
20. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

ANEJO 20

ÍNDICE

1. Introducción y objeto 1

2. Metodología de análisis 1

2.1. Descripción general de la metodología de análisis.....1

2.2. Determinación de los criterios de valoración2

2.3. Obtención de indicadores2

2.4. Obtención del modelo.....3

2.5. Análisis4

2.5.1. Método PATTERN para la obtención de los índices de pertinencia.....4

2.5.2. Análisis de Robustez4

2.5.3. Análisis de sensibilidad.....5

2.5.4. Análisis de preferencias.....5

3. Análisis multicriterio 6

3.1. Factores y conceptos simples6

3.1.1. Factores6

3.1.2. Conceptos simples6

3.2. Justificación de los criterios6

3.3. Justificación de los factores y conceptos simples.....7

3.3.1. Afección Medio Ambiente7

3.3.2. Vertebración territorial7

3.3.3. Funcionalidad11

3.3.4. Criterio económico.....12

3.4. Valoración de las alternativas.....12

3.4.1. Modelo13

3.4.2. Análisis multicriterio.....13

1. Introducción y objeto

El presente anejo tiene como objetivo el análisis comparativo de las distintas alternativas estudiadas en el *Estudio Informativo Complementario de la Nueva Red Ferroviaria en el País Vasco. Tramo: Astigarraga-Oiartzun-Lezo*, con el fin de seleccionar aquella que presenta un mayor nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y que, en consecuencia, se propondrá para su desarrollo en fases posteriores.

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

El trazado de ambas alternativas se ha coordinado en su inicio con el trazado del Proyecto de Construcción de Plataforma en La N.R.F.P.V. Tramo: Hernani-Astigarraga. En la zona del nudo de Astigarraga y en el nudo de Oiartzun ambas alternativas tienen el mismo comportamiento y diseño derivado de los condicionantes funcionales de las diferentes conexiones lo que no permite grado de libertad alguno a la solución para el planteamiento de soluciones alternativas. El tramo de vía general entre ambos nudos presenta trazados sustancialmente diferentes, definiéndose dos alternativas denominadas:

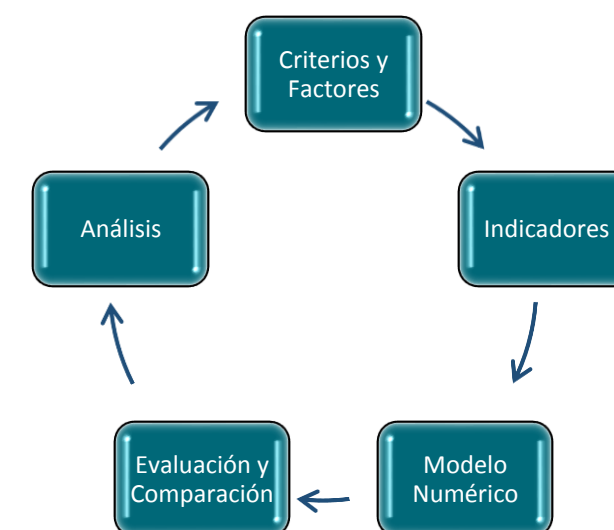
- Alternativa Norte, coincidente con la alternativa propuesta en el Estudio Informativo Complementario de la Nueva Red Ferroviaria en el País Vasco. Tramo: Astigarraga - Oiartzun – Lezo anterior con modificaciones en los nudos para cumplir con la funcionalidad requerida.
- Alternativa Sur.
- Alternativa Centro.

2. Metodología de análisis

2.1. Descripción general de la metodología de análisis

La metodología de análisis que conduce a la selección de la alternativa óptima en el *Estudio Informativo Complementario de la Nueva Red Ferroviaria en el País Vasco. Tramo: Astigarraga-Lezo* se ha basado en el desarrollo del siguiente proceso:

- Determinación de los criterios, factores y conceptos simples 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.

2.2. Determinación de los criterios de valoración

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

- Medio Ambiente
- Vertebración Territorial
- Funcionalidad
- 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, 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, Vertebración territorial, Funcionalidad, Inversión)
- **Factor** (Planeamiento, criterios geotécnicos, Tiempo de marcha, PBL, 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)

Por otro lado, a cada uno de los cuatro criterios anteriores se le asigna un peso entre 0 y 1 teniendo en cuenta la importancia de cada uno, de manera que la suma de todos los pesos debe ser 1. A su vez, a cada uno de los factores que componen los anteriores criterios, se les asigna también un peso entre 0 y 1, siendo la suma total de los mismos 1. Además, como se ha indicado anteriormente cada uno de esos factores puede ser medido mediante uno o varios conceptos simples, que también se ponderan con valores entre 0 y 1 sumando en conjunto 1.

2.3. 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 (conceptos simples), empleando cuando sea necesario pesos basados en factores objetivos para graduar el nivel de influencia de cada uno de estos factores compuestos.

En este nivel se manejan tablas de este tipo:

Tabla 1 TABLA DE PONDERACIÓN NIVEL 2

	PONDERACIÓN	.....	ALTERNATIVA I	.....
Factor k	-	....	$\sum d_{ij} \cdot p_j$	....
.....	..	..		..
Concepto simple j	p_j	..	d_{ij}	..
.....	..	..	..	..

p_j = Peso otorgado al concepto simple j
 d_{ij} = Valor deducido o medido de la alternativa i para el factor k
 $\sum d_{ij} \cdot p_j$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el factor k

- **Nivel 1:** en él se produce la homogeneización de los valores obtenidos para cada factor, situándolos todos en la misma escala [0,1] mediante un escalado proporcional. Después, aplicando los pesos para cada factor se calcula la puntuación final, cuyo valor también debe estar comprendido entre 0 y 1.

De esta forma, en este nivel se manejan tablas de este tipo:

Tabla 2 TABLA DE PONDERACIÓN NIVEL 1

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

p'_k = Peso otorgado al factor k
 V_{ik}^{*} = Puntuación $\sum d_{ij} \cdot p_j$ homogeneizada en el intervalo [0,1]
 $\sum V_{ik}^{*} \cdot p'_k$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el criterio h
 V_{ih}^{**} = Puntuación $\sum V_{ik}^{*} \cdot p'_k$ homogeneizada en el intervalo [0,1]

2.4. Obtención del modelo

Tras el análisis y evaluación de la aptitud de cada alternativa con respecto a los criterios fijados en el presente estudio, las puntuaciones comprendidas en el intervalo [0,1] reflejan dichas aptitudes. Esos valores se agrupan para formar el modelo numérico que se utilizará posteriormente como una herramienta básica del análisis multicriterio.

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

La fórmula que permite la homogeneización de unas puntuaciones comprendidas en un intervalo [valor pésimo, valor óptimo] distinto para cada caso, es la siguiente:

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

Donde:

- A: "valor óptimo" del intervalo inicial
- B: "valor pésimo" del intervalo inicial
- 1: "valor óptimo" del intervalo [0,1]
- 0: "valor pésimo" del intervalo [0,1]

De forma que:

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

Donde:

- X: Puntuación en el intervalo inicial
- Y: Puntuación resultante en el intervalo homogeneizado

Con el modelo generado se pueden desarrollar distintos métodos de análisis, empleando criterios diferentes de ponderación, de manera que se alcancen los objetivos del proceso de análisis de alternativas.

El modelo es como sigue:

Tabla 3 TABLA DE MODELO

	PONDERACIÓN		ALTERNATIVA I	.....
.....	-	...	...	...
.....	-	...	...	...
CRITERIO h	-	...	V_{ih}^{**}	...
.....	-	...	...	...

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

2.5. Análisis

Tras la obtención del modelo numérico se deben 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.
- **Análisis de sensibilidad:** Consiste en aplicar el mismo procedimiento que en el análisis de robustez, pero limitando los valores posibles de cada peso a un cierto rango, de manera que se intenta ir acercando las ponderaciones de los criterios a las que el analista considera más apropiadas por las características de la zona de estudio. Se evita así tomar en consideración en el análisis ponderaciones extremas que podrían distorsionarlo. De esta forma se mantiene aún un gran nivel de objetividad en los resultados.
- **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.

Todos los análisis anteriores usan para la valoración de las alternativas los denominados ÍNDICES DE PERTINENCIA, que son las puntuaciones resultantes de operar los índices del modelo con diferentes combinaciones de pesos, tal y como se ha descrito, y homogeneizarlos en el intervalo [0,1]. En este caso, y a diferencia de cuando se crearon los índices del modelo, la homogeneización se

realiza empleando el Método Pattern, que otorga el valor 1 a la alternativa de mayor puntuación del análisis y el valor 0 a la de menor.

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

El método PATTERN (**P**lanning **A**ssistance **T**hrough **T**echnical **E**valuation Of **R**elevance **N**umbers) permite sintetizar, en los análisis de sensibilidad y preferencias, las puntuaciones obtenidas por las alternativas para cada criterio, mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación variables, en un solo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1]¹ (siendo 0 el valor pésimo y 1 el valor óptimo). Este método crea un modelo que permite la comparación directa de las alternativas. De esta forma, se obtiene una matriz de alternativas/criterios, de la que se deduce el IP de cada alternativa de la siguiente forma:

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

Donde:

a_{ij} es la puntuación obtenida por la alternativa i para el criterio j
 β_j es el peso o coeficiente de ponderación del criterio j, cumpliéndose la condición de que $\sum \beta_j = 1$
MAX es el valor máximo de $\sum \beta_j a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas
MIN es el valor mínimo de $\sum \beta_j a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas

2.5.2. Análisis de Robustez

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

¹ Esto supone una modificación con respecto al método de Pattern clásico, en el cual el índice IP no se limita al intervalo mencionado, con esto se facilita la comparación de alternativas.

combinaciones de ponderaciones en cada aplicación y para cada criterio del tipo [(10,0,0,0); (9,1,0,0); (9,0, 1,0);; (0,0, 1, 9); (0,0,0,10)]. El resultado a que se llega es el número de veces que cada alternativa obtiene la máxima calificación y el porcentaje de dichos casos respecto al total de posibilidades tanteadas, función del intervalo y salto seleccionados.

2.5.3. *Análisis de sensibilidad*

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

Tabla 4 TABLA DE RANGOS DE VARIACIÓN

CRITERIO	RANGO DE PESOS
Medio Ambiente	[2.0 – 6.0]
Vertebración Territorial	[0.0 – 2.0]
Inversión	[2.0 – 6.0]
Funcionalidad	[0.0 – 2.0]

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

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

2.5.4. *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:

Tabla 5 TABLA DE PESOS DE PONDERACIÓN

CRITERIO	PESOS
Medio Ambiente	0.40
Vertebración Territorial	0.20
Inversión	0.30
Funcionalidad	0.10

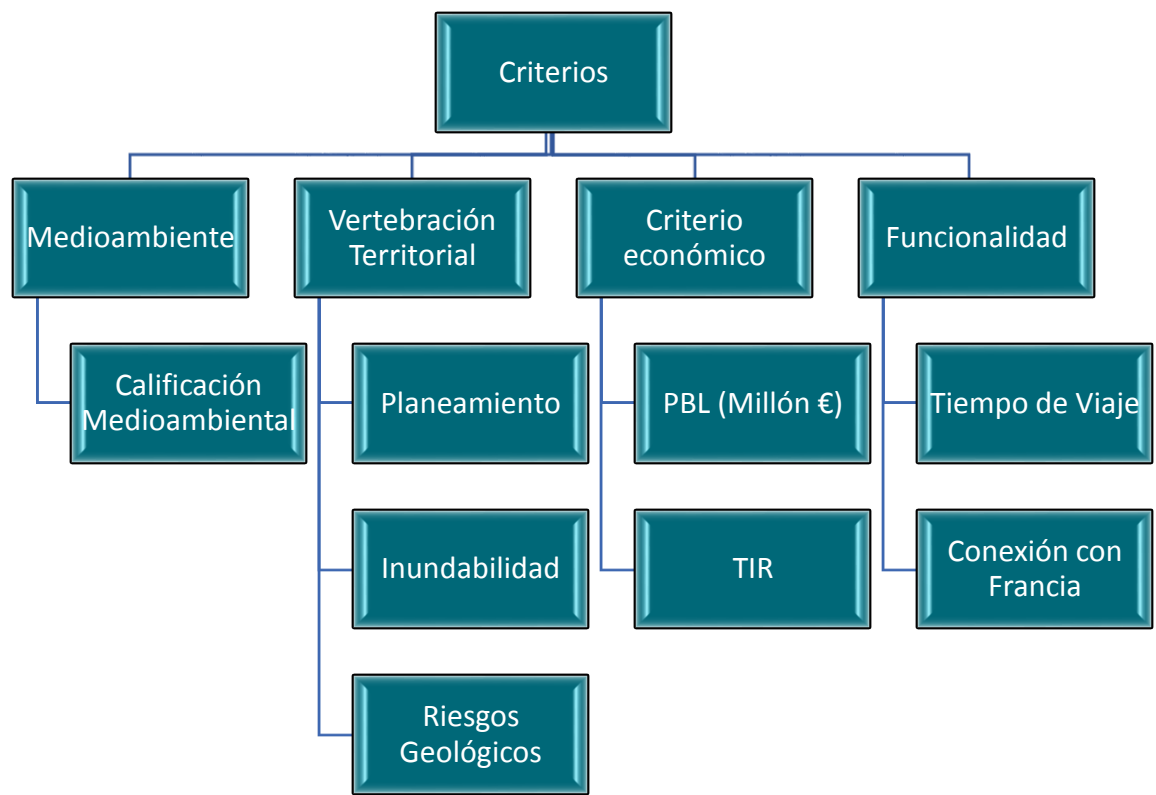
El resultado permite asegurar el diagnóstico dado para cada alternativa por los demás análisis con respecto al grado de cumplimiento de los objetivos de la actuación y su nivel de integración en el entorno.

3. Análisis multicriterio

3.1. Factores y conceptos simples

3.1.1. Factores

Se definen a continuación los factores que se han analizado para cada uno de los criterios principales, así como los pesos adjudicados a cada uno de ellos. Los factores, criterios y pesos a considerar son los siguientes:



3.1.2. Conceptos simples

Tabla 6 TABLA DE CONCEPTOS SIMPLES

CRITERIOS		FACTORES
Medioambiente	0,4	Calificación Medioambiental
Vertebración Territorial	0,2	Planeamiento Inundabilidad Riesgos Geológicos
Inversión	0,3	PBL sin IVA (Millón €) TIR
Funcionalidad	0,1	Tiempo de viaje Conexión con Francia

La justificación de cada uno de los factores y criterios adoptados se incluye a continuación.

3.2. Justificación de los criterios

Se han analizado cuatro criterios principales, que se adaptan a las zonas de estudio y a los principales aspectos que se persigue evaluar para las alternativas

Tabla 7 TABLA DE PESOS DE PONDERACIÓN

CRITERIOS	
Medioambiente	0.40
Vertebración territorial	0.20
Inversión	0.30
Funcionalidad	0.10

Los pesos asignados obedecen a la importancia de cada uno de los criterios seleccionados teniendo en cuenta el tipo de estudio que se está llevando a cabo, **la zona donde se desarrolla** y la experiencia en estudios similares; así, los criterios a los cuales se les ha dado mayor relevancia es el de **Medioambiente** y el de **Inversión** debido al impacto que tienen en la selección de la alternativa idónea, seguido de la Vertebración Territorial y la Funcionalidad.

Dentro de cada Criterio se analizan aquellos Factores cuantificables de especial importancia que sirvan para valorar, puntuar y diferenciar cada una de las alternativas estudiadas.

Se describen a continuación los factores que se han ido analizando en las diferentes alternativas.

3.3. Justificación de los factores y conceptos simples

3.3.1. Afección Medio Ambiente

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (modificada por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre), en su Anexo VI, indica que el Estudio de Impacto Ambiental incluirá la identificación, cuantificación y valoración de los efectos significativos previsibles de las actividades proyectadas sobre los aspectos ambientales, para cada alternativa examinada.

La metodología seguida para la identificación, cuantificación y valoración de los impactos en el presente estudio, se ajusta a lo establecido en la citada Ley, y se describe detalladamente en el Documento nº4 Estudio de Impacto Ambiental de este estudio.

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.

En la tabla siguiente se muestra el resumen de la valoración contenida en el Estudio de Impacto Ambiental en detalle.

Tabla 8 TABLA RESUMEN VALORACIÓN AMBIENTAL

ALTERNATIVAS	
ALTERNATIVA NORTE	-169
ALTERNATIVA SUR	-151
ALTERNATIVA CENTRO	-151

3.3.2. Vertebración territorial

Para el estudio del criterio de Vertebración territorial se han establecido tres criterios:

- Planeamiento: el factor de los suelos atravesados en referencia al Planeamiento existente en los territorios atravesados, lo que supone la huella de la actuación y determina la relevancia en cuanto a su afección al territorio.
- Inundabilidad: Se intenta valorar como discurre cada alternativa por la zona inundable del Urumea y el posible efecto barrera producido.
- Riesgos geológicos: Se intenta valora la factibilidad o no de las soluciones constructivas, para ello se evalúan tanto riesgos geológicos como hidrogeológicos mayormente ligados a la ejecución de los túneles.

Tabla 9 TABLA DE FACTORES CRITERIO VERTEBRACIÓN TERRITORIAL

Vertebración Territorial	0,2	Planeamiento
		Inundabilidad
		Riesgos geológicos

3.3.2.1. Planeamiento

Para evaluar el criterio de Planeamiento se ha tenido en cuenta el tipo de suelo que atraviesa el trazado. Con el objeto de establecer unos factores que aseguren el establecimiento de las alternativas que menos impacto y más adecuación al planeamiento supongan, se plantean unos rangos cuantitativos que permiten el análisis multicriterio unificado.

En concreto, se ha establecido como factor clave a estudiar:

- La clase de suelo establecida por los diferentes instrumentos de ordenación del territorio, o de planeamiento urbanístico en su caso, que están en vigor en los municipios presentes en el ámbito de estudio, por la que discurre cada alternativa. De acuerdo al Anejo nº 17 de Expropiaciones se han clasificado los diferentes terrenos de paso en función del tipo de uso del suelo:

Tabla 10 TABLA DE USOS DEL SUELO

USOS
Pastos
Monte alto
Improductivo
Dominio publico
Frutales
Huerta
Invernaderos
Labor de secano
Suelo urbanizable
Suelo urbanizable no sectorizado
Suelo urbano consolidado
Suelo urbano no consolidado

Se han calculado las diferentes superficies ocupadas por todas las alternativas estudiadas. En alguno de los casos no resulta significativa la comparación al no suponer diferencias cuantificables.

Finalmente se han adoptado estos factores:

- Suelo Urbano y Urbanizable (m²): el óptimo sería el trazado sin afección a este tipo de suelo al que se le asignaría un valor 1. El pésimo es la mayor superficie de afección entre las alternativas y se le asignará un valor 0.
- Dominio Público (%): el óptimo sería un trazado que discurra al 100% sobre dominio público y se le asigna un valor 1. El pésimo un trazado con el menor porcentaje del mismo sobre suelo público de entre las alternativas estudiadas y se le asignará un valor 0.
- Otras afecciones (m²): se contabilizan afecciones a edificaciones existentes, el óptimo sería el trazado sin afecciones de este tipo al que se le asignaría un valor 1. El pésimo es la mayor superficie de afección entre las alternativas y se le asignará un valor 0.

Tabla 11 TABLA DE FACTORES DE PLANEAMIENTO

PLANEAMIENTO	0,4	(m²) Suelo Urbanizable y Urbano	0,3	Óptimo 0 y pésimo el mayor valor
		(%) Dominio Público	0,5	Óptimo 100% y pésimo el menor valor
		(m²) Otros bienes	0,2	Óptimo 0 y pésimo el mayor valor

A continuación, se incluye una tabla resumen de los terrenos atravesados por alternativa, en el **Anejo nº17 Expropiaciones** se incluye el detalle de los cálculos realizados, así como planos justificativos de cada una de las alternativas.

Tabla 12 TABLA RESUMEN DE SUELOS ATRAVESADOS

SUPERFICIE (m²) POR USOS DEL SUELO Y ALTERNATIVA											
	pastos	monte alto	improductivo	frutales	huerta	invernaderos	labor de secano	SUELO URBANIZABLE	SUELO URBANIZABLE NO SECTORIZADO	SUELO URBANO CONSOLIDADO	SUELO URBANO NO CONSOLIDADO
ALTERNATIVA NORTE	58.870	26.499	48.178	448	341	1.507	37.233	64.276	0	43.105	0
ALTERNATIVA SUR	62.245	37.607	44.792	3.545	364	2.212	24.869	11.203	0	35.444	7.787
ALTERNATIVA CENTRO	35.020	32.017	41.229	2.641	364	1.819	23.334	12.358	2.163	34.973	6.742

Tabla 13 TABLA RESUMEN PLANEAMIENTO

				Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Planeamiento	0,50	(m²) Suelo Urbano y Urbanizable	0,3	107.381,00	54.434,00	56.236,00
				0,00	0,49	0,48
		(%) Dominio Público	0,5	38,23%	42,52%	46,61%
				0,00	0,07	0,14
		(m²) Otros Bienes	0,2	31.092,00	9.414,00	9.414,00
				0,00	0,70	0,70
SUBTOTAL			0,00	0,32	0,35	

3.3.2.2. Inundabilidad

En general el comportamiento de todas las alternativas es muy similar dados los trazados estudiados. Existe una zona de especial relevancia como es el **río Urumea**. Las actuaciones en cualquiera de las alternativas plantean viaductos de gran longitud para el cruce de la zona inundable ligada a este río.

En este sentido y tras un análisis previo, se proponen tres alternativas de cruce, realizando un estudio hidráulico de la problemática de la zona, con el objetivo fundamental de cuantificar la afección de los nuevos trazados al comportamiento frente a la situación actual, este estudio se incluye en el Anejo nº6 Climatología, Hidrología y Drenaje.

En el diseño de estas infraestructuras se ha respetado un resguardo mínimo de 1,00 m exigido por la Norma 5.2-IC de drenaje superficial bajo el intradós respecto de la lámina de inundación para periodo de retorno de 500 años.

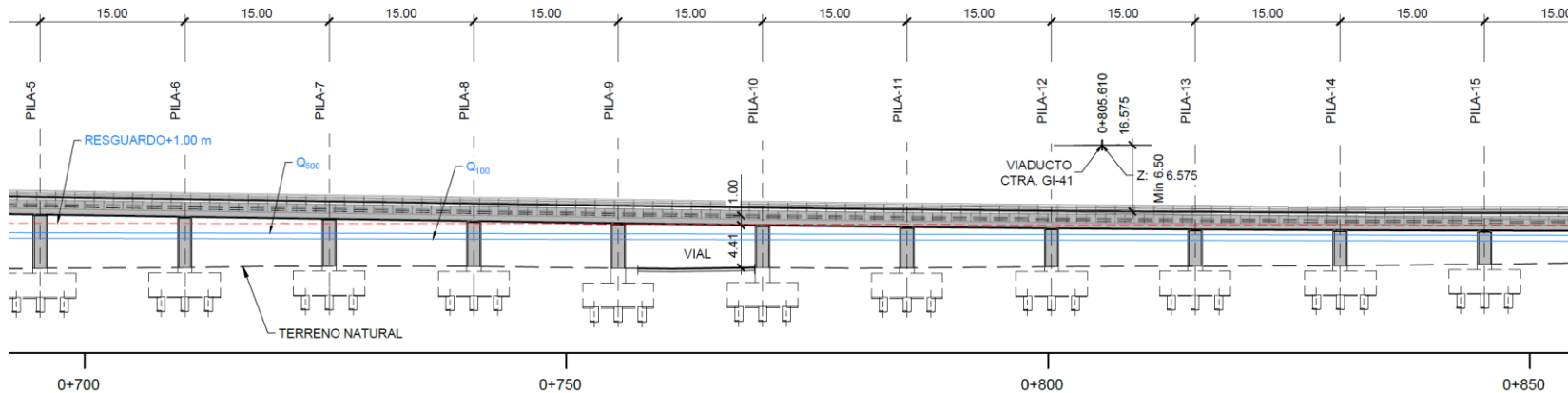
Indicar no obstante que la Alternativa Norte se haya muy condicionada por el cruce con la carretera GI-131M y no respeta este resguardo en esa zona como puede verse en la imagen adjunta.

Para evaluar el comportamiento de cada viaducto de cruce de la infraestructura se ha comprobado la longitud de tablero mojada para un resguardo mínimo de 1,50 m correspondiente con los criterios de drenaje de ADIF, siendo la óptima aquella que respeta este resguardo y pésima la alternativa con una mayor longitud de tablero mojada.

Tabla 14 TABLA RESUMEN INUNDABILIDAD

				Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Inundabilidad	0,35	(m) Viaducto Urumea	1	297,00	152,00	81,00
				0,00	0,49	0,73
		SUBTOTAL		0,00	0,49	0,73

En el Documento nº2 Planos se encuentran estas estructuras de cruce con los niveles y resguardos indicados.



3.3.2.3. Criterios geológicos

Dadas las características de las diferentes alternativas se considera adecuado incluir como factor un criterio geológico que integra en este caso los riesgos puramente geológicos e hidrogeológicos más ligados a la ejecución de los túneles.

No se tiene en cuenta el % reutilización de los materiales excedentes al presentar todas las alternativas valores muy similares y no ser por tanto un elemento de juicio adecuado.

El criterio de riesgo geológico analiza en función de la litología atravesada por las diferentes alternativas los siguientes riesgos:

- Suelos/rocas agresivas
- Suelos/rocas expansivas
- Karstificación
- Suelos blandos
- Deslizamientos
- Caída de bloque
- Erosión/Acarcavamiento

▪ Inundación

Respecto a los riesgos hidrogeológicos se analiza en función de las permeabilidades presentes en las diferentes litologías y la presencia de zonas saturadas.

En el anejo nº4 Geología y Geotecnia se incluye el análisis realizado, a continuación de adjunta una tabla resumen de los resultados.

Tabla 15 TABLA ANÁLISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS

	Norte	Sur	Centro
RIESGO GEOLÓGICO	37,93	43,24	32,61
RIESGO HIDROGEOLÓGICO	50,43	63,33	62,83
REUTILIZACIÓN (%)	99	96	97
INDICADOR DE RIESGO GEOLÓGICO (riesgo/km)	3,46	4,16	3,07
INDICADOR DE RIESGO HIDROGEOLÓGICO (riesgo/km)	4,60	6,09	5,91

Se toma como un indicador normalizado por km que expresa más adecuadamente el riesgo de cada alternativa.

Tabla 16 TABLA RESUMEN RIESGOS GEOLÓGICOS

				Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Riesgos Geológicos	0,15	(riesgo/km) Indicador Riesgo Geológico	0,6	3,46	4,16	3,07
				0,64	0,00	1,00
		(riesgo/km) Indicador Riesgo Hidrogeológico	0,4	4,60	6,09	5,91
				1,00	0,00	0,12
		SUBTOTAL		0,78	0,00	0,65

3.3.3. Funcionalidad

Se pretende medir en esta opción la funcionalidad de la obra, valorando por tanto en mayor medida aquellas que mejor resuelven el funcionamiento de la misma. Se toman como criterios el tiempo de viaje en vía general y la compatibilidad con Francia y como se produce esta.

3.3.3.1. Tiempo de viaje

En las zonas de las conexiones en Astigarraga y Oiartzun las alternativas presentan similares características para dar respuesta a la funcionalidad requerida.

Por lo tanto, el factor que se ha adoptado en el multicriterio es el tiempo de recorrido por vía general, para lo que se han realizado simulaciones de las diferentes alternativas con circulaciones tipo.

Como se puede ver en la tabla siguiente, todas las alternativas presentan tiempos muy similares, la mayor diferencia se produce debido a la diferente longitud de las alternativas que circulan por el corredor Norte frente a las alternativas que circulan por el corredor Sur (ver Anejo nº2 Estudio Funcional).

Tabla 17 TABLA RESUMEN DE TIEMPOS DE RECORRIDO

Distancia (km)	Tramo	Tiempo total
7,638	Astigarraga - Conexión directa Frontera Francesa	0:04:40
3,222	Conexión directa Frontera Francesa - Conexión línea Madrid-Hendaya	0:02:16
5,800	Conexión línea Madrid-Hendaya - Irún	0:04:59
16,660	Alternativa Norte Astigarraga - Irún	0:11:55
7,121	Astigarraga - Conexión directa Frontera Francesa	0:04:15
3,178	Conexión directa Frontera Francesa - Conexión línea Madrid-Hendaya	0:02:06
5,800	Conexión línea Madrid-Hendaya - Irún	0:05:02
16,099	Alternativa Sur Astigarraga - Irún	0:11:23
7,359	Astigarraga - Conexión directa Frontera Francesa	0:04:17
3,178	Conexión directa Frontera Francesa - Conexión línea Madrid-Hendaya	0:02:09
5,800	Conexión línea Madrid-Hendaya - Irún	0:04:59
16,337	Alternativa Centro Astigarraga - Irún	0:11:25

3.3.3.2. Conexión con Francia

Respecto a la conexión con Francia, se ha considerado óptima aquella que se realizaría de por vía directa (Alternativas Sur y Centro), penalizando la que únicamente se podría realizar por vía desviada, como sería el caso de la Alternativa Norte, suponiendo por tanto una limitación puntual de la velocidad.

Tabla 18 TABLA RESUMEN FUNCIONALIDAD

					Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro	
Funcionalidad	0,1	Tiempo de viaje (h)	0,80	Valores	0:11:55	0:11:23	0:11:25	
				Valores Hom.	0,08	0,62	0,59	
		Conexión Francia	0,20	Valores	0,00	1,00	1,00	
				Valores Hom.	0,00	1,00	1,00	
		SUBTOTAL				0,06	0,70	0,67

3.3.4. Criterio económico

3.3.4.1. PBL sin IVA

En el análisis multicriterio también se valora el coste de inversión de cada una de las alternativas planteadas. El primero de los factores analizado es el Presupuesto Base de Licitación antes de IVA expresado en millones de euros.

Se considera un valor del P.B.L. por debajo de 300 M€ sería un resultado óptimo y que uno por encima de 400M€ como indeseable. De ahí que a estos valores se les dé puntuaciones de 1 y 0, interpolándose para el resto.

Tabla 19 PRESUPUESTOS ALTERNATIVAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ALTERNATIVA NORTE	ALTERNATIVA SUR	ALTERNATIVA CENTRO
1	NUDO DE ASTIGARRAGA	35,83 M€	35,83 M€	35,83 M€
2	VARIANTE ASTIGARRAGA-LEZO	195,72 M€	222,20 M€	219,43 M€
3	CONEXIÓN HACIA IRÚN	18,44 M€	18,44 M€	18,44 M€
4	RAMAL AL PUERTO	20,32 M€	20,90 M€	20,90 M€
SUMA		270,30 M€	297,37 M€	294,60 M€
VARIOS E IMPREVISTOS (10 %)		27,03 M€	29,74 M€	29,46 M€
SEGURIDAD Y SALUD (2%)		5,95 M€	6,54 M€	6,48 M€
TOTAL P.E.M.(Millones €)		303,27 M€	333,65 M€	330,54 M€
Gastos Generales (13%)		39,43 M€	43,37 M€	42,97 M€
Beneficio Industrial (6%)		18,20 M€	20,02 M€	19,83 M€
SUMA		360,89 M€	397,04 M€	393,34 M€
IVA (21%)		75,79 M€	83,38 M€	82,60 M€
TOTAL P. B. L. (Millones €)		436,68 M€	480,42 M€	475,94 M€

3.3.4.2. TIR

El otro indicador del criterio económico es la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada una de las alternativas. Se considera un valor del T.I.R. por encima del 3,50% sería un resultado óptimo y que uno por debajo del 2,5% sería indeseable. De ahí que a estos valores se les dé puntuaciones de 0 y 1, interpolándose para el resto.

Precios constantes miles de euros 2018 (3%)	ALTERNATIVA		
CONCEPTO	ALTERNATIVA NORTE	ALTERNATIVA SUR	ALTERNATIVA CENTRO
Inversiones	233.635	239.460	237.414
Inversión en Infraestructura	233.635	239.460	237.414
Inversión en Material Móvil	0	0	0
Gastos Explotación	-6.205	-10.375	-8.605
Infraestructura	19.503	18.505	18.928
Operación de la EE.FF.	-25.708	-28.880	-27.533
TOTAL COSTES	227.430	229.085	228.809
BENEFICIOS	227.806	235.177	233.668
Ahorro de Tiempo	94.786	100.392	99.632
Ahorro de Accidentes	120.007	120.167	120.099
Ahorro costes ambientales	13.012	14.618	13.937
BENEFICIO-COSTES SOCIOECONOMICOS	375	6.092	4.859
TIR	3,01%	3,10%	3,08%

En la tabla adjunta puede observarse las valoraciones de ambos factores en cada una de las alternativas.

Tabla 20 TABLA RESUMEN INVERSIÓN

					Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Inversión	0,3	PBL SIN IVA (Millón €)	0,40	Valores	360,89	397,04	393,34
				Valores Hom.	0,78	0,06	0,13
		TIR	0,60	Valores	3,01%	3,10%	3,08%
				Valores Hom.	0,51	0,60	0,58
		SUBTOTAL				0,62	0,38	0,40

3.4. Valoración de las alternativas

A continuación, se incluyen las tablas resumen donde se incluyen los resultados del multicriterio con los valores cuantificados de los distintos factores y conceptos simples (nivel 2) y los valores homogeneizados en el intervalo (0,1).

Los valores cuantificados de los diversos factores y conceptos simples se encuentran recogidos en sus respectivos anejos y documentos.

Tabla 21 TABLA DE VALORACIÓN

					Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro	
Medioambiente	0,40	Calificación Medioambiental	1,00	Valores	-169,00	-151,00	-151,00	
				Valores Hom.	0,00	1,00	1,00	
		SUBTOTAL				0,00	1,00	1,00
		HOM. SUBTOTAL				0,00	1,00	1,00
Vertebración Territorial	0,20	Planeamiento	0,50	Valores	0,00	0,32	0,35	
				Valores Hom.	0,00	0,92	1,00	
		Inundabilidad	0,35	Valores	297,00	152,00	81,00	
				Valores Hom.	0,00	0,67	1,00	
		Riesgos geológicos	0,15	Valores	0,78	0,00	0,65	
				Valores Hom.	1,00	0,00	0,83	
		SUBTOTAL				0,15	0,69	0,97
		HOM. SUBTOTAL				0,00	0,66	1,00
Inversión	0,30	PBL SIN IVA (Millón €)	0,40	Valores	360,89	397,04	393,34	
				Valores Hom.	0,78	0,06	0,13	
		TIR	0,60	Valores	0,03	0,03	0,03	
				Valores Hom.	0,51	0,60	0,58	
		SUBTOTAL				0,62	0,38	0,40
		HOM. SUBTOTAL				1,00	0,00	0,07
Funcionalidad	0,10	Tiempo de viaje (h)	0,80	Valores	0,01	0,01	0,01	
				Valores Hom.	0,08	0,62	0,59	
		Conexión con Francia	0,20	Valores	0,00	1,00	1,00	
				Valores Hom.	0,00	1,00	1,00	
		SUBTOTAL				0,06	0,70	0,67
		HOM. SUBTOTAL				0,00	1,00	0,96

3.4.1. Modelo

Se ha realizado un análisis multicriterio con el objetivo de definir la solución óptima a desarrollar en las siguientes etapas. Un resumen de los resultados de este análisis multicriterio se expone a continuación:

Tabla 22 TABLA MODELO

	Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Medioambiente	0,00	1,00	1,00
Vertebración Territorial	0,00	0,66	1,00
Inversión	1,00	0,00	0,07
Funcionalidad	0,00	1,00	0,96

3.4.2. Análisis multicriterio

3.4.2.1. Preferencias

Este método consiste en la aplicación de pesos para cada criterio de acuerdo a preferencias subjetivas consideradas como las más apropiadas por el equipo de diseño para obtener aquella que presenta un mejor comportamiento.

Tabla 23 TABLA ANÁLISIS DE PREFERENCIAS

PREFERENCIAS		Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Medioambiente	0,40	0,00	1,00	1,00
Vertebración Territorial	0,20	0,00	0,66	1,00
Inversión	0,30	1,00	0,00	0,07
Funcionalidad	0,10	0,00	1,00	0,96
Valoración		0,30	0,63	0,72
Valoración (0,1)		0,417	0,879	1,000

En ambos casos la alternativa con mejores comportamientos coincide con los análisis de robustez y sensibilidad, siendo la alternativa Centro.

3.4.2.2. Robustez

Este método consiste en la aplicación de todas las combinaciones posibles de pesos para todos los criterios. El resultado obtenido es el número de veces que cada alternativa resulta ser la óptima en esa combinación de pesos.

Este procedimiento es el que tiene menor subjetividad y muestra claramente que alternativas tienen un mejor comportamiento.

Tabla 24 TABLA ANÁLISIS DE ROBUSTEZ

	Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Número de máximos	Número de Máximos		
	35,00	23,00	229,00
	12,20%	8,01%	79,79%

En este caso la que obtiene un mayor porcentaje de máximos es la alternativa Centro con el 79.79% de los máximos.

3.4.2.3. Sensibilidad

Este método consiste en la aplicación de todas las posibles combinaciones de pesos para todos los criterios, pero entre unos intervalos determinados de acuerdo con la importancia que el análisis estime para cada criterio. De esta forma se obtienen el número de veces que cada alternativa es óptima entre los rangos definidos. Este método es una combinación de parámetros objetivos y subjetivos, con el objetivo de obtener la mejor alternativa, pero de acuerdo al comportamiento de esta en los criterios considerados más relevantes.

Tabla 25 TABLA ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

	Alternativa Norte	Alternativa Sur	Alternativa Centro
Número de máximos	Número de Máximos		
	0	0	825
	0%	0%	100%

En este caso el análisis de sensibilidad confirma los resultados del análisis de preferencias y el de robustez.

3.4.2.4. Alternativa Seleccionada

El presente estudio se enmarca dentro de la Línea de Alta Velocidad Madrid – País Vasco – Frontera Francesa. A escala europea forma parte del Proyecto Prioritario nº 3 del Eje Atlántico Ferroviario Europeo, dando continuidad en el territorio español a la línea Madrid – Valladolid – Vitoria - Frontera francesa.

Tras el análisis realizado la alternativa seleccionada mediante el método de preferencias coincide con los análisis de robustez y sensibilidad, siendo la Alternativa Centro.