
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y ANALISIS MULTICRITERIO

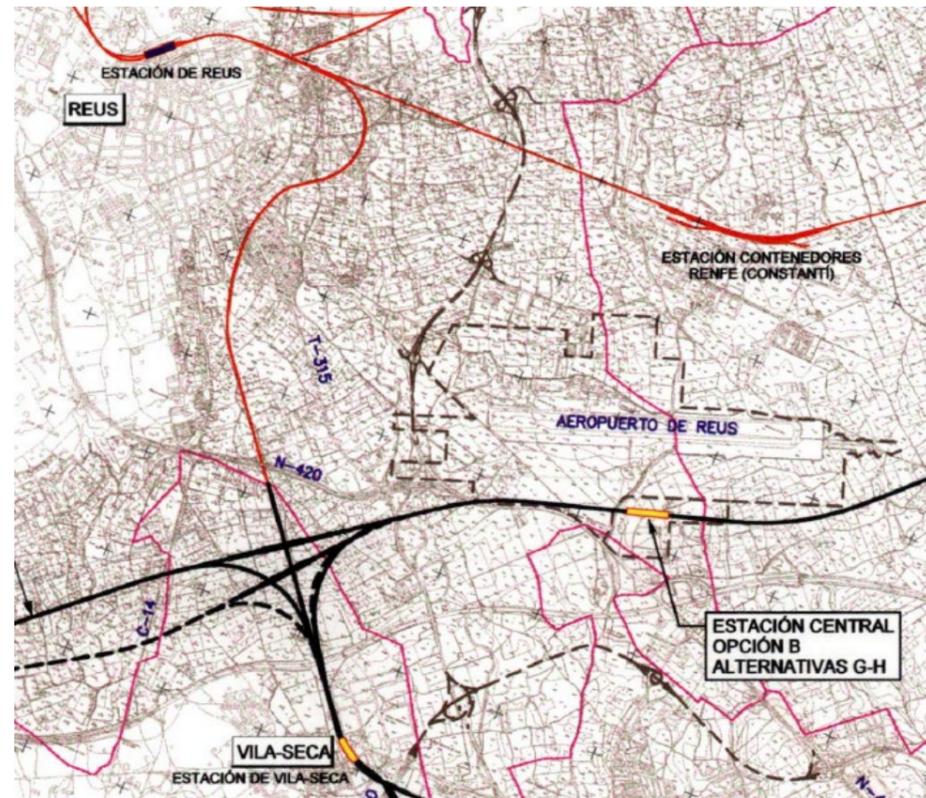
**ANEJO
15**

ÍNDICE

1. Introducción y objeto	1
2. Identificación de alternativas	2
2.1. Alternativa 0.....	2
2.2. Alternativas planteadas.....	2
3. Selección de alternativas.....	4
3.1. Descripción general de la metodología de análisis.....	4
3.1.1. Determinación de los criterios de valoración.....	4
3.1.2. Obtención de indicadores	4
3.1.3. Obtención del modelo	6
3.1.4. Análisis Multicriterio	6
3.2. Análisis de Alternativas.....	7
3.2.1. Obtención de Indicadores	7
3.2.2. Modelo numérico y análisis.....	12
4. Resumen y conclusiones	12
4.1. Metodología del análisis multicriterio	12
4.1.1. Criterios	12
4.1.2. Análisis y resultados	13
4.2. Conclusiones del análisis.....	13

1. Introducción y objeto

En enero de 2003 se aprobaba el expediente de información pública, y definitivamente el estudio informativo de la “Conexión ferroviaria Corredor Mediterráneo- L.A.V. Madrid – Barcelona - Frontera francesa”. Entre las actuaciones de este estudio se contemplaba la construcción de una nueva estación de alta velocidad, denominada Estación Central, al Sur del aeropuerto de Reus, a 7 km de distancia del núcleo urbano de Tarragona, a 5 km de Reus, a 4 km de Vilaseca y pensada para dar servicio a todo el entorno, pero con acceso únicamente por medio de transporte privado y autobuses.



El diseño y la ubicación de esta estación era la solución que mejor respuesta daba a los requerimientos funcionales, de explotación y desarrollo de infraestructuras planificadas y previstas en la zona, para ese momento.

En 2009 se redacta el “Proyecto constructivo de la conexión ferroviaria Corredor Mediterráneo Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona Frontera Francesa. Estación Central.”, el cual no llega a construirse porque empiezan a detectarse

cambios en la planificación de las infraestructuras y explotación ferroviaria de la zona que pueden concretarse en:

- Los ayuntamientos de Tarragona, Reus, Cambrils, Salou y Vilaseca, junto con la Generalitat de Catalunya, comparten una propuesta común para la mejora de las infraestructuras y servicios ferroviarios en el entorno de Tarragona, y en esta línea impulsan el “Nuevo tranvía del Camp de Tarragona de los Ferrocarriles de la Generalidad de Cataluña. Tramo: Tarragona - Reus”.
- Cambios en la explotación de Rodalies, incluyendo nuevos servicios en Cataluña como pueden ser la conexión con Tarragona. Línea RT1 Tarragona-Vilaseca-Reus
- Cambio en los programas de explotación y tráficos ferroviarios del corredor mediterráneo y su conexión con la LAV.
- Cambios en el programa de necesidades y normativa que afectan al diseño del edificio, accesos y parking de la estación.

Por todo esto se propone reubicar la estación en el nudo de Vilaseca, por ser un punto que permite conectar la Red de Alta Velocidad, la Red Convencional y la futura línea tranviaria, lo que permitiría establecer una conexión ferroviaria de los servicios de Larga Distancia con la red de servicios Regionales/Rodalies (RT1, R14, R15 y R16) y con los servicios tranviarios, permitiendo mejoras en los tiempos de acceso en transporte público a la estación y la consecuente reducción del uso del vehículo privado. A su vez la nueva ubicación no perjudica la intermodalidad con las principales rutas viarias (T-11, C-14 AP-7, A-7), acercándose al núcleo urbano de Reus, pero también a Vilaseca/Salou, alejándose un poco de Tarragona y del Aeropuerto de Reus, aunque con tiempos de acceso equivalentes en vehículo privado.

Por lo anteriormente comentado, el objeto del presente Estudio Informativo es estudiar una alternativa a la planificada para la Estación Central, con una nueva ubicación que permita potenciar su demanda, interconexión ferroviaria y mejora de los servicios de movilidad de forma general, y con un nuevo diseño que permita adaptarse a los nuevos requerimientos funcionales motivados por los cambios en la planificación estratégica y explotación.

2. Identificación de alternativas

2.1. Alternativa 0.

Como en todos los estudios de alternativas, previamente se analizan las consecuencias y viabilidad de lo que supondría la alternativa 0, esto es, no realizar ninguna actuación.

La denominada “Estación Central de Tarragona” se encuentra planificada como pieza integrante de las actuaciones de mejora de los servicios de viajeros en el corredor Mediterráneo y como consecuencia del traslado de tráficos de Largo Recorrido por la Variante de Vandellós y LAV Madrid-Camp Tarragona-Barcelona

Todos los desarrollos de infraestructuras de la zona y las actuaciones y modelos de explotación ferroviaria del corredor mediterráneo se han realizado teniendo en cuenta la presencia de una estación en esta zona, por lo que no realizar nada tendría unas implicaciones económicas y sociales muy importantes porque repercutirían en la rentabilidad y sostenibilidad de importantes inversiones y actuaciones que ya se han realizado.

A su vez la ligera modificación en cuanto a la localización de la estación que se pretende realizar en este estudio informativo va encaminada principalmente a optimizar y mejorar todas las conexiones que inicialmente tenía el Estudio Informativo “Conexión ferroviaria de alta velocidad del Corredor Mediterráneo-LAV. Madrid-Barcelona- Frontera Francesa”, por lo que la estación intermodal del presente estudio no es el planteamiento de una nueva estación, sino la actualización de la ya contemplada.

Por lo tanto, puede añadirse que la actuación forma parte del sistema de transporte, el cual es el principal garante de la accesibilidad en el territorio y, aunque no suficiente, es condición necesaria para su desarrollo.

Por último, es necesario enfatizar que la no ejecución de la actuación plantea una barrera importante a la consecución de objetivos socioeconómicos de la zona como:

- Mejorar la eficiencia, seguridad y competitividad de la red actual.
- Contribuir al desarrollo económico local y regional.

- Promover una movilidad sostenible.
- Reforzar la cohesión territorial y la accesibilidad.

Para concluir, y en consonancia con lo expuesto, se considera que la alternativa 0 no es competitiva, no se adapta bien a los requerimientos funcionales y legislación vigente, no garantiza la total compatibilidad con el resto de las actuaciones que se están desarrollando en la zona, y condiciona el desarrollo socioeconómico regional y nacional.

Como consecuencia de lo mencionado, para el presente Estudio se plantean dos alternativas que se analizarán desde la perspectiva de su comportamiento funcional, ambiental, complejidad constructiva y económico.

y económica.

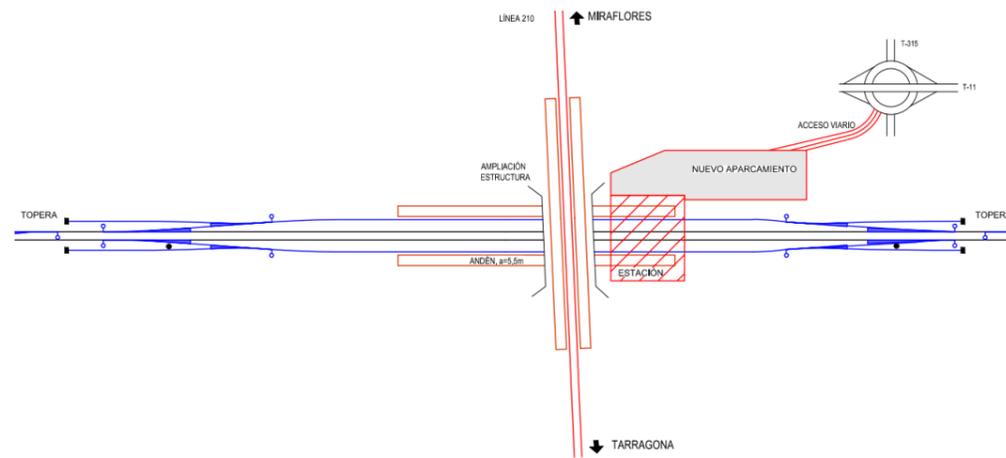
2.2. Alternativas planteadas

La estación intermodal va a integrar una estación ferroviaria en la línea de alta velocidad y una estación ferroviaria en la convencional, las cuales van a compartir edificio, urbanización y accesos para permitir la intermodalidad entre ambas. Además, todos los elementos han sido diseñados para poder también integrar en un futuro una parada del Nuevo tranvía del Camp de Tarragona de los Ferrocarriles de la Generalidad de Cataluña, el cual no es objeto del presente estudio informativo.

Tras un análisis de explotación ferroviaria, y teniendo en cuenta los requerimientos de explotación y funcionalidad ferroviaria, se plantean dos alternativas de configuración de vías en la estación de alta velocidad:

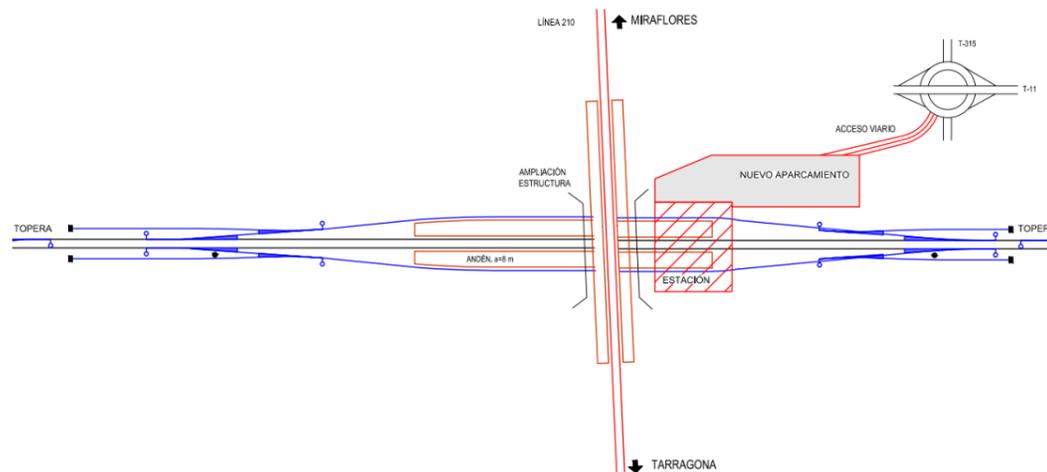
- Alternativa 1, La estación ferroviaria consta de dos vías generales más dos de apartado, con andenes exteriores.

En el exterior de las vías de apartado se dispondrán sendos andenes de longitud útil mínima 410 m, capaces de atender composiciones dobles de trenes de alta velocidad.



- Alternativa 2, Misma composición de vías que la alternativa 1 pero la disposición de los andenes es entre vías generales y vías de apartado.

Entre las vías generales y la vía de apartado se dispondrán sendos andenes de longitud útil mínima 410 m, capaces de atender composiciones dobles de trenes de alta velocidad.



Ambas alternativas derivan en dos configuraciones de edificio de estación intermodal adaptadas a esta configuración ferroviaria, pero comparten la misma actuación en la línea convencional, la misma ubicación, parking y acceso a éste, comunes para ambas alternativas.

La estación en la línea convencional para ambas alternativas, como puede verse en los dos esquemas anteriores, tendría una configuración ferroviaria en forma de

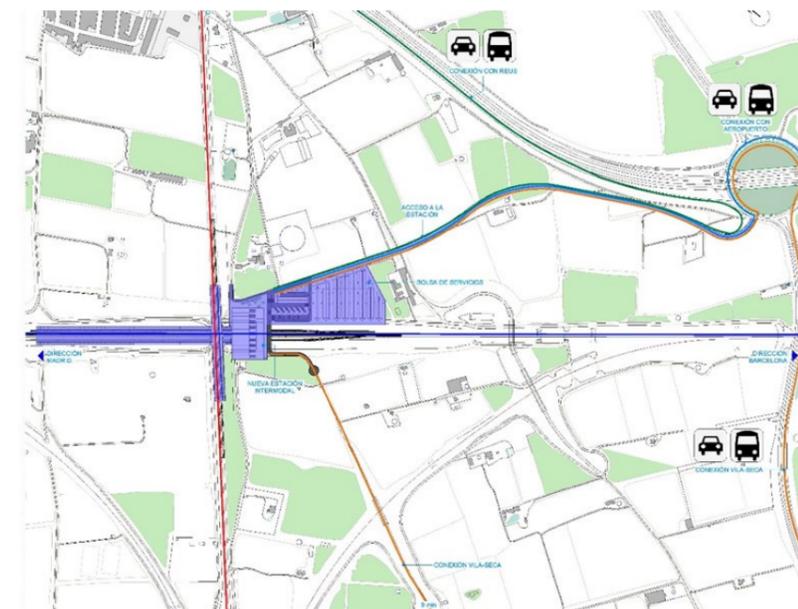
apeadero, con dos vías generales a las que se les adosan dos andenes que permitan la parada de trenes de 200 metros de longitud.

La estación intermodal, así como la bolsa de servicios y el aparcamiento asociado a la misma, se ubican en el entorno a la encrucijada que conforma el cruce de vías de la red convencional (entre las localidades de Reus y Vila-Seca) con el tramo de la línea de Alta Velocidad del Corredor Mediterráneo.

Esta encrucijada se ubica en unos terrenos sin urbanizar, en una posición central respecto de los focos de población y de flujo de personas de la zona. Se encuentra en la provincia de Tarragona, y a unas distancias aproximadamente equidistantes de las localidades, Reus y Vilaseca, así como del aeropuerto de Reus.

Cercano a este entorno nos encontramos las carreteras y autopistas interurbanas T-11, AP-7, C-14 y T-315, que rodean el ámbito en el que se localiza la propuesta.

Por tanto, para la conexión de la estación con la red de carreteras, así como con el resto de municipios y nodos de transporte, es necesaria la ejecución de un vial de conexión que comunique la estación con la glorieta que conecta la autopista T-11 con la carretera T-315, tal como se indica en la siguiente imagen, y es a través de esta carretera con la que se realiza la conexión de la estación intermodal con los principales núcleos de población (Reus, Vilaseca y Tarragona).



3. Selección de alternativas

3.1. Descripción general de la metodología de análisis

La metodología de análisis que conduce a la selección de la alternativa óptima se ha basado en el desarrollo del siguiente proceso:

- Determinación de los criterios más adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y del grado de integración en el medio de cada alternativa.
- Obtención de los indicadores que permitan la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
- Obtención del modelo numérico que permite sintetizar las valoraciones parciales en un solo índice aplicando coeficientes de ponderación o pesos que permitan graduar la importancia de cada criterio.
- 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 seguidamente.

3.1.1. Determinación de los criterios de valoración

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

- Funcionalidad
- Medio Ambiente
- Complejidad constructiva
- Inversión

Para valorar la idoneidad de cada alternativa con respecto a cada uno de estos criterios, se ha deducido un parámetro único, cuyos valores oscilan en todos los casos entre 0 y 1, y cuyos criterios de cálculo son los siguientes:

- En los criterios valorados directamente con un solo indicador numérico no sintético (por ejemplo, la inversión), o en aquellos cuyo valor indicador no dé diferencias apreciables entre alternativas, se asigna valor 1 a la óptima y el valor de las demás se obtiene restando a 1 una cantidad proporcional (con o sin factor amplificador) a la diferencia porcentual que tienen con la óptima.
Ejemplo: una alternativa óptima cuyo indicador vale 200 obtiene un 1, y otra subóptima cuyo indicador vale 190, esto es, un 95 % de la anterior, obtiene 0,95 con proporcionalidad directa sin amplificar; con una amplificación de 2, obtendría 0,90.
- En los criterios valorados con un indicador que no se corresponde de forma directa con una magnitud medible, puede alternativamente utilizarse el método anterior (adecuado si las alternativas presentan valores de indicador muy homogéneos), o un escalado que asigne valor 1 a la alternativa óptima, 0 a la pésima, y valores intermedios proporcionales al valor del indicador en el resto de alternativas.

3.1.2. 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 en algunos casos una síntesis de diversos factores 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 y, cuando el factor sea compuesto, a través de un índice que sintetiza las aportaciones de sus componentes, empleando cuando sea necesario pesos basados en factores objetivos para graduar el nivel de influencia de cada uno de estos factores compuestos.

- **Nivel 1:** en él se produce la homogeneización de los valores obtenidos para cada índice, situándolos todos en la misma escala [0,1] mediante un escalado proporcional, de acuerdo con uno de los dos métodos descritos en el apartado anterior.

El proceso de modelización para cada criterio se describe seguidamente.

3.1.2.1. Funcionalidad

Se emplean indicadores que resultan representativos de los rasgos diferenciadores de cada alternativa en cuanto a funcionalidad. Entre estos factores pueden mencionarse:

- Garantizar la compatibilidad y la intermodalidad de las actuaciones, con el mantenimiento de la funcionalidad de las infraestructuras ferroviarias presentes en la zona de estudio.
- Respuesta ante la gestión de incidencias
- Seguridad en la explotación ferroviaria.

3.1.2.2. Medio Ambiente

La descripción detallada del proceso de obtención del parámetro medioambiental se encuentra en el Estudio de Impacto Ambiental de la presente Fase. Los factores estudiados en el nivel 1 y 2 han sido:

- Geología y Geomorfología
- Edafología
- Hidrología
- Vegetación
- Fauna
- Ruido
- Medio Atmosférico
- Paisaje
- Espacios Naturales
- Patrimonio Histórico – Cultural
- Medio Socioeconómico

- Aceptación social
- Planeamiento
- Organización territorial.
- Consumo de recursos
- Gestión de residuos
- Vulnerabilidad frente accidentes

Con estos factores se ha obtenido una calificación final medioambiental, que representa más grado de afección medioambiental cuanto menor sea su valor.

En el Nivel 1 estos valores se han escalado, obteniendo valores finales comprendidos en el intervalo [0,1].

Dado que las alternativas se encuentran en un grupo de valoraciones muy homogéneo, el escalado se ha llevado a cabo empleando el primer método de los descritos en el apartado anterior.

3.1.2.3. Complejidad constructiva

La complejidad constructiva se analiza bajo dos aspectos, que determinan la viabilidad y puesta en obra con los condicionamientos de seguridad y mantenimiento a la explotación ferroviaria tanto en la línea de Alta Velocidad como la de convencional:

- Proceso constructivo
- Consideraciones geométricas

3.1.2.4. Inversión

Se ha considerado como indicador representativo y lo más objetivo posible, el volumen de inversión, medido a través de la estimación realizada de su Presupuesto Base de Licitación (PBL).

En el nivel 1 se ha efectuado el escalado inverso armonizando, pero teniendo en cuenta lo indicado anteriormente (dado que la alternativa es tanto más desfavorable cuanto más volumen de inversión requiera, a nivel local, pero no a nivel global).

3.1.3. Obtención del modelo

Los índices anteriores, que definen la valoración parcial de las alternativas con respecto a los tres criterios considerados, suponen el primer paso para la obtención de un modelo numérico que pueda emplearse como herramienta básica del análisis multicriterio.

El modelo obtenido está basado en la matriz numérica que se emplea en el método PATTERN¹, que permite sintetizar las valoraciones obtenidas por las alternativas para cada criterio en un sólo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1]², correspondiendo el 1 a la óptima y el 0 a la pésima, mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación, creando un modelo que permite la comparación directa. De esta forma, se obtiene una matriz alternativas – criterios con la que se obtiene 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.

Con este modelo se pueden desarrollar diversos métodos de análisis multicriterio que, empleando diferentes criterios de aplicación de pesos, permitan alcanzar los objetivos del proceso de análisis de alternativas.

3.1.4. 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 todos 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 subjetivos, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados. Para este análisis se ha empleado una aplicación informática desarrollada por INECO.
- **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 evita tomar en consideración en el análisis ponderaciones extremas que podrían distorsionarlo. Para el presente análisis se ha establecido un rango de ponderaciones comprendida entre el 10 % y el 50 %.
- **ANÁLISIS DE PREFERENCIAS:** es el método PATTERN tradicional, y 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. Este orden de prelación ha sido: Medio Ambiente – Vertebración territorial – Funcionalidad - Inversión.

La metodología aplicada en cada procedimiento se describe a continuación.

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.

3.1.4.1. 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 una aplicación informática que le aplica todas las posibilidades de combinación de pesos (es decir, aquellas cuya suma es 10), en incrementos de una unidad.

El resultado que se obtiene es el número de veces que cada alternativa obtiene la máxima calificación.

3.1.4.2. 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 al intervalo [1,5], de manera tal que se evitan las valoraciones en las cuales algún criterio recibe peso 0 y aquellas en las que algún criterio tiene una ponderación superior al 50 %.

El incremento aplicado a las combinaciones de pesos ha sido 0,2.

3.1.4.3. Análisis de Preferencias

El último procedimiento de análisis aplicado, llamado habitualmente método PATTERN, tiene en cuenta el orden de importancia relativa entre criterios más apropiados para las características de la actuación, señalado al principio de este apartado. Al igual que en otros casos, se aplican al modelo numérico los pesos que se deducen de este planteamiento, que son:

- Funcionalidad: 4
- Medio Ambiente:..... 3
- Complejidad constructiva... ..2
- Inversión: 1

El resultado permite asegurar 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.

3.2. Análisis de Alternativas

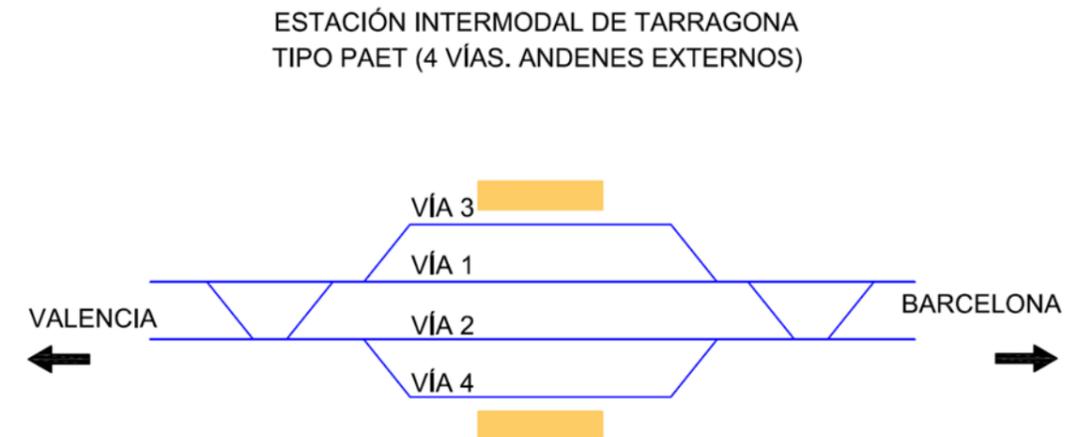
3.2.1. Obtención de Indicadores

3.2.1.1. Funcionalidad

Desde el punto de vista funcional, ambas alternativas garantizan mantener la explotación ferroviaria existente, y no hipotecan posibles actuaciones futuras.

Una vez se ha descartado la opción de apeadero por su falta de viabilidad, se han estudiado estudiados dos alternativas con una tipología de **tipo PAET de 4 vías**.

La alternativa 1 con dos vías generales en posición central y dos de apartado a ambos lados con andenes exteriores a estas últimas.



Esta solución permite gestionar de forma independiente los trenes directos de los que efectúan parada en operación normal, dando más margen a los viajeros para acceder o abandonar el andén al no pasar los trenes directos junto a este.

En situación degradada debido a incumplimientos horarios, esta configuración posibilita que los trenes directos puedan rebasar a un tren que los preceda que circule con retraso y efectúe parada en la estación, siempre y cuando la llegada de este a la estación se produzca con un margen de tres minutos respecto al tren directo, lo que en la práctica supone que los retrasos máximos de estos trenes podrían incrementarse en tres minutos respecto a los que se podían asumir con la tipología anterior.

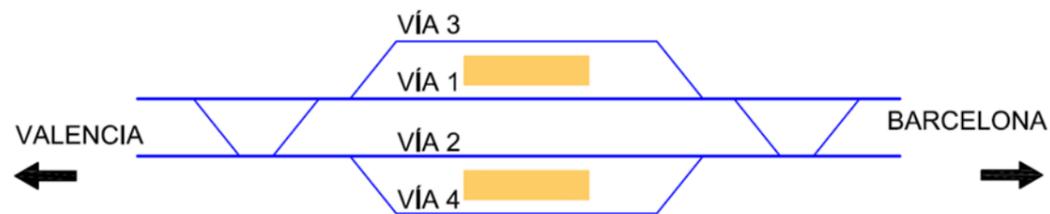
Así mismo, en caso de inhabilitación de una de las vías generales en la estación, se podría seguir manteniendo la explotación, con los retrasos máximos permitidos

en operación normal, sin más que encaminar los trenes directos por la vía de apartado correspondiente a su sentido de circulación. Estos trenes directos reducirán su marcha a velocidades inferiores a 200 km/h al tener que circular por desviada por lo que seguirá siendo posible la presencia de viajeros en el andén a su paso.

No obstante, si la vía que resultara afectada fuese una de las vías de apartado, se tendría el mismo problema que en la configuración tipo apeadero puesto que se requeriría el mismo intervalo de cinco minutos para el cizallamiento de la vía general por los trenes que debieran estacionar en la vía de apartado de sentido contrario.

Este problema queda resuelto con la alternativa 2, **estación tipo PAET de cuatro vías con andenes intermedios** entre las vías de apartado y las vías generales que permiten el acceso a los trenes desde todas ellas, por lo que la inhabilitación de una cualquiera, ya sea general o de apartado, no implica cizallamientos ni circulaciones a contravía.

ESTACIÓN INTERMODAL DE TARRAGONA
TIPO PAET (4 VÍAS). ANDENES INTERMEDIOS



Esta solución admite asimismo el estacionamiento simultáneo en la estación de dos trenes que circulen en el mismo sentido, permitiendo un incremento de los retrasos de los trenes que se detienen no solo cuando el tren perseguidor es un tren directo, sino también cuando este efectúa parada, y una mejor gestión de los mismos, dependiendo de la tipología de los trenes o de los motivos del retraso del primero, dando prioridad en la salida a uno u otro según se estime más conveniente, pudiéndose prolongar la parada del que circula con retraso manteniendo el horario del segundo tren, o bien dar prioridad en la salida a los

trenes de larga distancia frente a los de media distancia debido a la mayor velocidad de circulación de los primeros, siempre teniendo en cuenta que debe haber un intervalo de al menos cinco (5) minutos entre ambas salidas.

Esta solución tiene como aspecto negativo el paso de trenes directos junto al andén circulando a velocidades superiores a 200 km/h. No obstante, de acuerdo con la Norma de ADIF Plataforma NAP 1-2-1.0. Metodología para el diseño del trazado ferroviario, de enero de 2021, *“en actuaciones en líneas existentes, se admitirá una velocidad superior a 200 km/h y hasta 250 km/h, siempre que exista control de accesos, es decir, el acceso a la zona de peligro del andén quede impedido excepto a la llegada de los trenes con parada”*.

En relación con lo anterior, y teniendo en cuenta la estructura horaria de los servicios del Corredor Mediterráneo que pasan o se detienen en la estación Intermodal, en sentido norte resultan unos tiempos de embarque tras el paso de un tren directo de 18 minutos (para un tren procedente de Tortosa, otro de Almería y dos de Cartagena, todos ellos con destino Barcelona), mientras que en sentido sur estos tiempos serán de 25 minutos para dos trenes con destino Valencia y otro con destino Alicante y de 10 minutos para dos de los que se dirigen a Cartagena.

Respecto a los tiempos de desalojo del andén antes de que llegue un tren directo se tienen 25 minutos para los que circulan en sentido norte, salvo el Cartagena-Barcelona de las 15:51 que cuenta con solo 10 minutos, mientras que en sentido sur hay 18 minutos para dos de los trenes con destino Almería y de 25 minutos para tres de los que se dirigen a Tortosa.

Así pues, los intervalos de tiempo tanto para embarcar como para desembarcar antes o después del paso de los trenes directos se consideran más que suficientes.

Por tanto, atendiendo a la funcionalidad ferroviaria, la alternativa 2 de estación tipo PAET (con 4 vías) con andenes interiores resulta ligeramente favorable para el modelo de explotación desarrollado.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar la funcionalidad:

Nivel 1 [0,1]		Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad		0,940	1,000

Nivel 2			
Funcionalidad		94,0	100,0

3.2.1.2. Medio Ambiente

Se ha realizado un análisis comparativo desde el punto de vista ambiental de las alternativas de trazado propuestas en el presente estudio informativo.

En primer lugar, se han jerarquizado los impactos identificados, caracterizados y valorados, en función de su importancia relativa dentro del territorio atravesado.

Conocido y valorado el impacto que cada alternativa puede generar sobre los diferentes elementos del medio, se ha realizado una evaluación global para poder establecer finalmente la comparación entre ellas. De dicha comparación se seleccionará la mejor alternativa, entendida únicamente como más adecuada ambientalmente.

El valor global de la afección de cada alternativa sobre el territorio se obtiene del sumatorio de las afecciones sobre todos los factores ambientales, tanto en la fase de construcción, como en la de explotación. Para llevar a cabo este sumatorio es preciso considerar la jerarquización de los impactos, ya que unos tienen una mayor importancia relativa que otros. Por tanto, de forma previa a la suma de afecciones, se multiplica el valor de importancia asignado a cada elemento del medio, por el valor de la magnitud del impacto que se ha obtenido en el proceso de valoración previo.

Desde el punto de vista medioambiental, las dos alternativas analizadas resultan viables y similares debido a que se ubican en el mismo ámbito geográfico asociado a los requerimientos técnicos y funcionales. A nivel global, la alternativa 1 es ligeramente favorable por suponer una magnitud de obra inferior con menos movimientos de tierras y ocupaciones que la alternativa 2 sin que se hayan detectado diferencias significativas. Ninguno de los aspectos analizados presenta impactos severos ni críticos, a excepción de la vulnerabilidad frente a accidentes,

que se considera severo, antes de tomar medidas (generar planes de actuación, etc.) por el riesgo potencial preexistente en el ámbito de estudio, independientemente de la actuación analizada en sí misma. No obstante, esta afección se ve minimizada considerablemente con la aplicación de medidas.

Como puede apreciarse en la tabla resumen de impactos en el documento ambiental del presente Estudio Informativo, los impactos moderados se producen por ruido en fase de obras y explotación y sobre el paisaje. El impacto del ruido en fase de explotación, una vez aplicadas las medidas correctoras correspondientes descienden a niveles compatibles. La presencia de la infraestructura afecta al paisaje; y esta afección permanece en el tiempo por la propia presencia. No obstante, la afección al paisaje es subjetiva y ligada a la percepción humana. Desde la arquitectura, se procura desarrollar un diseño integrado en el medio que permitirá que la futura estación y elementos asociados formen parte del paisaje de la zona.

La afección al resto de aspectos del medio (hidrología, geología, suelos, vegetación, fauna, espacios naturales, patrimonio cultural, población, etc.) no resulta destacada siendo asumible.

En la fase de explotación, con la aplicación de medidas preventivas y correctoras (los impactos residuales que permanecerían) la mayoría de los impactos son compatibles o nulos; apareciendo también algunos favorables.

Por todo lo expuesto, las dos alternativas son compatibles con las variables ambientales analizadas siendo la Alternativa 1 ligeramente más favorable desde el punto de vista ambiental.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar el impacto ambiental:

Nivel 1 [0,1]		Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente		1,000	0,958

Nivel 2			
Medio Ambiente		-24,0	-25,0

3.2.1.3. Complejidad constructiva

Se analiza con los criterios mencionados de proceso constructivo y condicionantes geométricos

PROCESO CONSTRUCTIVO

a) Paso Bajo el FFCC Reus-Tarragona

Alternativa 1:

Respecto a los aspectos constructivos de la estructura de esta alternativa:

Es necesario demoler completamente la estructura actualmente en servicio en este emplazamiento. Esta estructura, como se ha indicado previamente en otro apartado, lleva únicamente en servicio desde 2015 y su demolición ralentizará el proceso constructivo del nuevo paso.

La ejecución de la nueva cimentación del paso es más complicada que la de la alternativa 2, puesto que es necesario reponer la estructura en su totalidad y ejecutarla con el paso actual en servicio, que es más complicado que simplemente recalzarlo. Asimismo, es necesario reponer los soportes próximos a las vías, construir unos elementos de protección en su base frente a impactos accidentales, todo ello junto a las vías de alta velocidad en servicio, lo que prolongará la duración del proceso constructivo mucho más que la duración de la alternativa 1.

Respecto de la colocación del tablero, el proceso es similar al de la alternativa 2, con el agravante, como se ha comentado antes, de que hay que demoler previamente el tablero.

Alternativa 2:

Es este caso el proceso constructivo es más sencillo, puesto que, al mantenerse la estructura actual aparte de evitar demolerse el dintel del paso, éste sirve como elemento provisional de paso de los trenes.

La estructura actual necesita recalzarse con micropilotes, pero igualmente necesita la ejecución de micropilotes la alternativa 1, en donde es necesario reponer la totalidad de la estructura.

b) Losa Estación Intermodal

Alternativa 1:

Es necesario construir un mayor número de soportes en esta alternativa para la ejecución de la losa.

Respecto de la losa en sí, el rendimiento será similar, las luces son similares, en ambas alternativas se plantean losas parcialmente prefabricadas, con procesos de colocación análogos y rendimientos parecidos; puesto que como se ha comentado antes el número de soportes es superior, este aspecto sí que afectará negativamente al rendimiento de la colocación de las losas parcialmente prefabricadas.

En el caso de la alternativa 1 es necesario la construcción de algunos elementos estructurales adicionales, pero que no complicarán mucho el proceso constructivo respecto de la alternativa 2.

La superficie que cubrir en ambas alternativas es similar, por lo que esta circunstancia no afecta en la comparación de la rapidez de los procesos constructivos.

Alternativa 2:

Como se ha indicado en el apartado previo, el número de soportes a ejecutar es inferior, el rendimiento de colocación de la losa es similar, por lo que la dificultad y rapidez del proceso constructivo es similar al de la alternativa 1, con una ligera ventaja por el menor número de soportes, menor número de vanos y la no necesidad de otros elementos estructurales adicionales.

c) Paso Inferior entre Andenes.

Para el paso inferior se plantea la misma solución en ambas alternativas.

d) Muros en paralelo a las vías:

Desde el punto de vista del proceso constructivo, los muros de la alternativa 1 tienen un proceso constructivo más sencillo, así como más rápido de ejecución.

En ambos casos el proceso constructivo de los muros no influye en el resto de estructuras, por lo que la rapidez de ejecución es relativa entre ambas alternativas, pero no tiene tanta influencia en el conjunto de estructuras del Estudio.

CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS

a) Paso Bajo el FFCC Reus-Tarragona.

Alternativa 1:

Desde el punto de vista geométrico y de funcionalidad, esta alternativa necesita disponer de elementos de protección contra impactos en la proximidad a las vías, con una cierta altura, que aislarán unas vías de otra, con un gálibo horizontal más estricto que el de la otra alternativa.

Por el contrario, se puede incrementar el gálibo vertical respecto a la otra alternativa, aunque dicho gálibo en la actualidad es válido.

Alternativa 2:

Esta alternativa permite el gálibo más holgado para los vehículos ferroviarios.

b) Losa Estación Intermodal

Alternativa 1:

Al igual que en el caso de la alternativa anterior, necesita disponer de elementos de protección contra impactos en la proximidad a las vías, con una cierta altura, que aislarán unas vías de otra, con un gálibo horizontal más estricto que el de la otra alternativa.

Alternativa 2:

Esta alternativa permite el gálibo más holgado para los vehículos ferroviarios.

c) Paso Inferior entre Andenes.

Para el paso inferior se plantea la misma solución en ambas alternativas.

d) Muros en paralelo a las vías:

Desde el punto de vista geométrico y funcionalidad, la tipología del muro para cada alternativa es independiente de estos aspectos: La elección de cada tipología para cada alternativa es la que se considera para cada geometría de la sección transversal de la vía, teniendo en cuenta los condicionantes generales de diseño.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar el impacto sobre la inversión a desarrollar:

	Nivel 1 [0,1]	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Complejidad constructiva	0,915	1,000
	↑	↑
Nivel 2		
Proceso constructivo	0,870	1,000
Consideraciones geométricas	0,960	1,000

A la vista de lo analizado, puede considerarse que la alternativa 2 puede ser ligeramente favorable para compatibilizar la ejecución de las obras con el mantenimiento de la circulación ferroviaria y seguridad durante la fase de construcción.

3.2.1.4. Inversión

Desde el punto de vista de la inversión, las diferencias no son relevantes, pero es ligeramente más económica la alternativa 1.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar el impacto sobre la inversión a desarrollar:

	Nivel 1 [0,1]	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Inversión	1,000	0,950
	↑	↑
Nivel 2		
Inversión (€)	75.965.664,82	79.755.485,09

A la vista del volumen de inversión necesario para cada alternativa, se considera que resulta ligeramente más favorable la alternativa 1.

3.2.2. Modelo numérico y análisis.

MODELO NUMÉRICO

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,940	1,000
Medio Ambiente	1,000	0,958
Inversión	1,000	0,950
Complejidad Constructiva	0,915	1,000

ANÁLISIS DE ROBUSTEZ

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,940	1,000
Medio Ambiente	1,000	0,958
Inversión	1,000	0,950
Complejidad constructiva	0,915	1,000
Número de máximos	104	182
	36%	64%

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,940	1,000
Medio Ambiente	1,000	0,958
Inversión	1,000	0,950
Complejidad constructiva	0,915	1,000
	Número de Máximos	
Valoración	0	0
Número de máximos	376	1.728
	17,9%	82,1%

ANÁLISIS DE PREFERENCIAS

	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	4	0,940	1,000
Medio Ambiente	3	1,000	0,958
Inversión	1	1,000	0,950
Complejidad constructiva	2	0,915	1,000
Valoración		9,590	9,825
Valoración (0,1)		0,000	1,000

4. Resumen y conclusiones

4.1. Metodología del análisis multicriterio.

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

- Determinación de los criterios más adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y del grado de integración en el medio de cada alternativa.
- Obtención de los indicadores numéricos que permitan la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
- Obtención del modelo numérico que permite sintetizar las valoraciones parciales en un solo índice aplicando coeficientes de ponderación o pesos que permitan graduar la importancia de cada criterio.
- 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.

4.1.1. Criterios

Se ha estudiado el comportamiento de cada alternativa atendiendo a los siguientes criterios:

- **Funcionalidad** (considerando la respuesta al aumento de la capacidad operativa, compatibilidad de las actuaciones con el mantenimiento de la funcionalidad de las numerosas infraestructuras presentes en la zona de estudio, respuesta ante la gestión de incidencia, regulación del tráfico ferroviaria y seguridad en la explotación ferroviaria).
- **Medio Ambiente** (considerando geomorfología, edafología, hidrología, vegetación, fauna, ruido, medio atmosférico, paisaje, espacios naturales, patrimonio histórico-cultural, medio socioeconómico, gestión de residuos y aceptación social).
- **Complejidad Constructiva** (considerando la dificultad constructiva para ejecutar la obra manteniendo los tráficos ferroviarios, y consideraciones geométricas asociadas a la seguridad)

- **Inversión** (considerando el volumen de inversión estimado para cada alternativa, teniendo en cuenta que la inversión a nivel local tiene una repercusión global en la línea).

Los componentes del análisis han sido escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración por métodos cuantitativos.

4.1.2. Análisis y resultados

La herramienta principal de análisis ha sido el modelo numérico matricial empleado habitualmente en el método PATTERN³, que permite sintetizar las valoraciones obtenidas por las alternativas para cada criterio en un sólo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1] (siendo 0 el pésimo y 1 el óptimo) mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación. Con este modelo se han llevado a cabo los siguientes análisis:

- **ANÁLISIS DE ROBUSTEZ:** consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a todos 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, aunque incluye en el análisis combinaciones extremas de valoración.

El análisis de resultados pone de relieve una superioridad de la alternativa 2 sobre la alternativa 1 (64 % sobre 100 % de óptimos), debido a que presenta una mejor valoración en la parte de funcionalidad y complejidad constructiva.

- **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:** consiste en aplicar combinaciones de pesos válidas restringidas a un rango determinado para cada criterio, de manera que queden fuera del análisis combinaciones que sobre ponderan o infra ponderan excesivamente algún factor, distorsionando el análisis. En este caso los pesos de cada criterio han oscilado en el rango que va del 10% al 50%.

Respecto el análisis de sensibilidad otorga el 82,1 % de óptimos a la alternativa 2, lo que permite calificar a esta alternativa como favorable en el rango medio de ponderación de los criterios.

- **ANÁLISIS DE PREFERENCIAS:** es el método PATTERN habitual, 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. Este orden de prelación ha sido: Funcionalidad-Medio Ambiente –Complejidad Constructiva–Inversión. Los pesos relativos de cada factor:

FUNCIONALIDAD 4

MEDIOAMBIENTE 3

COMPLEJIDAD CONSTRUCTIVA 2

INVERSIÓN 1

El análisis de preferencias o PATTERN otorga la calificación favorable a la Alternativa 2 respecto de la alternativa 1.

4.2. Conclusiones del análisis

- La obtención de los indicadores representativos de cada criterio permite constatar el adecuado nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y de integración en el medio de las alternativas, lo que resulta lógico tras el proceso de selección y optimización desarrollado a lo largo de esta fase.
- No obstante, las distintas técnicas de análisis multicriterio aplicadas ponen de manifiesto una superioridad de la alternativa 2 frente a la alternativa 1, a causa fundamentalmente de su mejor aptitud funcional y por su menor complejidad constructiva.
- Y desde el punto de vista medioambiental y de la inversión, la alternativa 1 es ligeramente mejor, pero las diferencias son tan pequeñas que no parecen compensar las mejoras funcionales y constructivas de la alternativa 2.

PUEDE CONCLUIRSE QUE, SI BIEN LAS DOS ALTERNATIVAS PLANTEADAS RESULTAN VIABLES, EL ANÁLISIS MULTICRITERIO DETERMINA QUE LA ALTERNATIVA QUE MEJOR CUMPLE CON LOS OBJETIVOS PERSEGUIDOS ES LA ALTERNATIVA 2, ATENDIENDO A CRITERIOS FUNCIONALES, MEDIOAMBIENTALES, CONSTRUCTIVOS Y ECONÓMICOS

³ Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers