

Capítulo 2 Costes e inversiones

El tema de este capítulo corresponde, más propiamente, a un texto de teoría económica de la empresa. Sin embargo se incluye aquí porque es obvio que el aspecto económico es esencial en cualquier decisión que se refiera al diseño o a la gestión de un sistema productivo. No cabe un tratamiento muy extenso ni profundo, pero se pretende proporcionar al lector los elementos que le permitan seguir sin dificultades las exposiciones incluidas en otros capítulos del texto.

2.1 Conceptos

2.1.1 Costes

El coste de un elemento (una unidad de producto, una operación o una sección de un sistema productivo, por ejemplo) es el valor de los recursos necesarios para la obtención, realización o funcionamiento del mismo.

La definición parece clara, pero su aplicación no resulta serlo en muchas ocasiones, ya que ciertos recursos son compartidos entre diversos elementos (por ejemplo, entre diversas unidades de un mismo o de varios productos o entre diversas secciones) y no resulta fácil determinar qué parte del valor del recurso se ha de imputar a cada unidad; a veces, incluso, no existe, ni siquiera conceptualmente, un procedimiento de imputación que se imponga lógicamente y, por ello, los que se utilizan en estos casos incorporan un cierto grado de arbitrariedad.

Los costes pueden clasificarse de diversas formas. Entre estas clasificaciones serán consideradas aquí las dos siguientes:

Costes directos/ costes indirectos

Costes fijos / costes variables

Los costes directos son los que corresponden a recursos no compartidos y cuya imputación

es, por consiguiente, inmediata; los indirectos, por lo tanto, corresponden a recursos compartidos y han de ser distribuidos e imputados a los diversos tipos de elementos. Un ejemplo de coste directo es el que corresponde a la materia prima; ejemplos de costes indirectos: alquiler de locales, sueldo del Director General. Los costes de algunos recursos no son clasificables inmediatamente como directos o indirectos a partir de su naturaleza, sino que la clasificación depende del tipo de información disponible; por ejemplo, los costes de utilización del teléfono no son, por sí mismos, directos o indirectos: depende de si hay varias líneas o una sola y se puede identificar o no el consumo correspondiente a cada persona o a cada sección (algo parecido ocurre con el consumo de energía eléctrica: si hay contadores independientes para cada sección o elemento productivo se trata de un coste indirecto; si en cambio hay un solo contador para toda la planta se tratará de un coste indirecto).

Los costes fijos son los que no dependen del nivel de actividad y los variables, por consiguiente, los que sí dependen de dicho nivel. Son pues costes fijos los alquileres, una parte de los costes de mano de obra o las partes fijas de ciertas tarifas (como la de energía eléctrica o de instalaciones para comunicaciones); son variables los correspondientes a materiales, embalajes, consumo de energía, incentivos, etc.

Una pequeña reflexión sobre los ejemplos aducidos permite darse cuenta de que la clasificación de un coste como fijo o variable tiene un carácter relativo al horizonte temporal que se considera. A corto plazo el alquiler de una nave destinada a almacén, pongamos por caso, es un coste fijo, pero a medio y a largo plazo este mismo tipo de coste se ha de considerar variable, puesto que lógicamente la superficie destinada a almacén deberá disminuir o crecer de acuerdo con lo que suceda con la producción.

Asimismo, los ejemplos ponen de manifiesto que no hay una coincidencia entre costes fijos y directos, por una parte, e indirectos y variables por otra; se puede dar cualquiera de las cuatro combinaciones: fijo-directo, fijo-indirecto, variable-directo, variable-indirecto (*fig. 2.1.1.1*).

	DIRECTOS	INDIRECTOS
FIJOS	. Sueldos mano de obra directa	. Sueldo Director General . Alquiler locales
VARIABLES	. Incentivos . Componentes	. Energía eléctrica

Fig. 2.1.1.1 Ejemplos de clasificación de costes

Aquí la clasificación de mayor interés es la que divide a los costes en fijos y variables. Aunque, como queda dicho, dicha clasificación no está exenta de ambigüedad, estos

conceptos tienen implicaciones prácticas importantes.

En particular, un concepto que se puede introducir inmediatamente, una vez hecha la distinción entre costes fijos y variables, es el de *punto de equilibrio* ("breakeven point"). Supóngase un sistema productivo dedicado a la obtención de unidades homogéneas, cuyo nivel de actividad medimos por la cantidad producida en un cierto período (un día, por ejemplo), que se denominará q ; la curva de costes, $C(q)$, será en general monótonamente creciente y con una ordenada en el origen no nula, correspondiente a los costes fijos, F ; por su parte, si las unidades producidas se venden todas a un precio p , la curva de ingresos, $I(q)$ será una recta de pendiente p y que pasa por el origen. Si la curva de costes y la de ingresos no se cortasen ello significaría que para cualquier nivel de actividad los costes serían superiores a los ingresos y el sistema productivo sería inviable (al menos a corto plazo: considerando un horizonte dilatado se podría emprender acciones que modificaran la forma de las curvas); supongamos, por consiguiente, que se cortan: el valor de q (o valores) correspondiente al punto (o puntos) de intersección es lo que se denomina punto de equilibrio (*fig. 2.1.1.2*). Coyunturalmente se puede trabajar por debajo del punto de equilibrio pero esta situación evidentemente es insostenible a largo plazo.

Para el caso de un solo producto, es fácil determinar el punto de equilibrio (una vez se dispone de los datos, lo cual puede no ser nada fácil). Analíticamente, se trata de resolver:

$$C(q) = I(q), \text{ es decir, } F + V(q) = pq$$

Un caso particular interesante es aquél en que los costes variables por unidad, o costes marginales, son constantes, iguales a v . Entonces el punto de equilibrio se obtiene a partir de:

$$F + vq = pq$$

y, por consiguiente:

$$q_0 = \frac{F}{p-v}$$

La diferencia $p-v$ se denomina margen unitario o contribución (es la contribución de cada unidad al cubrimiento de los costes fijos). Algunos autores denominan margen bruto a la diferencia entre el precio y los costes variables unitarios de fabricación (es decir, excluyendo los costes de comercialización) pero en este texto no interesa este matiz.

La existencia de los costes fijos explica que a veces sea económicamente interesante vender parte de la producción a un precio inferior al coste medio (no toda la producción, desde luego; salvo a corto plazo: mientras no podamos reducir los costes fijos es mejor producir y vender algo, mientras sea a un precio superior al coste variable unitario, que no suprimir la producción y las ventas).

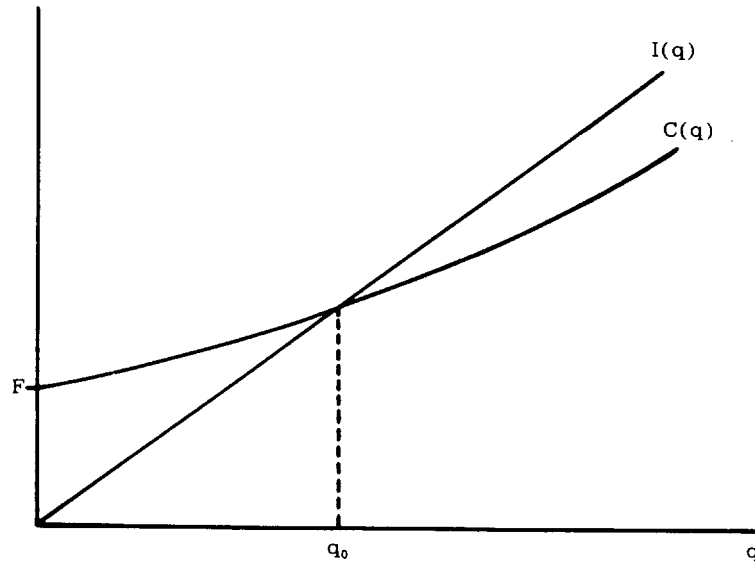


Fig. 2.1.1.2 Diagrama de punto de equilibrio

Por ejemplo, supóngase una instalación con unos costes fijos de 600000 *um/ut* (*um*: unidades monetarias; *ut*: unidad de tiempo) unos costes variables unitarios constantes e iguales a 20000 *um/u* (*u*: unidades de producto) y una capacidad de producción de 80 *u/ut*, con la que se fabrican unos equipos que se venden a 35000 *um/u*; supóngase también que, a causa de las limitaciones en el mercado, que sólo permiten vender 48 *u/ut*, la instalación opera al 60% de su capacidad.

La diferencia entre ingresos y costes es:

$$48 \cdot (35000 - 20000) - 600000 = 120000 \text{ um/ut}$$

valor positivo, puesto que el punto de equilibrio es:

$$q_0 = 600000 / (35000 - 20000) = 40 \text{ u/ut}$$

Si hay una demanda adicional de 32 *u/ut* para un precio de 25000 *um*, la instalación puede operar al 100% de su capacidad, con una diferencia entre ingresos y costes de:

$$48 \cdot 35000 + 32 \cdot 25000 - (48 + 32) \cdot 20000 - 600000 = 160000 \text{ um/ut}$$

es decir, con ventaja en relación a la situación anterior.

Obsérvese que el coste medio es:

$$(600000 + 80 \cdot 20000) / 80 = 27500 \text{ um/u}$$

y que las 32 unidades adicionales se venden a un precio inferior a dicho coste medio, si bien superior al coste variable unitario.

Por supuesto no es posible vender un mismo producto en un mismo mercado a dos precios distintos y la realización práctica del supuesto anterior implicaría vender en dos mercados separados por unas ciertas barreras (por ejemplo, mercado interior y exportación) o crear "artificialmente" dos productos (por medio de dos marcas o dos embalajes distintos, pongamos por caso).

Desde luego, a veces conviene reducir el margen si ello permite una ampliación suficiente del mercado. Supóngase que mediante un cambio de diseño en el producto que implica un aumento del coste variable en 1000 *um/u*, una disminución de precio de 2000 *um/u* y unas campañas publicitarias con un coste de 120000 *um/ut* se consigue ampliar la demanda del mercado hasta 72 *u/ut*; la diferencia entre ingresos y costes sería en este caso:

$$72(33000 - 21000) - (600000 + 120000) = 144000 \text{ um/ut}$$

lo cual es ventajoso en relación a la situación supuesta inicialmente, pese a que el margen se ha reducido en 3000 *um/u*.

Normalmente, para fabricar un producto existen diversas alternativas, en lo que al sistema productivo se refiere. Dichas alternativas se distinguen por su capacidad y por la tecnología empleada. Siempre cabe encontrar excepciones, pero en general se puede afirmar que a mayor capacidad y a mayor intensidad de capital los costes fijos serán más elevados, en tanto que los costes variables unitarios serán menores; por consiguiente, un gráfico en el que se representen los costes correspondientes a las distintas alternativas en función del nivel de producción tendrá un aspecto como el de la *figura 2.1.1.3*, en la cual puede verse además cuál es la alternativa más adecuada para cada valor de *q*.

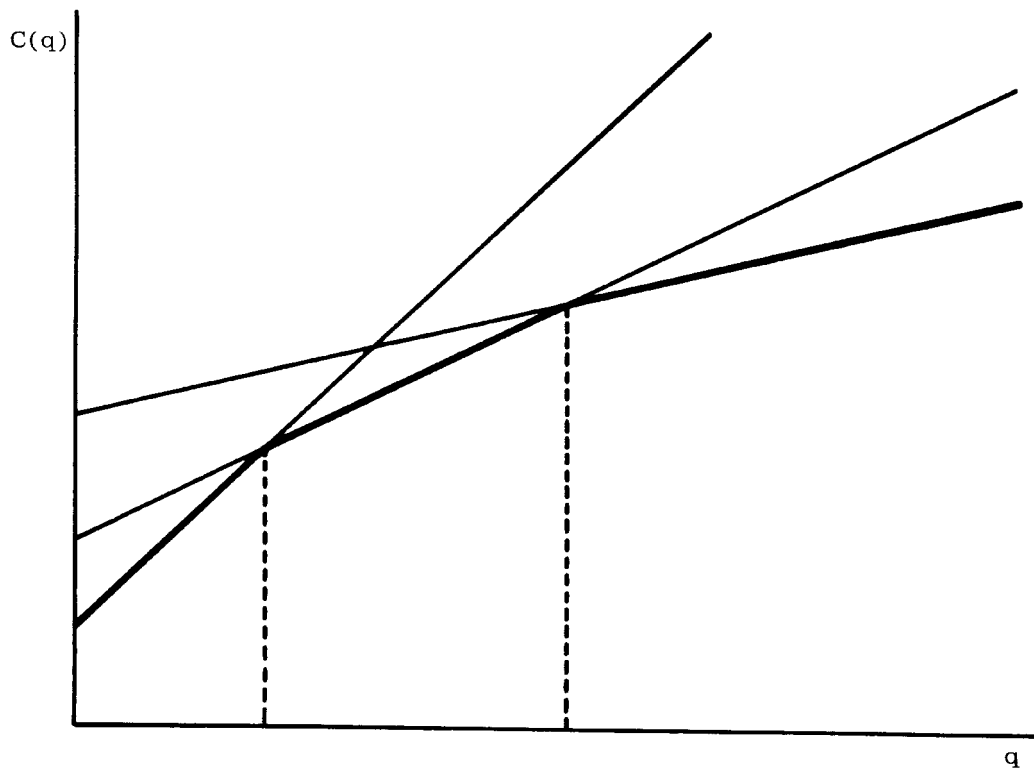


Fig. 2.1.1.3 Curvas de costes para diversas alternativas

2.1.2 Evaluación de inversiones

La ejecución de decisiones relacionadas con el diseño de sistemas productivos implica la realización de un proyecto, lo cual supone la utilización de unos recursos en un determinado período con el fin de obtener después unos rendimientos. Desde un punto de vista económico, la realización de un proyecto es, pues, una inversión, que puede ser o no interesante para la empresa según cuáles sean los costes de los recursos, los rendimientos y los momentos en que se produzcan los pagos y los cobros correspondientes a unos y otros.

Concepto de inversión y conceptos asociados

En general, invertir es renunciar a unas satisfacciones inmediatas y ciertas a cambio de unas expectativas, es decir, unas esperanzas de beneficios futuros.

Así, cuando se dice que una persona invierte su tiempo libre, por ejemplo, en el estudio de un idioma se expresa que renuncia al disfrute del ocio a cambio de las satisfacciones (como una mejor retribución de su trabajo u otras) que le reportará el conocimiento de una nueva lengua. El antepasado que dedicaba unos días a fabricar artes para la pesca estaba haciendo una inversión: renunciaba a obtener alimentos inmediatamente a cambio de pescar más en el futuro o pescar lo mismo con menos esfuerzo.

En un contexto empresarial, las renunciadas y satisfacciones se medirán en unidades monetarias, por lo cual se entenderá en este caso por inversión todo proceso que implique unos pagos más o menos inmediatos y unos cobros futuros.

También se suele denominar inversión al importe de los fondos propios aportados al proyecto.

Algunos autores reservan el término inversión para actividades que requieren cantidades importantes de recursos (en relación al tamaño de la empresa) o que inmovilizan fondos por un plazo superior a uno fijado más o menos arbitrariamente (un año, por ejemplo), pero aquí no se tendrá en cuenta estas limitaciones en la definición. Se considerará inversión, para citar tres ejemplos bastante dispares, la construcción de una nueva planta industrial, la adquisición de una máquina o las modificaciones en una mesa de trabajo y el entrenamiento del operario necesarios para llevar a cabo una mejora de métodos. La *figura 2.1.2.1* incluye los datos correspondientes a tres proyectos de inversión alternativos; en ella se desea ampliar un taller para fabricar un nuevo producto. Las características económicas y la capacidad de producción correspondiente a cada proyecto son conocidas y se dispone de una previsión de la demanda del producto. En realidad habría que considerar otras variantes, a saber, las de poner en marcha cada uno de estos proyectos en diversas fechas (téngase en cuenta, por ejemplo, que en el primer año del proyecto A_2 no se alcanza a cubrir siquiera los costes fijos); pero aquí se supone, para simplificar, que la fecha está decidida y que se trata de comparar las tres alternativas que aparecen en la figura.

Cobros, pagos, ingresos y gastos.

Para evaluar económicamente una inversión los datos básicos son los instantes en que se producen entradas y salidas de dinero y los importes de estos movimientos. Estas entradas y salidas se denominan, respectivamente, cobros y pagos. Obsérvese que se habla de cobros y pagos, es decir, de entregas y recepciones de dinero y no de ingresos y gastos,

que se producen cuando alguien reconoce la obligación de pagarnos (es decir, el derecho a que nosotros cobremos) o nosotros reconocemos la obligación de efectuar un pago a otros. Salvo incidentes, las magnitudes de los cobros y pagos coinciden con las de los ingresos y los gastos, respectivamente, pero en general los instantes en que se producen unos y otros son distintos. Por supuesto, un mismo acto de entrega/recepción de dinero es un cobro o un pago según el punto de vista que se adopte.

Proyecto → ↓ Característica	M (proceso manual)	A ₁ (proceso automático, pequeña capacidad)	A ₂ (proceso automático, gran capacidad)
Capacidad de producción (u/año)	120	100	120
Coste fijo anual (um)	50	150	250
Coste variable (por unidad) (um)	9	7	6
Inversión inicial (um)	130	400	450

Año	1	2	3	4	5
	60	90	100	110	120

Precio de venta: 10 um

Fig. 2.1.2.1 Tres proyectos alternativos

Conviene recordar que, como es bien sabido, las amortizaciones *no* son pagos, por lo cual no se han de tener en cuenta *directamente* al evaluar la rentabilidad del proyecto. Efectivamente, la amortización no es otra cosa que la anotación en los libros contables de la supuesta depreciación de un activo en un período. *Supuesta*, no sólo por la dificultad técnica de estimar esta depreciación, sino por el hecho de que está sujeta a determinadas restricciones legales, a causa de la repercusión que el valor de la amortización tiene en el cálculo de los beneficios y, por consiguiente, en el de los impuestos; pero, se corresponda o no la amortización anotada en los libros con la depreciación del activo, lo que aquí

interesa es que el hecho de amortizar no genera inmediatamente ningún pago (una máquina puede estar amortizada desde el punto de vista contable y seguir prestando servicio durante años; lo que ocasionaría un pago sería la renovación de este elemento productivo, la sustitución de la máquina vieja por otra nueva). Ahora bien, por lo mismo que se ha dicho, es claro que la rentabilidad del proyecto no es indiferente a la forma de practicar las amortizaciones, ya que de ella dependen los impuestos que, ellos sí, originan pagos; estos son los que deben tenerse en cuenta en la evaluación.

Se ha de tener presente que los cobros y los pagos que se ha de prever son los asociados al proyecto de inversión, que se superpone a una situación anterior, en relación a la cual puede suponer la disminución de determinadas partidas de costes y, por consiguiente, de determinados pagos. Tales disminuciones en los pagos causadas por la realización del proyecto han de ser tratadas, como es lógico, como si fueran cobros.

Una consideración final en este punto, es la de que los cobros y pagos que se ha de tener en cuenta para tomar la decisión de realizar o no el proyecto o de elegir entre diversos proyectos son los cobros y pagos *futuros* que dependan de la decisión. Los movimientos de fondos que hayan tenido lugar anteriormente o que estén completamente determinados por decisiones anteriores son inevitables (en lo que respecta a los costes se les denomina *costes hundidos*) y, por consiguiente, no pueden tener influencia alguna en la decisión. Esto es claro y, sin embargo, no todo el mundo procede en la práctica de acuerdo con ello; actitudes como las que refleja la frase "hemos ya dedicado muchos recursos a este proyecto y no vamos a abandonarlo ahora" no son insólitas y, desde luego, pueden conducir a decisiones equivocadas.

Horizonte y período

Desde el punto de vista económico, la vida de un proyecto es el tiempo durante el cual producirá cobros y pagos; a este tiempo se le denomina horizonte de la inversión y puede o no coincidir con la vida del proyecto desde el punto de vista técnico. Por supuesto, el horizonte, en general, no se conoce exactamente a priori pero es indispensable una estimación del mismo. Se ha de tener presente que el fin del horizonte de un proyecto no coincide, en general, con el fin de la vida de la empresa, por lo cual hay que considerar con cuidado las condiciones en este instante.

Aunque cobros y pagos en principio pueden tener lugar en cualquier instante, en la práctica el horizonte se considera dividido en períodos de igual duración (tal como un año, un mes, etc.) y normalmente se tratan todos los cobros y pagos de un período como si tuvieran lugar en el instante final del mismo. Evidentemente, es lógico que al definir el período se tenga en cuenta la duración del horizonte, pero no es éste el único factor a considerar; de

hecho el trabajar con períodos y reducir a un sólo instante lo que en realidad ocurre a lo largo de un intervalo introduce errores (por ejemplo, suponiendo que los períodos sean años, si se empieza un año con 5000 unidades monetarias - *um* - en caja y hay un pago de 7000 *um* el 30 de junio y un cobro de 3000 *um* el 30 de noviembre, el cálculo arrojará un saldo de 1000 *um* en caja a final de año y no dará ninguna indicación sobre los problemas de tesorería que se nos presentarían desde el 30 de junio hasta el 30 de noviembre). Conviene tener esto en cuenta para definir períodos suficientemente breves como para que estos errores no tengan importancia, pero sin perder de vista que las dificultades para hacer previsiones aumentan a medida que la magnitud del período disminuye.

Movimiento de fondos

El calendario de cobros y pagos determina el movimiento de fondos, que es la base para evaluar la rentabilidad de cualquier proyecto de inversión. En definitiva, el movimiento de fondos es una lista de valores, uno por período, que son la diferencia (positiva o negativa) entre el total de cobros y el total de pagos correspondientes al período de que se trate.

Para calcularlo hay que hacer una previsión para cada uno de los conceptos que tengan asociados cobros o pagos. Es corriente, y útil, organizar estas informaciones en una tabla como la de la *figura 2.1.2.2*, que se puede hacer con papel y lápiz o, mucho más cómodamente y con posibilidades de utilización mucho más amplias, con una hoja electrónica.

Desde luego, la elaboración de una tabla como ésta tiene una importancia decisiva en la evaluación del proyecto. No se puede perder de vista que toda previsión lleva consigo un riesgo de error y que la calidad de la decisión que finalmente se adopte descansa fundamentalmente en el acierto de dichas previsiones. De todas formas, más adelante se comentará cómo se puede tener en cuenta el riesgo en un estudio de rentabilidad.

No se puede omitir el hecho de que, en lo relativo al movimiento de fondos, hay una notable confusión terminológica. Lo que aquí se denomina movimiento de fondos recibe en ocasiones el nombre de flujos de caja, traducción del término anglosajón *cash-flow*, o incluso, directamente el de *cash-flow*. Esto puede inducir a errores porque en el área de contabilidad o de control de gestión se entiende por *cash-flow* la suma de los beneficios después de impuestos con las amortizaciones, concepto que, por tanto, no coincide con el de movimiento de fondos definido más arriba (de hecho hay un paralelismo entre uno y otro: se puede decir que movimiento de fondos es a *cash-flow* como cobros_pagos es a ingresos_gastos); por ello a veces se utiliza también la expresión "cash-flow operativo" para referirse a lo que aquí se denomina movimiento de fondos, término que se mantendrá

de ahora en adelante por ser el menos susceptible de provocar la confusión entre conceptos.

En la *figura 2.1.2.3* pueden verse el detalle del cálculo del movimiento de fondos para uno de los proyectos de la *figura 2.1.2.1* y en la *figura 2.1.2.4* el valor de los movimientos de fondos para los tres proyectos alternativos incluidos en dicha figura.

Dimensión de un proyecto

Desde el punto de vista económico se suele considerar como dimensión de un proyecto la cantidad máxima de fondos que requiere, es decir el valor más negativo de la curva acumulada de movimiento de fondos.

Conceptos	Horizonte								
	0	1	2	t	T
P ₁									
P ₂									
...									
P _m									
Total pagos (a)									
C ₁									
C ₂									
...									
C _n									
Total cobros (b)									
Movimiento de fondos (b)-(a)	S₀	S₁	S₂	S_t	S_T

Fig. 2.1.2.2 Disposición de los datos para el cálculo del movimiento de fondos de un proyecto

Concepto	Horizonte					
	0	1	2	3	4	5
Inversión	400	---	---	---	---	---
Coste fijo	---	150	150	150	150	150
Coste variable	---	420	630	700	700	700
Total pagos	400	570	780	850	850	850
Total cobros (ventas)	---	600	900	1000	1000	1000
Movimiento de fondos	-400	30	120	150	150	150

Fig. 2.1.2.3 Cálculo del movimiento de fondos. Los valores corresponden al proyecto A₁, cuyas características aparecen en la figura 2.1.2.1

Proyecto	Horizonte					
	0	1	2	3	4	5
M	-130	10	40	50	60	70
A ₁	-400	30	120	150	150	150
A ₂	-450	-10	110	150	190	230

Fig. 2.1.2.4 Movimiento de fondos de los proyectos M, A₁ y A₂

Evaluación y comparación de inversiones: Consideraciones preliminares

La conveniencia de llevar a cabo una inversión se puede estudiar desde distintos puntos de vista o criterios.

Rentabilidad

En principio, lo que interesa, fundamentalmente, es la rentabilidad. El proyecto es rentable

si el valor de los rendimientos que proporciona es superior al de los recursos que utiliza. Este criterio es el que recibirá, en este texto, mayor atención, pero no se puede perder de vista que, en general, no se puede hablar sin más de la rentabilidad de un proyecto, sino de la probabilidad de que tenga una u otra rentabilidad; un proyecto puede tener una probabilidad, incluso muy elevada, de ser muy rentable pero puede haber también una probabilidad de que sus resultados sean muy negativos.

Seguridad

Entre dos proyectos con la misma rentabilidad media es lógico preferir al de resultados más ciertos, es decir, al que ofrece mayor seguridad o, lo que es lo mismo, menor riesgo.

El riesgo, mayor o menor, es inherente a la inversión. Recuérdese que invertir es, básicamente, renunciar a unas satisfacciones ciertas a cambio de unas expectativas, es decir, a cambio de algo no totalmente seguro o inclusive muy incierto. La cuantía y el momento de realizar los pagos se pueden prever muchas veces con poco error; pero en cuanto a los cobros siempre hay alguna indeterminación.

Liquidez

En determinados tipos de inversión, la liquidez es la facilidad con que se puede cambiar por dinero el objeto de la inversión. Al invertir habremos puesto dinero a cambio de un activo y nos interesa la facilidad para andar el camino inverso. Así, una inversión en acciones que se cotizan en bolsa es más líquida que la inversión en un inmueble.

Desde el punto de vista que se acaba de expresar, los proyectos industriales serían casi siempre inversiones de muy escasa liquidez, puesto que una vez realizado el proyecto y efectuados los pagos correspondientes suele ser muy difícil vender los activos si no es a costa de grandes pérdidas. En estos casos, la liquidez se refiere a la capacidad de los activos para generar fondos con los que recuperar los pagos iniciales.

Evaluación de la liquidez de la inversión

Un indicador sencillo, y muy utilizado, de la liquidez de un proyecto es el *período de retorno* o *período de recuperación* (PR), es decir, el tiempo necesario para recobrar el desembolso inicial.

Desde luego, el concepto sólo queda bien definido en el caso de que haya unos primeros

períodos con movimientos de fondos negativos seguidos de otros con movimientos positivos; si los signos negativos y positivos se van alternando a lo largo del horizonte del proyecto, no se puede hablar propiamente de un período de retorno. Pero el primero de estos dos casos es el más frecuente y, por lo tanto, el período de retorno puede calcularse para la mayoría de proyectos de inversión (fig. 2.1.2.5).

Proyecto	Movimiento de fondos acumulado						Dimensión	Período de retorno
	0	1	2	3	4	5		
M	-130	-120	-80	-30	30	100	130	3'50
A ₁	-400	-370	-250	-100	50	200	400	3'67
A ₂	-450	-460	-350	-200	-10	220	460	4'04

Figura 2.1.2.5 Dimensión y período de retorno de los proyectos. El cálculo del movimiento de fondos acumulado permite determinar (interpolando, en el caso del PR) estas características de los proyectos (aquí los mismos que aparecen en la figura 2.1.2.1)

Por supuesto, lo deseable, desde este punto de vista, es que el período de retorno sea lo más breve posible.

Conviene tener claro que el PR es un indicador de liquidez pero no de rentabilidad y que en general no permite tomar decisiones correctas cuando se trata de elegir entre diferentes proyectos: el de menor PR no necesariamente es el más rentable, ya que este indicador no aporta información alguna sobre lo que sucede después de haber recuperado el desembolso inicial (por otra parte, el cálculo del PR tampoco tiene en cuenta los diversos períodos en que tienen lugar los movimientos de fondos durante el PR; de todas formas, una sencilla modificación en el cálculo, que se expondrá más adelante, permite salvar esta dificultad).

Sin embargo, en casos sencillos el PR puede ser suficiente para tomar una decisión: si se trata de decidir entre realizar o no un proyecto y el PR resulta ser muy breve, esto puede bastar para responder afirmativamente. Por ejemplo, si un cambio de métodos supone una modificación del puesto de trabajo con un desembolso de 60000 *um* y un ahorro mensual de 20000 *um*, el período de recuperación es de tres meses y no parece dudosa la conveniencia de llevar a cabo esta modificación (aunque, implícitamente, al tomar esta decisión se está teniendo en cuenta una información adicional, a saber, que después del período de retorno seguirá habiendo un ahorro mensual de 20000 *um*). Henry Ford, por ejemplo, utilizaba este criterio para la adopción de mejoras de métodos en su industria.

Rentabilidad

Como se ha dicho, un proyecto es rentable si el valor de sus rendimientos supera al de los recursos utilizados. Concretamente, si el valor de los movimientos de fondos positivos supera al de los negativos. Pero el valor de unos movimientos de fondos no es simplemente igual a su suma, puesto que tales movimientos tienen lugar en diversos instantes.

La importancia del instante en que se producen los movimientos de fondos es evidente. Considérense, por ejemplo, los dos movimientos de fondos siguientes:

$$I.- S_1 = K, S_2 = -K$$

$$II.- S_1 = -K, S_2 = K$$

En el caso I los fondos K pueden ser colocados y obtener con ellos un rendimiento, lo que permitirá cubrir sobradamente el movimiento de valor -K que tiene lugar en el período siguiente. En cambio, en el caso II, se debería obtener un crédito para cubrir el movimiento -K y el movimiento K del período siguiente no bastaría para devolver el crédito y pagar los intereses.

En general, para evaluar adecuadamente la rentabilidad de un proyecto de inversión es necesario simular la financiación y la colocación de excedentes a lo largo del horizonte del proyecto para determinar los fondos obtenidos al final de dicho horizonte. Entre dos alternativas con el mismo horizonte, será preferible aquella que proporcione más fondos como resultado final; para decidir la conveniencia o no de llevar adelante un proyecto se deberá comparar siempre con la alternativa de no realizarlo, lo que supone la dedicación de los fondos inicialmente disponibles a algún tipo de inversión financiera.

Cuando cabe utilizar diversas modalidades de financiación o de colocación de excedentes, que pueden estar sujetas a limitaciones diversas, el problema de elegir entre dichas modalidades puede ser complejo y, en este caso, se deberá recurrir a procedimientos de programación matemática para determinar la gestión financiera óptima correspondiente al proyecto, a partir del movimiento de fondos y la descripción de las modalidades de financiación y de colocación de fondos y de las condiciones a respetar.

En muchas ocasiones, sin embargo, es suficiente utilizar procedimientos más simples, que se describe algo más adelante.

Como se ha dicho más arriba, el problema fundamental en la determinación de la rentabilidad de un proyecto o en la elección entre diversos proyectos es la comparación de magnitudes monetarias correspondientes a distintos momentos.

La comparación intertemporal de cantidades monetarias

La comparación entre dos magnitudes monetarias correspondientes a un mismo instante no presenta dificultad alguna. Pero si se trata de elegir entre 1000 *um* ahora mismo o 1100 *um* dentro de un año, la decisión no es trivial.

De hecho, al comparar estas cantidades, teniendo en cuenta los momentos a que van asociadas, hay que considerar dos aspectos. Por una parte, el hecho de que las unidades monetarias, al contrario de lo que ocurre con las de longitud, masa o tiempo, por ejemplo, no son constantes; decir que una máquina costó 5000000 de pesetas no da apenas ninguna información si no se dice en qué momento se adquirió la máquina: la peseta, como cualquier otra unidad monetaria, es una unidad cuya magnitud varía a lo largo del tiempo; así pues hay que tener en cuenta esta variación para comparar las dos cantidades del ejemplo: si se estima que a lo largo del próximo año el aumento del nivel de precios será de un 6% ello significa que 1100 *um* percibidas dentro de un año tendrán el mismo poder adquisitivo que $1100/1'06$ (unas 1037'74) unidades monetarias actuales. En segundo lugar, no es lo mismo disponer de una cierta cantidad ahora que en un instante posterior; las entidades financieras prestan dinero a quien lo necesita ahora y ofrece garantías de devolverlo más tarde. Este servicio tiene un coste, que viene a ser el alquiler del dinero; si el banco nos presta 1000 unidades monetarias hoy a devolver al cabo de un año, cobrará por ello, por ejemplo, 180 *um*: nos paga 1000 *um* hoy y nos cobra 1180 *um* al cabo de un año o, en otros términos, nos cobra un 18% de interés anual; si le devolviéramos al banco, al cabo de un año, estrictamente el poder adquisitivo de las 1000 *um* que nos presta hoy, deberíamos pagarle únicamente $1'06 \cdot 1000 = 1060$ *um* (manteniendo el supuesto de un 6% de aumento anual del nivel de precios). En este ejemplo, el banco, si tiene demanda de créditos, prefiere disponer de 1000 *um* hoy que de 1100 *um* dentro de un año, porque las 1000 de hoy puede convertirlas en 1180 al terminar dicho período. Una empresa que tenga necesidad de fondos y los pida prestados al banco al 18% de interés preferirá también las 1000 *um* ahora porque le permiten disminuir o no aumentar su endeudamiento con el banco, lo que le ahorra un pago de 1180 *um* dentro de un año (más que las 1100 *um* de la alternativa considerada).

Han aparecido hasta aquí dos conceptos:

- la *tasa de interés nominal* (el 18% en el ejemplo), o coste del alquiler del dinero referido a unidades monetarias *corrientes*;
- la tasa de variación del nivel de precios (que se suele denominar en el lenguaje corriente tasa de inflación y que es del 6% en el ejemplo).

Y a partir de estos dos se puede definir un tercero:

- el *tipo de interés real* o coste del alquiler del dinero referido a unidades monetarias

constantes; en el ejemplo, las 1180 *um* que se paga dentro de un año son equivalentes (en el sentido de que tienen el mismo poder adquisitivo) a $1180/1'06 = 1113'21$ *um* actuales, por lo cual el tipo de interés real es $1113'21/1000 - 1 = 0'11321$ (un 11'321%).

De todo ello se desprende que *si existe un mercado financiero en el que se puede colocar o tomar prestada cualquier cantidad de dinero a un tipo de interés único*, para comparar dos cantidades correspondientes a instantes t y t' separadas por un período hay que multiplicar la primera por el factor $1 + i$, donde i es la tasa de interés (con lo que se obtiene su valor capitalizado o valor futuro) o bien multiplicar la segunda por $1/(1 + i)$ coeficiente de actualización o de descuento (con lo que se obtiene el valor actualizado de dicha cantidad). Si la diferencia es de n períodos, los correspondientes factores son $(1 + i)^n$ y $1/(1 + i)^n$ (fig. 2.1.2.6). El valor de i es el correspondiente al interés nominal si las cantidades están expresadas en unidades monetarias corrientes y el correspondiente al interés real si las cantidades se expresan en unidades monetarias constantes.

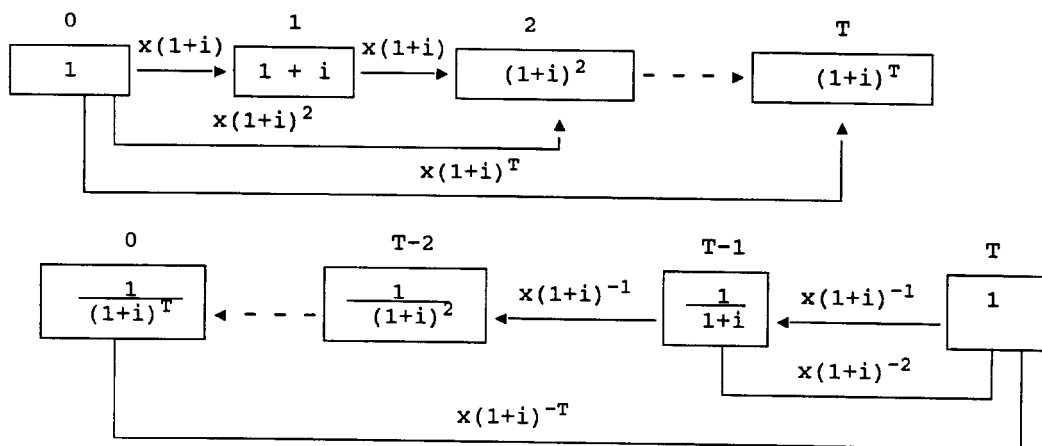


Figura 2.1.2.6 Capitalización y actualización o descuento. Cada rectángulo corresponde a un período (0, 1, 2,..., T-2, T-1, T). Capitalizando los intereses de una unidad monetaria se obtiene un total $(1 + i)^T$ al cabo de T períodos; por consiguiente, el valor actual de una unidad monetaria cobrada al final del período T es $(1 + i)^{-T}$

En el supuesto expresado, dadas dos cantidades monetarias correspondientes a dos instantes distintos basta para compararlas calcular el valor actualizado, al instante correspondiente a la primera, de la más lejana en el tiempo. El mismo razonamiento permite comparar sucesiones de cantidades monetarias correspondientes a diversos instantes, sea cuál sea su número y el momento a que estén asociadas: se calcula el valor actual de cada sucesión y la comparación es inmediata.

Desde luego, los mercados financieros no funcionan realmente como el que se ha supuesto. Por una parte, es evidente que no todos los poseedores de dinero lo prestan al mismo interés; en particular si pedimos dinero prestado a un banco deberemos pagar un interés y si somos nosotros quienes lo prestamos a la entidad financiera ésta nos pagará un interés menor que el anterior. Por otra, el interés que se tiene que pagar por un préstamo depende de diversos factores, entre los cuales se cuenta el plazo de devolución; asimismo podemos obtener rendimientos distintos de nuestro dinero o el de nuestra empresa según de qué forma lo vendamos (o, mejor, alquilemos) en el mercado monetario: basta leer la prensa o ver la publicidad a través de cualquier medio para tener información sobre los diversos tipos de bonos, letras, pagarés, obligaciones, cuentas a plazo, etc. que se caracterizan por un interés, un plazo de devolución y una mayor o menor seguridad.

Más adelante ya se discutirá cómo tratar una situación como la que se acaba de describir. Pero, de momento, se supondrá que hay *un* valor de i tanto cuando se pide un préstamo como cuando se coloca un sobrante de tesorería, sean las que sean sus cuantías, y que, por lo tanto, cualquier movimiento de fondos, positivo o negativo, se puede actualizar con el coeficiente $1/(1+i)^n$ donde n es el número de períodos desde el instante que se toma como referencia. Así, se puede calcular fácilmente, a partir de la previsión de movimiento de fondos, el valor actualizado de un proyecto de inversión.

El valor actual neto (VAN)

El valor actual neto o VAN se calcula como queda dicho (*fig. 2.1.2.7 y 2.1.2.8*) y es el mejor indicador de la rentabilidad de un proyecto en el supuesto de que se verifiquen las hipótesis sobre el mercado del dinero a que se ha hecho referencia.

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o varios proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que la de colocar los fondos en él invertidos al interés del mercado monetario.

La mayor dificultad para obtener el VAN consiste en fijar un valor para i . ¿Qué valor es el apropiado?: ¿el interés que la empresa paga por los préstamos que tiene concedidos, la tasa de retribución del capital, el interés que se puede obtener por la colocación de los excedentes de tesorería?.

La respuesta depende de si el proyecto de inversión es o no marginal en relación al conjunto de actividades de la empresa. Esta, si no se considera el proyecto de inversión que se esté evaluando, tiene contraídos un conjunto de derechos y obligaciones; por sus recursos financieros estará pagando intereses diversos: a medida que habrá ido necesitando recursos habrá ido recurriendo a fuentes de financiación cada vez más caras y, lógicamente, si genera excedentes de fondos tiene que invertirlos en devolver los préstamos correspondientes a estas fuentes más onerosas. Si no se modifica sustancialmente la situación, aunque el mercado monetario no sea perfecto (tipo de interés único y válido tanto cuando se presta como cuando se toma prestado), la relación entre la empresa y el mercado puede tener lugar como si éste fuera realmente perfecto. Si el proyecto que se evalúa es marginal (concretamente, si las necesidades de fondos que genera no obligan a recurrir a fuentes de financiación más caras ni los excedentes que produce permiten amortizar todos los créditos concertados al máximo tipo de interés) se puede calcular el VAN con el interés marginal. Si el mercado de dinero no es perfecto y el proyecto no es marginal, la aplicación del VAN es más problemática.

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Programa en BASIC para el cálculo del VAN:

```

100 INPUT "HORIZONTE ? " , T
110 DIM S(T)
120 INPUT "INTERES (%) ? " , I: I=I/100
130 FOR J=0 TO T
140 PRINT "MOVIMIENTO DE FONDOS EN EL PERIODO " , J
150 INPUT S(J)
160 NEXT J
170 CACT = 1 + I
180 FOR J=0 TO T
190 CACT = CACT / (1 + I)
200 VAN = VAN + S(J) * CACT
210 NEXT J
220 PRINT "VALOR ACTUALIZADO NETO = " , VAN
230 END

```

Fig. 2.1.2.7 Definición y cálculo del Valor Actualizado Neto o VAN. S_t son los movimientos de fondos (según la misma notación de la figura 2.1.2.2), T el horizonte e i el interés (expresado en tanto por uno). El programa solicita los datos, calcula el VAN y lo exhibe en la pantalla.

Cálculo del VAN para $i = 0'1$ (10%):

$$VAN(M) = -130 + \frac{10}{1/1} + \frac{40}{1/1^2} + \frac{50}{1/1^3} + \frac{60}{1/1^4} + \frac{70}{1/1^5} =$$

$$= 34'16$$

$$VAN(A_1) = 34'73$$

$$VAN(A_2) = 17'10$$

Para $i = 0'1$ el mejor proyecto es A_1

Fig. 2.1.2.8 Valor actualizado neto de los proyectos M , A_1 y A_2 para un interés del 10%

De todos modos no siempre es estrictamente necesario atribuir un valor preciso a i . Se puede calcular el VAN para distintos valores de i , de lo cual puede resultar que, entre un conjunto de proyectos, el de mayor VAN siempre sea el mismo o que algunos proyectos tengan asociado un intervalo de valores de i para los cuales el proyecto sea el mejor (fig. 2.1.2.9, 2.1.2.10 y 2.1.2.11). En muchos casos esto permite tomar la decisión a partir de una estimación de i .

Existen indicadores equivalentes al VAN. Se puede utilizar en lugar del valor actual el valor final: el VAN es la cantidad que, percibida en el instante de referencia, es equivalente a todo el movimiento de fondos a lo largo del horizonte del proyecto; el valor final es la cantidad que, percibida al final del horizonte, resulta equivalente al mismo movimiento de fondos y, por tanto también al VAN; se puede calcular a partir del VAN el valor final y viceversa multiplicando (o dividiendo) por el coeficiente $(1+i)^T$ (si T es la duración del horizonte, expresada en número de períodos). Por consiguiente, tanto el VAN como el valor final conducen exactamente a las mismas decisiones.

Otro indicador equivalente es la anualidad, es decir, el valor a tal que, percibido al final de cada período, da un valor actualizado igual al VAN (fig. 2.1.2.12 y 2.1.2.13). El valor de a se calcula multiplicando el VAN por una constante que depende de i y de T , de lo que se deduce que las decisiones adoptadas a partir del VAN son idénticas a las que toman a partir de la anualidad.

Interés i	VAN(M)	VAN(A ₁)	VAN(A ₂)
0'00	100'00	200'00	220'00
0'01	91'90	179'79	194'94
0'02	84'20	160'54	171'12
0'03	76'86	142'17	148'46
0'04	69'87	124'65	126'89
0'05	63'21	107'92	106'35
0'06	56'85	91'95	86'78
0'07	50'78	76'68	68'11
0'08	44'99	62'08	50'31
0'09	39'45	48'11	33'32
0'10	34'16	34'73	17'10
0'11	29'10	21'93	1'60
0'12	24'26	9'66	-13'21
0'13	19'62	-2'10	-27'38
0'14	15'18	-13'39	-40'93
0'15	10'92	-24'21	-53'91
0'16	6'85	-34'60	-66'33
0'17	2'93	-44'58	-78'23
0'18	-0'82	-54'16	-89'64

Fig. 2.1.2.9 Valores del VAN de los proyectos M, A₁ y A₂ para distintos valores del interés

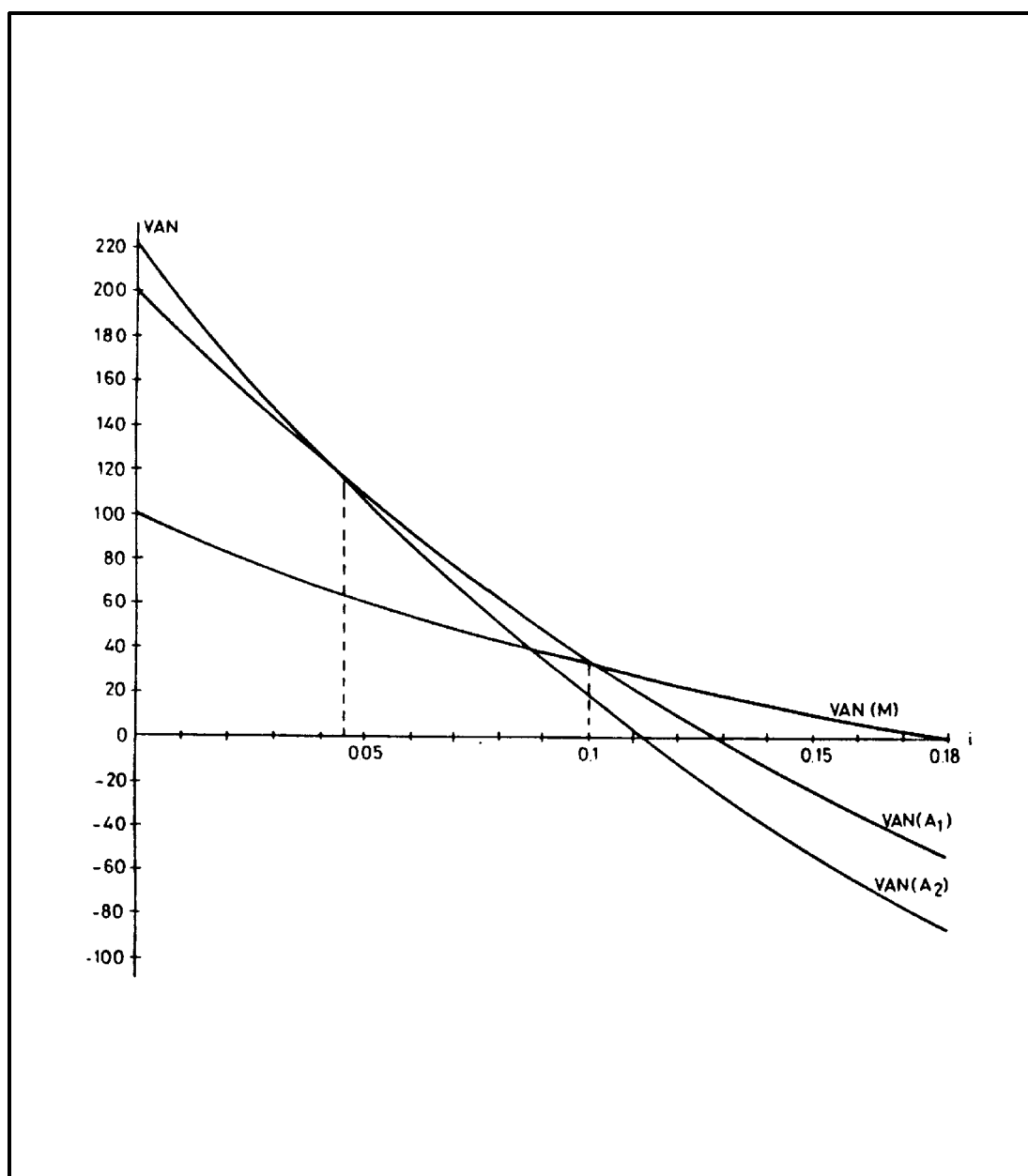


Fig. 2.1.2.10 Representación gráfica del VAN de los proyectos M, A₁ y A₂. Las curvas se han dibujado a partir de las tablas de la figura anterior. El gráfico permite apreciar fácilmente cuál es el mejor proyecto (e incluso el orden de todos ellos) para cada valor del interés así como el intervalo de i para el que un proyecto es óptimo y la Tasa Interna de Rentabilidad (o TIR), es decir, el valor de i para el cual el VAN es igual a 0.

Intervalo de i	0'000 a 0'046	0'046 a 0'101	0'101 a 0'178	> 0'178
Mejor proyecto	A ₂	A ₁	M	NO

Fig. 2.1.2.11 Intervalos de valores de i para los que es óptimo cada proyecto. Estos intervalos se han determinado por medio de la tabla y el gráfico de las figuras anteriores. Aunque no se conozca con toda precisión el valor de i , para determinar el proyecto óptimo (el de VAN más alto) basta saber en que intervalo se sitúa. En este caso si el interés es mayor que el 17'8% los tres proyectos tienen un VAN negativo, lo que significa que es más rentable colocar los fondos al interés del mercado

Cálculo de la anualidad

$$VAN = a \cdot \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+i)^t} = a \cdot \frac{1 - \frac{1}{(1+i)^T}}{i}$$

$$a = VAN \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^T}}$$

Fig. 2.1.2.12 Cálculo de la anualidad

Proyecto	M	A ₁	A ₂
Anualidad ($i=0'1$)	9'01	9'16	4'51

Fig. 2.1.2.13 Valores de la anualidad para los proyectos M, A₁ y A₂, con un interés del 10%

La tasa interna de rentabilidad (TIR)

La TIR se define como el valor de i que anula el VAN.

En un proyecto de inversión típico hay unos primeros períodos con movimientos de fondos negativos seguidos, hasta el fin del horizonte del proyecto, por otros con movimientos positivos cuya suma es mayor que la correspondiente a los movimientos negativos (si no se cumple esta condición ello significa que el proyecto no es rentable, puesto que la suma de todos los cobros es menor que la de los pagos). Por consiguiente, con $i=0$ (coeficiente de actualización igual a 1) el VAN es positivo. En cambio, para valores de i muy altos, al calcular el valor actualizado los movimientos de fondos correspondientes a los períodos más lejanos quedan afectados por un coeficiente muy pequeño por lo cual en la suma pesan más los movimientos de fondos, negativos, más cercanos al momento actual; el resultado es un VAN negativo. Puesto que el VAN es una función continua de i , existe un valor del interés para el cual el VAN se anula. Este valor es la TIR.

Si se adopta este indicador, entre diversos proyectos de inversión se elegiría el que tuviera una TIR más alta y, si se tratara de decidir si se realiza o no un proyecto la regla consistiría en comparar la TIR con el interés del mercado: si $TIR > i$ conviene llevar a cabo la inversión; en caso contrario, no.

Algunos textos aducen, a favor de la TIR, que su cálculo no exige la estimación de i , la cual constituye la dificultad principal para el cálculo del VAN. Ello es cierto pero no exime de conocer i para decidir si un proyecto es rentable o no; si se toma como indicador de rentabilidad la TIR se puede elegir el proyecto más rentable sin necesidad de conocer el valor de i , pero no se puede saber si es conveniente o no realizar este proyecto más rentable sin conocer i . Luego esta supuesta ventaja de la TIR es más aparente que real.

Además, este indicador de rentabilidad presenta diversos inconvenientes.

Entre ellos, el que primero se pone de manifiesto (aunque es, sin duda, el menos importante) es que el cálculo de la TIR es más laborioso que el del VAN. Pero esta dificultad es insignificante si se dispone de modernos instrumentos de cálculo, incluso los más modestos.

Por otra parte, el orden que resulta, según la TIR, para los proyectos de un determinado conjunto puede no coincidir con el orden determinado por los respectivos VAN (*fig. 2.1.2.14 y 2.1.2.15*). Desde luego, la conclusión a que conducen ambos indicadores es la misma cuando se trata de comparar un determinado proyecto de inversión con la alternativa que proporciona rendimientos iguales al tipo de interés i ; en este caso si el VAN es positivo, la TIR será mayor que i . Pero que la TIR de P sea mayor que la de Q no implica que el VAN de Q sea mayor que el de P para todo valor de i .

	M	A ₁	A ₂
TIR (%)	17'8	12'8	11'1

Fig. 2.1.2.14 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) de los proyectos M, A₁ y A₂. Los valores se han determinado por interpolación a partir de la tabla de la figura 2.1.2.9; también se pueden determinar, aproximadamente, a partir del gráfico de la figura 2.1.2.10

Criterio	Orden de los Proyectos		
	M	A ₁	A ₂
TIR	M	A ₁	A ₂
VAN (i = 0)	A ₂	A ₁	M
VAN (i = 0'07)	A ₁	A ₂	M
VAN (i = 0'09)	A ₁	M	A ₂
VAN (i = 0'11)	M	A ₁	A ₂

Fig. 2.1.2.15 La TIR en general no ordena los proyectos de la misma forma que el VAN y, por consiguiente, no conduce a las mismas decisiones

La TIR es un indicador de la rentabilidad relativa del proyecto, pero no de su rentabilidad absoluta. Por lo cual, cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no se tiene en cuenta la posible diferencia entre las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una TIR baja puede tener un VAN superior al correspondiente a una pequeña inversión con una TIR elevada.

Finalmente puede darse el caso (cuando a lo largo del horizonte del proyecto alternan los signos negativos y positivos de los movimientos de fondos), de que haya más de un valor de i que haga el VAN = 0, con lo que se pone en cuestión la misma existencia de la TIR.

En conclusión, la TIR no puede considerarse como una alternativa al VAN, aunque es interesante calcular su valor como una información complementaria.

Desde otro punto de vista, cabe añadir a las ventajas del VAN su mayor facilidad de tratamiento matemático, por el hecho de que el VAN del conjunto de dos proyectos

independientes (es decir, tales que los movimientos de fondos de cada uno no dependen de la realización o no del otro) es la suma de los VAN de cada uno; ello no sucede, desde luego, con la TIR: la TIR del conjunto de dos proyectos independientes es un valor intermedio entre las TIR de cada uno y no se puede calcular a partir de ellas. Claro está que esto no sería motivo para inclinarse por uno u otro indicador; lo decisivo es, por supuesto, que el indicador sea correcto, que conduzca a las decisiones adecuadas. Pero el que reúne estas propiedades es el VAN y es afortunado, que, por añadidura, su tratamiento matemático sea cómodo.

Otros indicadores de la rentabilidad de proyectos industriales

Como ya se ha apuntado más arriba, a veces se utiliza el PR (período de retorno) como indicador de rentabilidad; pero, en el mismo lugar, se ha criticado este enfoque, por ignorar los rendimientos posteriores al PR y por no tener en cuenta los instantes en que tienen lugar los cobros y los pagos. Esto último puede subsanarse si en lugar del PR se calcula un período de retorno modificado; concretamente, el número de períodos necesarios para que el valor actualizado de los movimientos de fondos positivos iguale el valor actualizado de los movimientos negativos.

También han sido muy utilizados indicadores basados en los beneficios, concretamente la tasa de beneficios o proporción que representan los beneficios en relación al capital invertido. Desde luego, hay que precisar si se habla de beneficios antes o después de impuestos y qué tasa de beneficios se calcula, puesto que es variable de un período al otro; también hay que precisar en relación a qué capital se calcula la tasa, puesto que en general no es constante a lo largo de todo el horizonte del proyecto. Sea como sea, lo que resulta es un indicador conceptualmente poco claro. Además, y sobre todo, el inconveniente de cualquier evaluación basada en los beneficios es que para calcularlos es necesario fijar el importe de las amortizaciones, lo cual introduce en el método un convencionalismo de tipo contable que, como ya se ha señalado, puede tener escasa relación con el fenómeno económico que se trata de estudiar.

Conclusiones sobre la rentabilidad de los proyectos

De lo dicho se desprende que, en las hipótesis expresadas, el indicador más adecuado de la rentabilidad de un proyecto es el VAN y que resulta interesante calcular la TIR, a título de información complementaria. La utilización de otros presuntos indicadores de rentabilidad, tales como el período de retorno o los basados en la tasa de beneficio no tiene en general justificación y puede conducir a decisiones equivocadas.

El riesgo

Como se ha señalado, el riesgo y la inversión son dos conceptos íntimamente relacionados. Las previsiones parten de supuestos que pueden o no cumplirse y, evidentemente, la posibilidad de cometer errores crece a medida que los instantes a que se refieren las previsiones se adentran en el futuro.

Ello tiene dos implicaciones, a saber:

- Hay que considerar hipótesis alternativas en el entorno del proyecto y, por consiguiente en las previsiones.
- Los valores de las previsiones correspondientes a momentos más alejados en el tiempo son menos fiables que las asociadas a instantes más próximos.

En relación a esta segunda implicación se puede creer que esto no tiene mucha importancia ya que las previsiones correspondientes a instantes alejados en el futuro resultan afectadas, al calcular el VAN, por coeficientes de actualización pequeños, por lo cual su peso en la evaluación es escaso y tanto menor cuanto más lejano sea el instante a que se refieren. Incluso a veces se ha calculado el VAN con un valor de i algo superior a la tasa de interés del mercado para amortiguar aún más la influencia de las previsiones de los movimientos de fondos futuros en el cálculo del VAN; esta práctica, no obstante, resulta realmente poco aceptable porque mediante un artificio de cálculo confunde dos cuestiones que no tienen relación como son el tipo de interés y la dificultad de hacer previsiones: de ello resulta que el valor calculado, que es *formalmente* un VAN, no tiene realmente significado preciso alguno.

La consideración de hipótesis alternativas obliga a calcular el movimiento de fondos para cada hipótesis y conduce a problemas de decisión que no resulta posible abordar ahora con todo su alcance. Cabe considerar varios casos, que aquí pueden reducirse a dos:

- Se dispone sólo de una lista de hipótesis, cada una de las cuales tiene asociada unas previsiones.
- Se conoce o se estima, además, una probabilidad para cada hipótesis.

Tales hipótesis corresponden a lo que en teoría de la decisión se denomina *estados de la naturaleza* o configuraciones que puede adoptar el entorno en que se desarrolla el proyecto, en el supuesto que el comportamiento de dicho entorno es indiferente a las opciones elegidas por el decisor (si el entorno coopera con el decisor o le es hostil, las cosas se complican y para analizar formalmente el problema se debe recurrir a la teoría de juegos de estrategia).

En los dos casos mencionados, hay que calcular la rentabilidad en cada uno de los posibles estados de la naturaleza y tener en cuenta el carácter más o menos marginal del proyecto en relación al conjunto de actividades de la empresa. Si un proyecto tiene una rentabilidad fuertemente negativa para alguno de los estados de la naturaleza verosímiles será razonable o temerario aceptar este riesgo según que la importancia relativa del proyecto sea pequeña o grande; en este último caso el proyecto puede poner en peligro incluso la continuidad de la propia empresa.

La información sobre las probabilidades de los estados de la naturaleza es indudablemente muy interesante y siempre ayuda a tomar una decisión, pero no siempre se puede aprovechar esta información a través de un procedimiento formalizado. La idea, bastante extendida, de que si se conoce la probabilidad de cada estado de la naturaleza lo que se tiene que hacer es calcular la esperanza matemática del rendimiento (suma de productos de cada rendimiento por su probabilidad) a veces es correcta pero no siempre; desde luego, se puede calcular este valor y será interesante conocerlo, mas no siempre basta para tomar la decisión correcta, puesto que la esperanza matemática es un resumen de la información disponible pero, como todo resumen, deja de lado aspectos importantes o incluso muy importantes (en este caso, concretamente, la dispersión en los distintos valores posibles para los rendimientos). Así, no son equivalentes un proyecto P (que dé un VAN de 1000 *um* con probabilidad 0'5 y un VAN de 2000 *um* con igual probabilidad) y un proyecto Q (que dé un VAN de 3000 *um* con probabilidad 0'8 y un VAN de -4500 con probabilidad 0'2); en ambos proyectos la esperanza matemática del VAN es 1500 [$0'5 \cdot 1000 + 0'5 \cdot 2000 = 0'8 \cdot 3000 + 0'2 \cdot (-4500) = 1500$] pero el segundo implica un riesgo mucho mayor. Se podrá tomar correctamente la decisión a partir de la esperanza matemática cuando la importancia relativa de cada proyecto no sea muy grande y cuando la decisión de realizar o no un proyecto sea repetitiva; si no, una forma sencilla y razonable de elegir entre diversos proyectos es eliminar aquellos que tengan asociada una probabilidad igual o superior a una prefijada de que su VAN no alcance un valor determinado y seleccionar entre los restantes el de mayor esperanza matemática; de esta forma se tiene en cuenta el riesgo y la rentabilidad: se selecciona el proyecto de mayor rentabilidad esperada entre aquellos que ofrecen una seguridad que se considera suficiente.

Realmente, en muchos casos no se conocerá la probabilidad de cada estado de la naturaleza y será muy aventurado estimarla, por lo cual habrá que conformarse con elaborar previsiones para una determinada "horquilla" o "abanico" de estados de la naturaleza al que corresponderá un "abanico" de rentabilidades (medidas a través de los respectivos VAN) a partir del cual será obligado tomar la decisión. Las cosas se complican cuando, además, hay que tener en cuenta las reacciones del entorno ante nuestras acciones; tales reacciones pueden ser hostiles o de cooperación y su tratamiento, a través de la teoría de juegos, no cabe examinarlo en este texto.

Las figuras 2.1.2.16 y 2.1.2.17 ilustran los comentarios anteriores.

Hipótesis	Año				
	1	2	3	4	5
H _o optimista (+ 20%)	72	108	120	132	144
H _n normal	60	90	100	110	120
H _p pesimista (-20%)	48	72	80	88	96

Fig. 2.1.2.16 Tres hipótesis para la demanda del producto

Hipótesis	0	1	2	3	4	5	VAN
H _o	-400	66	150	150	150	150	92'25
H _n	-400	30	120	150	150	150	34'73
H _p	-400	-6	66	90	114	138	-119'74

Si las probabilidades atribuidas a H_o, H_n, H_p son, respectivamente:

0'3 , 0'5 , 0'2

la esperanza matemática del VAN es:

$$(0'3 \times 92'25) + (0'5 \times 34'73) + (0'2 \times (-119'74)) = 21'09$$

Fig. 2.1.2.17 Movimiento de fondos y VAN del proyecto A₁ para las tres hipótesis de demanda. La rentabilidad de A₁ es muy sensible al nivel de la demanda; aunque una demanda baja se considere poco probable y la esperanza matemática del VAN se mantenga positiva existe la posibilidad de obtener resultados fuertemente negativos

Consideraciones adicionales sobre la evaluación de la rentabilidad

El horizonte de los proyectos que se compara debe ser el mismo. Si no, la comparación no es correcta.

Supóngase que se trata de elegir un modelo de máquina para un sistema productivo que tiene que funcionar indefinidamente y que la elección se plantea entre dos modelos (P y Q) de duraciones respectivas 2 y 3 años (y supóngase además, para simplificar, que no hay evolución tecnológica). En este caso *no* se debe calcular el VAN de A con un horizonte de 2 años y el de B con uno de 3 *sino* calcular ambos VAN para un mismo horizonte, tal como 6 años (que, por ser múltiplo de 2 y de 3 facilita los cálculos pues al final del horizonte tanto la máquina A como la B han llegado al final de su vida útil).

Si, para poner otro ejemplo, las alternativas consideradas son unos bonos P que se amortizan al cabo de 7 años y otros Q que vencen a los 10, para compararlas el horizonte común tendrá que ser de 10 años y se deberá hacer una hipótesis sobre la utilización de los fondos disponibles, en el caso de adquirir los bonos P, al final del 7º año.

Financiación

Como se ha dicho más arriba, el cálculo del VAN supone que el mercado de dinero es perfecto (interés único para prestar o tomar prestado y sin limitación alguna en la cantidad colocada o prestada). En la realidad las limitaciones en el crédito son muchas veces las más importantes, y hay distintas fuentes de recursos financieros cada una de las cuales tiene sus propios costes, plazos y restricciones. Algo parecido sucede con las modalidades de colocación de fondos. Tal como se ha indicado, si la hipótesis de mercado financiero perfecto resulta excesivamente simplista, se deberá recurrir a la simulación o a la programación matemática. En la práctica, pues, conseguir financiación no es un problema trivial y tampoco lo es la elección entre los distintos orígenes de recursos financieros. No cabe aquí examinar las técnicas para establecer un plan de financiación óptimo (que hacen uso básicamente de la programación lineal) pero si se supone que en cada momento se sabe elegir la fuente o fuentes de financiación más adecuadas, los préstamos se tienen que incorporar al estudio del movimiento de fondos como un cobro y los intereses y la amortización del principal como pagos. Una discusión análoga se podría realizar en cuanto a la colocación de los excedentes de tesorería para la cual hay normalmente alternativas diversas; elegida una de ellas, la colocación de los fondos es un pago y su recuperación, así como los intereses, son cobros.

Variaciones en el nivel de precios

Si los precios de todos los recursos y productos varían homogéneamente dará lo mismo

hacer las previsiones en unidades monetarias constantes considerando que los precios no varían y actualizar con el interés real que hacerlas en unidades monetarias corrientes considerando la misma variación de precios para todos los conceptos y actualizar con el interés nominal, ya que se puede pasar de una unidad a la otra a multiplicando por un coeficiente a través del cual se puede deducir del interés real el nominal o viceversa. Pero se puede dar el caso de que la variación de precios de los recursos y productos no sea la misma o incluso sea muy distinta; entonces conviene hacer una previsión en unidades monetarias corrientes para cada concepto por separado y actualizar con la tasa de interés nominal o con la real, en este caso después de haber pasado los movimientos de fondos en *um* corrientes a *um* constantes.

Estas precisiones, por supuesto, son especialmente importantes cuando las variaciones de precios son grandes y heterogéneas. En la actualidad los países industrializados parecen haber controlado la inflación, que en algunos casos había llegado a ser muy alta, pero muchos países sufren inflaciones anuales de dos y hasta de tres dígitos. Por lo que respecta a la heterogeneidad en la variación de precios es muy acusada en la actual etapa de desarrollo tecnológico puesto que frente a una mayoría de productos y recursos cuyos precios aumentan a un ritmo más o menos fuerte hay otros con precios estables o incluso marcadamente descendentes (piénsese en la evolución que han seguido los ordenadores y otros productos basados en la electrónica).

También es importante tener en cuenta estas consideraciones sobre la variación en el nivel de precios cuando se considera de una forma explícita la financiación, puesto que el importe de los pagos asociados a un préstamo se establece siempre en *um* nominales y no se ve alterado por las variaciones en el nivel de precios (salvo a través de las posibles revisiones del tipo de interés aplicable); por ello, en este caso es obligado expresar los otros ingresos y pagos asimismo en unidades monetarias corrientes ya que de otro modo (en el supuesto de crecimiento de los precios) los pagos asociados al préstamo resultarían sobrevalorados.

Desde luego, todo esto implica previsiones sobre las variaciones de los precios y añade dificultades a la evaluación de la rentabilidad de los proyectos.

Dividendos, impuestos y subvenciones

La consideración de estos aspectos no ofrece dificultad conceptual alguna; los dividendos y los impuestos se traducen en pagos y las subvenciones en ingresos como otros cualesquiera. Como en los otros conceptos, se tiene que distinguir entre el momento en que se contrae la obligación de pagar (o el derecho de cobrar) y aquél en que se realiza el pago (o el cobro). Pero esto ya ha sido discutido anteriormente.

En cuanto a los dividendos hay que precisar que son un pago para la empresa y un cobro para los accionistas y que su consideración bajo uno u otro aspecto depende del punto de vista adoptado.

Repercusiones no monetarias del proyecto

A veces se argumenta que los métodos discutidos hasta aquí resultan algo timoratos, es decir, que si se siguiera al pie de la letra las recomendaciones que resultan de su aplicación no se llevarían a cabo muchos proyectos innovadores, precisamente los que pueden tener mayor importancia estratégica para la empresa. Ciertamente se puede decir que si ello es así será debido a una mala aplicación de los métodos, a una consideración insuficiente de las repercusiones de un proyecto.

Por ejemplo, se puede estudiar el proyecto de adquisición de un robot y las consiguientes modificaciones en el sistema productivo y tal vez se llegue a la conclusión de que no es rentable si no se tiene en cuenta el impacto a largo plazo que tendrá la introducción de este robot en la empresa, por la incorporación de nueva tecnología, adquisición de conocimientos y experiencia a través del aprendizaje inherente a la puesta a punto y, en definitiva, de ventaja competitiva en relación a otras empresas del mismo sector.

Por supuesto, si no se tiene en cuenta estas repercusiones, que pueden ser las más importantes del proyecto, se puede afirmar sin lugar a dudas que el estudio es defectuoso. Pero la cuestión es si es realmente posible reflejar a través de una previsión de cobros y pagos mínimamente fiable estos aspectos del proyecto de inversión. La respuesta no puede ser afirmativa en todos los casos, lo cual significa que el VAN o indicador equivalente sólo da una información parcial sobre la rentabilidad del proyecto, que se debe completar con consideraciones en buena parte de carácter cualitativo. En definitiva, el hecho de que no seamos capaces de prever cuantitativamente los efectos de una acción no debe implicar que los ignoremos completamente. En la comparación entre los proyectos M, A_1 y A_2 , que aparecen repetidamente en las figuras de este capítulo, el de mayor VAN, para un interés del 10%, es A_1 ; pero a este proyecto le corresponde una capacidad de producción insuficiente para atender la demanda en los dos últimos períodos del horizonte, lo cual tiene implicaciones (desabastecimiento del producto, campo libre a las empresas de la competencia) que no tienen reflejo alguno en el VAN que se ha calculado; sin duda, estas consideraciones deberían pesar en la decisión.

En conclusión, para tomar decisiones correctas se tiene que tener en cuenta el VAN asociado a las repercusiones cuantificables monetariamente del proyecto de inversión y la lista de sus repercusiones no cuantificables.

2.2 Bibliografía

- [1] BUENO, E; CRUZ, I; DURÁN, J.J. *Economía de la empresa. Análisis de las decisiones empresariales*. Pirámide, 1987.
- [2] COMPANYS, R; COROMINAS, A. *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales*. Marcombo, 1988.
- [3] HAWKINS, C.J; PEARCE, D.W. *Evaluación de las inversiones*. Vicens-Vives, 1974.
- [4] PEREIRA, F; BALLARÍN, E; ROSANAS, J.M^a; VÁZQUEZ-DOREDO J-C. *Contabilidad para dirección*. Orbis, 1984.
- [5] PÉREZ-CARBALLO, A; MONGE, F. *La decisión de invertir*. Manuales IMPI, nº 9. Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Industrial, 1985.
- [6] PÉREZ-CARBALLO, A; PÉREZ CARBALLO, J.F; VELA, E. *Gestión financiera de la empresa*. Alianza Editorial, 1986.
- [7] RIGGS, J.L. *Modelos de decisión económica para ingenieros y gerentes de empresa*. Alianza Editorial, 1973.

Comentarios

[1], [6] y [7] son obras relativamente extensas y generales que incluyen tratamientos sobre costes y evaluación de inversiones. [3] y [5] son textos breves y específicos sobre las decisiones de inversión. [4] incluye una exposición muy pertinente sobre los costes. [2] comprende un capítulo sobre la evaluación de inversiones.

2.3 Problemas resueltos

2.3.1 Una pequeña empresa ha decidido adquirir un microordenador de gestión cuyo precio es de 400.000 P. Dispone de un excedente de tesorería de 1.250.000 P y considera las dos posibilidades siguientes:

- Comprar el micro y adquirir, con el dinero sobrante, bonos de un banco industrial que vencen al cabo de 3 años. El interés es del 14%, se abona por años vencidos y es objeto de una retención fiscal del 18%.
- Depositar el dinero en una entidad financiera en el marco de la campaña "Regalos para todos". Así, obtiene inmediatamente el microordenador y al cabo de 3 años recupera el dinero que, mientras tanto, proporciona un interés del 1% anual, con retención del 18%.

En los dos casos los intereses se pueden invertir al 5% anual (con retención del 18%).

¿Qué es aconsejable hacer?

En la opción *a* los flujos monetarios al final de cada uno de los tres años son, respectivamente (salvo los intereses del 5%):

$$850.000 \times 0'14 \times 0'82 = 97.580$$

$$850.000 \times 0'14 \times 0'82 = 97.580$$

$$850.000 \times 0'14 \times 0'82 + 850.000 = 947.580$$

En la opción *b*:

$$1.250.000 \times 0'01 \times 0'82 = 10.250$$

$$1.250.000 \times 0'01 \times 0'82 = 10.250$$

$$1.250.000 \times 0'01 \times 0'82 + 1.250.000 = 1.260.250$$

Por lo tanto, los valores actualizados netos (VAN), con una tasa de interés $i = 0'05 \times 0'88 = 0'044$, son:

$$VAN_a = \frac{97580}{1'044} + \frac{97580}{1'044^2} + \frac{947580}{1'044^3} - 1250000 = 1015745 - 1250000 = -234255$$

$$VAN_b = \frac{10250}{1'044} + \frac{10250}{1'044^2} + \frac{1260250}{1'044^3} - 1250000 = 1126751 - 1250000 = -123249$$

Ambos VAN son negativos, lo cual no tiene nada de sorprendente, puesto que no se ha tenido en cuenta los beneficios aportados por la adquisición del microordenador. Entre a y b es aconsejable b , cuyo VAN es superior.

Obsérvese que, si no hubiera retención, los valores de los VAN serían:

$$VAN_a = - 191672$$

$$VAN_b = - 136163$$

es decir, que la diferencia a favor de la opción b quedaría bastante atenuada. Una causa de que la opción b resulte tan favorable es que la retribución a la inversión financiera es, fundamentalmente, en especie, lo que ahorra al inversor la retención.

También se hubiera podido comparar las dos opciones por medio de las cantidades de dinero disponibles al final del horizonte de tres años común a una y otra opción. Dichas cantidades son:

Opción a :

$$(97580 \times 1'044^2) + (97580 \times 1'044) + 947580 = 1155809$$

Opción b :

$$(10250 \times 1'044^2) + (10250 \times 1'044) + 1260250 = 1282123$$

Cuya comparación, por supuesto, conduce a la misma conclusión que antes.

En este caso la diferencia entre ambas opciones es clara y la decisión no ofrece dudas. Realmente, no obstante, el problema es más complejo a causa de la incidencia de los impuestos, que aquí sólo se ha tenido en cuenta a través de la retención.

2.3.2 La editorial PUBRESA (Publicadora de Revistas, S.A) prepara una campaña de suscripciones al semanario SE LO RUEGO, que consistirá en el envío de un sobre, con un folleto ad hoc, al domicilio de los clientes potenciales.

El estudio de marketing y el diseño y confección de los fotolitos para la impresión del sobre y el folleto tienen un coste total de 2.000.000 P_t. Cada unidad enviada tiene un coste de 100 P_t (que incluyen la impresión del folleto, manipulación del material, sello, etc.). El precio de una suscripción anual es de 5.000 P_t y el coste para PUBRESA de los ejemplares correspondientes y el envío es de 2.000 P_t/año.

El estudio de marketing indica que si se ofrece la subscripción al precio normal la adquirirán un 2% de las personas que reciban la propaganda y que si se hace un descuento del 40% (solamente para el primer año) y se regala a los nuevos subscriptores una calculadora de bolsillo que funciona con energía solar, la adquirirán un 3% (el coste de la calculadora para PUBRESA es de 400 Pt).

Por otro lado, la experiencia de campañas anteriores indica que la duración de las subscripciones obtenidas se distribuye así:

1 año	30%
2 años	20%
3 años	15%
4 años	10%
indefinida	25%

El interés es del 7%.

- a) ¿Cuál es el número mínimo de clientes potenciales a los que hay que enviar la publicidad en cada una de las dos ofertas consideradas?
- b) Si se envía a 10.000 personas, ¿cuáles son el valor actualizado neto, la tasa de rentabilidad interna y el período de retorno de la campaña?

Si se designa por n el número de clientes potenciales a los que se remite la publicidad, los valores actualizados netos para cada una de las dos ofertas consideradas se pueden calcular mediante las expresiones siguientes:

$$VAN_1 = -2000000 - 100 \cdot n + 0'02 \cdot n \cdot \left(3000 + \frac{0'7 \cdot 3000}{1+i} + \frac{0'5 \cdot 3000}{(1+i)^2} + \frac{0'35 \cdot 3000}{(1+i)^3} + \right. \\ \left. + 0'25 \cdot 3000 \cdot \sum_{t=4}^{\infty} \frac{1}{(1+i)^t} \right) = -2000000 - 100 \cdot n + 0'02 \cdot n \cdot \left(3000 + \frac{0'7 \cdot 3000}{1+i} + \frac{0'5 \cdot 3000}{(1+i)^2} + \right. \\ \left. + \frac{0'35 \cdot 3000}{(1+i)^3} + 0'25 \cdot 3000 \cdot \frac{1}{i \cdot (1+i)^3} \right) = -2000000 + 217'5 \cdot n$$

$$VAN_2 = -20000000 - 100 \cdot n + 0'03 \cdot n \cdot \left[(5000 \cdot 0'6 - 2400) + \frac{0'7 \cdot 3000}{1+i} + \frac{0'5 \cdot 3000}{(1+i)^2} + \frac{0'35 \cdot 3000}{(1+i)^3} + \right. \\ \left. + \frac{0'25 \cdot 3000}{i \cdot (1+i)^3} \right] = -2000000 + 304'3 \cdot n$$

$$VAN_1 > 0 \quad \text{para } n \geq 9196$$

$$VAN_2 > 0 \quad \text{para } n \geq 6573$$

y $\forall n > 0 \quad VAN_1 > VAN_2$, por lo que para PUBRESA es preferible la segunda oferta en cualquier caso. Por consiguiente, las respuestas al apartado *b* se refieren a dicha segunda oferta:

Para $n = 10000$, $VAN_2 = 1043000 \text{ Pt}$

Para $i = 0'10$ el VAN es positivo (51750 Pt) y para $i = 0'11$, negativo (-161258). Por interpolación se obtiene la TIR:

$$TIR \approx 10'25\%$$

El desembolso inicial es de 3.000.000 Pt y las recaudaciones en los instantes 0, 2, 3, ...:

t	cobros	cobros acumulados
0	180000	180000
1	630000	810000
2	450000	1260000
3	315000	1575000
≥ 4	225000	$1575000 + (t - 3) \cdot 225000$

$$1575000 + (t - 3) \cdot 225000 \geq 3000000$$

$$(t - 3) \geq \frac{1425000}{225000} = 6'33$$

Por consiguiente, el período de retorno es de 10 años y, ciertamente, puede considerarse demasiado largo.

2.4. Enunciados

2.4.1 En una empresa se ha decidido instalar secamanos eléctricos por aire caliente. Se calcula que, en conjunto, deben hacer 10000 ciclos al día, que funcionarán unos 250 días al año y que durarán 5 años.

Se duda entre aparatos del tipo A (ciclo de 40 segundos, potencia de 1'5 kw, precio de 5000 Pt/unidad), de los que se necesitarían 100, o aparatos del tipo B (25 segundos, 2 kw, 6500 Pt), de los que serían necesarias 80 unidades.

El precio de un kwh es de 16'5 Pt.

¿Qué tipo de aparato es más conveniente? ¿Sería distinta la respuesta según que los secamanos estuviesen destinados al personal de la empresa o a sus clientes?

$$i = 10\%$$

2.4.2 La empresa Tratamientos Industriales de Grabados y Reproducciones Seriadadas, S.A. (TIGRESSA), comercializa el TIGRE-PACK, un carrete de película para 36 negativos con el revelado y las ampliaciones incluidas en el precio.

El coste del carrete para TIGRESSA es de 300 Pt; el del revelado, 50 Pt y el de cada ampliación, 10 Pt.

Los clientes llevan a revelar el carrete al cabo de 1, 2, 3 ó 4 meses en proporciones respectivas del 25, 20, 30 y 10% (por diversas causas, un 15% de los clientes no lo llevan nunca). El número de ampliaciones está comprendido entre 0 y 37 según una distribución de probabilidad uniforme.

Con una tasa de interés del 1% mensual, ¿a qué precio se debe vender el TIGRE-PACK para no tener pérdidas ni beneficios?

2.4.3 La empresa CYBSA (Cocinas y i Baños S.A.), recientemente fundada, va a iniciar sus actividades con la fabricación de armarios para cocinas; con este fin está analizando tres métodos diferentes que suponen distintos grados de automatización del sistema productivo.

Los datos elaborados para analizar las tres alternativas son los siguientes:

	METODO DE FABRICACION		
	MANUAL	SEMIAUTOM.	AUTOMATICO
COSTE FIJO ANUAL	2.250.000	5.250.000	12.000.000
COMPONENTES COSTES VARIABLES:			
Materiales	52.500	52.500	52.500
M. o. directa	52.500	40.500	19.500
Embalaje y tr.	18.000	16.500	15.000
COSTE VARIABLE POR UNIDAD	123.000	109.500	87.000

¿Cuál es el número mínimo de cocinas que, a un precio de 165.000 P_t deberían fabricarse y venderse, en cada caso, para obtener beneficios?

Los estudios de mercado indican que, a dicho precio de venta, las ventas anuales ascenderán a 200 cocinas completas. ¿Cuál es el método de fabricación más interesante?

Suponiendo que dicho método de fabricación requiera de una inversión, en instalaciones y maquinaria, de 25 millones de pesetas, ¿es rentable dicha inversión suponiendo un horizonte de diez años?

Una rebaja del 10% en el precio de venta anterior puede lograr un incremento del 75% en el número de unidades vendidas. ¿Cuál sería en este caso el método de fabricación a escoger?, ¿qué precio de venta fijaría la empresa?

Suponiendo que el método de fabricación escogido suponga una inversión inicial I , que los costes fijos presenten una tasa de crecimiento interanual f , los materiales una tasa m , la mano de obra directa una tasa o , los gastos de embalaje y envío una tasa e y que el precio de venta se incrementara anualmente en una tasa igual a la mayor de todas las anteriores, plantéese el cálculo del beneficio actual neto así como de la tasa interna de rentabilidad para un horizonte de diez años y una tasa anual de coste del dinero d .

Enunciado 2.4.4

Una empresa decide lanzar un nuevo producto, cuyas ventas se iniciarán en enero de 1990. La vida del producto se estima en 6 años, hasta el año 1995 inclusive, de acuerdo con la siguiente previsión de mercado:

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Ventas máximas (unidades)	1300	2400	2800	2800	2000	1500

El precio unitario de este producto es de 5000 P_t/unidad.

Para acometer la inversión se plantean dos alternativas:

Alternativa 1

- Coste de la inversión: 4.500.000,- pesetas
- Forma de pago: 1.500.000,- P_t al 31/12/89
1.500.000,- P_t al 31/12/90
1.500.000,- P_t al 31/12/91
- Capacidad máxima de producción: 2600 unidades/año
- Costes fijos asociados a las instalaciones: 2.000.000,- P_t/año
- Coste variable unitario: 3000 P_t/unidad

Alternativa 2

- Coste de la inversión: 3.000.000,- pesetas
- Forma de pago: 1.000.000,- P_t al 31/12/89
1.000.000,- P_t al 31/12/90
1.000.000,- P_t al 31/12/91
- Capacidad máxima de producción: 2000 unidades/año
- Costes fijos asociados a las instalaciones: 1.500.000,- P_t/año
- Coste variable unitario: 3000 P_t/unidad

Calcular la alternativa más rentable tomando como criterio, a elección, el del valor actualizado neto, o el de tasa interna de rentabilidad (TIR).

Suponer por aproximación, en ambos casos, que el cash-flow se obtiene al final del año.

Asimismo, en el caso de elegir como criterio el beneficio actualizado máximo, tomar una tasa de interés $i = 25\%$.

Enunciado 2.4.5

Una empresa desea construir una planta productora de cierto compuesto y se enfrenta con el problema de determinar su capacidad. Si decide hoy, puede producir a partir del 1 de

enero de 1985 adquiriendo la instalación llaves en mano.

Los estudios de mercado reflejan una demanda potencial para el producto de:

Año	1985	1986	1987	1988	1989
Tm	160	190	230	270	320

En cuanto a las características de las instalaciones posibles, figuran en la tabla que se incluye a continuación:

TIPO	CAPACIDAD tm/año	INVERSION MPt	COSTE FIJO MPt/año	C. VARIABLE MPt/tm
A	100	3000	500	8
B	200	5500	650	7
C	300	8000	890	6

Suponiendo un horizonte de 5 años y una tasa de interés del 10% anual, así como un precio de venta del producto constante a lo largo del período de 20 MPt/tm:

- Comparar la rentabilidad de la instalación de una unidad B con la de una unidad C (calcular el valor actualizado y la tasa interna). ¿Qué es mejor?
- Suponiendo que sea posible instalar nuevas unidades al lado de las existentes, ¿es interesante empezar con una unidad B e instalar posteriormente una A? ¿Por qué? (Las inversiones se consideran pagables al iniciar la producción, los costes de producción e ingresos se refieren al final del período).
- Prolongando el estudio de mercado a 8 años tenemos:

1990	1991	1992
370	425	490

Adoptando un horizonte de 8 años, analizar la solución $C_0 + B_5$ (C iniciando producción en 1985 y una B adicional iniciando en 1º de enero de 1990). Compararla con $B_0 + C_3$.

- Idear un procedimiento matemático de planteo del problema general de establecimiento de un plan de capacidades.

2.4.6 La empresa japonesa SOLSA (Sol Levante S.A.) hace planes para el futuro, con un horizonte de 10 años, para su planta española de embotellamiento de sangría, que comercializa con la marca LOLA-LOCA.

La planta tiene una capacidad de 20 millones de botellas al año, sea cual sea el tipo de líquido, y no se puede ampliar.

Se prevé una caída de la demanda del producto, por cambios en los gustos de los consumidores. Concretamente, la previsión, en millones de botellas, es la siguiente:

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dem.	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2

El coste de mantener la planta en funcionamiento es de 200 millones P_t/año y para fabricar cada botella el coste adicional es de 60 P_t; el precio de venta a los distribuidores es de 100 P_t/botella. En consecuencia se considera la posibilidad de cerrar la planta antes de finalizar el horizonte temporal.

a) Al final de qué año conviene cerrar la planta si el coste de esta operación es de $750) 75 \cdot t$ millones de pesetas (donde t es el año al final del cual se cierra la planta)?

Otra posibilidad consiste en lanzar una nueva versión de la bebida, la LOLA-LOCA *Light* (con menos contenido en azúcar y alcohol etílico, más adaptada a los gustos modernos). La introducción de esta sangría *light* requiere unos gastos en publicidad valorados en 800 millones el primer año de lanzamiento y 600 el segundo. El precio de venta del nuevo producto se establecerá en 120 P_t/botella y el coste variable de una botella será de 40 P_t. Su demanda estimada, en millones de botellas, por años, contada desde el inicio del lanzamiento, es:

Año	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º ...
Dem.	4	10	12	14	16	18	20	20 ...

b) ¿Cuál es el año más adecuado para iniciar el lanzamiento de la versión *light*?

c) ¿Cuál es la tasa de rentabilidad interna de esta operación?

Notas: i) Todos los valores monetarios son en P_t constantes.

ii) Considerar, cuando sea necesario, una tasa de interés del 5%.

2.4.7 La empresa PIPECSA (Pistas de Peaje Catalanas, S.A.) tiene la concesión de varias autopistas de peaje hasta el final del 2004 y prevé un excedente anual (cobros menos

pagos), para el conjunto de las autopistas en funcionamiento, de $P(1 + \alpha)^t P_t$ para el año t ($t = \text{número del año} - 1991$).

PIPECSA ha obtenido también la concesión, por 40 años, de una nueva autopista de peaje que empezaría a funcionar a primeros de 1993, con unos excedentes estimados de $Q(1 + \beta)^{(t-2)} P_t$ para el año t . A consecuencia de diversas opiniones expresadas sobre la nueva autopista, la Administración le plantea la propuesta de cobrar el denominado peaje blando (en virtud de lo cual los excedentes anuales se reducirían a un 40% de los estimados inicialmente) a cambio de una prórroga de τ años en la concesión de las autopistas actualmente en funcionamiento.

Todos los valores monetarios están expresados en P_t constantes. La tasa de interés es i .

- a) Descríbase un procedimiento que permita determinar el valor mínimo de τ admisible para PIPECSA.
- b) Aplíquese para $P = 500 \text{ MP}_t$, $\alpha = 0'04$, $Q = 80 \text{ MP}_t$, $\beta = 0'06$, una tasa de interés nominal del 19% y una tasa de incremento del nivel de precios del 7%.

2.4.8 La siguiente cita pertenece a un libro sobre distribución en planta (la cursiva es nuestra):

"Una buena Distribución puede proporcionar muchas ventajas. Será probablemente imposible el que consigamos todas estas ventajas al mismo tiempo; no obstante, todas estas mejoras han sido conseguidas por ingenieros de distribución en planta y son nuestro objetivo en este trabajo. Hemos de tenerlas en cuenta. *Después de todo, cuando hemos hecho una inversión de capital el dinero ya está gastado; solamente podemos recuperarlo a través del ahorro resultante. No podemos cambiar una instalación o distribución por otra, sin sufrir una pérdida, a menos que se haya amortizado ya la inversión a través de los beneficios que representan los ahorros resultantes de su utilización.*"

- a) Coméntese el fragmento en cursiva, indicando si se está de acuerdo o no y por qué.
- b) PROTRES acaba de inaugurar una nueva distribución en planta para su sección de prótesis dentales.

La inversión ha sido de 10 M de P_t y el coste anual de funcionamiento es de 3 M.

Un ingeniero de organización industrial que ha visitado la planta sugiere una nueva distribución cuyo coste de funcionamiento sería sólo de 1M/año; la reforma costaría 15 M.

¿Cuál es el momento óptimo para hacer esta reforma si el tipo de interés es del 10% y se considera un horizonte ilimitado?

2.4.9 Un centro de enseñanza que tiene un número considerable de alumnos ha tomado la decisión de renovar los lavabos y, a la vez, instalar unos secadores eléctricos para las manos, por aire caliente. De estos aparatos los hay de tres tipos: de ciclo constante (30 segundos), de ciclo graduable (entre 15 y 60 segundos) y superautomáticos (se ponen en marcha y se paran al poner y sacar las manos).

Se trata de explicar cómo se podría hacer un estudio para diseñar las nuevas instalaciones (que se debería hacer, qué datos, qué cálculos...).