| G | 400 | 133,49 | 1 | 400 | 133,49 |
| Presupuesto | 4800 | | | 7.800 | 1589,21 |

Figura 11.2 Cuadro de diálogo Parámetros de Solver



En *celda objetivo* se anotará la celda que hay que optimizar (la suma de la combinatoria de valores actuales netos); en *valor de la celda objetivo* se seleccionará la opción **Máximo** (se busca maximizar la suma de los VAN); en *cambiando las celdas* se seleccionará la columna que contiene los valores que el programa deberá modificar para obtener la solución óptima y en *sujetas a las siguientes restricciones* se incluirán las condiciones exigidas a la solución. Para esto se deberá pulsar el botón **Agregar**, con lo cual aparecerá el cuadro de diálogo **Agregar restricción**. En *referencia de la celda* se anotará la celda donde está registrada la suma del producto de la inversión por el valor de cada proyecto (celda E9 en el ejemplo), en la *condición* se seleccionará “<=” y en la *restricción* la celda donde está expresado el presupuesto máximo disponible. Pulsando **Agregar** queda registrada la restricción y aparece el nuevo cuadro de diálogo **Agregar restricción** de la figura 11.3.

Figura 11.3 Cuadro de diálogo Agregar restricción



Repitiendo el proceso, se agrega la segunda restricción. Es decir, se ingresa en *Referencia de la celda* el rango de valores que se modificará para buscar el óptimo y se elige la *condición* "bin". Pulsando el botón **Aceptar** se regresa a **Parámetros Solver**, tal como se muestra a continuación. Pulsando los botones **Aceptar/Resolver/Aceptar**, el programa selecciona la combinatoria óptima de proyectos, expresando con valor 0 a los proyectos rechazados, tal como se muestra en la figura 11.4.

Figura 11.4 Solución Solver al problema de restricción de recursos

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| PROYECTO | INVERSIÓN | VAN | variable | INVERSIÓN | VAN |
|-------------|-----------|--------|----------|-----------|----------|
| A | 1000 | 306,58 | 1 | 1.000 | 306,58 |
| B | 300 | 154,89 | 1 | 300 | 154,89 |
| C | 1500 | 367,22 | 1 | 1.500 | 367,22 |
| D | 800 | 76,32 | 0 | D | 0,00 |
| E | 1600 | 359,67 | 1 | 1.600 | 359,67 |
| F | 2200 | 151,84 | 0 | F | 0,00 |
| G | 400 | 133,49 | 1 | 400 | 133,49 |
| Presupuesto | 4800 | | | 4.800 | 1.322,05 |

Como se puede observar en la figura 11.4, el programa eliminará en forma automática los proyectos D y F, entregando una solución final idéntica a la obtenida al aplicar el procedimiento anterior.

Un instrumento opcional para determinar qué proyectos seleccionar cuando no hay recursos suficientes para implementarlos a todos es el *índice de valor actual neto*, que calcula cuánto VAN aporta cada peso invertido individualmente en cada proyecto, y se calcula como:

$$(11.15) \quad I_{VANj} = \frac{VAN_j}{I_{0j}}$$

donde I_{VANj} es el índice de valor actual neto del proyecto j, VAN_j es valor actual neto del proyecto j e I_{0j} es la inversión requerida por el proyecto j en el momento cero.

El IVAN es una aplicación particular del método general propuesto por Senju y Toyada,¹¹ que busca asignar óptimamente recursos insuficientes a proyectos que son indivisibles y que muestran una rentabilidad atractiva para la empresa.

De acuerdo con los antecedentes del ejemplo, se pueden jerarquizar los proyectos por I_{VAN} de la siguiente manera:

| Proyecto | I_{VAN} |
|----------|-----------|
| B | 0,52 |
| G | 0,33 |
| A | 0,31 |
| C | 0,24 |
| E | 0,23 |
| D | 0,10 |
| F | 0,07 |

Aunque en el ejemplo se excluirían los proyectos D y F tanto siguiendo el procedimiento de comparar las tasas internas de retorno como los índices de valor actual neto de los proyectos, se observa que el ordenamiento no es el mismo por ambos métodos, por lo se que podrían concluir combinatorias diferentes de los resultados de cada uno de ellos.

El ordenamiento basado en la comparación de los I_{VAN} tiene la ventaja, sobre la comparación por TIR, de que privilegia el aporte al VAN total de la combinatoria de proyectos por cada peso

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

invertido en ellos. La TIR mantiene aquí sus limitaciones en cuanto a proporcionar soluciones múltiples cuando el proyecto presenta flujos de caja con más de un cambio de signo. Una ventaja más del I_{VAN} es que permite evaluar cada proyecto con tasas de descuento distintas entre ellos, con la finalidad de que se considere la posibilidad cierta de que las inversiones tengan riesgos distintos.

Por otra parte, un ordenamiento por VAN, VAE o $VAN_{(e)}$ tendría el error de considerar la rentabilidad absoluta entre proyectos, independientemente de cuánto VAN aporta cada uno por peso asignado a su inversión.

11. SENJU, S. y TOYADA, Y. "An approach to lineal programming with 0-1 variables", Management Science, vol. 15. num. 4. pp. 196-207, 1968.

El ordenamiento de proyectos por comparación de los I_{VAN} o las TIR no es válido en los proyectos que se encuentran en el margen, cuando la sumatoria de sus inversiones no coincide con el presupuesto disponible. En este caso, queda un remanente presupuestario inferior a la cuantía de la inversión requerida para desarrollar el proyecto siguiente del ordenamiento.

En una situación como ésta, se podría lograr una combinatoria mejor si se utilizan todos los recursos disponibles, en vez de dejarlos ociosos, sustituyendo proyectos que tienen un mejor indicador por otros, que, siendo inferiores, posibilitan utilizar una mayor cantidad de los recursos disponibles.

Esto sucede porque se supone que los recursos disponibles no invertidos en estos proyectos pueden destinarse a otros fines que le retornan a la empresa una rentabilidad equivalente al costo de capital. En otras palabras, el VAN de la inversión ociosa será igual a cero, ya que genera una rentabilidad equivalente a la tasa que se utiliza para actualizar los flujos.

En conclusión, se puede afirmar que el I_{VAN} , siendo el mejor método para jerarquizar proyectos, no logra superar al procedimiento de analizar todas las combinatorias posibles, tal como se procedió en la página 329.

Cuando la cantidad de proyectos genera un gran número de combinatorias, este procedimiento puede ser muy ineficiente, debiéndose recurrir al I_{VAN} , el que se podrá complementar probando en el margen distintas combinatorias mediante la aceptación y rechazo de proyectos, hasta encontrar la combinación que maximiza la sumatoria de los VAN de las distintas combinaciones de proyectos elegibles dentro del marco presupuestario disponible.

Preguntas y problemas

11.1 Explique el concepto de rentabilidad inmediata y señale en qué casos puede o no utilizarse.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

11.2 Determine el año en que debe hacerse una inversión de \$100.000 si los flujos de caja estimados son independientes del momento en que se implemente, si la tasa exigida es del 11 % y la proyección de flujos de caja como sigue:

| Año | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Flujo | 7.650 | 8.340 | 9.908 | 11.315 | 13.400 | 15.200 | 18.004 | 20.980 | 23.051 | 26.993 |

11.3 Enuncie las situaciones que se pueden encontrar al determinar la oportunidad de reemplazar un activo.

11.4 Explique en qué consiste el cálculo del costo anual equivalente para comparar proyectos y señale en qué casos se puede aplicar si las opciones que se estudian tienen distinta vida útil.

11.5 "Al calcular el costo anual equivalente de dos alternativas tecnológicas, no se debe incluir el valor de desecho por ser un beneficio del proyecto." Comente.

11.6 Determine el momento óptimo de sustituir un activo por otro igual si se conoce la siguiente información:

| | |
|--|-------------------------------|
| Valor de adquisición | \$ 10.000 |
| Costo total primer año | \$ 3.000 |
| Tasa de crecimiento anual de los costos | $y = 120 e^{0,085}$ |
| Tasa de disminución anual del valor de desecho | $y = 7,5x^2 - 172,5x + 1.165$ |

11.7 Comente la siguiente afirmación: "Si el costo anual equivalente de una nueva tecnología es más bajo que el costo anual equivalente de la que existe en la empresa, debe recomendarse su inmediata sustitución".

11.8 Explique económicamente por qué puede justificarse no sustituir una tecnología de alto costo anual equivalente por otra de bajo costo anual equivalente.

11.9 Una empresa debe decidir cuál de las siguientes tecnologías comprar si la decisión no fuese posteriormente reversible.

| | T1 | T2 | T3 |
|------------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| Inversión | 120.000 | 90.000 | 100.000 |
| Costo año 1 | 18.000 | 24.000 | 22.000 |
| Tasa de crecimiento de los costos | $Y=400+80x$ | $Y=300+110x$ | $Y=200+90x$ |
| Tasa de disminución del v. desecho | 10% anual | 8% anual | 6% anual |

11.10 Enuncie las variables más importantes que condicionan el momento de abandonar o liquidar una inversión.

11.11 Explique en qué consisten y en qué se diferencian los modelos de Fischer, Faustmann y Boulding para determinar el momento de liquidar un proyecto.

11.12 Una empresa forestal busca determinar en qué momento le conviene cortar los árboles que plantó hace algunos años. Hoy podría venderlos, aún en etapa de crecimiento, en \$400.000 y utilizar los recursos en otras inversiones comparables que tienen una tasa de retorno del 12% anual. Si continúa con el bosque, se proyecta un crecimiento de su valor anual como se muestra a continuación:

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|---|-------|-------|-------|------|------|------|------|---|---|----|
| Variación | | 16,1% | 13,5% | 10,4% | 7,7% | 4,1% | 2,0% | 0,3% | 0 | 0 | 0 |

11.13 ¿En que se diferencia el análisis del momento óptimo de liquidar un proyecto forestal de uno ganadero?

11.14 ¿Qué variables determinan el tamaño óptimo de un proyecto?

11.15 Analice las relaciones entre la TIR marginal y el VAN incremental para explicar el tamaño óptimo de un proyecto.

11.16 ¿Cómo se determina el tamaño óptimo cuando los costos vinculados a él aumentan a tasas crecientes y los beneficios a tasas decrecientes?

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

11.17 ¿Cuáles son las variables que se deben considerar en la determinación del tamaño óptimo en un proyecto con demanda creciente?

11.18 El estudio de mercado que realizó una empresa concluyó que las unidades vendidas (\$30*1.600 unidades) podrían crecer a una tasa del 10% anual en los próximos cinco años. Evalúe la conveniencia de cada una de las tres alternativas tecnológicas cuya capacidad de producción y costos se indican en la tabla siguiente:

| Tecnología | Inversión | Capacidad producción | Costo fijo | Costo variable |
|------------|-----------|----------------------|------------|----------------|
| A | 60.000 | 1.700 u/año | \$18.000 | \$12 |
| B | 67.000 | 2.000 u/año | \$22.000 | \$10 |
| C | 81.000 | 2.500 u/año | \$24.000 | \$8 |

Considere una tasa de retorno del 10% anual y que se puede comprar cualquier número, pero sólo una tecnología.

11.19 "Al analizar las alternativas tecnológicas para enfrentar un proyecto con demanda creciente, debe elegirse la que tenga el mayor VAN." Comente

11.20 Comente la siguiente afirmación: "Es frecuente que las empresas elijan una opción tecnológica pequeña y programe su sustitución o agregación para enfrentar una demanda creciente, aún cuando su VAN sea inferior a la de la opción de comprar una tecnología mayor y que trabaje con capacidad ociosa inicial".

11.21 Explique la principal diferencia en el análisis de la determinación del tamaño óptimo entre proyectos con demanda constante y con demanda creciente.

11.22 Una empresa ha identificado los siguientes cinco proyectos con los flujos de caja que se indican a continuación:

| | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 | -10.000 | -4.000 | -22.000 | -3.000 | -15.000 |
| 1 | 4.000 | 2.000 | 5.200 | 1.100 | 3.500 |
| 2 | 4.000 | 2.000 | 5.200 | 1.100 | 3.500 |
| 3 | 4.000 | 2.000 | 5.200 | 1.100 | 3.500 |
| 4 | 4.000 | 2.000 | 5.200 | 1.100 | 3.500 |
| 5 | 4.000 | | 5.200 | 1.100 | 3.500 |
| 6 | 4.000 | | 5.200 | | 3.500 |
| 7 | | | | | 3.500 |
| 8 | | | | | 3.500 |

Considerando una tasa de descuento de un 10%, jerarquice los proyectos de acuerdo con los modelos expuestos en el capítulo.

11.23 Seleccione la combinatoria de proyectos que haga máxima la suma de sus VAN, si existe una restricción de capital de \$68.000, y si la inversión y el VAN de cada proyecto son los siguientes:

| Proyecto | Inversión | VAN |
|----------------|-----------|--------|
| P ₁ | 10.050 | 3.622 |
| P ₂ | 6.008 | 2.806 |
| P ₃ | 32.875 | 19.058 |
| P ₄ | 14.099 | 6.200 |
| P ₅ | 5.549 | 1.120 |
| P ₆ | 16.120 | 3.714 |
| P ₇ | 21.544 | 5.430 |
| P ₈ | 4.103 | 992 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | |
|-----------------|--------|-------|
| P ₉ | 7.558 | 1.845 |
| P ₁₀ | 11.087 | 2.591 |

11.24 ¿Qué ventajas ofrece el indicador IVAN respecto de otros para determinar la combinatoria óptima de proyectos cuando existen restricciones de recursos?

Bibliografía

- BIERMAN, H. y S. SMIDT. The Capital Budgeting Decision; Economic Analysis of Investment Projects. Macmillan, New York, 1993.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CANADA, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.
- EPPEN, G. D. y otros. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.
- FONCREI. Manual para la formulación y evaluación de proyectos.
<http://www.foncrei.org.ve/manuales/manind.htm>. 1995.
- GUTIÉRREZ, H. Evaluación de proyectos ante certidumbre. CIADE, Universidad de Chile, Santiago, 1994.
- ROSS, S., R. WESTERFIELD y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- SENJU, S. y TOYADA Y. "An approach to lineal programming eith 0-1 variables", Management Science, vol. 15. num. 4, 1968.
- VÉLEZ, I. Decisiones de inversión: una aproximación al análisis de alternativas. Centro Editorial Javeriano, Santafé de Bogotá, 1998.

OUTSOURCING, REEMPLAZO, AMPLIACIÓN, ABANDONO E INTERNALIZACIÓN

El objetivo de este capítulo es analizar las particularidades de los proyectos de inversión que son posibles de identificar en empresas en marcha: *outsourcing*, reemplazo, ampliación, internalización y abandono, así como las principales variaciones que son susceptibles de observación en cada uno de ellos.

Aunque la estructura general para la preparación de los flujos de caja y posterior evaluación y sensibilización de los resultados puede ser la misma para los cinco tipos de proyectos individualizados, hay particularidades que obligan a una consideración diferenciada de cada uno de ellos para poder, primero, formular correctamente sus costos y beneficios y, segundo, medir e interpretar correctamente los resultados del cálculo de su rentabilidad y su sensibilización.

12.1 Proyectos de *outsourcing*

Los proyectos de *outsourcing* son, quizás, los que exhiben un mayor desarrollo en los últimos años dentro de las opciones de inversión en mejora que buscan las empresas para optimizar la rentabilidad de su gestión. Esto se explica por las claras ventajas que se han podido observar en aquellas instituciones que han externalizado parte de sus actividades. Entre las principales ventajas se pueden mencionar las siguientes:

- a. concentrar los esfuerzos de la empresa en desarrollar la actividad de su giro principal,
- b. compartir el riesgo de las inversiones con el proveedor externo,
- c. liberar recursos que pueden ser utilizados en otras actividades más rentables,
- d. generar entradas de capital por la eventual venta de activos que se dejan de ocupar,
- e. mejorar la eficiencia al traspasar la ejecución de actividades especializadas a expertos,
- f. acceder a tecnologías de punta sin tener que realizar inversiones frecuentes en modernizarse, y
- g. suplir insuficiencias de capacidad de servicios para apoyar las estrategias de crecimiento.

La especialización de actividades generalmente se asocia con el aumento de eficiencia en los procesos y de eficacia en los resultados al permitir reducir la distracción de recursos en operaciones de procedimientos a veces simples, como algunos mantenimientos de activos, y concentrarlos en las actividades principales de la misión corporativa. Al externalizar, la empresa reduce la cantidad de procesos internos, lo que le posibilitará concentrar sus esfuerzos en la optimización de las actividades que continúa desarrollando. Al focalizar el trabajo en menos cantidad de tareas puede también aumentar la rapidez, precisión y calidad de los procesos.

La posibilidad de compartir el riesgo de la inversión con terceros es especialmente importante cuando una parte del proceso está inserto en un sector cuya tecnología es altamente cambiante. Por ejemplo, importantes editoriales de nivel mundial han preferido concentrar sus esfuerzos en el trabajo editorial (identificación de requerimientos de textos, búsqueda del autor más calificado para emprender el proyecto, distribución y venta), haciendo *outsourcing* de la impresión de los libros. De esta forma, la fuerte velocidad de cambio que se observa en la tecnología de impresión deja de ser una preocupación de la empresa, obligando a que sean los proveedores de servicios quienes enfrenten estas renovaciones si quieren seguir siendo competitivos. Al quedar obsoleta rápidamente una tecnología, la empresa editora sólo cambia al proveedor del servicio si éste no es capaz de adecuar su oferta a la modernidad permanente del sector.

Aunque en muchos casos hacer un *outsourcing* puede ocasionar mayores costos que los que tendría la empresa si continúa con el desarrollo del proceso internamente, la decisión de externalizar podría justificarse por permitir la liberación de recursos que pueden ser utilizados

en actividades más rentables. Generalmente, un *outsourcing* deja a determinados recursos, como terrenos, galpones, vehículos o personal, disponibles para destinarlos a incrementar la eficacia de otros procesos al interior de la empresa. Es así como un proyecto de ampliación de una línea de productos muy rentable puede ser financiada mediante la disminución de requerimientos de capital para los activos y recursos que un *outsourcing* pueda liberar. La optimización del uso de los recursos que el evaluador de proyectos debe buscar permanentemente en la empresa lo obliga a estudiar aquellas opciones a los proyectos rentables existentes que pudieran hacer aun más rentables los recursos invertidos por la empresa.

De igual forma, la externalización permite liberar recursos de capital que pueden ser vendidos generando recursos financieros que pueden destinarse a otras opciones más lucrativas, como, por ejemplo, para reemplazar tecnología que pudiera estar empezando a enfrentar aumentos en la tasa de costo de mantenimiento y uso de repuestos o para pagar un crédito cuyo costo financiero sea superior al eventual mayor costo de una externalización.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

También el *outsourcing* se considera como una forma activa para mejorar la productividad y cumplir con requerimientos difíciles para el cumplimiento de plazos y tipo de trabajo, al mejorar la eficiencia global de la empresa por traspasar la ejecución de esas actividades complejas a expertos. La eficiencia aumenta con una externalización cuando la empresa consigue, mediante ella, una asistencia profesional y calificada en materias donde se requiere un alto grado de conocimiento y experiencia en la ejecución de una determinada tarea, permitiendo reducir "cuellos de botella" en el proceso y adquirir nuevas habilidades cuando el proveedor especializado puede ayudar a definir requerimientos realistas al proceso.¹ Las empresas que intentan hacer todo ellas mismas incurren frecuentemente en altos costos de investigación, desarrollo, producción y distribución de sus productos.

El *outsourcing* permite a la empresa acceder a tecnologías de punta sin exigir la realización de las inversiones permanentes de una modernización. Es, en este sentido, un instrumento que posibilita mitigar las pérdidas y la distracción de recursos de capital para enfrentar el proceso de adecuación a los cambios tecnológicos. De la misma forma, una administración eficiente del *outsourcing* acelera los beneficios de una reingeniería para mejorar los costos, la calidad,

1. Esto conlleva a la necesidad de definir medidas de desempeño que se constituyan en una herramienta real para motivar un mejor desempeño, principalmente especificando requerimientos desde el punto de vista de los resultados esperados, como una forma de asegurar la calidad del servicio externalizado.
el precio y la velocidad de producción y ventas en el giro central de la empresa.

Por último, el *outsourcing* permite apoyar las estrategias de crecimiento de la empresa al suplir o compartir responsabilidades donde pudieran existir deficiencias e incapacidades para otorgar las respuestas en la provisión de servicios que exige ese desarrollo.

Menos importantes pero de igual pertinencia son las ventajas de optar por tecnologías de vanguardia, adoptar nuevas metodologías de trabajo y aplicar estándares de producción y calidad más adecuados.

En general, las empresas que ya han implementado este sistema de funcionamiento aseguran haberse desprendido de estructuras pesadas y logrado agilidad y flexibilidad para adaptarse a los continuos cambios del mercado.² El *outsourcing*, que inicialmente se empezó a desarrollar en las áreas de sistemas de información, logística y transporte, hoy llega a otras que antes se consideraban propias del negocio: el marketing, algunas etapas del proceso de producción y ciertos servicios financieros. Los factores que se señalan como principales causas para explicar este cambio son la innovación tecnológica, la competencia y la globalización.

Para las empresas que lo han adoptado, las principales ventajas observadas son la obtención de los mismos procesos pero de manera más eficaz, con mayor calidad y menor costo. Al intensificarse la competitividad aumenta la necesidad de concentrar sus esfuerzos en los aspectos determinantes de esa competitividad, para lo cual ceden tareas que pueden ser desarrolladas externamente, con más exigencias y mayor profesionalismo.

Sin embargo, también existen desventajas que recomiendan que cada proyecto de *outsourcing* sea completa y correctamente evaluado. Entre otras, se pueden mencionar:

- a. la pérdida de control directo sobre la actividad descentralizada,
- b. la dependencia de terceros,
- c. el traspaso de información,
- d. el eventual mayor costo externo (que incluye la utilidad de quien presta el servicio y los mayores costos de transporte),
- e. la administración del proceso de compra a terceros, y
- f. la pérdida de talentos internos.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

2. ANDRADE, M. "El *outsourcing* profundiza en la empresa virtual". Madrid: El País, domingo 23 de enero de 2000, p. 45. La pérdida de control sobre una actividad entregada a terceros se puede mitigar con la definición de estándares de desempeño, tanto de calidad como de oportunidad en la entrega, pactados con el proveedor del servicio. El mayor riesgo asociado a una decisión de *outsourcing* radica en el incumplimiento de los estándares cuando la empresa ya se deshizo de los activos que le permitían el procesamiento interno. De ser así, revertir la decisión puede ser sumamente costoso por la cuantía de las inversiones que posibiliten la readecuación de procesos que antes de la externalización se realizaban con activos cuyo costo de inversión estaba "hundido" y tenía menor relevancia que la magnitud de la inversión en nuevos equipos, contratación y capacitación del personal despedido o reubicado en la empresa, etcétera.

Muy asociada con la pérdida de control está la mayor dependencia a decisiones de terceros para mantener el funcionamiento adecuado de la empresa. Cuando una empresa entrega a otra mediante *outsourcing* una parte del desarrollo de su actividad, pasa a competir con otras que contratan el servicio con el mismo proveedor por la oportunidad en la ejecución de la tarea. Si la empresa contrata bajos niveles de operación, probablemente el proveedor, frente a cualquier problema de cumplimiento, optará por atender a aquel cliente que sea más importante para él, por preferir arriesgar la pérdida de un cliente cuya prestación de servicio sea menos significativa en términos monetarios y relativos.

Otra desventaja del *outsourcing* es la posible pérdida en la confidencialidad de la información sobre, por ejemplo, niveles de actividad, especialmente cuando se externaliza el almacenamiento o el manejo informático de la empresa.

Aunque es posible que el proveedor del servicio externo tenga economías de escala en su operación por la especialización que logra en sus procesos (y que podría traspasar a precios inferiores al costo de hacer la actividad internamente) puede aumentar en ciertas ocasiones el costo, por cuanto el proveedor del servicio agrega tanto su propia utilidad como otros costos en los cuales la empresa no incurría, como, por ejemplo, el mayor costo del transporte o los seguros involucrados.

Cualesquiera sean los beneficios de un *outsourcing*, es necesario considerar también el mayor costo tanto de administración del proceso de vinculación, negociación y transferencia de servicios, como de las acciones de control del proveedor externo.

Al externalizar servicios o partes del proceso de producción, la empresa empieza a prescindir de algunos expertos que pudieron haber tomado años en adquirir el conocimiento logrado. La pérdida de ellos hace muy difícil la decisión de volver a la situación anterior si

cambian las condiciones que hicieron más atractivo optar por el *outsourcing*.

Externalizar a terceros parte de los procesos que se realizan internamente en la empresa puede constituir una forma eficaz para mejorar el resultado del proceso de asignación de sus recursos. Sin embargo, la metodología de medición de su conveniencia no es trivial y requiere de consideraciones particulares dentro de los proyectos de modernización.

En este tipo de decisiones es fundamental diferenciar entre costos contables y costos reales, porque la externalización de servicios muy raramente permitirá a la empresa ahorrarse la totalidad de los costos atribuibles a su realización interna. Probablemente, los costos directos podrán ser mayoritariamente ahorrados, a menos que existan dificultades para su supresión, como, por ejemplo, los de la mano de obra.

Muchos servicios externalizables consideran en su evaluación el ahorro en las remuneraciones directas que una decisión de *outsourcing* podría significar. Sin embargo, no siempre el recurso

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

humano liberado con esa decisión es eliminado de la empresa por distintos tipos de razones, como puede fácilmente apreciarse en muchas dependencias del sector público.

Si el recurso humano liberado es asignado a cumplir otras funciones para las cuales se tenía programada una nueva contratación, indudablemente que existirá un ahorro de costos y así se deberá considerar en la formulación del proyecto Si la persona es reasignada para desempeñar una función para la cual se puede contratar a otro funcionario por un sueldo distinto al que él percibe, el ahorro de costo no será su sueldo actual sino el que le permite, con su reubicación, ahorrarse a la empresa. Pero si es asignado a otra función por existir algún impedimento para su exoneración, no podrá asignársele el beneficio de su ahorro.

De igual forma, se deberán considerar cuidadosamente aquellos costos indirectos de la externalización, como los ocasionados por la administración y supervisión de la tarea externa o como los efectos tributarios derivados del probable ahorro de costos.

Uno de los mayores problemas se observa en relación con la liberación de activos y con la forma de considerarlos correctamente en el flujo de caja. Es común que al externalizar se incluya como beneficio del proyecto el ingreso generado por la venta del activo liberado. Sin embargo, esto es incorrecto por cuanto la pertenencia del activo no es a causa del proyecto de *outsourcing* sino que ya estaba en la empresa y es independiente de él aun cuando la decisión conlleve a su venta. Lo único que es atribuible a él es la posibilidad de hacer líquidos recursos

fijos mediante su venta. Es decir, permite a la empresa vender hoy un activo en vez de quedarse con él. Si no se hace el *outsourcing*, la *situación base* o *sin proyecto* deberá mostrar en el valor de desecho la propiedad que la empresa mantendrá por quedarse con el activo. Si se hace el proyecto, aparecerá como ingreso por venta.

En consecuencia, para la correcta evaluación de su conveniencia, en un flujo incremental se deberá incluir en el momento cero el ingreso (y su efecto tributario) obtenido de su venta y, en el último período de la evaluación, el menor valor de desecho que tendría la empresa ocasionado por el mismo proyecto.

Otros efectos, como los cambios en las depreciaciones y sus niveles tributarios, los desahucios que pudieran derivarse de una reducción del personal, la magnitud de los recursos a invertir o recuperar de las inversiones en capital de trabajo, entre otras, se analizan detalladamente en el caso de *outsourcing* que se plantea y resuelve en el capítulo siguiente.

Ejemplo 12.1

Una empresa evalúa la conveniencia de externalizar el servicio de transporte de trabajadores que hoy le cuesta \$4.000 anuales y por el que tendría que pagar \$5.200 anuales. La externalización le permitiría vender hoy los vehículos en \$7.000, aun cuando su valor en libros es de sólo \$2.000 y le queden dos años por depreciar. Si no hace el *outsourcing*, los vehículos podrían ser usados otros cuatro años más, al cabo de los cuales se podrían vender en \$2.000. Los choferes se trasladarían a la sección de distribución, donde se requiere aumentar la dotación para enfrentar el aumento de la actividad observada en los últimos años y que se supone se va a mantener en los próximos años.

El flujo de caja de hacer el *outsourcing*, considerando una tasa de impuesto a las utilidades del 15%, queda como lo muestra la tabla 12.1.

Nótese como el ítem venta de activos aparece con valor positivo en el momento 0 y negativo al final del horizonte de evaluación. Esto es así porque hacer el *outsourcing* cambia la situación presupuestada, permitiendo vender hoy "en vez" de hacerlo en cuatro años más. De igual forma, la depreciación incremental aparece con signo positivo, ya que la empresa aprovecha hoy el

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

efecto tributario del valor contable (al descontar de la utilidad el valor libro) "en vez" de hacerlo en los dos próximos años.

Descontando los flujos a una tasa del 12%, se obtiene un VAN de \$1.691, lo que indica que es conveniente externalizar.

Tabla 12.1 Flujo de caja incremental de hacer *outsourcing*

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Venta activo | 7.000 | | | | -2.000 |
| Aumento costo | | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 |
| Depreciación | | 1.000 | 1.000 | | |
| Valor libro | -2.000 | | | | |
| Utilidad | 5.000 | -200 | -200 | -1.200 | -3.200 |
| Impuesto | -750 | 30 | 30 | 180 | 480 |
| Utilidad neta | 4.250 | -170 | -170 | -1.020 | -2.720 |
| Depreciación | | -1.000 | -1.000 | | |
| Valor libro | 2.000 | | | | |
| Flujo | 6.250 | -1.170 | -1.170 | -1.020 | -2.720 |

12.2 Proyectos de reemplazo

La definición de un programa correcto de sustitución de activos representa uno de los elementos fundamentales de la estrategia de desarrollo de una empresa. Un reemplazo postergado más tiempo del razonable puede elevar los costos de producción, perder competitividad ante empresas que se modernizan o incumplir con los plazos de entrega, entre otros problemas fáciles de identificar. Un reemplazo que se anticipa puede ocasionar el desvío de recursos que pudieran tener otras prioridades con mayor impacto positivo para la empresa, además del costo de oportunidad que implica no trabajar con estructuras y costos óptimos.

El estudio de las inversiones de modernización por la vía del reemplazo es el más simple de realizar, aunque, como se verá a continuación, se presentan ciertas complejidades asociadas a la forma de seleccionar la información relevante para la toma de la decisión y al procedimiento para construir los flujos de caja adecuados.

La necesidad de sustituir activos en la empresa se origina en varias causas:

- a. Por capacidad insuficiente de los equipos existentes para enfrentar un eventual crecimiento de la empresa.
- b. Por un crecimiento en los costos de operación y mantenimiento de los equipos en niveles ineficientes comparativamente con los de un nuevo equipo.
- c. Por una productividad decreciente originada en el aumento de horas de detención del activo para someterlo a reparaciones o mejoras.
- d. Por la obsolescencia -o envejecimiento económico- observada comparativamente en el mejoramiento continuo derivado de los cambios tecnológicos, que hacen aconsejable la renovación de equipos que, aunque no manifiesten un nivel de desgaste suficiente ni costos de mantenimiento crecientes, enfrenten una opción tecnológica nueva con menores costos de operación o mayor eficiencia en la producción.
- e. Por la destrucción física total asociada con averías irreparables o que siendo reparables tengan un costo de arreglo tan alto que no justifique el gasto.

Dentro de los proyectos de reemplazo es posible identificar, fundamentalmente, tres tipos de opciones básicas:

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

a. *Opción de sustitución de activos sin cambios en el nivel de operación ni, por lo tanto, en el nivel de ingresos.* Cuando un reemplazo no tiene impacto sobre los ingresos de operación de la empresa, éstos pasan a ser irrelevantes para la decisión, por lo que la evaluación deberá elegir la opción de menor valor actual de los costos proyectados. Los únicos ingresos relevantes serán los que se encuentran relacionados con la venta del equipo que se reemplaza, así como con los valores de desecho incluidos en el cálculo de los beneficios. En este caso, la empresa puede optar por quedarse con el equipo actual o sustituirlo por otro nuevo, basándose en el criterio de mínimo costo. Si incluyera los beneficios, irrelevantes por ser comunes para ambas opciones, necesariamente se elegirá la misma opción según el criterio de máxima utilidad. Si los ingresos actuales no se ven modificados con el reemplazo, la opción de mínimo costo será siempre la de mayor utilidad. Por ejemplo:

| | Sin reemplazo | Con reemplazo |
|----------------|---------------|---------------|
| Ingresos | 1.000 | 1.000 |
| Costos | -700 | -800 |
| Beneficio neto | 300 | 200 |

La opción sin reemplazo es más conveniente por ser la de mínimo costo o la de mayor beneficio neto.

b. *Sustitución de activos con cambios en los niveles de producción, ventas o ingresos.* Cuando la decisión de reemplazo de un activo hace que se modifiquen los niveles de productividad en la

empresa o se generen nuevos ingresos derivados de cambios en la calidad y precio del producto o del aprovechamiento de nuevas posibilidades comerciales, como, por ejemplo, la venta de desechos que, con la nueva tecnología incorporada con el equipo que reemplaza al anterior, pudieran tener una posibilidad de venta antes imposible, tanto los ingresos como los costos asociados al cambio en el activo pasan a ser relevantes para la decisión. Al cambiar los ingresos, la solución de mínimo costo podría no ser siempre la más conveniente. Por ejemplo:

| | Sin reemplazo | Con reemplazo |
|----------------|---------------|---------------|
| Ingresos | 1.000 | 1.200 |
| Costos | -700 | -800 |
| Beneficio neto | 300 | 400 |

En esta situación, se deberían agregar los efectos indirectos sobre la inversión en capital de trabajo.

c. *Imprescindencia de la sustitución de un activo con o sin cambio en el nivel de operación.* Cuando la empresa debe necesariamente hacer el reemplazo de algún equipo (por ejemplo, cuando el activo está deteriorado u obsoleto), la situación base no existe y se debe evaluar cuál de las opciones existentes en el mercado es la más conveniente, aunque considerando el impacto sobre el resto de la empresa, si lo hubiera.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

En los dos primeros casos sería posible determinar que la situación con reemplazo es mejor que la situación actual. Sin embargo, siempre será necesario considerar la opción de mejorar la situación base como una más para evaluar. Esto es lo que comúnmente se denomina *situación base optimada*.

En los tres casos anteriores se podría presentar también la posibilidad de que las opciones que se comparen (entre la situación actual y una alternativa de reemplazo o entre distintas opciones de reemplazo) pudieran tener distintas vidas útiles.

La determinación del horizonte de evaluación de activos con distinta vida útil es una tarea importante para calcular la conveniencia de la sustitución. En muchos casos, las vidas útiles de los activos que se comparan son distintas o, si son iguales, poseen una vida útil remanente distinta.

Cuando el activo que se busca reemplazar tiene una vida útil distinta (usualmente menor) a la del equipo nuevo y genera un cambio en la tecnología (por ejemplo, evaluar la sustitución de un proceso intensivo en mano de obra por otro intensivo en capital o, como se verá en el caso siguiente, reemplazar el transporte de residuos mediante el uso de camiones o por tuberías), es posible evaluar ambas opciones en la cantidad de años de vida útil de la menor de ellas, por cuanto es el máximo tiempo posible de comparación.³ Cuando difícilmente se puede suponer que la tecnología antigua será reemplazada por otra de similares características al final de su vida útil, existiendo ya una opción mejorada, la decisión comúnmente se toma entre cambiar hoy la tecnología o hacerlo al final de su vida útil.⁴

Por otra parte, se debe tener en consideración que si bien el proyecto de hacer el reemplazo libera y permite vender el activo en uso, este beneficio no puede ser atribuido al proyecto de sustitución, por cuanto la empresa, si se hace el reemplazo, perderá la propiedad de dicho activo.

Para considerar los reales impactos de la decisión, se deberá incorporar, en la situación con proyecto, el ingreso por la venta del activo liberado y, en la situación base, el valor de desecho que tendría al final de su vida útil si la empresa continuase con él. En un análisis incremental se incorporará en el momento cero el ingreso por la venta del activo y, en el último período de evaluación, el menor valor de desecho que tendría la empresa, el que, por ser un costo para ella, se anotará con signo negativo. Ambos procedimientos conducen a un mismo resultado.

El resto de las variables tiene un comportamiento similar al indicado en los capítulos anteriores.

En proyectos de reemplazo sin variación en los niveles de operación se suelen omitir los cambios en los niveles de inversión en capital de trabajo, por cuanto probablemente tengan un impacto insignificante en los resultados de la evaluación, ya que se originarían en

3. Al respecto, algunos autores señalan que "debe seleccionarse la longitud del horizonte de planificación, la cual usualmente coincide con la vida útil más larga de los activos. La selección del horizonte de planificación hace suponer que el valor del costo anual equivalente del activo de menor vida útil es el mismo durante el horizonte de planificación. Esto implica que el servicio prestado por el activo de menor vida útil puede ser adquirido al mismo costo anual equivalente que actualmente se calcula para la vida de servicio esperada". BLANK L. y A. TARQUIN. Ingeniería económica. Tercera edición. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 1991, pp. 224.

4. En el capítulo anterior se analizó la forma de determinar cuándo es conveniente hacer el reemplazo, para lo cual se concluyó que era cuando el costo anual equivalente del nuevo equipo sea inferior al costo anual efectivo del equipo antiguo.

pequeños cambios en las estructuras de costos, básicamente por economías o deseconomías de escala. Como se mencionó anteriormente, esto es válido en nivel de prefactibilidad, pero en un estudio en factibilidad se deberá validar esta consideración antes de incorporarla.

Los costos asociados con la no sustitución de un activo se ocasionan por el mayor costo de operación y de mantenimiento, por la disminución de la capacidad de producción y ventas al aumentar los días de detención para efectuar reparaciones y por la declinación comparativa de la

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

calidad en relación con la de un equipo nuevo, lo que puede ocasionar una disminución en las ventas, en la readecuación de los precios para recuperar competitividad o el reprocesamiento de productos derivados de la menor calidad de producción.

Una opción que siempre se debe evaluar cuando se estudia una posible sustitución de activos es la de mejorar la situación existente. Es decir, el gasto en una reparación mayor o modernización del activo actual puede tener un menor valor actual de costos que seguir con él.

El caso 2 del capítulo siguiente incluye las consideraciones más comunes, pero no por ello menos complejas, de los proyectos de reemplazo.

12.3 Proyectos de ampliación

La evaluación del proyecto de ampliación es relativamente similar a la evaluación de un proyecto de reemplazo con cambios en el nivel de operación. La diferencia fundamental radica en que en una ampliación no necesariamente se debe considerar la liberación de un activo en uso, ya que generalmente sólo involucra un aumento de inversiones.

Como se mencionó anteriormente, los proyectos de ampliación pueden ocasionar sustitución de activos (cuando se cambia un equipo de menor capacidad de producción por otro de mayor) o sólo la agregación de nuevos activos al proceso.

También es posible la ampliación mediante la subcontratación de parte del proceso de producción externamente a la empresa. Al no tener esta modalidad ninguna particularidad diferente de la de un aumento de costo de funcionamiento asociado a una probable mayor generación de ingresos por incremento en las ventas, no será analizado (básicamente por su simplicidad) en este texto.

El análisis será muy distinto si se proyecta efectuar la ampliación por medio de un reemplazo o de un complemento de activos. En el primer caso se procederá con una metodología aplicable a proyectos de reemplazo con cambio en los niveles de ingreso, mientras que, en el segundo, se empleará el procedimiento aplicable a un proyecto de ampliación propiamente tal, de la manera como se describe más adelante.

Cuando una empresa evalúa un proyecto para aumentar la capacidad de elaborar un producto en particular enfrenta, a veces, la posibilidad de adquirir la capacidad adicional mediante la compra de una empresa que fabrica su mismo producto. Si es así, se deberán comparar las rentabilidades de esta adquisición con la opción de construir y comprar la planta y equipos necesarios para ello.

Una particularidad especial que es posible apreciar tanto en proyectos de ampliación como en aquellos de reemplazo que involucran cambios en los niveles de producción, es que ambos requerirán de antecedentes similares a los utilizados para la evaluación de un proyecto nuevo. Por ejemplo, de un estudio de mercado que demuestre la capacidad de vender la eventual producción adicional que generará la inversión, y de la evaluación de las opciones de tecnología, tamaño e impacto organizacional, entre otros.

Una de las mayores dificultades de los proyectos de ampliación radica en el problema de medir el impacto que el nuevo proyecto tendrá sobre el resto de la empresa, así como el impacto que podrán tener otras actividades realizadas actualmente por la empresa sobre los flujos de caja del proyecto de ampliación.

Será fundamental, en este caso, hacer el máximo de claridad sobre los costos y beneficios que son modificados por el proyecto incremental para evaluar su conveniencia sobre estas bases, independientemente de que por una asignación contable se le pudieran atribuir ítem de costos adicionales.

Frecuentemente se aprecian confusiones respecto de cuáles costos son relevantes de considerar en la evaluación de un proyecto de ampliación. La falta de clarificación de lo anterior puede

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

fácilmente conducir al inversionista a una decisión equivocada, mostrando una proyección económica que no refleja la real rentabilidad de su inversión. Esto se observa, por ejemplo, cuando se incorpora al flujo de caja de un proyecto de ampliación la parte de los costos fijos (en los que igual se incurriría en las situaciones con y sin proyecto) que desde el punto de vista contable se tendría efectivamente que asignar al proyecto mediante alguno de los procedimientos ampliamente tratados en los textos de contabilidad de costos. Es el caso de los gastos indirectos de fabricación y los gastos de administración, entre otros.

Más complejo puede resultar el análisis de los beneficios que la ampliación ocasiona al resto de la empresa y que podrían, equivocadamente, no atribuirse al proyecto. Por ejemplo, cuando la ampliación genera economías de escala que reducen los costos unitarios de ciertos insumos para toda la empresa. Los beneficios que se derivan

de estos ahorros, si bien pueden no ser asociados directamente con la actividad propia de la ampliación, se deben incorporar en la estimación de sus ingresos por el hecho de ser logrados por ella. Igual como hay elementos o factores que permiten obtener ahorros o economías de escala, existen otros que tienen un efecto contrario. Es decir, que hacen aumentar el costo unitario de producción, generando deseconomías de escala. Por ejemplo, en proyectos agrícolas donde el crecimiento obliga a ir cada vez más lejos para obtener los insumos, con el consiguiente aumento en los costos de transporte, o cuando el crecimiento obliga a un cambio en los sistemas administrativos de toda la empresa. En este caso, el aumento de costo es todo atribuible al proyecto, aun cuando contablemente se asigne a otra unidad de la empresa.

Cuando la empresa crece, es decir, cuando aumenta su escala de producción, se pueden producir ciertos ahorros que hacen disminuir el costo por unidad producida, ya sea por efecto de la curva de aprendizaje, por una mayor utilización de la capacidad instalada o por el aprovechamiento de descuentos en las compras por mayores volúmenes de insumos, entre otros.

Otra particularidad importante de los proyectos de ampliación, a diferencia de los de reemplazo, es que en este caso se deberá tener cuidado de considerar correctamente el efecto que tendrá el proyecto en el nivel de la inversión en capital de trabajo que mantiene la empresa.

Cuando no cambia el nivel de operación de la empresa es posible suponer que un reemplazo de activos no modificará la cuantía de los recursos destinados a capital de trabajo⁵, pero, cuando cambia, necesariamente se deberá hacer alguna consideración respecto de su impacto en la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, para medir el costo de fabricación en distintos niveles de la capacidad de producción se pueden definir los componentes más relevantes del costo: consumo de materias primas y materiales, utilización de mano de obra, mantenimiento de máquinas, gastos de producción en general (energía, seguros, combustible), etcétera.

5. Aunque el reemplazo de algún activo con alta variación en su tecnología podría, en algunos casos, hacer necesario que se estudien posibles adiciones o reducciones al nivel de la inversión en capital de trabajo. Cuando el impacto sobre la inversión en capital de trabajo es de una cuantía reducida en términos relativos al resto de la inversión, se podrá omitir su consideración, ya que, como se verá más adelante, al ser una inversión que se recupera al término del período de evaluación, el efecto que tiene sobre la rentabilidad de la inversión sólo corresponde al costo del capital de haber tenido inmovilizado ese monto durante la vida útil evaluada del proyecto.

El costo fabril definido debe compararse con la capacidad de producción y el monto de la inversión. A esta relación se la denomina masa crítica técnica, la cual, al calcularse, deja muchas veces fuera de análisis el efecto que el proyecto generará sobre los gastos administrativos de la empresa o la consideración de no trabajar a plena capacidad.

Al relacionar el costo unitario de operación (C) con la capacidad de la planta (P), dada en número de unidades de producto por unidad de tiempo, resulta una expresión de la forma siguiente:

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

$$(12.1) \quad \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^f$$

por lo que

$$(12.2) \quad C_2 = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^f * C_1$$

donde C_2 representa el costo de operación con el proyecto, C_1 , el actual costo de operación, P_2 la nueva capacidad de planta, P_1 la capacidad de planta actual y f el factor de volumen. Cuando f se aproxima a 1, son despreciables las economías de escala que pueden obtenerse en los costos por el aumento en la capacidad. Si f fuese 0,5 ello significaría que al duplicarse la capacidad de producción, las economías de escala harían aumentar el costo de producción en sólo un 41,42%. Esto resulta de:

$$C_2 = \left(\frac{2}{1} \right)^{0,5} * C_1 = 1,4142 * C_1$$

También la inversión asociada a una ampliación se puede calcular, en nivel de perfil o prefactibilidad, como un estándar que considera posibles economías de escala. Casi todos los proyectos presentan una característica de desproporcionalidad entre su tamaño y sus costos de funcionamiento e inversiones, lo que hace, por ejemplo, que al duplicarse el tamaño, las inversiones no necesariamente se dupliquen.

Igual que en el caso de los costos, la inversión (I_t) para un nuevo tamaño (T_t) de planta que opera actualmente en un tamaño menor (T_0) con una inversión histórica valorada en moneda actual (I_0), se calcula por la siguiente expresión, si se conoce el exponente del factor de escala (α):

$$(12.3) \quad I_t = I_0 \left(\frac{T_t}{T_0} \right)^\alpha$$

Esta ecuación sirve también para calcular la inversión esperada para distintos tamaños de planta en evaluación cuando se conoce la inversión de una opción base y el exponente del factor de escala.

Ejemplo 12.2

Si se evalúan dos posibilidades de tamaños de planta capaces de producir 20.000 y 30.000 unidades anuales, respectivamente, del producto requerido, es posible estimar el valor de la inversión del segundo tamaño de planta si se conoce el del primero (\$4.000.000, por ejemplo) y el exponente del factor de escala (que se supondrá de 0,87), de la siguiente forma:

$$I_t = 4.000.000 * \left(\frac{30.000}{20.000} \right)^{0,87}$$

De acuerdo con esto, la inversión para un tamaño que pueda alcanzar una producción de 30.000 unidades sería, estimativamente, de \$5.691.928. Es decir, un aumento del 50% en el tamaño demanda invertir un 42,3% más. También puede expresarse la solución sobre la base de la tasa

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

de aumento en el tamaño. Es decir, si aumenta de 20.000 a 30.000 unidades de producción, el crecimiento es de un 50%, o sea, aumenta en 1,5 veces. Si se aplica a esto el exponente de factor de escala se obtiene:

$$I_t = (1,5)^{0,87} = 1,423$$

que indica también que un aumento del tamaño en 50% conlleva un aumento en la inversión de un 42,3%.

Obviamente, al ser la aplicación de este factor un estándar, sólo puede aplicarse en estudios de viabilidad que se hagan en nivel de prefactibilidad.

Un típico costo relevante que se observa en muchos proyectos de ampliación es el relacionado con el costo del mayor almacenamiento de insumos, productos en proceso y productos terminados generados por el aumento en los niveles de operación. Los gastos vinculados con el almacenamiento pueden clasificarse en cuatro categorías básicas:

- a. los gastos asociados a la explotación de los depósitos (seguridad, mantenimiento, electricidad, etcétera);
- b. los gastos relacionados con el mantenimiento de la calidad del producto;
- c. las pérdidas tanto físicas como de calidad del producto mientras esté almacenado; y
- d. el costo del dinero inmovilizado tanto en la infraestructura del almacenamiento, como en los productos mismos.

12.4 Proyectos de abandono

Muchas veces los cambios que se producen en el entorno hacen necesario estudiar la conveniencia de reducir o suprimir la producción de determinados bienes, para sustituir esa inversión por otra que resulte más atractiva para el inversionista. Una forma de modernizarse, la menos típica, es mediante el abandono de todo o parte de aquellas líneas de producto que, aunque hubieran sido rentables en el pasado, en la actualidad podrían haber dejado de serlo.

El análisis de los proyectos de abandono es relativamente similar al tratamiento que se da a los proyectos de ampliación, aunque, obviamente, midiendo el efecto inverso.

En este tipo de proyecto se busca medir si aumenta la rentabilidad de una empresa en marcha tomando la decisión de reducir su nivel de operación. Una variante de este tipo de problema se refiere a la posibilidad del cierre del negocio, donde el criterio de decisión es cerrar si el costo de hacerlo es menor que el de continuar con las pérdidas proyectadas del negocio, o hacerlo, si la rentabilidad que podría obtenerse invirtiendo los recursos que genere la liquidación del negocio en una propuesta opcional es mayor que el beneficio proyectado para la continuidad de la operación. Es claro que en una decisión de cierre entran una serie de otros criterios que no sólo son de índole económica.

Una de las mayores dificultades de este tipo de proyectos reside en la determinación del valor de liquidación de la inversión que se abandona, aun cuando la teoría financiera presenta diversas opciones para calcular este valor.

Cuando el abandono afecta a una parte de la empresa, la reducción puede involucrar desde una simple reducción de activos hasta un reemplazo de una tecnología actual mayor por otra de menor capacidad. En ambos casos se deberá tener una especial preocupación por el impacto de la decisión sobre el resto de la empresa.

Inversamente a lo señalado para los proyectos de ampliación, los proyectos que se abandonan pueden tener asignados costos con un

criterio contablemente adecuado pero que, al momento del cierre, seguirán existiendo en la empresa. Por ejemplo, si en el cálculo del costo de un producto se incluyó una proporción del

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

gasto en contabilidad de la empresa, es claro que al cerrar esa línea de producto, la empresa, como un todo, no ve disminuido ese gasto o, si lo es, probablemente no sea en la misma proporción.

En la evaluación se deberá considerar, entonces, sólo aquella parte del gasto que será realmente ahorrado por la empresa si opta por el abandono y, por ningún motivo, el costo de producción contable.

Será muy frecuente que muchos gastos prorrateados entre distintos productos o unidades de una empresa no se vean reducidos por el cierre de una actividad y éste sólo obligue a un nuevo prorrateo, probablemente del mismo monto, pero entre un número menor de unidades o productos.

Si el abandono implicase reducir el nivel de compras de un determinado insumo y, por ello, dejar de aprovechar las economías de escala que pudiesen existir, se deberá considerar como costo del proyecto de abandono el mayor costo que el resto de la empresa tendrá que asumir por no poder optar por ella en su nuevo nivel de compras.

También, como se mencionó para los proyectos de ampliación, podrá haber, en este caso, algún impacto sobre el nivel de la inversión en capital de trabajo de la empresa, pudiéndose esperar, probablemente, una recuperación anticipada de los recursos invertidos en el capital de operación actual del proyecto que podría abandonarse.

La empresa maximiza su utilidad cuando logra igualar su costo marginal con el ingreso marginal. Una forma de alcanzar este punto es reduciendo actividades cuyo costo supere a los beneficios marginales que su ejecución conlleve.

Ejemplo 12.3

Una empresa evalúa la conveniencia de abandonar una línea de productos que muestra ingresos anuales inferiores a los costos y sin una tendencia observada a mejorar en el futuro.

El edificio y terreno donde funciona la máquina es alquilado. La máquina se podría vender hoy en \$2.000, o en \$ 1.200 al final de su vida útil real estimada en siete años. Su vida útil remanente contable es de dos años más y tiene un valor libro de \$800.

Los ingresos anuales son de \$3.000 mientras que los costos alcanzan a \$3.040 (sin considerar que a esto se debe agregar todavía la depreciación).

Si el capital de trabajo equivale a un mes de costo de operación, y si la tasa de impuesto es del 15% y la de costo del capital 10%, el

cálculo de la rentabilidad de hacer el abandono se determina por el flujo de caja de la tabla 12.2.

Tabla 12.2 Flujo de caja de abandonar la línea de producción

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vta. Activo | 2.000 | | | | | | | -1.200 |
| Ingresos | | -3.000 | -3.000 | -3.000 | -3.000 | -3.000 | -3.000 | -3.000 |
| Costos | | 3.040 | 3.040 | 3.040 | 3.040 | 3.040 | 3.040 | 3.040 |
| Depreciación | | 400 | 400 | | | | | |
| V. libro | -800 | | | | | | | |
| Utilidad | 1.200 | 440 | 440 | 40 | 40 | 40 | 40 | -1.160 |
| Impuesto | -180 | -66 | -66 | -6 | -6 | -6 | -6 | 174 |
| Utilidad neta | 1.020 | 374 | 374 | 34 | 34 | 34 | 34 | -986 |
| Depreciación | | -400 | -400 | | | | | |
| V. libro | 800 | | | | | | | |
| Rec. cap. trab | 253 | | | | | | | -253 |
| Flujo | 2.073 | -26 | -26 | 34 | 34 | 34 | 34 | -1.239 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Los principales ítem del flujo de caja se interpretan de la siguiente forma. Si se abandona la línea de producción:

- a. el activo se vende hoy en \$2.000 en vez de hacerlo en siete años más en \$1.200,
- b. deja de percibirse el ingreso anual de \$3.000,
- c. se ahorran los \$3.040 de costo anual,
- d. deja de aprovecharse el beneficio tributario de la depreciación, y
- e. se recuperan hoy \$253 de capital de trabajo, por lo que en siete años más el valor remanente será inferior en ese monto.

Al calcular el VAN del proyecto, resulta un valor positivo de \$ 1.481 que indica que conviene el cierre de la línea de productos.

12.5 Proyectos de internalización

Los proyectos de internalización, o sea, aquellos que evalúan la conveniencia de hacer internamente algo que es comprado o contratado con terceros, se evalúan de manera similar a los proyectos de *outsourcing*. Las ventajas señaladas para el *outsourcing* se convierten en desventajas de la internalización, y viceversa.

La importancia de su análisis radica en que frente a la necesidad de aumentar la productividad de los recursos humanos y materiales de la empresa se identifican tres opciones:

- a. reducir los costos de funcionamiento mediante la disminución de los recursos existentes, manteniendo el nivel de operación,
- b. aumentar el nivel de actividad disminuyendo las capacidades ociosas sin incrementar los recursos existentes, o
- c. aumentar el nivel de actividad por sobre un aumento de costos para cambiar favorablemente la relación.

La forma de mejorar la productividad se puede orientar desde muchas perspectivas distintas: cambios en estructuras y procesos tecnológicos, redefinición de la gestión administrativa y de la administración de operaciones y cambios en la conducta de los trabajadores mediante la creación de estímulos y motivaciones.

Algunas herramientas y políticas para aumentar la productividad se orientan a evaluar la reducción de inventarios, el mejoramiento del apoyo logístico, la *ingeniería de valor* (identifica el valor relativo de la contribución de cada componente o etapa de la producción tratando de modificar aquellas de alto costo y poco valor relativo), la disminución de desperdicios por movimientos de material, la excesiva infraestructura de bodegaje, equipos ociosos y traslados innecesarios, la reducción de los niveles de pérdidas por sobreproducción (acumulación de inventarios con riesgo de obsolescencia, mantenimiento, seguros y costo de oportunidad del capital), la disminución de desperdicios por corrección de productos (altos inventarios de reposición, costo de inspección y reprocesamiento del producto y el costo de imagen corporativa y sus efectos futuros) y la reducción de desperdicios por falta de sincronización (tiempos muertos, líneas de proceso en espera con costos de mantenimiento, seguros, energía, almacenamiento excesivo y pago de horas extras).

Un tipo particular y de más creciente aplicación entre las formas de aumentar la productividad se refiere al *costo de la calidad* versus el *costo de la no calidad*. Mientras el primero se relaciona con el costo asociado a la elaboración de un producto que cumpla con los estándares de calidad ofrecidos, el segundo se refiere al costo de incumplir o de hacer las cosas incorrectamente: reprocesamiento de material rechazado, reparaciones, atención de reclamos, menor venta futura por pérdida de imagen, etcétera. En general, este costo se asocia con ineficiencias de carácter evitables. Muchas empresas ven como una efectiva opción para evitar los *costos de no calidad* a

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

la internalización de aquellos procesos más críticos en la reducción de calidad y que dependen de terceros.

Cuando la empresa tiene recursos fijos que pueden ser usados en varios productos o actividades, el costo marginal baja al aumentar la producción de otros bienes. Esto es lo que se denomina *economías de ámbito* que, a diferencia de las economías de escala, corresponde al decrecimiento de los costos medios por la distribución del costo total entre actividades diversas. Como se mencionó anteriormente, las economías de escala se presentan cuando el costo se puede distribuir entre más unidades de una misma actividad. Un proyecto de internalización que aproveche capacidades disponibles puede generar importantes economías de ámbito, entre otros beneficios posibles de identificar.

Particularidades de este tipo de proyectos son los costos iniciales asociados al aprendizaje de una nueva actividad y los costos indirectos sobre el resto de la empresa, como, por ejemplo, el aumento de la actividad contable y administrativa en general, la mayor actividad vinculada con los procesos de compras de insumos o con la supervisión del trabajo y el aumento de otros costos, como los seguros de las nuevas máquinas, el alquiler de depósitos o el costo de capital de un eventual incremento de la inversión en capital de trabajo.

En este tipo de proyecto se observan también características como las descritas para proyectos de ampliación y de reemplazo, con la diferencia de que, en este caso, generalmente la ampliación de la capacidad productiva de la empresa no está asociada a un incremento en las ventas y, por lo tanto, los ingresos pueden ser considerados como irrelevantes para la decisión, pudiéndose omitir su inclusión en el flujo de caja del proyecto.

Un proyecto típico de internalización es el que busca determinar la conveniencia de una integración vertical del proceso de producción, abastecimiento, distribución o venta. Los costos y beneficios de cada proyecto de integración variarán de acuerdo con el sector industrial al que pertenezca la empresa. Por ejemplo, si se encuentra en un mercado muy competitivo es posible que una integración vertical de la producción de insumos sea más atractiva, al controlar el precio, calidad y oportunidad de entrega (tiempos de espera) de la materia prima, dejando a la empresa en una posición estratégica de mejor competitividad.⁶

La integración de la producción de insumos presenta beneficios directos por los ahorros de costos de adquisición y de negociaciones de compra e indirectos por las economías de escala al optimizar el

6. Los libros relacionados con el tema de la ingeniería económica analizan en detalle la materia bajo el título de "fabricar o comprar". Véase, por ejemplo BLANK, L. y A. TARQUIN, ingeniería Económica. Tercera edición. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 1991.

uso de los recursos existentes, especialmente en el control interno y coordinación administrativa de los procesos y al mejorar su poder negociador con proveedores de servicios e insumos comunes, ya que con la integración se incrementa la capacidad y los volúmenes de compra.

Además de los costos directos naturales en un proceso de integración, existen otros, de difícil cuantificación, relacionados con la reducción de incentivos observada en los procesos de negociación de precios y condiciones de compra de los insumos, al ser estos provistos internamente después de la integración vertical. La aplicación de criterios de precios de transferencia en la evaluación del desempeño de las distintas divisiones o centros de responsabilidad de la empresa, neutraliza este desincentivo.⁷

Un tipo más particular de evaluación de proyectos de internalización es el que está relacionado con las fusiones de empresas. Se denomina fusión horizontal a la que se realiza dentro de una misma industria y constituye una forma de proyecto de ampliación. La fusión vertical corresponde

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

a la integración de una determinada etapa del proceso de adquisición, producción, distribución y ventas, constituyendo una forma de proyecto de internalización.

En la evaluación de una fusión se deberán cuantificar los beneficios que pudieran generarse de una eventual sinergia operativa, donde los aspectos positivos se potencian generando economías de escala, traspasando niveles de eficiencia mayor en algunas áreas, mejorando las capacidades para aprovechar las complementariedades en el marco organizacional, productivo, comercial, de abastecimiento y negociador.

Preguntas y problemas

12.1 Explique el concepto de *outsourcing* y enuncie las principales ventajas que se le pueden asignar en la evaluación de proyectos.

12.2 Comente la siguiente afirmación: "Un proyecto de externalización aumenta el riesgo de la empresa al reducir la diversificación de sus inversiones".

7. Véase, por ejemplo, HORNGREEN, C. y G. FOSTER. Contabilidad de costos: un enfoque gerencial. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1990.

12.3 ¿En qué casos puede ser conveniente traspasar a terceros actividades por las cuales se pagará más caro que el costo de hacerlo internamente?

12.4 Desde el punto de vista exclusivamente financiero ¿puede ser posible que convenga externalizar un servicio que se realiza a costos inferiores al del *outsourcing*?

12.5 Explique la relación de un *outsourcing* con una fuente de financiamiento para un proyecto.

12.6 ¿Cuáles son las principales desventajas asociadas con un *outsourcing*?

12.7 Una empresa evalúa la conveniencia de traspasar a terceros el sistema de mantenimiento de maquinaria pesada que hoy realiza internamente con los siguientes costos:

| | |
|-----------|------------------|
| Personal | \$12.000 anuales |
| Insumos | 8.000 anuales |
| Repuestos | 36.000 anuales |

Para hacer el mantenimiento, ocupa un galpón en un terreno a 2 kilómetros de la planta, los que hoy tienen un valor comercial de \$350.000 y uno contable de \$320.000 (\$80.000 el terreno y \$240.000 la construcción). El galpón se construyó hace diez años, cuando se decidió hacer el mantenimiento interno. Además, ocupa maquinaria liviana y mobiliario adquiridos en \$70.000 hace 10 años y que tienen una vida útil real y contable de 10 años en total. El galpón se deprecia en 30 años.

Si se externaliza, la empresa deberá pagar un desahucio equivalente a ocho meses de sueldo a los trabajadores que dejarían de ser requeridos en el desarrollo del proceso interno.

El valor de desecho de todos los activos se calcula por el método contable. Si la tasa de impuestos es del 15% y la de costo de capital del 16%, determine qué conviene hacer si el servicio externo cuesta \$138.843 anuales y el proyecto se evalúa en un horizonte de diez años.

12.8 ¿Qué costos puede asumir una empresa que no hace oportunamente el reemplazo de sus equipos?

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

12.9 Explique cinco causas en las que se origina la necesidad de sustituir activos.

12.10 ¿En qué se diferencia la evaluación de un proyecto de reemplazo con cambios en el nivel de actividad de otro que no lo modifica?

12.11 Una empresa evalúa sustituir un pequeño tractor que transporta los productos terminados a la bodega de tránsito por una correa transportadora. Construya el flujo de caja incremental si se conocen los siguientes antecedentes:

a. Tractor:

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Valor de adquisición ₍₋₃₎ | \$60.000 |
| Valor mercado actual ₍₀₎ | \$30.000 |
| Vida útil | 5 años más |
| Valor mercado final ₍₅₎ | \$5.000 |
| Costo operación anual | \$25.000 |
| Período de depreciación | 5 años |
| Valor libro actual | \$80.000 |

b. Correa transportadora:

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Valor de adquisición ₍₀₎ | \$100.000 |
| Vida útil | 10 años |
| Valor mercado final ₍₁₀₎ | \$20.000 |
| Costo operación anual | \$18.000 |
| Período de depreciación | 10 años |

La tasa de impuesto a las utilidades es del 15%.

12.12 ¿En qué casos es pertinente considerar la inversión en capital de trabajo en un proyecto de sustitución?

12.13 "Un proyecto de ampliación siempre afecta el nivel de la inversión en capital de trabajo." Comente.

12.14 Explique las diferentes opciones que se pueden identificar para implementar un proyecto de ampliación.

12.15 ¿Cuáles son los principales efectos que un proyecto de ampliación tiene en la construcción de un flujo de caja?

12.16 "Si un proyecto de ampliación tiene un VAN incremental negativo, no se debe llevar a cabo aunque se deje demanda insatisfecha." Comente.

12.17 Explique el concepto de masa crítica técnica y el efecto sobre la evaluación de proyectos.

12.18 Si una empresa utiliza un factor de volumen de 0,7 ¿en qué porcentaje suben los costos de fabricación por las economías de escala que se producen?

12.19 Determine el factor de volumen si la empresa calcula que cada vez que instala una nueva sucursal los costos aumentan 0,8 veces lo que aumenta la cantidad de público atendido.

12.20 ¿Cuál es el monto de la inversión incremental de una empresa que evalúa aumentar su producción de 60.000 a 70.000 unidades mensuales, si el factor de escala es 0,67 y la inversión para la producción actual fue de \$280.000.

12.21 Enuncie los tipos de costos incrementales que se asocian con el mayor almacenamiento de insumos, productos en proceso y productos terminados de un proyecto de ampliación.

12.22 Explique el concepto de desinversión y seleccione seis ejemplos para caracterizar los principales tipos de proyectos de abandono.

12.23 Una empresa evalúa el cierre de uno de sus locales de venta por considerar que tiene una rentabilidad negativa. Con la siguiente información construya (con un horizonte de ocho años) el flujo de caja relevante para tomar la decisión:

| | |
|--|----------|
| Valor salvamento activo ₍₀₎ | \$12.000 |
| Valor salvamento activo ₍₈₎ | \$6.000 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Valor libro actual | \$16.000 |
| Años pendientes por depreciar | 4 años |
| Ingresos anuales | \$10.000 |
| Costos operación anuales | \$5.400 |
| Alquiler | \$1.200 |
| Capital de trabajo | 4 meses costo operación |
| Tasa impuesto a las utilidades | 15% |

- 12.24 Explique el concepto de economías de ámbito y compárelas con las economías de escala.
- 12.25 Enuncie algunas particularidades de la estructura de ingresos y egresos de un proyecto de internalización.
- 12.26 Explique el concepto de ingeniería de valor y su relación con las políticas de aumento de productividad.
- 12.27 Analice el costo de calidad versus el costo de no calidad en los proyectos que buscan incrementar la productividad de la empresa.
- 12.28 Explique en qué consisten la fusión horizontal y la fusión vertical y ejemplifique con algunas ideas de proyectos.

Bibliografía

- BLANK, L. y A. TARQUIN. Ingeniería económica. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, 1991.
- BREALEY, R. y S. MYERS. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw-Hill, Madrid, 1993.
- CANADA, J. y otros. Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1997.
- COWAN, T. S. Fundamentals of energy *outsourcing*. <http://www.consultbai.com>. 1999.
- KELETY, A. Análisis y evaluación de inversiones. EADA Gestión, Barcelona, 1992.
- KLEPPER, R. y W. JONES. *Outsourcing* Information, technology systems and services. Prentice Hall, New Jersey 1997.
- ROBSON, G. y R. HALL. How to make outsourcing work for you. <http://www.cpost.mb.ca>. 1998.
- ROSS, S., R. WESTERFIELD y J. BRADFORD. Fundamentos de finanzas corporativas. Irwin, Madrid, 1993.
- SAPAG, N. "La decisión de abandono en el estudio de proyectos de inversión", en: Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales, num. 16, pp. 29- 36. 1988.
- SAPAG, N. Criterios de evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Madrid, 1993. SUMANTH, D. Ingeniería y administración de la productividad. McGraw-Hill, México, 1990.
- TARSH, S. Managing the *outsourcing* relationship. <http://www.outsourcing.com>. P.A. Consulting Group, London, 1999.

ESTUDIO DE CASOS

El objetivo de este capítulo es resolver distintos proyectos típicos vinculados con inversiones o desinversiones de optimización en empresas en marcha.

13.1 Caso 1: outsourcing de actividades de mantenimiento

Una empresa del sector minero está estudiando la posibilidad de entregar a contratistas externos la responsabilidad de ejecutar las actividades que realiza su planta de mantenimiento de maquinarias, por estimar que el servicio provisto internamente podría tener un costo mayor que el de la externalización.

La planta utiliza actualmente una infraestructura cuyo costo de construcción fue de \$ 20.000.000 hace seis años, la que se deprecia linealmente en 20 años y que tiene hoy un valor contable o de libro de \$ 16.000.000.¹

Las máquinas empleadas en el mantenimiento se adquirieron también hace seis años, por un valor total de \$18.000.000. Entre ellas hay una cuyo costo fue de \$6.000.000 (que se podría vender hoy en \$2.000.000 y que tiene un valor libro de \$3.200.000) que deberá ser

1. El valor libro superior a los 14/20 del valor de adquisición se puede explicar por alguna revalorización del activo en el pasado. Este supuesto se hace para otros activos en este mismo caso. reemplazada este mes, en caso de continuarse con el mantenimiento interno, por otra similar que tiene un valor de mercado de \$8.000.000. Esta última tendrá un valor de venta estimado de \$400.000 al cabo de los ocho años de uso. El resto de las máquinas tienen una vida útil real de ocho años más, al cabo de los cuales se estima posible venderlas, como material de desecho, en \$1.000.000. Todas las máquinas se deprecian linealmente en diez años.

Si se externaliza el servicio, el resto de las máquinas podrá venderse hoy en \$8.000.000. El valor libro de todas ellas es de \$6.400.000. El mantenimiento interno tiene un costo de operación anual de \$10.500.000, que se descomponen en:

| | |
|-------------------------|-------------|
| Mano de obra | \$3.000.000 |
| Insumos directos varios | 2.000.000 |
| Energía | 1.200.000 |
| Seguros de máquinas | 900.000 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Gastos de vigilancia (asignados) | 600.000 |
| Gastos generales asignados | 1.000.000 |
| Seguros galpón | 1.200.000 |
| Mantenimiento galpón | 800.000 |

Los gastos asignados corresponden a gastos generales de la administración de la mina prorrateados por centro de costos. Se estima que al externalizar el servicio la empresa podrá reducir los gastos generales asignados en \$600.000, pero que no podrá reducir los gastos de vigilancia.

Los seguros de las máquinas se pagan sobre el valor de compra y dejan de pagarse al venderse el activo. Su costo se determina como un factor proporcional al valor de adquisición de cada una de las máquinas.

La externalización obligará a despedir personal, lo que hará incurrir a la empresa en un costo de desahucio (indemnización) de \$6.000.000.

El galpón no podrá ser vendido, por encontrarse en el interior de la planta. Sin embargo, permitirá a la empresa instalar ahí las nuevas máquinas adquiridas para la ampliación de su planta de trituradora de minerales, evitándose construir una instalación especial por un costo estimado de \$24.000.000. Para ambas construcciones se estima una vida útil perpetua si se hace regularmente el mantenimiento programado. Por esto y por no ser posibles de venderse al estar en el interior de la planta, se considera que las propiedades mantienen su valor en el tiempo.

El servicio externo tiene un costo, en igual nivel de operación que el actual, de \$7.800.000 anuales.

La empresa mantiene una inversión en capital de trabajo equivalente a dos meses de egresos, excluidos impuestos.

Si la tasa de impuestos es de 15% y la tasa de costo de capital de un 12%, determine qué opción es mejor.

La solución de este problema puede lograrse, alternativamente, por la comparación de la situación base respecto de la situación con proyecto o mediante la aplicación del método incremental. Para explicar ambas opciones, en este primer caso se expondrán las dos soluciones.

La opción de comparar la situación base respecto de la con proyecto se resuelve construyendo dos flujos de caja: uno para cada situación. A continuación se explica cada ítem de ingreso y egreso incluido en el flujo de caja de la situación base o sin proyecto.

Se excluye, al igual que se hará en la situación con proyecto, el efecto de la venta de la máquina que debe ser reemplazadas en el mes en curso, por cuanto cualquiera sea la decisión que se tome, esa venta deberá efectuarse. Si bien hay otros ítem de costos irrelevantes en este caso, se incluirán en el flujo para demostrar que pueden ya sea incorporarse en las dos opciones u omitirse de ambas.

La construcción de los flujos de caja se basa en los cinco pasos indicados en los capítulos anteriores.

a. Situación base frente a situación con proyecto

Los valores incluidos en el flujo de caja de la situación base se obtienen de las siguientes consideraciones.

Venta máquina antigua: si se continúa en la situación actual, la máquina que hoy tiene seis años podrá ser vendida en ocho años más en \$1.000.000.²

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Venta máquina nueva: para continuar con el mantenimiento interno, la empresa deberá comprar una nueva máquina hoy, la que en ocho años más deberá ser vendida en un precio esperado de \$400.000.

Mano de obra, insumos directos varios, energía, gastos de vigilancia, gastos generales asignados, seguros y mantenimiento del

2. Cuando un activo se vende, se debe anotar antes de impuesto como venta de activo. Cuando al final del período de evaluación el activo no es vendido, debe valorarse como parte de los beneficios para expresar la propiedad que tendrá la empresa sobre él, incluyéndolo en el valor de desecho del proyecto

galpón actual: corresponden a los costos anuales indicados en el planteamiento del problema. Se presume que no varían en el tiempo.

Seguro máquinas: el seguro de las máquinas corresponde a un porcentaje del valor de los activos. Si hasta hoy el costo anual es de \$900.000 y el valor de los activos comprados fue de \$18.000.000, se deduce que el seguro corresponde al 5% del valor de los activos. Si una de las máquinas que costó \$6.000.000 debe reemplazarse por otra cuyo valor es de \$8.000.000, el monto del seguro debe aumentar proporcionalmente, por lo que deberá registrarse \$1.000.000.

Seguro galpón nuevo: si el mantenimiento continúa haciéndose internamente, la empresa deberá construir un nuevo galpón, el que deberá ser asegurado. Si por un galpón que costó \$20.000.000 se paga un seguro de \$ 1.200.000, por uno de \$24.000.000 se deberá pagar \$1.440.000.

Mantenimiento galpón nuevo: con el mismo criterio del seguro, se supone que el mantenimiento del nuevo galpón tendrá un costo proporcional al que hoy se observa en el galpón antiguo. Si éste tiene un costo de mantenimiento anual de \$800.000 y el galpón tiene un valor de \$20.000.000, se deduce una tasa del 4%. Al aplicar este porcentaje al nuevo equipo, se obtienen los \$960.000 que se anotan en el flujo de caja.

Depreciación máquina antigua: la máquina que se reemplaza deja de depreciarse, por lo que corresponde anotar sólo la depreciación del equipo antiguo que continúa en la empresa. Si su valor libro es de \$6.400.000,³ si lleva seis años depreciándose y tiene un período de depreciación de diez años, en cada uno de los cuatro años restantes se depreciará \$1.600.000.

Depreciación máquina nueva: para continuar con el sistema de producción propio la empresa deberá comprar una nueva máquina en \$8.000.000, la que se deprecia en \$800.000 anuales durante los diez años de vida contable.

Depreciación galpón nuevo: con el mismo criterio de la nueva máquina, el galpón nuevo se podrá depreciar en el plazo de 20 años, a razón de \$1.200.000 anuales.

Depreciación galpón actual: el galpón actual se sigue depreciando en 20 años. Como tiene un valor libro de \$16.000.000 y seis años

3. Como se explicó en los capítulos anteriores, el valor libro actual es distinto del que se obtiene de calcularlo sobre la base del valor de adquisición histórico, por cuanto debe corregirse por toda revalorización que haya sido cargada en los años anteriores, ya sea por haber tenido mejoras o por efecto de la corrección monetaria.

de depreciación, se supone que en cada uno de los 14 años restantes depreciará 1/14 de este valor. Esto es, \$1.142.857.

Valor libro: la venta del equipo que se compraría tendría un valor libro de \$1.600.000 en ocho años más, correspondiente a los dos años que faltarían por depreciar.

Impuestos: corresponde al 15% de la utilidad antes de impuesto, calculada sobre la base de las diferencias entre los ingresos y los egresos y gastos no desembolsables.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Inversión máquina: se anota en el momento cero el valor de la nueva máquina que deberá ser comprada para mantener la capacidad de servir internamente el mantenimiento.

Inversión galpón nuevo: al no liberarse el galpón actual, la empresa se verá obligada a invertir \$24.000.000 en un nuevo galpón.

Valor de desecho galpón actual y valor de desecho galpón nuevo: corresponde a la valoración que haga la empresa de los activos que mantendría en propiedad al término del período de evaluación.

Según la consideración de que con un adecuado mantenimiento las construcciones tendrían una vida útil perpetua, y dado que se incluyó un costo por este concepto en el flujo de caja, se supondrá que ambos galpones mantienen un valor equivalente al que se invirtió en ellos.⁴

Recuperación capital de trabajo: se calculó como 1/6 del costo anual desembolsable (equivalente a los dos meses de costo de funcionamiento indicados). No se incluye una inversión en capital de trabajo, debido a que la empresa ya cuenta con ella.

La evaluación de esta opción, por estar los flujos de caja elaborados sobre la base de costos relevantes, se hace calculando el valor actual de costos (VAC) de acuerdo con los criterios tradicionales de actualización de los flujos de caja o aplicando el procedimiento simplificado de cualquier hoja de cálculo computacional.⁵ El valor resultante es M\$ -65.431, que muestra cuánto le cuesta a la empresa esta opción en moneda de valor presente.

4. No se asigna valor de desecho a las máquinas, por cuanto al final del año octavo se venden.

5. En una planilla Excel se usa el comando **Función** del menú **Insertar**, se selecciona **Financieras** en la Categoría de la Función y se elige **VNA** en el Nombre de la Función. En el cuadro **VNA** se escribe 10% en la casilla correspondiente a **Tasa**, se tabula para ir a **Valor 1** y se seleccionan el rango de valores finales del flujo que va desde el año 1 al año 8 y la opción **Aceptar**. Al valor resultante debe restársele la inversión inicial que, al estar con signo negativo, en este caso se suma.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Tabla 13.1 Flujo de caja sin outsourcing

| Situación base | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Venta máquina antigua | | | | | | | | | 1.000 |
| Venta máquina nueva | | | | | | | | | 400 |
| Mano de obra | | -3.000 | -3000 | -3.000 | -3000 | -3.000 | -3.000 | -3.000 | -3.000 |
| Insumos directos varios | | -2.000 | -2.000 | -2.000 | -2.000 | -2.000 | -2.000 | -2.000 | -2.000 |
| Energía | | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 |
| Seguro máquinas | | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 |
| Gastos vigilancia | | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 |
| Gastos asignados | | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 |
| Seguro galpón actual | | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 |
| Seguro galpón nuevo | | -1.440 | -1.440 | -1.440 | -1.440 | -1.440 | -1.440 | -1.440 | -1.440 |
| Mantenimiento galpón actual | | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 |
| Mantenimiento galpón nuevo | | -960 | -960 | -960 | -960 | -960 | -960 | -960 | -960 |
| Depreciación maquina antigua | | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | | | | |
| Depreciación maquina nueva | | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 |
| Depreciación galpón nuevo | | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 |
| Depreciación galpón actual | | -1.143 | -1.143 | -1.143 | -1.143 | -1.143 | -1.143 | -1.143 | -1.143 |
| Valor libro | | | | | | | | | -1.600 |
| Utilidad antes impuesto | | -17.943 | -17.943 | -17.943 | -17.943 | -16.343 | -16.343 | -16.343 | -16.543 |
| Impuesto | | 2.691 | 2.691 | 2.691 | 2.691 | 2.451 | 2.451 | 2.451 | 2.481 |
| Utilidad neta | | -15.251 | -15.251 | -15.251 | -15.251 | -13.891 | -13.891 | -13.891 | -14.061 |
| Depreciación máquina antigua | | 1.600 | 1.600 | 1.600 | 1.600 | | | | |
| Depreciación máquina nueva | | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Depreciación galpón nuevo | | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 |
| Depreciación galpón actual | | 1.143 | 1.143 | 1.143 | 1.143 | 1.143 | 1.143 | 1.143 | 1.143 |
| Valor libro | | | | | | | | | 1.600 |
| Inversión máquina | -8.000 | | | | | | | | |
| Inversión galpón nuevo | -24.000 | | | | | | | | |
| Valor de desecho galpón actual | | | | | | | | | 20.000 |
| Valor de desecho galpón nuevo | | | | | | | | | 24.000 |
| Recuperación capital de trabajo | | | | | | | | | 2.200 |
| Flujo de caja | 20.000 | 10.500 | 10.500 | 10.500 | 10.500 | 10.710 | 10.710 | 10.710 | 20.000 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Este valor deberá compararse con el costo actualizado de la opción de externalizar para determinar cuál de las dos es la opción más conveniente.

Para determinar los valores del flujo de caja de la situación con proyecto, es decir, de la opción del outsourcing, se deben tener las siguientes consideraciones:

Venta máquina: al externalizar el servicio, todas las máquinas quedan liberadas y se puede presumir que pueden ser vendidas al momento de reemplazar el sistema de mantenimiento interno por el externo. Como en el flujo anterior no se consideró la venta de la máquina que debe ser reemplazada este mes, tampoco se debe considerar en este caso, para mantener la consistencia del análisis y hacer posible su comparación. El resto de las máquinas tiene un valor comercial de \$8.000.000, monto que debe ser incluido como un ingreso en el momento cero.

Servicio externo: corresponde a los \$7.800.000 de costo del mantenimiento externo.

Gastos de vigilancia: se mantiene el mismo valor de \$600.000 de la situación base, por no ser evitable al externalizar el servicio.

Gastos asignados: se calculan por la diferencia entre el costo asignado en la situación base y los \$600.000 de ahorro de costos posible de lograr con la externalización.

Seguro y mantenimiento galpón actual: la empresa mantendría el mismo costo anual de \$1.200.000 de seguros por el galpón y de \$800.000 en mantenimiento, aunque sea destinado a otros fines.

Desahucio: corresponde a los \$6.000.000 que deberá pagar la empresa por reducir personal de su planta.

Depreciación galpón actual: al continuar con el galpón actual, la empresa seguirá depreciando el mismo monto de \$1.142.857 calculado para la situación base.

Valor libro máquinas: para calcular la utilidad del activo vendido, se resta el costo contable que tenga al momento de la venta, el que corresponde a su valor libro o, lo que es lo mismo, a lo que falta por depreciar. Esto es, a \$6.400.000.

Impuesto: corresponde al 15% de las utilidades antes de impuesto, calculado sobre la base de las diferencias entre los ingresos y los egresos y gastos no desembolsables.

Valor de desecho galpón actual: como mantiene a perpetuidad su valor, se considera el monto de su inversión, es decir, \$20.000.000.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

Recuperación de capital de trabajo: al calcular la inversión en capital de trabajo como el equivalente a dos meses de costo y al reducirse en esta opción los costos de funcionamiento en \$2.400.000 anuales, la empresa recuperaría anticipadamente \$400.000. Por lo tanto, al final del período de evaluación habría un capital de trabajo por recuperar de \$1.800.000.

Al igual que en el caso anterior, se debe calcular el valor actual del flujo de costos de esta opción para compararlo con el calculado en la situación base. Al aplicar los criterios tradicionales de actualización, se obtiene un VAC de M\$-32.883. En consecuencia, la externalización es más barata, en moneda de hoy, en M\$32.542.

b. Análisis incremental

Una forma opcional de evaluar este proyecto consiste en aplicar el modelo del análisis incremental. Es decir, definir el cambio que el proyecto introducirá en la situación actual. A continuación se exponen, para cada ítem del flujo de caja incremental, las consideraciones que permiten confeccionarlo.

Venta máquina antigua: si se hace el *outsourcing*, la empresa podrá vender hoy en \$8.000.000 la máquina que emplea en el proceso, pero dejará de percibir \$1.000.000 al final del octavo año, como estaba presupuestado.

Venta máquina nueva: si se opta por el servicio externo, la empresa no invierte en una máquina que reemplace a la que debe cambiarse este mes y, por lo tanto, deja de proyectar su venta e ingreso en \$400.000 al final del período de evaluación.

Servicio externo: corresponde al mayor costo de \$7.800.000 de contratar el servicio externamente.

Mano de obra, insumos directos varios, energía, seguro máquinas, gastos asignados, mantenimiento y seguros galpón nuevo: son los ahorros que tendría la empresa al dejar de hacer el mantenimiento internamente.

Desahucio: la empresa tendrá que enfrentar un mayor costo de \$6.000.000 por una sola vez si decide externalizar el servicio.

Depreciación: al dejar de comprar o tener los activos que se hacen innecesarios con el *outsourcing*, la empresa deja de depreciarlos. Esto explica que en un análisis incremental pueda aparecer este ítem con signo positivo.

Valor libro máquinas: corresponde al valor libro del activo que se libera y que debe incluirse para determinar la utilidad sobre la cual pagar impuestos.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

Ahorro inversión máquina y galpón nuevo: al hacer el proyecto, la empresa se ahorra la inversión programada en renovar la máquina y en comprar un nuevo galpón.

Valor de desecho galpón nuevo: si bien la empresa se ahorra la inversión en un nuevo galpón, también deja de tener ese galpón al final del período de evaluación. Por tal motivo, se anota con signo negativo el menor valor de desecho que tendría al octavo año.

Recuperación del capital de trabajo: como la empresa tiene hoy un capital de trabajo de \$2.200.00, la externalización le permite, por una parte, recuperar hoy \$400.000 de esa inversión y, por otra, la obliga a una menor recuperación, por igual monto, al final del período de evaluación. En otras palabras, el proyecto posibilita adelantar una recuperación de un capital de trabajo que está en la empresa e invertirlo anticipadamente en otras opciones.

Para medir la rentabilidad del proyecto de externalizar, se calculó el valor actual neto del flujo incremental, que mide la variación en la rentabilidad entre hacer el *outsourcing* y continuar con el servicio interno.

Al observar el flujo de caja resultante del análisis incremental, se deduce fácilmente la conveniencia de la externalización por tener todos los flujos positivos con excepción del último, aun antes de calcular su rentabilidad.

El resultado del valor actual neto incremental es de M\$35.542, lo que coincide con la diferencia entre los valores actuales de costos de las opciones de hacer interna y externamente el mantenimiento de las maquinarias.

La tabla 13.3 presenta la estructura del flujo de caja incremental para el caso en estudio.

13.2 Caso 2: reemplazo de sistema de evacuación de residuos

En los últimos años, el nivel de las lluvias durante los meses de otoño e invierno (tradicionalmente lluviosos) ha sido notoriamente deficitario con respecto a los niveles históricos, lo cual ha provocado serios trastornos a todas las actividades que dependen de este recurso, como son, por ejemplo, la agricultura, la ganadería y la generación de energía. Esto ha obligado a buscar soluciones que permitan asegurar un suministro estable de electricidad para el desarrollo de la actividad económica y el consumo público. Una de estas soluciones la constituyen las centrales termoeléctricas, las que si bien no resuelven definitivamente el problema por su limitada capacidad generadora, sí dan respaldo al sistema.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Tabla 13.3 Flujo de caja incremental del *outsourcing*

| Incremental | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Venta máquina antigua | 8.000 | | | | | | | | -1.000 |
| Venta máquina nueva | | | | | | | | | -400 |
| Servicio externo | | -7.800 | -7.800 | -7.800 | -7.800 | -7800 | -7800 | -7.800 | -7800 |
| Mano de obra | | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3000 | 3.000 | 3000 |
| Insumos directos varios | | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Energía | | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 |
| Seguro máquinas | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Gastos asignados | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Seguro galpón nuevo | | 1.440 | 1.440 | 1.440 | 1.440 | 1.440 | 1.440 | 1.440 | 1.440 |
| Mantenimiento galpón nuevo | | 960 | 960 | 960 | 960 | 960 | 960 | 960 | 960 |
| Desahucio | -6.000 | | | | | | | | |
| Depreciación máquina antigua | | 1.600 | 1.600 | 1.600 | 1.600 | | | | |
| Depreciación máquina nueva | | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Depreciación galpón nuevo | | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 |
| Valor libro máquinas | -6.400 | | | | | | | | 1.600 |
| Utilidad antes impuesto | -4.400 | 6.000 | 6.000 | 6.000 | 6.000 | 4.400 | 4.400 | 4.400 | 4.600 |
| Impuesto | 660 | -900 | -900 | -900 | -900 | -660 | -660 | -660 | -690 |
| Utilidad neta | -3.740 | 5.100 | 5.100 | 5.100 | 5.100 | 3.740 | 3.740 | 3.740 | 3.910 |
| Depreciación máquina antigua | | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | | | | |
| Depreciación máquina nueva | | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 |
| Depreciación galpón nuevo | | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 |
| Valor libro máquinas | 6.400 | | | | | | | | -1.600 |
| Ahorro inversión máquina | 8.000 | | | | | | | | |
| Ahorro inversión galpón nuevo | 24.000 | | | | | | | | |
| Valor de desecho galpón nuevo | | | | | | | | | -24.000 |
| Recuperación capital de trabajo | 400 | | | | | | | | -400 |
| Flujo de caja | 35.060 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.740 | 1.740 | 1.740 | -24.090 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Sin embargo, estas centrales presentan algunos problemas que requieren un análisis técnico y económico para su solución. Tal es el caso que se presenta en la Central Termoeléctrica Quillay, donde se debe evaluar el mejor sistema de evacuación de sus residuos.

En la actualidad, la caldera de la Central Termoeléctrica Quillay deja como residuos no utilizables económicamente escorias y cenizas que equivalen aproximadamente al 20% del peso total del carbón quemado. En un año de actividad intensiva de la central, como en períodos de sequía, se pueden quemar cerca de 300 mil toneladas de carbón, lo que significa una producción de 60 mil toneladas de cenizas y escorias, equivalentes a un volumen de 50 mil metros cúbicos en total, a los que debe darse alguna ubicación definitiva.

Actualmente estos residuos son llevados hasta una cancha de acopio provisoria, distante unos 200 metros, vía transporte hidráulico por tuberías. Esta cancha provisoria tiene una capacidad máxima de 100 mil metros cúbicos, por lo cual el material debe ser retirado de ella cada año y llevado en camiones hasta otra cancha de acopio definitivo, que se encuentra a 2,5 kilómetros, debiendo para ello utilizar caminos en precarias condiciones.

Esta cancha de acopio definitivo está a unos 900 metros en línea recta de la central, pero separada de ésta por un cerro de 35 metros de altura. Una opción propuesta es construir un sistema de tubería para que, por el mismo sistema hidráulico, la escoria sea evacuada directamente desde la Central a la cancha de acopio definitiva.

Las inversiones para llevar a cabo esta opción son:

| | |
|---|--------------|
| Estudios técnicos para el montaje | \$1.000.000 |
| Equipos (bomba, tuberías, válvulas, etc.) | \$25.000.000 |
| Montaje | \$12.000.000 |

La inversión se activa contablemente, para fines de depreciación, al equivalente de su valor total instalado.

Los costos anuales de mantenimiento de la válvula y bomba se estiman en \$600.000, en tanto que el gasto de operación anual lo constituye básicamente el consumo anual de energía eléctrica de la bomba, estimado en \$85 por metro cúbico de residuo transportado. Los equipos en uso se encuentran totalmente depreciados. No existe otro gasto adicional para la central por la operación del sistema. Por otra parte, sobre la base de observaciones de mercado se ha estimado que los nuevos equipos podrían tener un valor de salvamento de \$2.000.000 al final del período de 10 años de evaluación del proyecto, aunque no

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

En cuanto a los costos inherentes a la situación actual de la central, relacionados con el transporte de las cenizas y la escoria, éstos consisten en gastos de mantenimiento que corresponden a las necesarias reparaciones anuales del tramo de 200 metros de tuberías viejas del transporte hidráulico existente entre la central y la cancha provisoria y a gastos por mantenimiento de esta última, que ascienden en total a \$15 por metro cúbico de material transportado. El costo de la energía utilizada en sacar los residuos de la caldera y transportarlos 200 metros hasta la cancha transitoria es equivalente al costo en que se incurriría por extraer estos residuos de la caldera y ponerlos en la tubería que se pretende instalar para su traslado a la cancha definitiva.

En la situación base están los gastos de operación correspondientes a un costo por metro cúbico de carga y transporte por camiones de la escoria hasta la cancha definitiva, el que alcanza un costo aproximado de \$212 por metro cúbico transportado. En la actualidad, la cancha de acopio provisoria tiene un valor comercial de \$35.000.000 y un valor contable (valor en libros) de \$18.000.000. De llevarse a cabo el proyecto de inversión, esta cancha provisoria podría ser vendida a su valor de mercado.

Por la abundancia y bajo costo del carbón utilizado en la generación de energía - principal insumo del proyecto- se considera que ésta no es una variable de riesgo relevante. Pero existe la posibilidad de que, al reducirse su nivel de actividad, varíen las estimaciones de volúmenes de cenizas y escorias residuales para transportar, con el consiguiente efecto sobre la rentabilidad del proyecto.

Finalmente, se tienen antecedentes de que la depreciación contable de los activos involucrados susceptibles de depreciar se realiza a una tasa del 10% anual, en tanto que la tasa de impuesto a las utilidades es de un 15% anual. La tasa de descuento inherente al proyecto se ha calculado en un 10%, en consideración del sector industrial al que pertenece la empresa.

Con la información anterior, determine el volumen mínimo de cenizas y escorias residuales para transportar que haga conveniente el proyecto.

La solución de este problema se hará mediante la construcción de un flujo de caja incremental, para facilitar la búsqueda del volumen de operación que haga indiferente al transporte de las cenizas por camiones o empleando la opción de la tubería.

La indiferencia se produce cuando la cantidad a transportar hace a los VAC de ambas alternativas iguales o, lo que es lo mismo, la que hace a la diferencia entre ambos VAC igual a cero.

A continuación se explican los ítem que configuran el flujo de caja incremental

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

Venta de terreno: si se opta por la tubería, la cancha de acopio transitoria se libera, pudiendo estimarse que se venderá a precio de mercado. Es decir, en \$35.000.000.

Ahorro flete: al hacer la tubería, se dejan de pagar \$212 por cada uno de los 50.000 m³. Esto da un ahorro de \$10.600.000 anuales.

Ahorro costo actual: los \$750.000 corresponden al ahorro de los \$ 15 por cada metro cúbico transportado anualmente con la tubería que va desde la planta a la cancha de acopio transitoria.

Mayor costo variable: corresponde al costo de \$85 por metro cúbico de la energía usada para transportar los 50.000 m³ de ceniza entre la planta y la cancha de acopio definitiva con la opción de la tubería.

Mayor costo fijo: son los \$600.000 anuales para el mantenimiento de la nueva bomba.

Depreciación: se calculó anualmente como 1/10 de los \$38.000.000 de la inversión, considerando como inversión el total de los recursos requeridos para tener la tubería instalada.

Valor libro terreno: es el valor contable, o lo que falta por depreciar, que debe restarse cada vez que se vende un activo para determinar la utilidad en su venta y calcular el impuesto correspondiente.

Impuesto: corresponde, en cada período, al 15% de las utilidades.

Inversión: se consideraron los \$38.000.000 que deberán gastarse en tener la tubería instalada.

Menor valor de desecho: la empresa, al vender el terreno, pierde la propiedad sobre él. El proyecto, por lo tanto, no puede atribuirse el beneficio del ingreso generado por la venta del terreno, ya que es un activo que la empresa tenía. Pero sí es beneficio del proyecto la posibilidad de usar anticipadamente los recursos liberados en la venta de ese terreno. Por lo tanto, se anota el mayor ingreso por venta en el momento cero y el menor valor del activo que la empresa hubiera exhibido como propio al final del período de evaluación. Por otra parte, la nueva tubería tendría un valor de desecho positivo, por cuanto, al hacer el reemplazo, la empresa sería dueña de un nuevo activo, aunque usado, al final del décimo año. El valor de desecho total se calcula como sigue:

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | Terreno | Tubería |
|------------------|-------------|-----------|
| Venta activo | 35.000.000 | 2.000.000 |
| Valor libro | -18.000.000 | -0 |
| Utilidad | 17.000.000 | 2.000.000 |
| Impuesto | -2.550.000 | -300.000 |
| Utilidad neta | 14.450.000 | 1.700.000 |
| Valor libro | 18.000.000 | 0 |
| Valor de desecho | 32.450.000 | 1.700.000 |

Por lo tanto, al hacer el proyecto se tendría un mayor valor de desecho de \$1.700.000 por la tubería, pero se dejaría de tener el valor de desecho de \$32.450.000 por haberse vendido el terreno. El efecto neto es, entonces, negativo en \$30.750.000

Al calcular el valor actual neto incremental se obtiene un resultado positivo de \$20.046.000.

Por ser un flujo incremental, este valor indica que la empresa obtiene este ahorro actualizado de costos si hace la tubería en vez de emplear el transporte por camiones.

Para determinar el nivel de residuos para transportar que hace indiferentes a ambas opciones se busca la cantidad de metros cúbicos que hace a los valores actuales de costos iguales entre ellas o, como ya se mencionó, a la cantidad que hace al VAN incremental igual a cero.

Para ello, se puede usar la planilla electrónica (como Excel, por ejemplo) seleccionando el comando **Buscar objetivo** del Menú **Herramientas**. En la pantalla desplegada se anota, en **Definir la celda**, aquella donde está señalado el VAN, en **con el valor** se anota "0", que es el VAN buscado, y en para cambiar la celda se indica la celda donde están anotados los 50.000 m³. Para esto, todos los costos y beneficios que están en función de la cantidad deben quedar definidos como una relación de esa celda.

De esta forma, y luego de seleccionar la opción **Aceptar**, la planilla muestra un resultado de 22.972 m³, que corresponde al nivel de indiferencia entre ambas opciones. Si se estima que el nivel de operación futura deberá evacuar más de esta cantidad de residuos, se elegirá la tubería, y si se espera que sea inferior a ella, se deberá mantener el transporte por camiones.

Un procedimiento especial se puede utilizar si, por ejemplo, se considera posible negociar con los dueños de los camiones la posibilidad de rebajar los costos. La

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

13.3 Caso 3: ampliación de niveles de operación

Una empresa está estudiando la posibilidad de ampliar la capacidad instalada de una de sus plantas que actualmente le permite producir y vender 1.000 toneladas anuales a un precio de \$20.000 cada una. Sus costos de operación variables se estiman, para el próximo año, en \$6.000 por tonelada producida. Los costos fijos, estimados en \$2.600.000 anuales, no incluyen los gastos de mantenimiento de la máquina empleada en el proceso, cuyo costo fue de \$400.000 para su primer año de operación.

En la producción actual se emplea una maquinaria comprada hace dos años en \$4.000.000. Hoy tiene un valor de mercado de \$3.000.000 y podría usarse todavía cinco años más, al cabo de los cuales se podrá vender en \$200.000. Su valor libro es, según información del contador de la empresa, de \$2.700.000, lo que se explica por las revalorizaciones efectuadas en los años anteriores.

Para enfrentar la ampliación de la planta, la empresa podría optar por una de las siguientes alternativas:

a. Comprar una máquina pequeña que complementaría a la actual, en \$10.000.000, cuya vida útil es de cinco años. Su valor de venta se estima, para ese momento, en \$400.000. Su costo de operación es de \$4.000 por tonelada. Con esta máquina se podría producir mil toneladas más sin incrementar los egresos fijos, aunque se deberá agregar el costo de su mantenimiento anual, que se estima en \$300.000 para el primer año de funcionamiento.

b. Reemplazar el equipo actual por otro más moderno que tiene una capacidad de producción equivalente a las dos máquinas de la alternativa anterior. Su valor de mercado es de \$20.000.000. Se estima un costo variable de producción de \$5.500 por tonelada. Esta opción aumentaría los costos fijos, en consideración de que, aunque permitiría evitar el costo de mantenimiento del equipo actual, agrega un costo de mantenimiento para el nuevo equipo de \$600.000 anuales. Su vida útil se estima en siete años, estimándose un valor de venta al final del quinto año de \$ 1.000.000.

La empresa mantiene un capital de trabajo equivalente a seis meses de costo variable.

La tasa de crecimiento del costo de mantenimiento de las máquinas se calcula por la siguiente expresión exponencial trimestral:

$$100 + e^{[(x+30)^0,11]}$$

Los equipos se deprecian linealmente en cinco años. Si la tasa de impuestos para la empresa es del 15% y la de costo de capital del 14%, determine la opción más conveniente para la empresa.

La solución de este problema se puede enfrentar evaluando los tres escenarios posibles de identificar: a) la situación base, b) la situación con proyecto de ampliación por la vía del complemento de la maquinaria y c) la situación de ampliación mediante la sustitución de la maquinaria actual por otra de mayor capacidad.

a. Situación base

En la proyección del flujo de caja se hicieron las consideraciones que se explican a continuación para cada ítem de beneficio y costo.

Ingresos: es el resultado de multiplicar el precio (\$20.000) por las 1.000 toneladas vendidas en el año.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Venta de activo: en el caso de continuar con la situación actual, la máquina que se emplea en el proceso podrá ser vendida al final de su vida útil real en \$200.000.

Costos variables: corresponde al costo de operación variable unitario (\$6.000) multiplicado por las 1.000 toneladas anuales producidas.

Costos fijos: son los \$2.600.000 indicados en el planteamiento del proyecto.

Costo de mantenimiento: el costo de mantenimiento de las máquinas tiene una tasa de crecimiento exponencial, trimestralmente, de la forma $100 + e^{[(x+30)*0,11]}$, de lo que se deduce la tabla trimestral que se muestra en la página siguiente. Al comparar la variación que se produce cada año (o cada cuatro trimestres) se deduce la variación porcentual que se aplica a la proyección del costo de mantenimiento. Al tener este equipo dos años de antigüedad, el costo para el primer año de la proyección (tercero de su vida), corresponde a la proyección del tercer año. Esto es:

$$\$400.000 * 1,08226 * 1,11339$$

de lo que resulta el costo de \$481.991 para el primer año de operación.

La tabla 13.5 presenta el resultado de la función exponencial aplicada trimestralmente al proyecto y la variación anual observada.

Valor libro: cada vez que se vende un activo debe analizarse el efecto tributario que tendría una eventual pérdida o ganancia, la que resulta de restar al precio de venta su costo contable o valor libro. Al estar completamente depreciado, su valor libro es cero. Impuesto: se calcula como el 15% de la utilidad.

Depreciación: se obtiene de dividir su valor libro informado (\$2.700.000) por los tres años de vida útil contable que le queda al equipo.

Capital de trabajo: se consideró irrelevante el capital de trabajo, ya que no se requiere invertir en él si se mantiene la empresa funcionando. De igual forma, se excluyó como recuperación al final del periodo de evaluación, ya que cualquiera sea la decisión, esta inversión estará en la empresa.

Tabla 13.5 Tasa de crecimiento de los costos de mantenimiento

| Trimestre (x) | Exponencial | Variación anual ⁶ |
|---------------|-------------|------------------------------|
| 0 | 120,086 | |
| 1 | 122,198 | |
| 2 | 124,533 | |
| 3 | 127,113 | |
| 4 | 129,964 | 8,226% |
| 5 | 133,115 | |
| 6 | 136,598 | |
| 7 | 140,447 | |
| 8 | 144,701 | |
| 9 | 149,402 | |
| 10 | 154,598 | |
| 11 | 160,340 | |
| 12 | 166,686 | 15,193% |
| 13 | 173,700 | |
| 14 | 181,451 | |
| 15 | 190,017 | |
| 16 | 199,484 | 19,677% |
| 17 | 209,947 | |
| 18 | 221,510 | |
| 19 | 234,290 | |
| 20 | 248,413 | 24,528% |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | |
|----|---------|---------|
| 21 | 264,022 | |
| 22 | 281,272 | |
| 23 | 300,337 | |
| 24 | 321,406 | 29,384% |

6. Se calcula respecto al año anterior.

El flujo de caja resultante de estos considerandos se muestra en la tabla 13.6.

Tabla 13.6 Flujo de caja sin ampliación

| Sin ampliación | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ingresos | | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |
| Venta activo | | | | | | 200 |
| C. variables | | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 |
| C. fijos | | -2.600 | -2.600 | -2.600 | -2.600 | -2.600 |
| C. mantenimiento | | -482 | -555 | -664 | -827 | -1.071 |
| Depreciación | | -900 | -900 | -900 | | |
| Valor libro | | | | | | -0 |
| Utilidad | | 10.018 | 9.945 | 9.836 | 10.573 | 10.529 |
| Impuesto | | -1.503 | -1.492 | -1.475 | -1.586 | -1.579 |
| Utilidad neta | | 8.515 | 8.453 | 8.360 | 8.987 | 8.950 |
| Depreciación | | 900 | 900 | 900 | | |
| Valor libro | | | | | | 0 |
| Flujo de caja | 0 | 9.415 | 9.353 | 9.260 | 8.987 | 8.950 |

El valor actual neto de este flujo, a una tasa de costo de capital del 14%, es de M\$31.675.

b. Situación con proyecto de ampliación por complemento

Al evaluar la ampliación por complemento de los activos actuales, el flujo de caja debe considerar los efectos combinados de las dos máquinas que actúan simultáneamente, tal como se explica a continuación.

Ingresos: resulta de multiplicar el precio unitario (\$20.000) por las 2.000 toneladas que se podrán vender cada año.

Venta de activos: en este escenario la empresa podrá vender al final del período de evaluación las dos máquinas en \$600.000. La actual en \$200.000 y la nueva en \$400.000.

Costos variables: corresponde al costo de operación variable unitario (\$6.000) multiplicado por las 1.000 toneladas anuales producidas por la máquina actual, más el costo de operación variable unitario de la nueva máquina (\$4.000) multiplicado por las 1.000 toneladas adicionales que produciría esta nueva máquina. Es decir, \$10.000.000 en conjunto.

Costos fijos: se mantienen los \$2.600.000 de costo fijo.

Costo de mantenimiento: corresponde al costo de mantenimiento calculado para la máquina actual, más el costo que resulta de aplicar la tasa de variación anual al costo de mantenimiento de la nueva máquina.

Depreciación: se obtiene de dividir el valor de adquisición del nuevo activo (\$10.000.000) por los cinco años a depreciar (\$2.000.000), más la depreciación anual por los tres años restantes, del activo actual.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Valor libro: al estar completamente depreciados, el valor libro de ambos activos es cero.

Impuesto: se calcula como el 15% de la utilidad.

Inversión: corresponde a los \$10.000.000 que cuesta adquirir la máquina complementaria.

Tabla 13.7 Flujo de caja de la ampliación por complemento

| Complemento | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ingresos | | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 |
| Venta activos | | | | | | 600 |
| C. variables | | -10.000 | -10.000 | -10.000 | -10.000 | -10.000 |
| C. fijos | | -2.600 | -2.600 | -2.600 | -2.600 | -2.600 |
| C. mantenimiento | | -782 | -880 | -1.026 | -1.244 | -1.569 |
| Depreciación | | -2.900 | -2.900 | -2.900 | -2.000 | -2.000 |
| Valor libro | | | | | | -0 |
| Utilidad | | 23.718 | 23.620 | 23.474 | 24.156 | 24.431 |
| Impuesto | | -3.558 | -3.543 | -3.521 | -3.623 | -3.665 |
| Utilidad neta | | 20.160 | 20.077 | 19.953 | 20.533 | 20.766 |
| Depreciación | | 2.900 | 2.900 | 2.900 | 2.000 | 2.000 |
| Valor libro | | | | | | 0 |
| Inversión | -10.000 | | | | | |
| Capital de trabajo | -2.000 | | | | | 2.000 |
| Flujo de caja | -12.000 | 23.060 | 22.977 | 22.853 | 22.533 | 24.766 |

Capital de trabajo: para mantener la coherencia del análisis de la situación base se considera irrelevante el capital de trabajo existente. Sin embargo, al ampliarse la empresa, se deberá invertir el equivalente a seis meses del costo variable anual adicional. Como el costo variable anual aumentaría en \$4.000.000, se deberá considerar una mayor inversión inicial y una mayor recuperación al final del período de evaluación, de \$2.000.000.

El valor actual neto de este escenario es de M\$67.538, de lo que se deduce claramente que la rentabilidad de la empresa mejoraría con esta opción. Sin embargo, podría ser posible que enfrentar la ampliación mediante la sustitución de la tecnología en uso por otra de mayor capacidad de producción genere todavía más beneficios que la analizada.

c. Situación con proyecto de ampliación por reemplazo

A continuación se exponen los considerandos sobre los que se basa la proyección del flujo de caja de la opción de la ampliación por sustitución de la máquina actual.

Ingresos: resulta de multiplicar el precio unitario (\$20.000) por las 2.000 toneladas que se podrán vender cada año.

Venta de activos: en este escenario, la empresa podrá vender la máquina actual en \$3.000.000, en el momento de hacer el reemplazo.

Costos variables: corresponde al costo de operación variable unitario de la nueva máquina (\$5.500) multiplicado por las 2.000 toneladas anuales que podría producir por sí sola, obteniéndose la cifra de \$11.000.000 anuales.

Costos fijos: se mantienen los \$2.600.000 de costo fijo, excluido el mantenimiento.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Costo de mantenimiento: corresponde al costo de mantenimiento que resulta de aplicar la tasa de variación anual a la nueva máquina.

Depreciación: se obtiene de dividir el valor de adquisición del nuevo activo (\$20.000.000) por los cinco años a depreciar.

Valor libro: corresponde a lo que falta por depreciar del equipo actual, es decir, a \$2.700.000.

Impuesto: se calcula como el 15% de la utilidad.

Inversión: corresponde a los \$20.000.000 que cuesta adquirir la nueva máquina.

Capital de trabajo: se mantiene la consideración de la irrelevancia del capital de trabajo existente. Al ampliarse la empresa, se deberá invertir el equivalente a seis meses del costo variable anual adicional. Como el costo anual aumentaría en \$5.000.000, se deberá considerar una mayor inversión inicial y una mayor recuperación final del período de evaluación, de \$2.500.000.

Valor de desecho: como la nueva máquina no se vende al final del período de evaluación, y por ser un activo que queda en poder de la empresa, se le debe asignar un valor de desecho. Dado que se

podría vender en \$1.000.000 y que su valor libro sería, en ese momento, de cero, todo el precio constituiría utilidad, debiéndose pagar el 15% de impuesto sobre él. Es decir, \$150.000, con lo que el valor después de impuesto sería, para la empresa, de sólo \$850.000.

El flujo de caja de la ampliación mediante la opción de sustitución se muestra en la tabla 13.8.

Tabla 13.8 Flujo de caja de la ampliación por reemplazo

| Reemplazo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ingresos | | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 |
| Venta activos | 3.000 | | | | | |
| C. variables | | -11.000 | -11.000 | -11.000 | -11.000 | -11.000 |
| C. fijos | | -2.600 | -2.600 | -2.600 | -2.600 | -2.600 |
| C. mantenimiento | | -600 | -649 | -723 | -833 | -997 |
| Depreciación | | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 |
| Valor libro | -2.700 | | | | | |
| Utilidad | 300 | 21.800 | 21.751 | 21.677 | 21.567 | 21.403 |
| Impuesto | -45 | -3.270 | -3.263 | -3.252 | -3.235 | -3.210 |
| Utilidad neta | 255 | 18.530 | 18.488 | 18.425 | 18.332 | 18.193 |
| Depreciación | | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Valor libro | 2.700 | | | | | |
| Inversión | -20.000 | | | | | |
| Capital de trabajo | -2.500 | | | | | 2.500 |
| Valor desecho | | | | | | 850 |
| Flujo de caja | -19.545 | 22.530 | 22.488 | 22.425 | 22.332 | 25.543 |

La rentabilidad de esta opción muestra un valor actual neto de M\$59.147 que, siendo mejor que el de la situación base, es inferior al de la ampliación por complemento.

13.4 Caso 4: abandono de un área de negocio

Una empresa de *Rent a car* creó, hace varios años, una división de *Compra y venta* de vehículos usados para optimizar el uso de los recursos invertidos en el negocio. Así, la *Compra y venta* se encargaba de vender los vehículos que el *Rent a car* dejaba de requerir y, en los períodos de alta demanda para rentar vehículos, la *Compra y venta* le "prestaba" automóviles de su stock.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

El crecimiento alcanzado en la dotación de vehículos y los requerimientos de reparaciones y mantenimiento, determinaron que se creara, posteriormente, una tercera división, la del *Taller mecánico*, que sirve solamente a las dos divisiones anteriores, sin prestar servicios a personas ni empresas externas. Tampoco existe la intención futura de hacerlo. Aunque los resultados del conglomerado muestran utilidades, la división *Rent a car* lleva dos años consecutivos mostrando pérdidas contables.

La Administración central del conglomerado funciona en un local alquilado, ocupando un piso completo de un edificio de oficinas.

Sus costos anuales, que se estiman constantes a futuro, son los de la tabla 13.9.

Tabla 13.9 Costos anuales de la Administración central

| Ítem | Costo (\$) |
|---------------------------|------------|
| Remuneraciones | 3.500.000 |
| Alquiler | 500.000 |
| Comunicaciones | 600.000 |
| Insumos varios | 480.000 |
| Contabilidad | 930.000 |
| Sistemas de información | 1.020.000 |
| Seguros | 320.000 |
| Mantenimiento de oficinas | 140.000 |
| Materiales de oficina | 260.000 |
| Energía | 40.000 |

Los activos⁷ de la Administración central están constituidos por mobiliario y equipamiento de oficinas (comprados en \$6.000.000) y equipos de computación, que costaron \$3.000.000 hace un año. Los primeros tienen una antigüedad de cinco años y no se estima necesario reemplazarlos en el mediano plazo.⁸

La división *Rent a car*, por otra parte, tiene ventas anuales de \$20.000.000 y sus costos anuales de operación son los que se muestran en la tabla 13.10.

La división *Rent a car* funciona en un terreno propio que costó \$23.000.000 y en un edificio cuya construcción tuvo un costo de

7. En este caso se supone que los activos no se revalorizan.

8. Todas las computadoras y periféricos del conglomerado se compran simultáneamente y son sustituidos en su totalidad cada tres años, correspondiendo el próximo reemplazo al final del próximo año. Se estima posible vender todas las computadoras usadas en \$1.000.000.

\$60.000.000 hace dos años. El valor de mercado conjunto es hoy de \$90.000.000. El mobiliario y equipos de oficinas se compraron hace tres años en \$2.400.000 y no se tiene previsto su reemplazo a mediano plazo. Su valor de mercado actual es de \$ 1.600.000. Los equipos de computación costaron \$1.000.000 y hoy se podrían vender en \$300.000.

Tabla 13.10 Costos anuales de la división Rent a car

| Ítem | Costo (\$) |
|----------------|------------|
| Remuneraciones | 4.500.000 |
| Comunicaciones | 320.000 |
| Uniformes | 150.000 |
| Publicidad | 1.200.000 |
| Insumos varios | 930.000 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | |
|---------------------------|-----------|
| Seguros | 1.200.000 |
| Mantenimiento de oficinas | 20.000 |
| Materiales de oficina | 50.000 |
| Energía | 60.000 |

La división Compra y venta proyecta mantener sus ingresos en \$30.000.000 anuales y sus costos de funcionamiento, también anuales, como se muestra en la tabla 13.11.

El local donde opera la división es alquilado y sus únicos activos son el mobiliario y equipos de oficina,⁹ cuyo valor de compra fue de \$1.800.000 hace dos años, y equipos de computación, adquiridos en \$1.200.000.

El Taller mecánico funciona en un local propio comprado recién hace un mes. El terreno en que se encuentra se activó contablemente en \$9.000.000 y la construcción en \$20.000.000. Las máquinas fueron compradas hace cuatro años. Una de ellas, la AKT-201, que tiene un costo de \$15.000.000, debe ser reemplazada cada diez años, pudiendo en ese momento ser vendida en \$1.000.000. No será necesario reemplazar el resto de las máquinas, las ART-603 y ART-604, que en conjunto costaron \$15.000.000, ya que se considera que con el plan de mantenimiento previsto, éstas mantendrán su capacidad productiva en un muy largo plazo.

Todas las computadoras que utilizan costaron \$600.000.

Los costos de operación anuales del Taller mecánico se estiman como muestra la tabla 13.12.

9. No se contempla su sustitución en el mediano plazo.

Tabla 13.11 Costos anuales de la división Compra y venta

| Item | Costo (\$) |
|---------------------------|------------|
| Remuneraciones | 5.200.000 |
| Alquiler | 800.000 |
| Comunicaciones | 140.000 |
| Publicidad | 830.000 |
| Insumos varios | 770.000 |
| Seguros | 730.000 |
| Mantenimiento de oficinas | 20.000 |
| Materiales de oficina | 50.000 |
| Energía | 20.000 |

Tabla 13.12 Costos anuales de la división Taller mecánico

| Item | Costo (\$) |
|------------------------|------------|
| Remuneraciones | 3.600.000 |
| Comunicaciones | 40.000 |
| Uniformes | 120.000 |
| Insumos varios | 5.200.000 |
| Seguros | 660.000 |
| Mantenimiento máquinas | 440.000 |
| Materiales de oficina | 20.000 |
| Energía | 580.000 |

Las construcciones se deprecian en un período de 20 años, la maquinaria y el mobiliario en diez años, y los equipos de computación en tres años.

Los costos de la Administración central y del Taller mecánico se distribuyen entre las dos divisiones en partes iguales.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

De acuerdo con esta información, la empresa estima que no es sostenible la pérdida anual, por lo que considera conveniente evaluar el cierre de la división *Rent a car*.

Este cierre permitiría ahorrar todos los costos asociados a esa división, además de reducir varios otros en la Administración central y el Taller. Por otra parte, permitiría generar ingresos importantes por la venta de las instalaciones y otros activos que pasarían a ser innecesarios para la empresa.

En la Administración central, por ejemplo, se podría reducir el costo de los sistemas de información a \$830.000 y los materiales de oficina a \$230.000. En el Taller mecánico, se podrían disminuir los ítem remuneraciones a \$2.000.000, uniformes a \$80.000, insumos varios a \$3.300.000, seguros a \$480.000, mantenimiento de máquinas

a \$300.000 y energía a \$400.000, además de la depreciación por la posibilidad de vender la máquina ART-603 (que costó \$7.000.000 y que se podría vender hoy en \$3.200.000).

La empresa tributa el 15% sobre las utilidades y evalúa sus proyectos con una tasa de costo de capital del 14%.

Por otra parte, calcula la inversión en capital de trabajo como el 18% de los costos anuales desembolsables, excluidos los impuestos.

La solución de este problema puede enfrentarse mediante la comparación de la situación sin el cierre de la división *Rent a car* con la de su abandono, o realizando un análisis incremental. A continuación se desarrolla el primer procedimiento.

a. Situación base

Como se puede apreciar en la tabla 13.13, la división *Rent a car* presenta una pérdida contable atribuible, de manera importante, a la asignación de los costos generales ocasionados por la Administración central y el Taller mecánico.

Para determinar la conveniencia de continuar o no con la división *Rent a car*, debe proyectarse un flujo de caja que permita medir la rentabilidad total de la situación base en un horizonte de tiempo superior a sólo un año.

En la proyección del flujo de caja que más adelante se presenta se tuvieron en consideración los siguientes supuestos:

Ventas: corresponde a la suma de los ingresos esperados del *Rent a car* (\$20.000.000) y de la Compra y venta (\$30.000.000).

Venta de activos: considera el ingreso de \$1.000.000 por la venta de la máquina AKT-201, que debe reemplazarse al final del año sexto, por terminar su vida útil estimada en diez años y \$1.000.000 de ingresos por la venta de todo el sistema de computación que se sustituye cada tres años, a partir del final del primer año, por cuanto tiene dos años de uso.

Costos de operación: corresponde al gasto en remuneraciones, arriendo, comunicaciones, uniformes, publicidad, insumos varios, contabilidad, sistemas de información, seguros, mantenimiento de oficinas y maquinarias, materiales de oficina y energía, los que se deducen de la tabla 13.13.

Depreciación edificio Rent a car y Taller mecánico: corresponde a la depreciación anual calculada dividiendo el valor de adquisición por el número de años a depreciar.

Tabla 13.13 Utilidad actual por división y total de la empresa

| | Adm. central | Rent a car | Compra venta | Taller | Total |
|--------|-----------------|---------------|-----------------|--------|--------|
| Ventas | | 20.000 | 30.000 | | 50.000 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | | | | |
|------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Remuneraciones | -3.500 | -4.500 | -5.200 | -3.600 | -16.800 |
| Alquiler | -500 | | -800 | | -1.300 |
| Comunicaciones | -600 | -320 | -140 | -40 | -1.100 |
| Uniformes | 0 | -150 | | -120 | -270 |
| Publicidad | | -1.200 | -830 | -2.030 | |
| Insumos varios | -480 | -930 | -770 | -5.200 | -7.380 |
| Contabilidad | -930 | | | | -930 |
| S. información | -1.020 | | | | -1.020 |
| Seguros | -320 | -1.200 | -730 | -660 | -2.910 |
| Mant. oficinas | -140 | -20 | -20 | | -180 |
| Mant. máquinas | | | | -440 | -440 |
| Materiales oficina | -260 | -50 | -50 | -20 | -380 |
| Energía | -40 | -60 | -20 | -580 | -700 |
| Depreciación edif. | | -3.000 | | -1.000 | 4.000 |
| Depreciación máq. | | | | -3.000 | -3.000 |
| Depreciación mob. | -600 | -240 | -180 | | -1.020 |
| Depreciación comp. | -1.000 | -333 | -400 | -200 | -1.933 |
| Utilidad por centro de costo | -9.390 | 7.997 | 20.860 | -14.860 | 4.607 |
| Asignación costo Taller | | -7.430 | -7.430 | | |
| Asignación costo A. central | | -4.695 | -4.695 | | |
| Utilidad por división | | -4.128 | 8.735 | | 4.607 |

Depreciación máquina AKT-201a: se calculó dividiendo los \$ 15.000.000 de su valor de compra por los diez años a depreciar. Como ya tiene una antigüedad de cuatro años, le quedan seis por depreciar.

Depreciación máquina AKT-201b: es la máquina que sustituye a la anterior al cabo de diez años. Como tiene cuatro años de uso, se debe reemplazar al final del sexto año, empezando a depreciarse en el séptimo año. El monto se calcula igual que para la máquina anterior.

Depreciación máquinas ART-603/604: como ambas máquinas costaron en conjunto \$15.000.000, se deprecian en diez años, independientemente de cuánto tiempo se usen efectivamente; se compraron hace cuatro años, quedando por depreciar seis años más. Estas máquinas no se sustituyen.

Depreciación mobiliario Administración central: se calcula dividiendo el costo de \$6.000.000 en los diez años a depreciar. Como fue adquirido hace cinco años, todavía le quedan otros cinco por depreciar.

Depreciación mobiliario Rent a car: se calcula dividiendo los \$2.400.000 de costo por los diez años a depreciar. Como tiene tres años de uso, le quedan siete por depreciar.

Depreciación mobiliario Compra y venta: se calcula dividiendo su costo de \$1.800.000 en los diez años a depreciar. Como fue adquirido hace dos años, todavía le quedan otros ocho por depreciar.

Depreciación computadoras: corresponde al valor de compra dividido en los tres años a depreciar. Como la empresa las reemplaza también cada tres años, la depreciación anual se mantiene constante.

Valor libro venta de activo y venta computadoras: tienen valor cero, por cuanto se venden totalmente depreciados.

Impuesto: corresponde al 15% de la utilidad.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Inversión en computadoras: se calcula por las reinversiones estimadas cada tres años para la Administración central (\$3.000.000), el Rent a car (\$1.000.000), la Compra y venta (\$1.200.000) y el Taller mecánico (\$600.000).

Inversión máquina AKT-201b: corresponde a los \$ 15.000.000 necesarios para reemplazar la máquina AKT-201a al final de su vida útil.

Capital de trabajo: se supone que si la empresa continúa como está, no necesita invertir en capital de trabajo. Como el valor de desecho se calculó por el método económico, no se debe considerar su recuperación al final del período de evaluación.

Valor de desecho: se considera como más adecuado calcular el valor actual de los flujos futuros promedios anuales a perpetuidad de todo el conglomerado. Para ello se tomó un año normal (el noveno, por no tener reposición de activos) y se le restó la depreciación anual, considerando que representa el monto a reinvertir anualmente para mantener la capacidad productiva de la empresa. Este monto promedio se dividió por la tasa del 14% exigida al negocio para determinar su valor económico (\$43.271.000). El valor actual neto de la opción de continuar con la situación actual, a una tasa de descuento del 14%, es de \$66.473.000.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Tabla13.14 Flujo de caja de la situación *sin abandono*

| Situación base | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ventas | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Venta activo | | 1.000 | | | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 |
| Costos de operación | | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 | -35.440 |
| Depreciación edificios | | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 |
| Depr.AKT-201a | | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | | | | |
| Depr. AKT-201b | | | | | | | | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 |
| Depr. ART 603/604 | | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | | | | |
| Depr. mobiliario Adm. | | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | | | | | |
| Depr. mobiliario RaC | | -240 | -240 | -240 | -240 | -240 | -240 | | | | |
| Depr. mobiliario C.V | | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | | | |
| Depr. computadoras | | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 | -1.933 |
| Valor libro | | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | | | 0 |
| Utilidad | | 5.607 | 4.607 | 4.607 | 5.607 | 4.607 | 6.207 | 7.707 | 6.947 | 7.127 | 8.127 |
| Impuesto | | -841 | -691 | -691 | -841 | -691 | -931 | -1.156 | -1.042 | -1.069 | -1.219 |
| Utilidad neta | | 4.766 | 3.916 | 3.916 | 4.766 | 3.916 | 5.276 | 6.551 | 5.905 | 6.058 | 6.908 |
| Depreciación edificios | | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Depr.AKT-201 ^a | | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | | | | |
| Depr.AKT-201b | | | | | | | | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 |
| Depr. ART 603/604 | | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | | | | |
| Depr. mobiliario Adm. | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | | | | | |
| Depr. mobiliario RaC. | | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | | | | |
| Depr. mobiliario C.V. | | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | | | |
| Depr. computadoras | | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 |
| Valor libro | | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | | | 0 |
| Inversión computadoras | | -5.800 | | | | -5.800 | | | -5.800 | | |
| Inversión AKT- 201 b | | | | | | | -15.000 | | | | |
| Valor de desecho | | | | | | | | | | | 43.271 |
| Flujo de caja | | 8.919 | 13.869 | 13.869 | 8.919 | 13.869 | -371 | 8.604 | 13.518 | 13.491 | 51.812 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

b. Situación con proyecto de abandono

Si bien el cierre de la división hace reducir los costos generales de la empresa y permite generar ingresos por la venta de activos que dejarían de usarse, para determinar la conveniencia de esta opción se debe también proyectar el flujo de caja futuro que podría esperar la empresa si abandona la división Rent a car.

En la tabla 13.15 se presenta un cuadro con la situación contable que tendría la empresa si cierra esta división.

La proyección del flujo de caja de la opción de abandono se basa en las siguientes consideraciones:

Ventas: corresponde a las ventas sólo de la compraventa.

Venta activos: considera la venta de la máquina AKT-201 al final del sexto año, la venta normal de las computadoras cada tres años a partir del próximo, con excepción de las del Rent a car, que se venden en el momento 0 (\$300.000) junto con la máquina ART-603 (\$3.200.000), el edificio que ocupa actualmente el *Rent a car* (\$90.000.000) y el mobiliario y equipos de oficina que dejarían de requerirse al cerrar la división (\$1.600.000).

Costos de operación: corresponde al gasto en remuneraciones, alquiler, comunicaciones, uniformes, publicidad, insumos varios, contabilidad, sistemas de información, seguros, mantenimiento de oficinas y maquinarias, materiales de oficina y energía, los que se deducen de la tabla 13.15.

Depreciación edificio Taller mecánico: corresponde a la depreciación anual calculada dividiendo el valor de adquisición por el número de años a depreciar.

Depreciación máquina AKT-201a: se calculó dividiendo los \$15.000.000 de su valor de compra por los diez años a depreciar. Como ya tiene una antigüedad de cuatro años, le quedan seis por depreciar.

Depreciación máquina AKT-201b: es la máquina que sustituye a la anterior al cabo de diez años. Como tiene cuatro años de uso, debe reemplazarse al final del sexto año, empezando a depreciarse en el séptimo año. El monto se calcula de igual manera que para la máquina anterior.

Depreciación máquinas ART-604: al venderse la máquina ART-603, se deprecia sólo la ART-604, que costó \$8.000.000 hace cuatro años. Como su vida útil contable es de diez años, le quedan seis años por depreciar.

Tabla 13.15 Utilidad por división y total de la empresa con abandono

| | Administración central | Compra venta | Taller mecánico | Total |
|------------------------|------------------------|--------------|-----------------|---------|
| Ventas | | 30.000 | | 30.000 |
| Remuneraciones | -3.500 | -5.200 | -2.000 | -10.700 |
| Alquiler | -500 | -800 | | -1.300 |
| Comunicaciones | -600 | -140 | -40 | -780 |
| Uniformes | | | -80 | -80 |
| Publicidad | | -830 | | -830 |
| Insumos varios | -480 | -770 | -3.300 | -4.550 |
| Contabilidad | -930 | | | -930 |
| S. información | -830 | | | -830 |
| Seguros | -320 | -730 | -480 | -1.530 |
| Mantenimiento oficinas | -140 | -20 | | -160 |
| Mantenimiento máquinas | | | -300 | -300 |
| Materiales oficina | -230 | -50 | -20 | -300 |
| Energía | -40 | -20 | -400 | -460 |
| Depreciación edificio | | | -1.000 | -1.000 |
| Depreciación máq. | | | -2.300 | -2.300 |
| Depreciación mob. | -600 | -180 | | -780 |
| Depreciación comp. | -1.000 | -400 | -200 | -1.600 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| | | | | |
|------------------------------|--------|---------|---------|-------|
| Utilidad por centro de costo | -9.170 | 20.860 | -10.120 | 1.570 |
| Asignación costo Taller | | -10.120 | | |
| Asignación costo A. central | | -9.170 | | |
| Utilidad por división | | 1.570 | | 1.570 |

Depreciación mobiliario Administración central: se calcula dividiendo su costo de \$6.000.000 en los diez años a depreciar. Como fue adquirido hace cinco años, todavía le quedan otros cinco por depreciar.

Depreciación mobiliario Compra y venta: se calcula dividiendo su costo de \$1.800.000 en los diez años a depreciar. Como fue adquirido hace dos años, todavía le quedan otros ocho por depreciar.

Depreciación computadoras: corresponde al valor de compra dividido en los tres años a depreciar. Como la empresa los reemplaza también cada tres años, la depreciación anual se mantiene constante. Como al reducirse la empresa se adquieren menos computadoras, la depreciación baja a un tercio (se deprecia en tres años).

Valor libro venta de activo y venta computadoras: los activos que se venden en el momento cero tienen un valor libro equivalente a lo que les queda por depreciar, esto es, la máquina ART-603 (\$4.200.000), el edificio que ocupa actualmente el Rent a car

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Tabla 13.16 Flujo de caja con abandono

| Situación con abandono | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ventas | | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 |
| Venta activo | 95.100 | 828 | | | 828 | | 1.000 | 828 | | | 828 |
| Costos de operación | | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 | -22.750 |
| Depreciación edificios | | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 |
| Depr.AKT-201a | | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 | | | | |
| Depr. AKT-201b | | | | | | | | -1.500 | -1.500 | -1.500 | -1.500 |
| Depr. ART 604 | | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | -800 | | | | |
| Depr. mobiliario Adm. | | -600 | -600 | -600 | -600 | -600 | | | | | |
| Depr. mobiliario C.V | | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | -180 | | |
| Depr. computadoras | | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 | -1.600 |
| Valor libro | -83.213 | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | | | 0 |
| Utilidad | 11.887 | 2.398 | 1.570 | 1.570 | 2.398 | 1.570 | 3.170 | 3.798 | 2.970 | 3.150 | 3.978 |
| Impuesto | -1.783 | -360 | -236 | -236 | -360 | -236 | -476 | -570 | -446 | -473 | -597 |
| Utilidad neta | 10.104 | 2.038 | 1.335 | 1.335 | 2.038 | 1.335 | 2.695 | 3.228 | 2.525 | 2.678 | 3.381 |
| Depreciación edificios | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Depr.AKT-201a | | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | | | | |
| Depr.AKT-201b | | | | | | | | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 |
| Depr. ART 604 | | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | | | | |
| Depr. mobiliario Adm. | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | | | | | |
| Depr. mobiliario C.V. | | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | | |
| Depr. computadoras | | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 | 1.933 |
| Valor libro | 82.213 | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | | | 0 |
| Inversión computadoras | | -4.800 | | | -4.800 | | | -4.800 | | | -4.800 |
| Inversión AKT- 201 b | | | | | | | -15.000 | | | | |
| Capital de trabajo | 2.284 | | | | | | | | | | -2.284 |
| Valor de desecho | | | | | | | | | | | 19.125 |
| Flujo de caja | 95.601 | 2.918 | 7.015 | 7.015 | 2.918 | 7.015 | -7.226 | 2.708 | 6.805 | 6.778 | 21.806 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

(\$77.000.000), el mobiliario y equipos de oficina (\$1.680.000) y la computadora (\$333.333). Las otras ventas tienen valor libro cero, por cuanto los componentes se venden totalmente depreciados.

Impuesto: corresponde al 15% de la utilidad.

Inversión en computadoras: se calcula por las reinversiones estimadas cada tres años para la Administración central (\$3.000.000), la Compra y venta (\$ 1.200.000) y el Taller mecánico (\$600.000).

Inversión máquina AKT-201b: corresponde a los \$ 15.000.000 necesarios para reemplazar la máquina AKT-201a al final de su vida útil.

Capital de trabajo: al reducirse el nivel de operación, la empresa puede recuperar anticipadamente parte de los recursos inmovilizados en capital de trabajo. Como los costos desembolsables actuales son de \$35.440.000 y los que enfrentaría la empresa abandonando la división Rent a car se reducen a \$22.750.000, la empresa puede reducir la inversión en capital de trabajo en un 18% de los \$12.690.000 de ahorros que se le producen en esta opción. Esto es, en \$2.284.000. Sin embargo, al final del año 10 tendrá ese mismo monto menos de capital de trabajo posible de recuperar.

Valor de desecho: manteniendo el mismo criterio de cálculo que en la opción anterior, el valor de desecho económico sería de \$19.125.000.

El valor actual neto de la opción de abandonar la división Rent a car es de \$26.205.000.

De acuerdo con esta información, no es conveniente el cierre del negocio de Rent a car, por cuanto disminuiría la rentabilidad esperada del negocio.

13.5 Caso 5: internalización de procesos de mantenimiento externo

Como una forma de aumentar la productividad de los recursos internos, una empresa está estudiando la posibilidad de implementar un sistema de mantenimiento propio de sus equipos, que hoy encarga a una empresa externa.

Se calcula que el mantenimiento externo le cuesta anualmente a la empresa \$24.000.000, siendo un trabajo que se podría realizar con recursos propios y costos anuales de \$14.000.000 en mano de obra y \$4.000.000 en materiales. Sin embargo, debido a que actualmente existe mano de obra ociosa, imposible de reducir, se estima que las contrataciones efectivas tendrán un costo de sólo \$6.000.000.

Para sustituir el servicio externo se deberán comprar maquinarias por \$50.000.000, las que se deprecian en 10 años y tendrían un costo de mantenimiento propio de \$1.000.000 anuales. Una de ellas, cuyo precio de adquisición es de \$20.000.000, deberá ser reemplazada cada seis años, al cabo de los cuales se estima posible su venta en \$6.000.000. El resto de las máquinas se reemplazará cada diez años, pudiendo venderse en \$2.000.000.

La nueva unidad quedará a cargo del actual jefe de la unidad de mantenimiento, que al no tener que programar la actividad de mantenimiento preventivo externo podrá dedicarse a la dirección de esta nueva unidad. Su sueldo anual es de \$1.200.000.

El proceso interno se realizará en un galpón en el interior de la planta, que no tiene ningún otro uso ni es posible de vender. Sin embargo, como ocupa un 5% del total de metros cuadrados de la empresa, correspondería asignarle un costo anual del 5% del total de gastos de contribuciones, aseo, vigilancia y alumbrado, todos generales de la planta, equivalentes a \$3.000.000. De igual forma, se le asignará una proporción de los gastos generales de administración, equivalentes a \$2.000.000.

La empresa utiliza como estándar para estimar la inversión en capital de trabajo el 20% de los costos totales desembolsables. Por lo tanto, exige que esta inversión se incluya en cualquier proyecto que implique un aumento o disminución de costo.

Si la tasa de impuesto a las utilidades es del 15% y la rentabilidad exigida a los proyectos en la empresa es del 18%, determine qué opción le conviene más a la empresa. En la eventualidad de que el proveedor del

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

servicio externo estuviera dispuesto a renegociar el precio, calcule el precio máximo que la empresa estaría dispuesta a pagar para no internalizar el servicio.

La evaluación de la rentabilidad de este proyecto se puede hacer indistintamente por el método incremental o mediante la comparación de la situación base respecto de la situación con proyecto.

Para sensibilizar el precio del servicio externo al nivel máximo que la empresa podría aceptar, la solución se desarrollará por el método incremental, ya que posibilita determinar ese valor con mayor facilidad. A continuación se explica cómo se determina el valor de cada variable.

Ahorro de costo externo: corresponde a los \$24.000.000 de costo del servicio externo que la empresa dejaría de pagar al internalizarlo.

Venta de activos: se consideraron los \$6.000.000 en que se podrá vender uno de los equipos al final del sexto año y los \$2.000.000 en que se podrá vender el resto al final de su vida útil, estimada en diez años.

Mano de obra: se incorporaron sólo los \$6.000.000 de mayor costo de la mano de obra, ya que los restantes \$8.000.000 deberán ser incurridos con o sin la internalización del servicio.

Materiales: corresponden a los \$4.000.000 anuales que deberá gastar la empresa al hacer el mantenimiento internamente.

Mantenimiento: se incluye \$1.000.000, correspondiente al gasto en mantenimiento de las nuevas maquinarias. Depreciación: al comprarse activos que se deprecian en diez años en \$50.000.000, se incluye una depreciación de \$5.000.000. Al final del sexto año se vende una de las máquinas, pero se supone que se reemplaza por otra de igual valor, por lo que el monto de la depreciación anual no cambia.

Valor libro: la máquina que se reemplaza al final del sexto año tiene seis años de vida útil contable y, por lo tanto, cuatro años más por depreciar. Como su precio fue de \$20.000.000, la depreciación anual es de \$2.000.000 y su valor libro (o lo que falta por depreciar) de \$8.000.000. La máquina que se reemplaza al final del décimo año se encuentra totalmente depreciada, por lo que su valor libro es cero.

Impuesto: se calcula como el 15% de la utilidad de cada año.

Inversión: en el momento cero se incluye el total de la inversión a realizar si se hace la internalización. Esto es, \$50.000.000. La sustitución de una de las máquinas al final del sexto año obliga a incluir una inversión de reemplazo por \$20.000.000, suponiendo que se sustituye por otra de igual valor. Al final del décimo año, la empresa deberá reemplazar el resto de las máquinas, por un monto total de \$30.000.000.¹⁰

Capital de trabajo: el capital de trabajo equivale al 20% de los costos anuales desembolsables. Si éstos disminuyen, la empresa puede recuperar anticipadamente la proporción equivalente de los recursos invertidos en capital de trabajo. Al reducirse los costos de \$24.000.000 a \$11.000.000, hay un ahorro de costos directos de \$13.000.000 y, por lo tanto, es posible recuperar anticipadamente el 20% de este ahorro, es decir, \$2.600.000. Como el capital de trabajo está en la empresa, el proyecto sólo permite anticipar la recuperación de este monto, por lo que debe anotarse con signo positivo en el momento cero y con signo negativo en el

10. Esta inversión debe incorporarse, ya que al calcular el valor de desecho por el método económico, la empresa debe estar en condiciones de producir el flujo de caja sobre el que se hará la valorización.

momento diez, para reflejar la menor recuperación futura. Esto es lo mismo que considerar que en la situación base la empresa tendría un capital de trabajo de \$4.800.000 (20% de \$24.000.000), que en la situación con proyecto sería de sólo \$2.200.000 (20% de \$11.000.000). Al hacer el proyecto la empresa reduce (recupera anticipadamente) \$2.600.000, pero en diez años más recupera este mismo monto menos de lo presupuestado en la situación base.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Valor de desecho: se calcula por el método económico, que considera el valor actual del flujo de caja supuesto a perpetuidad. Como el flujo de un año normal es de \$11.800.000, se le restan los \$5.000.000 de depreciación anual, cifra considerada como los recursos anuales que se deberá reinvertir en promedio para mantener la capacidad productiva del negocio. El valor resultante, \$6.800.000, se divide por la tasa de retorno exigida (18%) para obtener el valor actual de una perpetuidad, correspondiente a los \$37.778.000 indicados en la tabla 13.17.

Al calcular la rentabilidad sobre el flujo de caja incremental se obtiene un valor actual neto de M\$1.869.000.

Dado que el VAN es positivo, la opción de internalizar es más conveniente, a menos que se pueda renegociar una rebaja en la tarifa del proveedor externo. Para determinar la tarifa máxima que se puede pagar para que se mantenga el servicio externo, se debe sensibilizar el proyecto buscando el costo que haga al VAN incremental igual a cero.

Para sensibilizar se puede recurrir a las facilidades de una planilla electrónica como, por ejemplo, una de Excel, donde se selecciona el comando **Buscar objetivo** del menú **Herramientas**. En la pantalla desplegada se anota en **Definir la celda** aquella donde está señalado el VAN, en **con el valor** se anota "0", que es el VAN buscado, y en **para cambiar la celda** se indica la celda donde están posicionados los \$24.000.000. Presionando la opción **Aceptar**, la planilla electrónica mostrará un resultado de M\$23.604, que corresponde al precio de indiferencia entre ambas alternativas. Cualquier precio superior a ese valor hará recomendable internalizar y cualquiera inferior hará más conveniente mantener la situación actual.

Problema integrativo

Montecarlo S.A. es un prestigioso laboratorio farmacéutico que pretende entrar fuertemente en el negocio de productos de belleza, a través de una línea de cosmética capilar con el nombre de *Infinity*, y que en principio se hará presente en el mercado con el producto *Infinity Beta* que reduce la caída del cabello producto de la alopecia.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Tabla 13.17 Flujo de caja incremental de la internalización

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| Ahorro costo externo | | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 |
| Venta activos | | | | | | | 6.000 | | | | 2.000 |
| Mano de obra | | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 | -6.000 |
| Materiales | | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 | -4.000 |
| Mantenimiento | | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 | -1.000 |
| Depreciación | | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 | -5.000 |
| Valor libro | | | | | | | -8.000 | | | | |
| Utilidad | | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 6.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 |
| Impuesto | | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -900 | -1.200 | -1.200 | -1.200 | -1.200 |
| Utilidad neta | | 6.800 | 6.800 | 6.800 | 6.800 | 6.800 | 5.100 | 6.800 | 6.800 | 6.800 | 8.500 |
| Depreciación | | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| Valor libro | | | | | | | 8.000 | | | | 0 |
| Inversión | -50.000 | | | | | | -20.000 | | | | -30.000 |
| Capital de trabajo | 2.600 | | | | | | | | | | -2.600 |
| Valor de desecho | | | | | | | | | | | 37.778 |
| Flujo de caja | -47.400 | 11.800 | 11.800 | 11.800 | 11.800 | 11.800 | -1.900 | 11.800 | 11.800 | 11.800 | 18.678 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

En la última sesión de directorio de Montecarlo S.A. se aprueba evaluar la conveniencia de invertir en esta nueva área de negocio, para lo que se dispondría de las utilidades proyectadas para el presente año y que se estiman en MM\$450.

El mercado esta compuesto por tres empresas que elaboran un sustituto a Infinity Beta, todos con precios promedio similares de \$4.850 la unidad, y cuyos volúmenes de ventas han sido:

| Año | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ventas | 82.000 | 83.500 | 88.000 | 95.000 | 102.000 | 108.000 | 114.000 | 118.000 | 125.000 |

La estrategia de precios contempla un precio de penetración de un 10% menor al del promedio de la competencia. Con ello, sus expectativas de crecimiento son:

- a. 12% del mercado en el primer año,
- b. desde el segundo al séptimo año, crecer al doble de la tasa promedio del mercado, y
- c. para los períodos siguientes mantenerse con la cuota de mercado alcanzada, al precio promedio del mercado.

La gerencia técnica de Montecarlo S.A. ha señalado que la tecnología más adecuada para el proyecto corresponde a maquinaria procesadora de químicos YUX-304, con una capacidad de proceso de 1.000.000 unidades anuales generadas en tres turnos diarios. Su valor unitario es de \$85.000.000 cada una y su vida útil técnica es de tres años. Para la operación de este modelo de tecnología se requieren cuatro operarios por turno por cada máquina, con un sueldo mensual promedio de \$225.000.

Para fabricar cada unidad del producto se requiere de 0,008 lt de aceite apricot, 0,002 lt de extracto de naranja, 0,01 lt, de glicerina y 5 g de colágeno, en la tabla siguiente se muestra el costo de cada uno de estos insumos:

| Insumo | Precio M\$ | Unidad |
|---------------------|------------|--------|
| Aceite Apricot | 80 | litros |
| Extracto de Naranja | 150 | litros |
| Glicerina | 300 | litros |
| Colágeno | 500 | kilos |

Adicionalmente, se necesita una máquina envasadora RISC-0-2000 cuyo valor es de \$55.000.000. Su vida útil técnica es de cinco años y tiene una velocidad de procesamiento de 500 envases por hora. Para esta máquina se requieren dos operarios por turno, cuyo sueldo mensual promedio es de \$200.000. El costo por envase es de \$150.

La infraestructura necesaria para operar esta nueva línea de productos considera la construcción de un galpón de 350 m² y 100 m² de oficinas, la inversión requerirá un desembolso de \$45.000.000, pro-rateables durante los seis meses que demora su construcción. El terreno donde se instalarán estas obras corresponde a parte del que actualmente utiliza el laboratorio de Montecarlo S.A., valorado en \$30.000 el m². La instalación de las maquinarias demora tres meses y estará a cargo de la empresa proveedora de ellas, a quienes se les cancelará el 50% del valor total al comenzar la instalación y el resto con la puesta en marcha.

La dirección de esta nueva área de negocio estará compuesta por el personal que se indica a continuación:

| Cargo | Remuneración mensual |
|-------------------------|----------------------|
| Gerente de Producto | \$2.800.000 |
| Jefe Comercial | 1.500.000 |
| Ejecutivos de Venta (8) | 500.000 |
| Secretarias (2) | 200.000 |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

Dada la estrategia de desarrollo del producto que se propone seguir, será necesario contar con la asesoría permanente de una agencia publicitaria, encargada de la promoción de *Infinity Beta*, contrato que tendrá un costo estimado en el 3% de las ventas en los primeros tres años, y en los períodos siguientes se establecerá en un 1% de las ventas.

La administración general le asignará \$1.500.000 mensuales de costos generales a esta área de negocios. Asimismo los gastos generales que se estiman y que incluyen el costo operacional de la maquinaria, que está dado básicamente por consumo eléctrico, alcanzarían los MM\$2.500.000 mensuales.

Todos los activos tienen un valor de salvamento del 35% de su valor de adquisición, independiente del momento en que se vendan. Su vida útil contable es de ocho años.

El estudio financiero señaló que, dado el riesgo de esta industria y analizando las empresas participantes actualmente en el mercado

de la cosmetología capilar, su riesgo sistemático arroja un beta de 1,5, y que la tasa de descuento para Montecarlo S.A. es del 18%. La tasa libre de riesgo expresada a través de los bonos emitidos por el gobierno alcanza al 7%, y estudios especializados sitúan el premio por riesgo en el 8,5%.

Dada la limitante de los recursos con los que cuenta Montecarlo S.A., se estima conveniente evaluar la posibilidad de adquirir la envasadora a través de un *leasing* a tres años, con cuotas anuales de \$20.000.000, de tal forma de destinar el diferencial a un reparto de utilidad para los accionistas.

¿Qué recomendaría al Directorio de Montecarlo S.A., si se le señaló que existía una probabilidad de un 30% de obtener sólo el 5% de la cuota inicial de mercado, un 30% de probabilidad de obtener un 10% y un 40% de probabilidad de obtener la cuota señalada originalmente por el estudio de mercado?

Adicionalmente, usted sabe que dos directores de Montecarlo S.A. son especialmente delicados respecto del análisis financiero que se pueda realizar por cualquier inversión que desarrolle la empresa, por lo que será necesario conocer cómo se comportaría el resultado de este proyecto sobre la base de distintos escenarios del precio y cantidad comercializada de *Infinity Beta*, y cuál es la probabilidad de que la rentabilidad sea positiva.

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

ÍNDICE TEMÁTICO

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa
Nassir Sapag Chain

| <u>A</u> | | <u>C</u> |
|---|---|---|
| Abandono (caso), 387, (véase también Proyecto de abandono) | financiero, 287; operativo, 287 | Cálculo de(l) impuesto(s), 187, 194-195, 197 |
| Activos intangibles, amortización, 142 | Asignación de costos, 97 | Calendario de inversiones, 30, 186, 188, 189 |
| Ahorro de costos, 157, 167 | <u>B</u> | Call, 243 |
| Ajuste, a la tasa de descuento, 290, 293; de curvas, 55; por gastos no desembolsables, 188, 195, 196, 197 | Beneficios, 157, maximización, 52-54 | CAMP, (véase Modelo para la valoración de los activos de capital) |
| Alquilar, 202 | Beneficio neto, 15 | Capacidad, 27 |
| Amortización, 84, 114, de activos intangibles, 142 | Beneficio-costo, 227, 231 | Coeficiente, beta, 259; de correlación, 57; de determinación, 58; de ponderación de los promedios móviles, 63 |
| Ampliación (caso), 381, (véase también Proyecto de ampliación) | Beneficios del proyecto, 31 | Comprar, 202 |
| Análisis, de equilibrio, 162; incremental, 112, 193; multidimensional, 262; unidimensional, 262, 266 | Beta, media ponderada de la, 290; de los activos, 290 | Consenso de panel, 68 |
| Añualidad, 225 | Bien, inferior, 40; neutro, 40; superior, 40 | Consumidores, cantidad de, 41; ingreso de los, 40 |
| Apalancamiento, | Bienes, complementarios, 42; precios de los, 41; de lujo, 45; independientes, 43; inferiores, 45; necesarios, 45; normales, 45; sustitutos, 42; precios de los, 41 | Costo, anual equivalente, 227, 306; contable, 31; de capital, 30, 285; de la calidad, 358; de la no calidad, 358; de oportunidad, 30, 77, 286; |
| directo de mantenimiento, 145; tasa de crecimiento, 94; | de mantenimiento, 145; | Costos, 77, 125, asignación, 97; de mejoramiento, 97; de reparación, 97; diferenciales, 31, 78; directos, 98; efectivos, 98; estimación, 85-89; fijos, 78; fijos totales, 48; históricos, 81; |
| efectivo de la deuda, 115; | inicial de mantenimiento, 146; | |
| fijo medio, 49; | marginal, 49; | |
| fijo de mantenimiento, 145; | medio total, 49; | |
| indirecto: | no contable, 3.1; | |
| | promedio ponderado del capital, 292; | |
| | relevante, 78; | |
| | total del período, 48; | |

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

- sepultados, 83;
variables, 81;
variables totales, 48;
- y beneficios no afectos a impuestos, 188
Covarianza, 259, 260
Crystall Ball, 68, 262, 270
Curva,
de aprendizaje, 89;
de demanda por inversión, 327;
de sustitución, 70
-
- D**
- Decisiones bajo certidumbre, 251
Decisor, 21
Delphi, (véase Método de Delphi)
Demanda,
de flujo, 73;
de stock, 73;
del mercado, 40;
tipos de elasticidad de la, 42
Depreciación, 84, 126, 141,
- acumulada, 106
Deseconomías, 49,
de escala, 49, 136
Desinversión, 128, 199
Desviación estándar, 252
Distribución,
de Gauss, 59;
normal, 59
Dominancia, 256
-
- E**
- Economía, 39,
de (a empresa, 39;
de ámbito, 359;
de escala, 49, 136
Efecto,
entrópico, 16;
sinérgico, 16;
tributario, 105
Elasticidad, 41,
arco, 44;
cruzada de la demanda, 41,44;
ingreso de la demanda, 45;
ingreso de la demanda, 44;
precio;
de la demanda,
41;
de la oferta, 46;
cruzada de la demanda, 41,42;
punto cruzada de la demanda, 44
Elasticidad-punto, 44
Equilibrio,
análisis de, 162;
cantidad de, 234;
de mercado, 40;
precio de, 47, 160;
punto de, (véase Equilibrio, cantidad de)
Equivalencia de certeza, 257
Error,
estándar, 59;
medio absoluto, 63;
típico, 59
Estático, 28
Estudio, finalidad, 20
Etapas de proyectos, (véase Proyectos, etapas)
Evaluación, horizonte, 185, 191
Expectativas, 41
Extrapolación de la tendencia histórica, 62, 66, (véase también Método) variables unitarios, 83
Gustos y preferencias, 41
-
- H**
- Hertz, (véase Modelo de sensibilización)
-
- I**
- Idea. etapa de. (véase
-
- F**
- Factibilidad, (véase Preinversión)
Factor exponencial, 86
Factores combinados, 85
Faustmann, (véase Modelo de Faustmann)
Financiamiento,
con deuda, 206;
con leasing, 209
-
- G**
- Gastos

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

- Proyectos, etapas)
Impuesto al valor agregado, 119
Incertidumbre, 252
Índice de valor actual neto, 34,332
Información, primaria, 28; secundaria, 28
Ingeniería de valor, 358
- Ingreso de los consumidores, 40
Ingresos, 157
Ingresos y egresos, afectos a impuesto, 186, 194, 195, 196, 197; no afectos a impuesto, 195, 198
Intereses, 114
Internalización (caso), 397, (véase también Proyecto de internalización)
Intervalo de confianza, 59
Inversionista, rentabilidad del, 20
Inversión, criterio comercial, 126; criterio contable, 126; criterio económico, 126; criterio técnico, 126; dependiente, 17;
- en capital de trabajo, 16, 128; etapa de, (véase Proyectos, etapas); finalidad, 17; mutuamente excluyente, 18
Inversiones, 125
Investigación de mercados, 68-69
IVA, (véase Impuesto al valor agregado)
IVAN, (véase índice de valor actual neto)
-
- L**
- Leasing, 19, 206, 209, financiero, 112, 209; operativo, 210
- Ley de rendimientos, marginales finalmente decrecientes, 50; no proporcionales, 50, (véase también Rendimientos)
Libre de riesgo, 258
Línea de tendencia polinómica, 59
-
- M**
- de Boulding, 312,316; de Faustmann, 312, 314; de Fisher, 312; de sensibilización de Hertz, 262; de simulación de Montecarlo, (véase
- Mano de obra directa, 79
Mantenimiento, correctivo, 143; costos, (véase Costos de mantenimiento); de oportunidad, 143, 144; de inspección, 143, 144; preventivo, 143, 144
Material directo, 79
Método, comercial, 170; contable, 130, 170; de los mínimos cuadrados, 55; del déficit acumulado máximo, 133; del período de desfase, 131; Delphi, 68; económico, 170
Mercado, demanda de, 40; equilibrio de, 40; oferta de, 40, 46; precio de, 160
Modelo, CAMP, (véase Modelo para la valoración...); de consenso de panel, 68;

de Boulding, 312,316;
de Faustmann, 312,
314;
de Fisher, 312;
de sensibilización de
Hertz, 262;
de simulación de
Montecarlo, (véase

los activos de capital,
286;
unidimensional, 266
Modelos causales, 55,
de series de tiempo,
55,61;
variable;
dependiente, 55

Momento, 186
Momentos óptimos,
de abandono, 311;
de inversión, 302;
de reemplazo, 304
Montecarlo, 270

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

Nivel de aspiración, 257

O

Oferta del mercado, 40, 46

Opción real, 34

Opciones, 21,

valuación, 242

Operación, etapa, (véase
Proyectos, etapas)

Outsourcing, 16, 17, 26,
98,106, 128, 138, 158,
166, 167, 186, 188, 192,
199,261,339;

de actividad de
mantenimiento, (caso),

365, (véase también
Proyecto de
outsourcing)

P

Perfil, (véase

Preinversión) Período,
de depreciación, 126;
de recuperación, 227;
de la inversión,
34, 230

Precio,

de equilibrio, 47, 160;
de los bienes
complementarios, 41 ;
de los bienes

sustitutos,
41;

del proyecto, 20;
inmediata, 34, 244,
302

Resumen, 57

RI (véase Rentabilidad
inmediata)

Riesgo, 252

de mercado, 160

Predicción,

técnicas de, 55-73;
tecnológica, 68-70

Prefactibilidad, (véase
Preinversión)

Preferencias, 41

Preinversión, etapa, (véase
también Proyecto, etapas),
factibilidad, 27-28;
perfil, 27-28, 237;
prefactibilidad, 27-28,
29

PRI, (véase Período de
recuperación de la
inversión)

Probabilidades,
distribución, 272;
subjettivas, 252

Promedio,
móvil ponderado de n
períodos, 63;
móvil simple de n
períodos, 62

Promedios móviles, 62,
coeficiente de
ponderación de los, 63

Proyecto,

beneficio del, 31;
complementario, 16;
de abandono, 355;
de ampliación, 350;
de internalización,
357;
de outsourcing, 339;
de reemplazo, 346;
de sustitución, 81;

sistemático, 258

S

Sensibilidad, análisis, 260

Sensibilización, 17

Simulación

etapas, 26-29;

de idea, 26;
de inversión, 29;
de operación, 29;
de preinversión,
27;

evaluación del, 29;
formulación del, 29;
preparación del, 29;
relevantes, 16;
rentabilidad del, 20;
tipología, 19

R

Racionamiento,

de capital, 326;
de recursos, (véase
Racionamiento de
capital)

Ranking de proyectos, 326

Regresión lineal, 56

Rendimientos,

crecientes, 50;
decreciente, 50;
negativos (no
proporcionales), 51

Reemplazo, (caso), 374,
(véase también Proyecto de
reemplazo)

Relación beneficio-costo,
(véase Beneficio-costos)

Rentabilidad,

del inversionista, 20;

Situación,

base, 15, 112, 193,
345;

base optimada, 348,

con proyecto de
sustitución, 83, 112,
103;

Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa

Nassir Sapag Chain

Solver, función, 34
Sustitución de un activo,
con o sin cambio en el
nivel de operación, 348;
con cambios en los
niveles de producción,
ventas o ingresos, 347;
sin cambios en el nivel
de operación ni, por lo
tanto, en el nivel de
ingresos, 347

T

Tabla,
de amortización de
deuda, 288;
de pago, 288

Tamaño óptimo,
determinación, 316,
con demanda
constante, 324;
con demanda
creciente, 321

Tareas de simulación,
(véase Simulación)

Tasa,
de costo de capital,
285;
de descuento, ajuste,
290, 293;
interna de retorno, 34,
227, 229;
varaciones en, 294

Técnica,

cuantitativas de
predicción, 55-68;
modelos causales,
55;
modelos de series
de tiempo, 61;
cualitativa de
predicción, 68-73;
investigación de
mercados, 69;
método Delphi,
68;
predicción
tecnológica, 70;

de factores
combinados, (véase
Factores combinados y
predicción);
de factor exponencial,
(véase Factores
combinados y
Predicción)
Tipología de proyectos,
(véase Proyecto, tipología)
TIR, (véase Tasa interna de
retorno)

U

UNO, (véase Utilidad neta de
operación)
Utilidad,
antes de impuesto,
187;
neta, 187;

neta de operación,
232;
operacional, 233

V

VAC, (véase Valor actuales de
costo)

Valor,
actual, 220;
actuales de costo, 269;
actual neto, 24, 34,
227;
actual neto ajustado,
169,288;
comercial, 171;
contable, 170;
de desecho, 16, 32;
económico, 173;
económico agregado,
232;
esperado, 257;
final o futuro, 220;
equivalencias, 223;
índice, 332;
libro, 106;
libro de los activos,
142;

Valuación de opciones,
(véase Opciones,
valuaciones)

VAN, (véase Valor actual
neto)

Variables,
aleatorias, 62, 67;
controlables, 21;

no controlables, 21; Variación, 140
Varianza, 253, 260
VEA, (véase Valor económico agregado)
Venta de activo, 82 Viabilidad, 21-25,
 ambiental, 25;
 de gestión, 23;
 económica, 23, 219;
 legal, 23;
 política, 23;
 técnica, 22
Vida útil, 31