

CAPÍTULO 5

PLANTEAMIENTO ECÓNOMICO. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Fernando Cañizal Berini / M^a Antonia Pérez Hernando

OCW UNIVERSIDAD DE CANTABRIA • Licencia: CC BY-NC-SA

1. INTRODUCCIÓN

Cualquier actuación que aborde la Propiedad, sea ésta pública o privada, en el campo de la ingeniería tiene el carácter de **inversión**, en cuanto que esa actuación es generadora de unos ingresos derivados de la producción de un bien o es generadora de unos beneficios o utilidades a los usuarios y a la colectividad. Pero, por otra parte, esa inversión lleva consigo unos costes, generalmente muy elevados. Es evidente, por tanto, el interés de la Propiedad en conocer si los beneficios esperados de una inversión compensan a los costes o desutilidades derivados de la misma. Será necesario efectuar un estudio que permita determinar si esa inversión es, o no, rentable. Este análisis suele formar parte de los **Estudios de Viabilidad** efectuados, en su caso, previamente a la redacción del correspondiente anteproyecto y proyecto.

Sin embargo este análisis tiene también interés para determinar de entre distintas alternativas a una inversión, cuál de ellas es más rentable. En ese caso, el estudio corresponderá al **anteproyecto**, abordándolo, generalmente, el Equipo Redactor del proyecto.

Por consiguiente el **estudio de rentabilidad** puede tener dos facetas distintas:

- Como análisis previo, efectuado por la Propiedad, cuyos resultados influirán en su planteamiento inicial y, por tanto, en los condicionamientos a imponer al Equipo Redactor del futuro proyecto (Pliegos de Bases).
- Como análisis para la selección entre las distintas alternativas planteadas por el propio Equipo Redactor.

De ahí su inclusión en este punto de la presente publicación, intermedio entre los condicionamientos a que está sometido el proyectista (de la Propiedad, legales y técnicos), y el planteamiento y selección de alternativas que él efectúa.

A continuación se analizan los costes y beneficios derivados de una inversión para, posteriormente, introducirse en la metodología de los análisis de rentabilidad.

2. COSTES DERIVADOS DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

Los costes pueden clasificarse en dos grandes grupos: **Primarios**, que son soportados directamente por la Propiedad, y **Secundarios**, que recaen en la colectividad, tanto sobre los usuarios del bien producido o servicio prestado, como sobre los no usuarios.

2.1. Costes Primarios

Tienen carácter monetario y son soportados directamente por la Propiedad. Dentro de ellos hay que distinguir dos tipos: los **costes de inversión** y los **costes de operación**.

2.1.1. Costes primarios de inversión

Se caracterizan por ser aperiódicos (se producen sólo una vez a lo largo de la vida del proyecto o, a lo sumo, un pequeño número de veces). Están constituidos por los costes de **elaboración del proyecto** (estudios previos y honorarios propiamente dichos) y los costes de **primer establecimiento** (construcción, instalación y renovación de equipo). Los costes de primer establecimiento suelen ser muy elevados, sobre todo en ingeniería civil. Por el contrario, los costes de elaboración del proyecto son tan sólo un pequeño porcentaje de los costes de construcción (suelen oscilar entre el 3% y 5%). Es, a veces, un grave error de la Propiedad pretender reducir gastos en la elaboración del proyecto, tanto en los de recogida de datos y estudios previos, como en los honorarios del ingeniero consultor, ya que lejos de disminuir el coste total de la inversión, puede incrementarse éste. En efecto, un mal proyecto debido a un defectuoso conocimiento del *entorno* encarece siempre la construcción, y una baja remuneración hace que el Equipo Redactor tenga necesidad de abordar más proyectos simultáneamente, con el riesgo de disminución de la dedicación y, en definitiva, de la calidad.

2.1.2. Costes primarios de operación

Se caracterizan por ser periódicos, produciéndose muchas veces a lo largo de la vida del proyecto, incluso de modo continuo. Cabe distinguir entre los **costes de explotación** (mano de obra, materiales, energía, etc.) y los **costes de conservación**. Dentro de estos últimos costes se incluyen los de **mantenimiento** (gastos derivados de un determinado programa para mantener las instalaciones y edificios en correcto estado) y las **reparaciones** (producidos como consecuencia de una avería).

En lo que respecta a estos costes hay que hacer notar que un correcto programa de mantenimiento hace disminuir las reparaciones y, por consiguiente reduce los costes totales de conservación, e incluso los de explotación. Asimismo, una adecuada explotación (uso y no

abuso) hace disminuir los costes de conservación. Pero además un correcto proyecto hace disminuir los costes de explotación, al hacerla más racional (proyecto mas funcional) e incluso los de conservación (una mejor solución técnica hace reducir los gastos de mantenimiento y los de averías). Por último una buena construcción (materiales y equipo de calidad, adecuado control de ejecución), hace disminuir los gastos de conservación.

2.2. Costes Secundarios

Son los que recaen sobre la colectividad. Cabe distinguir aquellos costes o desutilidades que tienen un carácter cuantitativo de aquellos otros que tienen simplemente un carácter cualitativo.

2.2.1. Costes secundarios cuantitativos

Como su nombre indica, pueden ser medibles y, por tanto, rigurosamente comparables. Sin embargo, mientras unos son **monetarios**, otros tienen el carácter de **no monetarios**, por lo que es preciso encontrar un factor de conversión que traduzca el coste, medido en otras unidades, a unidades monetarias. Encontrar dicho factor de conversión no siempre es fácil y a veces su determinación reviste una enorme carga de subjetividad, por lo que hace aproximar estos costes a los cualitativos.

Costes secundarios cuantitativos son, por ejemplo en un proyecto de carreteras, el combustible o los neumáticos (monetarios); el tiempo empleado en los recorridos (no monetario pero fácilmente traducible), el ruido ocasionado a los usuarios y no usuarios (no monetario con dificultad media de traducción) o los accidentes (no monetario y muy difícil de convertir a unidades monetarias).

2.2.2. Costes secundarios cualitativos

Al no tener un carácter cuantitativo, cualquier intento de evaluación será subjetivo. Cabe destacar las incidencias de carácter estético, las afecciones sobre el patrimonio de carácter histórico-artístico, algunos impactos ambientales, los efectos de carácter socio-cultural (traslado de comunidades). A la hora de evaluar un determinado proyecto pueden detectarse esos efectos, incluso pueden hacerse comparaciones entre las mayores o menores incidencias ocasionadas por distintas alternativas. Pero no puede determinarse cuántas veces más incide un proyecto respecto de otro, al no poderse medir sus efectos. Debido a esto será imposible evaluar monetariamente tales costes (desutilidades).

3. BENEFICIOS DERIVADOS DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

Al igual que en los costes, también cabe distinguir aquí entre **Beneficios Primarios** (ingresos percibidos por la Propiedad por los bienes vendidos o servicios prestados) y **Beneficios Secundarios** (utilidades percibidas por la colectividad como consecuencia de la existencia de esa inversión).

La determinación de los Beneficios Primarios es simple si se conoce la demanda del bien o del servicio y los precios o tarifas aplicables. En lo que respecta a los beneficios secundarios, es válido lo expuesto anteriormente para los costes de ese carácter. En realidad costes y beneficios secundarios tienen el mismo tratamiento: como lo que se compara son alternativas, (o bien abordar un proyecto respecto de la situación actual), resulta que los beneficios secundarios derivados de una inversión son la disminución de los costes secundarios de esta alternativa respecto de otra. Sin embargo hay que destacar ciertos beneficios que se generan en los grandes proyectos de inversión que, aunque son cuantitativos, son difíciles de evaluar tanto por la dificultad de estimar la incidencia del

proyecto como por traducirlos a términos monetarios: incrementos en los niveles de renta, redistribución de las rentas, aumento del empleo, accesibilidad, etc.

4. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Conocidos ya los costes y beneficios asociados a un proyecto de inversión, puede estudiarse su rentabilidad. Éste es el objeto del tradicional **Análisis Coste-Beneficio**. Pero conviene distinguir dos tipos de análisis: el **Análisis Financiero** y el **Análisis Económico**.

4.1. El Análisis Coste-Beneficio. Rentabilidad financiera y económica

Con el análisis coste-beneficio se pretende estudiar la rentabilidad de una inversión, mediante comparación de sus costes y beneficios, eso sí, traducidos todos a términos monetarios, con mejor o peor acierto. Como se indicaba antes existen dos tipos de análisis: el efectuado por la Propiedad que compara los costes y beneficios que sobre ella recaen (es decir los primarios) y el efectuado para la colectividad, en el que habrá que introducir todos los costes y beneficios (primarios y secundarios). Al primer tipo de análisis se le conoce con el nombre de **análisis de rentabilidad financiera** y al segundo con el nombre de **análisis de rentabilidad económica**. (Algunos autores denominan al primero análisis económico y al segundo económico-social).

Para el primer tipo de análisis será preciso determinar en primer lugar los costes primarios. En lo que respecta a los de inversión no suele existir mayor dificultad puesto que, a priori, si el estudio es riguroso, pueden estimarse con pequeños márgenes de error. No resulta tan fácil la determinación de los costes de operación ya que muchos de ellos son variables con la demanda del bien o servicio, por lo que será necesario hacer predicciones

futuras. En esa misma línea se encuentra la estimación de los beneficios, pues son dependientes de la demanda a lo largo de los sucesivos años de producción o servicio.

Si ya de por sí resulta difícil la estimación de los costes y beneficios primarios (análisis financiero) más difícil será añadir a esos los secundarios (análisis económico), puesto que para su determinación aparecen nuevos problemas: la dificultad de evaluar los costes y beneficios cuantitativos no monetarios y la imposibilidad de hacerlo con los cualitativos. Para los primeros se ha recurrido a *estudios de comportamiento* (valoración que da la colectividad a la hora de tiempo ahorrada) o a *internalizar el efecto* (el coste del ruido es el coste de un panel o barrera que lo atenúe; el coste de un fallecido en accidente es la cantidad que abonaría una compañía de seguros, etc.). Los segundos no pueden introducirse dignamente en una evaluación coste-beneficio y suelen presentarse independientemente para las distintas alternativas constituyendo entonces el **Análisis Coste-Eficacia**.

El **Análisis Financiero** se utiliza para evaluar la rentabilidad de las **inversiones privadas**. También conviene aplicarlo a aquellos **proyectos públicos generadores de ingresos** (por ejemplo una línea de transporte o un abastecimiento). El **Análisis Económico** sólo es aplicable a los **proyectos de inversión pública**. De ahí se desprenderá su rentabilidad social, que puede producirse aunque sea no rentable desde el punto de vista del ente explotador (servicio público deficitario que deberá ser objeto de subvención).

4.2. Actualización de flujos monetarios

Para que costes y beneficios sean sumables es preciso llevarlos todos ellos a un año base, dado que si no se hace así, no serían éstos rigurosamente comparables (independientemente de que existiese o no inflación). Evidentemente, un flujo monetario hecho efectivo hoy tiene mucho mayor peso que si éste se produce unos años más tarde, aún cuando la inflación fuese nula, gracias a los intereses que ese dinero, si está en manos de la Propiedad, puede producirle.

Si se denomina " i " a la **tasa de actualización** anual del capital, un flujo monetario de valor " C " producido en el "año 1", adoptará, al referirlo al "año 0", el siguiente valor:

$$\frac{C}{1+i}$$

y si ese flujo " C " se produce en el "año 2", al llevarlo al "año 0" adoptará el valor:

$$\frac{C}{(1+i)(1+i)} = \frac{C}{(1+i)^2}$$

Así pues, si " c_t " el coste que se produce en cada "año t ", el **coste total del proyecto de inversión** será:

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

siendo T , el **período de evaluación** de esa inversión.

Análogamente, el beneficio total del proyecto será:

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

siendo b_t el beneficio producido en cada año t .

4.3. Indicadores de rentabilidad

Existen diversos indicadores para la determinación de la rentabilidad en el Análisis Coste-Beneficio. Los más utilizados son:

- Valor Actualizado Neto (VAN).
- Relación Beneficio-Coste (B/C).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Período de Recuperación del Capital (PRC),

que se exponen a continuación.

4.3.1. *Valor Actualizado Neto*

Si el coste total (actualizado) de un proyecto es:

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

y el beneficio total (actualizado) es:

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

Se define **Valor Actualizado Neto** de un proyecto de inversión a la diferencia:

$$\sum_{t=0}^T \frac{b_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{c_t}{(1+i)^t}$$

es decir:

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

Naturalmente, para que un proyecto sea rentable, el beneficio total debe superar al coste total, es decir:

$$VAN > 0$$

Análogamente, una alternativa "1" será preferible a otra "2", si se verifica:

$$(VAN)_1 > (VAN)_2$$

4.3.2. Relación Beneficio-Coste

En este indicador se distingue entre los costes de inversión y los de operación. Si se llama " b_t^* " a los beneficios netos del año "t" (ingresos del año t menos costes de operación del año "t") y se llama " c_t^* " a los costes de inversión en los años "t" en que efectivamente se produzcan, se define como **Relación Beneficio-Coste** a la expresión:

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{b_t^*}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{c_t^*}{(1+i)^t}}$$

Mediante esta expresión pueden determinarse los beneficios netos obtenidos por cada unidad monetaria invertida. Dado que cada unidad invertida pretende, al menos, recuperarse en el período de evaluación, resultará que, para que un proyecto sea rentable, debe ocurrir:

$$B/C > 1$$

y una alternativa "1" será preferible a otra "2" si

$$(B/C)_1 > (B/C)_2$$

4.3.3. Tasa Interna de Retorno

Se define como Tasa Interna de Retorno de un Proyecto de Inversión a aquel valor de la tasa de actualización (supuesta variable e igual a "r") que hace que el Valor Actualizado Neto del proyecto sea igual a cero.

Es decir, si:

$$\sum_{t=0}^T \frac{b_t - c_t}{(1+r)^t} = 0$$

siendo "r" parámetro, entonces

$$TIR = r$$

Mediante este procedimiento se obtiene la rentabilidad interna mínima que puede esperarse de una inversión. Evidentemente, este valor debe de superar a la tasa de actualización del capital (en principio es la tasa de interés del mercado) ya que en caso contrario será preferible colocar ese dinero que emprender el proyecto de inversión. Así pues, si "i" es la tasa de actualización del capital aplicable, para que una inversión sea rentable debe verificarse:

$$TIR = r > i$$

Análogamente, una inversión "1" será preferible a otra "2" si se verifica:

$$r_1 > r_2$$

aunque esto no es siempre cierto. Conviene estudiar con más detalle el concepto de Tasa Interna de Retorno.

En la figura adjunta se representa la variación del VAN de una inversión al variar la tasa de actualización del capital. La gráfica corresponde a un polinomio de grado "n" si bien puede demostrarse que, bajo ciertas condiciones que suelen cumplirse en los proyectos de inversión, sólo tiene una raíz real. Esta curva es decreciente, adoptando, para $i = 0$, el valor:

$$\sum_{t=0}^T (b_t - c_t)$$

que será, por supuesto, positivo, siempre que una inversión sea rentable. Por otra parte, para $i = \infty$ la curva será asintótica al valor:

$$b_0 - c_0$$

y, como en cualquier obra civil cabe esperar que los beneficios en los primeros años sean nulos (construcción) puede deducirse que tiende hacia el valor de la inversión del primer año naturalmente, con signo negativo.

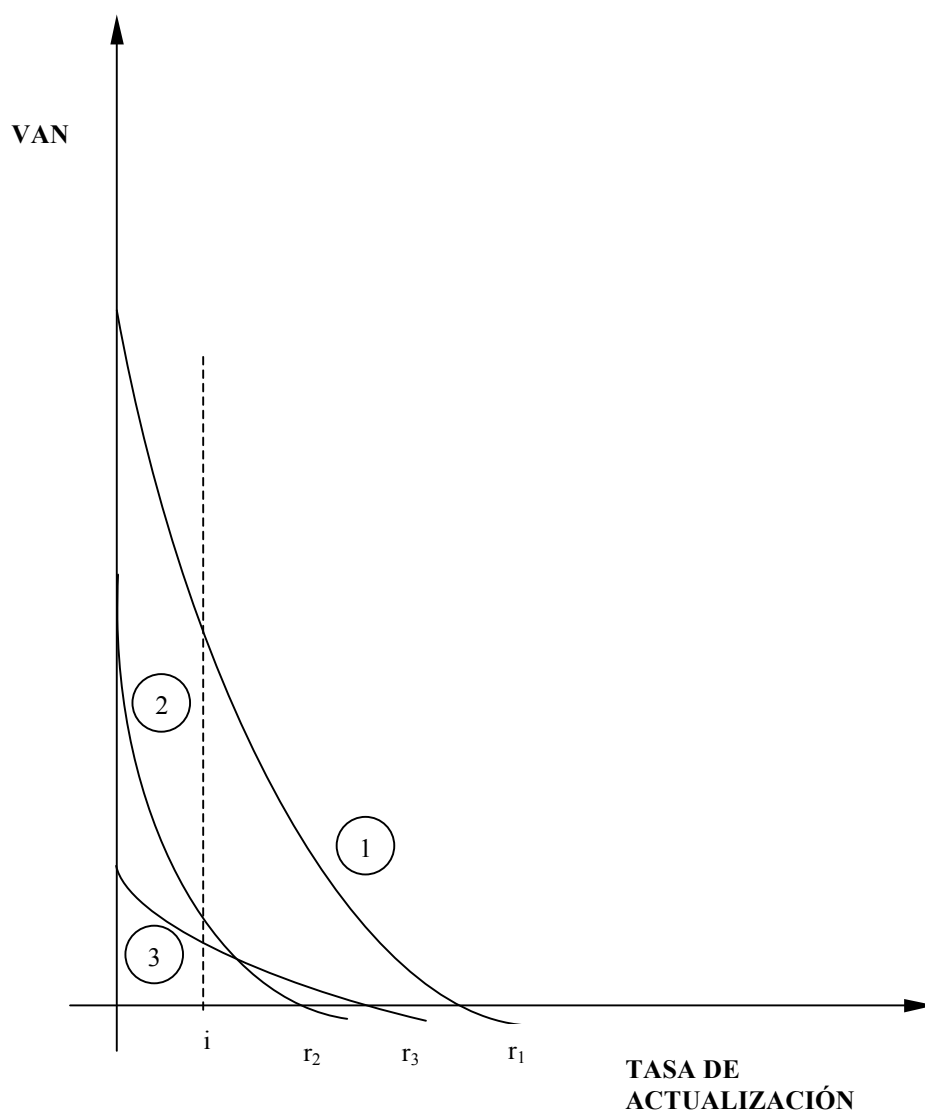
A la vista del gráfico se comprende mejor la condición de rentabilidad

$$r > i$$

ya que en una determinada inversión si para un valor de $i = r$ se verifica $VAN = 0$, es claro que para $i < r$ será $VAN > 0$.

Sin embargo para afirmar la mayor rentabilidad de una alternativa respecto de otra es preciso conocer la forma de la curva ya que, en la gráfica adjunta, si la tasa de actualización

tiene el valor que allí se indica será preferible la alternativa "2" a la "3", a pesar de que $r_3 > r_2$.



4.3.4. *Período de Recuperación del Capital*

Es, para una determinada inversión, aquel valor del período de evaluación que anula el Valor Actualizado Neto, es decir, si:

$$\sum_{t=0}^X \frac{b_t - c_t}{(1+i)^t} = 0$$

entonces **PRC = X**.

Este valor indica el número de años necesarios para que los beneficios igualen a las inversiones y a los costes, (debidamente actualizados los flujos) es decir, es el tiempo necesario para recuperar la inversión y los gastos.

De acuerdo con este criterio, para que una inversión sea rentable, deberá cumplirse:

$$X < T$$

siento T un número máximo de años fijado de antemano, en todo caso, menor o igual al período de vida útil de la inversión.

Análogamente, una inversión "1" será preferible a otra "2", siempre según ese criterio, si $(PRC)_1 < (PRC)_2$, es decir, aquella en la que se recupere antes la cantidad invertida.

4.3.5. *Uso de los distintos indicadores*

El criterio del **Período de Recuperación del Capital** obedece a una visión muy limitada del futuro, pues se decanta a inversiones de pronta recuperación pero posiblemente con beneficios inferiores a lo largo de la vida útil; no suele aplicarse a inversiones públicas. El criterio de la **Relación Beneficio-Coste** sí suele utilizarse en obra pública. Su mayor aplicación es la de optimización de unos recursos limitados, asignándolos a aquellos proyectos que producen mayores beneficios netos por unidad monetaria invertida. Nótese que pudiera haber proyectos en los que una mayor inversión produjese beneficios netos mayores (mayor VAN), aunque la Relación Beneficio-Coste fuese menor.

Los criterios del **Valor Actualizado Neto** y de la **Tasa Interna de Retorno** son los más utilizados en todos los tipos de proyectos, tanto para determinar si una inversión es o no rentable, como para elegir la óptima, económicamente hablando, de entre las distintas alternativas planteadas. Puede decirse que ambos criterios son idénticos, pero quizás sea preferible el uso de la TIR por ser una tasa, un indicador, frente al VAN que es un valor absoluto. Por otra parte, de optar por la TIR no es preciso fijar *a priori* un valor para la tasa de actualización (aspecto siempre problemático). No obstante, en algún momento de la evaluación habrá que compararla con algún valor realista de dicha tasa.

4.4. **Otros aspectos del Análisis Coste-Beneficio**

Es interesante comentar ciertos aspectos como el período de evaluación, el tratamiento de la inflación, el valor de la tasa de actualización a adoptar y la necesidad de acudir en las evaluaciones económicas al uso de los llamados *precios sombra*.

4.4.1. Período de evaluación

El período de evaluación a adoptar para la determinación de la rentabilidad de una inversión será en principio, su vida útil. Cabe entonces pensar que eso es un grave problema para las obras de ingeniería civil, pues tienen una vida muy prolongada, a veces superior a 100 años y resulta imposible estimar costes y beneficios a tantos años vista, incluso si la evaluación se efectúa en pesetas constantes. Sin embargo, hay que hacer notar que, al actualizar los flujos llevándolos al año origen, se hacen éstos despreciables a partir de cierto año, pues sin duda los errores cometidos en las predicciones de demanda son muy superiores. Por eso en la práctica no suelen adoptarse períodos de evaluación superiores a 30 años.

Ahora bien, en un determinado proyecto pueden existir distintas inversiones con vidas útiles distintas, por ejemplo, terrenos, infraestructuras, superestructuras, maquinaria, etc. En esos casos se adopta un determinado período de evaluación, suponiendo que las inversiones de vida más breve se van repitiendo a lo largo de dicho período, y que para las inversiones más duraderas queda un cierto valor residual al final de ese período.

De modo análogo se actúa si se comparan varias alternativas con distintas vidas útiles: se juega con renovaciones en algunas de ellas y con valores residuales en otras.

4.4.2. Tratamiento de la inflación. Tasa de actualización

El análisis suele hacerse prescindiendo de la inflación, es decir, en pesetas constantes. Esto no hace perder rigor al estudio siempre y cuando se conozca cuál es el valor a adoptar para la tasa de actualización de flujos monetarios.

Parece claro que de incorporar la inflación, el valor de la tasa de actualización debería ser la tasa de interés de mercado (al menos en el análisis de rentabilidad financiera). Llamando a este valor " $i_{(con)}$ ", si " f " es la tasa de inflación (supuesta constante), habrá que determinar cuál es el valor a adoptar en el análisis en pesetas constantes. Llamando a ese

valor " $i_{(con)}$ ", se tiene, para un flujo monetario " C ", ocasionado en el año " n " y actualizado al año cero:

$$\frac{C}{(1 + i_{(sin)})^n} \text{ si es en pesetas constantes; o bien:}$$

$$\frac{C(1 + f)^n}{(1 + i_{(con)})^n} \text{ si es en pesetas corrientes.}$$

Igualando:

$$\frac{C}{(1 + i_{(sin)})^n} = \frac{C(1 + f)^n}{(1 + i_{(con)})^n}$$

de donde:

$$1 + i_{(con)} = (1 + i_{(sin)})(1 + f) = 1 + i_{(sin)} + f + i_{(sin)} \cdot f$$

y despreciando la expresión de segundo orden, $(i_{(sin)} \cdot f)$ resulta:

$$i_{(sin)} \approx i_{(con)} - f$$

por lo que bastará descontar a la tasa de interés de mercado los puntos esperados de inflación, para poder hacer el análisis en pesetas constantes.

Con independencia de la dificultad de estimar la inflación a años vista, está la dificultad de conocer cuál es la tasa de interés de mercado a adoptar. Este valor no es el mismo para préstamos que para depósitos; varía en función de las cantidades y de los plazos y está sujeto a cambios en la política monetaria del país. Por otra parte, es obvio que no se va a mantener constante durante el período de evaluación. Sin embargo hay que hacer notar que la influencia del valor que se adopte no es despreciable, salvo que se trate de evaluar un

proyecto extraordinariamente rentable o uno claramente ruinoso. En efecto, si lo que se trata es de comparar una serie de alternativas, valores bajos de dicha tasa primarán aquellas alternativas con inversiones iniciales fuertes, costes de operación pequeños y beneficios a largo plazo. Por el contrario, tasas altas priman proyectos poco ambiciosos, con fuertes ampliaciones futuras y costes diferidos.

4.4.3. *Precios sombra*

En los análisis de rentabilidad financiera es evidente que todos los costes y beneficios deben ser evaluados a precios de mercado, como *de mercado* tiene que ser también la tasa de actualización que se adopte o con la que se compare. Sin embargo no hay porque decir lo mismo en lo que respecta al análisis de rentabilidad económica. Beneficios y costes son ahora ventajas y desventajas para la sociedad; son utilidades y desutilidades. Algunos tienen efectivamente un valor monetario, pero debe entenderse en términos de ganancias y pérdidas para la colectividad, en definitiva, en términos de recursos sacrificados para obtener otros recursos. Esto es lo que se conoce con el nombre de ***Costes de Oportunidad***.

Pero los precios de mercado no siempre reflejan estos costes de oportunidad. En efecto, las materias primas, la energía, pueden estar subvencionadas, por lo que al país le cuesta más que lo que realmente soporta el usuario. Por el contrario, pueden estar gravados con ciertos impuestos, que deben descontarse en la evaluación puesto que el coste para la colectividad es menor que el que sufre el usuario. A estos precios que hay que adoptar, que no son los de mercado, y que pretenden reflejar los *costes de oportunidad*, suelen denominarse ***Precios Sombra***. Análogamente ocurre con la mano de obra, ya que el *precio sombra* del salario puede ser inferior al real si existe una situación de paro en el país. Lo mismo cabría hablar de los productos importados, si el tipo de cambio es ficticio, e incluso de la tasa de actualización a adoptar si la de mercado está distorsionada.

Todos estos aspectos introducen un problema adicional a la dificultad de efectuar los análisis coste-beneficio, fundamentalmente el análisis económico. Por eso se han incorporado al análisis un conjunto de técnicas tendentes a estimar la incidencia en la evaluación de los posibles errores incorporados. Se incluyen bajo el nombre de *Análisis en Condiciones de Incertidumbre*, y pasan a estudiarse a continuación.

4.5. El Análisis en condiciones de incertidumbre

El primer elemento de incertidumbre es la estimación de los costes de inversión y costes fijos de operación. La indeterminación es mayor en lo que respecta a la demanda, es decir, el número de potenciales consumidores del bien o usuarios del servicio, a lo largo del período de evaluación, ya que esa demanda influirá en los beneficios anuales percibidos y en los costes variables de operación. Otros aspectos que hay que decidir y pueden conducir a error son el propio período de evaluación, los valores residuales de las inversiones y el valor de la tasa de actualización a introducir o con la que comparar.

Los elementos de incertidumbre son mayores aún en los análisis de rentabilidad económica, pues a los anteriores se une la determinación del coeficiente transformador de costes y beneficios cuantitativos no monetarios a unidades monetarias, la cuantificación de estos costes y beneficios incluso en sus propias unidades de medida, y la determinación de los *precios sombra*. Todo ello en la hipótesis de que no se introducen en la evaluación los costes y beneficios de carácter simplemente cualitativo.

De todo esto se desprende la necesidad de comprobar en que medida influyen las posibles desviaciones de los valores adoptados de costes y beneficios en el indicador de rentabilidad. Se van a analizar aquí dos métodos. El primero de ellos se denomina *Análisis de Incertidumbre* y consiste en plantear, para una determinada inversión, distintos escenarios posibles, cada uno de ellos con sus correspondientes valores de costes y beneficios, y cada uno con una determinada probabilidad de ocurrencia. Hallado para cada uno de esos escenarios el indicador de rentabilidad (por ejemplo la TIR) podrá obtenerse el

correspondiente a la solución conjunta, es decir, la esperanza matemática de dicho indicador y su desviación típica. Si el valor medio del indicador es aceptable y su desviación típica no es grande, podrá interesar abordar ese proyecto.

Este procedimiento puede también utilizarse para comparar alternativas. Será preferible aquella para la que el indicador tenga un valor medio más elevado y a la vez sea pequeña la desviación típica.

Con este procedimiento se ha logrado obtener, para cada proyecto, una función de probabilidad del indicador de rentabilidad como consecuencia de la adopción de hipótesis distintas, con distintas probabilidades de ocurrencia. En esa misma línea se encuentra un segundo procedimiento que suele conocerse como *Análisis de Riesgo*. Consiste en suponer que ciertas variables intervinientes en la evaluación (y que condicionan costes y beneficios), son de tipo aleatorio, con unas determinadas funciones de probabilidad o de densidad. Así, por ejemplo, la demanda, los costes fijos de explotación, los coeficientes de paso de cantidades a unidades monetarias e incluso la tasa a adoptar, el período de evaluación o los *precios sombra*. Mediante simulación de estas variables aleatorias, utilizando el método de Montecarlo, puede obtenerse un valor del indicador para cada conjunto de valores de dichas variables. Repitiendo el proceso un número suficiente de veces, puede determinarse la distribución estadística de dicho indicador, análogamente al anterior procedimiento, si bien éste ofrece mayores garantías que aquél, al haber permitido "diseñar" una detallada función de probabilidad del indicador.

De compararse distintas alternativas quizás convenga decantarse hacia una que, aún teniendo un valor medio del indicador inferior a otras, sea su distribución más concentrada, pues proporciona mayores garantías de éxito si existiese error en los datos de partida. En consecuencia, un valor a tener en cuenta es el denominado "coeficiente de variación":

$$\frac{\text{Desviación Típica}}{\text{Media aritmética}}$$

siendo preferibles aquellas alternativas con mayor valor de la media y, a la vez, menor valor del citado coeficiente.

Este análisis es, sin embargo, muy engorroso. Por ello es preferible efectuar antes el denominado **Análisis de Sensibilidad**, mediante el que se estudia la modificación del indicador al variar (en más y en menos un cierto porcentaje respecto de la media), las distintas variables de partida, una a una, manteniendo las demás constantes. Aquellas variables para las que grandes modificaciones respecto de su valor medio provocan sólo pequeñas oscilaciones del indicador, se catalogarán como *poco sensibles*, y se considerarán constantes, por lo que sólo las demás se simularán mediante el Método de Montecarlo.

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	COSTES DERIVADOS DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN.....	2
2.1.	COSTES PRIMARIOS.....	2
2.1.1.	<i>Costes primarios de inversión</i>	<i>3</i>
2.1.2.	<i>Costes primarios de operación.....</i>	<i>3</i>
2.2.	COSTES SECUNDARIOS.....	4
2.2.1.	<i>Costes secundarios cuantitativos.....</i>	<i>4</i>
2.2.2.	<i>Costes secundarios cualitativos.....</i>	<i>5</i>
3.	BENEFICIOS DERIVADOS DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN.....	5
4.	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	6
4.1.	EL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO. RENTABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA	6
4.2.	ACTUALIZACIÓN DE FLUJOS MONETARIOS	7
4.3.	INDICADORES DE RENTABILIDAD	9
4.3.1.	<i>Valor Actualizado Neto.....</i>	<i>9</i>
4.3.2.	<i>Relación Beneficio-Coste.....</i>	<i>10</i>
4.3.3.	<i>Tasa Interna de Retorno</i>	<i>11</i>
4.3.4.	<i>Periodo de Recuperación del Capital.....</i>	<i>14</i>
4.3.5.	<i>Uso de los distintos indicadores.....</i>	<i>15</i>
4.4.	OTROS ASPECTOS DEL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO	15
4.4.1.	<i>Período de evaluación</i>	<i>16</i>
4.4.2.	<i>Tratamiento de la inflación. Tasa de actualización</i>	<i>16</i>
4.4.3.	<i>Precios sombra</i>	<i>18</i>
4.5.	EL ANÁLISIS EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE	19