

# Desarrollo de una metodología de análisis del coste de ciclo de vida para carreteras

*Autor:*  
*A. Sampedro Rodríguez*  
*E.P.S. Universidad Alfonso X El Sabio (UAX)*





## LA COLECCIÓN “CUADERNOS TECNOLÓGICOS DE LA PTC”

*La Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC) es el foro de encuentro apoyado por el Ministerio de Economía y Competitividad para todos los agentes del sistema ciencia-tecnología-empresa con un papel relevante en el fomento del empleo, la competitividad y el crecimiento en el sector de las infraestructuras viarias en España.*

*Desde su presentación en sociedad en febrero de 2010, la PTC trabaja como una plataforma transversal que fomenta el intercambio fluido de información y las discusiones a nivel tecnológico entre los agentes privados y públicos del sector, con el objeto de contribuir a que España se convierta en el referente mundial en materia de tecnologías asociadas a la carretera.*

*La colección de publicaciones “Cuadernos Tecnológicos de la PTC” surge de los convenios de colaboración que la Plataforma mantiene con un importante número de instituciones académicas activas en la I+D+i en materia de infraestructuras viarias. Cada Cuaderno se incardina dentro de alguna o varias de las temáticas y sub-temáticas de la vigente Agenda Estratégica de Investigación de la Carretera en España (2011-2025).*

## ***Colección de Cuadernos Tecnológicos de la PTC***

### **Año 2013**

- 01/2013: Técnicas avanzadas de fusión de información de fuentes heterogéneas para la extracción de información de movilidad en carreteras*
- 02/2013: Software para la explotación de datos LiDAR en carreteras*
- 03/2013: Desarrollo de una metodología de análisis del coste de ciclo de vida*
- 04/2013: Carga tarifaria y fiscal del transporte por carretera: un análisis comparado entre E.E.U.U. y Europa*
- 05/2013: Captación de energía en carretera: colectores solares asfálticos*
- 06/2013: Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras*
- 07/2013: Informe del estado del arte sobre el factor humano en la conducción*
- 08/2013: Optimización del uso de las carreteras existentes*
- 09/2013: Diseño de estación de carga para vehículos eléctricos mediante energías renovables*

### **Año 2012**

- 01/2012: Análisis del Megatruck en España*
- 02/2012: Conceptualización del transporte sostenible desde el comportamiento prosocial*
- 03/2012: Consideraciones para la modificación de los límites de la velocidad en base a la accidentalidad*
- 04/2012: Extrapolación de materiales viarios*
- 05/2012: Gestión de la mejora de la movilidad*
- 06/2012: Influencia de la meteorología adversa sobre las condiciones operacionales del tráfico y recomendaciones para la localización de sensores de variables atmosféricas*
- 07/2012: Membranas flexibles ancladas al terreno para la estabilización de taludes en carreteras*
- 08/2012: Priorización de actuaciones sobre accidentes de tráfico mediante reglas de decisión*
- 09/2012: Sistemas lidar móvil para el inventario geométrico de carreteras*

## **Año 2011**

01/2011: *Sistemas de adquisición de información de tráfico: estado actual y futuro*

02/2011: *Firmes Permeables*

03/2011: *Sistema fotogramétrico para la medición remota de estructuras en programas de inspección de puentes*

04/2011: *Pago por uso de las infraestructuras viarias: Estudio de los accesos a Madrid*

05/2011: *Sistema eCall: Situación actual y estándares*

06/2011: *La velocidad de operación y su aplicación en el análisis de la consistencia de carreteras para la mejora de la seguridad vial*

07/2011: *Desarrollo de una metodología de análisis de ciclo de vida integral específica para carreteras*

08/2011: *Control pasivo de velocidad: intervención en tramos de acceso a entornos urbanos*





*Cuaderno Tecnológico de la PTC Nº 03/2013*

# Desarrollo de una metodología de análisis del coste de ciclo de vida para carreteras

*Autor:  
A. Sampedro Rodríguez  
E.P.S. Universidad Alfonso X El Sabio (UAX)*

Agenda Estratégica  
de Investigación de la  
Carretera en España  
(2011-2025)

**Temáticas:**

Medio ambiente

**Sub-temáticas:**

Nuevas tendencias en el diseño de  
infraestructuras

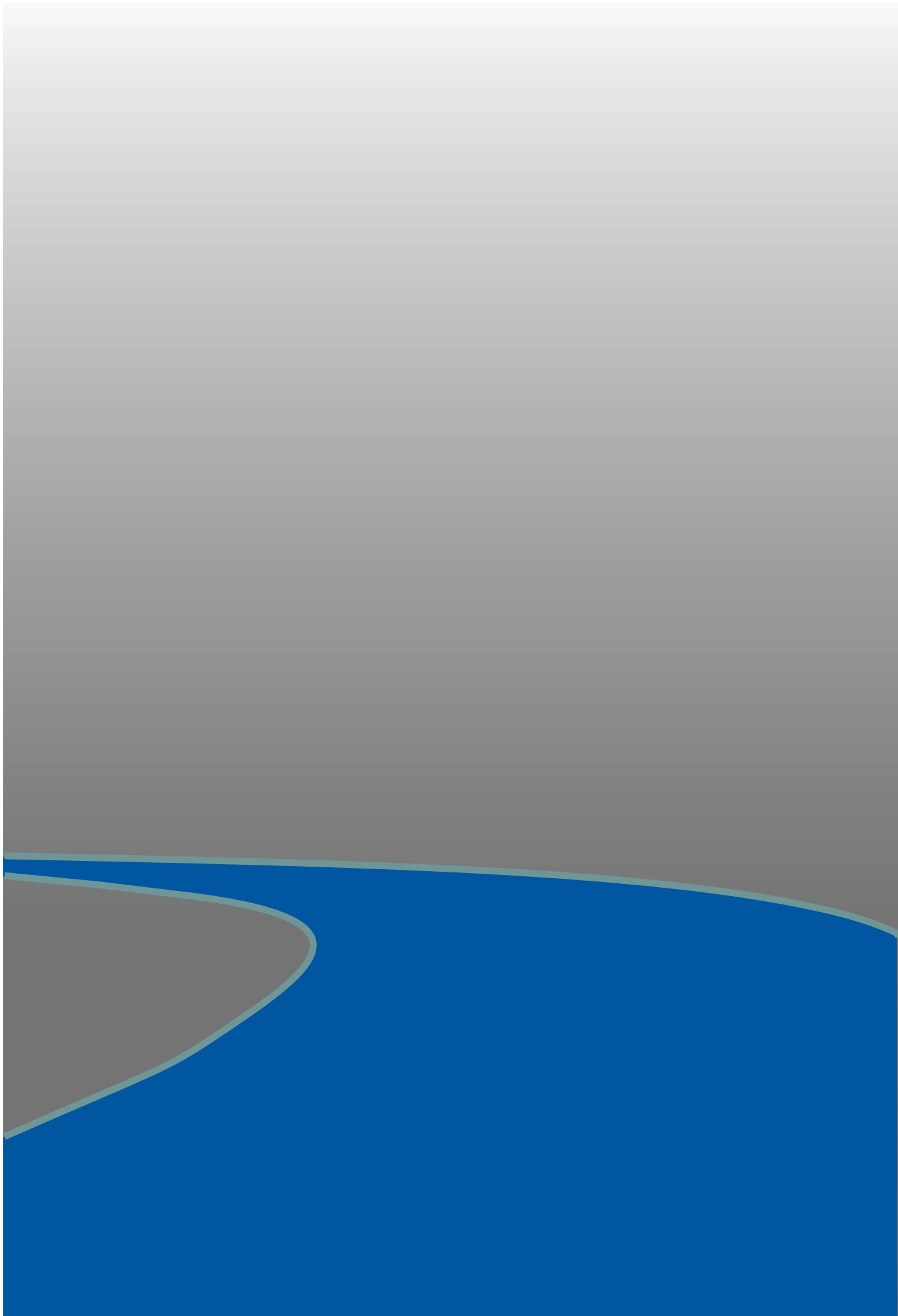
*En colaboración con:*







|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción y objeto .....           | 13 |
| 2. El ACCV.....                          | 15 |
| 2.1. Definición .....                    | 15 |
| 2.2. ACCV aplicado al sector viario..... | 15 |
| 3. Conclusiones.....                     | 21 |
| 4. Bibliografía .....                    | 23 |



## 1. Introducción y objeto

El objeto del presente proyecto sería el desarrollo de una **Metodología de Análisis de Coste de Ciclo de Vida (ACCV)** específica para carreteras.

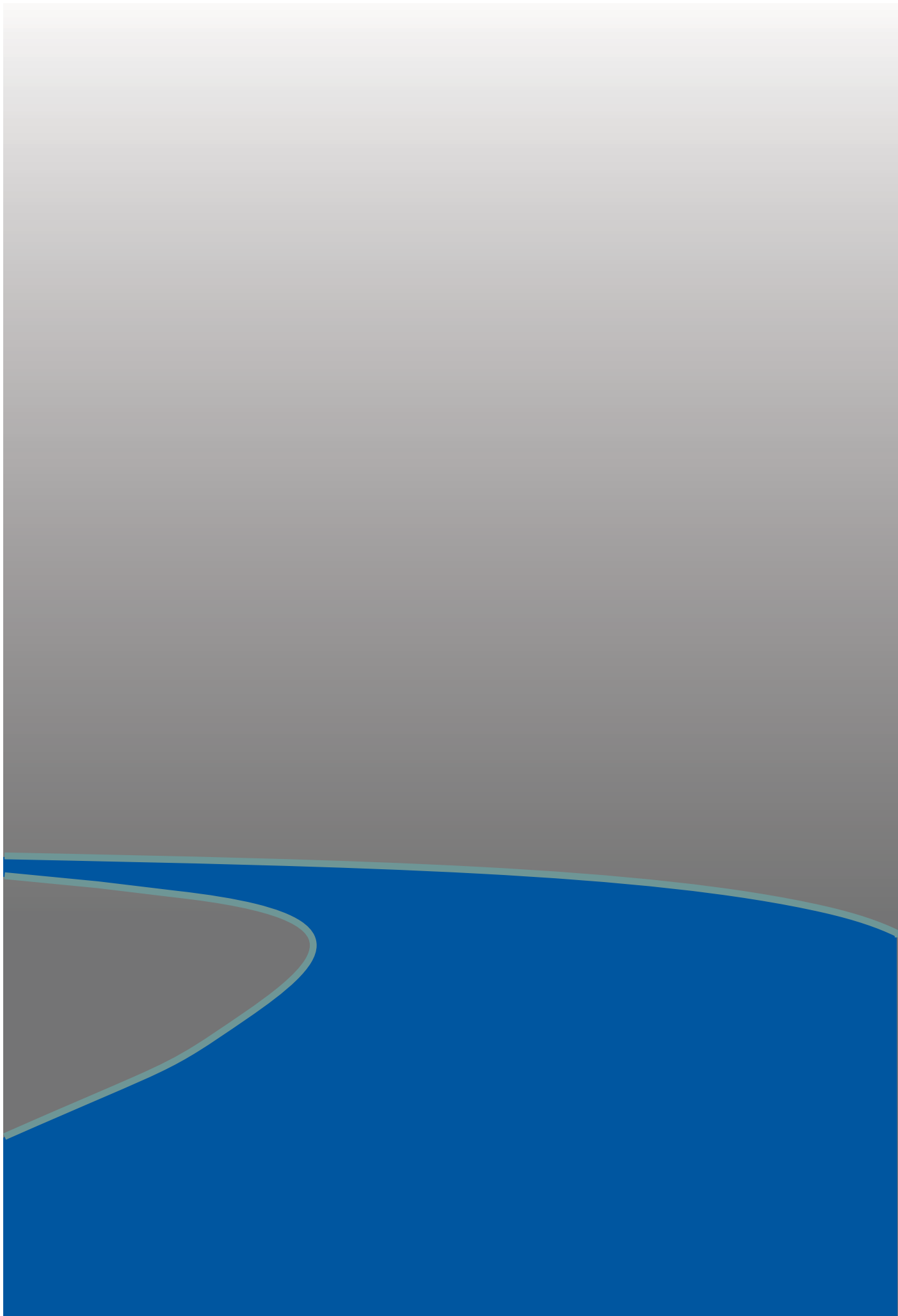
Los Análisis de Ciclo de Vida (ACV), más desarrollados, y los Análisis de Coste de Ciclo de Vida (ACCV), aún sin desarrollar en nuestro sector, son herramientas que permiten comparar varias opciones o alternativas para así poder seleccionar la más conveniente desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Mientras que el ACV se centra más en el factor ambiental de la sostenibilidad, el ACCV lo hace más en el factor económico, teniendo en cuenta, además, las vertientes ambiental y social que la verdadera y completa sostenibilidad de cualquier actividad o servicio implica.

Ambas metodologías tienen en cuenta los factores que concurren a lo largo del ciclo de vida de un producto o servicio determinado. Y, aplicadas al sector de la construcción de una infraestructura viaria, proporcionan un enfoque global que abarca el ciclo de vida del producto en su totalidad, con objeto de contar con una evaluación más completa que la utilizada tradicionalmente en la toma de decisiones.

El Análisis del Coste del Ciclo de Vida (ACCV) es la técnica de evaluación de inversiones idónea desde el punto de vista de las administraciones y entes responsables de redes viarias: consiste en la consideración de todos los costes relevantes en que se incurre a lo largo de la vida de una cierta alternativa en lugar de reparar sólo en las inversiones iniciales.

La mejor práctica supone contar, además de con las inversiones directas en la infraestructura (en las actividades de construcción y conservación), también con los costes sufridos por los usuarios como resultado de esas actuaciones. Mediante los oportunos tipos de descuento, los costes futuros son medidos en unidades monetarias actuales y sumadas para determinar la opción de menor coste global.



### 2.1. Definición

El ACCV se basa en principios de análisis económico, cuya finalidad consiste en seleccionar la solución, dentro de varias posibles que se ajusten a unos objetivos iniciales, más eficaz desde el punto de vista de los costes (económicos, sociales y ambientales).

En este análisis se consideran todos los costes relevantes a lo largo del ciclo de vida de las distintas soluciones, y no solamente las inversiones iniciales. El periodo de análisis es el horizonte de tiempo sobre el que se evalúa el coste futuro.

Por otra parte, al comparar los costes de ciclo de vida de las distintas alternativas a elegir, en las que los costes se dan en diferentes años, no sería apropiado simplificar comparando la suma de los costes totales durante el total del periodo.

Así, los costes se deben transferir a un punto común en el tiempo, el inicio del periodo de análisis, para permitir que las comparaciones puedan ser hechas bajo diferentes patrones de gasto. Esto se consigue descontando los costes futuros mediante la tasa de descuento correspondiente.

### 2.2. ACCV aplicado al sector viario

Adoptando los criterios de la Federal Highway Administration (FHWA), del Departamento de Transportes de EEUU, las etapas básicas en las que se podría dividir un ACCVF serían las siguientes:

#### 1. Establecimiento de alternativas de diseño de carreteras para el periodo de análisis

Cada alternativa se define por las actividades necesarias para su construcción y su conservación y explotación, de tal forma que la construcción inicial es tan solo la primera de estas actividades, siendo el mantenimiento periódico, las rehabilitaciones secuenciales, y las actividades de explotación necesarias las características de la alternativa que consiguen que presente un nivel de servicio determinado a lo largo de su vida.

De esta forma, diferentes soluciones conllevarán distintas actividades de rehabilitación, mantenimiento y explotación. En esta fase se identifica el periodo de análisis, definido como el plazo de tiempo, común

para todas las alternativas, sobre el cual los costes iniciales y futuros serán evaluados.

Se trata de una fase compleja, pues es difícil estimar los costes de conservación y explotación necesarios. Para ello, sería necesario recabar información de los servicios correspondientes de las distintas Administraciones y Concesionarias responsables de redes de carreteras.

## 2. Determinación de los periodos de funcionamiento y del calendario de actividades

La información sobre el comportamiento de la carretera para diferentes estrategias se puede obtener a partir del análisis de los datos de los sistemas de gestión de las entidades citadas y de la experiencia histórica.

Nótese que, como carretera, se deben englobar dos conceptos: la propia infraestructura, por un lado, y el servicio que presta (tráfico y seguridad vial), por otro. De esta forma, el primer concepto sería relativamente sencillo de evaluar, mientras que el segundo sería muy complejo y, según los casos, debería ser acotado previamente.

Las actividades de conservación y explotación, tanto las programadas como las previsibles, tienen, por razones obvias, un gran impacto en los resultados de ACCV. La fluidez y seguridad del tráfico dependerán de la solución adoptada en cada caso.

## 3. Estimación de los costes (de titular y de usuario)

Esta es una de las tareas pendientes de los proyectos de carreteras. Hacer una correcta y completa estimación de los costes que puede tener cada una de las soluciones evaluadas, considerando, los que debe soportar el usuario en función de la mejor o peor prestación del servicio por parte de la vía.

Los principales costes a lo largo de la vida de una carretera son:

- Costes de administración. Incluyen todos los costes en los que incurre la administración/concesionaria, como propietaria de la infraestructura, a lo largo de la vida del proyecto. Se encuentran relacionados directamente con el diseño inicial y la estrategia de conservación y explotación elegida, por lo que, para calcularlos, será necesario conocer los costes de los trabajos de construcción, rehabilitación, mantenimiento y explotación.

Relacionados con este tipo de costes, se definen los siguientes conceptos:

- Valor remanente de servicio. Se trata del valor de una inversión al final de su periodo de análisis. Cuando las diferentes alternativas comparadas cuentan con vidas de servicio que exceden el periodo de análisis, este exceso es conocido como vida remanente de servicio. No tener en cuenta este

concepto crearía desigualdad entre las alternativas a la hora de compararlas.

- Valor de rescate o residual. El valor de la vida remanente de servicio es diferente al concepto de valor de rescate. El primero sólo se da si la alternativa continúa en servicio tras el final del periodo de análisis, mientras que el segundo requiere su terminación, ya que valora el reciclado de los materiales. Se trata, pues, de valores mutuamente excluyentes.

- Costes de usuario. Son los costes en los que incurren los usuarios de una carretera cuando la utilizan, e incluyen los costes atribuibles al valor del tiempo (tiempo de viaje), costes de operación del vehículo, costes por accidentes, etc.

Se encuentran directamente relacionados con las demandas actuales y futuras de tráfico, la capacidad de la infraestructura y sus condiciones.

Cabe destacar los costes de usuario por obras, que son costes de usuario adicionales atribuibles a las actividades de rehabilitación y mantenimiento a lo largo del periodo de análisis. Se encuentran directamente relacionados con el calendario y la duración de las obras, así como las opciones de desvío existentes. Cuando la demanda de tráfico excede la capacidad de la infraestructura en obras, la carretera opera bajo condiciones forzadas y los costes de usuario en la zona de obras pueden llegar a ser muy altos.

Así pues, hay que diferenciar entre condiciones de operación normales y condiciones de operación afectadas por las obras o forzadas. Si los costes de usuario en condiciones normales no dependen de las alternativas de proyecto, no se deben tener en consideración en los ACCV.

- Otros costes. Aquí hay que considerar los costes ambientales, que a su vez se subdividen en costes por contaminación atmosférica, emisión de gases efecto invernadero, emisiones de ruido, etc.

#### 4. Cálculo de los costes de ciclo de vida

Se calculan los costes de ciclo de vida, según el enfoque del Valor Actual Neto (VAN). Así, se calcula el VAN del coste total para la comparación de varias alternativas. Los costes de cada año son descontados al valor actual usando el factor de valor actual. El valor actual neto depende de la tasa de descuento y del año dentro del periodo de análisis en que los costes tengan lugar.

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

i: Tasa de actualización

n: Tiempo (años)

VAN: Valor Actual Neto (unidad monetaria)

C: Coste (unidad monetaria)

N: Periodo de análisis (años)

El ACCV debe entenderse como un modelo en el que se introducen una serie de datos o valores de entrada (costes, tasa de descuento, periodo de análisis) y tras una serie de cálculos se obtiene el resultado en forma de VAN.

Así, se distinguen dos tipos de enfoques a la hora de desarrollar el modelo:

- Enfoque determinista, en el que se asigna a cada parámetro de entrada un valor fijo o discreto. El analista decide qué valor es el más apropiado, basándose en secuencias históricas o en su propio juicio. Los valores de entrada se traducen en un único resultado.
- Enfoque probabilista, que asigna a cada valor de entrada una distribución de probabilidad, lo que permite variar simultáneamente todos los parámetros de entrada significativos.

## 5. Estudio de las alternativas

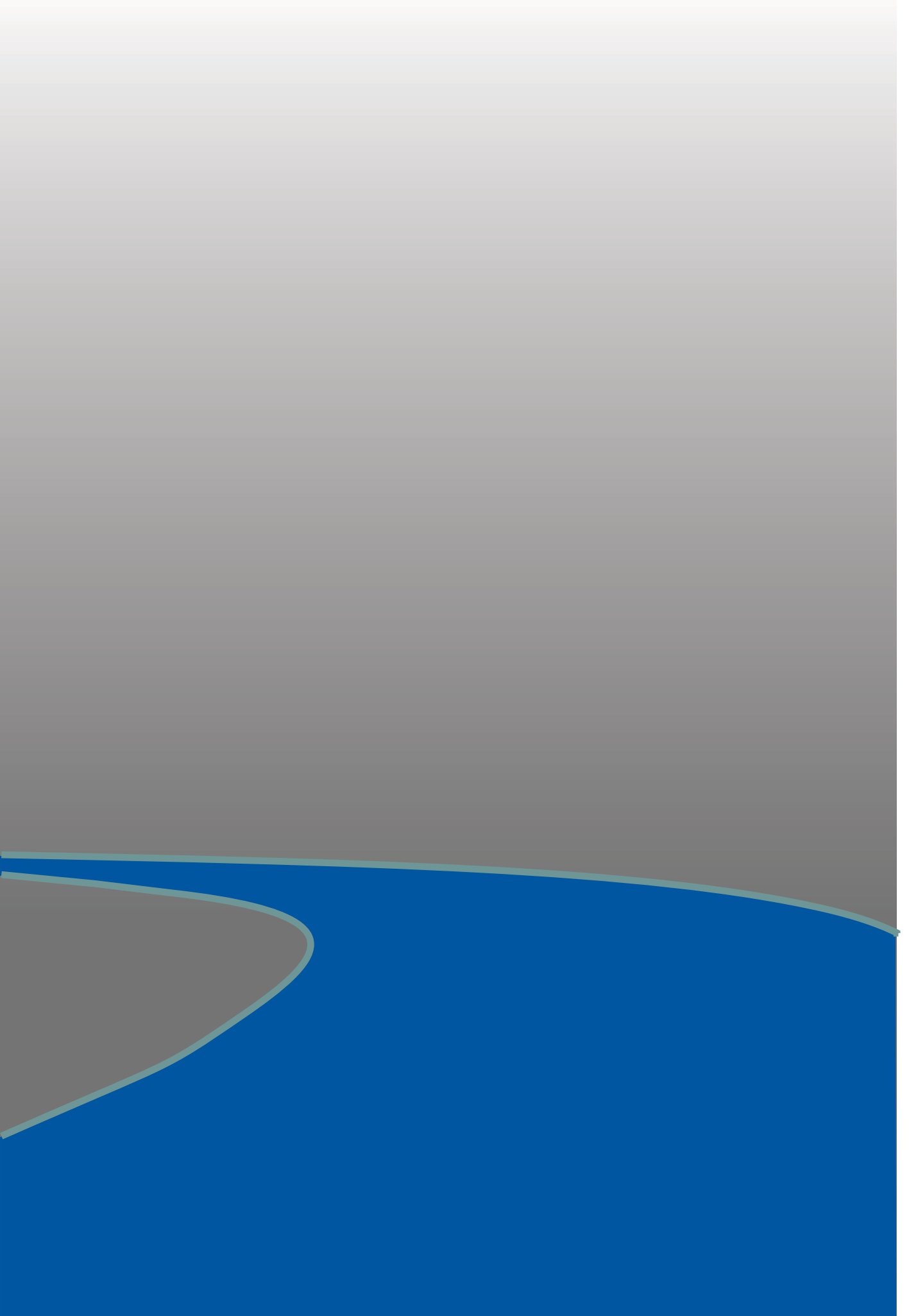
Si el ACCV se lleva a cabo bajo un enfoque determinista, debería incluir un análisis de sensibilidad. Tradicionalmente, este tipo de análisis evalúa los ratios de descuento o el valor asignado al tiempo, analizando así las diferencias entre el escenario “mejor” y “peor”.

En cambio, un análisis de riesgo, asociado al enfoque probabilista, permite, por ejemplo, identificar el VAN de una alternativa dada para una determinada probabilidad.

Dependiendo del enfoque utilizado en los cálculos, los procedimientos de comparación de alternativas serán diferentes. Por ejemplo, a la hora de interpretar los resultados procedentes de un análisis probabilista, los responsables de la toma de decisiones deberán definir el riesgo que desean asumir.







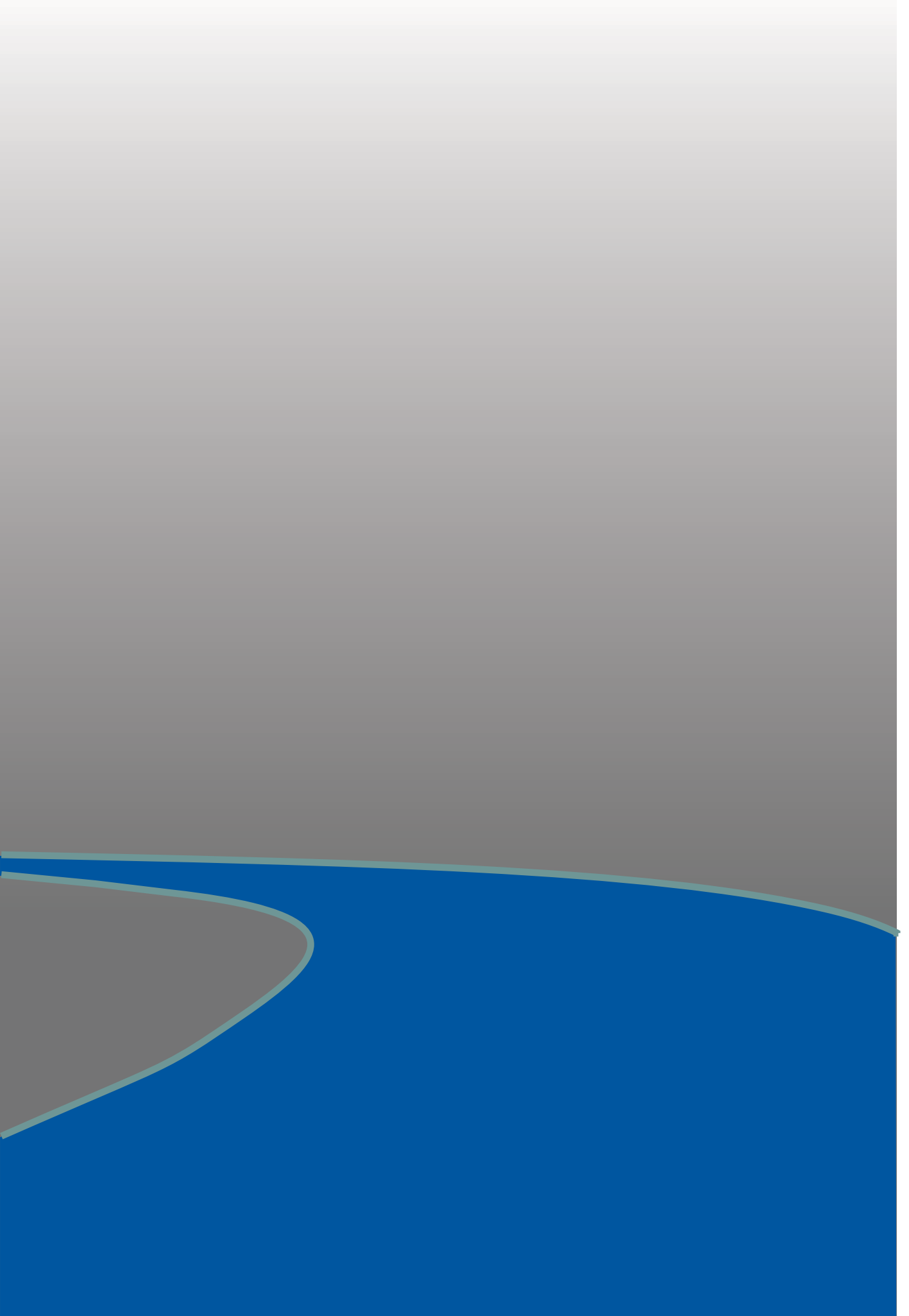
### 3. Conclusiones

El Análisis del Coste del Ciclo de Vida (ACCV), como ya se ha dicho, es la técnica de evaluación de inversiones idónea desde el punto de vista de las administraciones públicas y empresas concesionarias del sector viario, pues consiste en la consideración de todos los costes relevantes en que se incurre a lo largo de la vida de una cierta alternativa en lugar de reparar sólo en las inversiones iniciales.

La mejor práctica supone contar, además de con las inversiones directas en la infraestructura (en las actividades de construcción y conservación), también con los costes sufridos por los usuarios como resultado de esas actuaciones. Mediante los oportunos tipos de descuento, los costes futuros son medidos en unidades monetarias actuales y sumados para determinar la opción de menor coste.

No obstante, para el caso de una carretera, los factores a considerar son muy amplios, diversos, y, en algunos casos, con numerosas incertidumbres, de tal forma que el desarrollo de una metodología específica debe partir de una acotación previa de factores y parámetros, en función de los objetivos a cumplir en cada caso.

Y, como resultado final, para una mejor y más sencilla aplicación, esta metodología se debe plasmar en un software amigable y de sencillo manejo, para poderlo a disposición de proyectistas y decisores.



## 4. Bibliografía

“Life Cycle Cost Analysis. RealCost. User Manual.V2.5.” FHWA (EEUU). Octubre de 2010.

“Economic and Environmental Evaluations of Life-Cycle Cost Analysis Practices: A Case Study of Michigan DOT Pavement Projects”. Arthur Wai-Cheung Chan. Tesis Doctoral. Universidad de Michigan. Marzo de 2007.

“Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design. Interim Technical Bulletin”. James Walls III, Michael R. Smith. FHWA (EEUU). Septiembre de 1998.

“Adopting a Life Cycle Perspective: Special Research Brief”. John Oshsendorf, Nicolas Santero Concrete Sustainability Hub (Massachusetts Institute of Technology). Abril de 2011.

“Decision-Making support model for sustainable roads pavements”. Steef B. van Hartkamp, Adrian J. van Leest. CROW, Plataforma tecnológica de Holanda para el transporte, infraestructuras y espacio público. Octubre de 2010.

“Life-Cycle Cost Analysis Procedures Manual” Department of Transportation - California (EEUU)/ University of California. Caltrans - Department of Transportation - California (EEUU). Noviembre de 2007/ Actualizado Agosto de 2010.

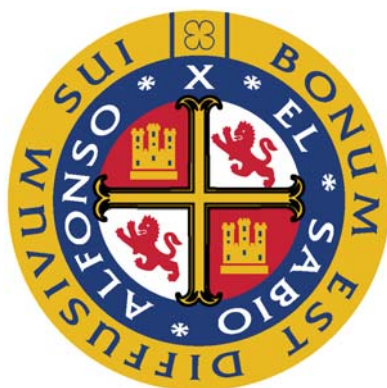
“Life Cycle Cost Analysis for Pavement Type Selection”. Prasada Rao Rangaraju, Ph.D., P.E., Serji Amirkhanian, Ph.D., Zeynep Guven - Department of Civil Engineering-College of Engineering and Science-Clemson University. Departamento de Transportes de Carolina del Sur. Abril de 2008.

“Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design. Interim Technical Bulletin”. James Walls III, Michael R. Smith. FHWA (EEUU). Septiembre de 1998.



*PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DE LA CARRETERA (PTC)*  
*Goya, 23 - 3º, 28001 Madrid (España)*  
*Web: [www.ptcarretera.es](http://www.ptcarretera.es)*  
*E-mail: [info@ptcarretera.es](mailto:info@ptcarretera.es)*

En colaboración con:



Con el apoyo de:

