
ANEJO Nº 18. ANÁLISIS COMPARATIVO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE DEL ANÁLISIS	1	4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	11
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS	2	4.1. OBTENCIÓN DE INDICADORES	11
2.1. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS, FACTORES Y CONCEPTOS SIMPLES	2	4.1.1. Medio Ambiente	11
2.2. OBTENCIÓN DE INDICADORES	2	4.1.2. Inversión.....	11
2.3. OBTENCIÓN DEL MODELO.....	3	4.1.3. Funcionalidad	12
2.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO	4	4.1.4. Vertebración territorial	12
2.4.1. Método PATTERN para la obtención de los índices de pertinencia ..	4	4.2. OBTENCIÓN DEL MODELO	13
2.4.2. Análisis de Robustez	5	4.3. ANÁLISIS MULTICRITERIO	13
2.4.3. Análisis de Sensibilidad	5	4.3.1. Análisis de Robustez.....	13
2.4.4. Análisis de Preferencias	5	4.3.2. Análisis de Sensibilidad.....	13
		4.3.3. Análisis de Preferencias.....	13
3. JUSTIFICACIÓN DE PESOS, PUNTUACIONES E INTERVALOS DE VALORACIÓN.....	6	5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	14
3.1. JUSTIFICACIONES PARA LOS CRITERIOS	6	5.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO	14
3.2. JUSTIFICACIONES PARA LOS FACTORES. (NIVEL 1)	6	5.1.1. Análisis de robustez	14
3.2.1. Medio Ambiente.....	6	5.1.2. Análisis de sensibilidad	14
3.2.2. Inversión	7	5.1.3. Análisis de preferencias	14
3.2.3. Funcionalidad	7	5.2. ANÁLISIS Y PROPUESTAS	15
3.2.4. Vertebración territorial	8	5.3. CONCLUSIONES	15
3.3. JUSTIFICACIONES PARA LOS CONCEPTOS SIMPLES. (NIVEL 2).....	8		
3.3.1. Medio Ambiente.....	8		
3.3.2. Inversión	8		
3.3.3. Funcionalidad	9		
3.3.4. Vertebración territorial	9		

1. OBJETO Y ALCANCE DEL ANÁLISIS

El Análisis Multicriterio que nos ocupa se ha adoptado para la evaluación y selección de las alternativas de trazado del “Estudio Informativo de integración del ferrocarril en Sant Feliu de Llobregat”.

El anejo realiza en su primera parte una descripción de la metodología empleada por el análisis multicriterio, desarrollando de forma ordenada las fases del mismo. Estas fases corresponden básicamente a la generación justificada de unas valoraciones de las diferentes alternativas y a su posterior tratamiento mediante varios análisis que saltan de la objetividad absoluta a la subjetividad, consecuencia de la aplicación del criterio del analista.

Seguidamente se justifica la adopción de pesos, puntuaciones e intervalos de valoración que se aplicarán a los criterios, factores y conceptos simples empleados en el análisis.

Tras ello se procede al análisis de alternativas mediante la generación de las tablas que recogen, por un lado, sus valoraciones por criterios, factores y conceptos simples, y por otro, el modelo final y el resultado de aplicarle los diferentes análisis.

Por último se exponen el resumen y las conclusiones de la aplicación del análisis multicriterio a las diferentes zonas, consecuencia de lo cual resultará la solución que se propondrá para su desarrollo en el futuro proyecto constructivo.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

La metodología de análisis se ha basado en el desarrollo del siguiente proceso:

1. Determinación de los critérios, factores y conceptos simples adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y el grado de integración en el medio de cada alternativa.
2. Obtención de los indicadores que permitan la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
3. Obtención del modelo numérico que reúna las valoraciones homogeneizadas de cada alternativa respecto a cada criterio y que facilite la aplicación de los procedimientos de análisis posteriores.
4. Aplicación de procedimientos de análisis basados en el modelo numérico obtenido y que, empleando diversos criterios de aplicación de pesos, permitan la evaluación y comparación de alternativas.

Las actuaciones llevadas a cabo en cada una de las fases de este proceso se describen a continuación.

2.1. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS, FACTORES Y CONCEPTOS SIMPLES

Atendiendo a los objetivos marcados para la actuación y a las características del medio social y ambiental en el que ésta se desarrolla, se ha estimado conveniente valorar las alternativas considerando los siguientes critérios:

Medio Ambiente
 Inversión
 Funcionalidad
 Vertebración territorial

Para cada uno de estos criterios se ha obtenido un parámetro único, cuyos valores oscilan entre 0 y 1, deducido a partir de la evaluación de diversos factores y conceptos simples escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración por métodos cuantitativos. Los factores y conceptos simples adoptados en cada criterio se desarrollan en el apartado 3 del anejo.

La gradación en criterios, factores y conceptos simples permite una aproximación progresiva a la realidad de la alternativa de trazado propuesta, y, a su vez, una simplificación de la valoración de las mismas mediante la deducción de una sola puntuación por alternativa para cada criterio. El esquema de gradación adoptado es:

- **CRITERIO** (Medio Ambiente,...)
- **Factor** (Vegetación,...)
- *Concepto Simple* (Hábitats prioritarios,...)

2.2. OBTENCIÓN DE INDICADORES

La modelización numérica requiere la utilización de unos índices desprovistos en la medida de lo posible de subjetividad, que definan cuantitativamente el comportamiento de las alternativas con respecto a cada criterio. Dado que estos índices suponen una síntesis de la evaluación de diversos factores y conceptos que intervienen en la caracterización, se ha considerado necesario desarrollar la obtención de los indicadores en dos niveles:

- **Nivel 2:** en él se produce la caracterización de los factores a través de su valor deducido o medido (p.e., minutos estimados en el caso de tiempos de recorrido) y, cuando el factor sea compuesto, a través de un índice que sintetiza las aportaciones de sus conceptos simples.

De esta forma en éste nivel se manejan cuadros de valoración del siguiente tipo:

	Ponderaci	.....	Alternativ	.....
Factor k	-	....	$\sum d_{ij} \cdot p_j$	....
.....
Concepto simple j	p_j	..	d_{ij}	..
.....

p_j = Peso otorgado al concepto simple j

d_{ij} = Valor deducido o medido de la alternativa i para el concepto simple j

$\sum d_{ij} \cdot p_j$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el factor k

- **Nivel 1:** en él se produce la homogeneización de los valores obtenidos para cada factor, situándolos todos en una escala de 0 a 1, tras lo cual, aplicando unos coeficientes de ponderación (elegidos de forma justificada) que regulan la influencia de cada factor en el criterio, se obtiene la calificación final, que se escala también para que esté comprendida en el intervalo [0,1].

De esta forma en este nivel se manejan cuadros de valoración del siguiente tipo:

	Ponderaci	.....	Alternativ	.....
CRITERIO h	-	....	V_{ih}^{**}	....
CRITERIO h	-	....	$\sum V_{ik}^* \cdot p'_k$	....
.....
Factor k	p'_k	..	V_{ik}^*	..
.....

p'_k = Peso otorgado al factor k

V_{ik}^* = Puntuación $\sum d_{ij} \cdot p_j$ homogeneizada en el intervalo [0,1]

$\sum V_{ik}^* \cdot p'_k$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el criterio h

V_{ih}^{**} = Puntuación $\sum V_{ik}^* \cdot p'_k$ homogeneizada en el intervalo [0,1]

2.3. OBTENCIÓN DEL MODELO

Tras el análisis y valoración de la aptitud de cada una de las alternativas de trazado ante los cuatro criterios fijados para nuestra zona de estudio, se han obtenido unas puntuaciones comprendidas en el intervalo [0,1] que son el reflejo de dichas aptitudes. Estos valores son los que se agrupan para formar el modelo numérico que posteriormente se empleará como herramienta básica del análisis multicriterio.

La homogeneización de los índices iniciales en intervalos [0,1] ha sido realizada con el fin de facilitar la comparación de las diferentes alternativas mediante la aplicación de métodos que hacen variables las ponderaciones de cada uno de los criterios. A su vez, para obtener dichos índices hubo que realizar una homogeneización a las puntuaciones parciales de los factores con los que se evalúa cada uno de los criterios.

La fórmula que permite la homogeneización de unas puntuaciones comprendidas en un intervalo [*valor pésimo*, *valor óptimo*], distinto para cada caso y debidamente justificado en el apartado 3 del anejo, es la siguiente.

$$\left. \begin{array}{l} A \cdot a + b = 1 \\ B \cdot a + b = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = \frac{1}{A - B} \\ b = 1 - \frac{A}{A - B} \end{array}$$

Donde: A: "valor óptimo" del intervalo inicial

B: "valor pésimo" del intervalo inicial

1: "valor óptimo" del intervalo [0,1]

0: "valor pésimo" del intervalo [0,1]

De forma que:

$$X \cdot a + b = Y$$

Donde: X: puntuación en el intervalo inicial

Y: puntuación resultante en el intervalo homogeneizado

Con el modelo generado se pueden desarrollar diversos métodos de análisis que, empleando criterios diferentes de aplicación de pesos, permitan alcanzar los objetivos del proceso de análisis de alternativas. El modelo es de la forma:

	Ponderaci	Alternativ	.....
.....	-
.....	-
CRITERIO h	-	...	V_{ih}^{**}	...
.....	-

V_{ih}^{**} = Valoración de la alternativa i para el criterio h homogeneizada en el intervalo [0,1]

2.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Tras la obtención del modelo numérico se plantea la necesidad de evaluar las alternativas de forma global, empleando procedimientos que permitan aplicar los coeficientes de ponderación necesarios sin distorsionar los resultados. Estos procedimientos son los siguientes:

- **ANÁLISIS DE ROBUSTEZ:** consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a los criterios comprendidos en el modelo numérico anterior, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento es el más desprovisto de componentes subjetivas, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados. Para este análisis y para el siguiente se ha empleado una aplicación informática.
- **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:** consiste en aplicar el mismo procedimiento que en el análisis de robustez pero limitando los valores posibles de cada peso a un cierto rango, de manera que se intenta ir acercando las ponderaciones de los criterios a las que el analista considera más apropiadas por las características de la zona de estudio. De esta forma se mantiene aún un gran nivel de objetividad en los resultados.
- **ANÁLISIS DE PREFERENCIAS:** consiste en aplicar pesos a cada criterio de tal forma que respondan a un orden de preferencias relativas que se propone como más adecuado para evaluar la actuación.

Todos los análisis anteriores usan para la valoración de las alternativas los denominados ÍNDICES DE PERTINENCIA, que son las puntuaciones resultantes de operar los índices del modelo con diferentes combinaciones de pesos, tal y como se ha descrito, y homogeneizarlos en el intervalo [0,1]. En éste caso, y a diferencia de cuando se crearon los índices del modelo, la homogeneización se realiza empleando el Método Pattern que otorga el valor 1 a la alternativa de mayor puntuación del análisis y el valor 0 a la de menor puntuación, de forma que siempre hay al menos un 1 y un 0 entre las valoraciones.

La metodología aplicada en el método Pattern y en cada procedimiento de análisis se describe a continuación.

2.4.1. Método PATTERN para la obtención de los índices de pertinencia

El método PATTERN¹ permite sintetizar, en los análisis de sensibilidad y preferencias, las puntuaciones obtenidas por las alternativas para cada criterio, mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación variables, en un sólo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1]² (siendo 0 el pésimo y 1 el óptimo), creando un modelo que permite la comparación directa. De esta forma, se obtiene una matriz alternativas – criterios con la que se deduce el IP para cada alternativa de la siguiente forma:

$$IP_i = \frac{MAX - \sum_j \beta_j \cdot a_{ij}}{MAX - MIN}$$

Donde:

a_{ij} es la calificación obtenida por la alternativa i para el criterio j

β_j es el coeficiente de ponderación del criterio j , cumple la condición $\sum \beta_j = 10$

MAX es el valor máximo de $\sum \beta_j \cdot a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas.

MIN es el valor mínimo de $\sum \beta_j \cdot a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas.

¹ Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers

² Esto supone una modificación con respecto al método PATTERN clásico, en el cual el índice IP no se limita al intervalo mencionado; con esto se facilita la comparación de alternativas.

2.4.2. Análisis de Robustez

Para efectuar el análisis de robustez se ha partido del modelo numérico desarrollado anteriormente sin coeficientes de ponderación. Este modelo se ha tratado con un programa informático que le aplica todas las posibilidades de combinación de pesos, con un salto de los mismos en cada aplicación. El valor de los pesos está en el intervalo [0,10] y el salto que se toma es de 1, cumpliendo siempre que la suma de las ponderaciones sea 10. De esta forma resultan combinaciones de ponderaciones en cada aplicación y para cada criterio del tipo [(10,0,0,0); (9,1,0,0); (9,0, 1,0); ; (0,0, 1, 9); (0,0,0,10)]

El resultado a que se llega es el número de veces que cada alternativa obtiene la máxima calificación y el porcentaje de dichos casos respecto al total de posibilidades tanteadas, función del intervalo y del salto seleccionados.

2.4.3. Análisis de Sensibilidad

Al igual que en el análisis de robustez, se han aplicado todas las combinaciones posibles de pesos a los diferentes criterios, pero limitando el rango de variación de éstos a los siguientes intervalos:

Rangos de pesos del Análisis de Sensibilidad

Medio Ambiente	[0,10]
Inversión	[0,10]
Funcionalidad	[0,10]
Vertebración Territorial	[0,10]

De esta forma se mantiene la objetividad de realizar numerosos tanteos con diferentes combinaciones de pesos, pero, por otro lado, se aproxima más el análisis a las ponderaciones de los criterios que el analista estima como más apropiadas para el contexto de la zona de estudio.

El salto aplicado a las combinaciones de pesos ha sido 0'2.

2.4.4. Análisis de Preferencias

El último procedimiento de análisis aplicado tiene en cuenta el orden de importancia relativa entre criterios más apropiado para las características de la actuación. Al igual que en otros casos, se aplican a los índices homogeneizados del modelo los pesos que se deducen de este planteamiento, que son:

Pesos de los CRITERIOS del Análisis de Preferencias

Medio Ambiente	0'25
Inversión	0'15
Funcionalidad	0'25
Vertebración Territorial	0'35

El resultado permite comparar el diagnóstico dado para cada alternativa por los demás análisis con respecto al grado de cumplimiento de los objetivos de la actuación y su nivel de integración en el entorno. La justificación de los pesos asignados a los criterios en cada zona se realiza en el apartado 3.1 del presente anejo.

3. JUSTIFICACIÓN DE PESOS, PUNTUACIONES E INTERVALOS DE VALORACIÓN

Se realiza en este apartado una justificación de los coeficientes de ponderación asignados a los diferentes criterios, factores y conceptos simples, de las puntuaciones obtenidas por los mismos y de los intervalos de valoración adoptados para cada uno de ellos y que establecerán las puntuaciones óptima y pésima con vistas a su posterior homogeneización.

3.1. JUSTIFICACIONES PARA LOS CRITERIOS

Los pesos asignados a los criterios de valoración, como ya se ha explicado, varían con la zona de estudio y los intereses particulares en ella perseguidos. El valor de los mismos es el siguiente:

Pesos de los CRITERIOS

Medio Ambiente	0'25
Inversión	0'15
Funcionalidad	0'25
Vertebración Territorial	0'35

- En esta nueva actuación, el criterio básico a tener en cuenta es la vertebración territorial, que se mide fundamentalmente a través del parámetro de inserción urbana. Hay que tener en cuenta que la actuación se desarrolla en un entorno urbano, y que sus objetivos básicos son la integración de la línea C-4, así como la eliminación del paso a nivel existente con el fin de garantizar la seguridad de la población de Sant Feliu de Llobregat.

Por otra parte, se ha decidido ponderar de la misma forma los criterios de funcionalidad y Medio Ambiente, debido a la importancia de ambos. La funcionalidad trata de determinar la afección que ocasiona la actuación durante las obras, para lo cual se estima un período de tiempo de 3 años. El plazo de las obras es considerable teniendo en cuenta que la actuación se desarrolla en zona urbana, por lo que se valorará positivamente que las situaciones provisionales sean las mínimas posibles. Finalmente, se tendrán en cuenta las diferencias de Inversión existentes, que no deberá de ser en ningún caso el factor determinante a la hora de seleccionar la solución propuesta. De esta manera se da cumplimiento al objetivo del Estudio Informativo que nos ocupa.

3.2. JUSTIFICACIONES PARA LOS FACTORES. (NIVEL 1)

3.2.1. Medio Ambiente

Los factores que se evaluarán en este nivel son los siguientes:

Factores del criterio MEDIO AMBIENTE

Medio Físico y Biológico
Medio Socioeconómico

Estos dos factores agrupan a los trece factores analizados en las matrices de impactos (causa-efecto):

Los trece factores analizados en la matriz de impactos son:

MEDIO FÍSICO Y BIOLÓGICO

- Calidad atmosférica
- Niveles sonoros y vibraciones
- Geología y geomorfología
- Hidrología
- Hidrogeología
- Vegetación

MEDIO SOCIOECONÓMICO

- Fauna
- Paisaje
- Población
- Productividad sectorial
- Organización territorial
- Espacios Naturales
- Patrimonio Cultural

Se les ha asignado el mismo peso a los dos factores, por considerarse que tiene la misma importancia, por lo que el valor total del criterio de Medio Ambiente será la suma de ambos, ya que recogen todos los impactos causados. En el Documento nº4 Estudio de Impacto Ambiental, se ha llevado a cabo el estudio de los impactos que cada una de las alternativas producen sobre los dos factores considerados, distinguiendo la fase de construcción de la de explotación.

De la suma de las puntuaciones de estos factores, obtenidas en el Nivel 2, y de su posterior homogeneización al intervalo [0,1], se obtienen los índices del criterio Medio Ambiente, que se incluirán posteriormente en el “modelo” que engloba los cuatro criterios.

3.2.2. Inversión

Los factores que se evaluarán en este nivel y las puntuaciones que se dan a los mismos son los siguientes:

Factores y pesos del criterio INVERSIÓN

Inversión. Situación definitiva (PCA)	0'90
Inversión. Situaciones provisionales (PCA)	0'10

Se ha decidido evaluar dos factores para la inversión, diferenciando la situación definitiva de la provisional, ya que consideramos necesario reflejar también la influencia de las situaciones provisionales, puesto que la inversión realizada en este último caso, no es posible amortizarla con el tiempo.

Al factor inversión en situación definitiva, expresado como Presupuesto para Conocimiento de la Administración se le asigna una importancia del 90 %.

Al factor inversión en situaciones provisionales se le asigna una importancia del 10 %.

Las puntuaciones de estos factores, obtenidas en el Nivel 2, homogeneizadas en el intervalo [0,1], multiplicadas por sus pesos respectivos nos darán los índices del criterio Inversión, que se incluirán posteriormente en el “modelo” que engloba los cuatro criterios.

3.2.3. Funcionalidad

Los factores que se evaluarán en este nivel son los siguientes:

Factores y pesos del criterio FUNCIONALIDAD

Afección a explotación ferroviaria (Situación prov)	0'7
Afección a viario (Situación prov)	0'3

Se le dará un peso mayor al factor Explotación ferroviaria (70 %), ya que, consideramos que cualquier interferencia en el tráfico ferroviario actual de la línea existente, ocasionaría un perjuicio a un mayor número de personas que la posible interferencia al tráfico peatonal y de vehículos rodados.

Del producto de las puntuaciones de estos factores, obtenidas en el Nivel 2, por los pesos señalados, y de su posterior homogeneización al intervalo [0,1], se obtienen los índices del criterio Funcionalidad, que se incluirán posteriormente en el “modelo” que engloba los cuatro criterios.

3.2.4. Vertebración territorial

Los factores que se evaluarán en este nivel son los siguientes:

Factores y pesos del criterio VERTEBRACIÓN TERRITORIAL

Inserción urbana	0'65
Proximidad a edificaciones	0'35

Se ha asignado un mayor peso (65 %) al factor Integración urbana, puesto que determina el principal objetivo perseguido con la redacción de este estudio informativo: la integración del ferrocarril en Sant Feliu de Llobregat.

La Proximidad a Edificaciones se valora con un menor peso (35 %), ya que, a pesar de ser importante, no se considera un factor decisivo.

Del producto de las puntuaciones de estos factores, obtenidas en el Nivel 2, por los pesos señalados, y de su posterior homogeneización al intervalo [0,1], se obtienen los índices del criterio Vertebración Territorial, que se incluirán posteriormente en el “modelo” que engloba los cuatro criterios.

3.3. JUSTIFICACIONES PARA LOS CONCEPTOS SIMPLES. (NIVEL 2)

3.3.1. Medio Ambiente

La forma de valorar el impacto será mediante la adopción del valor obtenido para cada uno de los trece factores analizados en las matrices de impactos (causa-efecto) en el estudio de impacto ambiental del presente estudio. Estas matrices analizan en su configuración los denominados conceptos simples, tanto en fase de obra como de explotación, por lo que la valoración obtenida en las mismas representa la puntuación que se obtendrá en el factor Medio Ambiente. Para ello será preciso llevar a cabo en este nivel una conversión de la valoración cualitativa obtenida a una cuantitativa.

Para crear un intervalo de valoración que permita homogeneizar los valores se aplicará la conversión que se define a continuación:

Crítico	-6
Severo	-5
Alto	-4
Moderado	-3
Leve	-2
Compatible	-1
Nulo	0
Positivo	+1
Beneficioso	+2
Muy beneficioso	+3

La alternativa más idónea desde el punto de vista ambiental corresponde a aquella con un valor global de impacto menos negativo.

3.3.2. Inversión

Se han utilizado dos conceptos simples de Nivel 2 para valorar este factor, que recogen la inversión en situación definitiva que se ha de efectuar, así como la inversión en situaciones provisionales.

Inversión (PCA). Situación definitiva

Se ha considerado el volumen total de inversión que requiere cada alternativa. La forma de valorar el factor es a través de la estimación realizada de su Presupuesto para Conocimiento de la Administración (PCA). Este factor no ha precisado su desglose en conceptos simples.

Se ha efectuado el escalado inverso de las puntuaciones obtenidas (dado que la alternativa es tanto más desfavorable cuanto más volumen de inversión requiera), obteniéndose la valoración final con cifras homogeneizadas en el intervalo [0,1].

Inversión (PCA). Situación provisional

Se ha considerado el volumen total de inversión que requiere cada alternativa. La forma de valorar el factor es a través de la estimación realizada de su Presupuesto para Conocimiento de la Administración (PCA). Este factor no ha precisado su desglose en conceptos simples.

Se ha efectuado el escalado inverso de las puntuaciones obtenidas (dado que la alternativa es tanto más desfavorable cuanto más volumen de inversión requiera), obteniéndose la valoración final con cifras homogeneizadas en el intervalo [0,1].

3.3.3. Funcionalidad

Los conceptos simples de Nivel 2 empleados en la valoración de cada factor y la forma de realizar dichas valoraciones se detallan a continuación.

Afección a líneas férreas. Situación provisional

La forma de valorar el factor es a través de la existencia o no de afecciones a la explotación de las líneas férreas, medido como el número de metros de vías provisionales sobre el que habrá que acondicionar las circulaciones que se desarrollen. Este factor no ha precisado su desglose en conceptos simples.

El intervalo de valoración que ha permitido la homogeneización de los valores obtenidos fija el óptimo en las soluciones que presentan afección nula sobre las líneas existentes y un pésimo que será el máximo de las afecciones existentes.

De esta manera se efectúa el escalado de las puntuaciones obtenidas, logrando la valoración final con cifras homogeneizadas en el intervalo [0,1].

Afección a tráfico rodado. Situación provisional

La forma de valorar el factor es a través de la existencia o no de afecciones al viario, medido como el número de metros lineales de viario que resultan interceptados por la actuación ferroviaria. Este factor no ha precisado su desglose en conceptos simples.

El intervalo de valoración que ha permitido la homogeneización de los valores obtenidos fija el óptimo en las soluciones que presentan afección nula sobre el viario existente y un pésimo que será el máximo de las afecciones existentes.

De esta manera se efectúa el escalado de las puntuaciones obtenidas, logrando la valoración final con cifras homogeneizadas en el intervalo [0,1].

3.3.4. Vertebración territorial

Los conceptos simples de Nivel 2 empleados en la valoración de cada factor y la forma de realizar dichas valoraciones se detalla a continuación.

Inserción urbana

La forma de valorar el factor es a través de la longitud de pasillo ferroviario liberado, medida en metros lineales. Este factor no ha precisado su desglose en conceptos simples.

El intervalo de valoración que ha permitido la homogeneización de los valores obtenidos fija el óptimo en las soluciones que liberan la máxima longitud de pasillo ferroviario existente y un pésimo que será la mínima longitud liberada.

De esta manera se efectúa el escalado de las puntuaciones obtenidas, logrando la valoración final con cifras homogeneizadas en el intervalo [0,1].

Proximidad a edificaciones

La forma de valorar este concepto es considerando las edificaciones cercanas a los nuevos trazados proyectados, midiendo la longitud de fachada en metros (paralela a la vía) que resulta afectada por la actuación cuando ésta no discurre soterrada. Este factor no ha precisado su desglose en conceptos simples.

El intervalo de valoración que ha permitido la homogeneización de los valores obtenidos fija el óptimo en las soluciones que no afectan a las edificaciones cercanas y un pésimo que será la máxima afección a las edificaciones que producen las alternativas.

De esta manera se efectúa el escalado de las puntuaciones obtenidas, logrando la valoración final con cifras homogeneizadas en el intervalo [0,1].

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

4.1. OBTENCIÓN DE INDICADORES

4.1.1. Medio Ambiente

NIVEL 1		Homogeneización y Calificación		
	Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	
Medio Ambiente	-	0,94	0,78	
Medio Ambiente	-	6,00	22,00	
Medio físico y biológico	1	10,00	15,00	
Medio socioeconómico	1	-4,00	7,00	

Intervalos de valoraciones
 Medio Ambiente Óptimo = 100,0
 Pésimo = 0,0

NIVEL 2		Caracterización		
	Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	
Medio físico y biológico	-	10,00	15,00	
Medio socioeconómico	-	-4,00	7,00	

Intervalos de valoraciones
 Medio físico y biológico Óptimo = 1,00
 Pésimo = 0,00
 Medio socioeconómico Óptimo = 1,00
 Pésimo = 0,00

4.1.2. Inversión

NIVEL 1		Homogeneización y Calificación		
	Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	
Inversión	-	0,47	0,53	
Inversión	-	0,47	0,53	
Inversión (PCA) Situación provisional	0,10	0,65	0,35	
Inversión (PCA) Situación definitiva	0,90	0,45	0,55	

Intervalos de valoraciones
 Inversión Óptimo = 1,0
 Pésimo = 0,0

NIVEL 2		Caracterización		
	Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	
Inversión (PCA) Situación provisional	1	0,65	0,35	
		* En euros		
Inversión (PCA) Situación definitiva	1	0,45	0,55	
		* En euros		

Intervalos de valoraciones
 Inversión (PCA) Situación provisional Óptimo = 1
 Pésimo = 0
 Inversión (PCA) Situación definitiva Óptimo = 1,00
 Pésimo = 0,00

4.1.3. Funcionalidad

NIVEL 1

Homogeneización y Calificación

Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
-------------	---------------	---------------

Funcionalidad	-	0,80	0,20
---------------	---	------	------

Funcionalidad	-	0,80	0,20
Afección a explotación ferroviaria (situación provisional)	0,7	0,86	0,14
Afección a viario (situación provisional)	0,3	0,64	0,36

Intervalos de valoraciones

Funcionalidad Óptimo = 1,0
Pésimo = 0,0

NIVEL 2

Caracterización

Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
-------------	---------------	---------------

Afección a explotación ferroviaria (situación provisional)	-	0,86	0,14
m vía provisional colocada	1	0,86	0,14

Afección a viario (situación provisional)	-	0,64	0,36
m viario afectado	1	0,64	0,36

Intervalos de valoraciones

Afección a explotación ferroviaria (situación provisional) Óptimo = 1,00
Pésimo = 0,00
Afección a viario (situación provisional) Óptimo = 1,00
Pésimo = 0,00

4.1.4. Vertebración territorial

NIVEL 1

Homogeneización y Calificación

Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
-------------	---------------	---------------

Vertebración Territorial	-	0,64	0,36
--------------------------	---	------	------

Vertebración Territorial	-	0,64	0,36
Inserción urbana	0,65	0,53	0,47
Proximidad a edificaciones	0,35	0,84	0,16

Intervalos de valoraciones

Vertebración Territorial Óptimo = 1,0
Pésimo = 0,0

NIVEL 2

Caracterización

Ponderación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
-------------	---------------	---------------

Inserción urbana	-	0,53	0,47
Longitud de pasillo ferroviario liberado	1	0,53	0,47

* Longitud de pasillo ferroviario en metros

Proximidad a edificaciones	-	0,84	0,16
Longitud de fachada afectada	1	0,84	0,16

* Longitud de fachada afectada en metros

Intervalos de valoraciones

Inserción urbana Óptimo = 1,00
Pésimo = 0,00
Proximidad a edificaciones Óptimo = 1,00
Pésimo = 0,00

4.2. OBTENCIÓN DEL MODELO

	<i>Ponderación</i>	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Medio Ambiente	-	0,94	0,78
Inversión	-	0,47	0,53
Funcionalidad	-	0,80	0,20
Vertebración Territorial	-	0,64	0,36

4.3. ANÁLISIS MULTICRITERIO

4.3.1. Análisis de Robustez

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Nº Optimos	280	6
% Optima	97,90%	2,10%

4.3.2. Análisis de Sensibilidad

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Nº Optimos	2845	53
% Optima	98,17%	1,83%

4.3.3. Análisis de Preferencias

	<i>Ponderación</i>	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
		IP	
Medio Ambiente	0,25	1,00	0,00
Inversión	0,15		
Funcionalidad	0,25		
Vertebración Territorial	0,35		

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado un análisis comparativo de las soluciones estudiadas con el fin de seleccionar aquellas que se consideren más idóneas para su ejecución desde el punto de vista de los criterios con los que se ha desarrollado el presente estudio.

5.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO

5.1.1. Análisis de robustez

Consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a cada uno de los criterios, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento es el más desprovisto de componentes subjetivos, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados.

El análisis de resultados pone de manifiesto una superioridad de la solución Alternativa 1 (97,90 % de óptimos) frente a la Alternativa 2 debido fundamentalmente a su buena aptitud ante los criterios de Medio Ambiente, Vertebración Territorial y Funcionalidad, destacando especialmente este último aspecto. En el criterio Inversión la Alternativa 2 resulta ligeramente mejor.

5.1.2. Análisis de sensibilidad

Consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a cada uno de los criterios pero dentro de unos intervalos dados a los mismos en función de la importancia que el analista estima para cada criterio, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima y su porcentaje de óptimos respecto al número de casos tanteados. Las valoraciones obtenidas para las diferentes zonas son los siguientes:

Al limitar el intervalo de valoración que puede tomar cada uno de los criterios, la Alternativa 1 mantiene su mejor comportamiento (98,17 % de óptimos) frente a la Alternativa 2, siendo los resultados del análisis de sensibilidad muy similares a los del análisis de robustez.

Esto indica, fundamentalmente, que la reducción de pesos que han sufrido los criterios apenas influye en los resultados.

5.1.3. Análisis de preferencias

Consiste en aplicar pesos a cada criterio de tal forma que respondan a un orden de preferencias relativas que se propone como más adecuado para evaluar la actuación. Los pesos relativos de cada criterio son:

Pesos de los CRITERIOS del Análisis de Preferencias

Medio Ambiente	0'25
Inversión	0'15
Funcionalidad	0'25
Vertebración Territorial	0'35

Los resultados obtenidos son los siguientes:

La Alternativa 1 obtiene la puntuación de 1.00, lo que refleja un mejor comportamiento que la Alternativa 2 frente a las puntuaciones que se ha decidido aplicar a cada uno de los criterios, con la intención de obtener los mejores resultados en el conjunto de la valoración.

La Alternativa 2, sin embargo, obtiene la puntuación de 0.00. Esto es debido a que en el estudio se están considerando únicamente dos soluciones, por lo que una de ellas obtendrá resultado unidad y la otra resultado nulo.

De esta forma, se confirman los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad llevado a cabo.

5.2. ANÁLISIS Y PROPUESTAS

- Tanto el análisis de robustez como el de sensibilidad ponen de manifiesto una mejor valoración de la solución Alternativa 1, lo que refleja su mejor aptitud ante análisis carentes de subjetividad. Esta situación se mantiene en el análisis de preferencias, donde la Alternativa 1 continúa mostrando un mejor comportamiento.
- La Alternativa 1 obtiene un resultado claramente favorable en los análisis de robustez y sensibilidad, debido principalmente a su mejor comportamiento en relación al criterio de Medio Ambiente, al de Funcionalidad y al de Vertebración Territorial. Sin embargo, en relación al criterio de inversión, resulta favorable la Alternativa 2, debido a su menor necesidad de inversión en situación definitiva.
- La alternativa 2 obtiene malos resultados principalmente en el criterio de Medio Ambiente (ejecutada en su totalidad con pantallas, presenta un valor global de impacto superior, pues se afecta en mayor grado a la vegetación, a la permeabilidad del tráfico, a la geología por suponer un mayor movimiento de tierras, etc), en el Funcional (debido principalmente a las numerosas situaciones provisionales que plantea) y en el de Vertebración Territorial (ya que la inserción urbana no resulta adecuada).
- Los análisis realizados permiten descartar la Alternativa 2, ya que frente a la Alternativa 1, sólo resulta ligeramente favorable en cuanto al criterio de inversión.

Por lo tanto, la “Alternativa 1 bajo la calle Sansón” permite obtener mejores resultados en los análisis de robustez y sensibilidad, y además en el de preferencias, que es el que fija las mayores necesidades e intereses de la nueva infraestructura que se va a ejecutar.

5.3. CONCLUSIONES

- La Alternativa 1 presenta una situación medioambiental mejor que la Alternativa 2, al comprender una longitud de soterramiento de vía mayor y proyectar un tramo de túnel en mina, lo que causa un menor impacto sobre los factores del medio.
- La Alternativa 2 presenta unas menores necesidades de Inversión, al presentar una reducción en la longitud de casi 900 m respecto al Trazado de la Alternativa 1 y no discurrir en mina, lo que provoca una disminución del Presupuesto para Conocimiento de la Administración de más de 17 millones de euros.
- La funcionalidad de la Alternativa 1 es muy superior a la de la Alternativa 2, debido fundamentalmente a la considerable afección que las situaciones provisionales de la Alternativa 2 (al separarse de la plataforma actual) producen a la explotación ferroviaria y al viario.
- La vertebración territorial inducida por la Alternativa 1 mejora notablemente la de la Alternativa 2, al liberar mayor longitud del pasillo ferroviario actual y reducir la afección a edificaciones existentes.
- En consecuencia, se propone como opción más favorable la “Alternativa 1 bajo la calle Sansón”.