MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

SECRETARIA GENERAL TECNICA

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION EN CARRETERAS

PRIMERA EDICION

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION EN CARRETERAS

FE DE ERRATAS

Página	Línea	DICE	DEBE DECIR
8	6	. . . que viene a cubir	. . . que viene a cubrir
42	8	5.3. BENEFICIOS A CONSIDERAR Y SU EVALUACION	5.3. BENEFICIOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION

I N D I C E

Página

0. PROLOGO 7

1. INTRODUCCION 11

1.1. Evaluación de proyectos en el Sector Público . . . 11

1.2. Evaluación de proyectos de carreteras 12

1.3. Normas y criterios de evaluación 12

2. PROYECTO Y ALTERNATIVAS 17

2.1. Definición y objetivos del proyecto 17

2.2. Alternativas 18

3. ANALISIS DE LA DEMANDA 23

3.1. Objeto del análisis 23

3.2. Zona de influencia. Tipos de tráfico 23

3.3. Fases del estudio 24

3.3.1. Análisis de la situación actual 24

3.3.2. Previsión del tráfico 25

3.4. Período de análisis 27

4. COSTES 31

4.1. Definición, identificación y clasificación de los costes . 31

4.2. Criterios de valoración de los costes 33

4.3. Costes a considerar en la evaluación 34

5. BENEFICIOS 37

5.1. Definición, identificación y clasificación de los beneficios 37

5.2. Criterios para la valoración de los beneficios 41

5.3. Beneficios a considerar en la evaluación 42

5.3.1. Determinación de los costes de circulación por vehículo 43

5.3.2. Determinación de los beneficios primarios . . 44

Página

6. ANALISIS ECONOMICO 49

6.1. Introducción 49

6.2. Cálculos de la rentabilidad economica 50

6.2.1. Indices de rentabilidad 50

6.2.2. Criterios de elección de alternativas 52

6.3. Estudios de la rentabilidad económica 53

7. ANALISIS FINANCIERO 57

7.1. Introducción 57

7.2. Cálculos de la rentabilidad financiera 57

7.2.1. Gastos a considerar en la evaluación 58

7.2.2. Ingresos a considerar en la evaluación . . . 58

7.2.3. Indices de rentabilidad 58

7.3. Estudios de la rentabilidad financiera 59

8. ANALISIS DE SENSIBILIDAD 63

8.1. Necesidad y objetivos del análisis de sensibilidad . . 63

8.2. Variables de mayor incidencia en los cálculos de rentabilidad 63

8.3. Conclusiones del análisis de sensibilidad 64

9. EFECTOS ECONOMICOS INDIRECTOS Y EFECTOS SOBRE OTROS OBJETIVOS DE POLITICA ECONOMICA, SOCIAL Y SOBRE EL MEDIO AMBIENTE 67

9.1. Efectos secundarios 67

9.2. Tipos de efectos secundarios y su identificación . . 68

ANEJO DE CALCULOS 73

A.1. Símbolos 73

A.2. Cálculos 73

A.2.1. Determinación de los costes de circulación . 76

A.2.2. Determinación de los beneficios primarios de un proyecto de carreteras 77

A.2.3. Expresiones de los índices de rentabilidad . . 81

0. PROLOGO

"La evaluación economica de proyectos de inversión ha sido preocupación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo desde hace mucho tiempo, si bien es cierto que con desarrollo heterogéneo en los diferentes sectores a que se extiende su competencia. Prueba de ello son las evaluaciones de proyectos de regadíos que vienen efectuándose tradicionalmente de forma institucionalizada por la Dirección General de Obras Hidráulicas, además de numerosas evaluaciones, con carácter circunstancial, de proyectos importantes en el sector de carreteras y transportes —en el antiguo Ministerio de Obras Públicas— así como de grandes obras hidráulicas.

Esta amplia experiencia en el campo de la evaluación fue aportada de forma íntegra cuando se creó la Comisión Interministerial de Evaluación de Proyectos de Inversión Pública, en la que el antiguo Ministerio de Obras Públicas participó desde el primer momento y fruto de cuya labor fueron una Metodología general para la Evaluación de Proyectos de Inversión Pública y un grupo de Metodologías Sectoriales, que, con posterioridad, fue ampliado, dentro ya del propio Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, como continuación de la labor realizada en colaboración con la Comisión Interministerial de Evaluación.

Todas las Metodologías anteriormente mencionadas, en cuya elaboración participó directamente la Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y las Direcciones Generales del Departamento interesadas, han sido revisadas por las mismas, habiéndose considerado interesante publicarlas por las dos razones siguientes:

La primera de ellas para poner a disposición de los servicios del propio Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, un conjunto de Metodologías para la Evaluación Económica de Proyectos, en un momento que se considera especialmente indicado como consecuencia del desarrollo que se viene efectuando en la aplicación de los Presupuestos por Programas en el Departamento, para los que se han utilizado las Metodologías de referencia en su estado actual de documentos de trabajo.

La segunda, para dar a conocer un trabajo realizado, que de otra forma podría perderse, al menos en parte, y que, sin que pueda consi-

derarse como definitivo y siendo por lo tanto susceptible de mejora, supone una aportación en el campo de la Metodología de la evaluación que se estima positiva.

Una vez editada la "Metodología General para la Evaluación de Proyectos de Inversión Pública", resulta, ya, procedente la publicación de la presente Metodología que viene a cubrir el sector de la inversión pública en carreteras.

Esta Metodología ha sido elaborada en el seno de la Comisión Interministerial de Evaluación de Proyectos de Inversión Pública, por el Grupo de Trabajo designado al efecto, del que formaron parte: el Ministerio de Hacienda, a través de la Dirección General del Tesoro y Presupuesto; el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Secretaría General Técnica y la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales; y el Ministerio de Planificación del Desarrollo.

Está fundamentalmente concebida para su utilización en la evaluación económica de Proyectos de Inversión Pública en Carreteras, aunque por el planteamiento de su contenido es también susceptible de ser aplicada a los proyectos de inversión en el Sector Privado.

Su contenido está abierto a las modificaciones o incorporaciones, que la práctica de la evaluación y la experiencia obtenida de la misma aconsejen".

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

1.1. EVALUACION DE PROYECTOS EN EL SECTOR PUBLICO

El Objeto fundamental de esta Metodología es el establecimiento de un conjunto de normas y criterios generales aplicables a la evaluación de proyectos (*) de inversión pública en carreteras.

Se entiende por evaluación de un proyecto el análisis crítico y sistemático de cada una de las fases del proceso global que se denomina ciclo del proyecto. Dicho ciclo, en el caso concreto de un proyecto de carreteras, comprende las siguientes fases:

- Identificación y definición del proyecto y de su zona de influencia.
- Análisis de la demanda a satisfacer. Estudio de tráfico.
- Previsión de los costes y beneficios del proyecto.
- Análisis de la rentabilidad económica y financiera del proyecto.
- Incidencia del proyecto sobre otros objetivos de política económica, social y sobre el medio ambiente.

La finalidad que persigue esta Metodología es doble. Por un lado se pretende establecer unas exigencias mínimas de calidad y contenido en la evaluación y, por otro, ofrecer una sistemática de análisis que permita la comparación, en términos objetivos, entre diferentes proyectos aportando unos elementos de juicio que faciliten la toma de decisiones.

Mediante la aplicación de las normas y criterios contenidos en esta Metodología se pretende contribuir a la racionalización del Gasto Público buscando la óptima utilización de unos recursos de carácter escaso en relación con las oportunidades de inversión.

(*) En lo sucesivo se utilizará el término proyecto en el sentido de inversión pública, que no corresponde con el puramente técnico ni con el sentido de dicha palabra en la vigente Ley de Contratos del Estado.

1.2. EVALUACION DE PROYECTOS DE CARRETERAS

El campo de aplicacion específico de la presente Metodologia es el de las carreteras interurbanas. Sin embargo, y en tanto no se redacte la oportuna metodología, podrá aplicarse a los estudios de rentabilidad de las vías urbanas.

En el sector de Transporte, y concretamente en carreteras, la evaluación económica ofrece algunas particularidades entre las que conviene destacar:

- El estudio, por lo general, debe extenderse a una zona de influencia, más o menos amplia, en la cual se advierte el impacto producido por la inversión.

- Como consecuencia de lo anterior, los proyectos de inversión en carreteras suelen dar lugar a la creación de economías externas.

1.3. NORMAS Y CRITERIOS DE EVALUACION

La primera parte de esta Metodología se refiere a los diferentes condicionantes técnicos y económicos de un proyecto de carreteras así como a las formas de superar éstos, lo que constituye las distintas alternativas a estudiar.

A continuación, y con vistas a la determinación de la rentabilidad de las citadas alternativas, se exponen las normas a seguir en los correspondientes cálculos y los criterios que las inspiran. Para ello es fundamental:

- La identificación de los flujos de costes y beneficios derivados del proyecto.

- El establecimiento de criterios que permitan la comparación entre dichos flujos.

Finalmente, y dada la incertidumbre que acompaña a las estimaciones e hipótesis realizadas con las variables que intervienen en la evaluacion,

se estudia la forma en que pueden determinarse las posibles desviaciones que sus variaciones producirán en los resultados obtenidos.

Dado el carácter permanentemente modificables y mejorable de esta Metodología, su aplicación práctica debe servir para introducir en ella las correcciones que la experiencia aconseje. En este sentido, conviene realizar su revisión periódica a fin de adaptarla a las situaciones futuras.

2. PROYECTO Y ALTERNATIVAS

2. PROYECTO Y ALTERNATIVAS

2.1 DEFINICION Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Un proyecto de inversión en carreteras consiste en un conjunto de acciones sujetas a una serie de restricciones de carácter físico, técnico y económico que es preciso superar, y dirigidas a las consecución de unos objetivos fijados previamente e integrados dentro de un programa más amplio de inversiones.

El objetivo que básicamente se persigue con una inversión en carreteras es la mejora de las concciones de circulación de los vehículos automóviles. Sin embargo, dentro de este objetivo general y a efectos operativos, pueden considerarse, entre otros, los siguientes objetivos parciales:

- Mejora de la accesibilidad.
- Disminución del coste de transporte.
- Mejora del nivel de servicio.
- Reducción del impacto sobre el medio ambiente.

La mejora de la accesibilidad de una zona puede materializarse en una serie de acciones dirigidas a la consecución de los siguientes objetivos de nivel inferior:

- Realización de nuevas o mejores conexiones entre núcleos urbanos.
- Acceso de los núcleos de la zona a la red viaria.
- Superación de barreras naturales (ríos, montañas, etc.).

Aunque estos objetivos suponen, de uno u otra forma, una reducción del coste generalizado del transporte, este objetivo concreto puede alcanzarse a través de los siguientes objetivos de inferior rango:

- Reducción del coste de funcionamiento de los vehículos.

- Disminución de los tiempos de viaje.

- Aumento de la seguridad y de la comodidad.

Para aumentar la capacidad viaria pueden arbitrarse, entre otras, las siguientes acciones:

- Ensanche de calzada y/o de plataforma.

- Mejora de la señalización.

- Regulación y ordenación del tráfico.

- Acondicionamiento de intersecciones, construcción de pasos a distinto nivel y enlaces y supresión de pasos a nivel con el ferrocarril.

Finalmente, el objetivo de minimización del impacto ambiental, que hoy día constituye un problema de viva actualidad, se puede desagregar en los siguientes objetivos parciales:

- Disminución o minimización de la contaminación atmosférica.

- Disminución o minimización del nivel de ruido.

- Impacto visual mínimo.

La dificultad principal que se encuentra para la introducción de estos objetivos parciales en los estudios y cálculos que es preciso efectuar en la evaluación radica en los problemas inherentes a su cuantificación y valoración.

2.2. ALTERNATIVAS

Las diferentes formas de superar las restricciones de tipo físico, técnico y económico de un proyecto se concretan en diferentes diseños que constituyen lo que se denomina alternativas del proyecto, y que se materializan en una serie de inversiones dirigidas al logro de los objetivos perseguidos.

Las alternativas posibles de un proyecto, entre las que hay que incluir la opción de no realizar actuación alguna, son función de la naturaleza y cuantía de las restricciones a que está sujeto. El proceso de generación y diseño de alternativas por el proyectista es de naturaleza compleja y subjetiva y sometido a un contínuo proceso de comparación y selección bajo criterios que, en última instancia, son de tipo económico.

A efectos de selección de alternativas se consideran éstas mutuamente excluyentes. La evaluación económica, con los criterios de rentabilidad que más adelante se definan, constituye un instrumento que permite ordenar las distintas alternativas según su rentabilidad.

3. ANALISIS DE LA DEMANDA

3. ANALISIS DE LA DEMANDA

3.1. OBJETO DEL ANALISIS

El análisis de la demanda de un proyecto de carreteras consiste en la estimación de las corrientes actuales y futuras de desplazamiento de personas y mercancías a través de este modo de transporte.

Los resultados de este análisis constituyen una parte fundamental del proyecto tanto para su dimensionamiento técnico y posible realización en etapas como para la revisión de los flujos de costes y beneficios futuros a considerar en la evaluación.

3.2. ZONA DE INFLUENCIA. TIPOS DE TRAFICO

El ámbito espacial al que se circunscribe el análisis de la demanda se denomina zona de influencia del proyecto y puede definirse como el entorno geográfico sobre el que inciden de forma significativa los efectos de su realización.

Como consecuencia de la realización del proyecto se alteran las corrientes de desplazamiento en su zona de influencia en la cual se distinguen los siguientes tipos de tráfico:

- Tráfico normal. Es el tráfico que se produce en la zona de influencia del proyecto como consecuencia de la evolución previsible de sus parámetros característicos y coincide, por tanto, con el que circularía por la red si no se realizara el proyecto.

- Tráfico atraído o desviado. Es el tráfico que, procedente de otros modos de transporte, deja de utilizarlos para ser captado por la nueva infraestructura.

Estos dos tipos de tráfico, al no alterar ni su origen ni su destino previo, no suponen un incremento en el volumen global de viajes de la zona sino una redistribución espacial o modal de los mismos.

– Tráfico generado. Es el tráfico que se produce exclusivamente por la puesta en servicio del proyecto. Este tráfico tiene su origen, por un lado, en las mayores facilidades para el desplazamiento como consecuencia de la creación o mejora de un itinerario, lo que permite realizar viajes que antes no se efectuaban o tenían lugar en condiciones difíciles para la circulación y, por otro, en el propio desarrollo económico de la zona al que contribuye de forma notable la infraestructura que trata de implantar el proyecto en estudio.

En la alternativa de no realización del proyecto las intensidades de tráfico a considerar en la evaluación serán las derivadas de la propia dinámica de la zona afectada.

3.3. FASES DEL ESTUDIO

3.3.1. Análisis de la situación actual

La primera fase del estudio de la demanda consiste en un análisis de la situación actual que debe incluir los siguientes capítulos:

1.º/ Delimitación y caracterización de la zona de influencia. Se estudiarán, como mínimo, los siguientes puntos:

- Densidad, localización y distribución por edades de la población.
- Niveles de Renta.
- Grado de motorización.
- Estructura económica y usos de suelo.

2.º/ Análisis de la red y oferta de transporte.

- El análisis de la red viaria incluída en la zona de influencia deberá comprender las características geométricas, físicas y funcionales de la red (trazado, perfil longitudinal, secciones transversales tipo, velocidad específica y tipo de pavimento de cada tramo).

- La oferta de transporte se definirá por los costes, capacidad, nivel de servicio, etc., del transporte por carretera y de los modos alternativos de transporte.

3.º/ Demanda de transporte.

Para conocer la utilización de la red viaria de la zona de influencia se realizarán los aforos necesarios. A continuación, y para conocer la forma con que los flujos de tráfico se distribuyen en la red, se dividirá la zona de influencia en un cierto número de subzonas entre las que se investigará el número de viajes que tienen lugar entre ellas, utilizando, a tal efecto, encuestas origen/destino.

Por último, conocido el número de viajes que tienen lugar entre las diferentes subzonas, se calculará, en función de las variables que caracterizan la zona de influencia y por medio de los oportunos modelos matemáticos, la atracción y generación de viajes en cada subzona.

3.3.2. Previsión de tráfico

Para la previsión del tráfico futuro se aplicará a las distintas subzonas o áreas que se han considerado en la zona de estudio y para los años que abarca el período de análisis un proceso que se desarrollará sucesivamente en las siguientes etapas:

Generación de viajes: En esta primera etapa se trata de establecer el volumen de viajes con origen o destino en cada una de las subzonas de estudio. Para ello se suelen realizar análisis de regresión a partir de los datos obtenidos de las encuestas o investigaciones directas realizadas en la fase de análisis de la situación actual.

Distribución de tráfico: Una vez conocido el número de viajes que cada subzona atrae o genera, se utilizarán modelos de distribución para determinar el volumen de viajes que, con independencia del modo de transporte utilizado, se producen entre cada par de ellas.

Estos modelos se dividen en los dos tipos siguientes:

Modelos de factor de crecimiento

Modelos sintéticos de distribución

La diferencia entre uno y otro tipo reside en que mientras los primeros se limitan a la determinación de unos factores de crecimiento para aplicarlos a los volúmenes previamente conocidos de viajes actuales, los segundos, en su forma más habitual, establecen una relación entre el número de viajes realizados entre cada par de subzonas, su capacidad de atracción y generación de viajes y un factor de fricción expresable en función de la longitud del tiempo o del coste del viaje.

Reparto modal. En esta etapa se pretende establecer el volumen de desplazamientos que utilizará cada modo de transporte. Generalmente se suele distinguir entre transporte público y privado. En este reparto influyen de forma decisiva los costes o los tiempos de viaje, el nivel de servicio de los distintos modos de transporte y el nivel de renta de las personas que se desplazan.

Asignación a la red. Determinado el volumen de viajes que se desplazará por carretera, la fase final del proceso consiste en asignar estos viajes a la red. Según los criterios seguidos para la elección de los itinerarios resultan los siguientes grupos de modelos de asignación:

Modelos de asignación todo o nada

Modelos de restricción de capacidad

Los primeros, al suponer que todos los viajes se canalizan por el itinerario más corto o más barato, determinan en algunos tramos unas sobrecargas que no responden a la realidad. Superando esta limitación, los modelos de restricción de capacidad a través de un proceso iterativo de reajuste del tiempo o del coste del viaje, reparten los flujos entre los posibles itinerarios hasta conseguir una estabilización de los mismos.

El proceso descrito se simplifica mucho en proyectos de menos importancia en los cuales el análisis puede centrarse, sin grandes errores, en el tráfico directamente afectado. No obstante, en todo caso, estas simplificaciones deberán ser justificadas de forma adecuada.

3.4. PERIODO DE ANALISIS

El periodo de tiempo a considerar en el análisis de la demanda deberá guardar relación con la vida económica del proyecto. En general, no será preciso considerar periodos de más de 30 años dada la escasa importancia que tienen los flujos actualizados de costes y beneficios correspondientes a años posteriores al último del citado periodo.

4. COSTES

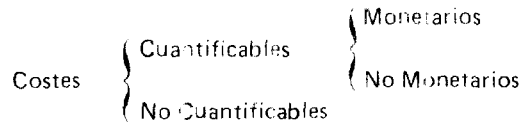
4. COSTES

4.1. DEFINICION, IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS COSTES

Este capítulo trata de la definición, identificación, clasificación, cuantificación y valoración de los costes de un proyecto de inversión en carreteras.

Se definen como costes de un proyecto, en sentido económico, los recursos reales escasos consumidos y los efectos negativos que, de una forma u otra, se derivan de la realización del proyecto.

A efectos de cuantificación y valoración, los costes de un proyecto pueden clasificarse de la siguiente forma:

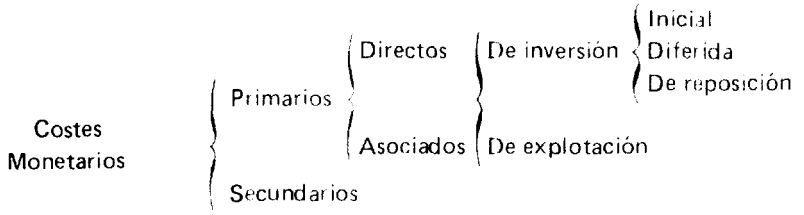


Son cuantificables aquellos costes susceptibles de ser medidos en cualquier tipo de unidad, sea o no monetaria.

Son no cuantificables aquellos costes que, debido a su propia esencia o a dificultades técnicas, no pueden cuantificarse. La realización de un proyecto puede producir efectos sociales o ambientales de difícil o imposible cuantificación pero que, sin embargo, son susceptibles de una calificación razonada.

Los costes cuantificables no monetarios son aquellos que no pueden expresarse en unidades monetarias. A este grupo pertenece fundamentalmente la degradación ambiental derivada del impacto del tráfico motorizado. Estos costes, por su propia naturaleza, no intervienen en los cálculos de rentabilidad tal y como se definen en el correspondiente capítulo. No obstante esto, deben considerarse con la amplitud y extensión adecuada a su importancia relativa.

Los costes monetarios, atendiendo a la forma en que se han generado, pueden clasificarse de la siguiente forma:



Los costes primarios de un proyecto de carreteras están constituidos por el valor de los bienes y servicios utilizados para el establecimiento y explotación de la infraestructura que el proyecto pretende implantar.

Los costes primarios pueden ser directos o asociados. Son costes directos los constituidos por el empleo de aquellos bienes y servicios necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto. Son costes asociados aquellos que, no siendo imprescindibles para alcanzar los fines del proyecto, contribuyen a una mejor utilización del mismo.

De acuerdo con su naturaleza los costes primarios se clasifican en costes de inversión y costes de explotación. Los costes de inversión pueden ser de inversión inicial; o de primer establecimiento, que son los que se realizan en el momento inicial, de inversión diferida, o costes diferidos en el tiempo; y de reposición, entendiendo como tales aquellos costes que es preciso realizar para reponer aquellas partes de la infraestructura que lo requieran (inversión de reposición). Los costes de explotación son aquellos que se producen a lo largo de la vida del proyecto y son necesarios para el buen funcionamiento de la infraestructura a implantar. Los costes primarios de un proyecto de inversión en carreteras pueden clasificarse de la siguiente forma:

a) Costes de inversión (de primer establecimiento y de reposición).

   Dentro de este grupo se incluyen los correspondientes a las siguientes partidas:

- Ingeniería y otros estudios técnicos y económicos.
- Dirección, inspección y control de obras.
- Adquisición de terrenos.
- Indemnizaciones y reposición de servidumbres.
- Obra civil: materiales, maquinaria, mano de obra.
- Otros.

b) Costes de explotación

Se incluyen en este grupo los siguientes:

- Mantenimiento y conservación.
- Otros gastos: alumbrado, control, etc.

Los costes secundarios son aquellos derivados de actividades económicas anteriores o posteriores a la primaria o inducida por el proyecto y que son consecuencia de la realización del mismo, así como los ocasionados por deseconomías externas derivadas del proyecto. Dadas las dificultades inherentes a su cuantificación no se tendrán en cuenta, por lo general, en los cálculos, si bien será preciso identificarlos y cuantificarlos en la medida de lo posible. En determinados casos pueden llegar a tener una importancia superior a la de los costes primarios y, por tanto, su consideración deberá llevarse a cabo de una forma más profunda.

4.2. CRITERIOS DE VALORACION DE LOS COSTES

En la determinación de los costes del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los costes financieros, amortizaciones, . . . etc, solamente serán tomados en consideración en el análisis financiero de la inversión en

estudio, que es objeto del capítulo 7.

- No se tendrá en cuenta la amortización de la inversión real, sin embargo, si se considerarán las inversiones de reposición y los costes de conservación que se computarán dentro del flujo de costes del proyecto.

En el caso que, debido a distorsiones existentes en el mercado, los precios de los factores empleados no reflejen sus verdaderos costes para la comunidad, será preciso establecer unos "precios–sombra" que reflejen realmente dichos costes.

En la valoración de los costes se utilizarán los precios de un año base que, en principio, será aquel en que se realiza la evaluación del proyecto.

En la estimación de los costes futuros solamente se tendrán en cuenta los efectos de los posibles procesos inflacionistas si se considera que los mismos pueden provocar un desequilibrio en los precios relativos de los factores y productos considerados en la evaluación económica del proyecto.

4.3. COSTES A CONSIDERAR EN LA EVALUACION

Por lo general en la determinación de los índices de rentabilidad solamente se considerarán los costes monetarios primarios, mientras que los costes monetarios secundarios únicamente se incluirán cuando, de forma paralela, los correspondientes beneficios secundarios puedan ser identificados, cuantificados y valorados para las diferentes alternativas en estudio. Con independencia de ésto, y cuando la importancia de estos efectos así lo justifique, será conveniente un estudio detallado de los mismos que permita completar la información obtenida a través de los cálculos de rentabilidad.

Igualmente, y cuando su relevancia así lo aconseje, los estudios de rentabilidad deberán incluir los costes cuantificables no monetarios e incluso tener en cuenta de algún modo los de carácter no cuantificable.

5. BENEFICIOS

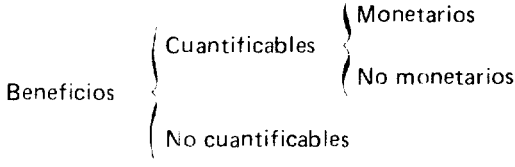
5. BENEFICIOS

5.1 DEFINICION, IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS BENEFICIOS

El presente capítulo trata de la definición, identificación, clasificación, cuantificación y valoración de los beneficios derivados de un proyecto de inversión en carreteras.

Los beneficios de un proyecto de inversión en carreteras, considerados de forma amplia, están constituidos por la reducción de los costes de transporte y por el conjunto de los demás efectos positivos que, desde el punto de vista económico, se producen como consecuencia de la realización de dicho proyecto.

Análogamente a los costes, los beneficios, a efectos de cuantificación y valoración, pueden clasificarse de la siguiente forma:



Siendo los conceptos incluidos en esta clasificación análogos a los recogidos en el correspondiente capítulo de costes, no se considera necesario reiterar su definición.

Los beneficios cuantificables no monetarios son los que se derivan de los siguientes efectos:

- Reducción de la contaminación atmosférica o acústica y de la intrusión visual.

- Protección del patrimonio histórico—artístico.

- Otros efectos de signo positivo que, por sus características especiales, no puedan ser valorados.

Estos efectos, por su propia naturaleza requieren un análisis específico que incluirá la identificación y cuantificación de las ventajas que, en este aspecto, se derivan de cada una de las alternativas en estudio.

Los beneficios monetarios, a su vez, se pueden descomponer de la siguiente forma:

Beneficios Monetarios { Primarios / Secundarios

Los beneficios primarios de un proyecto de inversión en carreteras están constituídos por las potenciales reducciones de los costes de transporte, que deben incluir la parte correspondiente a la imputación de los gastos de explotación de la infraestructura, derivadas de la realización del proyecto.

A efectos de identificación, los beneficios primarios que con carácter prioritario deberán tomarse en consideración en los cálculos de rentabilidad son los que aparecen como consecuencia de una reducción de los gastos de funcionamiento de los vehículos, de una disminución del tiempo de viaje y de una mayor seguridad y comodidad a los que habría que añadir una eventual disminución de los costes de explotación de la carretera, en el caso en que se produzca esta circunstancia.

Los componentes que intervienen en la formación del coste de funcionamiento de los vehículos pueden ordenarse en dos grandes grupos, según sean o no independientes de la velocidad de circulación.

a) Costes de funcionamiento independientes de la velocidad de circulación.

Dentro de este grupo se considerarán los siguientes costes:

- Garaje

- Seguros

- Interés del capital

- Amortización

- Mantenimiento (engrase, lavados, pintura, etc.)

- Reparaciones y repuestos

b) Costes de funcionamiento dependientes de la velocidad de circulación.

Se incluirán en este grupo los siguientes costes:

- Consumo de combustible

- Consumo de lubricantes

- Desgaste y reparaciones de cámaras y cubiertas.

La disminución de los costes de transportes por reducción del tiempo de viaje puede venir producida por un aumento de la velocidad de circulación, por una disminución de las demoras o de la longitud total del viaje, o por una combinación de estos factores.

Las ventajas derivadas de un aumento de la seguridad y comodidad pueden estar originadas por múltiples factores, tales como mejoras en la señalización, ampliación de calzadas, acondicionamiento de intersecciones, mejora del pavimento, etc.

Los beneficios asignables a la inversión por un aumento de la seguridad y comodidad del tráfico se reflejan en reducciones en las tasas de accidentes. La determinación de tales beneficios exige la valoración adecuada de los correspondientes costes que, a estos efectos, pueden agruparse de la siguiente forma:

a) Costes cuantificables

- Reparación de los vehículos y de los bienes afectados

- Gastos de hospitalización de las víctimas

- Pérdidas de producción de las personas y bienes afectados

- Gastos por intervención administrativa y jurídica.

b) Costes no cuantificables

- Corresponde a todos aquellos costes de tipo material que sufren las personas afectadas.

Los beneficios derivados de una mayor comodidad son percibidos por los usuarios en forma de una mayor satisfación en la realización del viaje. Su identificación, cuantificación y valoración es por lo general muy compleja lo que aconseja una justificación adecuada de las hipótesis que se establezcan.

Entre las variables de mayor incidencia en la comodidad deben destacarse las siguientes:

- Paradas y cambios bruscos de velocidad

- Seguridad de la carretera

- Intensidades de tráfico

- Visibilidad

- Tipo y estado del pavimento.

La necesidad de cuantificar y valorar estas ventajas se deriva del hecho de que muchas veces es precisamente esta circunstancia la que inclina al usuario de la carretera a elegir alternativas más confortables aún con costes de funcionamiento mayores. La forma de valorar esta diferencia de comodidad frente a otras alternativas de viaje puede hacerse asignando a la carretera más cómoda una cantidad expresada en términos monetarios, a manera de bonificación, que refleje esta diferencia.

Dentro de los tres grupos principales de costes, funcionamiento, tiempo y seguridad y comodidad, será necesario distinguir entre transporte de viajeros, público y privado, y transporte de mercancías, dada la distinta naturaleza de cada uno de ellos.

Los beneficios secundarios son aquellos derivados de actividades económicas anteriores o posteriores a la primaria o inducida por el proyecto y que son consecuencia de la realización del mismo, así como los ocasionados por economías externas derivadas del proyecto. Dadas las dificultades que entraña su identificación y cuantificación no suelen incluirse en los cálculos de rentabilidad si bien, en los casos que su importancia lo justifique, será conveniente proceder a su estudio y análisis con independencia de dichos cálculos.

5.2. CRITERIOS PARA LA VALORACION DE LOS BENEFICIOS

A efectos de valoración de los beneficios cuantificables en forma monetaria deberán considerarse dos tipos de costes de transporte: los costes en los que incurre el usuario y aquellos soportados por la colectividad.

Los costes para el usuario incluyen aquellos que éste, de forma directa o indirecta, ha de soportar por la realización del viaje.

Los costes para la colectividad son los que reflejan, desde el punto de vista de ésta, el valor de los recursos económicos consumidos como consecuencia de la realización del viaje que se considera.

La diferencia fundamental que existe entre unos y otros es doble, pues mientras los primeros incluyen conceptos de gastos que son meras transferencias de unos sectores económicos a otros y que, por tanto, no suponen un consumo de recursos para la colectividad, dentro de los costes para la colectividad deben incluirse aquellas partidas que reflejan los costes de carácter social y que, por no incidir de forma directa sobre el usuario, no se contabilizan como costes individuales.

Por otra parte, mientras que los costes del usuario se contabilizan a precios de mercado, los costes para la colectividad requieren un estudio

más profundo que defina si es preciso el establecimiento de unos precios sombra o precios de oportunidad que reflejen el valor real de los recursos consumidos.

En general, en los estudios y análisis de la demanda se aplicarán los costes para el usuario mientras que en los cálculos dirigidos a determinar la rentabilidad económica y social de los proyectos deberán utilizarse los costes para la colectividad.

5.3. BENEFICIOS A CONSIDERAR Y SU EVALUACION

En los cálculos de rentabilidad que se sistematizan en el Capítulo 6 de esta Metodología solamente se considerarán beneficios monetarios primarios. Los beneficios secundarios únicamente se incluirán en dichos cálculos cuando los correspondientes costes hayan sido igualmente identificados, cuantificados y valorados. Por otra parte, y cuando su importancia así lo justifique, estos efectos secundarios deberán incluirse en un estudio complementario que comprenderá, en el caso que sea posible, los beneficios no monetarios y los de carácter no cuantificable.

Para la obtención de los beneficios primarios de un proyecto de carreteras se seguirán las siguientes etapas:

- Determinación de los costes de circulación para los diferentes tramos o itinerarios que pueden considerarse en las distintas alternativas a comparar.

- A partir de los costes así obtenidos, se determinarán los beneficios primarios sumando los beneficios parciales obtenidos multiplicando los tráficos de los diferentes tramos o itinerarios por la diferencia entre los costes de circulación en que incurriría el usuario en el supuesto que no se modificara la situación actual y los correspondientes a cada una de las distintas alternativas en estudio.

5.3.1. Determinación de los costes de circulación por vehículo

La obtención de los costes de circulación por vehículo requiere la determinación previa de unos datos básicos sobre el coste de funcionamiento por vehículo–kilómetro de las distintas categorías de vehículos en función de las características geométricas (longitud, anchura y pendiente del tramo), físicas (clase y estado del firme) y funcionales (velocidad, intensidad y clases de tráfico) de las carreteras así como de los valores a asignar al tiempo y a las pérdidas, humanas y materiales, derivadas de un accidente de carretera. Igualmente, y en el caso que se considere en la evaluación, será preciso disponer de unos valores unitarios representativos de una mayor comodidad en la circulación.

El coste de funcionamiento por vehículo–kilómetro se obtiene determinando empíticamente para unos vehículos tipo, previamente seleccionados y representativos de las distintas categorías de transporte de personas y mercancías, los costes parciales correspondientes a las siguientes partidas:

- Amortización
- Mantenimiento
- Reparaciones y repuestos
- Consumo de combustibles
- Consumo de lubricantes
- Desgaste y reparación de cámaras y cubiertas

La agregación de los costes parciales correspondientes a cada una de las partidas relacionadas permite obtener los costes de funcionamiento de cada vehículo tipo en unidades monetarias por vehículo–kilómetro en función de las características de la carretera.

En cuanto al valor unitario a asignar al tiempo, medido en unidades monetarias por tipo de vehículo y unidad de tiempo, se obtiene a través de

encuestas y estudios específicos de transporte que permiten la determinación de dicho valor para el automovil de turismo, el autocar y el vehículo pesado dedicado al transporte de mercancías.

Igualmente, y mediante los oportunos estudios económicos, se determina el coste unitario de un accidente que, por otro lado, deberá reflejar el valor de las pérdidas humanas y materiales que sufre la colectividad como consecuencia de un accidente de carretera.

Finalmente, la bonificación representativa de una mayor comodidad en la circulación se expresa en unidades monetarias por vehículo–kilómetro y se aplica, a manera de prima, al tráfico correspondiente a la alternativa más cómoda.

A partir de estos valores unitarios se obtienen los costes de circulación de los diferentes tramos que pueden considerarse en la carretera segun sus características geométricas, físicas y funcionales sumando los siguientes costes parciales:

- Coste de funcionamiento en el tramo obtenido multiplicando el coste de funcionamiento unitario por la longitud del tramo.

- Coste del tiempo empleado en el tramo igual al producto del tiempo utilizado en el recorrido del tramo por el coste unitario correspondiente.

- Coste de los accidentes esperados del tramo igual al producto de la tasa media de accidentes en el tramo (medida en número de accidentes por veh x km) por la longitud del tramo y por el coste medio asignado a los accidentes.

5.3.2. Determinación de los beneficios primarios

Para obtener los beneficios monetarios primarios del proyecto en el año *t* se sumarán los productos de los tráficos de los distintos tramos por la diferencia entre los costes de circulación que resultarán en el tramo y en el año de referencia en el caso que no se realizara el proyecto, o alternativa

"sin proyecto", y los que resultarán en el caso que se realice el proyecto en estudio, o alternativa "con proyecto".

En cuanto a la forma de estimar estos beneficios hay que tener presente que, así como para el tráfico normal y el tráfico atraído los beneficios vienen dados por los productos de los respectivos tráficos por la diferencia de los costes de circulación entre la alternativa "sin proyecto" y la alternativa "con proyecto", para el tráfico generado dichos productos deben afectarse del coeficiente 1/2 por suponer que dicho tráfico varía linealmente con relación a la diferencia de los costes de circulación de las dos alternativas.

En el Anejo de Cálculo de esta Metodología se ofrece la forma de determinar los costes de circulación de un vehículo por tramo y por itinerario así como los beneficios primarios derivados de un proyecto de carreteras en los supuestos de mejora de una carretera existente y construcción de una nueva carretera.

6. ANALISIS ECONOMICO

6. ANALISIS ECONOMICO

6.1. INTRODUCCION

La determinación de la rentabilidad económica de un proyecto se realiza por comparación de sus costes y beneficios. Esta comparación debe contemplarse de forma objetiva considerando las repercusiones del proyecto sobre la economía en su conjunto, con independencia de su financiación y de las personas o entidades que perciben sus beneficios.

El cálculo de la rentabilidad económica de un proyecto parte de la determinación de los costes y beneficios del mismo, evaluados según un sistema de valores previamente establecido, y culmina con la obtención de unos índices de rentabilidad que tratan de reflejar, desde un punto de vista economico, el interés de la realización de la correspondiente inversión.

Teniendo en cuenta que en el cálculo de los índices de rentabilidad económica, normalmente, no es viable considerar nada más que los efectos primarios del proyecto, resulta indispensable completar el cálculo de dichos índices con una serie de estudios económicos complementarios en los que se tengan en cuenta los efectos secundarios e incluso aquellos otros efectos que, por su naturaleza, no puedan cuantificarse o valorarse y que, por tanto, no han podido incluirse en los análisis anteriores.

En el cálculo de la rentabilidad se utilizarán valores actualizados con el fin de poder efectuar una comparación objetiva entre los costes y beneficios anuales que se producen a lo largo de la vida económica del proyecto.

El cálculo de la rentabilidad se referirá a un período de tiempo que se denomina período de análisis de la inversión. Este período debe delimitarse en función de la vida útil y económica del proyecto y de la tasa de actualización adoptada para el cómputo de costes y beneficios.

La vida útil de un proyecto depende de la duración de las instalaciones y equipos que lo integran. Transcurrido un cierto tiempo, el valor residual de la inversión será función de su valor inicial y de la vida útil de los diferentes elementos que la componen.

La vida económica del proyecto es el período de tiempo durante el cual el proyecto puede rendir beneficios. En principio, y salvo circunstancias excepcionales, podría considerarse indefinida. Por ello, al limitarse el cálculo de la rentabilidad al período de análisis de la inversión, necesariamente limitado, dejarán de computarse los costes y beneficios correspondientes a los años posteriores a dicho período.

Sin embargo, y para tasas de actualización del orden del 10 por ciento y periodos de análisis próximos a los 30 años, los costes y beneficios actualizados de los años posteriores al último del período no suponen más de un 5–10 por ciento del coste o beneficio total actualizado del período. Por esta razón, y salvo casos particulares que requieren estudios especiales, es aconsejable adoptar períodos de análisis del orden de 30 años.

La misma razón aconseja prescindir del valor residual de la inversión, pese a la larga duración de alguno de sus componentes (explanaciones, obras de fábrica, etc), ya que su valor actualizado es inferior, por lo general, al 5 por ciento del coste total actualizado.

6.2. CALCULOS DE LA RENTABILIDAD ECONOMICA

6.2.1. Indices de rentabilidad

A partir de los valores actualizados de los costes y beneficios del proyecto expresados por las fórmulas:

$$B = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}$$

$$C = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

B_t = Beneficios primarios en el año *t*.
C_t = Costes primarios en el año *t*.
n = Periodo de análisis
r = Tasa de actualización o descuento

Se definen los siguientes índices de rentabilidad

- Valor actual Neto (VAN) = B–C.

  Es igual a la diferencia entre los valores actualizados, a la tasa de descuento elegida, de los flujos de beneficios y costes del proyecto.

- Relación Beneficio–Coste (B/C) = $\frac{B}{C}$

  Es igual a la relación de los valores actualizados, a la tasa de descuento elegida, de los arriba citados flujos de beneficios y costes del proyecto.

- Tasa Interna de rendimiento (TIR).

  Es igual a la tasa de descuento que iguala los valores actualizados de costes y beneficios del proyecto o, lo que es lo mismo, aquella tasa a la que corresponda un valor actual neto nulo.

- Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

  Es igual al cociente entre el beneficio producido durante el primer año de explotación del proyecto y el valor de los costes actualizados, a la tasa de descuento elegida, hasta la misma fecha.

- Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

  Es igual al período de tiempo para el que se verifica que el valor actualizado, a la tasa de descuento elegida, del flujo de beneficios del proyecto supera al valor actualizado de los costes.

El período de Recuperación de la Inversión es el índice económico correlativo al Período de Recuperación de Capital que se define en el Capítulo de análisis financiero.

Si bien este último ha tenido una amplia difusión en análisis financiero, la utilización del primero en análisis económico ha sido mucho

menos frecuente, pese al indudable interés que puede representar en ciertos casos.

En el Anejo de Cálculos de esta Metodología, se ofrecen las expresiones matemáticas de los índices de rentabilidad.

Para que un proyecto sea rentable, los valores de los índices deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$VAN \geqslant 0$$

$$B/C \geqslant 1$$

$$TIR \geqslant r$$

$$PRI \leqslant n$$

Dada la amplia variedad de proyectos que puede incluir el Sector de Carreteras, desde simples inversiones de conservación hasta las grandes realizaciones en autopista, no es posible establecer un umbral mínimo para la Tasa Interna de Rendimiento aunque, en pura teoría, dicho umbral vendrá condicionado por el coste de oportunidad del capital al cual nunca podrá ser inferior.

6.2.2. Criterios de elección de alternativas

La determinación de los valores que adoptan los diferentes índices de rentabilidad para las distintas alternativas en estudio, permite su ordenación de acuerdo a su mayor o menor rentabilidad.

Entre los diferentes índices a utilizar, la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) es el más adecuado cuando la vida del agente inversor se puede considerar ilimitada y existen múltiples ocasiones de invertir a lo largo del tiempo. Por otra parte, la determinación de este índice no requiere el establecimiento previo de una tasa de actualización como sucede con el resto de los índices definidos.

Esta ventaja es sólo aparente puesto que para que el proyecto se pueda considerar rentable es necesario que el valor que alcance dicho

índice sea superior a la tasa de actualización, lo que exige el conocimiento previo de esta última.

En cuanto a los restantes índices de rentabilidad, se recomienda su determinación en aquellos casos en que sea preciso complementar la información que proporciona la Tasa Interna de Rendimiento (TIR).

6.3. ESTUDIOS DE LA RENTABILIDAD ECONOMICA

Los estudios económicos que completan al cálculo del índice de rentabilidad tienen por objeto determinar el interés de la inversión en cuestión desde una perspectiva más amplia que la contemplada en los cálculos de rentabilidad ya que consideran, junto a los efectos secundarios del proyecto, aquellos otros que, por no ser cuantificables o valorables, no pueden incluirse en los cálculos de rentabilidad.

El campo de aplicación de tales estudios se extenderá al ámbito territorial directa o indirectamente afectado por la inversión.

Uno de los efectos secundarios más destacados de un proyecto es su posible contribución al desarrollo económico de la zona afectada por el mismo. En este sentido, deberá considerarse su impacto sobre los niveles de producción y de empleo de los diferentes sectores de la economía y su potencial influencia sobre la redistribución de la población y de la renta. Dado que, por lo general, estos efectos son consecuencia de un conjunto integrado de inversiones, junto a la inversión en carretera deberán considerarse las inversiones complementarias necesarias para alcanzar los citados efectos.

Entre los efectos no valorables en términos monetarios se estudiarán los efectos, positivos o negativos, provocados por la inversión sobre el medio ambiente, tales como la posible incidencia del proyecto en los niveles de ruido y de contaminación atmósférica y su impacto sobre el paisaje de la zona circundante.

Para poder introducir estos efectos en los procesos de la evaluación será conveniente, dada su heterogeneidad y la dificultad de su valoración

en términos monetarios, establecer unos criterios objetivos que permitan, en cierta forma, medir el impacto de las distintas alternativas en estudio sobre el medio ambiente así como un sistema de ponderación que facilite la síntesis de los objetivos de política ambiental con los de política del transporte y los de política territorial. En esta línea de actuación, las técnicas de análisis multicriterio, que por su carácter integrador permiten la consideración conjunta de las distintas facetas a contemplar en un estudio de rentabilidad, pueden ser de gran utilidad.

7. ANALISIS FINANCIERO

7. ANALISIS FINANCIERO

7.1. INTRODUCCION

En el presente Capítulo se tratan las cuestiones relativas al estudio del proyecto desde el punto de vista financiero, con cuya consideración se complementa el estudio de la inversión.

Mientras que el análisis económico tiene como principal objetivo determinar la rentabilidad económica del proyecto desde el punto de vista de la colectividad, el análisis financiero, mediante la consideración de sus flujos de ingresos y gastos monetarios, pretende determinar la rentabilidad y viabilidad de la inversión desde el punto de vista de los agentes interesados en la misma.

Por esta razón el análisis financiero sólo tiene sentido en aquellos proyectos que, como contrapartida a la corriente de gastos, generan unos ingresos monetarios por el pago de peajes o tarifas, tasas, impuestos, etc., y/o cuando el agente ejecutor percibe subvenciones o recibe aportaciones monetarias en razón de las inversiones que realiza.

7.2. CALCULOS DE LA RENTABILIDAD FINANCIERA

Los cálculos de rentabilidad tienen por objeto determinar, a partir de las corrientes de gastos e ingresos monetarios derivados de la realización y explotación del proyecto, unos índices de rentabilidad que intentan reflejar el interés de la inversión desde un punto de vista estrictamente financiero.

Para el análisis financiero del proyecto será preciso considerar la totalidad de los flujos esperados de ingresos por todos los conceptos originados por el mismo, estimados a precios de mercado, para el período de análisis fijado para el proyecto o de la concesión en su caso.

7.2.1. Gastos a considerar en la evaluación

La previsión de la corriente de gastos incluirá los gastos de inversión y de explotación, comprendiendo dentro de éstos los correspondientes a personal, instalaciones, gastos generales, etc. También se considerarán los gastos financieros, en el caso de que se recurra a fuentes de financiación ajenas al agente ejecutor.

7.2.2. Ingresos a considerar en la evaluación

La previsión de ingresos se realizará añadiendo a las recaudaciones percibidas por el cobro de peajes o tarifas, impuestos, etc., las subvenciones o aportaciones monetarias que previsiblemente hayan de recibirse y que supongan entradas monetarias reales asignables al proyecto para el agente ejecutor.

Las corrientes de pagos e ingresos se considerarán en períodos anuales y se actualizarán de la misma forma que se hace en el cálculo de rentabilidad económica. Esta actualización se extenderá a un periodo de análisis que se determinará previamente y que será igual a la vida de la concesión, en el caso en que exista esta figura administrativa.

7.2.3. Indices de rentabilidad

Los principales índices de rentabilidad que se utilizan en cálculos de esta naturaleza son el Valor Actual Neto (VAN), la Relación Ingresos—Gastos (I/G), la Tasa Interna de rendimiento (TIR) y el Período de Recuperación del Capital (PRC), que se definen de forma análoga a los correspondientes índices de rentabilidad económica sin más que cambiar el concepto de Beneficio (B) por el de Ingreso (I) y el de Coste (C) por el de Gasto (G).

Entre los índices de rentabilidad financiera citados, los más interesantes son la Tasa Interna de Rendimiento y el Período de Recuperación de Capital, si bien la utilización de los restantes puede ser recomendable en el caso de que sea necesario complementar la información que proporcionan los índices de referencia.

7.3. ESTUDIOS DE LA RENTABILIDAD FINANCIERA

Los estudios sobre la rentabilidad financiera tratan de determinar la viabilidad real del sistema de financiación adoptado para el desarrollo del proyecto y complementan los resultados obtenidos con los cálculos de rentabilidad financiera presentando un juicio crítico del plan financiero del agente ejecutor.

Con vistas a este objetivo, estos estudios deberán incluir un análisis de las fuentes de financiación con especial consideración a la evolución del mercado de capitales y a los criterios del Gobierno en materia de financiación.

8. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

8. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

8.1. NECESIDAD Y OBJETIVOS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Las hipótesis y estimaciones que necesariamente han de realizarse en un proceso de evaluación introducen cierto nivel de incertidumbre en los resultados. El análisis de sensibilidad tiene por objeto determinar la variación que se produciría en dichos resultados como consecuencia de posibles desviaciones de los valores asignados a las variables que intervienen en los cálculos contemplados en los capítulos anteriores.

Dado que todas las variables no afectan en la misma medida a los índices de rentabilidad, el primer paso de un análisis de sensibilidad será identificar aquellas variables cuyas variaciones influyen en mayor grado en los resultados.

8.2. VARIABLES DE MAYOR INCIDENCIA EN LOS CALCULOS DE RENTABILIDAD

De forma indicativa se enumeran aquellas variables cuya influencia sobre la rentabilidad del proyecto suele ser mayor:

- Partidas de gasto que suponen un alto porcentaje en los costes de instalación y explotación.
- Tasas de generación y atracción de viajes.
- Tasas de accidentes.
- Valores atribuidos al tiempo y a los accidentes.
- Costes de oportunidad del capital en cálculos económicos e intereses de mercado en cálculos financieros.
- Estructura y nivel de tarifas en cálculos financieros.

Una vez seleccionadas las variables de mayor impacto en las partidas de costes y beneficios, ingresos y gastos, se realizarán estudios y análisis más detallados con el fin de obtener un mejor conocimiento de las mismas y una mayor fiabilidad en los resultados alcanzados.

Sin embargo como, a pesar de esta mayor precisión en las estimaciones, siempre subsistirá un cierto nivel de incertidumbre, será conveniente determinar hasta qué punto se verá afectada la rentabilidad del proyecto por posibles desviaciones de los valores asignados a las variables.

El análisis de sensibilidad se realiza en la práctica asignando diferentes valores a las variables seleccionadas para, posteriormente, determinar el impacto de cada una de ellas sobre los índices de rentabilidad que se utilicen. Algunas de las variables tendrán efectos poco importantes sobre los resultados mientras que otras, por el contrario, influirán de forma decisiva en los mismos.

8.3. CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad concluirá con un informe que detalle con claridad la sensibilidad de los resultados obtenidos ante posibles variaciones en el valor de las variables. El informe deberá acompañarse de un juicio crítico objetivo sobre la fiabilidad de tales resultados.

En dicho informe se tendrá en cuenta, en la medida que sea posible, la probabilidad de que se produzcan las variaciones consideradas en el análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad, al proporcionar información sobre la fiabilidad de los resultados obtenidos en los análisis de rentabilidad, constituye un criterio adicional de gran importancia en la toma de decisiones.

9. EFECTOS ECONOMICOS INDIRECTOS Y EFECTOS SOBRE OTROS OBJETIVOS DE POLITICA ECONOMICA, SOCIAL Y SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

9. EFECTOS ECONOMICOS INDIRECTOS Y EFECTOS SOBRE OTROS OBJETIVOS DE POLITICA ECONOMICA, SOCIAL Y SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

9.1. EFECTOS SECUNDARIOS

Los objetivos de un proyecto de carreteras no se limitan, exclusivamente, a la obtención de beneficios primarios, ya que en general, todos los proyectos persiguen objetivos múltiples y no sólamente el de incrementar la renta. En el estudio de la rentabilidad económica sólo se han tenido en cuenta los efectos primarios sobre la renta con el fin de poder comparar proyectos entre sí, de una forma homogénea, puesto que la dificultad de cuantificar los otros efectos con una misma unidad de medida puede hacer muy compleja la comparación.

En cuanto a los beneficios y costes secundarios derivados de economías y deseconomías externas su diversidad no permite hacer a priori una relación total de los mismos y por lo tanto se enumeran aquí, a título de ejemplo, algunos de ellos:

- Aumento de costes unitarios de empresas ajenas al proyecto por congestión de la infraestructura básica existente en la zona (carreteras, ferrocarriles, red de alcantarillado, etc. . .).

- Disminución de costes por aprovechamiento de la nueva infraestructura creada por el proyecto, entendida ésta en un sentido amplio, una vez deducidos los beneficios primarios del proyecto ya considerados en capítulos anteriores.

- Incidencia directa del proyecto sobre actividades cercanas o relacionadas.

Si el proyecto permite la salida al mercado de bienes susceptibles de ser producidos en la zona geográfica, la actividad económica inducida (beneficios secundarios) puede contar ya con una economía externa que le permitirá expandir sus efectos en el espacio con una gran dinamicidad.

Existen otros efectos del proyecto entre los que se pueden señalar, como más importantes los siguientes:

- Efectos sobre la distribución de la renta
- Efectos sobre el empleo
- Efectos sobre la balanza comercial
- Efectos sobre la red de transporte
- Efectos sobre el medio ambiente

La estimación de tales efectos se enfrenta con problemas similares a los anteriores y por lo tanto, sólo se dan indicaciones respecto a la forma general de suministrar la información, que podrá variar para cada caso concreto según las circunstancias.

Los efectos de un proyecto sobre la distribución de la renta pueden ser analizados desde cuatro puntos de vista: el de la distribución funcional, personal, espacial y sectorial. En algunos casos estos cuatro tipos de análisis pueden abordarse conjuntamente.

Sin embargo, dada la importancia que en determinados casos pueden alcanzar estos otros efectos, se indican en el presente capítulo los criterios básicos para que en el análisis de los proyectos se suministre información a este respecto.

9.2. TIPOS DE EFECTOS SECUNDARIOS Y SU IDENTIFICACION

Estos efectos pueden ser de dos tipos:

- Costes y beneficios secundarios que afectan a la renta
- Efectos positivos y negativos sobre los demás objetivos que no son el aumento de la renta

Como ya se ha indicado, en los puntos 4.1 y 5.1 los costes y beneficios secundarios son aquellos derivados de actividades económicas anteriores o posteriores a la primaria o inducida por el proyecto y que son consecuencia de la realización del mismo; y aquellos otros ocasionados por economías y deseconomías externas, derivadas del proyecto.

A efectos de identificación, los primeros aparecerán en las actividades económicas que surgen como consecuencia del proyecto. Sin embargo, estos beneficios y costes solo serán atribuibles al proyecto cuando no hubieran tenido lugar en ausencia de éste. Debido a la dificultad de conocer cuando estas actividades son atribuibles o no al proyecto, el análisis se limitará a indicar las actividades secundarias que potencialmente pueden ser inducidas por la actividad primaria específica de aquel.

Desde el punto de vista de la distribución funcional deben analizarse los efectos del proyecto sobre la misma; desde el punto de vista personal, los efectos sobre los distintos grupos de habitantes de la zona clasificada por escalones de renta; desde el punto de vista espacial los efectos sobre diferentes áreas geográficas en la propia zona del proyecto y en las limítrofes a ésta; y, por último, desde el punto de vista sectorial, los efectos sobre los diferentes sectores.

Desde cualquiera de estos puntos de vista debe analizarse la distribución de la renta con y sin el proyecto y deben presentarse los resultados de la comparación de ambas situaciones.

Las clasificaciones indicadas en este apartado deberán desagregarse según las características del proyecto que se evalúe. Un mayor grado de desagregación permitirá una mejor determinación de los efectos del proyecto sobre la distribución de la renta.

Los efectos sobre el empleo son especialmente importantes. Los efectos que serán objeto de análisis son la disminución del subempleo y la creación de puestos de trabajo en los distintos sectores.

Los efectos del proyecto sobre el comercio deberán ser analizados en mayor o menor grado dependiendo de la naturaleza del proyecto.

Los efectos sobre el sistema de transporte, pueden ser importantes si para la salida de los bienes producidos en la zona resultan insuficientes los medios existentes.

Aunque los efectos sobre el medio ambiente son, en general, difíciles de cuantificar, es evidente que en muchos casos son de gran importancia fundamentalmente en lo que al impacto sobre el territorio se refiere.

Sin ánimo de ser exahustivos se pueden enumerar los siguientes:

- Efectos positivos
  Acciones contenidas en el proyecto tendentes a mejorarlo.

- Efectos negativos
  Contaminación atmósférica
  Deterioro o destrucción del paisaje o de monumentos histórico–artísticos
  Intrusión visual
  Ruidos

ANEJO DE CALCULOS

ANEJO DE CALCULOS

A.1. SIMBOLOS

Símbolo	Identificación
c_t	Coste del tiempo por vehículo y hora.
c_a	Coste medio de un accidente.
$l^{(x, x+1)}$	Longitud del tramo (x, x + 1).
$t^{(x,x+1)}$	Tiempo empleado en el recorrido del tramo (x, x + 1)
$c_c^{(x,x+1)}$	Coste de funcionamiento en el tramo (x, x + 1) por veh. y km.
$P_a^{(x,x+1)}$	Tasa media de accidentes en el tramo (x, x + 1).
$C_T^{(x,x+1)}$	Coste del tiempo empleado por un vehículo en el recorrido del tramo (x, x + 1).
$C_A^{(x,x+1)}$	Coste medio por vehículo de los accidentes esperados en el tramo (x, x + 1).
$C_F^{(x,x+1)}$	Coste de funcionamiento por vehículo en el tramo (x,x+1).
$C^{(x,x+1)}$	Coste de circulación por vehículo en el tramo (x, x + 1).
$C^{(i,j)}$	Coste de circulación por vehículo en el itinerario único de origen *i* y destino *j*.
$C^{(i,j)k}$	Coste de circulación por vehículo en el itinerario *k* de origen *i* y destino *j*.
$C_{ot}^{(x,x+1)}$	Coste de circulación por vehículo en el tramo (x, x + 1) en el año *t* en la alternativa "sin proyecto".
$C_{ot}^{(i,j)}$	Coste de circulación por vehículo en el itinerario único de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "sin proyecto".

Símbolo	Identificación
$C_{ot}^{(i,j)k}$	Coste de circulación por vehículo en el itinerario k de origen i y destino j en el año t en la alternativa "sin proyecto".
$C_{ot}^{'}$	Coste de circulación por vehículo en otras vías o modos de transporte alternativos en el año t.
$T_{ot}^{(x,x+1)}$	Tráfico del tramo $(x, x+1)$ en el año t en la alternativa "sin proyecto".
$T_{ot}^{(i,j)}$	Tráfico del itinerario único de origen i y destino j en el año t en la alternativa "sin proyecto".
$T_{ot}^{(i,j)k}$	Tráfico del itinerario k de origen i y destino j en el año t en la alternativa "sin proyecto".
$C_{1t}^{(x,x+1)}$	Coste de circulación por vehículo en el tramo $(x, x+1)$ en el año t en la alternativa "con proyecto".
$C_{1t}^{(i,j)}$	Coste de circulación por vehículo en el itinerario único de origen i y destino j en el año t en la alternativa "con proyecto".
$C_{1t}^{(i,j)k}$	Coste de circulación por vehículo en el itinerario primitivo k de origen i y destino j en el año t en la alternativa "con proyecto".
$C_{1t}^{(i,j)l}$	Coste de circulación por vehículo en el nuevo itinerario l de origen i y destino j en el año t en la alternativa "con proyecto".
$T_{gt}^{(x,x+1)}$	Tráfico generado del tramo $(x, x+1)$ en el año t en la alternativa "con proyecto".
$T_{at}^{(x,x+1)}$	Tráfico atraído del tramo $(x, x+1)$ en el año t en la alternativa "con proyecto".

Símbolo	Identificación
$T_{gt}^{(i,j)}$	Tráfico generado del itinerario único de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{at}^{(i,j)}$	Tráfico atraído del itinerario único de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{nt}^{(i,j)k}$	Trafico normal del itinerario primitivo *k* de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{nt}^{(i,j)l}$	Tráfico normal del nuevo itinerario *l* de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{gt}^{(i,j)k}$	Tráfico generado del itinerario primitivo *k* de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{gt}^{(i,j)l}$	Tráfico generado del nuevo itinerario *l* de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{at}^{(i,j)k}$	Tráfico atraído del itinerario primitivo *k* de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$T_{at}^{(i,j)l}$	Tráfico atraído del nuevo itinerario *l* de origen *i* y destino *j* en el año *t* en la alternativa "con proyecto".
$B_{nt}^{(x,x+1)}$	Beneficios percibidos por el tráfico normal del tramo (x, x + 1) en el año *t*.
$B_{gt}^{(x,x+1)}$	Beneficios percibidos por el trafico generado del tramo (x, x + 1) en el año *t*.
$B_{at}^{(x,x+1)}$	Beneficios percibidos por el tráfico atraído del tramo (x, x + 1) en el año *t*.
$B_{t}^{(x,x+1)}$	Beneficio asignable al tramo (x, x + 1) en el año *t*.

Símbolo	Identificación
$B_{nt}^{(i,j)}$	Beneficios percibidos por el tráfico normal de origen *i* y destino *j* en el año *t*.
$B_{gt}^{(i,j)}$	Beneficios percibidos por el tráfico generado de origen *i* y destino *j* en el año *t*.
$B_{at}^{(i,j)}$	Beneficios percibidos por el tráfico atraído de origen *i* y destino *j* en el año *t*.
$B_{t}^{(i,j)}$	Beneficios percibidos por el tráfico de origen *i* y destino *j* en el año *t*.
B_t	Beneficios primarios del proyecto en el año *t*.
C_t	Costes primarios del proyecto en el año *t*.
I_t	Ingresos del proyecto en el año *t*.
G_t	Gastos del proyecto en el año *t*.
n	Período de análisis de la inversión.
r	Tasa de actualización o descuento.

A.2. CALCULOS

A.2.1. Determinación de los costes de circulación

a) Coste de circulación del tramo (x, x + 1).

El coste de circulación de un vehículo en el tramo (x, x + 1) es igual a la suma de los costes correspondientes al funcionamiento del vehículo en el tramo (x, x + 1), al tiempo utilizado en su recorrido y a los accidentes esperados en el mismo. Se tendrá por tanto:

$$C^{(x,x+1)} = C_F^{(x,x+1)} + C_T^{(x,x+1)} - C_A^{(x,x+1)} = c_f^{(x,x+1)} \cdot l^{(x,x+1)} + c_t \cdot t^{(x,x+1)} +$$

$$+ P_a^{(x,x+1)} \cdot c_a \cdot l^{(x,x+1)}$$

b) Costes de circulación del itinerario (i, j)

El coste de circulación de un vehículo en el itinerario (i, j) de origen y destino *j* es igual a la suma de los costes de circulación por vehículo en los diferentes tramos (x, x + 1) que, de acuerdo con sus características geométricas, físicas y funcionales, pueden diferenciarse en el itinerario. De acuerdo con esto se tendrá:

$$C^{(i,j)} = \sum_{x=i}^{x=j-1} C^{(x,x+1)}$$

En el caso que existan varios itinerarios con origen *i* y destino *j*, el coste de circulación en el itinerario *k* vendrá dado por:

$$C^{(i,j)k} = \sum_{x=i}^{x=j-1} C^{(x,x+1)k}$$

A.2.2. Determinación de los beneficios primarios de un proyecto de carreteras

a) Mejora de una carretera existente

Dentro del tramo (x, x + 1) se considerarán los siguientes beneficios parciales:

Beneficio del tráfico normal. . . . . $B_{nt}^{(x,x+1)} = \left[C_{ot}^{(x,x+1)} - C_{1t}^{(x,x+1)}\right] T_{ot}^{(x,x+1)}$

Beneficio del tráfico generado. . . . . $B_g^{(x,x+1)} = 1/2 \left[C_{ot}^{(x,x+1)} - C_{1t}^{(x,x+1)}\right] T_{gt}^{(x,x+1)}$

Beneficio del
tráfico atraído. . . . . $B_{at}^{(x,x+1)} = \left[C'_{ot} - C_{1t}^{(x,x+1)}\right] T_{at}^{(x,x+1)}$

El Beneficio total del tramo (x, x + 1) será:

$$B_t^{(x,x+1)} = B_{nt}^{(x,x+1)} + B_{gt}^{(x,x+1)} + B_{at}^{(x,x+1)}$$

Los beneficios primarios derivados de la mejora de la carretera existente serán iguales a la suma de los beneficios de los *p* tramos consecutivos (x, x + 1) en los que, de acuerdo con sus características geométricas, físicas y funcionales, puede dividirse la carretera. Dichos beneficios vendrán dados, por tanto, por:

$$B_t = \sum_{x=0}^{p-1} B_t^{(x,x+1)}$$

Si se toma como referencia, a efectos de cálculo, los distintos itinerarios de origen *i* y destino *j* que pueden considerarse dentro de la carretera, las expresiones de los beneficios del tramo (i, j) serán iguales a:

Beneficio del
tráfico normal . . . . . $B_{nt}^{(i,j)} = \left[C_{ot}^{(i,j)} - C_{1t}^{(i,j)}\right] T_{ot}^{(i,j)}$

Beneficio del
tráfico generado. . . . . $B_{gt}^{(i,j)} = 1/2 \left[C_{ot}^{(i,j)} - C_{1t}^{(i,j)}\right] T_{gt}^{(i,j)}$

Beneficio del
tráfico atraído. . . . . $B_{at}^{(i,j)} = \left[C'_{ot} - C_{1t}^{(i,j)}\right] T_{at}^{(i,j)}$

El beneficio total del itinerario (i, j) será:

$$B_t^{(i,j)} = B_{nt}^{(i,j)} + B_{gt}^{(i,j)} + B_{at}^{(i,j)}$$

y los beneficios primarios de la carretera vendran dados por:

$$B_t^{(i,j)} = \sum_i \sum_j B_t^{(i,j)}$$

b) Construcción de una nueva carretera de descongestión de otra existente.

En el caso de construcción de una nueva carretera de descongestión de otra existente aparecen, junto a los posibles itinerarios *k* de origen *i* y destino *j* que se apoyan en la carretera primitiva, una serie de itinerarios *l* que utilizan la nueva carretera y que, por suponer unos menores costes de circulación, son causa de una generación y atracción de tráfico.

De acuerdo con esto, y suponiendo que no existe generación ni atracción de tráfico en los itinerarios que se apoyan en la carretera primitiva, se tendrá:

$$T_{ot}^{(i,j)k} = T_{nt}^{(i,j)k} + T_{ot}^{(i,j)l}$$

$$T_{gt}^{(i,j)k} = T_{at}^{(i,j)k} = 0$$

Beneficio de tráfico normal. . . . . $B_n^{(i,j)} = C_{ot}^{(i,j)k} \; T_{ot}^{(i,j)k} - \left[C_{1t}^{(i,j)k} \; T_{nt}^{(i,j)k} + C_{1t}^{(i,j)l} \; T_{nt}^{(i,j)l}\right]$

Beneficio de tráfico generado. . . . . $B_g^{(i,j)} = 1/2 \left[C_{ot}^{(i,j)k} - C_{1t}^{(i,j)l}\right] T_{gt}^{(i,j)l}$

Beneficio del tráfico atraído. . . . . $B_a^{(i,j)} = \left[C'_{ot} - C_{1t}^{(i,j)l}\right] T_{at}^{(i,j)l}$

Siendo, en consecuencia:

$$B_t^{(i,j)} = B_{nt}^{(i,j)} + B_{gt}^{(i,j)} + B_{at}^{(i,j)}$$

y $$B_t = \sum_i \sum_j B_t^{(i,j)}$$

c) Construcción de una nueva carretera de descongestión de una red viaria.

En el caso general de construcción de una nueva carretera de descongestión de una red viaria, la determinación de los beneficios derivados del proyecto exige el análisis del tráfico que se produce en la zona de influencia del mismo.

En este caso, y suponiendo que la generación y atracción de tráfico se produce no solamente en los nuevos itinerarios *l*, que se apoyan en la nueva carretera, sino también en los itinerarios primitivos *k*, gracias a la disminución de costes que suponen la descongestión de la red, se obtendrán las siguientes expresiones para los beneficios:

Beneficio del tráfico normal. . . . . $B_{nt}^{(i,j)} = \sum_k C_{ot}^{(i,j)k} T_{ot}^{(i,j)k} - \left[\sum_k C_{1t}^{(i,j)k} T_{nt}^{(i,j)k} + \sum_l C_{1t}^{(i,j)l} T_{nt}^{(i,j)l} \right]$

Beneficio del tráfico generado. . . . . $B_{gt}^{(i,j)} = 1/2 \sum_l \left[C_{ot}^{(i,j)} - C_{1t}^{(i,j)l} \right] T_{gt}^{(i,j)l} + 1/2 \sum_k \left[C_{ot}^{(i,j)k} - C_{1t}^{(i,j)k} \right] T_{gt}^{(i,j)k}$

Beneficio del tráfico atraído. . . . . $B_{at}^{(i,j)} = \sum_l \left[C'_{ot} - C_{1t}^{(i,j)l} \right] T_{at}^{(i,j)l} + \sum_k \left\{ C'_{ot} - C_{1t}^{(i,j)k} \right] T_{at}^{(i,j)k}$

resultando, al igual que en el caso anterior:

$$B_t^{(i,j)} = B_{nt}^{(i,j)} + B_{gt}^{(i,j)} + B_{at}^{(i,j)}$$

y $$B_t = \sum_i \sum_j B_t^{(i,j)}$$

A.2.3. Expresiones de los índices de rentabilidad

a) Indices de rentabilidad económica.

Siendo $B = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}$ y $C = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$

Se definen los siguientes índices de rentabilidad económica:

- Valor actual neto (VAN) = B – C
- Relación beneficio / coste (B/C) = $\frac{B}{C}$
- Tasa interna de retorno (TIR)

  Dado por el valor de *r* que verifica la ecuación:

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

- Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)

  Igual a la relación $TRI = \frac{B_s}{\sum_{t=1}^{s} \frac{C_t}{(1+r)^{t-s}}}$

siendo *s* el año de puesta en servicio del proyecto.

- Período de recuperación de la inversión (PRI)

  Igual al valor de *T* a partir del cual se verifica la desigualdad:

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+r)^t} \geq \sum_{t=1}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

b) Indices de rentabilidad financiera:

Siendo $I = \sum_{t=1}^{n} \frac{T_t}{(1+r)^t}$ y $G = \sum_{t=1}^{n} \frac{G_t}{(1+r)^t}$

Se definen los siguientes índices de rentabilidad financiera:

- Valor actual neto (VAN) = $I - G$
- Relación ingresos / gastos $(I/G) = \frac{I}{G}$
- Tasa interna de retorno (TIR)

  Dado por el valor de r que verifica la ecuación:

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t - G_t}{(1+r)^t} = 0$$

- Período de recuperación del capital

  Igual al valor T a partir del cual se verifica la desigualdad:

$$\sum_{t=1}^{T} \frac{I_t}{(1+r)^t} \geq \sum_{t=1}^{T} \frac{G_t}{(1+r)^t}$$

MOPU SECRETARIA GENERAL TECNICA
Servicio de Publicaciones

Depósito Legal: 6611-1980
I.S.B.N.: 84-7433-102-1