

## **ANEJO N° 6: COMPARACIÓN DE LAS OPCIONES ESTUDIADAS**



**Índice:**

**6. Comparación de las opciones estudiadas .....5**

6.1. Introducción .....5

6.2. Metodología de comparación.....5

6.3. Descripción del problema.....5

6.4. Planteamiento general de la solución propuesta .....6

6.5. Análisis detallado de la solución propuesta .....7

    6.5.1. Selección de los objetivos ..... 7

    6.5.2. Definición del conjunto de criterios de evaluación ..... 7

    6.5.3. Identificación de los efectos de cada alternativa sobre  
cada criterio de evaluación ..... 9

    6.5.4. Valoración de los efectos de cada alternativa sobre  
cada criterio de evaluación. Definición de los indicadores..... 9

    6.5.5. Definición de los Indicadores..... 9

    6.5.6. Determinación de la importancia relativa asociada a las  
variables consideradas ..... 10

6.6. Análisis ponderado de las alternativas.....12

    6.6.1. Ambiental..... 12

    6.6.2. Territorial..... 13

    6.6.3. Económico ..... 15

    6.6.4. Funcional ..... 34

6.7. Comparación de alternativas .....36

6.7.1. Resultados de los indicadores..... 36

6.7.2. Análisis comparativo ..... 36

6.8. Conclusiones..... 41



## 6. Comparación de las opciones estudiadas

### 6.1. Introducción

El análisis de la situación actual de la Ronda Litoral desde el punto de vista del tráfico (realizado dentro del apartado 3.4. Transporte y demanda actual) ha mostrado problemas significativos de funcionalidad producidos por la falta de capacidad de la autovía que, en su aproximación al centro urbano, cuenta únicamente con dos carriles por sentido de circulación, siendo la demanda superior a 4.500 vehículos en hora punta.

La situación actual o “alternativa 0” se considera dentro del presente análisis como referencia para comparar las “alternativa 1” y “alternativa 2”, que son las que ofrecen soluciones desde el punto de vista del tráfico, a los problemas de congestión planteados.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objeto del presente anejo es comparar entre sí las dos alternativas definidas, y exponer las decisiones y consideraciones que se han adoptado y las fases y procesos que se han seguido para realizar la comparación.

Se especificará en primer lugar la metodología empleada para llevar a cabo la comparación de las alternativas. A continuación se describirá como se ha aplicado la metodología descrita al caso particular del estudio que nos ocupa, realizando las consideraciones necesarias para adaptarla a las circunstancias que lo definen.

### 6.2. Metodología de comparación

El objetivo de un análisis multicriterio es, no sólo seleccionar la mejor de las alternativas posibles, sino también aportar los argumentos objetivos que fundamenten tal conclusión, resaltando la importancia relativa de cada uno de los criterios adoptados para basar tal decisión mediante la generación de diferentes “pesos”.

Debido a la variedad de métodos empleados para la ejecución de los análisis multicriterio como el que aquí es necesario, se ha procedido a la adaptación y refundido de varios métodos y criterios bibliográficamente aceptados dando lugar a una metodología personalizada que será expuesta con detalle a continuación.

Esta descripción se divide en tres partes. En la primera de ellas se define el problema a resolver, en la segunda se presenta el planteamiento general de la solución propuesta, para, en el tercer y último apartado, proceder al análisis individualizado de cada uno de los pasos del proceso definido como solución genérica al problema.

### 6.3. Descripción del problema

De forma concreta y plasmando las indicaciones del Estudio que nos ocupa, el análisis multicriterio a realizar procurará como objetivo: Obtener la mejor alternativa posible de entre todas las estudiadas en el Estudio, teniendo en cuenta todos los aspectos estudiados en el mismo y que además sea rentable desde el punto de vista económico social.

Así, a la hora de buscar una metodología adecuada para su resolución afrontamos el problema con el siguiente planteamiento genérico; buscar la mejor alternativa posible de entre todas las estudiadas a lo largo del área de estudio, basándonos en el cumplimiento de un conjunto de objetivos prefijados y admitiendo que seguramente no existe una solución óptima al problema (es decir que no hay una solución que sea la mejor para todos los objetivos marcados).

## 6.4. Planteamiento general de la solución propuesta

Ante el planteamiento genérico expresado en el punto anterior se presenta a continuación una propuesta metodológica para la resolución del problema presentado y que consiste básicamente en el siguiente proceso que ahora presentamos de forma general y que será analizado con detalle posteriormente:

### 1. Selección de los objetivos

El problema planteado solicita la obtención de la mejor de las alternativas posibles, por lo que ante la necesidad de resolución del mismo necesitamos definir de forma explícita lo que entendemos en este caso por el término mejor. Es decir se definirán el conjunto de objetivos perseguidos.

### 2. Definición del conjunto de criterios de evaluación

Una vez que contamos con todas las alternativas a comparar y con los objetivos que buscamos es necesaria la definición de un conjunto de variables que nos permitan evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos por parte de cada una de las alternativas. Estas variables se denominarán criterios de evaluación.

### 3. Identificación de los efectos de cada alternativa sobre cada criterio de evaluación

Se trata de identificar el comportamiento de cada una de las variables con respecto a cada uno de los criterios de valoración definidos en el punto anterior.

### 4. Valoración de los efectos de cada alternativa sobre cada criterio de evaluación. Definición de los indicadores

Se trata de trasladar los comportamientos identificados en el punto anterior a una escala numérica de tal forma que cada uno de los criterios definidos tenga un valor para cada una de las alternativas estudiadas, este proceso tiene básicamente dos etapas, la primera de ellas consiste en la definición de una variable denominada indicador que refleje de forma cuantitativa el comportamiento, mientras que la segunda impone la definición de una regla de transformación que ponga todos los indicadores definidos en la misma escala de trabajo.

### 5. Definición de la regla de decisión a utilizar

Una vez cuantificados los comportamientos de cada una de las alternativas con respecto a cada uno de los objetivos de valoración, debemos elegir la regla de decisión a utilizar. Gracias a esta regla de decisión podremos combinar de forma adecuada los distintos objetivos para, en función de su importancia relativa, obtener la alternativa que se acerque más al objetivo perseguido.

### 6. Comprobación de la robustez y sensibilidad de las alternativas

Se trata de generar distintas variaciones de los pesos y de calcular en esos casos la decisión mediante el método mencionado en el apartado anterior. Gracias a este hecho podremos obtener el conjunto de soluciones más adecuado para cada conjunto de pesos aplicado.

### 7. Conclusiones

El análisis del punto anterior debe permitir el establecimiento de un orden dentro del conjunto de alternativas que sirvió como hipótesis al problema.

## 6.5. Análisis detallado de la solución propuesta

A continuación analizaremos paso a paso el proceso definido de forma somera en el apartado anterior.

### 6.5.1. Selección de los objetivos

El objeto de este análisis se centra en la búsqueda de la mejor alternativa de entre las dos definidas.

El planteamiento, así presentado, no define de forma concreta el significado del término “mejor” por lo que el siguiente paso a seguir es el establecimiento del conjunto de objetivos que nos lleven a alcanzar el OBJETIVO BÁSICO definido en el presente documento. En el caso de un Estudio como el que nos ocupa los objetivos marcados son cuatro:

- **OBJETIVO AMBIENTAL:** Se desea obtener la alternativa que menos impactos residuales tenga sobre el medio ambiente.
- **OBJETIVO TERRITORIAL:** Se desea obtener la alternativa más beneficiosa para el desarrollo territorial del área por la que transcurre.
- **OBJETIVO ECONÓMICO:** Se desea obtener la alternativa que sea más rentable desde el punto de vista económico.
- **OBJETIVO FUNCIONAL:** Se desea obtener la alternativa que sea más funcional de cara al usuario.

Se presentan a continuación, para cada uno de estos cuatro campos, los criterios de comparación seguidos, así como los resultados obtenidos en cada caso.

### 6.5.2. Definición del conjunto de criterios de evaluación

Una vez finalizados los dos primeros pasos del proceso aquí propuesto, ya se encuentran definidos tanto el conjunto de alternativas que vamos a comparar como el conjunto de objetivos que deseamos alcanzar. El siguiente paso es la definición de un conjunto de variables que se denominarán criterios de evaluación y que son el nexo de unión entre las hipótesis del problema (alternativas y objetivos) ya que nos permitirán valorar el grado de acercamiento de cada una de las alternativas a los objetivos marcados.

La elección de los criterios de evaluación es quizás la operación más delicada de todo el proceso y su validez se rige de forma estricta por el cumplimiento de un conjunto de propiedades, así:

1. Cada uno de los criterios de evaluación debe cumplir de forma individual dos propiedades:
  - **Comprensibilidad:** El valor del atributo es un buen indicador del grado en que el correspondiente objetivo se realiza, es decir es una variable significativa.
  - **Medibilidad:** La variable se mide con alguna escala de trabajo conocida.
2. El conjunto de criterios de evaluación debe cumplir las siguientes propiedades para que sea aceptado como tal:
  - **Compleitud:** Todos los aspectos pertinentes a la situación de decisión están presentes.
  - **Operatividad:** Deben ser aplicables, es decir deben servir de forma significativa al análisis.
  - **Descomponibilidad:** que permita la simplificación del proceso de evaluación mediante la desagregación del problema en partes.

- **Minimalidad:** No debe existir un conjunto completo de criterios que determine el mismo problema con un menor número de variables.

Una vez definidas las condiciones que deben cumplir tanto de forma individual como colectiva nuestros criterios, pasamos a definir los que han sido marcados por la Dirección General de Carreteras como representativos para la evaluación de alternativas de Estudios Informativos y Proyectos de Carreteras.

Dividiremos los criterios en cuatro grupos dependiendo del objetivo ya definido al que se encuentren asociados. Para un estudio de carácter genérico tendríamos:

#### Criterios asociados al objetivo **AMBIENTAL**

- Climatología.
- Calidad Atmosférica.
- Geología y Geotecnia.
- Suelos.
- Hidrología Superficial.
- Hidrología Subterránea.
- Situación fónica.
- Vegetación.
- Fauna.
- Paisaje.
- Espacios naturales protegidos.
- Patrimonio histórico-artístico.

#### Criterios asociados al objetivo **ECONOMICO:**

- Inversiones y costes
- Mejora de tiempos
- Reducción de accidentes

#### Criterios asociados al objetivo **FUNCIONALIDAD:**

- Velocidad de Planeamiento
- Seguridad vial
- Calidad de trazado

#### Criterios asociados al objetivo **TERRITORIAL:**

- Conectividad con la red existente y permeabilidad territorial.
- Planeamiento y coordinación con otros planes.



### 6.5.3. Identificación de los efectos de cada alternativa sobre cada criterio de evaluación

Se trata de identificar el comportamiento de cada una de las alternativas con respecto a cada uno de los criterios de valoración definidos en el punto anterior. En este caso no se trata de calificar la bonanza o maldad de cada una de ellas sino simplemente de dejar constancia de los distintos niveles de cumplimiento de los objetivos prefijados.

### 6.5.4. Valoración de los efectos de cada alternativa sobre cada criterio de evaluación. Definición de los indicadores

Una de las características que debían cumplir de forma individual cada uno de los criterios evaluación es la mensurabilidad, es decir que existiese una escala métrica que permitiese expresarlos numéricamente.

El siguiente paso una vez identificado el comportamiento de cada una de las alternativas para cada una de las variables es trasladar ese comportamiento a una graduación numérica.

Este traslado requiere dos etapas:

- La definición de una nueva variable denominada Indicador que no es más que una función que asocia a cada alternativa un valor numérico indicativo de su comportamiento con respecto a una parte o a todo el criterio de valoración. Cada factor de evaluación por tanto, puede venir definido por uno o por varios indicadores.
- La escala numérica obtenida tras la aplicación de cada indicador no es la misma en todos los casos por lo que se hace necesario una segunda etapa que transforme los valores ya obtenidos a una escala común (en este caso de 0 a 10).

### 6.5.5. Definición de los Indicadores

En este apartado se hace una descripción somera de los diversos tipos de indicadores que se pueden emplear para la evaluación de las variables comentadas dentro de cada uno de los objetivos expuestos anteriormente.

La definición detallada de estos indicadores se realizará una vez que se hayan seleccionado aquellos relevantes para nuestro estudio.

En primer lugar se puede realizar una clasificación en sentido amplio que divide los indicadores en dos grandes grupos.

- Cuantificables.
- No cuantificables.

En el caso de los primeros, el comportamiento de la alternativa se puede expresar de forma directa como un número.

En el caso de los segundos, al no poderse expresar la valoración únicamente mediante un número, es necesario medir el comportamiento de la alternativa con respecto a esa parte del criterio de valoración a través de una escala relativa de valoraciones definida a tal efecto (por ejemplo MUY MALO, MALO, REGULAR, BUENO, MUY BUENO) que en cualquier caso se transformará numéricamente y de forma posterior a la misma escala predefinida (de 0 a 10) que en el caso de los indicadores cuantificables.

Centrándonos más en la naturaleza propia de cada indicador, dependiente, por supuesto, del tipo de variable que se desea representar podemos enumerar los siguientes tipos de indicadores.

A) En primer lugar existen **indicadores que evalúan una superficie** afectada equivalente de una cierta variable. Estos son empleados cuando se ha establecido una clasificación de las diversas superficies que componen el área de estudio de modo que existen algunas cuya valoración es superior a otras.

En lugar de dividir simplemente la superficie afectada por la superficie total se pondera cada valor por el índice de calidad o de importancia relativa asociado.

El resultado es el mismo que si se convirtieran todas las superficies en juego en sus equivalentes de índice de calidad unidad.

Mediante indicadores de este estilo se evaluarían, entre otras, la vegetación o el planeamiento.

Como ejemplo se incluye a continuación la expresión del indicador que se emplearía para evaluar la superficie equivalente afectada de calidad 1 de vegetación.

$$I_{sev} = \frac{\sum_i \text{Calidad de la unidad de vegetación } i \times \text{Superficie afectada de la unidad de vegetación } i}{\sum_i \text{Calidad de la unidad de vegetación } i \times \text{Superficie total de la unidad de vegetación } i}$$

B) Existen otros **indicadores que evalúan un nivel equivalente de afección por persona afectada**. En estos se calculan los niveles de afección en cada lugar significativo y se ponderan por el número de individuos implicados en cada uno de los puntos. El valor se normaliza multiplicando por el total de individuos presentes en el área de estudio.

De este tipo son, por ejemplo los indicadores de ruido o de visibilidad.

Como ejemplo se incluye a continuación la expresión del indicador que se emplearía para evaluar el nivel medio de ruido por persona.

$$I_{inp} = \frac{\sum_i \text{personas afectadas en la zona } i \text{ (residenciales)} \times L_{eq} + \sum_i \text{personas afectadas en la zona } i \text{ (hospital y escolar)} \times (L_{eq} + 20)}{\text{Número total de personas consideradas}}$$

C) Un tercer grupo de **indicadores evalúan una disminución de una característica negativa** de la situación actual que se mejora con la construcción de la nueva vía. Estos suelen evaluarse en tanto por ciento de disminución y adoptan diversas formas.

Un ejemplo de los mismos lo tenemos en el indicador de seguridad vial o de conectividad con la red existente, donde se evaluará la disminución del número de accidentes o del tiempo de recorrido.

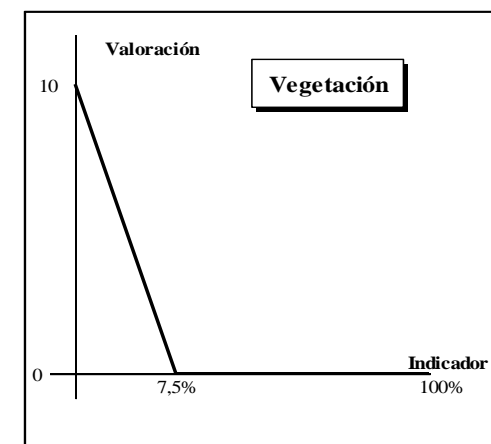
Como ejemplo se incluye a continuación la expresión del indicador que se emplearía para evaluar la disminución del tiempo de recorrido.

$$I_{CRE} = \frac{\sum_{ij} M_{ij} \cdot (t_{ij,anterior} - t_{ij,actual})}{\sum_{ij} M_{ij} \cdot t_{ij,anterior}}$$

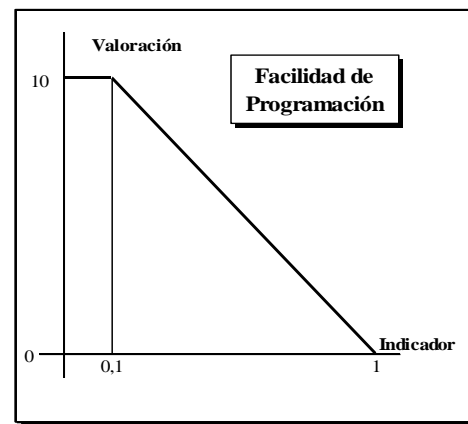
### 6.5.6. Determinación de la importancia relativa asociada a las variables consideradas

Una vez definidos todos y cada uno de los indicadores asociados a cada criterio de evaluación debemos pasar a transformar todos esos valores obtenidos a una escala común. En este caso se ha optado por una escala decimal (0 - 10) donde el 0 representarán el estado pésimo de la alternativa con respecto al criterio de evaluación y el 10 el estado óptimo. Del mismo modo que se procedió en el apartado anterior de definición de los indicadores haremos aquí una descripción general de los diversos tipos de funciones de transformación dejando para el desarrollo del análisis la presentación de las funciones particulares empleadas en este estudio.

- En caso de indicadores del tipo superficie afectada equivalente de calidad 1 la función de transformación es lineal decreciendo de 10 a 0 entre el 0 % y un determinado porcentaje, que representa la máxima afección admisible, a partir de la cual se otorga un valor de 0. Como ejemplo se incluye a continuación la gráfica de la función empleada para el escalado del indicador de vegetación.



- Otras funciones presentan la particularidad de ser equivalentes para valores bajos del indicador, valiendo 10. A partir de un determinado valor del indicadores decrecen linealmente, en uno o más tramos, hasta el valor 0. Funciones de este tipo sirven para escalar variables como la seguridad vial, afección al usuario durante las obras o la facilidad de programación. Como ejemplo se incluye a continuación la gráfica de la función de escalado del indicador de facilidad de programación.



- Se puede definir un nuevo tipo, aunque en esencia es equivalente a las funciones del tipo superficie afectada equivalente. Allí un aumento del indicador conllevaba un empeoramiento hasta el valor máximo admisible, calificado con 0. En esta variante un aumento del indicador implica una mejoría hasta un valor teóricamente inalcanzable, calificado con 10. La forma de la función es linealmente creciente hasta este valor y horizontal después.
- Por último existe un tipo de función que es más una tabla de equivalencias que una función propiamente dicha y que sirve para escalar los indicadores cualitativos.

ESCALA RELATIVA	ESCALA NUMÉRICA
MUY MALO	0
MALO	2
REGULAR	5
BUENO	8
MUY BUENO	10

## 6.6. Análisis ponderado de las alternativas

Se realiza a continuación, para cada uno de los cuatro aspectos tratados en el presente estudio, el análisis ponderado de las diferentes alternativas describiendo previamente los diferentes criterios de comparación propuestos a tal fin.

### 6.6.1. Ambiental

A través de los estudios ambientales del ámbito reflejados en apartados anteriores, se han caracterizado los principales problemas del área y los principales valores ambientales con que cuenta la misma. Se han analizado los criterios que siguen a continuación, siendo estos los que presentan diferencias significativas para las distintas alternativas de cada tramo.

**Calidad del aire:** Se considera que las dos alternativas estudiadas son prácticamente idénticas. Ambas permiten fluidificar el tráfico con lo que desde ese punto de vista se reducirían las emisiones con respecto a la situación actual, si bien por otro lado, ambas captan más tráfico que la situación actual, lo que compensa el efecto anterior.

**Situación fónica:** Para determinar la potencial afección de las soluciones propuestas en lo que se refiere al ruido generado, se ha considerado la población potencialmente afectada por las dos alternativas. Como con secuencia del trazado de cada una de ellas, la población que puede verse afectada de forma global es muy similar. En cuanto a la valoración compatible del impacto, se estima que sin medidas correctoras ambas producirán un leve incremento en los niveles de presión sonora emitidos. Si bien, con la inclusión de medidas correctoras (Pantallas acústicas) se consigue incluso mejorar la situación actual. Por tanto se mejora en el aspecto de la situación fónica, y el impacto se considera compatible.

**Contaminación lumínica.** Ambas alternativas son similares entre si en este aspecto. Se considera que la contaminación lumínica producida es similar a la del momento actual, a pesar de que las nuevas luminarias que se proyecten serán mejores en este aspecto que las existentes. A pesar de ello, se considera un impacto compatible.

**Orografía y pendientes:** Se ha tomado como criterio los materiales producidos por excavación de cajeros en cada una de las alternativas, así como los materiales necesarios para la conformación de nuevos terraplenes. En este sentido aunque ambas presentan un impacto compatible debido al bajo volumen, la alternativa 1 es levemente mejor que la 2 ya que produce menos tierras y necesita menos volumen para sus terraplenes.

**Hidrología superficial:** Ambas alternativas son idénticas. No cruzan cauces naturales de ningún y tan solo podrían afectar a escorrentías superficiales, la cuales ya están interceptadas por la carretera actual. Se considera que se mejora levemente este elemento con respecto a la situación actual por al mejora en las obras de drenaje que un nuevo proyecto implica.

**Hidrogeología** Desde el punto de vista hidrogeológico las dos alternativas afectan a materiales con el mismo comportamiento y en ambos casos se sitúan parcialmente sobre el aluvial del Llobregat. Este acuífero esta en recuperación, por lo que la ejecución de una obra de grandes dimensiones con numerosas excavaciones para cimentaciones de pilas de puentes etc implican un riesgo de aportes de contaminación a las napas de aguas subsuperficiales. Se estima que las la mayor superficie de ocupación de la alternativa 2 implica un riesgo levemente superior a la 1(6/5,5) En ambos casos su impacto se estima como moderado

**Vegetación:** Mayoritariamente la vegetación afectada por ambas alternativas será la típica asociada a vegetación ruderal de bordes-mediana de autovías y a zonas urbanas ajardinadas. LA mayor superficie de ocupación de la alternativa 2 hace que se le haya asignado un valor (7,5) levemente peor que a la Alternativa 1 (8). En ambos casos se considera un impacto compatible

**Fauna:** Las dos alternativas se ubican en un entorno urbano y por tanto fuertemente antropizado. La única área natural cercana es la ladera de Montjuic, si bien las alternativas se diseñan con crecimiento hacia el lado industrial, contrario a esta zona. Por tanto, se considera ambas alternativas iguales y de bajo impacto para la fauna.

**Paisaje:** El impacto que podría generar ambas alternativas es prácticamente idéntico. La alternativa 2 ocupa una superficie levemente mayor que la 1, si bien esta superficie actualmente es de uso industrial y sin valor paisajístico.

**Patrimonio Cultural:** Ninguna de las alternativas estudiadas afecta a elementos pertenecientes al Patrimonio Histórico-Artístico y Cultural del área. En ambos casos se considera que el impacto será muy bajo.

A continuación se incluye un resumen con la valoración dada a cada variable teniendo en cuenta la siguiente asignación de rangos:

VALORACION	ESCALA NUMÉRICA
Positivo	10
Compatible	7,5 – 9
Moderado	5 – 7,5
Severo	2,5 – 5
Crítico	0 – 2,5

**Resumen de Escalado del Objetivo Medioambiental**

Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
	Valor	Valor
Calidad del aire	7,50	7,50
Situación fónica	8,50	8,50
Contaminación lumínica	7,50	7,50
Orografía y pendientes	8,00	7,50
Hidrología superficial	7,50	7,50
Hidrogeología	6,00	5,50
Vegetación	8,00	7,50
Fauna	7,50	7,50
Paisaje	8,00	7,50
Patrimonio cultural	9,00	9,00

## 6.6.2. Territorial

Dentro del objetivo territorial, se han evaluado dos criterios:

- *Permeabilidad territorial y conectividad:* a fin de analizar los distintos comportamientos de las alternativas en cuanto a su accesibilidad y conectividad con la red viaria existente.
- *Planeamiento y coordinación con otros Planes:* con el propósito de evaluar la afección de las diferentes alternativas al planeamiento urbano de la zona.

A continuación se desarrolla el análisis.

### 6.6.2.1. Permeabilidad territorial y conectividad

Tanto el trazado actual de la Ronda Litoral como las dos alternativas consideradas constituyen a la largo de su recorrido una ‘barrera territorial’ en las potenciales conexiones a una y otra margen, que son posibles exclusivamente en el entorno de los enlaces existentes y mediante pasos inferiores.

En términos de permeabilidad y conectividad, los principales cambios derivarán de las actuaciones de remodelación de los enlaces (que se hace de forma compatible con el Anteproyecto de Reunificación del Puerto de Barcelona que plantea la entrada por la Puerta 28 y la salida por la Puerta 29), resultando que:

- En el tramo inicial, desde la **Zona Franca hasta la Puerta 29**, las dos alternativas contemplan la misma solución. La ampliación de un carril por cada sentido. No se alteran las conexiones existentes, que se limitan a un paso inferior bajo la playa de vías del ferrocarril.
- En la zona de la **Puerta 29** ambas proyectan una nueva glorieta para la gestión de todo el tráfico con origen-destino en la zona Franca del Puerto. Se plantea también incorporar un ramal de salida directa al Puerto (sentido norte - Llobregat) desde la autovía.

- En la **Puerta 28** se reordena igualmente el enlace para mejorar las condiciones de al Puerto. En la remodelación se incluye una zona de control para regular el acceso a la zona portuaria.
- Las principales diferencias entre las alternativas se producen entre las **Puertas 28 y 25** ya que:
  - o En la Alternativa 1 se plantea ampliar en un carril por sentido la calzada actual, por lo que la red viaria circundante se mantiene igual.
  - o Mientras que en la Alternativa 2 se aboga por generar una segunda calzada sobre la carretera Miramar para canalizar el flujo de tráfico hacia y desde la ciudad. Esa separación del tráfico local del propio del tronco se realizaría a través de las puertas 29 y 28.

En líneas generales, las dos alternativas propuestas mantienen el mismo modelo, por lo que la permeabilidad y conectividad no se verán sustancialmente modificadas. Sin embargo, la propuesta de la alternativa 2 si que genera una mayor distribución del tráfico de la Ronda sobre la red viaria local al incrementarlo de forma significativa sobre el eje Paseo Josep Carner / Ctra. Miramar y sobre la actual calle de los Motores –entre las puertas 28 y 29. En resumen, podría afirmarse que la alternativa 2 presenta una mayor permeabilidad puntual con la red viaria, no tanto en el número de conexiones como en la distribución del tráfico.

**Escalado del Objetivo Territorial: Permeabilidad y conectividad**

Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
	Valor	Valor
Permeabilidad y conectividad	8,00	8,50

**6.6.2.2. Planeamiento y coordinación con otros planes**

No consta que la actuación plantea sobre la Ronda Litoral tenga afección sobre planes territoriales o sectoriales con lo que sea necesario establecer una coordinación.

Así pues, el indicador planeamiento se apoyará en el análisis de la clasificación urbanística de los terrenos afectados por las alternativas que, en la mayoría de los casos, tiene la consideración de sistema general viario, según el planeamiento vigente (ver apartado 3.7 del Anejo nº 3 – Datos Básicos).

**Plan General Metropolitano de Barcelona**



Se realiza a continuación una descripción de las potenciales afecciones urbanísticas de cada alternativa:

- La **alternativa 1** consiste en una ampliación de capacidad del tronco mediante la implantación de 1 o 2 carriles adicionales por sentido de circulación. Entre Enlace de Zona Franca y la Puerta 29 esa ampliación ocupa suelos clasificados como sistema general viario (vinculados a la propia autovía existente) y sólo entre la Puertas 29 y 28 se ven afectados terrenos clasificados como viario y/o zona verde.
- La **alternativa 2** plantea separar el tráfico de paso del de acceso/salida a Barcelona, generando una calzada lateral entre las Puertas 28 y 25. Esto supone una mayor afección sobre la zona del Montjuic calificada como espacio libre.

Se muestra a continuación una tabla comparativa de los terrenos objeto de expropiación según su calificación urbanística:

**Suelos afectados según calificación urbanística**

CALIFICACIÓN SUELO		SUPERFICIE (%)	
SUELO URBANO INDUSTRIAL		2,2%	1,6%
<b>SISTEMAS GENERALES VIARIO</b>		<b>75,8%</b>	<b>76,0%</b>
SISTEMAS GENERALES PORTUARIO		4,1%	4,1%
SISTEMAS GENERALES FERROVIARIO		8,5%	8,9%
ESPACIOS LIBRES		5,6%	4,1%
PARQUE MONTJUIC		1,9%	3,4%
EQUIPAMIENTOS		2,0%	1,9%
<b>TOTAL SUPERFICIE</b>	(%)	<b>100%</b>	<b>100%</b>
	(m <sup>2</sup> )	<b>482.619</b>	<b>500.570</b>

Como se muestra en la tabla, las dos alternativas presentan una afección similar desde el punto de vista urbanístico, ya que, si bien de manera mayoritaria se proyectan sobre suelo clasificado como sistema general viario, también lo hacen sobre otro tipo de terrenos.

Para el escalado de la puntuación se realiza precisamente el grado de adecuación de la alternativa a los suelos clasificados como sistema general viario, así el porcentaje de ocupación de estos suelo se equipara al rango de escalado 0 a 10.

En vista de lo anterior, se asignan las mismas puntuaciones en la valoración:

**Escalado del Objetivo Territorial: Planeamiento**

Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
	Valor	Valor
Planeamiento	7,58	7,60

### 6.6.3. Económico

Dentro del objetivo económico se ha evaluado el indicador “rentabilidad”, que aglutina las características de las alternativas asociadas a costes y beneficios generados por las mismas.

La comparación de ingresos y beneficios de cada una de las alternativas en relación con la situación sin proyecto permite obtener los siguientes indicadores de rentabilidad:

- VAN Valor Actual Neto del Proyecto
- B/C Relación beneficio-coste
- TIR Tasa interna de retorno
- PRI Periodo de recuperación de la inversión

El análisis de rentabilidad de cada alternativa se realiza atendiendo al pliego y la metodología publicada por el Ministerio de Fomento relativa a Evaluación Económica de Proyectos de Transporte.

En concreto se determinan los siguientes ítems:

- **Vida útil:**

- **Horizonte temporal:** en proyectos de carácter urbano o periurbano, como es el caso, se toman 20 años a partir de la puesta en funcionamiento del proyecto. Es decir, el horizonte del estudio coste-beneficio será 2020-2040, tomando como año 0 el 2019.

- **Costes:**

- **De inversión (o proyecto):** Incluyen Presupuesto de Licitación (sin IVA), Expropiaciones y Redacción de Proyectos y Dirección de Obra (2% sobre presupuesto de ejecución).
  - **De interrupción durante la ejecución de las obras:** este coste, vinculado a la pérdida de tiempo por reducción de velocidad en los desvíos provisionales, así como otros equiparables, se consideran incluidos en el presupuesto de construcción, a través de los subcapítulos obras complementarias, servicios afectados y varios.
  - **De conservación y rehabilitación:** Estimados a partir de un coste unitario de conservación de 6000 €/km/año.
- **Beneficios de cada alternativa:** se obtienen como diferencia de los costes generalizados del transporte en la situación sin proyecto y cada una de las alternativas.
- **De funcionamiento:** Considera fundamentalmente las variaciones en los tiempos de viaje, y otros factores como el consumo de combustible; monetizando los resultados.
  - **De accidentabilidad:** Basados en el número de accidentes estimado en el anejo 5.

### 6.6.3.1. Costes

#### De primera inversión (o proyecto)

El mayor coste en la inversión es el correspondiente a la ejecución de los proyectos. Según lo contenido en el Documento nº 3 – Presupuestos, los presupuestos para cada alternativa son los siguientes:

PRESUPUESTO	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL</b>	<b>83.033.864,46 €</b>	<b>95.503.180,30 €</b>
Gastos Generales 13%	10.794.402,38 €	12.415.413,44 €
Beneficio Industrial 6%	4.982.031,87 €	5.730.190,82 €
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)</b>	<b>98.810.298,71 €</b>	<b>113.648.784,56 €</b>
IVA 21%	20.750.162,73 €	23.866.244,76 €
<b>PRESUPUESTO DE LICITACIÓN CON IVA</b>	<b>119.560.461,44 €</b>	<b>137.515.029,31 €</b>

Al PBL se le aplica un factor para corregir el efecto de la transferencia entre agentes que, según la Tabla 1 contemplada en la NOTA DE SERVICIO 3/2014 SOBRE PRESCRIPCIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS RELATIVAS A LOS CONTENIDOS MÍNIMOS A INCLUIR EN LOS ESTUDIOS DE RENTABILIDAD DE LOS ESTUDIOS INFORMATIVOS [...] (fuente original CEDEX 2009), sería un coeficiente de 0.9694 para el caso de la Cataluña. Por tanto, el coste de inversión para la construcción ascendería a:

CONSTRUCCION	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>95.786.703,57 €</b>	<b>110.171.131,75 €</b>

El segundo coste directo con un peso significativo es el derivado de las expropiaciones que, según el anejo correspondiente asciende a:

EXPROPIACIONES	Alternativa 1	Alternativa 2
SUPERFICIE SUELO	482.619 m <sup>2</sup>	500.570 m <sup>2</sup>
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>8.427.960,00 €</b>	<b>8.178.660,00 €</b>



Otra inversión a considerar es la relativa a la redacción de estudios y proyectos y a la Dirección de Obra, que pueden estimarse en importes equivalentes al 2 y al 1,75% del presupuesto de licitación. El primero se asignará como gasto en el año 0 y el segundo durante la fase de construcción.

REDACCIÓN DE PROYECTOS Y ATDO	Factor	Alternativa 1	Alternativa 2
REDACCIÓN ESTUDIOS Y PROYECTOS	2%	1.976.205,97 €	2.272.975,69 €
ASISTENCIA TÉCNICA Y DIRECCIÓN DE OBRA	1,75%	1.729.180,23 €	1.988.853,73 €
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA</b>		<b>3.705.386,20 €</b>	<b>4.261.829,42 €</b>

**De conservación y rehabilitación**

Estos costes se estiman aplicando el segundo método contemplado en las “Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio, de estudios y Proyectos de Carreteras (Mº. Fomento, 1990)”. Para ello, supone que el gasto conjunto de ambos conceptos es equivalente al 1,50% del valor de construcción (entendido aquí como PBL) durante la vida útil (20 años).

Como es preciso estimar también el coste equivalente para la situación, se ha desglosado el cálculo para obtener un coste unitario en €/km de carril. A partir de la tramificación del Estudio y de la sección prevista en cada tramo resultante, se ha cuantificado la longitud total de los carriles:

	Alternativa 0		Alternativa 1	Alternativa 2
<b>LONGITUD TRAMO (km-eje)</b>	<b>5,65</b>		<b>5,66</b>	<b>5,99</b>
	<b>Carriles</b>	<b>km</b>	<b>8 carriles *</b>	<b>8 carriles*</b>
Subtramo I	6	2,20	17,60	17,60
Subtramo II	4	1,00	8,00	8,00
Subtramo III	4	2,20	17,60	17,60
Subtramo IV	4	0,26	2,05	4,68
<b>LONGITUD KM CARRILES</b>	<b>27,02</b>		<b>45,25</b>	<b>47,88</b>

\* Las alternativas 1 y 2 presentan una sección tipo de 8 carriles predominante, excepto en el subtramo IV.

Aplicando los valores anteriores al coste total se obtiene los siguientes ratios por km y carril.

CONSTRUCCION		Alternativa 1	Alternativa 2
<b>COSTE UNITARIO</b>	km/carril	1.637,81	1,780,21
<b>COSTE INICIAL</b>	€/año	62.275,40 €	71.627,75 €
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA*</b>	€/año	<b>27.930,21 €</b>	<b>39.059,07 €</b>

En la valoración económica (\*) se minora el coste inicial con el correspondiente a la situación actual. Para calcular este último se aplica un valor promedio de unos 1.710 €/km carril, obteniendo una estimación de conservación de unos 46.177,52 €/año.

**Resumen de costes por alternativa**

En vista de los cálculos anteriores, el coste total de cada alternativa a considerar en la evaluación es el siguiente:

COSTES	Alternativa 1	Alternativa 2
PRESUPUESTO DE LICITACIÓN (sin IVA)	95.786.703,57 €	110.171.131,75 €
EXPROPIACIONES	8.427.960,00 €	8.178.660,00 €
REDACCIÓN ESTUDIOS Y PROYECTOS	3.705.386,20 €	4.261.829,42 €
CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN	558.604,14 €	781.181,43 €
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL</b>	<b>108.478.653,91 €</b>	<b>123.392.802,60 €</b>

### 6.6.3.2. Beneficios de cada alternativa

#### Coste de funcionamiento

Los beneficios de cada alternativa se cuantifican en términos de reducción de los costes generales de transporte, que pueden resumirse en:

- Costes de tiempo de recorrido
- Costes de consumo de combustible

Gracias al estudio de tráfico realizado -mediante un modelo de microsimulación con el software AIMSUN NG- se obtienen los consumos asociados a cada una de las situaciones planteadas.

Para un mayor detalle del proceso de modelado de asignación y simulación de los escenarios de estudio se pueden consultar en los anejos 3 y 4 los apartados “3.4 Transporte y Demanda Actual” y “4.5- Demanda y Funcionalidad”

Para la obtención de los datos de beneficios necesarios para el cálculo de rentabilidad se ha modelado el área de estudio para las situaciones con y sin proyecto en la situación actual y el año de puesta en servicio de las soluciones propuestas (2017 y 2020, respectivamente).

Las modelaciones se han realizado para la hora punta de tráfico, que se desarrolla entre las 8 y las 9 de la mañana del día laborable. Para la expansión de los resultados de consumo al resto de periodos y anualidad se ha tomado la distribución horaria representativa del área de estudio, correspondiente al aforo automático realizado en la Ronda litoral B-10. P.K. 14+000, durante el presente año.

A continuación se presentan los datos de flujo obtenidos del aforo automático para cada uno de los sentidos de circulación diferenciados en días laborables y fin de semana. Se añade como dato la representación porcentual del volumen horario en relación al total registrado en cada día tipo.

**AFORO ESPECIAL EN B-10 P.K. 14+000,  
ZONA VIADUCTO DEL MORROT, AMBOS SENTIDOS**

DÍA		media laboral		
Hora	Flujo Sentido 1	Flujo Sentido 2	TOTAL	%sobre total diario
1	795	544	1.340	1,09%
2	478	246	724	0,59%
3	345	165	510	0,42%
4	456	154	611	0,50%
5	928	368	1.296	1,06%
6	2.533	1.142	3.676	3,00%
7	3.326	2.284	5.610	4,58%
8	4.628	3.511	8.139	6,65%
9	4.415	3.924	8.339	6,81%
10	3.747	3.440	7.187	5,87%
11	3.633	2.769	6.402	5,23%
12	3.635	3.005	6.640	5,43%
13	3.669	2.948	6.617	5,41%
14	4.181	3.140	7.321	5,98%
15	3.711	3.694	7.405	6,05%
16	3.737	2.979	6.716	5,49%
17	3.546	3.190	6.736	5,50%
18	3.726	3.658	7.384	6,03%
19	3.914	3.301	7.215	5,90%
20	3.501	2.879	6.380	5,21%
21	3.008	2.655	5.664	4,63%
22	2.540	2.269	4.809	3,93%
23	1.707	1.816	3.522	2,88%
24	1.221	908	2.129	1,74%
<b>TOTAL</b>	67.381	54.991	122.372	1

**AFORO ESPECIAL EN B-10 P.K. 14+000,  
ZONA VIADUCTO DEL MORROT, AMBOS SENTIDOS**

DÍA		media fin de semana		
Hora	Flujo Sentido 1	Flujo Sentido 2	TOTAL	%sobre total diario
1	1.321	951	2.272	2,63%
2	1.077	576	1.653	1,91%
3	718	379	1.097	1,27%
4	703	309	1.012	1,17%
5	779	379	1.158	1,34%
6	1.455	820	2.274	2,63%
7	1.240	1.130	2.370	2,74%
8	1.424	1.143	2.567	2,97%
9	1.742	1.570	3.312	3,83%
10	2.162	1.926	4.088	4,73%
11	2.638	2.247	4.884	5,65%
12	2.935	2.405	5.340	6,17%
13	2.919	2.499	5.418	6,26%
14	3.061	2.542	5.603	6,48%
15	2.767	2.358	5.124	5,92%
16	1.981	1.680	3.660	4,23%
17	2.353	1.800	4.153	4,80%
18	2.860	2.213	5.073	5,86%
19	3.023	2.530	5.553	6,42%
20	2.609	2.414	5.022	5,81%
21	2.640	2.289	4.928	5,70%
22	2.495	2.241	4.736	5,47%
23	1.629	1.399	3.027	3,50%
24	1.305	873	2.178	2,52%
<b>TOTAL</b>	47.830	38.667	86.497	1

En función de los datos expuestos se han agrupado por tipología las horas anuales a efectos de expansión de los beneficios asociados a cada alternativa.

Así, se han asociado las horas de días laborables y fin de semana a los periodos representativos de punta de mañana, punta de mediodía, punta de tarde y periodo fuera de punta. En la siguiente tabla se definen las horas asociadas a cada periodo representativo. Cabe destacar que se ha tomado el día representativo de 18 horas, desestimando los valores por debajo del 1% de flujo relativo al total, periodo de 24 a 5 horas.

	HORAS ASOCIADAS	HORAS DÍA LABORAL	HORAS DÍA FINDESEM	HORAS ANUALES
<b>PM</b>	08 - 10 (laborable)	3		780
<b>PMD</b>	14 - 15 (laborable)	2		520
<b>PT</b>	18 - 19 (laborable)	2		520
<b>FP</b>	Resto	11	18	4732
			<b>TOTAL</b>	<b>6552</b>

En consecuencia los beneficios asociados al periodo de punta de mañana simulado se expanden al periodo anual en función de los siguientes factores, derivados del análisis de la distribución horaria presentada anteriormente.

	Factor relación entre tipos de periodos	HORAS ANUALES
<b>Punta Mañana</b>	1	780
<b>Punta Mediodía</b>	0,933411649	520
<b>Punta Tarde</b>	0,925387073	520
<b>Fuera Punta</b>	0,723417366	4732

Por otro lado, en la modelación y en la obtención de resultados se ha diferenciado en función de la tipología vehicular: vehículo ligero y pesado, de manera que se realiza el cálculo específico para cada uno de ellos.

En las siguientes tablas se presentan los consumos asociados a la situación sin proyecto y situaciones con proyecto: alternativa 1 y alternativa 2 obtenidos de la microsimulación realizada con el software AIMSUN NG.

A partir de estos datos y de acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos del manual de Ministerio de Fomento “Evaluación Económica de Proyectos de Transporte” se calculan los consumos monetarios anuales de la

situación sin proyecto y la situación con proyecto en cada una de las variantes definidas.

### Resultados Alternativa 0 (actual según modelo de tráfico) en 2014

Serie Temporal Tipo Vehículo Coche	Valor	Desviación Estándar	Unidades
Cola Media	36,71	19,35	veh
Cola Virtual Máxima	11,25	7,07	veh
Cola Virtual Media	0,48	0,54	veh
Consumo de Combustible	19373,65	205,47	l
Densidad	11,58	0,23	veh/km
Distancia Total de Viaje	50236,05	463,28	km
Flujo	11116,25	90,35	veh/h
Flujo de Entrada	11235,75	125,61	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	19,2	1,63	seg/km
Tiempo de Parada	7,48	1,38	seg/km
Tiempo de Viaje	150,17	1,74	seg/km
Tiempo Total de Viaje	878,65	17,55	h
Velocidad	52,135	0,84	km/h
Velocidad Harmónica	48,905	0	km/h

Serie Temporal Tipo Vehículo Camión	Valor	Desviación Estándar	Unidades
Cola Media	6,3	2,3	veh
Cola Virtual Máxima	4,25	1	veh
Cola Virtual Media	0,07	0,07	veh
Consumo de Combustible	700,31	22,93	l
Densidad	1,29	0,23	veh/km
Distancia Total de Viaje	4188,06	141,69	km
Flujo	1224,25	40,94	veh/h
Flujo de Entrada	1242,5	39,69	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	23,8	2,72	seg/km
Tiempo de Parada	13,26	2,54	seg/km
Tiempo de Viaje	172,82	2,26	seg/km
Tiempo Total de Viaje	96,44	2,86	h
Velocidad	45,23	0,78	km/h
Velocidad Harmónica	42,37	0	km/h

**Resultados para la Alternativa 1 en 2014**

<i>Serie Temporal Tipo Vehículo Camión</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	3,94	0,09	veh
Cola Virtual Máxima	4,5	0,5	veh
Cola Virtual Media	0,08	0	veh
Consumo de Combustible	11664,19	39,18	l
Densidad	8,45	0	veh/km
Distancia Total de Viaje	52169,07	76,88	km
Flujo	11226,5	11,87	veh/h
Flujo de Entrada	11229,75	13,13	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	9,18	0,15	seg/km
Tiempo de Parada	3,05	0,09	seg/km
Tiempo de Viaje	131,37	0,18	seg/km
Tiempo Total de Viaje	802,86	0,97	h
Velocidad	57,485	0,08	km/h
Velocidad Harmónica	55,52	0	km/h

<i>Serie Temporal Tipo Vehículo Coche</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	1,48	0,02	veh
Cola Virtual Máxima	3,25	0,5	veh
Cola Virtual Media	0,02	0	veh
Consumo de Combustible	677,4	5,16	l
Densidad	0,84	0	veh/km
Distancia Total de Viaje	4469,75	27,73	km
Flujo	1250,25	6,4	veh/h
Flujo de Entrada	1249,25	4,19	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	17,74	0,13	seg/km
Tiempo de Parada	5,72	0,05	seg/km
Tiempo de Viaje	141,67	0,13	seg/km
Tiempo Total de Viaje	80,18	0,44	h
Velocidad	53,41	0,08	km/h
Velocidad Harmónica	51,25	0	km/h

La alternativa 1 muestra mejoras en los consumos de tiempo y combustible, aunque supone un ligero incremento de las distancias en parte de los viajes.

**Resultados para la Alternativa 2 en 2014**

<i>Serie Temporal Tipo Vehículo Camión</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	17,74	1,56	veh
Cola Virtual Máxima	5,4	1,14	veh
Cola Virtual Media	0,09	0,03	veh
Consumo de Combustible	13745,01	59,73	l
Densidad	9,52	0,01	veh/km
Distancia Total de Viaje	51982,67	52,05	km
Flujo	11218,2	9,13	veh/h
Flujo de Entrada	11222	7,48	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	16,65	1,31	seg/km
Tiempo de Parada	9,87	1,29	seg/km
Tiempo de Viaje	142,48	1,34	seg/km
Tiempo Total de Viaje	851,13	2,18	h
Velocidad	54,395	0,33	km/h
Velocidad Harmónica	51,27	0	km/h

<i>Serie Temporal Tipo Vehículo Coche</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	3,89	0,62	veh
Cola Virtual Máxima	3,6	0,71	veh
Cola Virtual Media	0,02	0,01	veh
Consumo de Combustible	728,97	6,88	l
Densidad	0,96	0,01	veh/km
Distancia Total de Viaje	4292,56	24,65	km
Flujo	1252,2	7,8	veh/h
Flujo de Entrada	1255,2	1,92	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	30,17	1,8	seg/km
Tiempo de Parada	16,36	1,69	seg/km
Tiempo de Viaje	160,45	1,78	seg/km
Tiempo Total de Viaje	85,47	0,37	h
Velocidad	48,565	0,49	km/h
Velocidad Harmónica	45,13	0	km/h

La alternativa 2 también presenta menores consumos (superiores a los obtenidos para la alternativa 1). Los recorridos, al igual que en el caso de la 1 son algo mayores debido al diseño vial definido.

Se muestran a continuación los consumos simulados para el 2020 (año previsto de puesta en servicio de la infraestructura).

**Resultados Alternativa 0 (actual simulada) a 2020**

<i>Serie Temporal Tipo Vehiculo Coche</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	75,47	5,67	veh
Cola Virtual Máxima	129	21,1	veh
Cola Virtual Media	35,96	12,08	veh
Consumo de Combustible	21554,28	312,4	l
Densidad	12,88	0,18	veh/km
Distancia Total de Viaje	52880,76	578,4	km
Flujo	11765,8	91,17	veh/h
Flujo de Entrada	11973,4	84,48	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	24,11	0,55	seg/km
Tiempo de Parada	11,2	0,46	seg/km
Tiempo de Viaje	155,79	0,91	seg/km
Tiempo Total de Viaje	970,48	13,42	h
Velocidad	50,925	0,35	km/h
Velocidad Harmónica	46,995	0	km/h

**Resultados para la Alternativa 1 en 2020**

<i>Serie Temporal Tipo Vehiculo Coche</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	5,93	0,59	veh
Cola Virtual Máxima	5,5	0,58	veh
Cola Virtual Media	0,13	0,03	veh
Consumo de Combustible	13148,39	67,21	l
Densidad	9,16	0	veh/km
Distancia Total de Viaje	56316,92	64,04	km
Flujo	12123,25	8,06	veh/h
Flujo de Entrada	12122,25	6,48	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	10,53	0,24	seg/km
Tiempo de Parada	3,92	0,19	seg/km
Tiempo de Viaje	132,78	0,26	seg/km
Tiempo Total de Viaje	871,56	1,15	h
Velocidad	57,05	0,11	km/h
Velocidad Harmónica	54,965	0	km/h

<i>Serie Temporal Tipo Vehiculo Camión</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	12,33	1,45	veh
Cola Virtual Máxima	34,2	7,06	veh
Cola Virtual Media	9,23	3,51	veh
Consumo de Combustible	800,78	20,42	l
Densidad	1,47	0,18	veh/km
Distancia Total de Viaje	4497,16	96,52	km
Flujo	1313,4	16,83	veh/h
Flujo de Entrada	1336	24,81	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	31,79	1,84	seg/km
Tiempo de Parada	20,2	1,62	seg/km
Tiempo de Viaje	181,36	2,03	seg/km
Tiempo Total de Viaje	109,53	3,1	h
Velocidad	43,805	0,76	km/h
Velocidad Harmónica	40,075	0	km/h

<i>Serie Temporal Tipo Vehiculo Camión</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	1,9	0,08	veh
Cola Virtual Máxima	2,75	0,58	veh
Cola Virtual Media	0,04	0,01	veh
Consumo de Combustible	740,42	6,83	l
Densidad	0,91	0	veh/km
Distancia Total de Viaje	4805,53	25,73	km
Flujo	1346,25	6,19	veh/h
Flujo de Entrada	1352,25	5,91	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	19,11	0,36	seg/km
Tiempo de Parada	6,78	0,31	seg/km
Tiempo de Viaje	143,1	0,35	seg/km
Tiempo Total de Viaje	86,88	0,43	h
Velocidad	52,995	0,17	km/h
Velocidad Harmónica	50,73	0	km/h

El incremento de tráfico en el corte 2017 implica una leve disminución de la velocidad media en la red junto con un incremento de las colas medias registradas, tiempos de recorrido y demoras

**Resultados para la Alternativa 2 en 2020**

<i>Serie Temporal Tipo Vehículo Camión</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	48,39	5,93	veh
Cola Virtual Máxima	48,4	15,18	veh
Cola Virtual Media	13,35	10,85	veh
Consumo de Combustible	15447,05	97,37	l
Densidad	10,65	0,01	veh/km
Distancia Total de Viaje	56056,35	93,21	km
Flujo	12071,4	24,53	veh/h
Flujo de Entrada	12086,4	21,58	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	24,62	1,42	seg/km
Tiempo de Parada	17,42	1,39	seg/km
Tiempo de Viaje	150,49	1,41	seg/km
Tiempo Total de Viaje	950,12	6,83	h
Velocidad	53,2	0,37	km/h
Velocidad Harmónica	48,325	0	km/h

<i>Serie Temporal Tipo Vehículo Coche</i>	<i>Valor</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Unidades</i>
Cola Media	8,31	0,57	veh
Cola Virtual Máxima	12,2	3,36	veh
Cola Virtual Media	2,16	1,26	veh
Consumo de Combustible	825,22	11,23	l
Densidad	1,08	0,01	veh/km
Distancia Total de Viaje	4594,27	27,44	km
Flujo	1340,4	5,94	veh/h
Flujo de Entrada	1348,6	4,06	veh/h
Número de Paradas	0	0	#/veh/km
Tiempo de Demora	43,5	1,52	seg/km
Tiempo de Parada	29,42	1,48	seg/km
Tiempo de Viaje	173,87	1,53	seg/km
Tiempo Total de Viaje	96,12	1,04	h
Velocidad	46,945	0,32	km/h
Velocidad Harmónica	41,51	0	km/h

Una vez obtenidos los costes físicos asociados a cada una de las situaciones en dos cortes temporales se trasladan éstos a valor monetario atendiendo a las especificaciones del manual de evaluación.

Se ha procedido al cálculo de los consumos para las situaciones sin y con proyecto en los cortes temporales 2014, 2020, obteniendo por diferencia los ahorros asociados a cada alternativa y periodo.

El ahorro de tiempo es el factor más importante a la hora de valorar cada alternativa.

Dado que mediante el software de simulación AIMSUN NG se obtienen los consumos de tiempo globales de la red diferenciados por tipología de vehículos se han transformado las diferencias de tiempos respecto a la situación actual en su valor monetario, obteniéndose los ahorros asociados.

Para la transformación de los valores en vehículos ligeros y pesados a número de usuarios se ha utilizado un valor de ocupación de 1.36 y 1 pasajero por vehículo respectivamente (Fuente RACC “*La congestión en los corredores de acceso a Barcelona, 2007*”), manteniéndose estos valores en todos los periodos horarios.

A partir de los datos anteriores se han obtenido los ahorros en consumo horario y físico para el periodo punta de mañana. De acuerdo a la relación de expansión anual antes expuesta se han trasladado estos beneficios al resto de periodos horarios (puntas tarde y mediodía y fuera de punta), estos datos se han expandido al total de horas anuales para obtener el beneficio anual total en cada corte y alternativa.

El hecho de realizar el cálculo en el corte 2014 (en el que no están ejecutadas las infraestructuras) permite establecer una tasa de crecimiento esperada de los beneficios (la resultante de la evolución 2014 – 2020) asociada a las tasas de crecimiento de vehículos asociadas al proyecto e incluidas en el modelado de microsimulación.

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos para las situaciones con y sin proyecto, tanto en consumos horarios como en términos de ahorro para las alternativas en comparación con la situación actual o base.

## Resultados de los costes para las alternativas en 2014

		Vehículos Ligeros			Vehículos Pesados		
		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Situación Actual 2014</b>	<b>PM</b>	50.236,1	878,7	19.373,7	4.188,1	96,4	700,3
	<b>FP</b>	32.760,0	573,0	12.634,0	2.731,1	62,9	456,7
	<b>PT</b>	46.689,4	816,6	18.005,9	3.892,4	89,6	650,9

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Situación Alternativa 1 2014</b>	<b>PM</b>	51.656,7	795,0	11.549,6	4.376,8	78,5	663,3
	<b>FP</b>	33.686,5	518,4	7.531,8	2.854,2	51,2	432,6
	<b>PT</b>	48.009,7	738,8	10.734,2	4.067,8	73,0	616,5

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Situación Alternativa 2 2014</b>	<b>PM</b>	51.510,3	843,4	13.620,1	4.196,7	83,6	712,7
	<b>FP</b>	33.591,0	550,0	8.882,0	2.736,8	54,5	464,8
	<b>PT</b>	47.873,6	783,9	12.658,5	3.900,5	77,7	662,4

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Ahorro Físico Horario Alt 1 2014</b>	<b>PM</b>	-1.420,7	83,7	7.824,0	-188,7	17,9	37,0
	<b>FP</b>	-926,5	54,6	5.102,2	-123,1	11,7	24,1
	<b>PT</b>	-1.320,4	77,8	7.271,6	-175,4	16,7	34,4

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Ahorro Físico Horario Alt 2 2014</b>	<b>PM</b>	-1.274,2	35,3	5.753,6	-8,7	12,9	-12,4
	<b>FP</b>	-830,9	23,0	3.752,0	-5,7	8,4	-8,1
	<b>PT</b>	-1.184,2	32,8	5.347,3	-8,1	12,0	-11,5



**Resultados de los costes para las alternativas en 2020**

		Vehículos Ligeros			Vehículos Pesados		
		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Situación Actual 2020</b>	<b>PM</b>	52.880,8	970,5	21.554,3	4.497,2	109,5	800,8
	<b>FP</b>	34.484,7	632,9	14.056,0	2.932,7	71,4	522,2
	<b>PT</b>	49.147,3	902,0	20.032,5	4.179,7	101,8	744,2

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Situación Alternativa 1 2020</b>	<b>PM</b>	54.656,4	845,9	12.760,7	4.688,3	84,8	722,4
	<b>FP</b>	35.642,6	551,6	8.321,5	3.057,3	55,3	471,1
	<b>PT</b>	50.797,7	786,1	11.859,8	4.357,3	78,8	671,4

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Situación Alternativa 2 2020</b>	<b>PM</b>	54.637,2	926,1	15.056,0	4.501,7	94,2	808,6
	<b>FP</b>	35.630,1	603,9	9.818,3	2.935,7	61,4	527,3
	<b>PT</b>	50.779,8	860,7	13.993,0	4.183,9	87,5	751,5

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Ahorro Físico Horario Alt 1 2020</b>	<b>PM</b>	-1.775,7	124,6	8.793,6	-191,1	24,8	78,4
	<b>FP</b>	-1.158,0	81,3	5.734,5	-124,6	16,2	51,1
	<b>PT</b>	-1.650,3	115,8	8.172,7	-177,6	23,0	72,9

		Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)	Distancia Viajada (Total Km)	Tiempo de Viaje (Total hr)	Combustible (Total l)
<b>Ahorro Físico Horario Alt 2 2020</b>	<b>PM</b>	-1.756,5	44,4	6.498,3	-4,6	15,3	-7,8
	<b>FP</b>	-1.145,4	29,0	4.237,7	-3,0	10,0	-5,1
	<b>PT</b>	-1.632,5	41,3	6.039,5	-4,2	14,3	-7,3

Los consumos horarios de combustible y tiempos reflejados en las tablas anteriores están trasladados a valor monetario.

Valores de coste de combustible y valor subjetivo de tiempo

Para el consumo de combustible se han consultado los datos para 2014 publicados por el observatorio de transportes del Ministerio de Fomento. Respecto a los valores de tiempo se han tomado los recomendados en el manual de evaluación (cuadro 6.3. valor de ahorros de tiempo viajes commuter corta y larga distancia), tomando un 50% de los viajes como viajes de corta distancia y un 50% como viajes de larga distancia siendo actualizados al año 2014. Asimismo se han consultado los datos recopilados por la asociación europea de automovilistas respecto a los precios de combustible. En la siguiente tabla quedan reflejados los valores adoptados para estos ítems.

**PRECIOS SOCIALES**

	TURISMOS		CAMIONES	
COMBUSTIBLE (Euros/L)	<b>1,43</b>			<b>1,324</b>
VALOR DEL TIEMPO (Euro/H/P)	<b>15,18</b>			<b>15,18</b>

En las siguientes tablas se incluyen los valores monetarios horarios y anuales obtenidos para ambos cortes temporales diferenciados por tipo de vehículo.

**Monetización de los costes para las alternativas en 2014**

		<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>	<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>
<b>Ahorro Dinerario Horario Alt 1 2014</b>	<b>PM</b>	-387,8	1.524,2	11.188,3	-175,1	272,1	49,0
	<b>FP</b>	-252,9	994,0	7.296,2	-114,2	177,5	31,9
	<b>PT</b>	-360,5	1.416,6	10.398,4	-162,8	252,9	45,5

		<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>	<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>
<b>Ahorro Dinerario Horario Alt 2 2014</b>	<b>PM</b>	-347,9	642,2	8.227,6	-8,1	195,5	-16,4
	<b>FP</b>	-226,8	418,8	5.365,4	-5,3	127,5	-10,7
	<b>PT</b>	-323,3	596,9	7.646,7	-7,5	181,7	-15,2

		<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>	<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>
<b>Ahorro Dinerario Anual Alt 1 2014</b>	<b>PM</b>	-302,5	1.188,9	8.726,9	-136,6	212,3	38,2
	<b>FP</b>	-263,0	1.033,7	7.588,0	-118,8	184,6	33,2
	<b>PT</b>	-1.705,7	6.703,4	49.205,4	-770,3	1.196,8	215,4

		<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>	<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>
<b>Ahorro Dinerario Anual Alt 2 2014</b>	<b>PM</b>	-271,3	500,9	6.417,5	-6,3	152,5	-12,8
	<b>FP</b>	-235,9	435,5	5.580,0	-5,5	132,6	-11,1
	<b>PT</b>	-1.529,9	2.824,4	36.184,2	-35,5	859,7	-72,1

### Monetización de los costes para las alternativas en 2020

		<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>	<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>
<b>Ahorro Dinerario Horario Alt 1 2020</b>	<b>PM</b>	-484,8	2.270,0	12.574,8	-177,3	376,0	103,8
	<b>FP</b>	-316,1	1.480,3	8.200,3	-115,7	245,2	67,7
	<b>PT</b>	-450,5	2.109,8	11.687,0	-164,8	349,5	96,5

		<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>	<i>Distancia Viajada (€/h)</i>	<i>Tiempo de Viaje (€/h)</i>	<i>Combustible (€/h)</i>
<b>Ahorro Dinerario Horario Alt 2 2020</b>	<b>PM</b>	-479,5	809,0	9.292,6	-4,2	233,0	-10,4
	<b>FP</b>	-312,7	527,6	6.059,9	-2,8	151,9	-6,7
	<b>PT</b>	-445,7	751,9	8.636,5	-3,9	216,5	-9,6

		<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>	<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>
<b>Ahorro Dinerario Anual Alt 1 2020</b>	<b>PM</b>	-378,1	1.770,6	9.808,3	-138,3	293,3	81,0
	<b>FP</b>	-328,8	1.539,6	8.528,3	-120,3	255,0	70,4
	<b>PT</b>	-2.131,9	9.983,4	55.302,9	-780,0	1.653,7	456,7

		<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>	<i>Distancia Viajada (M€/Año)</i>	<i>Tiempo de Viaje (M€/Año)</i>	<i>Combustible (M€/Año)</i>
<b>Ahorro Dinerario Anual Alt 2 2020</b>	<b>PM</b>	-374,0	631,0	7.248,2	-3,3	181,7	-8,1
	<b>FP</b>	-325,2	548,7	6.302,3	-2,9	158,0	-7,0
	<b>PT</b>	-2.108,9	3.558,1	40.867,9	-18,6	1.024,5	-45,5

**Costes de accidentes**

Como se expone en el Anejo nº 5 de Evaluación de la Seguridad Viaria, las alternativas conllevan una mejora de las condiciones de seguridad y, con ello, una reducción del número de accidentes.

**Datos de accidentabilidad de Alternativa 0 en 2014 y estimados a 2020**

Años	ACV	HG	HL	MU
2014*	14	7,80	0,60	0,40
2020	17	9,55	0,73	0,49

\* Las cifras de 2014, como base de proyección, se han obtenido promediando los valores correspondiente a los últimos 5 años disponibles

\*\* Las correspondientes a HG, HL y MU se obtiene aplicando sobre los datos bases un incremento igual al estimado para la proyección del número de accidentes.

Siendo:

- ACV = Número de accidentes con victimas / año
- HG = Heridos graves / año
- HL = Heridos leves / año
- MU = Muertos / año

Los datos anteriores se proyectan para cada año del período de vida útil 2020-40 mediante la formula conocida:

$$ACV_n = IP_n * L * (IMD_n * 365 \text{ días})$$

Siendo:

- ACV<sub>n</sub> = Número de Accidentes Con Victimias (año)
- IP<sub>n</sub> = IP<sub>n</sub> teórico para alternativa 0 \* k (índice de mejora de la seguridad)
- L = Longitud (en km) de cada alternativa
- IMD<sub>n</sub> = Intensidad Media Diaria estimada para cada alternativa
- n = Año

**Ejemplo de datos de accidentabilidad proyectados al año horizonte 2040**

Alternativas	L	k	IP <sub>2040</sub>	IMD <sub>2040</sub>	ACV <sub>2040</sub>
Alternativa 0	5,65	1	10,45	140.405	30,3
Alternativa 1	5,66	0,87	9,13	147.028	27,7
Alternativa 2	5,99	0,96	10,00	132.911	29,0

El número de ACV obtenido para cada año y alternativa se emplea para estimar la evolución proporcional del número de heridos graves y leves (HG y HL) y del de victimas mortales (MU). Sumando los datos de cada año para el periodo 2020-40 se obtienen los siguientes resultados:

**Estimación accidentabilidad de las alternativas en período 2020-2040**

	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
∑ ACV	485	444	465
∑ HL	271	248	260
∑ HG	21	19	20
∑ MU	14	13	13

Siendo:

- ∑ ACV = Suma de número Accidentes Con Victimias (2020-2040)
- ∑ HG = Suma de número de Heridos Leves (2020-2040)
- ∑ HL = Suma de número de Heridos Graves (2020-2040)
- ∑ MU = Suma de número de Victimias Mortales (2020-2040)

Los costes de accidentes se obtienen a partir de los establecidos en el año 2011, que eran: de 1.400.000 € al hecho de evitar una víctima mortal, de 219.000 € al prevenir un herido grave y 6.100 € uno leve. Se actualizan aplicando el IPC para obtener unos costes unitarios de referencia para el año de puesta en servicio.

	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2
C <sub>acc</sub>	26.524.556 €	24.272.380 €	25.443.450 €
<b>Comparación</b>		2.252.176 €	1.081.105 €
<b>VALORACIÓN ECONÓMICA</b>		<b>112.609 €</b>	<b>54.055 €</b>

$$C_{acc} = C_{HL} + C_{HG} + C_{MU}$$

Siendo:

- C<sub>acc</sub> = Coste agregado de accidentes (2020-2040)
- C<sub>HL</sub> = Coste prevenir un Herido Leve = Costes de referencia 6.300 €
- C<sub>HG</sub> = Coste prevenir un Herido Grave = 226.225,00
- C<sub>MU</sub> = Coste evitar una Victima Mortal = 1.446.200,00

La valoración económica es el resultado dividir entre los 20 años la diferencia económica. Se distribuye así por la volatilidad interanual observada en el número de accidentes en el histórico analizado (2010-2014) y por el escaso peso relativo de este coste respecto a los de funcionamiento.

### 6.6.3.3. Rentabilidad

Se muestran a continuación los resultados obtenidos:

#### Definición de indicadores

Los resultados costes anteriores se llevan a evaluación para obtener los siguientes indicadores de rentabilidad:

- VAN: Valor Actual Neto del Proyecto
- TIR: Tasa interna de retorno

#### Tasa de descuento

Se ha considerado una Tasa de Descuento del 5%, acorde con los valores utilizados actualmente para los estudios económicos en España. Por ello, se ha propuesto un escalado lineal que arroja valores menores de 5 (suspense) a rentabilidades inferiores al 5% y mayores de 5 para rentabilidades superiores.

Asimismo, se ha considerado un límite superior (9%) a partir del cual la rentabilidad es ya muy buena y donde se laminan las diferencias de escalados para valores de rentabilidad en ese tramo.

#### Análisis de sensibilidad

En los siguientes cuadros se presentan los resultados obtenidos en los que se ha incluido un análisis de sensibilidad con los siguientes escenarios:

- Análisis 1: valores normales de tiempo combustible e inversión
- Análisis 2: +10% inversión
- Análisis 3: +20% inversión
- Análisis 4: +20% coste de tiempo
- Análisis 5: -20% coste de tiempo
- Análisis 5: +20% coste de accidentes
- Análisis 6: -20% coste de accidentes

Tal como queda reflejado las dos alternativas resultan rentables siendo la primera de ellas la que refleja un mayor valor de TIR.

**Análisis de rentabilidad coste-beneficio de la Alternativa 1 (2020-2040)**

INVERSION Año 2019	108.479 (Miles de Euros)						
ITEM	ANALISIS 1	ANALISIS 2	ANALISIS 3	ANALISIS 4	ANALISIS 5	ANALISIS 6	ANALISIS 7
INVERSIONES	0%	10%	20%	0%	0%	0%	0%
ACCIDENTES	0%	0%	0%	0%	0%	20%	-20%
TIEMPO	0%	0%	0%	20%	-20%	0%	0%

AÑO	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4	PERFIL 5	PERFIL 4	PERFIL 5
2019	-108479	-19327	-130174	-108479	-108479	-108479	-108479
2020	15575	15575	15575	18674	12476	15591	15559
2021	16628	16628	16628	19936	13319	16645	16611
2022	17751	17751	17751	21284	14219	17770	17733
2023	18951	18951	18951	22722	15180	18971	18932
2024	20232	20232	20232	24258	16206	20253	20212
2025	21600	21600	21600	25898	17302	21622	21578
2026	23060	23060	23060	27648	18471	23083	23036
2027	24618	24618	24618	29517	19720	24643	24593
2028	26282	26282	26282	31512	21052	26309	26255
2029	28058	28058	28058	33641	22475	28087	28030
2030	29955	29955	29955	35915	23994	29985	29924
2031	31979	31979	31979	38343	25616	32012	31947
2032	34141	34141	34141	40934	27348	34176	34106
2033	36448	36448	36448	43701	29196	36486	36411
2034	38912	38912	38912	46655	31169	38952	38872
2035	41542	41542	41542	49808	33276	41584	41500
2036	44350	44350	44350	53175	35525	44395	44305
2037	47347	47347	47347	56769	37926	47396	47299
2038	50547	50547	50547	60605	40490	50599	50496
2039	89534	53964	53964	64702	43226	54019	53909
<b>VAN</b>	<b>217351</b>	<b>195413</b>	<b>184565</b>	<b>268888</b>	<b>143634</b>	<b>206581</b>	<b>205940</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>19,8</b>	<b>18,1</b>	<b>16,7</b>	<b>23,0</b>	<b>16,1</b>	<b>19,7</b>	<b>19,6</b>

	14,4	13,1	12,0	17,2	11,5	14,4	14,3
	8553	7939	7325	11477	5629	8568	8538
<b>TIR</b>	<b>19,8</b>	<b>18,1</b>	<b>16,7</b>	<b>23,0</b>	<b>16,1</b>	<b>19,7</b>	<b>19,6</b>
<b>VAN</b>	<b>217.351</b>	<b>195.413</b>	<b>184.565</b>	<b>268.888</b>	<b>143634</b>	<b>206.581</b>	<b>205940</b>

**Análisis de rentabilidad coste-beneficio de la Alternativa 2 (2020-2040)**

INVERSION Año 2019		223.393 (Miles de euros)					
ITEM	ANALISIS 1	ANALISIS 2	ANALISIS 3	ANALISIS 4	ANALISIS 5	ANALISIS 6	ANALISIS 7
INVERSIONES	0%	10%	20%	0%	0%	0%	0%
ACCIDENTES	0%	0%	0%	0%	0%	20%	-20%
TIEMPO	0%	0%	0%	20%	-20%	0%	0%

AÑO	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4	PERFIL 5	PERFIL 4	PERFIL 5
2019	-123393	-135732	-148071	-123393	-123393	-123393	-123393
2020	6178	6178	6178	7406	4950	6186	6171
2021	6420	6420	6420	7696	5144	6428	6412
2022	6672	6672	6672	7998	5346	6680	6664
2023	6933	6933	6933	8312	5555	6942	6925
2024	7205	7205	7205	8637	5773	7214	7196
2025	7488	7488	7488	8976	5999	7497	7478
2026	7781	7781	7781	9328	6234	7791	7771
2027	8086	8086	8086	9693	6479	8096	8076
2028	8403	8403	8403	10073	6733	8413	8392
2029	8732	8732	8732	10468	6996	8743	8721
2030	9074	9074	9074	10878	7271	9085	9063
2031	9430	9430	9430	11304	7556	9442	9418
2032	9799	9799	9799	11747	7852	9812	9787
2033	10184	10184	10184	12208	8159	10196	10171
2034	10583	10583	10583	12686	8479	10596	10570
2035	10997	10997	10997	13183	8811	11011	10984
2036	11428	11428	11428	13700	9157	11442	11414
2037	11876	11876	11876	14237	9516	11891	11862
2038	12342	12342	12342	14795	9889	12357	12326
2039	69300	12825	12825	15375	10276	12841	12809
<b>VAN</b>	<b>-8594</b>	<b>-38543</b>	<b>-50882</b>	<b>-6886</b>	<b>-45522</b>	<b>-26084</b>	<b>-26323</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>5,3</b>	<b>2,6</b>	<b>1,8</b>	<b>5,4</b>	<b>1,5</b>	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>

	5,0	4,6	4,2	6,0	4,0	5,0	5,0
	-1156	-1854	-2553	3	-2315	-1149	-1163
<b>TIR</b>	<b>5,3</b>	<b>2,6</b>	<b>1,8</b>	<b>5,4</b>	<b>1,5</b>	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>
<b>VAN</b>	<b>-8.594</b>	<b>-38.543</b>	<b>-50.882</b>	<b>-6.886</b>	<b>-45522</b>	<b>-26.084</b>	<b>-26323</b>

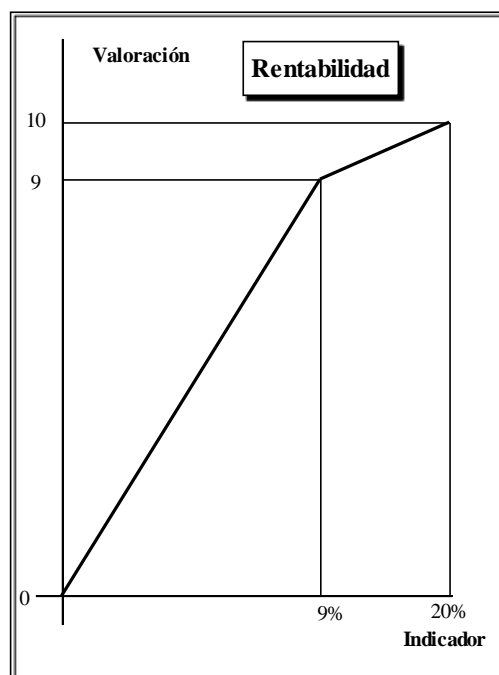


**Resultados**

Como puede observarse en las tablas anteriores, en el Análisis o Situación 1, se observa una diferencia notable entre ambas alternativas, que se traslada al resto de supuestos en mayor o medida. Sin duda, la mayor presupuesto de inversión directa en la Alternativa 2 (en torno a un 15% superior) penaliza sus indicadores de rentabilidad; casi proporcionalmente, pues no existen apenas diferencias en los beneficios (tiempos, combustibles y accidentes,..).

**Objetivo Económico: Rentabilidad**

Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
	%	%
Rentabilidad (TIR)	19,80	5,34



De cara a obtener la rentabilidad de una inversión, generalmente se utiliza como parámetro para medir la misma la Tasa Interna de Retorno (TIR). Este indicador se usa ampliamente en conjunción con el Valor Actualizado Neto (VAN) de los flujos de caja. La ventaja que presenta la TIR, es que es independiente del valor utilizado para la Tasa de Descuento, parámetro de uso común en estudios económicos. Asimismo, es una consideración general el adjudicar una rentabilidad positiva a una inversión si el valor de la TIR supera al de la Tasa de

Descuento utilizada en el estudio económico, ya que esta última suele medir la rentabilidad mínima exigida para validar un proyecto.

El escalado (con resultado final entre uno y diez) se realiza aplicando sobre las TIR obtenidas la grafica anterior, resultando que:

**Escalado del Objetivo Económico: Rentabilidad**

Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
	Valor	Valor
Valoración	10,0	5,3

### 6.6.4. Funcional

Dentro del análisis funcional de las alternativas, se pretende tomar como objetivos de valoración la mejora en la velocidad de planeamiento, la seguridad vial y la calidad del trazado. Para la obtención de estos indicadores, previamente se han obtenido las asignaciones de tráfico a las redes futuras, en las que se incluyen las alternativas propuestas, de manera que sea posible cuantificar los mismos. En este punto se pretende, por tanto, realizar el análisis de la mejora de los problemas encontrados en el diagnóstico previo mediante la implantación de las infraestructuras viarias propuestas, realizando una medición numérica posterior de estas mejoras mediante los indicadores correspondientes.

Se presentan, por tanto, dentro del objetivo funcional, los siguientes indicadores diferenciados:

#### 6.6.4.1. Velocidad de planeamiento

Es necesario definir previamente algunos conceptos antes de exponer la expresión para el cálculo de este indicador. La instrucción 3.1. IC de Trazado de Carreteras define los conceptos de velocidad específica, velocidad dinámica y velocidad de planeamiento como sigue.

- Velocidad específica. Es la máxima velocidad que puede mantenerse en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento seco y los neumáticos en buen estado, las circunstancias meteorológicas y del tráfico son tales que no imponen limitaciones a la velocidad de circulación.
- Velocidad dinámica. Es la máxima velocidad que puede mantenerse en condiciones de seguridad estricta, debido exclusivamente a las características geométricas del elemento de trazado. La mencionada instrucción proporciona tablas y expresiones para realizar el cálculo de las velocidades específicas y dinámicas de los diversos elementos de un trazado, ya sean rectas, curvas circulares o curvas de transición. Así, la velocidad de planeamiento es la media armónica de las velocidades dinámicas de todos los elementos del trazado.

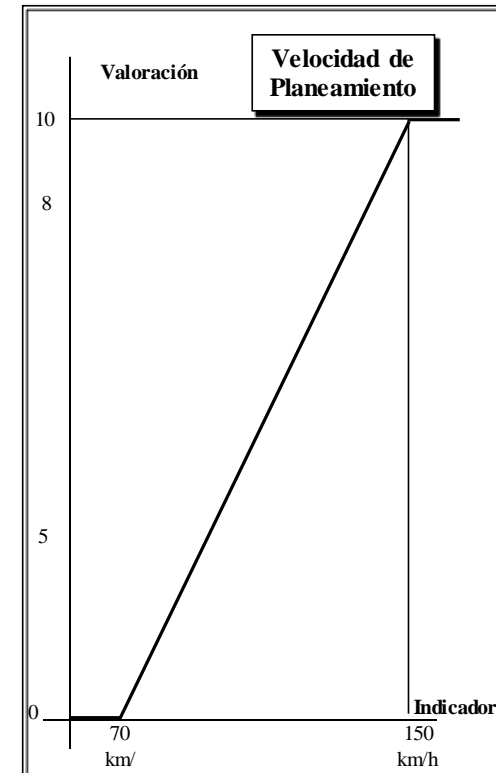
- Velocidad de planeamiento. Representa la velocidad media que se obtendría al recorrer un tramo si se expresieran al máximo sus posibilidades, esto es, si se recorrieran todos sus elementos a su velocidad dinámica. Se emplea para su cálculo la expresión siguiente:

$$I_{VPL} = \frac{\sum_i l_i}{\sum_i \frac{l_i}{v_{resp}}}$$

Siendo:

- $l_i$  = longitud del tramo
- $v_{resp}$  = velocidad media del tramo  $i$

Se toma como indicador representativo la velocidad de planeamiento. Para calcularla se parte de un listado de las alineaciones que componen el trazado en planta de cada una de las alternativas, se calcula la velocidad específica de cada una y posteriormente la velocidad dinámica. Con los resultados y utilizando la expresión expuesta anteriormente, se puede calcular finalmente la velocidad de planeamiento en las diversas alternativas; que se recogen en la siguiente tabla.



Para el escalado de la variable 'Velocidad de Planeamiento' se aplica la correlación de la grafica adjunta, que establece que si la velocidad de planeamiento es menor de 70 km/h, la puntuación es cero; mientras que si es 150 km/h o más, la puntuación será de 10. Entre ambos puntos se establece una recta de la que obtendrán las puntuaciones de los resultados que se encuentren entre estos puntos.

Dado que se trata de una autovía, se considera que velocidades de planeamiento menores a 70 km/hora ya resultarían ser

muy deficientes en cuanto a las características geométricas del trazado, mientras que velocidades de planeamiento por encima de 150 km/h se considerarían óptimas (la experiencia en proyectos similares ha demostrado que la velocidad de planeamiento suele superar en aproximadamente 30 km/hora a la velocidad de Proyecto).

En el caso del presente Proyecto se ha considerado como límite máximo una velocidad de Proyecto de 120 km/hora (velocidad de planeamiento = 150 km/hora) que se puntúa con un 10.

**Objetivo Funcional: Velocidad de Planeamiento**

Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
	Valor	Valor
Radio Medio	2.883	2.860
Velocidad de planeamiento	138,1	138,1
<b>VALORACION</b>	<b>8,51</b>	<b>8,51</b>

**6.6.4.2. Seguridad vial y calidad del trazado**

La seguridad vial se evalúa como un indicador complejo en el que intervienen números factores como las características geométricas del trazado (definitorias de la calidad del trazado), los efectos meteorológicos, los riesgos asociados a la orientación, la presencia de usuarios vulnerables, etc. Todos ellos se analizan en el 'Anejo 5 – Evaluación de impacto sobre la seguridad viaria' (EISV) del presente Estudio Informativo.

En ese EISV se pone de manifiesto que la calidad y características del trazado se constituyen en el factor determinante sobre la seguridad viaria, especialmente en este caso particular en el que se plantea actuar sobre una carretera ya existente y, por tanto, las alternativas comparten emplazamiento y presentan una afección similar de cualquier condicionante externo.

Sin perjuicio de lo anterior, la elaboración del referido EISV permite aportar a este análisis multicriterio un indicador específico en el que ya están integrados y

ponderados los principales factores. Concretamente, el denominado 'Indicador de Seguridad' (ver punto 5.7.7 del Anejo nº 5 para mas detalles).

De forma específica para este Estudio, ese indicador se obtiene a partir de la valoración de las tres variables que se han considerado más relevantes, si bien a cada una se le aplico un peso relativo específico.

**Objetivo Funcional: Seguridad vial y calidad del trazado**

Indicador de seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2
Afección sobre red viaria	1,94	1,27
Riesgo de Deslumbramiento	0,83	0,71
Calidad del trazado	6,19	6,20
<b>VALORACION</b>	<b>8,96</b>	<b>8,18</b>

\* En las columnas de la derecha se muestran los valores para cada alternativa y variable con el coeficiente ya aplicado.

En resumen, la valoración final en materia de seguridad viaria en el presente análisis multicriterio es la siguiente:

## 6.7. Comparación de alternativas

### 6.7.1. Resultados de los indicadores

A partir de los resultados de estos escalados, se han obtenido valores comparables para todos los indicadores numéricos de las diferentes variables de comparación.

Por tanto, en este momento se pasa a realizar la comparación numérica entre las distintas alternativas, mediante dos métodos diferentes de análisis multicriterio. Se resumen en primer lugar los resultados de las valoraciones obtenidas por todas las alternativas para cada variable de análisis.

Objetivo	Variable	Alternativa 1	Alternativa 2
		Valor	Valor
<b>Ambiental</b>	Calidad del aire	7,50	7,50
	Situación fónica	8,50	8,50
	Contaminación lumínica	7,50	7,50
	Orografía y pendientes	8,00	7,50
	Hidrología superficial	7,50	7,50
	Hidrogeología	6,00	5,50
	Vegetación	8,00	7,50
	Patrimonio cultural	9,00	9,00
	<i>Suma</i>	<b>7,75</b>	<b>7,55</b>
<b>Económico</b>	Rentabilidad	10,0	5,3
<b>Funcional</b>	Seguridad Vial y Calidad de Trazado	8,96	8,18
	Velocidad de Planeamiento	8,51	8,51
	<i>Suma</i>	<b>8,73</b>	<b>8,34</b>
<b>Territorial</b>	Planeamiento	7,58	7,60
	Permeabilidad y conectividad	8,00	8,50
	<i>Suma</i>	<b>7,58</b>	<b>7,60</b>
	<b>Total Pattern</b>	<b>8,52</b>	<b>7,21</b>

### 6.7.2. Análisis comparativo

Una vez que se dispone de todos los valores necesarios para efectuar la toma de decisión, tan solo se necesita seleccionar el método a utilizar para obtener la alternativa elegida a partir de la optimización de los objetivos prefijados y gracias a la evaluación de los criterios definidos. Existen dos grandes grupos de métodos o reglas de decisión a tal efecto: **de agregación total y de agregación parcial**.

Debido a la importancia de la decisión a tomar se ha determinado la utilización de dos métodos, enmarcados cada uno de ellos dentro de uno de los dos grupos expuestos, habiéndose seleccionado por su adecuación para este caso los métodos denominados **PATTERN y ELECTRE I** como los más representativos.

El método Pattern consiste en ponderar las puntuaciones de cada objetivo con los pesos asignados y sumarlos para obtener una puntuación final para cada alternativa. Es el método que arroja un valor numérico para cada alternativa que permite realizar una ordenación final de las mismas, de mejor a peor. Sin embargo, este método depende de los pesos asignados a cada objetivo y, por tanto, tiene un cierto carácter subjetivo que ha de ser fijado por el examinador.

Para evitar esta subjetividad, utiliza un segundo método de evaluación dentro del grupo de “Agregación Parcial”, el método Electre I. Este es un método comparativo que proporciona la preferencia entre pares de alternativas, es decir, para cada par de alternativas A y B proporciona una matriz de preferencias que indica si A es significativamente mejor que B, si B es significativamente mejor que A o si A y B son similares, para todas las variaciones de pesos. Por tanto, aunque el método sólo permita evaluaciones de alternativas por pares, y no una ordenación final, sí es aplicable como análisis de robustez del Método Pattern, ya que puede señalar si la o las alternativas que dicho método selecciona como mejores no lo son tanto para variaciones de los valores de los pesos asignados.

A continuación se presenta de forma somera la forma de aplicación de cada uno de los métodos en el análisis que nos ocupa.

### 6.7.2.1. Método Pattern

#### 6.7.2.1.1. Metodología general. Caso teórico

Tal y como se ha mencionado el método *Pattern* pertenece al grupo de los métodos de agregación total, siendo el de utilización más frecuente dentro de esta familia en razón de su fiabilidad y su claridad.

Al ser de agregación total se tiene, pues, en cuenta tanto el peso o importancia que la persona decisoria atribuye a los diferentes criterios como las valoraciones que el analista da a cada solución en función de los criterios.

Para su utilización se exigen dos características principales:

Los “pesos” de la ponderación de cada criterio deben establecerse como porcentaje o proporción de un peso global, bien sea 1, 100, 1000, etc.

La valoración de cada solución en función de cada criterio exige una escala cardinal homogénea.

Introduce el concepto de pertinencia, entendido como la medida relativa de la contribución de una alternativa a la consecución del objetivo propuesto. Se define el índice de pertinencia como la suma de la ponderación de cada criterio por el indicador correspondiente de cada alternativa

Si la suma de todos los índices de pertinencia se calcula de forma tal que su suma sea igual la unidad, estos índices de pertinencia representarán entonces la probabilidad de que cada una de las soluciones alcance el objetivo propuesto.

Para que la suma de pertinencia sea igual a la unidad, la suma de los factores de ponderación debe ser igual a 1, y asimismo, la suma de las valoraciones atribuidas a cada solución en virtud de los criterios debe ser igual a 1.

Tanto las ponderaciones de los criterios de selección como las valoraciones atribuidas a cada opción deben poder ser expresadas en notación cardinal.

Si apareciese alguna notación ordinal se elaborará algún procedimiento de conversión a notación cardinal.

Hay que conseguir también que la suma de valores de cada indicador sea la unidad, para lo que se expresa cada valoración como porcentaje de la suma de las valoraciones hechas a las soluciones. Esta forma de expresión es válida cuando el criterio de optimización exige la maximización del indicador. Si exige la minimización, se aplica sobre las inversas de las valoraciones.

Posteriormente, y una vez con todas las valoraciones y los criterios normalizados, se realiza la multiplicación de las puntuaciones asignadas a cada alternativa para cada criterio por el peso de los criterios, sumando después y dividiendo por la suma total de los pesos. La alternativa más válida será la que obtenga mayor puntuación.

Con objeto de conseguir mayor seguridad en el orden de preferencia obtenido del análisis multicriterio siguiendo el método *Pattern*, es frecuente la aplicación de los denominados “análisis de sensibilidad”, consistentes en la modificación de pesos o valoraciones, con lo que se consigue apreciar la sensibilidad de los índices de pertinencia a tales cambios (p. ej.: asignación del mismo peso a todos los criterios, no considerar alguno de ellos, etc.). De esta manera se obtiene para cada análisis de sensibilidad unos nuevos índices de pertinencia, que permiten una selección de la mejor alternativa más ajustada a la realidad.

A continuación se incluye un ejemplo de aplicación del método *Pattern* a un conjunto ficticio de alternativas para aclarar el funcionamiento de dicho método.

Supongamos que deseamos comparar entre sí tres alternativas de un determinado estudio o proyecto. Supongamos que se ha realizado sobre dichas alternativas el proceso de decisión multicriterio expuesto hasta ahora. Supongamos que en dicho proceso se han tenido en cuenta cuatro objetivos que numeraremos del uno al cuatro. Se habrán obtenido a lo largo de tal proceso las puntuaciones de cada alternativa con respecto a cada uno de los cuatro objetivos. Sean los que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla ejemplo de puntuaciones – Método Pattern

Alternativas	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4
Alternativa 1	8	3	7	9
Alternativa 2	5	4	6	6

Supongamos que el decisor ha establecido para los diversos objetivos unos pesos, de acuerdo a su importancia relativa y sean estos 0.3 para el objetivo 1, 0.2 para el objetivo 2 y 0.25 para los objetivos 3 y 4. La aplicación del método Pattern a esta situación consistiría ahora en multiplicar los pesos expuestos por las puntuaciones correspondientes para cada alternativa y sumaras, obteniéndose de este modo un valor o puntuación final para cada una de las alternativas así:

$$\text{Alternativa 1. Puntuación} = 0,3 \cdot 8 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 7 + 0,25 \cdot 9 = 7$$

$$\text{Alternativa 2. Puntuación} = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 6 + 0,25 \cdot 6 = 5,3$$

Con los resultados anteriores, se pudiera concluir que en este ejemplo preferible es la alternativa 1.

#### 6.7.2.1.2. Resultados

En el caso que nos ocupa en el presente Estudio, los pesos escogidos para los cuatro objetivos, Territorial, Económico, Funcional y Ambiental, son de 0.25 para cada uno. El resultado obtenido, por tanto, mediante el Método Pattern para las dos alternativas a comparar en cada tramo es el siguiente.

Tabla resumen de aplicación del método Pattern

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2
	Valor	Valor
Ambiental	7,75	7,55
Económico	10,00	5,34
Funcional	8,73	8,34
Territorial	7,58	7,60
<b>Promedio</b>	<b>8,52</b>	<b>7,21</b>

Se puede observar que la **Alternativa Seleccionada** como mejor por el método Pattern es la **Alternativa 1**, obteniendo la mayor puntuación.

### 6.7.2.2. Método Electre I

#### 6.7.2.2.1. Metodología general. Caso teórico

Es el método de agregación parcial más utilizado. Es el primero de una serie de métodos desarrollados por investigadores franceses a partir de 1.968.

Su fundamento estriba en la comparación de todas las alternativas 2 a 2 de forma ordenada ( $a-b \neq b-a$ ). Por último, se obtiene una síntesis de conjunto sobre un grafo.

Para la aplicación de este método se definen, para cada par de alternativas, dos índices, de cuyos valores dependerá la decisión de preferibilidad entre ambas.

**INDICE DE CONCORDANCIA:** Suma de los pesos para los cuales la primera alternativa es igual o superior a la segunda, dividido por la suma total de los pesos.

**ÍNDICE DE DISCORDANCIA:** Es la diferencia mayor de puntuación asignada a las alternativas para aquellos criterios en los que la primera es inferior a la segunda, dividido por el tamaño de la escala de puntuación.

El índice de concordancia mide el grado de acuerdo de las puntuaciones con la afirmación “La primera alternativa es superior a la segunda”. El índice de discordancia mide el grado de desacuerdo con esa misma afirmación.

Para que una alternativa sea superior a otra debe, cualitativamente, “superarla en muchos criterios”. Para que una alternativa sea superior a otra no debe, cualitativamente, “existir mucha diferencia en contra de ella en ningún criterio”

Lo expuesto en el párrafo anterior se asegura cuando se cumplen las condiciones de concordancia (el peso de los criterios para los que es igual o superior es suficientemente grande) y de discordancia (no existe ningún criterio para el que sea demasiado peor).

Estableciendo para cada par de alternativas sus índices de concordancia y de discordancia, se obtienen sendas matrices de concordancia y de discordancia.

Muchas veces evaluar el índice de discordancia empleando la mayor de las diferencias de puntuación en sentido negativo es demasiado restrictivo y se suele acudir a la introducción de un parámetro de severidad.

Este parámetro indica cuál de las diferencias se toma en cuenta a la hora de calcular el índice de discordancia. Así, se habla de severidad uno cuando empleamos la mayor de las diferencias, de severidad dos cuando empleamos no la mayor sino aquella que le sigue en importancia y así sucesivamente. Si sólo existiera un objetivo para el cual la primera alternativa es inferior a la segunda, los valores del índice de discordancia para severidad superior a uno serían 0.

Las decisiones que permite adoptar el método Electre vienen dadas en función de dos nuevos parámetros llamados umbrales de concordancia y de discordancia y que se representan por p y q respectivamente. Antes hemos expuesto el criterio para preferir una alternativa a otra y se hablaba en términos de “suficientemente grande” y “no demasiado peor”. El establecimiento de los umbrales aludido pretende fijar cuanto de grande es suficiente y cuanto de peor no es demasiado.

Habitualmente los valores empleados para los umbrales p y q suelen ser 0,7 y 0,3 respectivamente. Sin embargo, se debe hacer notar que estos valores influyen en la cantidad y calidad de las decisiones adoptadas.

Si se establece un umbral de concordancia demasiado bajo, p. ej. 0,5, se corre el peligro que una alternativa sea considerada superior a otra aún existiendo poca diferencia a favor de la primera. Si, por el contrario este es demasiado alto, p.ej. 0,9 o 1, puede suceder que no sea posible establecer que ninguna alternativa es superior a ninguna otra, ya que podría no existir la suficiente diferencia entre sus puntuaciones.

Si se establece un umbral de discordancia demasiado bajo, p. ej. 0, se corre el peligro de no poder alcanzar ninguna decisión porque siempre suelen existir algunas diferencias en sentido negativo. Si, por el contrario, es demasiado alto, p. ej., puede suceder que se decida la superioridad de una alternativa sobre otra aún

cuando la alternativa preferida sea muy negativa al menos para uno de los objetivos.

En resumen, se dirá que una alternativa a es superior a otra b cuando el índice de concordancia  $I_{c_{a-b}}$  sea mayor o igual que p, umbral de concordancia y cuando, además, el índice de discordancia  $I_{d_{a-b}}$  sea menor o igual que q, umbral de discordancia.

A continuación se incluye un ejemplo de aplicación del método Electre I al mismo conjunto ficticio de alternativas empleado para el ejemplo del método Pattern.

**Tabla ejemplo de puntuaciones – Método Electre I**

Alternativas	Objetivos			
	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4
Alternativa 1	8	3	7	9
Alternativa 2	5	4	6	6

La asignación de pesos sigue siendo 0,3 para el objetivo 1, 0,2 para el objetivo 2 y 0,25 para los objetivos 3 y 4. El rango de puntuaciones va desde 0 hasta 10.

El cálculo de los índices de concordancia se realiza del siguiente modo:

Par de alternativas 1 y 2.

- Objetivos para los que la alternativa 1 es superior a la 2: objetivos 1, 3 y 4.
- Suma de los pesos asociados =  $0,3 + 0,25 + 0,25 = 0,8$
- Objetivos para los que la alternativa 1 es inferior a la 2: objetivo 2.
- Diferencia de puntuaciones =  $4 - 3 = 1$
- Índice de discordancia =  $1 / 10 = 0,1$ .

Par de alternativas 2 y 1.

- Objetivos para los que la alternativa 2 es superior a la 1: objetivo 2.
- Suma de los pesos asociados = 0,2
- Objetivos para los que la alternativa 2 es inferior a la 1: objetivos 1, 3 y 4.
- Máxima diferencia de puntuaciones = 9 - 6 = 3
- Índice de discordancia = 3 / 10 = 0,3.

Elaboración de la matriz de concordancias:

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	0	0,8
Alternativa 2	0,2	0

Elaboración de la matriz de discordancias:

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	0	0,1
Alternativa 2	0,3	0

Elaboración de la matriz de preferencias, con umbrales p=0,7 y q=0,3

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1		X
Alternativa 2		

donde una X indica que se prefiere la alternativa fila a la alternativa columna, es decir la alternativa seleccionada es la 1.

**6.7.2.2. Resultados**

Para el cálculo según el método Electre I se han tenido dos aspectos:

1. Se asigna el mismo peso (0,25) para los 4 criterios considerados: Ambiental, Económico, Funcional y Territorial.
2. Índices de concordancia y discordancia de 0,6 y 0,3, respectivamente.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación siendo concluyentes resultando seleccionada la alternativa 1.

**Tabla resumen de aplicación del método Electre I**

Criterios	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2
		Valor	Valor
Ambiental	0,25	7,75	7,55
Económico	0,25	10,00	5,34
Funcional	0,25	8,73	8,34
Territorial	0,25	7,58	7,60

**Matriz de concordancia**

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	0,00	0,75
Alternativa 2	0,25	0,00

**Matriz de discordancia**

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	0,000	0,002
Alternativa 2	0,466	0,000

**Matriz de preferencias**

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1		X
Alternativa 2		



## 6.8. Conclusiones

El análisis comparativo realizado entre las diferentes alternativas definidas ha concluido que la solución que cumple de una manera más óptima los objetivos perseguidos con el presente Estudio es la formada por la **Alternativa 1**, tal como indican los resultados de los métodos Pattern y Electre I, que evidencia que la **Alternativa 1** es preferible a la alternativa 2.

Como conclusión del análisis comparativo desarrollado en este anejo se puede decir que la **Alternativa 1** ha de ser la **Alternativa Seleccionada** dentro de este Estudio.