

PLAN DIRECTOR DE INFRAESTRUCTURAS PARA LA MOVILIDAD DE ASTURIAS 2013-2024

ANEXO 7 CRITERIOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE ACTUACIONES SINGULARES

Pág.

1. ESTUDIO DE RENTABILIDAD ECONÓMICA	2
1.1. GENERALIDADES	2
1.2. ESTUDIO DE COSTES	2
1.2.1. Vida útil.....	2
1.2.2. Costes de proyecto	2
1.2.3. Costes del transporte.....	2
1.2.3.1. Costes de funcionamiento	2
1.2.3.1.1. Gastos de amortización.....	2
1.2.3.1.2. Gastos de conservación.....	3
1.2.3.1.3. Costes de los combustibles	3
1.2.3.1.4. Gastos de los lubricantes.....	6
1.2.3.1.5. Gastos de neumáticos.....	7
1.2.3.1.6. Coste anual de funcionamiento.....	7
1.2.3.1.7. Costes del tiempo de recorrido	7
1.2.3.2. Costes ambientales	8
1.3. CRITERIOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD ECONÓMICA.....	8
1.3.1. Criterios.....	8
1.3.2. Indicadores de rentabilidad económica	8
1.3.2.1. VAN (Valor Actual Neto)	8
1.3.2.2. T.I.R. Tasa interna de retorno.....	9

1. ESTUDIO DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

1.1. GENERALIDADES

Para la evaluación económica de las diferentes actuaciones, se han seguido las “Recomendaciones para la Evaluación Económica, Coste – Beneficio, de Estudios y Proyectos de Carreteras” del servicio de planeamiento del M.O.P.U, que sigue la pauta teórica recogida en “Metodología para la evaluación de proyectos e inversión de carreteras” publicada por el M.O.P.U.

Así, se analizan los posibles beneficios que justifican las inversiones consiguientes obtenidas, a partir de los costes de transporte de los vehículos que han de utilizar la carreta actual sin modificar. Se consideran como beneficios la previsible variación de los costes de operación de los vehículos y la disminución de los tiempos de viaje. Entre los costes se consideran los de construcción y mantenimiento de la nueva actuación y su diferencia en relación a los de mantenimiento de la vía actual.

Una vez obtenidos los beneficios y los costes los compararemos para poder estudiar los índices de rentabilidad.

1.2. ESTUDIO DE COSTES

Debemos tener en cuenta que la evaluación económica tiene por objeto obtener una relación entre los costes producidos por la construcción y conservación de una obra (que afectan por tanto a la sociedad a través de la Administración que invierte) y los beneficios derivados de la misma (obtenidos como la disminución de los costes generales de transporte que afectan a los usuarios) a lo largo de la vida útil de la obra.

1.2.1. Vida útil

Habitualmente se suele tomar como período de análisis entre 20 y 30 años. En este caso tomaremos la cifra de 25 años a partir de la puesta en funcionamiento del proyecto.

Como tasa de actualización tomaremos el 6%.

1.2.2. Costes de proyecto

Son los recursos reales escasos consumidos a lo largo de la vida útil. Así, los costes monetarios primarios son:

- Los de primera inversión: Primer establecimiento y reposición
- Los conservación: se consideran en el análisis los siguientes costes:
 - o Carretera convencional: 7.500 €/km/año

- o Autovía: 40.000 €/Km/año
- o Corredor: 24.000 €/Km/año

1.2.3. Costes del transporte

Como consecuencia de la construcción de las actuaciones se derivan unos beneficios directos e indirectos.

Se denominan beneficios directos a los que afectan directamente a los usuarios, como consecuencia del ahorro de tiempo y costes de funcionamiento de los vehículos, así como también por la comodidad y la seguridad.

Se denominan beneficios indirectos a todos los beneficios sociales que afectan a la zona de influencia, ya sean usuarios o no, como son los que se derivan de unas comunicaciones más fáciles para el conjunto de la comunidad, la reducción del número de accidentes o la mejora del entorno.

Para realizar el análisis de cuáles son los beneficios que podrían justificar unas inversiones, en distintas versiones de posibles trazados, se requiere comparar los costes de transporte de los vehículos que han de utilizar unas nuevas vías, en relación con la situación actual.

Debemos tener en cuenta que los costes de transporte se clasifican en tres grupos:

- Costes de funcionamiento: se consideran los consumos de carburante, de lubricante y neumáticos, la amortización, el mantenimiento y la conservación del vehículo. No se contemplan aquellos que son independientes de la longitud recorrida, como seguros, garaje, etc
- Costes del tiempo recorrido: se valora el tiempo de los ocupantes de los vehículos y depende en mayor grado de los niveles de renta, gasto familiar y jornales
- Coste de los accidentes

1.2.3.1. Costes de funcionamiento

Aquí tenemos que valorar en unidades monetarias los ahorros de costes de funcionamiento que presumiblemente producen las opciones de trazado analizadas en el estudio que nos ocupa frente a la alternativa de no realizar ninguna actuación.

Los costes de funcionamiento se componen de los siguientes elementos:

1.2.3.1.1. Gastos de amortización

La depreciación de un vehículo viene producida fundamentalmente por los siguientes factores:

- Tiempo de posesión

- Longitud recorrida
- Características de los recorridos
- Conservación y mantenimiento

De acuerdo con la bibliografía existente, desde un punto de vista socio-económico es el primer aspecto (tiempo de posesión), y sobre todo los primeros años, el factor más determinante de la depreciación.

Posteriormente analizaremos el estado de conservación y mantenimiento debido a los recorridos.

Por tanto queda pendiente la parte debida a la longitud y la correspondiente a la conservación global del vehículo, pero dada la inexistencia de estudios en detalle, sólo se puede introducir en la evaluación con valores medios sin precisión.

Se consideran los siguientes gastos de amortización:

- Turismos: 0,033 €/Km
- Camiones: 0,061 €/Km

1.2.3.1.2. Gastos de conservación

Los gastos de conservación son los siguientes: frenos, lubricantes, puesta a punto, pequeñas reparaciones, etc.

- Turismos

Velocidad	CPK
30	0,020
40	0,020
50	0,020
60	0,020
70	0,020
80	0,020
90	0,010

100	0,010
110	0,010
120	0,010

- Camiones

Velocidad	CPK
30	0,120
40	0,110
50	0,070
60	0,040
70	0,020
80	0,020
90	0,010
100	0,010

1.2.3.1.3. Costes de los combustibles

De los diversos estudios existentes adoptaremos las curvas del estudio de costes de funcionamiento en España, por cuanto son las primeras y únicas existentes específicamente para nuestro parque de vehículos y nuestras carreteras, siendo las que en la actualidad ofrecen mejor ajuste.

Consumo de Combustibles

Las fórmulas que ligan el consumo en función de la inclinación y de la velocidad de recorrido son las siguientes:

- Turismos
 - o Tramos rectos y llanos:

$$C = 91,89 - 0,98 \times V + 7,08 \times 10^{-3} \times V^2$$

- o Tramos curvos y llanos

$$C = 89,34 - 0,67 \times V + 4,41 \times 10^{-3} \times V^2 + 1/R(14.563,05 - 283,93 \times V + 4,62 \times V^2)$$

- o Tramos rectos e inclinados

- Subida de rampas (P positivo)

$$C = 117,58 - 1,76 \times V + 1,21 \times 10^{-2} \times V^2 + P(24,09 - 0,47 \times V + 4,74 \times 10^{-3} \times V)$$

- Descenso de pendientes (P negativo)

$$C = 92,76 - 1,3 \times V + V^2 \times 10^{-2} + P(-6,77 + 0,33 \times V - 2,45 \times 10^{-3} \times V^2)$$

C = Consumo de c.c. por Km

V = Velocidad de recorrido en Km/h

P = Inclinación en %

R = Radio de curvatura en metros

Los consumos de combustible para turismo quedan reflejados en el siguiente cuadro, en función de la velocidad (tramos rectos y llanos):

Velocidad	Consumo de combustible (1/1000 x km)
30	68,862
40	64,018
50	60,59
60	58,578
70	57,982

80	58,802
90	61,038
100	64,69
110	69,758
120	76,242

- Camiones

Se utilizan las curvas correspondientes a media carga.

- o Tramos rectos y llanos

$$C = 425,65 - 8,35 \times V + 7,61 \times 10^{-2} \times V^2$$

- o Tramos curvos y llanos

$$C = 478,04 - 9,56 \times V + 8,24 \times 10^{-2} \times V^2 + 1/R(17.014,46 + 939,51 \times V - 6,34 \times V^2)$$

- o Tramos rectos e inclinados

- Subidas rampas (P positivo)

$$C = 388,18 - 7,32 \times V + 7 \times 10^{-2} \times V^2 + P(101,28 + 1,99 \times 10^{-2} \times V + 7,85 \times 10^{-3} \times V^2)$$

- Bajada pendientes (P negativo)

$$C = 213,31 - 6,15 \times V + 7,42 \times 10^{-2} \times V^2 + P(6,08 + 3,82 \times 10^{-2} \times V + 7,27 \times 10^{-4} \times V^2)$$

Los consumos de combustibles para vehículos pesados quedan reflejados en el cuadro siguiente en función de la velocidad (tramos rectos y llanos):

Velocidad	Consumo de combustible (1/1000 x km)
30	243,64
40	213,41

50	198,4
60	198,61
70	214,04
80	244,69
90	290,56
100	351,65

60	0,059	0,0820
70	0,058	0,0812
80	0,059	0,0823
90	0,061	0,0855
100	0,065	0,0906
110	0,070	0,0977
120	0,076	0,1067

Costes de los combustibles

El coste será función exclusiva de la velocidad del vehículo, independientemente del tipo de vía, ya que consideramos todas ellas en buen estado.

La fórmula a aplicar es la siguiente:

$$CPK(€/Km) = C \times P$$

C= Consumo en c.c/Km. según las fórmulas y gráficos anteriores

P= Precios en euros/c.c:

Gasolina: 1,40 €/l

Gasoleo: 1,35 €/l

Aplicando la fórmula para el caso de los turismos y los camiones obtenemos los siguientes cuadros:

- Turismos

Velocidad	Consumo de Combustible	CPK
30	0,069	0,0964
40	0,064	0,0896
50	0,061	0,0848

- Camiones

Velocidad	Consumo de Combustible	CPK
30	0,244	0,3289
40	0,213	0,2881
50	0,198	0,2678
60	0,199	0,2681
70	0,214	0,2890
80	0,245	0,3303
90	0,291	0,3923
100	0,352	0,4747

1.2.3.1.4. Gastos de los lubricantes

Debemos tener en cuenta que el consumo de aceite está relacionado directamente con el consumo de combustible y empíricamente responde a las siguientes expresiones:

- Turismos

$$CPK = 0,007 \times C \times PA$$

CPK= Coste de aceite por km en turismos.

C= Consumo de gasolina en cm³/km

PA= Precios de aceite sin impuestos = 5,00 €/l

- Camiones

$$CPK = 0,008 \times C \times PA$$

CPK= Coste de aceite por km en turismos.

C= Consumo de gasolina en cm³/km

PA= Precios de aceite sin impuestos = 5,00 €/l

Aplicando la fórmula para el caso de los turismos y los camiones obtenemos los siguientes cuadros:

- Turismos

Velocidad	Consumo de Combustible	CPK
30	0,069	0,002
40	0,064	0,002
50	0,061	0,002
60	0,059	0,002
70	0,058	0,002
80	0,059	0,002
90	0,061	0,002
100	0,065	0,002
110	0,070	0,002
120	0,076	0,003

- Camiones

Velocidad	Consumo de Combustible	CPK
30	0,244	0,010
40	0,213	0,009
50	0,198	0,008

60	0,199	0,008
70	0,214	0,009
80	0,245	0,010
90	0,291	0,012
100	0,352	0,014

1.2.3.1.5. Gastos de neumáticos

Se utilizan valores medios del recorrido (40.000 km para turismos y 65.000 km para camiones) para el cambio de neumáticos.

El coste por kilómetro viene dado por:

- Turismos

$$CPK = P_4 / R$$

CPK= Coste por km

P₄= Precio de 4 ruedas tipo: 360 €.

R= Recorrido entre cambios de ruedas

$$CPK = 0,009 \text{ €/Km}$$

- Camiones

$$CPK = P_6 / R$$

CPK= Coste por km

P₆= Precio de 6 ruedas tipo: 4.032 €.

R= Recorrido entre cambios de ruedas

$$CPK = 0,062 \text{ €/km}$$

1.2.3.1.6. Coste anual de funcionamiento

Sumando los diversos costes de funcionamiento obtenidos en función de una velocidad determinada, se obtienen los costes básicos totales en €/Km para turismos y camiones.

Para el cálculo de los costes de funcionamiento anuales se considera que los costes totales del transporte son exclusivamente función de la velocidad y de la longitud de recorrido, debido a que los puntos inicial y final son coincidentes:

$$CAF = 365 \times (IMD_T \times CPK_T + IMD_C \times CPK_C) \times L$$

Donde:

CAF= Coste anual de funcionamiento

IMD_T= Intensidad media diaria de turismos

IMD_C= Intensidad media diaria de camiones

CPK_T= Coste por km de turismos

CPK_C= Coste por km de camiones

L= Longitud del tramo a estudiar

El coste anual de funcionamiento se actualizará durante la vida útil de la infraestructura anualmente, teniendo en cuenta los tráficos calculados con el simulador de tráfico partiendo de IMDs reales y la tasa de inflación considerada (2,5 %).

1.2.3.1.7. Costes del tiempo de recorrido

En los análisis de rentabilidad, el valor del tiempo o la cantidad que está dispuesto a pagar un viajero para ahorrar un cierto tiempo de viaje, es también un dato importante a tener en cuenta.

Así, la disminución del tiempo de recorrido es el aspecto más relevante de la serie de beneficios generado por realizar un nuevo proyecto pudiendo alcanzar en ocasiones el 80% de los mismos.

La fórmula del coste para cada alternativa es la siguiente:

$$CPT = T \times P$$

CPT= Coste por tiempo del tramo

T= Tiempo de recorrido del tramo en horas

P= Valor del tiempo en €/hora

Así, el tiempo, como beneficio, es la consecuencia de las mejoras introducidas en cada una de las alternativas sobre la situación actual.

Esta disminución del tiempo de recorrido se traduce en algunos casos en una mejora directamente cuantificable (viajes de trabajo) y en el resto como la cantidad que los usuarios están dispuestos a pagar por los beneficios derivados.

Estos beneficios no se reducen exclusivamente al tiempo ya que su disminución es debido a un aumento en la calidad de la oferta que a su vez se traduce en un mejor nivel de servicio y por ende en una mayor comodidad y seguridad.

Como valores del tiempo adoptamos los siguientes:

- Turismos:

En base a los datos publicados en el documento HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) del año 2.006, el coste es de 12,11 €/veh-hora año 2.002, lo cual actualizado a 2013 nos da un coste de 15,83 euros/veh-hora.

- Camiones

En base a los datos publicados en el documento HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) del año 2.006, el coste es de 20,77 €/veh-hora año 2.002, lo cual actualizado a 2013 nos da un coste de 27,14 euros/veh-hora.

Conocido el tiempo de recorrido del tramo en estudio en horas, se puede cuantificar el coste de los tiempos de recorrido invertidos por los vehículos mediante la siguiente fórmula:

$$CTR = 365 \times (IMD_T \times T_T \times C_T + IMD_C \times T_C \times C_C)$$

Donde,

CTR: Coste del tiempo recorrido

IMD_T: Intensidad media diaria de turismos

IMD_C: Intensidad media diaria de camiones

T_T: Tiempo que tarda un turismo en recorrer el tramo

T_C: Tiempo que tarda un camión en recorrer el tramo

C_T: Coste hora de un turismo

C_C: Coste hora de un camión

El coste del tiempo de recorrido anual se actualizará de la misma manera descrita para los costes de funcionamiento.

1.2.3.2. Costes ambientales

Dentro de los costes ambientales se han considerado los costes de emisiones atmosféricas (NOx, NMVOC, PM y SO₂), así como las emisiones de CO₂.

Los costes considerados se han obtenido de HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment).

Los valores actualizados a 2012 son:

Emisión	Coste considerado (€/T)
NOx	2.700
NMVOC	500
PM	41.000
SO ₂	2.100
CO ₂	32

1.3. CRITERIOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

1.3.1. Criterios

Para la determinación de la rentabilidad de cada uno de los escenarios en estudio, se valoran los beneficios y costes de cada uno de ellos, respecto a la opción actual o de no actuación.

En el concepto de Beneficios se consideran el funcionamiento de los vehículos, los tiempos de recorrido y la accidentalidad.

En lo referente a Costes se tienen en cuenta los costes de construcción, los de conservación y los costes ambientales.

1.3.2. Indicadores de rentabilidad económica

1.3.2.1. VAN (Valor Actual Neto)

El VAN se define como la diferencia entre el beneficio actualizado neto y el coste actualizado neto.

$$VAN = BAN - CAN = \sum \frac{B_i}{(1+r)^{i-1}} - \sum \frac{C_i}{(1+r)^{i-1}}$$

BAN= Beneficio actualizado neto (de la alternativa frente a la opción actual).

CAN= Coste actualizado neto (de la alternativa frente a la opción actual).

n= Vida útil (25 años)

r= Tasa de actualización (6%)

B_i= Beneficio en el año i de la alternativa.

C_i= Costes en el año i de la alternativa.

T₀= Año en que comienza la inversión (primera anualidad) y que dura hasta el año cero, fecha de terminación de la obra.

1.3.2.2. T.I.R. Tasa interna de retorno

El TIR es aquella tasa de actualización o descuento para la cual el VAN es nulo, o lo que es lo mismo, se iguala el beneficio actualizado neto (BAN) con el coste actualizado neto (CAN).

$$TIR = r \int \sum_{i=1}^{25} \frac{B_i}{(1+r)^{i-1}} = \sum_{i=-10}^{25} \frac{C_i}{(1+r)^{i-1}}$$