
IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

**ANEJO
14**

ÍNDICE

1. Introducción y objeto	1
2. Identificación de alternativas	1
2.1. Requerimientos funcionales y administrativos de las alternativas planteadas	1
2.2. Alternativa 0	2
2.3. Alternativa 1	2
2.4. Alternativa 2	4
3. Selección de alternativas.....	6
3.1. Descripción general de la metodología de análisis	6
3.1.1. Determinación de los criterios de valoración	6
3.1.2. Obtención de indicadores	7
3.1.3. Obtención del modelo	8
3.1.4. Análisis Multicriterio	9
3.2. Análisis de Alternativas	10
3.2.1. Obtención de Indicadores	10
3.2.2. Modelo numérico y análisis	14
4. Resumen y conclusiones	15
4.1. Metodología del análisis multicriterio	15
4.1.1. Criterios	15
4.1.2. Análisis y resultados	15
4.2. Conclusiones del análisis	16

1. Introducción y objeto

El presente documento se enmarca dentro del “*Estudio Informativo de la Integración del Ferrocarril en Valladolid*”, y tiene como objeto identificar y realizar un análisis comparativo de las distintas alternativas estudiadas, con el fin de seleccionar aquellas que presentan un mayor nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y que, en consecuencia, se propondrán para su desarrollo en fases posteriores a nivel de proyecto de construcción.

Para llevar a cabo este análisis, se ha recurrido a técnicas de análisis multicriterio, aplicando los métodos descritos en el presente anejo.

2. Identificación de alternativas

2.1. Requerimientos funcionales y administrativos de las alternativas planteadas

Las alternativas planteadas en el presente Estudio Informativo tienen como punto de partida un nuevo criterio de diseño diferente al utilizado hasta la fecha, compatible con el nuevo convenio firmado entre administraciones (Adif, Adif-Alta Velocidad, Rente Operadora, la Sociedad Valladolid Alta Velocidad 2003, la Junta de Castilla y León y el Ayuntamiento de Valladolid) el pasado 20 de noviembre de 2017, donde se aprobaba una nueva imagen para la integración urbana del ferrocarril, permeable sin soterramiento. Esto supone un cambio muy significativo para la solución ferroviaria, que debe integrar las vías de ancho estándar para alta velocidad y las de ancho ibérico para servicios convencionales, en una solución en superficie que permita la inclusión de todos los pasos transversales que resulten precisos para una correcta permeabilidad urbana.

Por lo indicado anteriormente, se desarrolla una nueva solución en un nuevo Estudio Informativo cuyo ámbito está delimitado entre el Túnel de Pinar de Antequera y el Nudo Norte, concretamente el Pk de inicio es el 174+ 874,8 según vía UIC (pk 244+217,7 vía en ibérico) y el pk final es el 187+756,3 según vía UIC (pk 257+090,1 vía en ibérico), lo que supone una actuación a lo largo de 12,8 kilómetros.

Por lo tanto, las soluciones propuestas en este estudio informativo se desarrollan teniendo en cuenta los siguientes requerimientos:

- Cumplir con los requerimientos funcionales que exigen la futura explotación ferroviaria para las previsiones de tráfico en el horizonte de 2035.
- Parámetros de trazado propios para tráfico exclusivo de viajeros.
- Ser compatible con los pasos transversales a distinto nivel y demás actuaciones de integración urbana recogidas en el convenio firmado el pasado 20 de noviembre de 2017, a efectos de que sean tenidos en el futuro Plan General de Ordenación Urbana, pero su desarrollo no es objeto del presente estudio informativo.
- Las instalaciones de Argales, La Esperanza y La Carrera quedarán sin operativa y se incorporarán a la actuación de integración urbana. No obstante, el alcance del estudio informativo sólo abarca los aspectos ferroviarios, siendo objeto de posteriores estudios y proyectos el desarrollo urbanístico de estos terrenos por parte de las administraciones con competencias en dicha materia.

Con esas características fundamentales y criterios de diseño se plantean dos alternativas de la cual sale la propuesta de solución para la integración del ferrocarril en la ciudad de Valladolid. Se han tramificado en distintos ámbitos dentro del actual corredor ferroviario, claramente diferenciados por la estación como ámbito central, unido a las cabeceras de acceso tanto por el norte como por el sur de la terminal ferroviaria. A su vez, cada alternativa distingue las actuaciones en función del ancho de vía designado.

El alcance de cada uno de los ámbitos se determina de la siguiente manera:

- El canal de acceso sur fija el inicio a la altura del paso superior sobre la VA-30 y se extiende hasta la curva de entrada a la estación.
- Ámbito de la estación, que comprende todos los aparatos de acceso a la estación, así como las distintas configuraciones de vía prevista en la propia estación.
- El canal de acceso norte da comienzo pasado el último aparato de la estación finalizando en el Nudo Norte ferroviario, zona donde se bifurcan los corredores en ancho ibérico y estándar.

2.2. Alternativa 0.

A la vista de los requerimientos administrativos y funcionales anteriormente indicados, se observa que existe un nuevo convenio que supone un cambio muy significativo para la solución ferroviaria, que debe integrar las vías de ancho estándar para alta velocidad y las de ancho ibérico para servicios convencionales, en una solución en superficie, para lo que la alternativa 0, de no realizar ninguna actuación, es descartable por lo siguiente:

- Existirá un nuevo escenario de explotación ferroviaria para las previsiones de tráfico en el horizonte de 2035, que modifica la tipología del material móvil y las frecuencias. La no circulación de las mercancías permite que la línea que actualmente está diseñada para tráfico mixto, pase a ser una línea exclusiva de viajeros, permitiendo unas condiciones de diseño más óptimas y flexibles.
- El aumentar considerablemente de la capacidad operativa con las estimaciones de tráfico en el horizonte de 2035, requiere una alternativa que recoja un mínimo de actuaciones que permitan la adecuación al cumplimiento a los requerimientos funcionales y legislación vigente.
- La estación de Valladolid es un punto estratégico para la regulación del tráfico dentro de la línea, de forma que no acometer ninguna actuación, penaliza otras inversiones realizadas en la línea. Debe garantizarse la compatibilidad de las actuaciones con el mantenimiento de la funcionalidad de las numerosas infraestructuras ferroviarias presentes en la zona de estudio, asegurándose en este último caso la compatibilidad de las obras con el mantenimiento del tráfico en las distintas líneas.

Las actuaciones ferroviarias constituirán un factor de actividad y estimulación económica, tanto por los recursos locales que moviliza, como por las mejoras de productividad inducidas sobre el conjunto de la economía a largo plazo, durante la operación de la misma. El sistema de transporte es el principal garante de la accesibilidad en el territorio y, aunque no suficiente, es condición necesaria para su desarrollo. En España la consolidación de la red de alta velocidad ha mejorado la accesibilidad efectiva de alta calidad al territorio.

Por último, la no ejecución de actuación plantea una barrera importante a la consecución de objetivos socioeconómicos como:

- Mejorar la eficiencia y competitividad de la red actual de líneas de alta velocidad.
- Contribuir al desarrollo económico local y regional.
- Promover una movilidad sostenible.
- Reforzar la cohesión territorial y la accesibilidad.

En resumen, el menoscabo de los efectos macroeconómicos de las inversiones en infraestructuras tiene un carácter doble:

- En el corto plazo, los efectos inducidos sobre la actividad económica y el empleo local no se producirían.
- En el largo plazo, los efectos sobre la competitividad de la economía quedarían mermados.

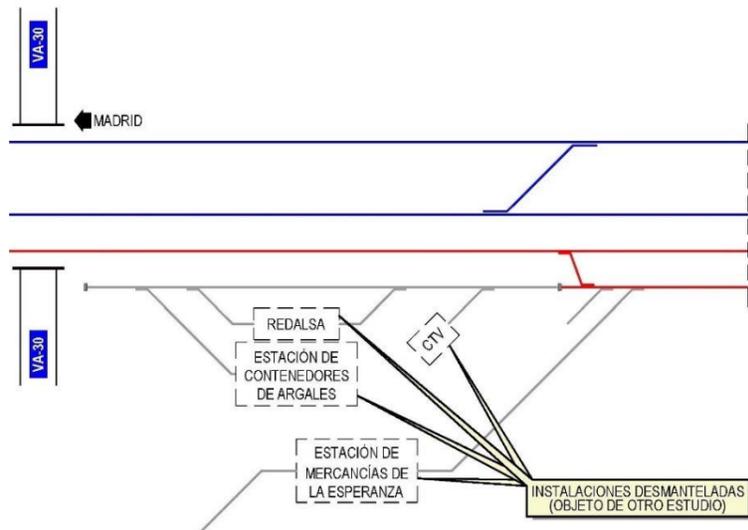
Para concluir, y en consonancia con lo expuesto, se considera que la alternativa 0 no es competitiva, no se adapta bien a los requerimientos funcionales y legislación vigente, no garantiza la total compatibilidad con el resto de actuaciones que se están desarrollando, compromete la gestión de incidencias y seguridad ferroviaria, y condiciona el desarrollo socio-económico regional y nacional.

2.3. Alternativa 1.

Esta alternativa no contempla cambio en la configuración actual de vías, sino unas actuaciones que van encaminadas a la adecuación de la alternativa para dar cumplimiento a la legislación vigente como consecuencia del cambio respecto a la explotación actual, al aumentar considerablemente la capacidad operativa con las estimaciones de tráfico en el horizonte de 2035. Además, como consecuencia del desvío de los trenes de mercancías por la futura variante de mercancías, el tramo objeto del estudio informativo dejará de ser una línea de tráfico mixto, para ser una línea de tráfico exclusivo de viajeros.

CORREDOR DE ACCESO SUR

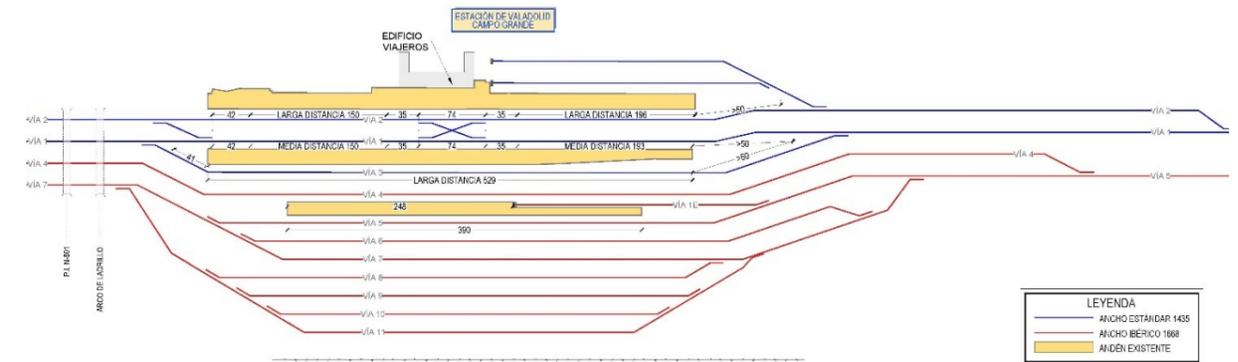
La configuración de vías generales en el canal de acceso Sur, queda formada por dos vías de ancho estándar, y una para ancho ibérico, hasta la entrada a la estación, donde se convierten en dos vías en ancho estándar y dos vías en ancho ibérico. Actualmente hay una vía en ancho ibérico que no está integrada como vía general, que es la que da acceso a las instalaciones de Redalsa, Argales y Esperanza.



Con el cambio en la explotación ferroviaria, estas instalaciones van a quedar en desuso, esta vía queda inutilizada hasta el escape que se encuentra a la altura de la instalación de Esperanza en el pk 247+800 según vía ibérico, punto desde donde esta vía se seguirá utilizando para favorecer la explotación en la cabecera Sur de la estación.

ÁMBITO DE LA ESTACIÓN

La disposición de vías y andenes de la estación mantendrá la configuración existente en la actualidad, manteniendo los andenes existentes, de forma que queda configurada con los siguientes elementos para el ancho estándar:



- Vías 1 y 2. Conformadas por una pareja de vías pasantes de ancho estándar unidas por una bretelle (la cual mantiene su posición), de modo que ésta divide cada vía en dos sectores de longitudes variables; 150 m en los sectores sur y 193/196 m (vías 1/2) en los sectores norte, de longitud útil con andén.
- Vía 3. Constituida por una vía pasante de 534 m de longitud útil con andén.
- Vías 22 y 24. Conformadas por dos vías con finalización en topera y conexión a la cabecera norte de la estación, cada una con una longitud útil de 210 m. La vía 22 dispone de andén.

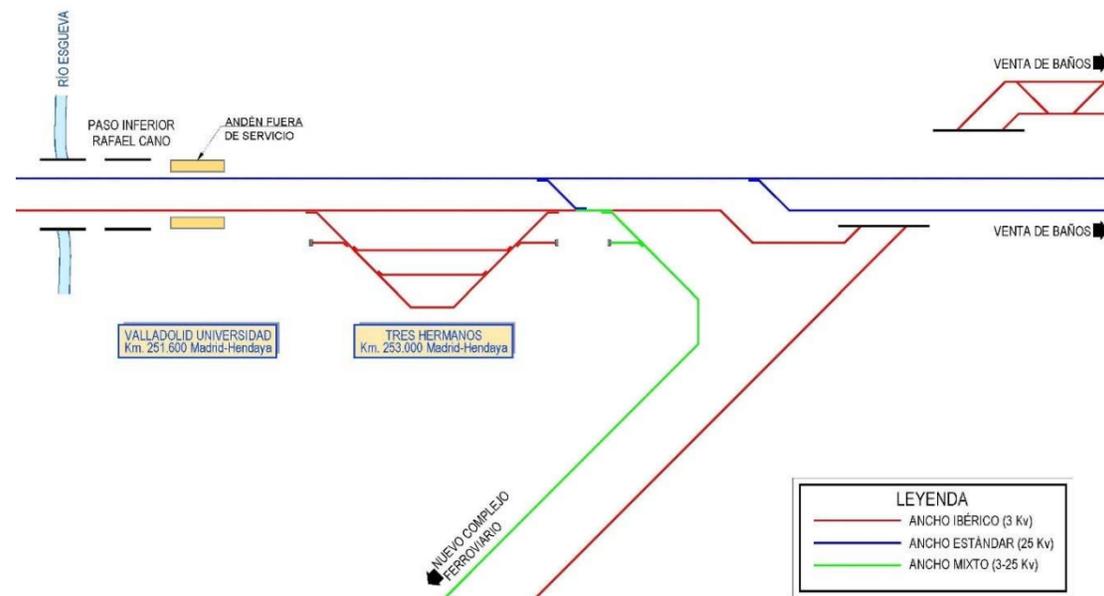
La configuración de las vías de ancho ibérico es:

- 2 vías pasantes dotadas de andén.
- 6 vías pasantes sin andén.
- 1 mango dotado de andén de 50 m.

CORREDOR DE ACCESO NORTE

El tramo de ancho estándar mantiene la doble vía hasta el pk 180+950 (según PK de vías en ancho estándar), donde se ubicaba el antiguo cambiador de ancho, al norte de la estación. En ese punto pasa la infraestructura de dos vías, a tener una sola vía en ancho estándar. Esta configuración se mantendrá en todo el corredor hasta prácticamente el final de la actuación.

El tramo de ancho ibérico mantiene la doble vía hasta el pk 249+400(según PK de vías en ancho ibérico), donde queda una configuración de dos vías en estándar y una vía en ancho ibérico. Esta configuración no se prolonga más de 1850 metros, ya que a la altura del pk 180+950 (según vía de ancho estándar), donde se ubicaba el antiguo cambiador de ancho, pasa a tener el corredor una configuración de vías de una en ancho estándar y una en ancho ibérico.



A la altura del pk 182+180 de la vía de ancho estándar, se encuentra el apeadero de la universidad, la cual conserva el andén existente, teniendo parada en el andén únicamente para los servicios que se realizan en ancho ibérico.

A la altura del pk 184+100 según kilometración de la vía de ancho UIC, se encuentra la instalación de tres hermanos, la cual en la actualidad se utiliza para regular los tráficos de mercancías, y que en el nuevo horizonte de explotación dejará de tener esta utilidad, ya que los trenes de mercancías, pasarán a dirigir sus encaminamientos por la variante de mercancías. A pesar de que la instalación no va a tener la misma funcionalidad que se tiene en la actualidad, en esta alternativa no se cambia su configuración.

A la altura del pk 186+850, dispone de un desvío que permite derivar los trenes en ancho ibérico hacia los talleres del Nuevo complejo ferroviario.

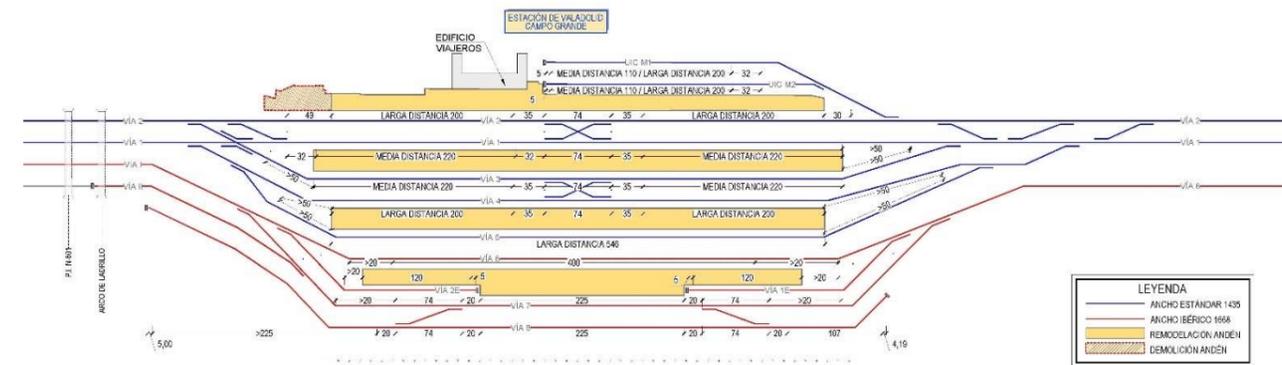
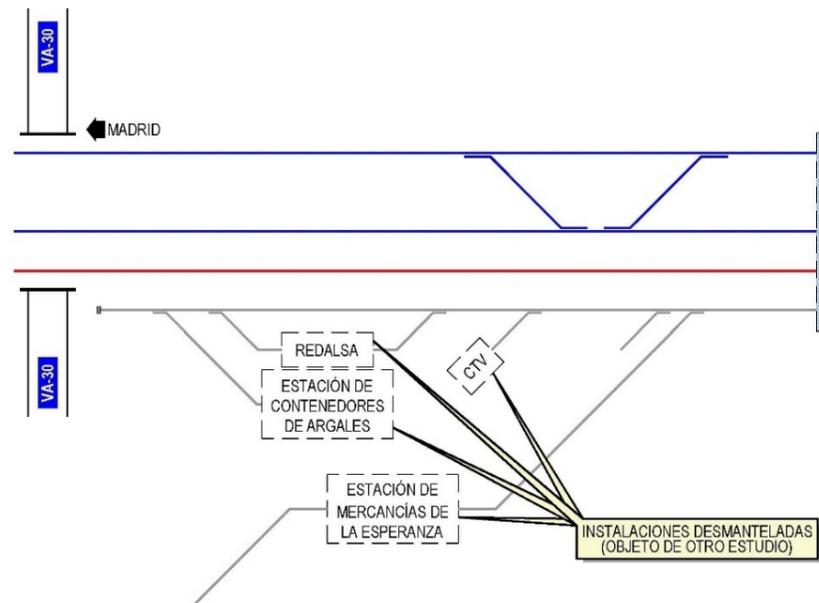
El punto final de la alternativa finaliza en el mismo punto en el que finaliza el ancho estándar, esto es en el pk 187+756,31, según kilometración del ancho estándar.

2.4. Alternativa 2

A diferencia de la alternativa 1, esta alternativa contempla modificaciones en la configuración de vías, buscando mejorar la explotación ferroviaria, para dar una respuesta óptima al aumento de la capacidad operativa con las estimaciones de tráficos previstos en el horizonte de 2035.

CORREDOR DE ACCESO SUR

La puesta en servicio de la vía doble en ancho UIC entre Pinar de Antequera y Valladolid Campo Grande como consecuencia del trasvase de tráficos de ancho ibérico a ancho estándar, así como el encaminamiento de los trenes de mercancías por la Variante, permite contar con un canal de sur de acceso definitivo, sin actuaciones. La otra vía en ibérico que se encuentra en el corredor de acceso Sur y que actualmente es usada para dar acceso a las instalaciones existentes (Redalsa y Esperanza), quedará en desuso hasta la estructura de arco ladrillo, puesto que estas instalaciones se trasladarán fuera del ámbito de actuación del presente estudio.



ÁMBITO DE LA ESTACIÓN

En la actualidad se está redactando el Proyecto de remodelación de Valladolid Campo Grande en el cual se conjugan el diseño arquitectónico y urbanístico con la funcionalidad ferroviaria acorde con la previsión de tráficos futuros, los cuales son la base de partida del presente Estudio. Para ello la alternativa 2 plantea una solución ferroviaria coordinada con el fin de optimizar el espacio disponible.

La disposición final de vías y andenes en ancho estándar para la alternativa proyectada para la estación será la siguiente.

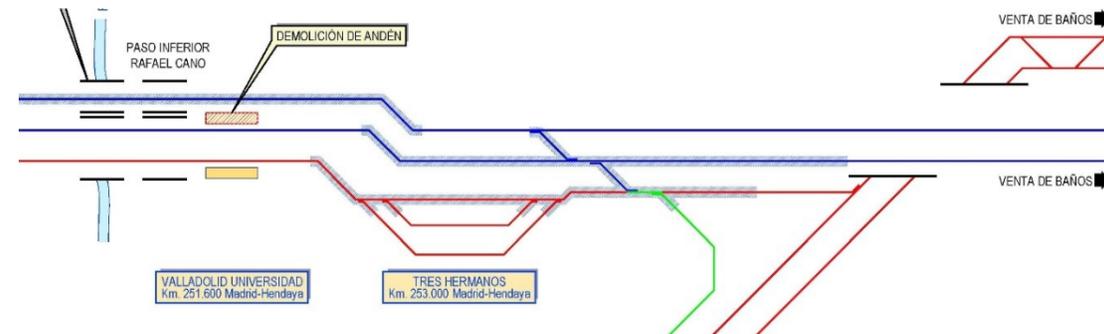
- Vías 1 y 2. Conformadas por una pareja de vías pasantes de ancho estándar unidas por una bretelle, de modo que ésta divide cada vía en dos sectores de 220 m (vía 1) y 200 m (vía 2) de longitud útil con andén.
- Vías 3 y 4. Conformadas por una pareja de vías pasantes de ancho estándar unidas por una bretelle, de modo que ésta divide cada vía en dos sectores de 220 m (vía 3) y 200 m (vía 4) de longitud útil con andén.
- Vía 5. Constituida por una vía pasante de 546 m de longitud útil con andén.
- Vías M1 y M2. Conformadas por dos vías con finalización en topera y conexión a la cabecera norte de la estación, cada una con una longitud útil de 200 m. La vía M2 dispone de andén.

La disposición de vías en ancho ibérico y andenes proyectada para la estación será la siguiente.

- Vía 6. Establecida por una vía pasante de 400 m de longitud útil con andén.
- Vía 7. Constituida por una vía pasante de 225 m de longitud útil con andén, conectada por sendos escapes (situados en ambas cabeceras) con la vía 8.
- Vía 8. Conformada por una vía sin andén con finalización en topera por ambos lados, dividida en tres sectores (dos extremos y un central), delimitado este último por dos escapes que permiten la conexión con la vía 7.
- Vía 1E. Constituida por una vía con finalización en topera de 120 m de longitud útil con andén, con acceso por la cabecera norte de la estación.
- Vía 2E. Constituida por una vía con finalización en topera de 120 m de longitud útil con andén, con acceso por la cabecera sur de la estación.

CORREDOR DE ACCESO NORTE

En cuanto a la salida hacia el norte, se proyecta la duplicación de vía en ancho estándar hasta el Nudo Norte. Para ello es necesario salvar el río Esgueva mediante una nueva estructura en vía única, paralela a la existente.



La alternativa también contempla la demolición del andén lado oeste del apeadero de Valladolid Universidad, así como la reconfiguración de las vías en ancho ibérico del apartadero existente en Tres Hermanos.

Puesto que la vía en ancho estándar pasa a desplazarse y ocupar la vía actual en ancho ibérico, la vía general convencional debe adoptar una de las tres vías existentes en Tres Hermanos. El desvío de tráfico de mercancías por la Variante permite ocupar estas vías, al perder la función por la cual fueron configuradas, el apartado de trenes mercantes en estas instalaciones.

Por último, se adapta la conexión a talleres a la nueva configuración funcional, de forma que se coloca un aparato mixto, el cual a su vez permite el encaminamiento de las composiciones de ancho estándar a los talleres a través del ramal de vía única y tres hilos existentes en la actualidad.

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
- 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:

- Respuesta al aumento de la capacidad operativa con las estimaciones de tráfico previstos en el horizonte de 2035, tanto en los canales de acceso, como en la estación.
- Garantizar la compatibilidad 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, tanto en los canales de acceso como en la estación.
- Seguridad en la explotación ferroviaria, teniendo en cuenta las repercusiones, no solo a nivel local en el ámbito de la actuación, sino la repercusión en la línea en la que se integra la actuación.

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. 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). Se ha preferido este indicador frente a otros como la TIR o el VAN, que requieren un mayor conocimiento de previsión de tráfico y de modelización de la demanda.

Sin embargo, para este caso en concreto, no se considera adecuado hacer un escalado solo basado en esto, sino que se considera necesario hacer una corrección, debido a que:

- Una inversión menor puede repercutir en no conseguir rentabilizar inversiones mayores que se han acometido en la línea ferroviaria actual, ya que esta inversión no es una inversión aislada, sino que forma parte de un conjunto de inversiones, en las que la estación de Valladolid en concreto es un punto clave por la importancia que tiene como punto regulador del tráfico
- La inversión por kilómetro es muy inferior a la media de inversión en Infraestructuras de alta Velocidad, por lo que no se debe hacer una mera comparación aislando esta actuación del marco de inversiones estratégicas en la red ferroviaria.

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:

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.*

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

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: Funcionalidad – Medio Ambiente – Inversión.

La metodología aplicada en cada procedimiento se describe a continuación.

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: 3
- Medio Ambiente: 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

3.2.1.1.1. Alternativa 1

La configuración de vías en ancho convencional, no plantean problemas con la nueva explotación ferroviaria para el horizonte 2035. Los problemas funcionales se producen en las vías de ancho estándar.

CANALES DE ACCESO:

- **Se produce una pérdida de la regularidad horaria y una disminución de la capacidad utilizable.**

La imposibilidad de materializar el cruce de las circulaciones entre Valladolid y la Bif. Las Pajareras supondrá la pérdida de la cadencia horaria de los tráficos de Alta Velocidad por lo que no se podrá establecer una oferta comercial regular, circunstancia que resulta deseable en toda explotación, particularmente en los servicios de altas prestaciones.

La anterior contingencia repercutirá negativamente en la utilización de la capacidad del corredor Madrid – Valladolid, comprometiéndose la posibilidad de dar cabida a la totalidad de los tráficos previstos en la citada línea.

En efecto, la pérdida de la regularidad horaria supondrá la necesidad de que la implantación de no pocos trenes requiera la utilización de uno o más surcos que en condiciones regulares estarían reservados a otros servicios. Al no realizarse una utilización ordenada de la capacidad, ésta disminuirá.

- **Se produce saturación de la capacidad en el tramo de vía única**

Se observa que el tramo de vía única contará con un uso intensivo de la capacidad, presentando intervalos horarios con niveles de tráfico próximos a la saturación.

El desarrollo de la malla de circulación permite identificar determinadas bandas horarias en las que no será posible la inserción de circulaciones adicionales, o bien la replanificación de las ya existentes, así como de intervalos con problemas de saturación.

Se evidencia la necesidad de dotar de doble vía a la totalidad del Canal de acceso Norte.

PARA LA ESTACIÓN:

Se constata la imposibilidad de efectuar determinados movimientos entre vías por la inexistencia de los correspondientes aparatos de conexión. Además, la funcionalidad se ve limitada por la sectorización de los andenes actuales.

En la cabecera sur de la estación se constata la necesidad de posibilitar la entrada y salida simultánea de composiciones de Media Distancia AV a la vía 1 respecto de los movimientos en las vías 2 y 3 de los servicios pasantes de Larga Distancia AV; de este modo se permite atender los servicios de la relación Madrid – Valladolid.

La principal limitación a la capacidad de la infraestructura analizada para la estación de Valladolid estará determinada por la disponibilidad de una vía única en los accesos por la cabecera norte. En ese sentido, la citada vía única actuará de filtro en la secuencia de los trenes que accedan por dicha cabecera, por lo que no se deberían presentar situaciones que supusiesen la generación de itinerarios incompatibles en las entradas/salidas por ella a la estación, salvo que se produjesen incumplimientos en la programación ordinaria (retrasos).

Como conclusión, tras evaluar la capacidad de estacionamiento y la compatibilidad de movimientos en las cabeceras de la alternativa 1, si bien se verifica la viabilidad funcional del esquema de vías de la estación de Valladolid, se considera necesaria la disponibilidad de un mayor número de vías, de modo que permitan la detención y estacionamiento de los trenes previstos en el horizonte temporal del año 2035 en unas condiciones de explotación fiables, así como la reconfiguración de las cabeceras para dotar a estas de una mayor funcionalidad.

3.2.1.1.2. Alternativa 2

La alternativa 2, se adapta bien a los requerimientos funcionales necesarios para el nuevo escenario de explotación ferroviaria en el escenario de 2035.

Haciendo el mismo análisis que para la alternativa 1, se puede concluir lo siguiente.

CANAL DE ACCESO

Se evidencia la viabilidad funcional de la solución proyectada y se confirma la necesidad de disponer de doble vía de ancho estándar en la totalidad del Canal de acceso.

Por lo que al ancho ibérico respecta, la presencia de la vía única en el acceso a Valladolid condicionará la circulación de los servicios de viajeros, una adecuada programación horaria permitirá soslayar la necesidad de efectuar paradas técnicas en la estación de Valladolid para la materialización de los cruces. En ese sentido, se revela la existencia de un número de intervalos horarios suficientes para la implantación de surcos que posibiliten la circulación de los servicios de viajeros establecidos en la prognosis sin más requerimiento que la parada comercial en Valladolid.

Resulta fundamental, que el diseño de la estación de Valladolid disponga de una funcionalidad tal, que permita aprovechar al máximo la capacidad disponible del Canal de acceso y no supone una limitación a la circulación, tal como se constata en el siguiente punto.

ESTACIÓN

La viabilidad funcional de la estación puede evaluarse atendiendo a dos criterios fundamentales que determinan la operatividad de una dependencia ferroviaria, como son:

- Capacidad de estacionamiento acrecentada por una sectorización optimizada
- Compatibilidad de movimientos en las cabeceras.

En base a estos dos criterios, se ha valorado la solución proyectada para la futura estación de Valladolid.

▪ **Capacidad de estacionamiento**

Los esquemas de ocupación incluidos en el anejo de funcionalidad del presente estudio, indican que la configuración de vías y andenes proyectada de la estación cumple, en cuanto a capacidad de estacionamiento, con los requerimientos de explotación necesarios para posibilitar la prestación de los servicios de viajeros en el horizonte temporal correspondiente al año 2035.

▪ **Compatibilidad de movimientos en las cabeceras**

Del análisis de la configuración de vías en las cabeceras de la estación, se observa que permite entrada y salida simultánea de composiciones a las vías 1 y 3 de ancho estándar, con objeto de atender los servicios de Media Distancia AV de la relación Madrid – Valladolid y posibilidad de efectuar entradas y salidas simultáneas en las cabeceras de ancho estándar, de trenes que transiten por la estación (Larga Distancia AV).

Como conclusión, los esquemas de ocupación desarrollados ampliamente en el anejo de funcionalidad del presente estudio, indican que la configuración de vías proyectada cumplirá para la alternativa 2, en cuanto a capacidad de estacionamiento y operativa ferroviaria (movimientos de entrada y salida a la estación), con las necesidades de transporte ferroviario correspondiente al horizonte temporal del año 2035.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar la funcionalidad:

Nivel 1 [0,1]		
	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,250	1,000

Nivel 2		
	↑	↑
Funcionalidad (total)	100,0	400,0
Aumento de la capacidad operativa	50,0	100,0
Respuesta ante la gestión de incidencia	50,0	100,0
Compatibilidad con otras actuaciones	95,0	100,0
flexibilidad explotación y seguridad	70,0	100,0

A la vista de lo indicado y de los resultados obtenidos se considera que desde el punto de vista funcional la alternativa que mejor responde a los requerimientos funcionales es la alternativa 2, quedando de manifiesto que la alternativa 1, condiciona no solo las condiciones de explotación ferroviaria en el tramo del presente estudio, sino que condiciona la explotación de toda la línea, por ser la estación de Valladolid un punto que permite regular la circulación ferroviaria, y gestionar posibles incidencias y retrasos.

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. Para ello, se han establecido tres niveles de importancia del impacto (alta, media y baja), a los que se les ha asignado un valor numérico (3, 2 y 1, respectivamente).

En las tablas siguientes se refleja la jerarquización de los impactos para el caso concreto del territorio atravesado por las alternativas analizadas.

ELEMENTO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	VALOR ASIGNADO
CALIDAD DEL AIRE	MEDIA	2
RUIDO	ALTA	3
VIBRACIONES	ALTA	3

ELEMENTO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	VALOR ASIGNADO
CALIDAD LUMÍNICA	BAJA	1
GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	MEDIA	2
EDAFOLOGÍA	BAJA	1
HIDROLOGÍA	BAJA	1
HIDROMORFOLOGÍA	BAJA	1
HIDROGEOLOGÍA	BAJA	1
VEGETACIÓN	BAJA	1
FAUNA	BAJA	1
ESPACIOS NATURALES DE INTERÉS	BAJA	1
PATRIMONIO CULTURAL	BAJA	1
VÍAS PECUARIAS	BAJA	1
PAISAJE	MEDIA	2
POBLACIÓN	ALTA	3
PRODUCTIVIDAD SECTORIAL	BAJA	1
ORGANIZACIÓN TERRITORIAL	ALTA	3
PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	BAJA	1
CONSUMO DE RECURSOS	BAJA	1
GENERACIÓN DE RESIDUOS	BAJA	1
VULNERABILIDAD FRENTE A ACCIDENTES Y CATÁSTROFES	BAJA	1

En segundo lugar, se ha asignado un valor numérico a cada magnitud de impacto, positivo o negativo, excluyendo los impactos críticos que, en caso de presentarse, invalidarían las soluciones planteadas. Los valores establecidos en cada caso son los siguientes.

MAGNITUD DE IMPACTO	VALOR ASIGNADO
MUY FAVORABLE	3
FAVORABLE	1
NULO	0
COMPATIBLE	-1
MODERADO	-3
SEVERO	-5

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.

Se presenta a continuación la tabla resumen correspondiente a las alternativas de trazado, donde se refleja el valor global del impacto para cada una de ellas obtenido del EIA del presente estudio, según la metodología empleada y descrita

ELEMENTO	EXPLOTACIÓN			IMPACTO RESIDUAL PONDERADO	
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	IMPORTANCIA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO	-1	-1	2	-2	-2
RUIDO	1	1	2	2	2
VIBRACIONES	-3	-1	3	-9	-3
CALIDAD LUMÍNICA	-3	-3	3	-9	-9
GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	-1	-1	1	-1	-1
EDAFOLOGÍA	-1	-1	2	-2	-2
HIDROLOGÍA	0	-1	1	0	-1
HIDROMORFOLOGÍA	0	-1	1	0	-1
HIDROGEOLOGÍA	0	-1	1	0	-1
VEGETACIÓN	0	-1	1	0	-1
FAUNA	-1	-1	1	-1	-1
ESPACIOS NATURALES DE INTERÉS	0	0	2	0	0
PATRIMONIO CULTURAL	0	0	1	0	0
VÍAS PECUARIAS	1	1	1	1	1
PAISAJE	-1	-1	2	-2	-2
POBLACIÓN	1	3	3	3	9
PRODUCTIVIDAD SECTORIAL	0	0	1	0	0
ORGANIZACIÓN TERRITORIAL	1	1	3	3	3
PLANEAMIENTO	1	1	1	1	1
CONSUMO DE RECURSOS	-1	-1	1	-1	-1
GENERACIÓN DE RESIDUOS	-1	-1	1	-1	-1
VULNERABILIDAD FRENTE A ACCIDENTES GRAVES Y CATÁSTROFES	-1	-1	1	-1	-1
TOTAL	-9	-10		-19	-12

A estos valores, hay que añadir además la valoración de impactos ponderados en fase de construcción que se ha realizado en el Estudio de Impacto Ambiental del presente estudio informativo. Según estos valores, tiene peor comportamiento la alternativa 2 frente a la alternativa 1, con unos valores de -28 para el caso de la alternativa 1, y de -30 para el caso de la alternativa 2.

La justificación de los valores asignados para medir los impactos de cada alternativa, tal y como se ha mencionado, se encuentra en el Estudio de Impacto Ambiental.

Nivel 1 [0,1]	Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente	0,978	1,000
	↑	↑
Nivel 2		
Valoración total Medio Ambiente	-47,0	-46,0
Fase Explotación	-19,0	-16,0
Fase obras	-28,0	-30,0

Por lo tanto, cabe concluir que las dos alternativas planteadas y analizadas son viables desde el punto de vista ambiental, siendo más favorable durante la fase de construcción la Alternativa 1, pero con diferencias poco significativas respecto la Alternativa 2. Por el contrario, durante la fase de explotación e impactos residuales, resulta más ventajosa la alternativa 2, por presentar menos impactos por ruido, así como una mejor integración de la infraestructura en el entramado urbano y una óptima explotación, que redundan en ventajas de todos los factores socioeconómicos analizados.

A la vista de los resultados mostrados, puede observarse que la Alternativa 1 resulta muy levemente más desfavorable desde el punto de vista ambiental respecto la Alternativa 2.

3.2.1.3. Inversión

Una vez realizada la comparativa económica entre la alternativa 1 y 2, se llega a la conclusión de que la alternativa 1 es considerablemente más económica que la alternativa 2, debido principalmente a que el principal criterio de definición de la alternativa 1, era el de una mínima inversión, realizando únicamente la requerida para cumplir con la legislación vigente, ante un nuevo escenario de explotación ferroviaria, que producirá a su vez un cambio de la infraestructura a una infraestructura exclusiva de viajeros.

Sin embargo, hay que tener como consideración un efecto indirecto sobre la inversión global de la línea, ya que al ser una estación donde se pueden regular las circulaciones ferroviarias, una inversión mínima en esta estación, puede traer como consecuencia indirecta una baja rentabilidad en inversiones ya realizadas en la línea.

Por otro lado, también es importante tener en cuenta que, aunque la comparación entre la inversión en ambas alternativas es grande, se puede ver que la inversión necesaria para implantar la alternativa 2, no es tan alta, si se analiza con las inversiones por kilómetros que se están desarrollando en este tipo de líneas de Alta velocidad.

Nivel 1 [0,1]		
	Alternativa 1	Alternativa 2
Inversión	1,000	0,380

Nivel 2		
	Alternativa 1	Alternativa 2
Inversión (M€)	2,90	54,98

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

3.2.2. Modelo numérico y análisis.

MODELO NUMÉRICO

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,250	1,000
Medio Ambiente	0,978	1,000
Inversión	1,000	0,380

ANÁLISIS DE ROBUSTEZ

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,250	1,000
Medio Ambiente	0,978	1,000
Inversión	1,000	0,380

Número de máximos	30	36
	45%	55%

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,250	1,000
Medio Ambiente	0,978	1,000
Inversión	1,000	0,380

Número de máximos	49	67
	42,2%	57,8%

ANÁLISIS DE PREFERENCIAS

	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	3	0,250	1,000
Medio Ambiente	2	0,978	1,000
Inversión	1	1,000	0,380

Valoración	3,707	5,380
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).

- **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, por ser la estación de Valladolid un punto importante en la regulación de la explotación ferroviaria).

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 (55 % sobre 100 % de óptimos), debido a que presenta una mejor valoración sobre todo en la parte de funcionalidad y a la igualdad en el campo medioambiental, que contrasta con la superioridad desde el punto de vista de la inversión de la alternativa 1.

³ Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers

- **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 sobreponderan o infraponen 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 42,2 % de óptimos a la alternativa 1, y el 57,8 % de estos máximos corresponde a la alternativa 2, lo que permite calificar a esta alternativa como óptima 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 Inversión. Los pesos relativos de cada factor son:

FUNCIONAL 3
 MEDIO AMBIENTE..... 2
 INVERSIÓN 1

El análisis de preferencias o PATTERN otorga la calificación óptima 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 de forma inequívoca la superioridad de la alternativa 2 frente a la alternativa 1, a causa fundamentalmente de su mejor aptitud funcional, debido a que permite adaptarse mejor a los requerimientos necesarios para la explotación ferroviaria en el horizonte 2035.

Medioambientalmente ambas alternativas son parecidas ya que se van compensando los aspectos en los que una es mejor que la otra, de forma que los aspectos medioambientales no son relevantes para decantar claramente una de las dos alternativas.

Y desde el punto de vista de la inversión, la alternativa 2 supone una mayor inversión, pero queda puesto de manifiesto que el precio por kilómetro es inferior a la media para este tipo de infraestructuras, y además, al ser la estación de Valladolid un punto estratégico en la regulación del tráfico ferroviario de gran parte de la línea, es una inversión que repercute indirectamente en generar un valor añadido, y ayuda a rentabilizar otras inversiones que se han realizado en la línea.

PUEDE CONCLUIRSE QUE, SI BIEN LAS DOS ALTERNATIVAS PLANTEADAS RESULTAN VIABLES, EL ANÁLISIS SEÑALA A LA ALTERNATIVA 2 COMO LA SOLUCION ÓPTIMA, ATENDIENDO A CRITERIOS FUNCIONALES, MEDIOAMBIENTALES Y ECONÓMICOS.