

ANEJO 20. ANÁLISIS MULTICRITERIO

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS	2
2.1	Alternativa 1.....	2
2.1.1	Obras en superficie.....	3
2.2	Alternativa 2.....	4
2.2.1	Obras en superficie.....	6
2.3	Actuaciones comunes en ambas alternativas	6
2.3.1	Reubicación de la subestación eléctrica y base de mantenimiento de catenaria de ADIF	6
2.3.1.1	Vía de acceso a la base de mantenimiento	6
2.3.1.2	Vial de acceso a la parcela	6
2.3.2	Puntos de evacuación y rescate	6
3.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	7
3.1	Descripción general de la metodología de análisis	7
3.1.1	Determinación de los criterios de valoración	7
3.1.2	Obtención de indicadores	8
3.1.2.1	Medio Ambiente.....	8
3.1.2.2	Inversión.....	8
3.1.2.3	Plazo de ejecución	8
3.1.2.4	Funcionalidad	8
3.1.3	Obtención del modelo.....	9
3.1.4	Análisis multicriterio.....	9
3.1.4.1	Análisis de Robustez	9
3.1.4.2	Análisis de Sensibilidad	10
3.1.4.3	Análisis de Preferencias	10
3.2	Análisis de alternativas	10
3.2.1	Obtención de indicadores	10
3.2.1.1	Medio Ambiente.....	10
3.2.1.2	Inversión.....	17
3.2.1.3	Plazo de ejecución	17
3.2.1.4	Funcionalidad	17
3.2.2	Modelo numérico y análisis.....	18
4.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	19
4.1	Metodología del análisis multicriterio	19
4.1.1	Criterios.....	19

4.1.2	Análisis y resultados	19
4.2	Conclusiones del análisis	19

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento se enmarca dentro del “ESTUDIO INFORMATIVO PARA INTEGRACIÓN URBANA DEL FERROCARRIL EN ZORROTZA”, 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.

Las actuaciones que se desarrollan en este estudio están contempladas en el Convenio suscrito el 14 de julio de 2021 entre el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, el Ayuntamiento de Bilbao y el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias Adif para la integración del ferrocarril en Zorrotza. Entre otras actuaciones, en este convenio se contempla:

- 1. Un nuevo trazado ferroviario subterráneo por el centro del barrio de Zorrotza, suprimiendo con ello los dos pasos a nivel existentes en Zorrozgoiti y Zorrotza de la línea RFIG 08-780 de la Red de ancho métrico Santander-Bilbao La Concordia.
- 2. Construcción de una nueva estación subterránea a la altura del barrio de Zorrotza.

El Ayuntamiento de Bilbao ha mostrado su preferencia por alternativas de trazado en las que el tráfico de mercancías se segrega del de viajeros a su paso por la Estación y que discurra además por un lateral, permitiendo en la estación futura la perspectiva de los dos andenes, asimilándola a una funcionalidad más acorde al resto de estaciones de transporte público ferroviario, y mejorando su confortabilidad. En relación con la Subestación Eléctrica y la Base de Mantenimiento existentes en Zorrotza, si bien el Convenio no concreta las actuaciones acordadas en esta materia, el Ayuntamiento de Bilbao ha manifestado su preferencia por que ambas instalaciones sean trasladadas de su emplazamiento actual, y que sean reubicadas en la zona de Santa Águeda (parcela 3 propuesta en el Estudio de Alternativas de Noviembre de 2021 el cual se adjunta en el “Anejo Nº 1: Antecedentes y situación actual”).

El Estudio Informativo propone finalmente **dos alternativas** de trazado teniendo en cuenta lo firmado en el Convenio de julio de 2021 y las preferencias del Ayuntamiento de Bilbao, a valorar en este análisis, además de la alternativa “0” que supondría mantener la situación actual y no hacer ninguna actuación.

No obstante, se opta por no incorporar la alternativa 0 en el análisis comparativo al ser precisamente ésta el origen de la actuación y no cumplir con el objetivo del estudio, que no es otro que desarrollar la integración ferroviaria en Zorrotza mediante la supresión de los pasos a

nivel situados en el entorno de la estación, con el consiguiente beneficio social y medioambiental para los vecinos del barrio de Zorrotza.

La integración del ferrocarril en Zorrotza tiene beneficios en el ámbito urbano, ya que contempla integrar las instalaciones ferroviarias en el municipio, reordenar urbanísticamente los suelos liberados y los nuevos terrenos, recuperar y regenerar el espacio urbano, y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

En caso de no realizarse las actuaciones contempladas en el presente Estudio, se mantendría la línea de ferrocarril actual y los pasos a nivel existentes en el entorno de la estación de Zorrotza, con las siguientes desventajas:

- Peligro para las circulaciones ferroviarias y viarias, además de para los peatones que diariamente cruzan los pasos a nivel.
- División territorial del núcleo urbano de Zorrotza provocado por la línea de ferrocarril actual, cuyo trazado se desarrolla a nivel del terreno.
- Serias afecciones a los vecinos del barrio de Zorrotza, provocadas principalmente por ruido y vibraciones de las circulaciones ferroviarias.

Las únicas ventajas que presenta la alternativa de no actuación son:

- La no actuación tiene un coste cero desde el punto de vista del gasto.
- No requiere el uso de materiales ni consumo de recursos naturales ni de mano de obra, puesto que se opta por no actuar.
- No genera nuevos impactos ambientales negativos más allá de los existentes.

Es por ello que el presente Análisis Multicriterio se centra en comparar entre sí las **dos alternativas planteadas** al corredor ferroviario existente, descartando de partida al actual trazado en el análisis por no cumplir ninguno de los objetivos perseguidos por la actuación.

2. IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS

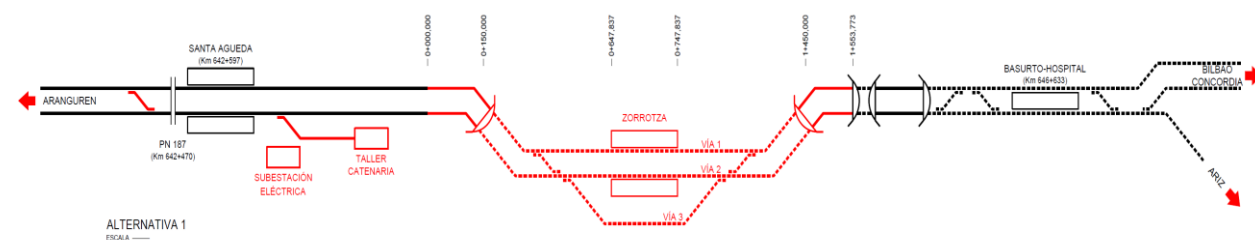
Las alternativas que se proponen cuentan con un nuevo trazado subterráneo bajo la zona de Siete Campas del barrio de Zorrotza, que permite la supresión de los dos pasos a nivel de Zorrotza y Zorrozoiti situados en los PP.KK. 643+926 y 644+180 de la línea de ancho métrico 08-780 Santander-Bilbao La Concordia, y cuentan además con una nueva estación subterránea para mantener el servicio de la estación actual.

El punto de inicio y fin de las dos alternativas de trazado es el mismo, realizándose el inicio una vez rebasada la tubería del Consorcio de Aguas de Bilbao (P.K. 643+250) y produciéndose el punto final justo antes del túnel de Olabeaga (P.K. 645+209). Además, en las dos alternativas que se proponen el tráfico de mercancías se segrega del de viajeros a su paso por la estación y discurre por un lateral.

2.1 Alternativa 1

En la alternativa 1 se diseña una estación en caverna de vía doble y túnel de vía única de uso exclusivo de mercancías (By-pass), que cizallando la doble vía principal en los trayectos colaterales discurre al sur de la caverna de la estación de viajeros.

Consiste por tanto en una variante ferroviaria de 1.553 metros de longitud que consta de un túnel de vía doble a lo largo de 1.300 metros, con una estación en caverna de vía doble bajo el barrio de Siete Campas, y un segundo túnel de vía única de mercancías de 430 metros de longitud que se bifurca del anterior y sortea la caverna de la estación por el sur a modo de By-pass. El esquema ferroviario es el siguiente:



Esquema funcional de la Alternativa 1

Entre el túnel de vía doble y los dos túneles independientes a la altura de la estación, existe una caverna de bifurcación con tres vías.

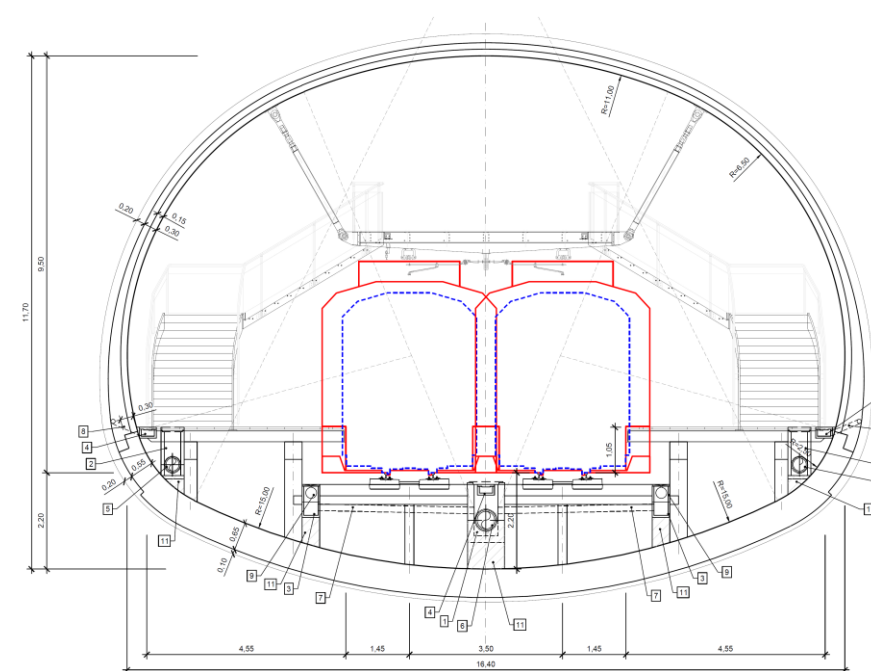
Esta alternativa implica una reducción de recorrido entre las estaciones de Santa Águeda y Hospital de Basurto de 406 metros, pasando de los 4.083 metros actuales a 3.677 metros por la variante.

Vía de viajeros y mercancías (vías 1 y 2)

El trazado de la variante se inicia justo después del punto de cruce con la tubería del Consorcio de Aguas de Bilbao (P.K. 643+250 de la línea actual) con un eje de vía doble que representa las vías 1 y 2. Comienza con una curva a derechas de radio 300 metros para adentrarse en el lado montaña mediante un túnel de vía doble, cuyo emboquille se realiza en el P.K. 0+150, justo antes del punto de cruce con la carretera BI-3742.

Antes de llegar a la caverna en la que se ubica la estación de Zorrotza, el trazado en planta cuenta con una curva a izquierdas y una curva a derechas de radios 180 y 160 metros respectivamente, separadas por una alineación recta en la que se ubican el escape y desvío que permiten el acceso hacia la vía exclusiva de mercancías (vía 3), siendo en todos los casos los aparatos de vía del tipo DSMH-B1-54-190-1:10,5-CR-D.

A continuación se localiza la estación en caverna de Zorrotza, cuyos andenes se han diseñado en alineación recta tanto en planta como en alzado, y cuentan con una longitud útil de 100 metros entre los PP.KK. 0+647,837 y 0+747,837.



Sección tipo caverna de la estación de Zorrotza en la Alternativa 1

La estación se emplaza soterrada a considerable profundidad bajo el barrio de Zorrotza, siendo la diferencia de cotas con el terreno sobre el eje de la misma de entre 25 y 31 metros. Los cañones de acceso resultan por ello de considerable longitud.

Cuenta con un total de tres accesos desde el exterior, dos cañones y una batería de ascensores, los cuales comunican la calle con el vestíbulo a cota de mezzanina de la estación. Estos accesos se realizan desde el parque Alazne López Etxebarria, el barrio Ignacio Miranda y la batería de ascensores desde la calle Zorrotzgana.

La caverna engloba las zonas de andenes y de vías, y a nivel superior, la plataforma de las mezzaninas y sus conexiones con los cañones de acceso. La ocupan también las zonas de instalaciones y de cuartos técnicos. La zona pública se ha diseñado de forma que sea un espacio limpio de recorridos sencillos. La comunicación entre el nivel de andenes y el de mezzanina se realiza mediante escaleras abiertas de tipo imperial y el recorrido accesible se resuelve mediante ascensores panorámicos en punta oeste de andenes.

La estación cuenta con salidas de emergencia a nivel de andenes, de mezzanina y en los cañones de acceso, que permiten a los ocupantes realizar la evacuación en condiciones de seguridad hasta el espacio exterior seguro final en la calle. Para ello se ha diseñado una red de galerías (incluyendo zonas de refugio para personas con discapacidad) que conectan las salidas de emergencia con dos pozos verticales, situados en cada lado de la estación, los cuales conducen finalmente a los viajeros a dos espacios abiertos disponibles en el denso entorno urbano exterior, canchas de Zazpilanda y el Grupo Aldapeta.

La ventilación proyectada en la estación de Zorrotza se compone de dos ventilaciones de emergencia, anterior y posterior a la caverna de la estación:

- Ventilación de emergencia sur: esta ventilación de emergencia entronca con el túnel de vía doble en el P.K. 0+578, realizándose la salida a superficie mediante una arqueta de ventilación a la altura de la Cooperativa de Obreros de Castrejana.
- Ventilación de emergencia norte: esta ventilación de emergencia entronca con el túnel de vía doble en el P.K. 0+815, realizándose la salida a superficie mediante una arqueta de ventilación en la carretera BI-636.

Una vez rebasada la estación, el trazado cuenta con una curva a derechas de radio 160 metros para ubicarse en paralelo a la Autopista A-8 y poder realizar más adelante el cruce bajo la misma con tapada suficiente. En esta zona se ha encajado de nuevo una alineación recta para situar los aparatos de vía de acceso a la vía exclusiva de mercancías (vía 3), siendo en todos los casos del tipo DSMH-B1-54-190-1:10,5-CR-I.

Mediante una curva a izquierdas de radio 300 metros se produce el cruce bajo la Autopista A-8 y finalmente el trazado en planta adopta una curva a derechas para conectar con la vía actual en el P.K. 1+553,773 (P.K. 645+209 de la línea actual) justo antes del inicio del túnel de Olabeaga.

El emboquille de salida del túnel de vía doble se realiza en el P.K. 1+450.

En cuanto al trazado en alzado, la rasante es en todo momento ascendente, con un valor máximo de 18 milésimas, tanto en el tramo inicial como en el final de la variante. En la zona de andenes de la estación se reduce el valor hasta las 2 milésimas, y una vez rebasada la misma el trazado adopta una rampa de 11 milésimas.

Vía exclusiva de mercancías (vía 3)

El túnel de mercancías de vía única se ubica al sur del de viajeros de vía doble, y su trazado cuenta con unos radios mínimos de valor 140 metros. La separación entre este eje y el de viajeros a la altura de la caverna de la estación es de 32 metros.

La vía exclusiva de mercancías (vía 3) cuenta con una rampa de 11 milésimas, a excepción de los puntos de conexión con la de viajeros, donde se tienen que adoptar los mismos valores con la que cuenta aquella.

Los datos más relevantes de esta solución son los que se incluyen a continuación:

- Longitud de variante: 1.553 metros.
- Longitud de túnel de vía doble: 1.300 metros (incluidas cavernas).
- Longitud túnel de vía única: 430 metros (excluidas cavernas).
- Radio mínimo viajeros (vías 1 y 2): 160 metros.
- Radio mínimo mercancías (vía 3): 140 metros.
- Rampa máxima: 18 milésimas.
- Pendiente en estación: 2,0 milésimas.
- Radio en estación: recta
- Longitud de andén: 100 metros.
- Profundidad máxima de andén: 29,8 metros.
- Distancia de caverna a estación actual: 200 metros.
- Montera mínima bajo edificios: 11,2 m (P.K. 0+330 vías 1 y 2) y 13,0 m (P.K. 0+140 vía 3).
- Reducción de recorrido: 406 metros.

2.1.1 Obras en superficie

Asociadas a la estación subterránea de Zorrotza se diseñan las siguientes obras en superficie:

Accesos a la estación

- Acceso desde el Barrio Ignacio Miranda: cañón que emerge a superficie en la calle Barrio Ignacio Miranda, donde se ubicaría una tronera de acceso. Este acceso permite extender el servicio a la parte baja de Zorrotza. Durante la ejecución de las obras se utilizará este cañón para el ataque de los túneles.

- Acceso desde el Parque Alazne Lopez Etxebarria: se accede mediante un cañón que sale a superficie en una pequeña plaza existente en el encuentro de la Carretera BI-636, donde se ubicaría una escalinata de acceso. Este acceso permite extender el servicio a la parte central de Zorrotza.
- Batería de ascensores de la calle Zorrotzagana: se dispondrían dos ascensores, de gran capacidad, para comunicar de manera directa el nivel de mezzanina con la zona más alta del barrio.

Salidas de emergencia

- Salida de emergencia canchas de Zazpilanda: las escaleras de evacuación se ubican en un pozo vertical con un diámetro de 6,40 metros, estando prevista su ejecución mediante Raise-Boring. La salida a nivel de superficie se resuelve mediante puertas tipo Van Der Putten enrasadas con el pavimento de urbanización.
- Salida de emergencia Grupo Aldapeta: al igual que la anterior, las escaleras de evacuación se ubican en un pozo vertical con un diámetro de 6,40 metros, estando prevista su ejecución mediante Raise-Boring. La salida a nivel de superficie se resuelve mediante puertas tipo Van Der Putten enrasadas con el pavimento de urbanización.

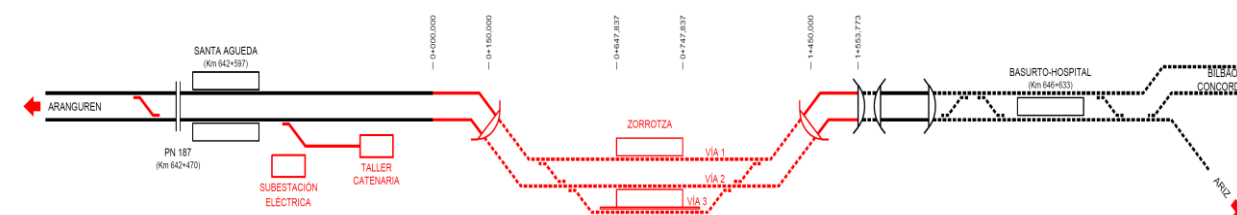
Ventilación de emergencia

- Ventilación de emergencia Sur: se ubica en el tramo de túnel anterior a la Estación de Zorrotza, entroncando con el P.K. 0+578 aproximadamente. En ese punto se genera una galería lateral en el hastial izquierdo (según PP.KK. crecientes) donde irán alojados dos ventiladores. Esta galería conecta con la superficie a través de dos pozos circulares de 3 m de diámetro interior excavados en mina mediante la técnica de Raise-Boring. La salida a superficie se articula mediante una arqueta de ventilación con rejilla tramex de dimensiones 7.600 x 3.000 mm, en un terreno no ocupado junto a la calle Grupo Jardín de Zorroza.
- Ventilación de emergencia Norte: esta ventilación de emergencia entronca con el túnel en el entorno del P.K. 0+815. La cámara de ventiladores se ubica en una galería horizontal perpendicular al túnel, conectada con la superficie mediante dos pozos verticales de sección circular y diámetro interior 3 metros. La salida a superficie se articula mediante una arqueta de ventilación con rejilla tramex de dimensiones 7.600 x 3.000 mm, en la calle Grupo Zazpilanda.

2.2 Alternativa 2

En el caso de la alternativa 2 se diseña una estación en caverna común para los trenes de viajeros y de mercancías, discurrendo estos últimos por una vía lateral que está separada por un muro vertical de la zona de andenes de viajeros.

La solución consiste en una variante ferroviaria de 1.553 metros de longitud, que discurre en túnel a lo largo de 1.300 metros, correspondiendo 602 metros a un túnel de vía doble y 698 metros a uno de vía triple. El esquema ferroviario es el siguiente:



Esquema funcional de la Alternativa 2

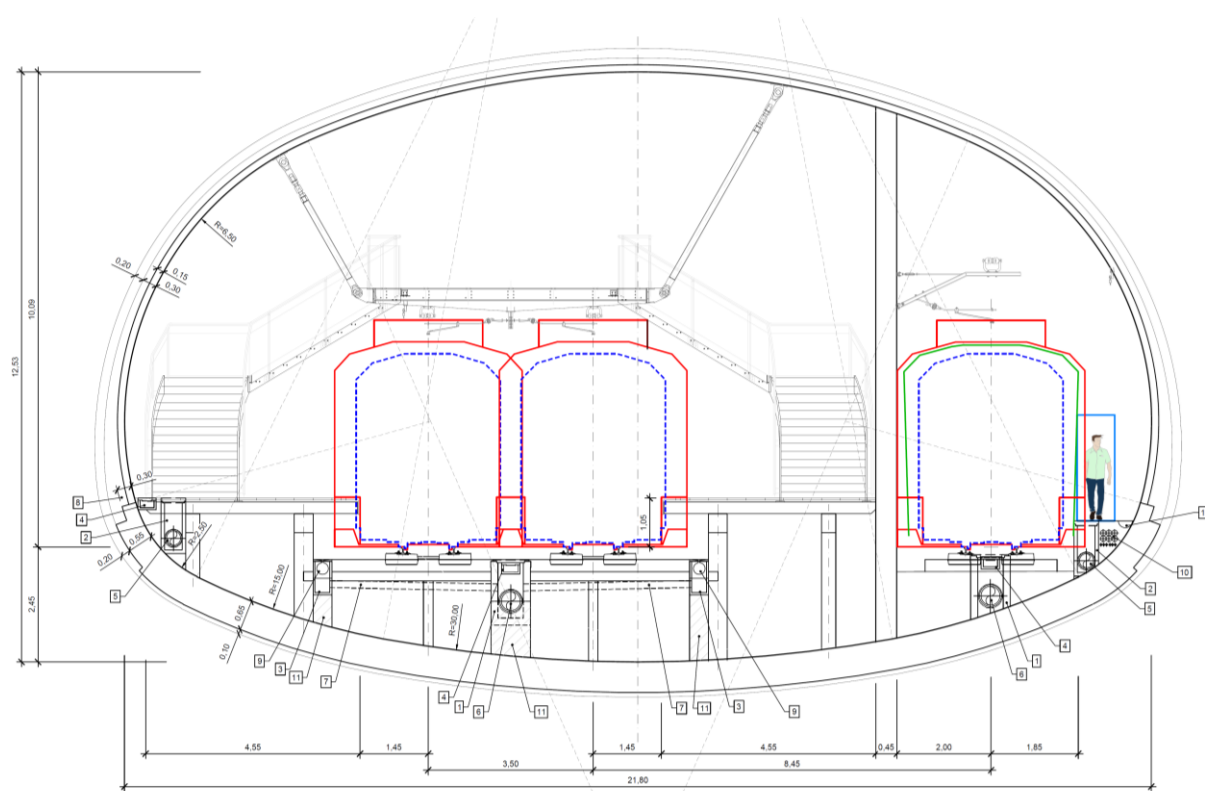
Al igual que en la alternativa 1, esta solución implica una reducción de recorrido entre las estaciones de Santa Águeda y Hospital de Basurto de 406 metros, pasando de los 4.083 metros actuales a 3.677 metros por la variante.

Vía de viajeros y mercancías (vías 1 y 2)

El trazado en planta de la vía de viajeros+mercancías (vías 1 y 2) es el mismo que el de la Alternativa 1, proyectándose los mismos aparatos de vía para el acceso a la vía exclusiva de mercancías (vía 3).

La pequeña diferencia se produce en alzado. Para que la vía exclusiva de mercancías no cuente con pendientes superiores a las 18 milésimas, la rampa de inicio de este eje es de 17,9 milésimas, (a diferencia de las 18 milésimas de la alternativa 1).

Los andenes de la estación también cuentan con una longitud útil de 100 metros entre los PP.KK. 0+647,837 y 0+747,837. A diferencia de la alternativa 1, se trata de una caverna de vía triple donde la vía de mercancías está separada de los andenes de viajeros mediante un muro vertical.



Sección tipo caverna de la estación de Zorrotza en la Alternativa 2

Como en la alternativa 1, la estación se emplaza soterrada a considerable profundidad bajo el barrio de Zorrotza, siendo la diferencia de cotas con el terreno sobre el eje de la misma de entre 25 y 31 metros. Los cañones de acceso resultan por ello de considerable longitud.

Cuenta con un total de tres accesos desde el exterior, dos cañones y una batería de ascensores, los cuales comunican la calle con el vestíbulo a cota de mezzanina de la estación. Estos accesos se realizan desde el parque Alazne López Etxebarria, el barrio Ignacio Miranda y la batería de ascensores desde la calle Zorrotzgana.

La caverna engloba las zonas de andenes y de vías, y a nivel superior, la plataforma de las mezzaninas y sus conexiones con los cañones de acceso. La ocupan también las zonas de instalaciones y de cuartos técnicos. La zona pública se ha diseñado de forma que sea un espacio limpio de recorridos sencillos. La comunicación entre el nivel de andenes y el de mezzanina se realiza mediante escaleras abiertas de tipo imperial y el recorrido accesible se resuelve mediante ascensores panorámicos en punta oeste de andenes.

La estación cuenta con salidas de emergencia a nivel de andenes, de mezzanina y en los cañones de acceso, que permiten a los ocupantes realizar la evacuación en condiciones de seguridad hasta el espacio exterior seguro final en la calle. Para ello se ha diseñado una red de galerías (incluyendo zonas de refugio para personas con discapacidad) que conectan las salidas de emergencia con dos pozos verticales, situados en cada lado de la estación, los cuales conducen finalmente a los viajeros

a dos espacios abiertos disponibles en el denso entorno urbano exterior, canchas de Zazpilanda y el Grupo Aldapeta.

La ventilación proyectada en la estación de Zorrotza se compone de dos ventilaciones de emergencia, anterior y posterior a la caverna de la estación:

- Ventilación de emergencia sur: esta ventilación de emergencia entronca con el túnel de vía doble en el P.K. 0+578, realizándose la salida a superficie mediante una arqueta de ventilación a la altura de la Cooperativa de Obreros de Castrejana.
- Ventilación de emergencia norte: esta ventilación de emergencia entronca con el túnel de vía doble en el P.K. 0+815, realizándose la salida a superficie mediante una arqueta de ventilación en la carretera BI-636.

Vía exclusiva de mercancías (vía 3)

En este caso la vía exclusiva de mercancías (vía 3) discurre en todo momento en paralelo a la de viajeros, con una distancia de 3,5 metros con respecto a la vía par (vía 2), aumentándose este valor a medida que se acerca a la estación, para permitir la construcción del andén y muro vertical que separa ambas vías.

Este condicionante hace que el trazado en planta de esta vía se haya que diseñar con dos curvas compuestas con un radio mínimo de valor 125 metros, inferior al de la alternativa 1 (140 metros).

El trazado en alzado de este eje (vía 3) es dependiente del eje de viajeros+mercancías (vías 1 y 2), debiéndose adoptar las pendientes de 18, 2 y 11,4 milésimas según kilometración creciente.

Los datos más relevantes de esta solución son los que se incluyen a continuación:

- Longitud de variante: 1.553 metros.
- Longitud de túnel de vía doble: 602 metros.
- Longitud túnel de vía triple: 698 metros (incluida caverna).
- Radio mínimo viajeros (vías 1 y 2): 160 metros.
- Radio mínimo mercancías (vía 3): 125 metros.
- Rampa máxima: 18 milésimas.
- Pendiente en estación: 2,0 milésimas.
- Radio en estación: recta
- Longitud de andén: 100 metros.
- Profundidad máxima de andén: 29,8 metros.
- Distancia de caverna a estación actual: 200 metros.
- Montera mínima bajo edificios: 11,2 m (P.K. 0+330 vías 1 y 2).
- Reducción de recorrido: 406 metros.

2.2.1 Obras en superficie

Los elementos en superficie son los mismos que los de la Alternativa 1. La única diferencia se encuentra en la ubicación en planta de las salidas de emergencia, que salen en superficie en la misma zona pero ligeramente desplazadas con respecto a la otra solución (desplazamiento máximo de 5,2 metros para la salida en canchas de Zazpilanda).

2.3 Actuaciones comunes en ambas alternativas

2.3.1 Reubicación de la subestación eléctrica y base de mantenimiento de catenaria de ADIF

Debido a la liberación de los terrenos ferroviarios en el tramo de la línea actual que queda fuera de servicio tras la construcción del soterramiento, es necesario la reposición de la subestación eléctrica y de la base de mantenimiento de catenaria que se localizan junto al paso a nivel del camino de Zorrozoiti.

Para la reubicación de estas instalaciones se ha elegido una parcela situada junto a la estación de Santa Águeda, entre la línea del ferrocarril y la carretera BI-3742. Con el fin de que la parcela se sitúe a la cota de la línea férrea actual, se precisa la construcción de un muro perimetral.

En la parcela, que se ha diseñado con un acceso viario, se han ubicado los siguientes elementos:

- Subestación eléctrica: el edificio ocupa una superficie de 269 m² y la zona de pórticos de 217 m².
- Nave-cochera de catenaria con una superficie de 143 m².
- Edificio de oficinas de dos plantas con una superficie de 120 m² cada una.
- Zona para viales, aparcamiento y acopio de materiales con una superficie de 2.548 m².

Se contempla además el trazado de la línea de acometida eléctrica en Alta Tensión (30 kV) a la nueva subestación. El punto de conexión propuesto por el grupo Iberdrola para la alimentación a la nueva subestación eléctrica se corresponde con el apoyo 9027 de la Línea Larraskitu-Burceña 1 y 2.

2.3.1.1 Vía de acceso a la base de mantenimiento

Para garantizar el acceso a la base de mantenimiento de catenaria se ha diseñado un escape situado antes del Paso a Nivel de Santa Águeda y un desvío ubicado a continuación del andén de la vía 2 de la Estación de Santa Águeda. Todos los aparatos de vía son del tipo DSMH-B1-54-190-1:10,5-CR-D y se ubican en dos zonas en las que el trazado en planta y alzado cuenta con alineaciones rectas.

El eje que define el acceso a la base de mantenimiento (eje 9) tiene una longitud de 76,118 metros y el trazado en planta cuenta con alineaciones rectas y un radio de 100 metros. En alzado el acceso tiene dos pendientes de 1,3 y 0 milésimas.

2.3.1.2 Vial de acceso a la parcela

La parcela en la que se ubica la subestación eléctrica y base de mantenimiento de catenaria tiene que contar con un acceso rodado. Para ello se aprovecha el vial existente de acceso a una vivienda de Productos de Fundición S.A. desde el vial de acceso al paso a nivel de Santa Águeda.

El trazado de este vial, definido por el eje 10, tiene una longitud de 129,831 metros. Cuenta con un radio mínimo en planta de 120 metros. En alzado, la pendiente longitudinal máxima es de 11,5 %.

La reposición del vial de acceso a la vivienda se materializa con el eje 12, que cuenta con una longitud de 95 metros. El trazado en planta es una alineación recta y la pendiente longitudinal máxima en alzado es del 4,5 %.

Las capas de la sección de firme de ambos viales, de acuerdo a la Norma 6.1-IC "Secciones de firme" son las siguientes:

- 5 cm de mezclas bituminosas en capa de rodadura.
- 35 cm de zahorra artificial.

Entre ambas capas deberá efectuarse un riego de imprimación.

2.3.2 Puntos de evacuación y rescate

Para dar cumplimiento a la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la "seguridad en los túneles ferroviarios" se han previsto puntos de evacuación y rescate (PER) en las bocas de entrada y salida del túnel de ambas alternativas, los cuales estarán equipados con suministro de agua, tal y como se establece en las ETI.

El PER-1 situado junto a la boca de entrada se localiza entre la línea de ferrocarril actual y el río Cadagua y se accede a él a través del paso superior que salva la línea férrea desde la carretera BI-3742 y del "Camino de acceso a ZIA-1". La superficie elegida para esta instalación no afecta a la zona de servidumbre de protección del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT).

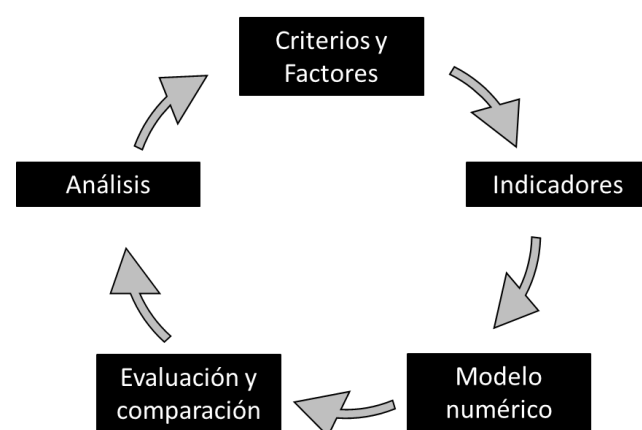
En el PER-2, asociado a la boca de salida del túnel, el espacio con superficie de 500 m² se localiza en la carretera N-634 (Avenida de Montevideo), mientras que el depósito de agua de 100 m³ se ha situado junto al emboquille de salida.

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, factores y conceptos 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, los criterios más utilizados en la valoración de alternativas para un proyecto como el que nos ocupa son los siguientes:

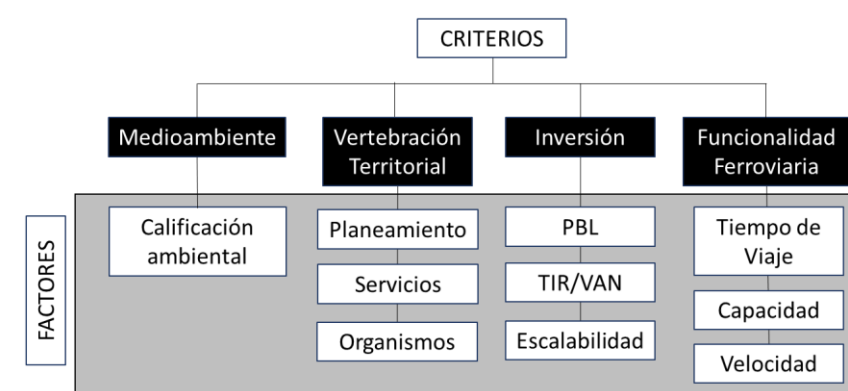
- Medio Ambiente

- Inversión
- Funcionalidad ferroviaria
- Vertebración Territorial => Plazo de ejecución

En cuanto a la afección territorial, la mayor parte de los elementos en superficie son comunes para ambas alternativas: tramos a cielo abierto en el inicio y final del trazado, salidas de los cañones de acceso a la estación, ventilaciones de emergencia, puntos de evacuación y rescate y sus viales de acceso, nueva base de mantenimiento de catenaria, subestación eléctrica y acometida en alta tensión a la misma. La única diferencia se produce en las salidas de emergencia de la estación por Canchas de Zazpilanda y Grupo Aldapeta, que presentan un desplazamiento máximo en planta de 5,2 metros, pero en ambos casos se afecta a la misma superficie y tipo de suelo. Por lo tanto, dado que la afección territorial no es relevante como criterio diferenciador entre alternativas, se sustituye este por el criterio de plazo de ejecución de las obras.

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, deducidos a partir de la evaluación de diversos factores y (en algunos casos) conceptos simples escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración por métodos cuantitativos. Los factores y conceptos simples adoptados dentro de cada criterio se desarrollan en los apartados correspondientes para cada una de las soluciones analizadas. La gradación en criterios, factores y conceptos simples permite una aproximación progresiva a cada alternativa propuesta y a la vez una simplificación de la valoración de las mismas mediante la obtención de una sola puntuación por alternativa para cada criterio. El esquema de gradación adoptado es:

- **Criterio** (Medioambiente, Inversión, Plazo de ejecución, Funcionalidad)
- **Factor** (Presupuesto base de licitación, duración de las obras, longitud útil de vías, etc. cada uno dentro del criterio que le corresponda).
- **Concepto Simple** (m de trazado que discurre por suelo urbano, % de reutilización de excavaciones, etc. cada uno dentro del factor que le corresponda).



Ejemplo de factores para el análisis

A los criterios, factores y conceptos se les asigna unos pesos de ponderación entre 0 y 1, siendo la suma de todos ellos igual a la unidad, 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.
- 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 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:

- Calidad del aire y cambio climático
- Ruido y vibraciones

- Geología y geomorfología
- Suelos
- Hidrogeología
- Aguas superficiales
- Vegetación
- Fauna
- Medio perceptual
- Patrimonio cultural
- Factores sociales y económicos.

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.

3.1.2.2 Inversión

Se ha considerado como indicador fundamental 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.

En el nivel 1 se ha efectuado el escalado inverso dado que la alternativa es tanto más desfavorable cuanto más volumen de inversión requiera.

3.1.2.3 Plazo de ejecución

Desde este criterio se ha considerado la duración de la ejecución de los trabajos del estudio.

En el nivel 1 se ha efectuado el escalado inverso dado que la alternativa es tanto más desfavorable cuanto más se dilate en el tiempo.

3.1.2.4 Funcionalidad

En cuanto a la funcionalidad, tal y como se ha descrito en detalle en el “Anejo Nº 5: Estudio funcional”, las dos alternativas de trazado se tienen una funcionalidad análoga, debido a que en ambos casos los trenes de mercancías sentido Bilbao tienen que cizallar la vía de viajeros sentido

Balmaseda para sortear las vías de viajeros por uno de los laterales y además, la vía única de mercancías condiciona la configuración de mallas de circulación, no siendo esto un problema para las necesidades de transporte ferroviario actuales.

En este sentido se ha tratado de buscar indicadores que resultan representativos de los rasgos diferenciadores de cada alternativa en cuanto a funcionalidad. Entre estos factores, los únicos que cuentan con diferencias entre las alternativas son los siguientes:

- Velocidad de proyecto de vía de mercancías.
- Longitud útil de vía para mercancías.

En este caso, el escalado es lineal en ambos factores siendo las alternativas más favorables las que presentan una mayor velocidad o longitud útil de vía.

3.1.3 Obtención del modelo

Los índices anteriores, que definen la valoración parcial de las alternativas con respecto a los cuatro 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 PATTERN** (Planning Assistance through Technical Evaluation of Relevance Numbers), 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], 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:

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

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 $\sum \beta_j = 1$

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 SAITEC.
- **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 según una prelación establecida.

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.

En este caso establecemos que los pesos (β_j) cumplirán:

$$\begin{cases} \beta_i \in [0,10] \\ \Delta \beta_i = 1 \\ \sum_i \beta_i = 10 \end{cases}$$

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 %.

En este caso establecemos que:

$$\begin{cases} \beta_i \in [1,5] \\ \Delta\beta_i = 0,2 \\ \sum_i \beta_i = 10 \end{cases}$$

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 las siguientes preferencias:

- Medio Ambiente: 1
- Inversión: 2
- Funcionalidad: 3
- Plazo de ejecución 4

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 Medio Ambiente

Para la valoración de los impactos, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones, en función del grado de definición existente en esta fase del estudio de todos los elementos asociados a la plataforma ferroviaria.

Dado el carácter mayoritariamente soterrado de la infraestructura, las obras que se ejecutan en superficie y que suponen una ocupación de suelo, se reducen a las siguientes (comunes a ambas alternativas):

- Emboquille de entrada del túnel y emboquille de salida del túnel.
- Salida de emergencia canchas de Zazpilanda y salida de emergencia Grupo Aldapeta.
- Ventilación de emergencia Norte y ventilación de emergencia Sur.
- Cañón de acceso Parque Alazne López Etxebarria y cañón de acceso Barrio Ignacio Miranda.
- Batería de ascensores C/ Zorrotzagana.
- Punto de Evacuación y Rescate (PER-1), Zona segura final (junto a la ZIA-3 Salida de emergencia Grupo Aldapeta), Zona segura final (junto a la ZIA-5 Salida de emergencia canchas de Zazpilanda) y Punto de Evacuación y Rescate (PER-2).
- Nueva subestación eléctrica y base de mantenimiento de catenaria.
- Nueva línea de acometida eléctrica de alta tensión.
- Camino de acceso a ZIA-1, camino de acceso a la ventilación de emergencia Sur, camino de acceso a la plataforma ferroviaria y camino de acceso al emboquille de salida.
- Zonas de instalaciones auxiliares (ZIA-1, ZIA-2, ZIA-3, ZIA-4, ZIA-5, ZIA-6, ZIA-7 y ZIA-8).

Para la ejecución del proyecto, se realizarán una serie de actuaciones ligadas, tanto a la fase de construcción (obras), como a la fase de explotación. Estas acciones pueden generar impactos sobre los factores ambientales anteriormente identificados.

Dentro de cada fase de proyecto, las acciones potencialmente impactantes serán principalmente:

Fase de Construcción:

- Desbroce y despeje de vegetación.
- Movimientos de tierras y excavaciones.
- Demoliciones y levantes.
- Ejecución del túnel.
- Funcionamiento, mantenimiento y movimiento de maquinaria.
- Ejecución de accesos de obra.
- Construcción de la plataforma ferroviaria.
- Instalaciones auxiliares de obra.
- Implantación de la catenaria.
- Construcción de infraestructuras menores (cañones de acceso, nueva subestación eléctrica y base de mantenimiento, PER, etc.).
- Transporte de tierras a Mina Bilbao.
- Zona de acopio de materiales (residuos, tierras, etc.).

Fase de Explotación:

- Presencia de la infraestructura ferroviaria (incluyendo la nueva subestación eléctrica y base de mantenimiento de catenaria).
- Presencia de la catenaria (incluyendo la nueva línea de acometida eléctrica).
- Circulación ferroviaria.
- Labores de mantenimiento de la infraestructura ferroviaria.

Una vez conocidos los impactos que las distintas alternativas de trazado producen sobre los distintos elementos del medio identificados, tanto en fase de construcción, como en fase de explotación, se procede a comparar los trazados analizados, con el fin de seleccionar la alternativa óptima desde el punto de vista ambiental.

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, según la metodología empleada, explicada en el Estudio de Impacto Ambiental.

Desde el punto de vista medioambiental, las dos alternativas analizadas en el Estudio Informativo son viables en la medida en que ninguna presenta impactos críticos sobre los factores del medio presentes en el territorio atravesado.

	FASE DE CONSTRUCCIÓN		FASE DE EXPLOTACIÓN	
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
1. CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO				
Calidad del aire	COMPATIBLE	COMPATIBLE	POSITIVO	POSITIVO
Huella de carbono	COMPATIBLE	COMPATIBLE	POSITIVO	POSITIVO
2. RUIDO Y VIBRACIONES				
Calidad acústica	COMPATIBLE	COMPATIBLE	POSITIVO	POSITIVO
Calidad vibratoria	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	MODERADO	MODERADO
3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA				
Riesgos geológicos	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
Cambio en las formas del relieve	MODERADO	MODERADO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
4. SUELOS				
Cantidad de suelo: pérdida de suelo	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
Composición del suelo: contaminación, artificialización y otros	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
Ocupación de suelos contaminados	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
5. HIDROGEOLOGÍA				
Impactos sobre la hidrogeología	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
6. AGUAS SUPERFICIALES				
Hidrología superficial: escorrentía, drenaje, etc.	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
Calidad de las aguas superficiales, contaminación, etc.	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE
7. VEGETACIÓN				
Abundancia, densidad y productividad	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
8. FAUNA				
Modificación de hábitat y/o dispersión y aislamiento de poblaciones	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
Mortalidad directa o inducida	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE

	FASE DE CONSTRUCCIÓN		FASE DE EXPLOTACIÓN	
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Especies protegidas y/o amenazadas	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
9. MEDIO PERCEPTUAL				
Calidad intrínseca del paisaje	MODERADO	MODERADO	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
Visibilidad (cuenca visual)	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	MODERADO	MODERADO
10. PATRIMONIO CULTURAL				
Patrimonio Cultural, Arqueológico, Etnológico e Histórico	COMPATIBLE	COMPATIBLE	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
11. FACTORES SOCIALES Y ECONÓMICOS				
Influencia en la economía local	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO
Molestias a la población	COMPATIBLE	COMPATIBLE	POSITIVO	POSITIVO
Compatibilidad con la estructura del territorio	NO SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	COMPATIBLE	COMPATIBLE

Matriz resumen de valoración de impactos en las alternativas analizadas.

Del análisis realizado, hay que indicar que la mayor parte del trazado ferroviario de ambas alternativas discurre por túnel, lo que, en gran medida, minimiza la potencial afección de la infraestructura sobre el medio ambiente de la zona, sobre todo en fase de explotación.

Así mismo, la capacidad de acogida que presenta el territorio en aquellas zonas por las que la traza ferroviaria discurre a cielo abierto y en la zona donde se proyecta el nuevo emplazamiento donde irá la nueva subestación eléctrica y base de mantenimiento y la futura línea de acometida eléctrica, es elevada, dado el alto nivel de antropización que presentan estas zonas. También hay que mencionar que ninguna de las actuaciones proyectadas en las alternativas se encuentra sobre espacios protegidos y, por tanto, no se esperan afecciones directas, ni indirectas sobre los mismos.

Desde el punto de vista ambiental, **se deduce que globalmente las dos alternativas presentan las mismas magnitudes de impacto para todos los factores del medio y, por tanto, la misma valoración global.** Esto se debe, principalmente, a que las actuaciones que se ejecutan en superficie son prácticamente idénticas para las dos alternativas.

Los impactos identificados se concentran principalmente en fase de obras y la mayoría de ellos, pasan a ser positivos o nulos en fase de explotación. Cabe señalar también que no existen impactos severos en ninguna fase.

Durante la fase de construcción, la mayoría de los impactos son compatibles, a excepción de 2 de ellos que son moderados: los impactos geológico-geomorfológicos a consecuencia de los cambios en las formas del relieve (terraplenes y desmontes), y los impactos paisajísticos debido a que ambas alternativas afectarán a zonas de una fragilidad visual alta en diferentes puntos de la obra.

En fase de explotación, muchos de los impactos generados durante las obras se eliminarán y muchos de ellos pasarán a ser positivos o nulos. La supresión de los 2 pasos a nivel existentes (Zorrotza y Zorrogoiti) supondrá la mejora del tráfico y de las conexiones entre las dos partes de Zorrotza, lo que se traducirá en la consiguiente mejora de la calidad del aire del entorno. Igualmente, el soterramiento de la vía supondrá que el impacto acústico producido por la circulación de los trenes se reduzca notablemente en comparación con el actual trazado en superficie.

No obstante, durante la fase de explotación, también se han detectado varios impactos moderados. Por un lado, algunas zonas proyectadas a cielo abierto de la propia infraestructura son visibles desde varias zonas de interés paisajístico, por lo que se prevé que se genere un impacto paisajístico.

Por otro lado, de acuerdo con el Estudio de vibraciones incluido como Apéndice 4 del Estudio de Impacto Ambiental, existen puntos del trazado donde se superarán los objetivos de calidad vibratoria en base a lo establecido en la legislación vigente, por lo que se recomienda el uso de mantas antivibratorias para reducir estos niveles vibratorios.

Los valores establecidos en cada caso son los siguientes:

MAGNITUD DEL IMPACTO	VALOR ASIGNADO
POSITIVO	1
NO SIGNIFICATIVO	0
COMPATIBLE	-1
MODERADO	-3
SEVERO	-5

Con estos valores se trata de penalizar los impactos severos y moderados frente a los compatibles, ponderando además los factores valorados.

Se adjunta tabla con las puntuaciones de los valores globales:

	PONDERACIÓN	FASE DE CONSTRUCCIÓN				PONDERACIÓN	FASE DE EXPLOTACIÓN			
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
		VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO	VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO		VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO	VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO
1. CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO										
Calidad del aire	2	-1	-2	-1	-2	3	1	3	1	3
Huella de carbono	2	-1	-2	-1	-2	3	1	3	1	3
2. RUIDO Y VIBRACIONES										
Calidad acústica	3	-1	-3	-1	-3	3	1	3	1	3
Calidad vibratoria	2	0	0	0	0	3	-3	-9	-3	-9
3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA										
Riesgos geológicos	3	-1	-3	-1	-3	3	0	0	0	0
Cambio en las formas del relieve	3	-3	-9	-3	-9	3	0	0	0	0
4. SUELOS										
Cantidad de suelo: pérdida de suelo	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0
Composición del suelo: contaminación, artificialización y otros	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0
Ocupación de suelos contaminados	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0
5. HIDROGEOLOGÍA										
Impactos sobre la hidrogeología	3	-1	-3	-1	-3	3	0	0	0	0
6. AGUAS SUPERFICIALES										
Hidrología superficial: escorrentía, drenaje, etc.	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0
Calidad de las aguas superficiales, contaminación, etc.	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
7. VEGETACIÓN										
Abundancia, densidad y productividad	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0

	PONDERACIÓN	FASE DE CONSTRUCCIÓN				PONDERACIÓN	FASE DE EXPLOTACIÓN			
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
		VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO	VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO		VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO	VALOR IMPACTO	VALOR PONDERADO
8. FAUNA										
Modificación de hábitat y/o dispersión y aislamiento de poblaciones	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0
Mortalidad directa o inducida	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
Especies protegidas y/o amenazadas	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0
9. MEDIO PERCEPTUAL										
Calidad intrínseca del paisaje	2	-3	-6	-3	-6	3	0	0	0	0
Visibilidad (cuenca visual)	2	0	0	0	0	3	-3	-9	-3	-9
10. PATRIMONIO CULTURAL										
Patrimonio Cultural, Arqueológico, Etnológico e Histórico	3	-1	-3	-1	-3	1	0	0	0	0
11. FACTORES SOCIALES Y ECONÓMICOS										
Influencia en la economía local	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1
Molestias a la población	3	-1	-3	-1	-3	3	1	3	1	3
Compatibilidad con la estructura del territorio	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
			-42		-42			-11		-11

Matriz de valoración de impactos con la ponderación en las alternativas analizadas.

Una vez conocidos los impactos que las dos alternativas propuestas producen sobre los distintos elementos del medio identificados, tanto en fase de construcción, como en fase de explotación, se puede concluir que no existen diferencias entre alternativas, desde el punto de vista ambiental.

Se presenta a continuación la tabla resumen correspondiente a las alternativas, donde se refleja el valor global del impacto para cada una de ellas, según la metodología descrita.

ALTERNATIVA	VALOR GLOBAL
ALTERNATIVA 1	-53
ALTERNATIVA 2	-53

Como se puede observar, el valor de los impactos de la Alternativa 1 y Alternativa 2 será el mismo tanto durante la fase de obras como durante la fase de explotación, debido a que, **las dos alternativas presentan las mismas magnitudes de impacto para todos los factores del medio y, por tanto, la misma valoración global.**

	Alternativa 1	Alternativa 2
Nivel 1 Medioambiente	1,00	1,00
Nivel 2 Medioambiente	-53,00	-53,00

3.2.1.2 Inversión

Tal y como se ha indicado en apartados anteriores, la principal diferencia entre las alternativas se produce en la manera de segregar el tráfico de mercancías a la altura de la nueva estación de Zorrotza, realizando en la alternativa 1 mediante un túnel independiente en vía única y, en la alternativa 2, a través de un muro separador en la propia caverna de la estación.

Este hecho diferenciador es el que ha provocado que la Alternativa 2 resulte la ligeramente más costosa a nivel de inversión.

	Alternativa 1	Alternativa 2
Nivel 1 Inversión	1,00	0,99
Nivel 2 Inversión (Mill. Euros)	116,20	116,80

Por lo tanto, a la vista del volumen de inversión necesario para cada alternativa, se considera que resulta más favorable la **Alternativa 1**.

3.2.1.3 Plazo de ejecución

La alternativa 2, además de contar con una estación en caverna de tres vías (mayor sección), también es la que posee una mayor longitud de túnel en mina de tres vías. Por este motivo el plazo previsto para la ejecución de esta solución es mayor que el de la alternativa 1:

- Plazo de ejecución de alternativa 1: 37 meses
- Plazo de ejecución de alternativa 2: 39 meses

La diferencia en el plazo de ejecución es mínima entre las dos alternativas resultando más favorable la **alternativa 1** según este criterio.

	Alternativa 1	Alternativa 2
Nivel 1 Plazo ejecución	1,00	0,95
Nivel 2 Plazo ejecución (meses)	37,00	39,00

3.2.1.4 Funcionalidad

Los únicos pequeños factores diferenciadores entre alternativas en cuanto a la funcionalidad son la velocidad de diseño y longitud útil de la vía de mercancías.

- Alternativa 1: velocidad 50 km/h y longitud útil de 580 m
- Alternativa 2: velocidad de 45 km/h y longitud útil de 595 m

	Conceptos normalizados		Suma ponderada
	Velocidad máx. mercancías	Longitud útil mercancías	
	0,5	0,5	
Alternativa 1	1,00	0,97	0,99
Alternativa 2	0,90	1,00	0,95

	Conceptos	
	Velocidad máx. mercancías (km/h)	Longitud útil mercancías (m)
Alternativa 1	50	580
Alternativa 2	45	595

En este criterio, ambas alternativas carecen de diferencias relevantes, siendo mejor la **alternativa 1** por la diferencia relativa entre magnitudes.

3.2.2 Modelo numérico y análisis

Según la metodología descrita anteriormente, se han elegido los siguientes criterios y factores en el modelo, con sus correspondientes pesos:

CRITERIOS	FACTORES		
MEDIOAMBIENTE	0,48	Calificación Medioambiental	1
INVERSIÓN	0,24	PBL	1
FUNCIONALIDAD	0,16	Velocidad máx. mercancías	0,5
		Long. Útil mercancías	0,5
PLAZO DE EJECUCIÓN	0,12	Plazo total	1

Asimismo, se han obtenido las siguientes valoraciones de los indicadores definidos y valores normalizados:

	Valoraciones de indicadores			
	MEDIOAMBIENTE	INVERSIÓN	FUNCIONALIDAD	PLAZO DE EJECUCIÓN
	0,48	0,24	0,16	0,12
Alternativa 1	1,00	1,00	0,99	1,00
Alternativa 2	1,00	0,99	0,95	0,95

Con los valores de los indicadores y pesos asignados se obtienen los siguientes análisis de robustez, sensibilidad y preferencias:

ROBUSTEZ	Nº máximos	%
Alternativa 1	286	99,65%
Alternativa 2	1	0,35%
Total	287	100%
Combinaciones usadas	286	

SENSIBILIDAD	Nº máximos	%
Alternativa 1	4576	100%
Alternativa 2		
Total	4576	100%
Combinaciones usadas	4576	

PERTINENCIA	Medioambiente	Inversión	Funcionalidad	Plazo ejecución	Valoración	Valoración (0,1)
Peso	0,48	0,24	0,16	0,12		
Alternativa 1	1	1	1	1	1	1,00
Alternativa 2	1	0	0	0	0,48	0,48

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:

- Medio Ambiente (considerando geomorfología, edafología, hidrología, vegetación, fauna, ruido, medio atmosférico, paisaje, espacios naturales, patrimonio histórico-cultural, medio socioeconómico y aceptación social).
- Inversión (Presupuesto Base de Licitación).
- Funcionalidad (velocidad máxima de trenes de mercancías y longitud útil de la vía exclusiva de mercancías).
- Plazo de ejecución.

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 PATTERN, 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 los resultados pone de relieve la superioridad de la **alternativa 1** frente a la alternativa 2.

- **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%.

El análisis de los resultados pone de relieve la superioridad de la **alternativa 1** frente a la alternativa 2.

- **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: Medio Ambiente - Inversión – Funcionalidad – Plazo de ejecución.

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

4.2 Conclusiones del análisis

Según las valoraciones obtenidas en los cuatro criterios aplicados, se observa que **las alternativas 1 y 2 presentan una clara diferencia en el análisis de preferencias siendo muy similares en sus valoraciones cuantitativas**. Respecto a los análisis de robustez y sensibilidad, la alternativa 1 se presenta como más ventajosa por cuanto puntúa favorablemente en los cuatro criterios, aunque, habiendo dos únicas alternativas propuestas, resulta menos representativo.

En conclusión, la alternativa 1 es ligeramente mejor en términos de funcionalidad, con mayor velocidad máxima y menor longitud útil para la vía exclusiva de mercancías, así como presupuesto y plazo de ejecución ligeramente inferiores.

En contraposición, la alternativa 2 solo iguala en el impacto medioambiental a la alternativa 1.

En relación con lo anterior, PUEDE CONCLUIRSE QUE, SI BIEN LAS DOS ALTERNATIVAS PLANTEADAS RESULTAN VIABLES SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y FERROVIARIOS DE DISEÑO, EL ANÁLISIS SEÑALA A LA **ALTERNATIVA 1** (alternativa con túnel independiente para tráfico de mercancías) **COMO LA SOLUCION ÓPTIMA**, ATENDIENDO A CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES, FUNCIONALES, ECONÓMICOS Y DE PLAZO DE EJECUCIÓN.