



ESTUDIO INFORMATIVO DEL CORREDOR CANTÁBRICO-MEDITERRÁNEO

TRAMO BILBAO-SANTANDER

FASE II

ANEJO 19 ANÁLISIS MULTICRITERIO

ÍNDICE

1. Introducción	1	5.1.2.6. Espacios Naturales Protegidos	20
2. Metodología	3	5.1.2.7. Paisaje	22
3. Selección de objetivos	3	5.1.2.8. Resumen del objetivo ambiental	23
4. Definición de criterios de evaluación	4	5.1.3. Objetivo territorial	23
4.1. Alternativas A1 y C1	4	5.1.3.1. Planificación territorial	23
4.2. Variante Estación Castro-Urdiales: rasantes baja y alta	6	5.1.3.2. Planeamiento urbanístico	25
5. Obtención de indicadores	8	5.1.3.3. Usos del suelo	27
5.1. Obtención de indicadores alternativas A1 y C1	8	5.1.3.4. Construcciones	28
5.1.1. Objetivo funcional	8	5.1.3.5. Resumen del objetivo territorial	30
5.1.1.1. Ahorros de tiempo	8	5.1.5. Objetivo económico	31
5.1.1.2. Captación de demanda ferroviaria	10	5.1.5.1. Rentabilidad	31
5.1.1.3. Paradas	10	5.1.5.2. Resumen del objetivo económico	31
5.1.1.4. Calidad del trazado	11	5.2. Obtención de indicadores para variante estación de Castro-Urdiales: rasante baja o alta	32
5.1.1.5. Facilidad constructiva	12	5.2.1. Objetivo funcional	32
5.1.1.6. Resumen del objetivo funcional	14	5.2.1.1. Facilidad constructiva	32
5.1.2. Objetivo ambiental	14	5.2.1.2. Accesibilidad a estaciones	35
5.1.2.1. Emisiones atmosféricas	14	5.2.1.3. Accesibilidad y evacuación de los andenes	38
5.1.2.2. Ruido	16	5.2.1.4. Resumen del objetivo funcional	41
5.1.2.3. Vibraciones	17	5.2.2. Objetivo ambiental	42
5.1.2.4. Capacidad agrológica	18	5.2.2.1. Capacidad agrológica	42
5.1.2.5. Hábitats de interés comunitario	19	5.2.2.2. Patrimonio	43

5.2.2.3. Integración paisajística.....	44
5.2.2.4. Resumen del objetivo ambiental	47
5.2.3. Objetivo territorial.....	47
5.2.3.1. Compatibilidad urbanística	47
5.2.3.2. Efecto barrera / permeabilidad	51
5.2.3.3. Disponibilidad de terreno.....	53
5.2.3.4. Usos del suelo.....	55
5.2.3.5. Resumen del objetivo territorial	57
5.2.4. Objetivo económico	58
5.2.4.1. Presupuesto de ejecución	58
5.2.4.2. Resumen del objetivo económico.....	58
6. Comparación de resultados	59
6.1. Alternativas A1 y C1	60
6.2. Alternativas rasante baja y rasante alta	60

TABLAS

Tabla 1. Tiempos de recorrido en la alternativa A1. Itinerarios de ida y vuelta Bilbao-Santander	8
Tabla 2. Tiempos de recorrido en la alternativa C1. Itinerarios de ida y vuelta Bilbao-Santander	8
Tabla 3. Tiempos de recorrido estimados Bilbao-Santander (un solo sentido)	9
Tabla 4. Estimación de tiempo de recorrido por alternativa	9
Tabla 5. Valoración criterio ahorros tiempo.....	9
Tabla 6. Tiempos de recorrido de viajeros con y sin paradas en Laredo y Castro-Urdiales	9
Tabla 7. Datos de demanda por escenario y captación ferroviaria. Año 2040 con inducción	10
Tabla 8. Valoración criterio captación ferroviaria	10
Tabla 9. Proposición de estaciones/paradas intermedias en cada alternativa	10
Tabla 10. Valoración criterio prestación de servicio	11
Tabla 11. Valoración de la calidad del trazado en planta. Alternativas A1 y C1.....	11
Tabla 12. Valoración de la calidad del trazado en alzado. Alternativas A1 y C1.....	11
Tabla 13. Valoración del criterio calidad de trazado.....	12
Tabla 14. Valoración de los grados de dificultad geotécnica	12
Tabla 15. Condición geotécnica constructiva de cada unidad geotécnica	12

Tabla 16. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para obras de tierra	12	Tabla 32. Mediciones sobre suelos ocupados según capacidad agrológica	18
Tabla 17. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para viaductos	13	Tabla 33. Coeficientes de ponderación para capacidad agrológica	18
Tabla 18. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para viaductos	13	Tabla 34. Ocupación de las clases de suelo según su capacidad agrológica. Alt. A1 y C1.....	18
Tabla 19. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para túneles	13	Tabla 35. Valoración criterio capacidad agrológica.....	18
Tabla 20. Valoración del criterio facilidad constructiva	13	Tabla 36. Identificación de HIC y definición de valor intrínseco	19
Tabla 21. Resumen objetivo y criterios funcionales.....	14	Tabla 37. Mediciones de HIC. Alternativa A1.....	19
Tabla 22. Cálculo de emisiones anuales para cada escenario (20 años). Ejemplo par OD Bilbao/Laredo	15	Tabla 38. Mediciones de HIC. Alternativa C1.....	19
Tabla 23. Mediciones estimadas de emisiones atmosféricas	15	Tabla 39. Valoración criterio afección HIC	20
Tabla 24. Valoración criterio emisiones atmosféricas	15	Tabla 40. Superficie de cada espacio afectada por la alternativa A1	20
Tabla 25. Población afectada para las alternativas A1 y C1.....	16	Tabla 41. Distribución de superficie protegida afectada por la alternativa A1.....	21
Tabla 26. Coeficientes o índices para ponderación del indicador ruido	16	Tabla 42. Mediciones de superficies de Espacios Naturales Protegidos (ENP) en la Alternativa C1	21
Tabla 27. Valoración criterio ruido	16	Tabla 43. Aplicación de coeficientes según afección a número de Espacios Naturales Protegidos	21
Tabla 28. Mediciones obtenidas del estudio de vibraciones. Edificios afectados.	17	Tabla 44. Valoración criterio Espacios naturales protegidos.....	21
Tabla 29. Coeficientes o índices para ponderación del indicador vibraciones.....	17	Tabla 45. Mediciones de afección al paisaje por núcleos de población y alternativas.....	22
Tabla 30. Indicadores ponderados para criterio vibraciones.....	17	Tabla 46. Valoración criterio afección paisaje	22
Tabla 31. Valoración criterio vibraciones	17	Tabla 47. Resumen objetivo y criterios ambientales	23
		Tabla 48. Ocupación previsible de las alternativas	24

Tabla 49. Ocupación de las alternativas según categorías de protección y trazado.....	24
Tabla 50. Valoración criterio planificación territorial.....	25
Tabla 51. Clasificación del suelo ocupado por las alternativas.....	25
Tabla 52. Clasificación del suelo ocupado por las alternativas en tramos en superficie y en estructura/viaducto	25
Tabla 53. Coeficientes o índices para ponderación del indicador planeamiento urbanístico.....	26
Tabla 54. Indicadores ponderados para criterio de planeamiento urbanístico	26
Tabla 55. Valoración criterio planeamiento urbanístico.	26
Tabla 56. Usos del suelo ocupado por las alternativas.....	27
Tabla 57. Coeficientes o índices para ponderación del indicador usos del suelo	27
Tabla 58. Usos del suelo ocupado por las alternativas.....	28
Tabla 59. Valoración criterio usos del suelo	28
Tabla 60. Construcciones afectadas por las alternativas.....	29
Tabla 61. Coeficientes o índices para ponderación del indicador construcciones.....	29
Tabla 62. Superficies ponderadas, según uso, para las construcciones afectadas	29
Tabla 63. Valoración criterio construcciones	30
Tabla 64. Resumen objetivo y criterios territoriales	30
Tabla 65. Resultados de rentabilidad obtenidos para las alternativas analizadas. Sin mercancías.....	31

Tabla 66. Valoración de la rentabilidad (TIR) socioeconómica de las alternativas analizadas.....	31
Tabla 67. Valoración criterio rentabilidad	31
Tabla 68. Resumen objetivo y criterio económico.....	31
Tabla 69. Valoración de tramos en viaducto	34
Tabla 70. Valoración de tramos en túnel.....	34
Tabla 71. Valoración conjunta.....	34
Tabla 72. Valoración final de las alternativas.....	34
Tabla 73. Accesibilidad, con origen-destino en viviendas de Castro-Urdiales, respecto el emplazamiento de cada estación, según isócronas	35
Tabla 74. Coeficientes para ponderación del indicador de accesibilidad	35
Tabla 75. Indicadores de accesibilidad para las rasantes baja y alta, según viviendas	36
Tabla 76. Valoración provisional del criterio de accesibilidad	37
Tabla 77. Valoración del criterio de accesibilidad	37
Tabla 78. Valoración del criterio accesibilidad a andenes.....	41
Tabla 79. Resumen objetivo y criterios funcionales	41
Tabla 80. Mediciones sobre suelos ocupados según capacidad agrológica	42
Tabla 81. Coeficientes de ponderación para capacidad agrológica	42
Tabla 82. Ocupación de las clases de suelo según su capacidad agrológica. Alternativa rasante baja y alta	42
Tabla 83. Valoración criterio capacidad agrológica.....	43

Tabla 84. Elementos patrimoniales y grado de impacto de cada alternativa	43	Tabla 100. Coeficientes o índices para ponderación del indicador efecto barrera.....	52
Tabla 85. Función lineal para escalado de indicador Patrimonio.....	43	Tabla 101. Indicadores efecto barrera para las rasantes baja y alta.....	52
Tabla 86. Valoración criterio Patrimonio.	43	Tabla 102. Valoración criterio efecto barrera	52
Tabla 87. Integración paisajística. Valoración alternativa rasante baja	47	Tabla 103. Delimitación de área para criterio de disponibilidad de suelo.....	53
Tabla 88. Integración paisajística. Valoración alternativa rasante alta	47	Tabla 104. Evaluación de la disponibilidad de suelo	53
Tabla 89. Integración paisajística. Valoración global final por alternativa.....	47	Tabla 105. Valoración provisional del criterio de accesibilidad	55
Tabla 90. Resumen objetivo y criterios ambientales.....	47	Tabla 106. Mediciones de alternativas según uso del suelo.	55
Tabla 91. Delimitación de los tramos correspondientes a las rasantes baja y alta para las Alternativa A1 y C1.....	48	Tabla 107. Coeficientes de ponderación para usos del suelo	56
Tabla 92. Clasificación del suelo en variantes baja y alta.....	48	Tabla 108. Ocupación según usos del suelo. Alternativa rasante baja y alta	56
Tabla 93. Clasificación del suelo en variantes baja y alta. Obras en superficie y viaducto (túneles excluidos)	48	Tabla 109. Valoración criterio capacidad agrológica.	56
Tabla 94. Coeficientes o índices para ponderación del indicador compatibilidad urbanística	50	Tabla 110. Resumen objetivo y criterios ambientales	57
Tabla 95. Indicadores ponderados para criterio de compatibilidad urbanística	50	Tabla 111. Presupuesto de ejecución material de las alternativas rasante baja y rasante alta. Alternativa A1.....	58
Tabla 96. Valoración criterio de compatibilidad urbanística.....	50	Tabla 112. Puntuación del indicador "presupuesto de inversión".....	58
Tabla 97. Tramificación de la rasante baja entre 57+340 al 60+375 según solución trazado.....	51	Tabla 113. Resumen objetivo y criterio económico	58
Tabla 98. Tramificación de la rasante alta entre 57+200 al 60+380 según solución trazado.....	51	Tabla 114. Resultados globales del análisis multicriterio. Alternativas A1 y C1.....	60
Tabla 99. Tramificación de las rasantes baja y alta según solución trazado	51	Tabla 115. Resultados globales del análisis multicriterio. Alternativas rasante baja y rasante alta.....	60

FIGURAS

Figura 1. Alternativas de trazado en Fase II: A1 y C1.....	1
Figura 2. Alternativa variante estación de Castro-Urdiales: Rasante Alta. Comparación respecto a rasante baja	1
Figura 3. Esquema metodológico básico para realizar un AMC	3
Figura 4. Definición de objetivos y criterios para el análisis comparativo de alternativas A1 y C1.....	5
Figura 5. Definición de objetivos y criterios para el análisis comparativo de alternativas para la variante estación de Castro-Urdiales.....	7
Figura 6. Función lineal para escalado de indicador tiempos de tiempo.....	9
Figura 7. Función lineal para escalado de indicador captación de demanda.....	10
Figura 8. Función lineal para escalado de indicador de emisiones atmosféricas.....	15
Figura 9. Función lineal para escalado de indicador ruido	16
Figura 10. Función lineal para escalado de indicador vibraciones.....	17
Figura 11. Función lineal para escalado de indicador capacidad agrológica	18
Figura 12. Función lineal para escalado de indicador afección HIC	19
Figura 13. Alternativa A1 a su paso por las marismas de Santoña.....	20
Figura 14. Función lineal para escalado de indicado Espacios Naturales protegidos	21
Figura 15. Función lineal para escalado de indicador afección paisaje	22
Figura 16. Función lineal para escalado de indicador planificación territorial	24
Figura 17. Función lineal para escalado de indicador planeamiento	26
Figura 18. Función lineal para escalado de indicador usos del suelo	28

Figura 19. Función lineal para escalado de indicador construcciones	30
Figura 20. Función lineal para escalado de indicador rentabilidad socioeconómica.....	31
Figura 21. Trazado de la alternativa Rasante Baja. Detalle de estructuras y túnel	32
Figura 22. Trazado de alternativa Rasante Alta. Detalle de estructuras	33
Figura 23. Esquema de isócronas en la solución de la rasante baja.....	36
Figura 24. Esquema de isócronas en la solución de la rasante alta.....	36
Figura 25. Función lineal para escalado de indicador accesibilidad	37
Figura 26. Detalle estación rasante baja	39
Figura 27. Detalle estación rasante alta	40
Figura 28. Función lineal para escalado de indicador capacidad agrológica	43
Figura 29. Ámbitos analizados para la evaluación del criterio “integración paisajística” en rasante baja y rasante alta	44
Figura 30. Infografía rasante baja. Ámbito del parque de bomberos.....	45
Figura 31. Infografía rasante alta. Ámbito del parque de bomberos.....	45
Figura 32. Infografía rasante baja. Primer cruce con la A-8	45
Figura 33. Infografía rasante alta. Primer cruce con la A-8	45
Figura 34. Esquema de la solución de la rasante baja	49
Figura 35. Esquema de la solución de la rasante alta	49
Figura 36. Función lineal para escalado de indicador compatibilidad urbanística.....	50
Figura 37. Función lineal para escalado de indicador efecto barrera	52

Figura 38. Solución en rasante baja y alta en el paraje de La Loma52

Figura 39. Cambiador y Estación de Castro-Urdiales. Rasante baja (arriba) y
alta (abajo)53

Figura 40. Análisis de disponibilidad de terrenos en entorno de la estación en
rasante baja54

Figura 41. Análisis de disponibilidad de terrenos en entorno de la estación en
rasante baja54

Figura 42. Función lineal para escalado de indicador disponibilidad terreno55

Figura 43. Función lineal para escalado de indicador usos del suelo56

Figura 44. Función planteada para el escalado del criterio "presupuesto de
inversión".58

Figura 45. Matrices de concordancia, discordancia y preferencias.
Alternativas A1 y C1.....60

Figura 46. Matrices de concordancia, discordancia y preferencias.
Alternativas rasante baja y rasante alta60

1. Introducción

El presente anejo contiene el análisis y la comparación de las alternativas planteadas en este estudio informativo mediante el uso de herramientas de Análisis MultiCriterio (AMC).

El objetivo último de un AMC es realizar una comparación objetiva que pueda determinar cuál es la alternativa o solución que mejor se adapta a unos objetivos previamente establecidos, cuya evaluación se sustenta en una serie de criterios e indicadores particularizados. Se trata, por tanto, no sólo de seleccionar la mejor alternativa, sino también de aportar los argumentos objetivos que fundamenten la elección, pudiendo adicionalmente resaltar la importancia relativa de cada objetivo o criterio adoptado aplicando diferentes pesos relativos a cada uno.

El AMC que contiene este anejo se estructura en tres bloques básicos:

- Metodología general y establecimiento de objetivos y criterios.
- Obtención de indicadores y valoración de criterios:
 - Alternativas A1 y C1 (rasantes bajas).
 - Alternativa Variante estación de Castro-Urdiales: rasantes baja y alta.
- Comparación de resultados y conclusiones.

Conviene reseñar en este punto que en la Fase I previa de este estudio informativo ya se determinó que había, básicamente, dos corredores apropiados para diseñar la nueva conexión ferroviaria entre Bilbao y Santander objeto de estos trabajos. Así pues, a partir de las propuestas preliminares hechas entonces, en esta Fase II del estudio se diseñan y mejoran dos únicas soluciones de trazado, que se identifican como alternativas A1 y C1 (heredando la nomenclatura de la fase anterior).

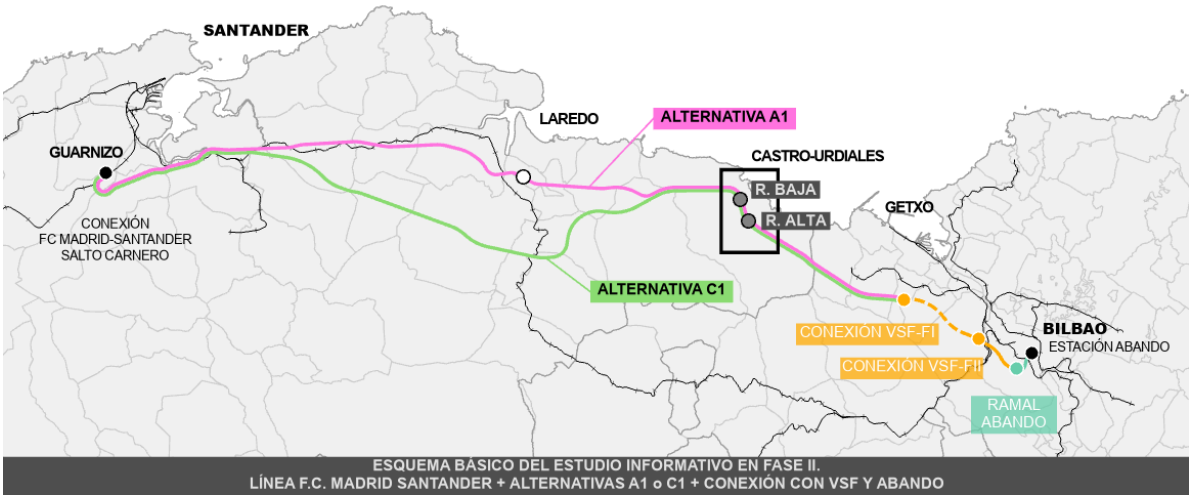


Figura 1. Alternativas de trazado en Fase II: A1 y C1

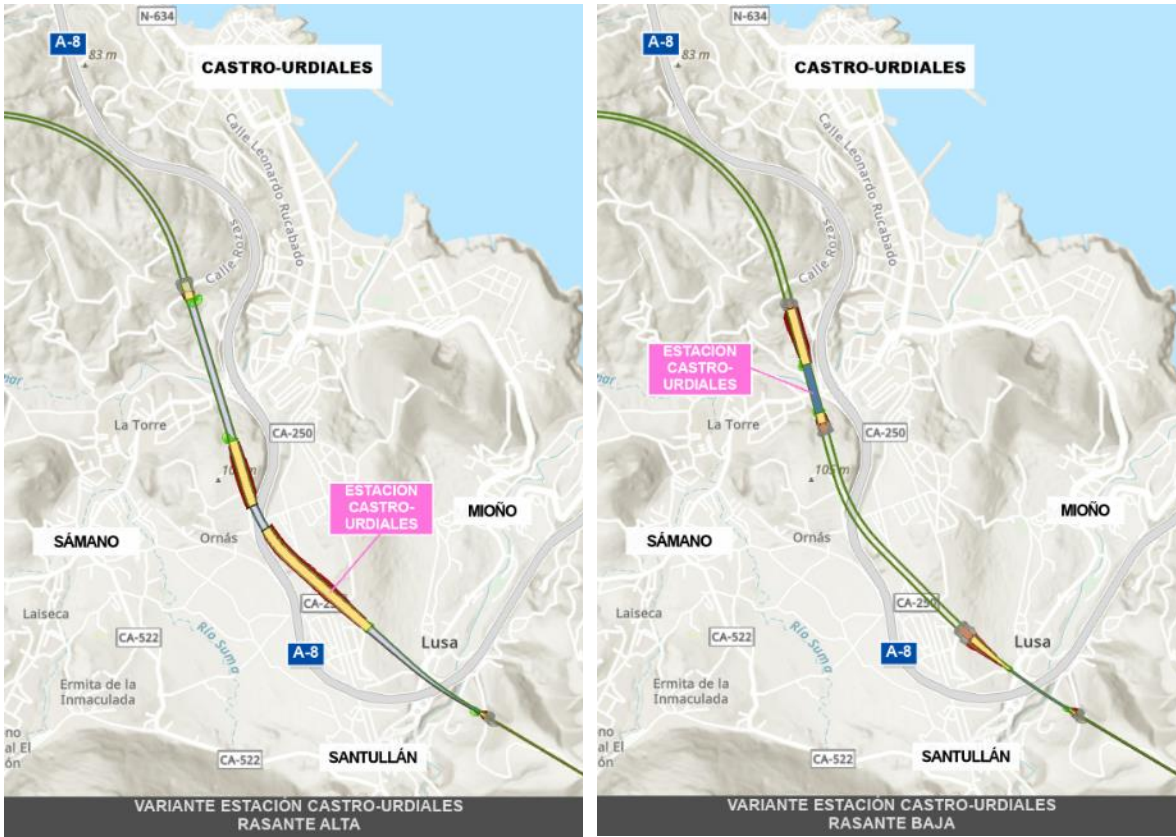


Figura 2. Alternativa variante estación de Castro-Urdiales: Rasante Alta. Comparación respecto a rasante baja

De forma sucinta, la principal diferencia entre ambas -A1 vs C1- es cómo acometen el paso obligado a través de los espacios naturales asociados a las marismas de Santoña; mientras la primera opta por aprovechar el corredor existente de la autovía A-8, en la C-1 el trazado discurre más al sur -aguas arriba del río Asón-, lo que permite reducir las potenciales afecciones a los citados espacios.

La otra cuestión capital es el establecimiento de las estaciones (y/o paradas) a lo largo de los trazados. Mientras la alternativa A1 posibilita contemplar dos estaciones -una en Castro-Urdiales y otra en el entorno de Laredo-, la alternativa C1 se ve penalizada por la imposibilidad de incluir la segunda (esta cuestión se dirimió en la Fase I).

En relación con lo anterior, tras concretar los trazados se observó que había al menos dos soluciones factibles para el emplazamiento final de la estación de Castro-Urdiales. Antes de ‘entrar’ en el municipio de Castro-Urdiales, las dos alternativas convergen en una solución de trazado única, lo que se mantiene así hasta la conexión con la Variante Sur Ferroviaria y, en última instancia, con la estación de Abando. Pese a que los diferentes condicionantes que concurren en las inmediaciones de Castro-Urdiales restringen notablemente el corredor óptimo para encajar trazados, sí que resulta posible plantear al menos dos variantes o soluciones para emplazar la estación (y el cambiador de ancho); que son las que se denominan en este estudio como ‘rasantes baja y alta’.

Ante este escenario, en este AMC se realiza un doble análisis:

- El primero evalúa y compara las dos alternativas de trazado: A1 y C1. En ambas, se considera como solución por defecto la denominada rasante baja, para que la comparación sea equitativa.
- Y en el segundo, el análisis se centra en el tramo donde se plantean las dos soluciones para la estación de Castro-Urdiales: Baja y Alta. Esta comparación queda acotada a las diferencias concretas entre las dos propuestas. En algunos indicadores se emplean por defecto los valores para la alternativa A1, entendiendo que son perfectamente equiparables a los de la C1.

En resumen, este AMC busca determinar que solución o combinación de propuestas es la más idónea en relación con el cumplimiento de los objetivos fundamentales del Estudio.

2. Metodología

La metodología para abordar el Análisis Multicriterio (AMC) se puede sintetizar en los siguientes seis pasos fundamentales:



Figura 3. Esquema metodológico básico para realizar un AMC

En los siguientes apartados se desarrolla y se resuelve cada uno de estos pasos.

3. Selección de objetivos

Para el presente estudio se han definido cuatro objetivos en AMC:

- ✓ Objetivo funcional: evaluación técnica y funcional de las soluciones.
- ✓ Objetivo ambiental: identificación y análisis de los principales impactos ambientales previsibles.
- ✓ Objetivo territorial: integración respecto a la planificación y a propia realidad territorial y urbanística de las zonas afectadas.
- ✓ Y Objetivo económico: valoración del coste y de la rentabilidad económica.

Estos objetivos son esenciales y comunes para los dos análisis comparativos que se realizan, siendo perfectamente válidos para comparar tanto los trazados como las rasantes.

Sin perjuicio de lo anterior, para la evaluación de estos objetivos se definen criterios de evaluación particularizados en función de las propias características de lo que se evalúa. Así, por ejemplo, a la hora de evaluar las alternativas de trazado (A1 y C1) resultan importantes criterios como el tiempo de recorrido, la calidad técnica o la afección a espacios naturales. Frente a ello, al analizar los posibles emplazamientos para una estación priman otros criterios como la disponibilidad de suelo, el efecto barrera o la integración paisajística.

Se describen a continuación los criterios considerados en cada AMC, avanzando cuales son los indicadores elegidos para la comparación.

4. Definición de criterios de evaluación

Para cada uno de los objetivos anteriores se establecen una serie de criterios destinados a evaluar el grado de cumplimiento de aquellos. De entre todas las variables y parámetros posibles, se eligen aquellos que se consideran más representativos para la comparación de alternativas o soluciones.

4.1. Alternativas A1 y C1

En el caso del AMC sobre los corredores o alternativas A1 y C1 se definen los siguientes criterios:

- Criterios asociados al **objetivo funcional**:

- Ahorros de tiempo.
- Captación de demanda.
- Paradas.
- Calidad de trazado.
- Facilidad constructiva.

- Criterios asociados al **objetivo ambiental**:

- Emisiones atmosféricas.
- Ruido
- Vibraciones
- Capacidad agrológica
- Hábitats de interés comunitario (HIC).
- Espacios Naturales Protegidos.
- Paisaje.

- Criterios asociados al **objetivo territorial**:

- Planificación territorial.
- Planeamiento urbanístico.
- Usos del suelo.
- Construcciones.

- Criterios asociados al **objetivo económico**:

- Rentabilidad de la inversión

A continuación, se incluye un esquema conceptual con los objetivos y criterios enumerados.



Figura 4. Definición de objetivos y criterios para el análisis comparativo de alternativas A1 y C1

4.2. Variante Estación Castro-Urdiales: rasantes baja y alta

En cuanto al AMC de las denominadas rasante baja y alta, que implican dos emplazamientos distintos para la estación de Castro-Urdiales, con los consiguientes ajustes en planta y en alzado, los criterios que se definen son:

- Criterios asociados al **objetivo funcional**:
 - Facilidad constructiva.
 - Accesibilidad a estaciones.
 - Accesibilidad y evacuación de los andenes.
- Criterios asociados al **objetivo ambiental**:
 - Capacidad agrológica.
 - Patrimonio.
 - Integración paisajística.
- Criterios asociados al **objetivo territorial**:
 - Compatibilidad urbanística.
 - Efecto barrera.
 - Disponibilidad de terreno.
 - Usos del suelo.
- Criterios asociados al **objetivo económico**:
 - Presupuesto.

Para cada uno de los criterios se calculan uno o varios indicadores que sirven para comparar de forma cuantitativa y objetivable las alternativas o soluciones.

Como se verá en los siguientes apartados, todos los indicadores obtenidos se “trasladan” a una escala común de 0 a 10 puntos, -normalmente mediante la aplicación de una función lineal-, lo que permite una valoración conjunta de todos ellos en la misma escala de trabajo.

En esa escala decimal el valor 0 representa una valoración mínima con respecto al criterio de evaluación y el 10 una óptima.

Por último, es importante señalar que en la puesta en común tanto de los criterios como de los propios objetivos pueden aplicarse factores de ponderación o distintos pesos relativos para enfatizar la importancia de unos sobre otros cuando hay argumentos que lo justifican.

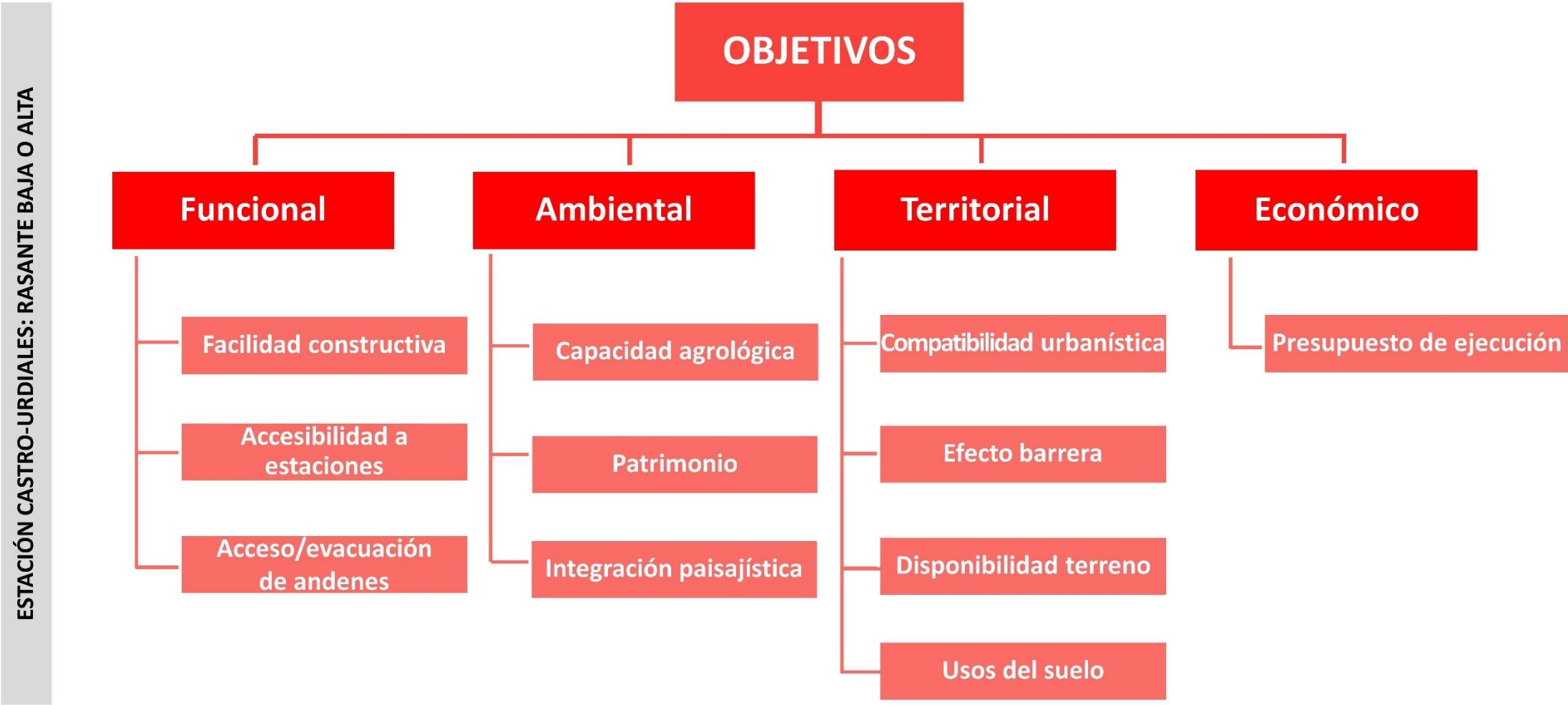


Figura 5. Definición de objetivos y criterios para el análisis comparativo de alternativas para la variante estación de Castro-Urdiales

5. Obtención de indicadores

5.1. Obtención de indicadores alternativas A1 y C1

5.1.1. Objetivo funcional

Dentro del objetivo funcional se han considerado los siguientes cinco criterios:

- ✓ Ahorros de tiempo.
- ✓ Captación de demanda.
- ✓ Prestación servicio.
- ✓ Calidad del trazado.
- ✓ Facilidad constructiva.

A continuación, se desarrolla el análisis.

5.1.1.1. Ahorros de tiempo

Uno de los fines básicos del propio Estudio Informativo es diseñar un nuevo corredor ferroviario entre Bilbao y Santander que preste un servicio competitivo frente a otros medios de transporte y, particularmente, en comparación con el recorrido por carretera.

En términos de análisis de competitividad, el tiempo es un factor básico. Así que este criterio se sustenta en la comparación del tiempo invertido en los recorridos de cada alternativa, siendo este el indicador a emplear.

El primer ejercicio parte de conocer dichos tiempos de recorrido. En las siguientes tablas se muestran las circulaciones previstas para cada alternativa.

Tabla 1. Tiempos de recorrido en la alternativa A1. Itinerarios de ida y vuelta Bilbao-Santander

TIEMPO DE RECORRIDO EN ALTERNATIVA A1				
Ida				
Nº	Origen	Destino	Tiempo parcial	Tiempo acumulado
1	Santander	Guarnizo	0:13:00	0:13:00
2	Guarnizo	Estación Laredo	0:16:13	0:29:13
Parada Laredo			0:03:00	0:32:13
3	Estación Laredo	Cambiador de ancho	0:09:52	0:42:05
4	Cambiador de ancho	Estación Castro-Urdiales	0:01:22	0:43:27
Parada Castro-Urdiales			0:03:00	0:46:05
5	Estación Castro-Urdiales	VSF FI-FII	0:07:17	0:53:44
6	VSF FI - FII	Ramal Abando	0:04:28	0:58:12
7	Ramal Abando	Estación Bilbao - Abando	0:02:53	1:01:05
Vuelta				
Nº	Origen	Destino	Tiempo parcial	Tiempo acumulado
1	Estación Bilbao - Abando	Ramal Abando	0:02:53	0:02:53
2	Ramal Abando	VSF FI - FII	0:04:28	0:07:21
3	VSF FI - FII	Estación Castro-Urdiales	0:07:35	0:14:56
Parada Castro-Urdiales			0:03:00	0:17:56
4	Estación Castro-Urdiales	Cambiador de ancho	0:01:21	0:19:17
5	Cambiador de ancho	Estación Laredo	0:10:12	0:29:29
Parada Laredo			0:03:00	0:32:29
6	Estación Laredo	Guarnizo	0:16:10	0:48:39
7	Guarnizo	Santander	0:13:00	1:01:39

Tabla 2. Tiempos de recorrido en la alternativa C1. Itinerarios de ida y vuelta Bilbao-Santander

TIEMPO DE RECORRIDO EN ALTERNATIVA C1				
Ida				
Nº	Origen	Destino	Tiempo parcial	Tiempo acumulado
1	Santander	Guarnizo	0:13:00	0:13:00
2	Guarnizo	Cambiador de ancho	0:23:05	0:36:05
3	Cambiador de ancho	PAET/Estación Castro-Urdiales	0:01:27	0:37:32
Parada Castro-Urdiales			0:03:00	0:40:32
4	PAET/Estación Castro-Urdiales	VSF FI-FII	0:07:17	0:47:49
5	VSF FI - FII	Ramal Abando	0:04:28	0:52:18
6	Ramal Abando	Estación Bilbao - Abando	0:02:53	0:55:10
Vuelta				
Nº	Origen	Destino	Tiempo parcial	Tiempo acumulado
1	Estación Bilbao - Abando	Ramal Abando	0:02:53	0:02:53
2	Ramal Abando	VSF FI - FII	0:04:28	0:07:21
3	VSF FI - FII	Cambiador/Estación Castro	0:07:34	0:14:55
Parada Castro-Urdiales			0:03:00	0:17:55
4	Castro	Cambiador de ancho	0:01:21	0:19:16
5	Cambiador de ancho	Guarnizo	0:23:09	0:42:25
6	Guarnizo	Santander	0:13:00	0:55:25

A partir de las tablas anteriores, se obtienen los siguientes tiempos promedio para alternativa.

Tabla 3. Tiempos de recorrido estimados Bilbao-Santander (un solo sentido)

TIEMPOS DE RECORRIDO		
Trayecto	Alternativa A1	Alternativa C1
	Minutos	Minutos
Santander-Bilbao (Abando)	61	55

Como se señaló, el indicador en este criterio es el tiempo de recorrido, pero, para poder hacer una comparación equitativa y una valoración escalada de 0 a 10, se consideran dos umbrales de referencia:

- El valor 10, que se obtendría con un tiempo mínimo de recorrido de unos 33 minutos (valor obtenido para la alternativa A1). Esta cifra se corresponde con un escenario teórico en el que el trayecto se realiza a la velocidad máxima conforme a las limitaciones de velocidad impuestas sobre el trazado.

Tabla 4. Estimación de tiempo de recorrido por alternativa

ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDOS ENTRE ALTERNATIVAS A1 Y C1						
Tramo	Alternativa A1			Alternativa C1		
	Longitud	Velocidad	Tiempo	Longitud	Velocidad	Tiempo
	(km)	(km/h)	(minutos)	(km)	(km/h)	(minutos)
Santander - Estación Castro-Urdiales	68,23	200	20,47	71,19	200	21,36
Cambiador de ancho	0,40	15	1,60	0,40	15	1,60
Estación Castro-Urdiales - Estación Abando	29,04	160	10,89	29,04	160	10,89
Tiempo de recorrido estimado (minutos)	32,96			33,85		

- Y el valor 5, que se corresponde con un tiempo máximo recomendable de 75 minutos, que es lo requerido para un trayecto estándar por carretera. Por encima de este umbral no pueden puntuarse las alternativas por encima de 5 puntos.

Aplicando la correspondiente función lineal, se obtienen las siguientes valoraciones:

Figura 6. Función lineal para escalado de indicador tiempos de tiempo

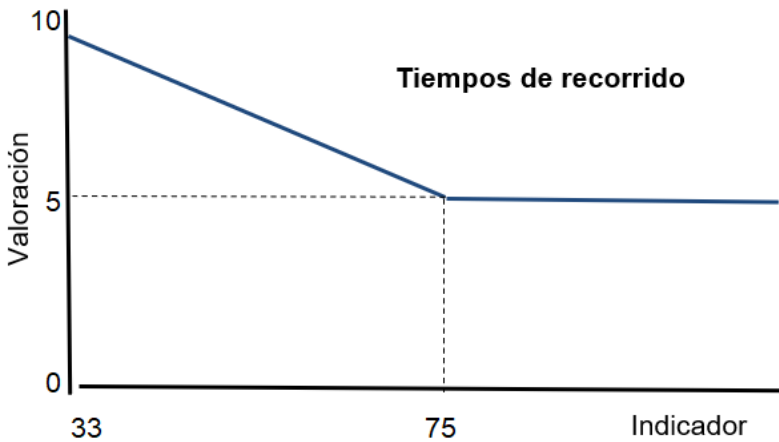


Tabla 5. Valoración criterio ahorros tiempo

VALORACIÓN INDICADOR TIEMPOS DE RECORRIDO		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	61	6,67
Alternativa C1	55	7,38

Según las previsiones del estudio, ambas alternativas ofrecen conexión Bilbao-Santander muy competitivas respecto a la alternativa habitual por carretera (75 min), por lo que es razonable que obtengan valoraciones relativamente altas. Entre sí, es evidente que la alternativa C1 es algo más rápida, pese a tener mayor longitud, y ello se debe a la ausencia de parada en Laredo (se ha estimado que la diferencia de tiempo entre realizar parada o no en Laredo a una velocidad de 200 km/hora es de aproximadamente 5 minutos.

Tabla 6. Tiempos de recorrido de viajeros con y sin paradas en Laredo y Castro-Urdiales

TIEMPOS DE RECORRIDOS DE VIAJEROS CON Y SIN PARADAS EN LAREDO Y CASTRO-URDIALES			
Sentido	Paradas	Alternativa A1	Alternativa C1
Ida	Con paradas (Laredo y/o Castro-Urdiales)	1:01:05	0:55:10
	Sin paradas	0:50:57	0:50:29
	Ahorro	0:10:08	0:04:41
Vuelta	Con paradas (Laredo y/o Castro-Urdiales)	1:01:39	0:55:25
	Sin paradas	0:51:31	0:50:43
	Ahorro	0:10:08	0:04:42

5.1.1.2. Captación de demanda ferroviaria

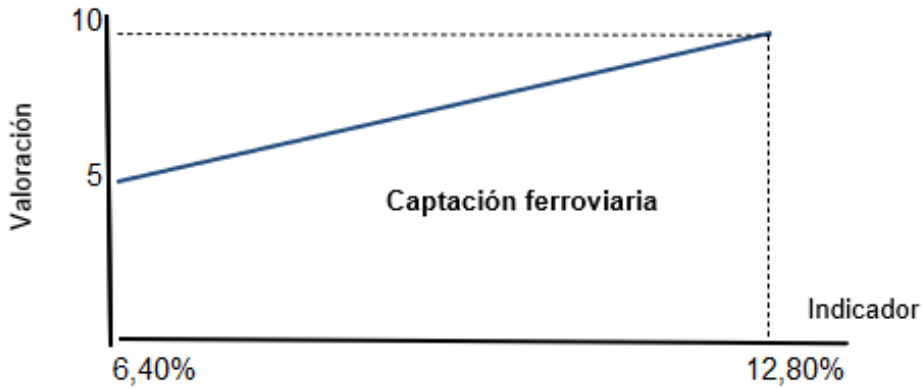
Con el presente criterio se evalúa el porcentaje de captación que alcanza el ferrocarril en cada alternativa. Para el cálculo se han considerado los datos de demanda para el año 2040 con inducción (que incluye nueva demanda). En la tabla siguiente se incluyen los valores de demanda por modo para el escenario base y para las alternativas A1 y C1 (datos en miles de pasajeros). Se observa como la demanda ferroviaria generada en las alternativas proviene fundamentalmente del autobús y en menor medida del vehículo privado. La tabla incluye también los porcentajes de captación ferroviaria de cada alternativa con valores similares que rondan el 9%.

Tabla 7. Datos de demanda por escenario y captación ferroviaria. Año 2040 con inducción

Escenarios	Demanda (miles de viajeros)				
	VP	BUS	FFCC	AVIÓN	TOTAL
Escenario base	23.539	1.637	0	0	25.176
Alternativa A1	22.076	1.243	2.178	0	25.497
Alternativa C1	22.131	1.264	2.095	0	25.490
Captación ferroviaria (%)					
Captación Alternativa A1	8,54%				
Captación Alternativa C1	8,22%				

Atendiendo a la cuota modal del transporte nacional de viajeros que en el año 2019 fijaba en un 6,4% la participación ferroviaria (según datos del Observatorio del transporte y la logística en España, OLTE) se ha optado por otorgar a este valor una puntuación de 5 estableciéndose una puntuación de 10 en el caso de alcanzarse el doble de esta cuota de referencia (12,80%). La función que se empleará por tanto para pasar a una escala de 0 a 10 es la siguiente.

Figura 7. Función lineal para escalado de indicador captación de demanda



Las valoraciones obtenidas para cada alternativa se recogen en la tabla siguiente.

Tabla 8. Valoración criterio captación ferroviaria

VALORACIÓN INDICADOR CAPTACIÓN FERROVIARIA		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	8,54%	6,67
Alternativa C1	8,22%	6,42

Destaca ligeramente la alternativa A1 por contar con la estación de Laredo.

5.1.1.3. Paradas

La proposición de dos estaciones intermedias en Laredo y Castro-Urdiales era un requisito previo en el diseño de la futura conexión ferroviaria Bilbao-Santander.

Tras la Fase I y el análisis de los distintos condicionantes se llegó a la conclusión de que era factible y viable proponer una alternativa sin parada o estación en Laredo. La baja demanda estimada, la minimización de potenciales impactos ambientales sobre las marismas de Santoña, o tiempos de recorrido menores, son sólo algunos de los factores que justifican la propuesta de la alternativa C1 sin parada en Laredo o las inmediaciones.

Sin perjuicio de lo anterior, es obvio que la proposición de paradas en el recorrido es un criterio necesario de evaluar que, en este ejercicio, se sintetiza en la inclusión en los trazados, o no, de las estaciones intermedias de Castro-Urdiales y Laredo.

De tal forma que, en la situación óptima, en la que se dispone de las dos estaciones, se obtiene un valor 10; en el caso de la alternativa C1 con una única parada en Castro, la valoración otorgada es de 5 puntos.

Tabla 9. Proposición de estaciones/paradas intermedias en cada alternativa

CRITERIO PARADAS. ESTACIONES O PARADAS PROPUESTAS				
Criterio	Alternativa A1		Alternativa C1	
	Parada en Laredo	Parada en Castro	Parada en Laredo	Parada en Castro
Cumplimiento de requerimiento inicial	Si	Si	No	Si
Indicador y valoración	5	5	0	5

Como se observa, se omiten las estaciones cabecera (Santander y Abando) y se otorga el mismo peso a las dos intermedias, pese a que la estación de Castro-

Urdiales presta un volumen de servicio significativamente mayor frente a la de Laredo. La valoración final es la siguiente:

Tabla 10. Valoración criterio prestación de servicio

VALORACIÓN PARADAS	
Alternativas	Valoración
Alternativa A1	10,00
Alternativa C1	5,00

5.1.1.4. Calidad del trazado

En el presente apartado se evalúa la calidad del trazado desde dos puntos de vista diferenciados:

- Trazado en planta

Se valora la bondad de los distintos trazados en planta en función del porcentaje sobre la longitud total de la longitud en curva para ciertos rangos de radios, lo que tiene repercusión tanto en el confort como en el mantenimiento de la línea y la velocidad máxima de circulación (con independencia de su influencia directa en el tiempo de recorrido). Los rangos considerados se han obtenido en función de la velocidad máxima de paso por curva.

- Trazado en alzado

La calidad del trazado también se puede medir en función del perfil longitudinal, que tendrá repercusiones fundamentalmente en el volumen del movimiento de tierras y en el tipo de explotación (velocidades, tráfico mixto, consumos, etc.). No obstante, se hace necesario el uso de rampas de más de 12,5 ‰ en ambas alternativas en el túnel previo a la estación de Castro-Urdiales y en la conexión con la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao. Este mayor o menor ajuste tiene un reflejo directo en las mediciones del movimiento de tierras y en las obras de túneles y viaductos. Además de esto, la pendiente máxima admisible también tiene una repercusión directa en los tipos de tráfico y por lo tanto en la funcionalidad de la línea.

En las tablas siguientes se presentan los resultados del análisis de la calidad del trazado, tanto en planta como en alzado, incluyendo las valoraciones obtenidas:

Tabla 11. Valoración de la calidad del trazado en planta. Alternativas A1 y C1

TRAZADO EN PLANTA*							
Alternativas	RECTA	R>6.000	6.000>R>4.000	4.000>R>3.000	3.000>R>1.500	R<1.500	Indicador
Alternativa A1	10	10	9	8	4	2	Valoración
Tramo común (PK 0+000 - PK 44+440)	26910	214	0	4508	2645	5270	8,30
Rasante baja (PK 44+440 - PK 63+521)	12572	0	0	4714	0	2592	8,48
Rasante alta (PK 44+440 - PK 63+535,884)	10302	0	0	4031	164	2595	8,26
Tramo común (PK 63+521/PK 63+535 - PK 73+054,157/PK 73+069)	5218	0	179	2537	0	0	9,34
Alternativa C1	10	10	9	8	4	2	Valoración
Tramo común (PK 0+000 - PK 43+660)	21846	214	3274	6477	855	4881	8,39
Rasante baja (PK 43+660 - PK 66+484,488)	10426	0	0	4434	4020	1777	7,71
Rasante alta (PK 43+660 - PK 66+499,371)	11493	0	0	3750	164	1780	8,68
Tramo común (PK 66+484/PK 66+499 - PK 76+017/ PK 76+032)	5218	0	179	2537	0	0	9,34

Tabla 12. Valoración de la calidad del trazado en alzado. Alternativas A1 y C1

TRAZADO EN ALZADO *					
Alternativas	P<5	5<P<8	8<P<12	12<P<12.5	Indicador
Alternativa A1	10	8	4	2	Valoración
Tramo común (PK 0+000 - PK 44+440)	9024	15972	7451	11910	6,12
Rasante baja (PK 44+440 - PK 63+536)	9404	0	0	4081	7,58
Rasante alta (PK 44+440 - PK 63+521)	11113	2682	0	8944	6,62
Tramo común (PK 63+536/PK 63+521 - PK 73+054/PK 73+069)	1708	2682	0	4862	5,22
Alternativa C1	10	8	4	2	Valoración
Tramo común (PK 0+000 - PK 43+660)	11493	14605	3938	7231	7,03
Rasante baja (PK 43+660 - PK 66+499)	9983	10877	0	4081	7,82
Rasante alta (PK 43+660 - PK 66+484)	11691	2682	0	8944	6,70
Tramo común (PK 66+484/PK 66+499 - PK 76+017/ PK 76+032)	1708	2682	0	4862	5,22

* Las mediciones de los radios pendientes se realizan en función de la geometría del trazado en planta y en alzado, respectivamente, no siendo coincidentes los p.k. en los que se tramifican las alternativas con los p.k. (primera columna) con aquellos en los que se produce un cambio, bien en el radio de las curvas, o bien en la

pendiente longitudinal. No obstante, como las mediciones se efectúan con idéntica limitación en todas las alternativas esto no condiciona los resultados de los análisis comparados que se realizan.

La valoración final es el promedio de los valores obtenidos en planta y alzado habiéndose decidido que el peso de ambos aspectos sea el mismo. Tal y como se puede observar no existen diferencias significativas entre ambas alternativas siendo ligeramente mejor la alternativa A1.

Tabla 13. Valoración del criterio calidad de trazado

VALORACIÓN INDICADOR CALIDAD DE TRAZADO			
Alternativas	Indicador trazado en planta	Indicador trazado en alzado	Valoración final
Alternativa A1	8,60	6,38	7,49
Alternativa C1	8,53	6,69	7,61

5.1.1.5. Facilidad constructiva

En base a la caracterización geotécnica de las unidades definidas, se ha realizado una valoración cualitativa de las dificultades geotécnicas que presentan de cara a la ejecución de las principales obras previstas (criterio de facilidad constructiva). Estas dificultades se han orientado a las siguientes unidades de obra:

- ✓ Obras de tierra: desmontes y rellenos
- ✓ Estructuras
- ✓ Túneles

Para cada una de ellas se ha dado una valoración en base a los condicionantes geológico-geotécnicos definidos en apartados anteriores. Se han establecido 5 categorías de dificultades, con una puntuación del 1 al 10, considerando 10 para las menores dificultades y 1 para los problemas de mayor importancia.

Tabla 14. Valoración de los grados de dificultad geotécnica

GRADOS DE DIFICULTAD GEOTÉCNICA	VALORACIÓN
MUY BAJO: sin dificultades geotécnicas significativas	8-10
BAJO: con dificultades geotécnicas puntuales	6-8
MEDIO: con dificultades geotécnicas frecuentes	4-6
ALTO: con dificultades geotécnicas importantes	2-4
MUY ALTO: con dificultades geotécnicas muy importantes y frecuentes	0-2

Una vez asignado el grado de dificultad de cada unidad geotécnica a cada tipo de obra, se ha sumado la valoración correspondiente de cada tipo de obra para una misma unidad, obteniendo unos resultados comprendidos entre 9 y 25.

En función del resultado obtenido se ha clasificado cada unidad geotécnica según la condición geotécnica constructiva de acuerdo con la siguiente valoración:

- ✓ Resultado mayor o igual a 20 ($R \geq 20$) => Condición ACEPTABLE
- ✓ Resultado comprendido entre 15 y 20 ($15 < R < 20$) => Condición TOLERABLE
- ✓ Resultado menor o igual a 15 ($R \leq 15$) => Condición DESFAVORABLE

Tabla 15. Condición geotécnica constructiva de cada unidad geotécnica

UNIDAD GEOTECNICA		OBRA TIERRA	VIADUCTO	TÚNEL	VALORACIÓN	SUMA
UG-1	Arcillas y yesos (Keuper)	4-6	6-8	2-4	15	DESFAVORABLE
UG-2	Ofitas (Keuper)	8-10	8-10	6-8	25	ACEPTABLE
UG-3a	Alternancia de calizas, dolomías, margas areniscas y arcillas del Cretácico	4-6	8-10	2-4	17	TOLERABLE
UG-3b	Calizas y dolomías del Jurásico	4-6	6-8	0-2	13	DESFAVORABLE
UG-4	Areniscas, arcillas y limos	6-8	8-10	4-6	21	ACEPTABLE
UG-5	Calizas Masivas	4-6	6-8	0-2	13	DESFAVORABLE
UG-6	Margas y calizas arcillosas	4-6	8-10	2-4	17	TOLERABLE
UG-7	Depósitos cuaternarios terrazas fluviales	4-6	2-4	4-6	13	DESFAVORABLE
UG-8	Depósitos cuaternarios blandos	2-4	2-4	2-4	9	DESFAVORABLE
UG-9	Depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y antrópicos	4-6	2-4	4-6	13	DESFAVORABLE

De cara a determinar el grado de dificultad geotécnica que presentan las alternativas de trazado, se ha realizado una tramificación de cada una de ellas atendiendo a la condición geotécnica constructiva.

A continuación, se muestran las valoraciones para cada unidad de obra de acuerdo con la caracterización geotécnica realizada. Las obras de tierras presentan un valor “Tolerable” siendo un poco mayor para la alternativa C1

Tabla 16. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para obras de tierra

MEDICIONES TRAMOS EN OBRAS DE TIERRA					
Alternativas	Longitud según condición de geotécnica y asignación de rangos de valoración			Longitud total metros	Valoración final
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0		
Alternativa A1	3225	3100	7439	13764	4,08
Alternativa C1	3068	6261	6931	16260	4,29

Tabla 17. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para viaductos

Los viaductos presentan un valor “Desfavorable”, siendo un poco mayor a para la alternativa C1. Este valor desfavorable viene condicionado por las unidades UG-7, UG-8 y UG-9, depósitos cuaternarios. Estas unidades presentan baja capacidad portante, esto condiciona la tipología de cimentación debido a la poca resistencia de los materiales más superficiales. Además, estas unidades acostumbran a encontrarse en fondos de valles, zonas inundables en épocas de crecidas de cursos fluviales, requiriendo de protecciones de las cimentaciones frente a posibles erosiones.

Tabla 18. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para viaductos

MEDICIONES TRAMOS EN VIADUCTO					
Alternativas	Longitud según condición de geotécnica y asignación de rangos de valoración			Longitud total	Valoración final
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0		
Alternativa A1	1733	3842	14495	20070	3,09
Alternativa C1	1143	4696	11731	17570	3,19

Los túneles presentan un valor Aceptable para la alternativa C1 y Tolerable para la alternativa A1. Hidrogeológicamente, se observan que las unidades más desfavorables para la ejecución de los túneles son las unidades UG-3b y UG-5, estas unidades, formadas principalmente por calizas, presentan una alta potencialidad ante la karstificación en presencia de aguas freáticas o subterráneas. En las siguientes fases de proyecto deberá estudiarse en detalle la posible presencia de este fenómeno en las zonas previstas para los túneles.

Se observa que las tres tipologías de obra presentan una dificultad constructiva geotécnicamente menor, aunque muy parecida, en la Alternativa C1 respecto la alternativa A1.

Tabla 19. Valoración de cada alternativa según condición geotécnica constructiva para túneles

MEDICIONES TRAMOS EN TÚNEL					
Alternativas	Longitud según condición de geotécnica y asignación de rangos de valoración			Longitud total	Valoración final
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0		
Alternativa A1	20911	9061	9230	39202	5,89
Alternativa C1	24684	11431	6130	42245	6,32

Como resultado final se muestra la valoración global de las alternativas.

Tabla 20. Valoración del criterio facilidad constructiva

INDICADOR FACILIDAD CONSTRUCTIVA					
Alternativas	Longitud según condición de geotécnica y asignación de rangos de valoración			Longitud total	Valoración final
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0		
Alternativa A1	25869	16003	31164	73036	4,78
Alternativa C1	28895	22388	24792	76075	5,16

VALORACIÓN INDICADOR FACILIDAD CONSTRUCTIVA				
Alternativas	Obras de tierra	Viaductos	Túneles	Valoración final
Alternativa A1	4,08	3,09	5,89	4,78
Alternativa C1	4,29	3,19	6,32	5,16

Se observa que la alternativa C1 presenta una valoración ligeramente superior a la A1.

5.1.1.6. Resumen del objetivo funcional

A continuación, se recopilan y se muestran conjuntamente las valoraciones obtenidas para los distintos criterios funcionales considerados.

Tabla 21. Resumen objetivo y criterios funcionales

PESOS	RESUMEN VALORACIÓN CRITERIOS DE OBJETIVO FUNCIONAL		
	Criterios funcionales	Alternativa A1	Alternativa C1
0,20	Ahorro de tiempo	6,67	7,38
0,20	Captación de demanda	6,67	6,42
0,20	Paradas	10,00	5,00
0,20	Calidad de trazado	7,49	7,61
0,20	Facilidad constructiva	4,78	5,16
1,00	Valoración funcional	7,12	6,32

En términos generales, los resultados evidencian una notable paridad en las valoraciones parciales de cada indicador -con diferencias de menos de 1 punto-, salvo en lo relativo a “paradas” donde la alternativa A1, debido a un parada adicional en Laredo, obtiene una puntuación más ventajosa, que es la que determina en gran medida que en la valoración funcional global salga vencedora esta alternativa.

5.1.2. Objetivo ambiental

Dentro del objetivo ambiental se han estudiado los siguientes criterios:

- ✓ Emisiones atmosféricas
- ✓ Ruido
- ✓ Vibraciones
- ✓ Capacidad agrológica
- ✓ Hábitats de interés
- ✓ Espacios naturales protegidos.
- ✓ Paisaje.

A continuación, se analiza cada uno de los criterios mencionados.

5.1.2.1. Emisiones atmosféricas

Comparar las emisiones entre alternativas en un ferrocarril de locomotora eléctrica no tiene mucha utilidad, dado que Adif utiliza fuentes de energía con certificación de origen verde, provenientes de fuentes de energía renovables. Esto supone que las emisiones en fase de explotación derivadas del consumo eléctrico de los trenes por medio de este enfoque sean poco significativas o incluso nulas. Sin embargo, sí resulta de interés estimar la reducción del uso de la vía que conecta Santander con Bilbao por carretera, la autovía A-8.

El 19,35% de las emisiones totales de CO₂ generadas por el sector de transporte corresponde únicamente al tráfico por carretera. Por tanto, estimar la cantidad de CO₂ que se dejará de emitir por vehículos de motor (circulando por la A8) en los escenarios de cada alternativa (por redistribución de la demanda de viajeros) será de gran utilidad no solo para cuantificar la magnitud del efecto positivo en la reducción de emisiones de CO₂ sino también para comparar entre las dos alternativas propuestas. Para la estimación de estos valores se han tomado datos de emisiones de CO₂ medias tanto de vehículos privados como de autobuses, ya que son los dos medios de transporte que circulan por la A-8.

Para los datos de partida se ha hecho uso de los datos del estudio de *Earthscan* (Goodall et al 2007) para las emisiones de autobuses (1,3 kg CO₂/km recorrido) y de las estimaciones de *CarbonIndependent* para las medias de emisiones de vehículos privados (media entre motores gasoil y gasolina = 2,4 kg CO₂/km recorrido). Se han estimado tasas de ocupación de 1,7 viajeros/vehículo para los vehículos privados (datos del INE) y una ocupación de 42 viajeros por autobús (75% de la capacidad de un autobús de 56 plazas).

Con los datos de las tasas de ocupación y de emisiones de CO₂ por kilómetro para autobús y vehículo privado (automóvil) se pueden traducir pasajeros en vehículos y de vehículos a toneladas de CO₂ por medio de transporte (utilizando los datos de las distancias entre los distintos orígenes y destinos del estudio de demanda del presente proyecto). A modo de ejemplo se incluyen a continuación las tablas correspondientes a la estimación de emisiones para el par O/D entre Bilbao y Laredo.

Este cálculo se ha realizado para todos los pares OD contemplados en el estudio de demanda sumándose los valores obtenidos para obtener las emisiones anuales totales.

Tabla 22. Cálculo de emisiones anuales para cada escenario (20 años). Ejemplo par OD Bilbao/Laredo

Emisiones (Bilbao y Corona – Laredo)						
BUS	Emisiones de bus (kg de CO2 por km recorrido)	1,3	Kg CO2 emitidos en el trayecto de Santander a Madrid por 1 Autobús	76,7		
	km totales	59				
VP	Media de consumo turismo (kg /litro de combustible consumido)	2,4	Kg CO2 emitidos en el trayecto de Santander a Madrid por 1 VP	9,204		
	km totales	59				

Vehículos anuales sin escenario (Bilbao y Corona – Laredo)						
			Pasajeros por vehículo	Vehículos diarios	Emisiones diarias(kg CO2)	Toneladas de CO2 Total
BUS	Buses anuales (con una tasa de ocupación media del 75%) asumiendo 56 plazas	Pasajeros por autobus con una tasa de ocupación asumida del 75%	42	4	290,2	3928,28
		Pasajeros que hacen uso de autobús al día	158,9			
VP	Se utiliza el dato de tasa de ocupación media de vehículo privado en España	Tasa de ocupación	1,7	1138	10472,2	
		Pasajeros que hacen uso del vehículo al día	1934,2			

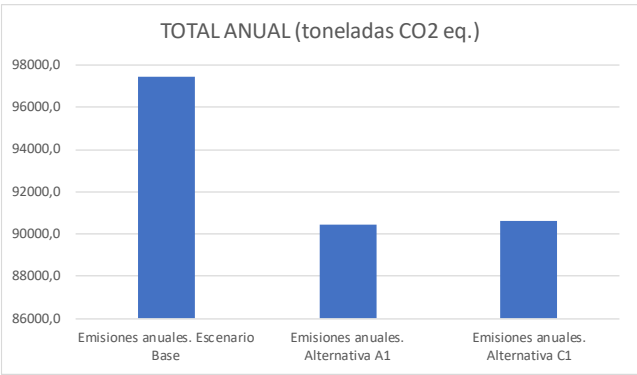
Vehículos anuales A1 (20 años) con inducción (Bilbao y Corona – Laredo)						
			Pasajeros por vehículo	Vehículos diarios	Emisiones diarias(kg CO2)	Toneladas de CO2 Total
BUS	Buses anuales (con una tasa de ocupación media del 75%) asumiendo 56 plazas	Pasajeros por autobus con una tasa de ocupación asumida del 75%	42	3	245,2	3749,43
		Pasajeros que hacen uso de autobús al día	134,2			
VP	Se utiliza el dato de tasa de ocupación media de vehículo privado en España	Tasa de ocupación	1,7	1089	10027,2	
		Pasajeros que hacen uso del vehículo al día	18542,1			

Vehículos anuales C1 (20 años) con inducción (Bilbao y Corona – Laredo)						
			Pasajeros por vehículo	Vehículos diarios	Emisiones diarias(kg CO2)	Toneladas de CO2 Total
BUS	Buses anuales (con una tasa de ocupación media del 75%) asumiendo 56 plazas	Pasajeros por autobus con una tasa de ocupación asumida del 75%	42	4	290,2	3928,28
		Pasajeros que hacen uso de autobús al día	158,9			
VP	Se utiliza el dato de tasa de ocupación media de vehículo privado en España	Tasa de ocupación	1,7	1138	10472,2	
		Pasajeros que hacen uso del vehículo al día	1934,2			

En la tabla siguiente se resumen los valores de emisiones anuales de CO₂ (tn) para cada escenario analizado (sin proyecto y alternativas A1 y C1) así como el valor obtenido para el indicador que resulta de comparar las distintas alternativas con el escenario base obteniéndose la reducción porcentual correspondiente.

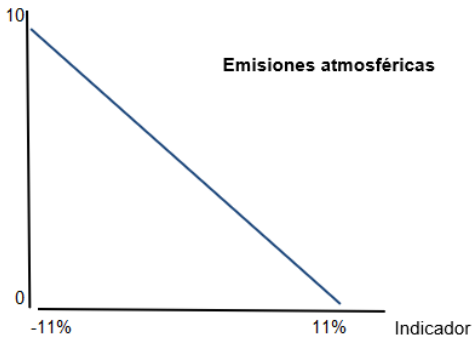
Tabla 23. Mediciones estimadas de emisiones atmosféricas

INDICADOR EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
Parámetro	Escenario Base sin proyecto	Alternativa A1	Alternativa C1
n anual CO2 (tn). Año horizonte 2040	97.472	90.443	90.598
Indicador		-7,21%	-7,05%



Para realizar la valoración a partir de los valores anteriores se aplica una función lineal sencilla, que permite el escalado de 0 a 10 puntos. Una reducción del 11% de las emisiones equivaldría a 10 puntos, mientras que un incremento de la misma magnitud equivaldría a 0 puntos.

Figura 8. Función lineal para escalado de indicador de emisiones atmosféricas



Las valoraciones obtenidas para cada alternativa se recogen en la tabla siguiente.

Tabla 24. Valoración criterio emisiones atmosféricas

VALORACIÓN EMISIONES ATMOSFÉRICAS		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	-7,21%	8,33
Alternativa C1	-7,05%	8,26

Los resultados son muy similares en ambas alternativas, con una ligera ventaja de la alternativa A1.

5.1.2.2. Ruido

Desde el punto de vista acústico, el estudio realizado en el marco del estudio de impacto ambiental, entre otros resultados, identifica los edificios residenciales y/o aquellos que albergan usos sensibles, y que están próximos a la infraestructura, para analizar posteriormente el impacto que recibirán y proponer las medidas correctoras oportunas para minimizarlo si fueran necesarias.

Las conclusiones del estudio de ruido indican que la afección de ambas alternativas es muy poco significativa, siendo ligeramente peor la alternativa C1.

La tabla adjunta refleja las afecciones por tipo de uso (residencial, docente y sanitario) en cada una de las alternativas.

Tabla 25. Población afectada para las alternativas A1 y C1

INDICADOR RUIDO		
Datos generales	Alternativa A1	Alternativa C1
Longitud (m)	73.036	76.075
Población		
Residencial (nº de habitantes total)	3.725	4.131
Población/km	51	54
Afecciones		
Residencial (nº habitantes)	13	16
Colegios	-	-
Centros sanitarios	-	-

Para comparar las alternativas se utiliza como indicador la “población afectada” y más concretamente, el ratio o relación entre la población afectada identificada dentro del ámbito de estudio de cada alternativa y la población máxima de las dos alternativas (4.131 habitantes).

Indicador A1 = Población afectada A1 / Población máxima afectada = 13/4.131 = 0,31%

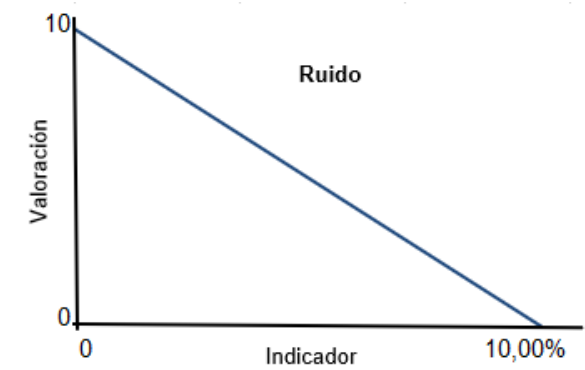
Indicador C1 = Población afectada C1/ Población máxima afectada = 16/4.131 = 0,39%

Tabla 26. Coeficientes o índices para ponderación del indicador ruido

INDICADOR RUIDO		
Alternativas	Población afectada	Indicador
Alternativa A1	13	0,31%
Alternativa C1	16	0,39%

Para el escalado de 0 a 10 se usa de nuevo una función lineal sencilla en la que el valor ‘0’ equivale a un indicador del 10%. Frente a ello, la valoración 10 se alcanzaría en un hipotético escenario de nula afección (indicador igual a 0%).

Figura 9. Función lineal para escalado de indicador ruido



Con la escasa afección que originan ambas alternativas, se obtienen puntuaciones muy altas y similares en ambos casos.

Tabla 27. Valoración criterio ruido

VALORACIÓN RUIDO (SITUACIÓN FÓNICA)		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	0,31%	9,69
Alternativa C1	0,39%	9,61

5.1.2.3. Vibraciones

Se ha realizado el estudio de vibraciones para las alternativas A1 y C1 del trazado de la futura línea de alta velocidad aplicando una metodología analítica basada en una extensa campaña experimental propuesta por la Institución Americana de Infraestructuras. La metodología en cuestión permite estimar el nivel de vibración global al que estará expuesto un edificio en el futuro, teniendo en cuenta sus características específicas, la velocidad del tren, las condiciones de propagación del macizo geotécnico, las particularidades de la vía y del vehículo.

De los resultados obtenidos para cada una de las alternativas, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- ✓ No se identificaron edificios considerados sensibles para ambas alternativas de trazado. Por lo tanto, solo se evaluaron los edificios residenciales en cuanto al cumplimiento del límite de exposición.
- ✓ Para el trazado A1 se identificaron 69 edificios residenciales con valores de exposición superiores a los límites normativos y 33 en situación de alerta (niveles de exposición entre 72 y 75 dB).
- ✓ Para el trazado C1 se identificaron 109 edificios residenciales con valores de exposición superiores a los límites normativos y 74 en situación de alerta (niveles de exposición entre 72 y 75 dB).

Teniendo en cuenta los hechos anteriores, desde el punto de vista de la exposición al campo de vibraciones inducidas por cada paso de un tren, la alternativa de trazado A1 se presenta como la opción con el menor impacto de ambas.

Tabla 28. Mediciones obtenidas del estudio de vibraciones. Edificios afectados.

MEDICIONES VIBRACIONES		
Número de edificios afectados	Alternativa A1	Alternativa C1
Con valores superiores a los límites normativos	69	109
En situación de alerta	33	74
Total	102	183

Para ponderar las alternativas y poder compararlas se ha asignado un valor de 10 a los valores superiores al límite permitido y 5 a los que se encuentran en situación alerta.

Tabla 29. Coeficientes o índices para ponderación del indicador vibraciones

COEFICIENTES VIBRACIONES	
Clasificación del suelo	Índice
Con valores superiores a los límites normativos	10
En situación de alerta	5

Aplicando los coeficientes previos a las mediciones, se obtienen los siguientes indicadores ponderados para cada alternativa.

Tabla 30. Indicadores ponderados para criterio vibraciones

INDICADORES VIBRACIONES				
Alternativas	Con valores superiores		En situación de alerta	
	nº edificios	Indicador ponderado	nº edificios	Indicador ponderado
Alternativa A1	69	690	33	165
Alternativa C1	109	1090	74	370

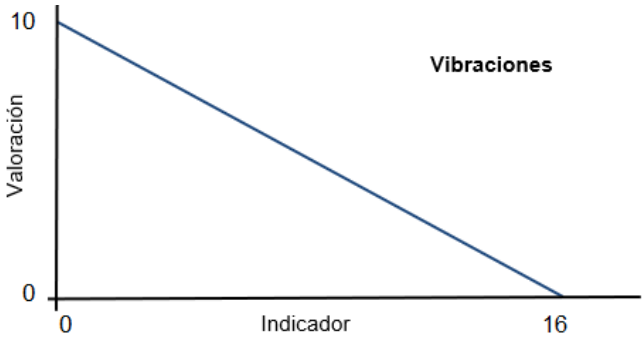
Posteriormente, se suman los dos indicadores ponderados (edificios con valores superiores + edificios en situación de alerta) y se dividen entre la suma mayor (en este caso, 183 edificios). El indicador final se traslada a una función para escalar los resultados a un rango de 0 a 10.

$$\text{Indicador vibraciones} = \sum (\text{indicadores ponderados}) / \text{MAX (Total de edificios afectados)}$$

Tabla 31. Valoración criterio vibraciones

VALORACIÓN VIBRACIONES			
Alternativas	Medición	Indicador	Valoración
Alternativa A1	855	4,67	7,07
Alternativa C1	1460	7,98	5,00

Figura 10. Función lineal para escalado de indicador vibraciones



La alternativa C1 resulta más desfavorable, principalmente por una notable diferencia de edificios con valores superiores a los límites normativos.

5.1.2.4. Capacidad agrológica

El desbroce y movimientos de tierras asociados a la construcción de la nueva línea ferroviaria, la adecuación de los accesos y la construcción de las estructuras y elementos asociados conllevarán la eliminación, retirada total o parcial de la capa edafológica. Para evaluar los efectos de cada alternativa sobre la capacidad agrológica, se han medido las superficies ocupadas por cada alternativa diferenciando las distintas clases agrológicas.

Tabla 32. Mediciones sobre suelos ocupados según capacidad agrológica

MEDICIONES CAPACIDAD AGROLÓGICA				
Clases de suelo según capacidad agrológica	Alternativa A1		Alternativa C1	
	suelo ocupado (m)	%	suelo ocupado (m)	%
Muy alta capacidad	1,57	1,6%	1,73	1,6%
Alta capacidad	16,30	16,9%	25,53	24,3%
Moderada capacidad	27,74	28,7%	43,52	41,4%
Baja capacidad	38,09	39,4%	12,28	11,7%
Muy baja capacidad	12,64	13,1%	21,83	20,8%
Antrópico/miscelánea	0,28	0,3%	0,31	0,3%
Total	96,62	100%	105,20	100%

En teoría, el potencial impacto sobre la capacidad agrológica será mayor cuando se ocupen suelos de mayor valor o mayor capacidad agrológica. Por ello, sobre las mediciones anteriores se aplican los siguientes coeficientes de ponderación, atendiendo al nivel evolutivo, cualidades y grado de conservación de cada clase.

Tabla 33. Coeficientes de ponderación para capacidad agrológica

COEFICIENTES CAPACIDAD AGROLÓGICA	
Clase de suelo	Índice (k)
Muy alta capacidad	5
Alta capacidad	4
Moderada capacidad	3
Baja capacidad	2
Muy baja capacidad	1
Antrópico/miscelánea	0

Aplicando los coeficientes anteriores se obtienen los indicadores ponderados que se muestran en la siguiente tabla. Se han excluido los tramos que se desarrollan en túnel por considerarse que en ellos no se produce impacto sobre los suelos, y en

viaducto se ha considerado el 30% de la ocupación viaducto por considerarse que el impacto es mínimo, reducido a la superficie de las pilas y caminos de acceso:

Tabla 34. Ocupación de las clases de suelo según su capacidad agrológica. Alt. A1 y C1.

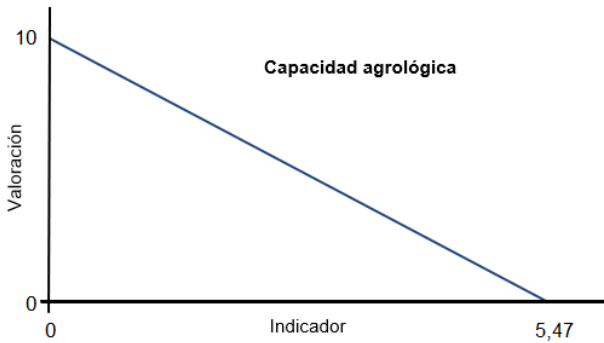
INDICADORES CAPACIDAD AGROLÓGICA				
Clases de suelo según capacidad agrológica	Alternativa A1		Alternativa C1	
	suelo ocupado (m)	medición ponderada	suelo ocupado (m)	medición ponderada
Muy alta capacidad	1,57	7,85	1,73	8,65
Alta capacidad	16,3	65,2	25,53	102,12
Moderada capacidad	27,74	83,22	43,52	130,56
Baja capacidad	38,09	76,18	12,28	24,56
Muy baja capacidad	12,64	12,64	21,83	21,83
Antrópico/miscelánea	0,28	0	0,31	0
Total	96,62	245,09	105,2	287,72

El indicador final para alternativa se obtiene, a modo de ejemplo para la alternativa A1, con la siguiente fórmula:

$$\text{Indicador alternativa A1} = 245,09 / 105,20 = 2,33$$

Para la valoración final y el consiguiente escalado 0 a 10, se establece como umbral máximo el doble del valor mayor de los indicadores anteriores; $2,73 \cdot 2$.

Figura 11. Función lineal para escalado de indicador capacidad agrológica



A partir de los indicadores y de la función anterior se obtiene las valoraciones finales para cada alternativa.

Tabla 35. Valoración criterio capacidad agrológica.

VALORACIÓN CAPACIDAD AGROLÓGICA		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	2,33	5,74
Alternativa C1	2,73	5,00

La alternativa C1 resulta algo más desfavorable, principalmente por su mayor superficie de ocupación, centrada además en los suelos de mayor capacidad agrológica.

5.1.2.5. Hábitats de interés comunitario

En el área se localizan varios hábitats de interés comunitario (HIC) del anexo I de la Directiva 92/43/CEE que se verán afectados por las alternativas del proyecto.

Para evaluar esta afección se considera primera el valor intrínseco inicial del hábitat, según sea o no prioritario; si lo es se aplicará un índice de 1 y si no lo es de 0.5 puntos. También se aplica un segundo coeficiente o índice según se produzca la afección/ocupación del HIC por un tramo del trazado en superficie (1), en viaducto (0.7) o en túnel (0.2). Con ello se obtiene un valor intrínseco final que será el índice a aplicar sobre las mediciones de los HIC afectados.

Tabla 36. Identificación de HIC y definición de valor intrínseco

HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO. ASIGNACIÓN DE ÍNDICES SEGÚN VALOR INTRÍNSECO					
Cod. UE	Categoría de HIC		Tipo de afección según trazado		Valor intrínseco final
	Prioritario	Índice NP/P	Solución	Índice Soluc.	Índice final
1130	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
1140	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
1310	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
1320	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
1330	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
3260	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
4030	No prioritario	0,50	En superficie	1,00	0,50
6510	No prioritario	0,50	En superficie	1,00	0,50
6510	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35
91E0*	Prioritario	1,00	Viaducto	0,70	0,70
9340	No prioritario	0,50	En superficie	1,00	0,50
9340	No prioritario	0,50	Viaducto	0,70	0,35

Con el índice final previo (en función del valor intrínseco final) se ponderan a continuación las superficies de HIC afectados por cada alternativa.

Tabla 37. Mediciones de HIC. Alternativa A1

AFECCIÓN A HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (HIC)			
Cod. UE	Superficie total afectada	Valor intrínseco final	Superficie ponderada
	Hectáreas	Índice final	Hectáreas
1130	0,93	0,35	0,33
1140	0,27	0,35	0,09
1310	0,29	0,35	0,10
1320	0,04	0,35	0,01
1330	0,11	0,35	0,04
4030	0,08	0,50	0,04
6510	0,20	0,35	0,07
6510	0,18	0,50	0,09
91E0*	0,49	0,70	0,34
9340	2,85	0,50	1,42
Total	5,43	0,43	2,54

Tabla 38. Mediciones de HIC. Alternativa C1

AFECCIÓN A HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (HIC)			
Cod. UE	Superficie total afectada	Valor intrínseco final	Superficie ponderada
	Hectáreas	Índice final	Hectáreas
1130	0,08	0,35	0,03
3260	0,02	0,35	0,01
6510	0,20	0,35	0,07
6510	0,18	0,50	0,09
91E0*	0,33	0,70	0,23
9160	0,01	0,35	0,00
9340	2,79	0,50	1,40
9340	0,46	0,35	0,16
Total	4,08	0,43	1,99

Para obtener datos más comparables del indicador se ha dividido la superficie ponderada de cada alternativa por la superficie máxima afectada (5,43 ha.) de forma que se obtienen los siguientes valores.

Indicador Alt A1 = $\text{Superf. Ponderada A1} / \text{Max. Superf. Afectada} = 2,54/5,43 = 0,47$

Indicador Alt C1 = $\text{Superf. Ponderada A1} / \text{Max. Superf. Afectada} = 1,99/5,43 = 0,37$

A partir de los indicadores se obtiene una valoración final entre 0 y 10 aplicando una sencilla función lineal, en la que el valor 10 equivale a afección (o indicador) nula y el valor 0 cuando el indicador alcanza el doble del indicador máximo (0,47*2).

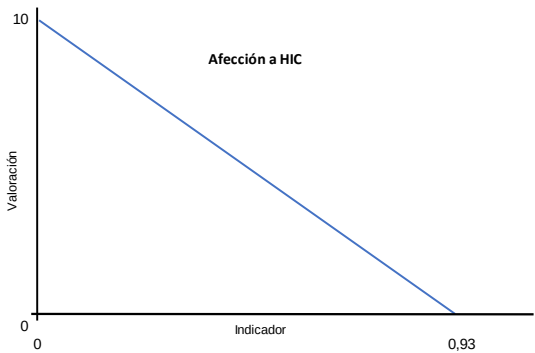


Figura 12. Función lineal para escalado de indicador afección HIC

La alternativa A1 es la que muestra una mayor afección a HIC, pese a que su longitud y ocupación totales son menores respecto a la C1. Ello se debe a que el recorrido de la alternativa A1 discurre en mayor medida sobre la zona litoral, que es donde se concentra una mayor presencia de HIC; especialmente, en el entorno de las marismas de Santoña.

Tabla 39. Valoración criterio afección HIC

VALORACIÓN HABITATS (HIC)		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	0,47	5,00
Alternativa C1	0,37	6,08

5.1.2.6. Espacios Naturales Protegidos

El ámbito del proyecto contiene varios espacios protegidos al amparo de figuras de protección de ámbito internacional (Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR)), europeo (Red Natura 2000 (ZEC y ZEPA)), nacional y/o autonómico (ENP). Los espacios protegidos interceptados por las alternativas son los siguientes, en su mayoría espacios de la Red Natura 2000.

- ✓ Sitio RAMSAR Marismas de Santoña
- ✓ Red Natura 2000
 - ZEC ES1300015 Río Miera
 - ZEC ES1300011 Río Asón
 - ZEC ES1300012 Río Agüera
 - ZEC ES1300007 Marismas de Santoña, Victoria y Joyel
 - ZEPA ES0000143 Marismas de Santoña, Victoria y Joyel y Ría de Ajo
- ✓ Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel

Se ha analizado la forma en la que cada una de las alternativas propuestas interfiere con estos espacios. Tanto la alternativa A1 como C1 realizan el paso sobre los espacios analizados en viaducto, habiéndose contemplado para la estimación de su afección, el área de proyección de los viaductos sobre la cartografía oficial de la

delimitación de dichos espacios. La distribución de superficie afectada por cada espacio es la reflejada en la siguiente tabla para la Alternativa A1.

Tabla 40. Superficie de cada espacio afectada por la alternativa A1

Alternativa A1		
Espacio Protegido (EP)	Cod_EP	Sup (ha)
ZEC Río Miera	ES1300015	0,17
ZEC Río Agüera	ES1300012	0,11
ZEC Marismas de Santoña, Victoria y Joyel	ES1300007	1,82
ZEPA Marismas de Santoña, Victoria, Joyel y Ría de Ajo	ES0000143	2,99
Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel	ES130006	2,99
Marismas de Santoña	Nº707	2,99

Al paso de la alternativa A1 sobre el estuario de las Marismas de Santoña, esta área aglutina diversas figuras de protección superpuestas, siendo en ocasiones a su vez Humedal de Importancia Internacional (RAMSAR), espacio de la Red Natura 2000 (Zonas de Especial Conservación (ZEC) y Zona de especial protección para las aves (ZEPA)), y espacio natural protegido (Parque Natural).

De esta manera, parte del ámbito central de las marismas interceptadas se encuentra bajo la protección de las figuras RAMSAR; RN2000 (ZEC y ZEPA) y Parque Natural y el área exterior carece de la figura de ZEC. Se muestra en la siguiente figura los ámbitos delimitados según su protección en el paso por las Marismas de Santoña al paso de la Alternativa A1 y en la tabla adjunta superficies según su protección:

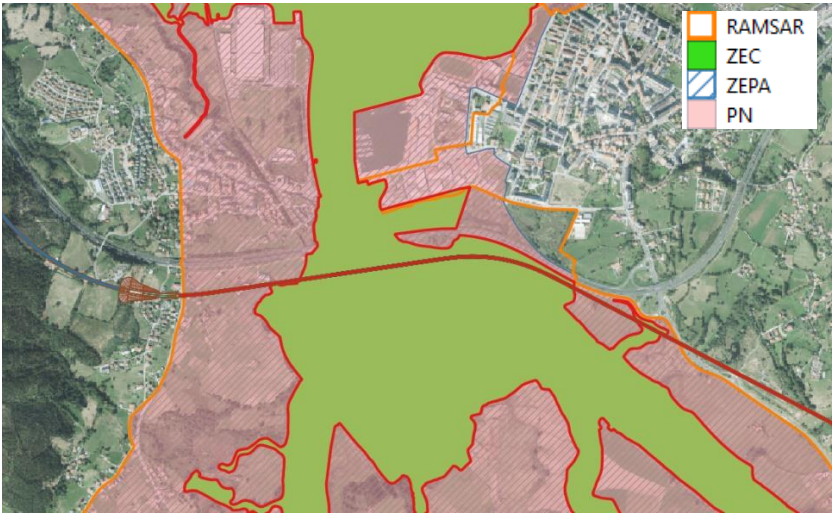


Figura 13. Alternativa A1 a su paso por las marismas de Santoña.

Tabla 41. Distribución de superficie protegida afectada por la alternativa A1

Alternativa A1		
Tipo ENP	FIGURA DE PROTECCIÓN	Sup (ha)
Río Miera	ZEC	0,17
Río Agüera	ZEC	0,11
Marismas de Santoña	ZEC+PN+RAMSAR+ZEPA	1,82
	PN+RAMSAR+ZEPA	1,17
Total		3,27

Por su parte la alternativa C1 realiza la afección a los siguientes espacios protegidos tratándose en todos los casos de ZEC fluviales de la Red Natura 2000.

Tabla 42. Mediciones de superficies de Espacios Naturales Protegidos (ENP) en la Alternativa C1

Alternativa C1			
Tipo ENP	Espacio Natural Protegido (ENP)	Cod_EP	Sup (ha)
ZEC	ZEC Río Miera	ES1300015	0,09
ZEC	ZEC Río Asón	ES1300011	0,12
ZEC	ZEC Río Agüera	ES1300012	0,12
Total			0,33

Para realizar la valoración de las alternativas se establecen unos coeficientes de ponderación en función del número de figuras de protección de la superficie interceptada por las alternativas.

- Si no hay superposición de espacios protegidos: Coeficiente = 1
- Superposición de PN, RAMSAR y ZEPA: Coeficiente = 1,2
- Superposición de ZEC, PN, RAMSAR y ZEPA: Coeficiente = 1,5

La tabla siguiente muestra los valores obtenidos para ambas alternativas considerando estos coeficientes.

Tabla 43. Aplicación de coeficientes según afección a número de Espacios Naturales Protegidos

Alternativa A1				
Área	FIGURA DE PROTECCIÓN	Sup (ha)	Coef.	Resultado
Río Miera	ZEC	0,17	1,00	0,17
Río Agüera	ZEC	0,11	1,00	0,11
Marismas de Santoña	ZEC+PN+RAMSAR+ZEPA	1,82	1,50	2,73
	PN+RAMSAR+ZEPA	1,17	1,20	1,40
Total		3,27		4,42

Alternativa C1				
Tipo ENP	Espacio Natural Protegido (ENP)	Sup (ha)	Coef.	Resultado
ZEC	ZEC Río Miera	0,09	1,00	0,09
ZEC	ZEC Río Asón	0,12	1,00	0,12
ZEC	ZEC Río Agüera	0,12	1,00	0,12
Total		0,33		0,33

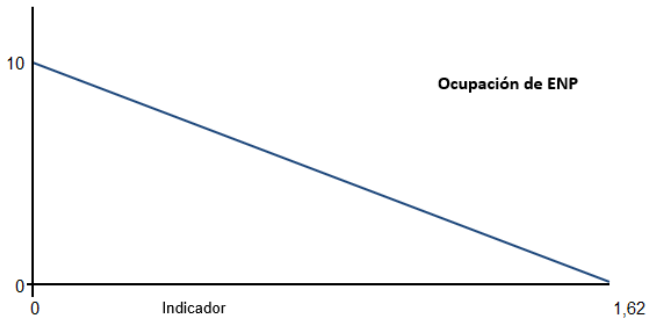
Para la obtención del indicador se ha dividido la afección ponderada por el coeficiente de cada alternativa entre la superficie máxima afectada que en este caso se corresponde con la alternativa A1 (3,27 ha.).

Indicador Alt A1 = Superf. Ponderada A1 / Max. Superf. Afectada= 4,42/3,27 = 1,35

Indicador Alt C1 = Superf. Ponderada C1 / Max. Superf. Afectada= 0,33/3,27 = 0,10

Para el escalado de 0 a 10 se utiliza la siguiente función que otorga una puntuación de 10 cuando el indicador es 0. La puntuación de 0 se obtiene en el caso de que el indicador adopte un valor 1,2 veces el máximo valor obtenido para el indicador (1,2*1,35 = 1,62).

Figura 14. Función lineal para escalado de indicado Espacios Naturales protegidos



Como se observa en la tabla inferior, la alternativa A1 obtiene una valoración significativamente menor que refleja la gran diferencia en superficie afectada entre una y otra alternativa.

Tabla 44. Valoración criterio Espacios naturales protegidos

VALORACIÓN ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS (ENP)		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	1,35	1,67
Alternativa C1	0,10	9,38

5.1.2.7. Paisaje

Para evaluar este criterio se emplea como indicador la visibilidad de la nueva infraestructura ferroviaria desde los núcleos de población del ámbito próximo; 10 km a ambos lados de los trazados).

Para ello, el primer paso fue generar las cuencas de visibilidad de cada alternativa dentro de ese ámbito. Obviamente, en el cálculo de las cuencas se excluyeron los tramos que discurren en túnel, pues estos no tienen un impacto paisajístico respecto a potenciales observadores. Y el segundo paso es incorporar al análisis la delimitación gráfica de los núcleos con el dato de población residente asociado.

Estas dos referencias (cuencas + poblaciones) permite obtener con relativa facilidad dos tipos de datos; la superficie de cada núcleo dentro de la cuenca visual y la cantidad proporcional de población “afectada”.

Tabla 45. Mediciones de afección al paisaje por núcleos de población y alternativas

MEDICIONES VISIBILIDAD PARA CRITERIO PAISAJE			
Alternativas	Población total ámbito estudio paisaje	Población afectada en núcleos visibles	Superficie afectada en núcleos visibles
	<i>nº hab.</i>	<i>nº hab.</i>	<i>m²</i>
Alternativa A1	911797	126762	43565031
Alternativa C1		72435	30115669

Cada dato anterior puede servir perfectamente como indicador para este criterio de afección al paisaje. Tras haber realizado el ejercicio con ambos datos (población y superficie afectadas) los resultados son muy semejantes, aunque se opta finalmente por emplear el dato de población por entender que es más equitativo, al evitar los sesgos inherentes a la delimitación de las superficie de los núcleos.

El indicador empleado resulta de aplicar la siguiente fórmula para los datos de cada alternativa:

$$\text{Indicador Paisaje} = \sum \text{Población afectada} / \sum \text{Población ámbito del estudio}$$

Tomando como ejemplo la alternativa A1:

$$\text{Indicador Paisaje Alternativa A1} = 126762 / 911797 = 13,90\%$$

Como en varios de los casos anteriores, el indicador de cada alternativa se escala de 0 a 10 con una función lineal sencilla. En la función, la valoración 0 se corresponde con indicadores que alcancen el doble del mayor dato obtenido para las alternativas (13.90%*2).

Figura 15. Función lineal para escalado de indicador afección paisaje

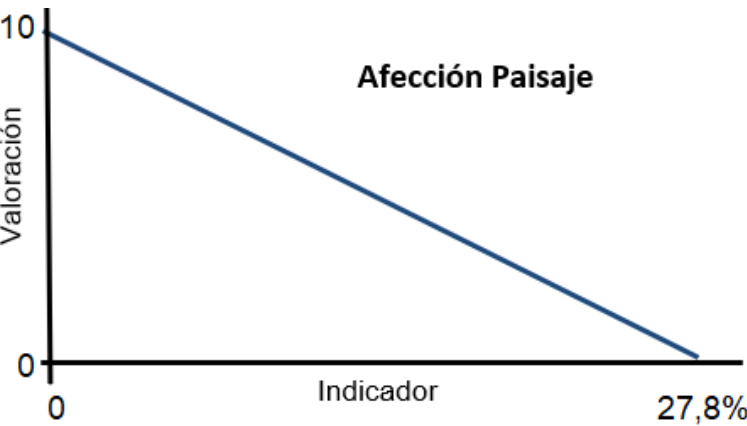


Tabla 46. Valoración criterio afección paisaje

VALORACIÓN PAISAJE		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	13,90%	5,00
Alternativa C1	7,94%	7,14

La alternativa A1 es la que presenta una mayor exposición visual o una mayor afección paisajística respecto a las poblaciones del entorno. Las cuencas visuales generadas ponen en evidencia que la visibilidad del trazado de la alternativa A1 es muy superior con respecto a la C1. De forma coherente, esto se traduce en que dentro de la cuenca de la A1 hay un mayor número de núcleos y de población.

5.1.2.8. Resumen del objetivo ambiental

A continuación, se recopilan las valoraciones calculadas para los distintos criterios ambientales.

Tabla 47. Resumen objetivo y criterios ambientales

PESOS	RESUMEN VALORACIÓN CRITERIOS DE OBJETIVO AMBIENTAL		
	Criterios ambientales	Alternativa A1	Alternativa C1
0,14	Emisiones atmosféricas	8,33	8,26
0,14	Ruido	9,69	9,61
0,14	Vibraciones	7,07	5,00
0,14	Capacidad agrológica	5,74	5,00
0,14	HIC	5,00	6,08
0,14	ENP	1,67	9,38
0,14	Paisaje	5,00	7,14
1,00	Valoración ambiental	6,07	7,21

Las alternativas de trazados arrojan valoraciones bastante dispares para cada uno de los criterios que, en algunos casos, presentan diferencias cercanas a los 8 puntos, como sucede en lo concerniente a la ENP (un factor clave en la definición de las alternativas).

Sin perjuicio de lo anterior, lo cierto es que la valoración final las puntuaciones de las alternativas acaban compensándose, siendo la diferencia entre ellas cercana a un punto.

5.1.3. Objetivo territorial

Dentro del objetivo territorial se han estudiado los siguientes criterios:

- ✓ Planificación territorial
- ✓ Planeamiento urbanístico
- ✓ Usos del suelo
- ✓ Construcciones

A continuación, se analiza cada uno de los criterios mencionados.

5.1.3.1. Planificación territorial

Tras el análisis de la situación de los instrumentos de planificación territorial y sectorial vigentes en el País Vasco y en Cantabria, que se realiza en el anejo de planeamiento que forma parte de este Estudio, puede afirmarse que la figura con mayor relevancia para la proposición de alternativas es el Plan de Ordenación Litoral de Cantabria (POL-C).

Los instrumentos del País Vasco, desde las Directrices de Ordenación Territorial hasta los diversos Planes Territoriales Parciales o Sectoriales existentes, no se consideran en este indicador por dos motivos fundamentales: primero, porque las alternativas A1 y C1 presentan igual solución de trazado a lo largo de territorio vasco, y segundo, porque la inmensa mayoría de ese trazado común discurre mediante túneles.

En el caso de Cantabria, el referido POL-C es la única figura de planificación territorial en vigor en esta región, especialmente, si exceptuamos los planes especiales que ampara (como el de caminos y sendas del litoral o el de la bahía de Santander) y los Proyectos Singulares de Interés Regional (PSIR). Sobre estos últimos, las alternativas apenas tienen relevancia y, donde pudieran tener algo de significancia, las alternativas presentan soluciones similares. Por tanto, este indicador de planificación territorial y sectorial se sustenta en las potenciales afecciones de las alternativas sobre el POL-C y más concretamente sobre la denominada zona de protección. Es importante reseñar que las mediciones y datos empleados aquí ponen en comparación las soluciones de rasante baja para las

alternativas A1 y C1; este mismo ejercicio realizado con las variantes altas arroja un resultado relativo muy semejante.

El ámbito del POL-C incluye los 35 municipios litorales de Cantabria y dentro de éste discurre, aproximadamente, un 80% de los trazados de ambas alternativas.

Tabla 48. Ocupación previsible de las alternativas

OCUPACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS*				
Ocupación de los trazados de las alternativas (en hectáreas)	Alternativa A1		Alternativa C1	
	ha.	%	ha.	%
Total	211	100%	239	100%
En Cantabria	179	85%	207	87%
Dentro del ámbito del POL-C	162	77%	188	79%

* La tabla muestra las superficies de suelo que serán previsiblemente ocupadas con los trazados de cada alternativa. Se estiman las cifras totales, en Cantabria y dentro del ámbito de Plan de Ordenación del Litoral con la única voluntad de obtener unos datos de referencia.

Lo más importante es que en el modelo de ordenación del POL-C se diferencian tres grandes zonas o sistemas: protección, ordenación y una última dedicada a supuestos de exclusión. Como se indicó antes, para realizar este indicador se mide la ocupación o afección de las alternativas a la denominada zona de protección, que se desglosa a su vez en distintas categorías según el valor que motiva dicha protección (litoral, costera, ecológica, etc.).

Tabla 49. Ocupación de las alternativas según categorías de protección y trazado

OCUPACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DEL POL-C S POR LAS ALTERNATIVAS					
Categorías de protección en Zona de Protección		Alternativa A1		Alternativa C1	
		ha.	%	ha.	%
Ocupación total dentro del ámbito del POL-C		129,19	100%	159,25	100%
Ocupación dentro de la zona de protección		25,74	19,9%	24,32	15,3%
Categorías de protección	PC-Protección Costera	-	0,0%	-	0,0%
	PE-Protección Ecológica	17,20	13,3%	17,22	10,8%
	PI-Protección Intermareal	0,48	0,4%	0,53	0,3%
	PL-Protección Litoral	1,72	1,3%	0,46	0,3%
	PR-Protección de Riberas	6,34	4,9%	6,10	3,8%
Ocupación en superficie de los trazados dentro de la zona de protección**		12,83	9,9%	10,72	6,7%
Categorías de protección	PC-Protección Costera	-	0,0%	-	0,0%
	PE-Protección Ecológica	4,54	3,5%	3,67	2,3%
	PI-Protección Intermareal	0,48	0,4%	0,53	0,3%
	PL-Protección Litoral	1,47	1,1%	0,46	0,3%
	PR-Protección de Riberas	6,34	4,9%	6,06	3,8%

** Estas cifras muestran las superficies ocupadas por el trazado cuando este discurre en superficie, es decir, se excluyen aquí los tramos en túnel.

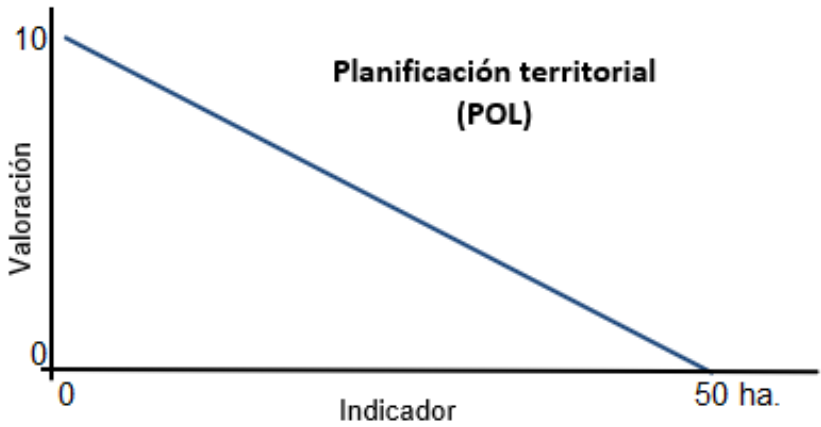
Para obtener el indicador de planificación territorial se opta por emplear la ocupación directa de los trazados sobre la zona de protección, excluyendo los tramos en túnel. Las cifras que se obtienen para cada alternativa son: en A1, 12.83 h hectáreas y en C1, 10.72 ha.

Por otra parte, a los efectos de este indicador, no se considera oportuno aplicar criterios de ponderación para cada categoría de protección del POL, porque no hay diferencias relativas sustanciales entre las alternativas y porque no hay una forma objetiva de ponderarlas entre sí.

Para realizar la valoración y el consiguiente escalado a 10, se establece una ocupación máxima admisible de 50 hectáreas. Esta referencia equivale al doble de la ocupación mayor entre las dos alternativas considerando la totalidad del trazado (en superficie, en viaducto y en túnel).

La valoración final en una escala 0 a 10 se obtiene aplicando la siguiente función lineal:

Figura 16. Función lineal para escalado de indicador planificación territorial



Aplicando la función lineal anterior a las cifras de ocupación de los trazados sobre la zona de protección (exceptuando los tramos en túnel) resultan las siguientes valoraciones finales:

Tabla 50. Valoración criterio planificación territorial

VALORACION PLANIFICACIÓN TERRITORIAL		
Alternativas	Indicador	Valor
Alternativa A1	12,83	7,43
Alternativa C1	10,72	7,86

El resultado para este indicador territorial es que la Alternativa C1 presenta una valoración más positiva, lo que es consecuente con el hecho de que, en su tramo intermedio, el corredor de ésta se aleje del litoral para evitar el paso a través de las marismas de Santoña. Esto explica que el trazado de la C1, incluso una ocupación y longitud superiores, afecte menos a la zona de protección del POL (a todas las categorías) y sea, desde la perspectiva de la planificación territorial, algo más favorable.

Sin perjuicio de lo anterior, es necesario reseñar que ambas alternativas suponen ocupaciones de la zona de protección muy bajas (tanto en términos absolutos -entre 12,8 y 10,7 ha.- como relativos -entre un 10 y una 6,7%-). Esto motiva que ambas obtengan una valoración positiva elevada y que este indicador deba tener un peso relativo ponderado en el conjunto del multicriterio.

5.1.3.2. Planeamiento urbanístico

La adaptación o compatibilidad con el planeamiento urbanístico es otro factor territorial de interés que debe estar presente en la selección de las alternativas.

Sin embargo, dado que se ven incluidas dos comunidades autónomas y, sobre todo, teniendo en cuenta la heterogeneidad de los planeamientos urbanísticos municipales (en fechas de aprobación, en contenidos, en nomenclaturas, etc.), para elaborar este indicador se opta por acudir a la clasificación urbanísticas del suelo. Esta es una determinación mínima, común y básica que está presente en todos los planes y legislaciones. Y, además, gracias a las administraciones autonómicas, se dispone de cartografía digital en la que se han homogenizado las clases de suelo básica (urbano, urbanizable y rústico/no urbanizable), lo que permite ponerlas en comparación directa con las alternativas.

Los trazados de las alternativas discurren a través de 26 municipios; 20 pertenecen a Cantabria y los 6 restantes al País Vasco. La alternativa A1 lo hace a través de 20 (14+6) y la C1 de 19 (13+6).

De la superposición de los trazados de las alternativas sobre los mapas de clasificación del suelo se obtienen los siguientes datos generales:

Tabla 51. Clasificación del suelo ocupado por las alternativas

OCUPACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN CLASES DE SUELO				
Clasificación del suelo*	Alternativa A1		Alternativa C1	
	Ha.	%	Ha.	%
Suelo Urbano	5,33	2,5%	5,31	2,2%
Suelo Urbanizable	4,39	2,1%	4,19	1,8%
Suelo No Urbanizable o Rústico	196,72	93,3%	224,88	94,2%
Sistemas Generales	4,43	2,1%	4,43	1,9%
Total	211	100%	239	100%

* Se trata de una clasificación básica y homogeneizada. Se mantienen los denominados “sistemas generales” porque, especialmente en el País Vasco, resulta difícil asimilarlos a cualquier de las tres clases anteriores.

Considerando que la inmensa mayoría de las determinaciones urbanísticas sólo tienen una plasmación superficial (sobre el suelo, y no sobre el vuelo o el subsuelo), y añadiendo a esto la abundancia de los tramos en túnel en los trazados de las alternativas, se extrae de las mediciones anteriores la “ocupación” por túneles.

Las nuevas cifras de ocupación son la que se emplearán como indicador para este criterio de planeamiento.

Tabla 52. Clasificación del suelo ocupado por las alternativas en tramos en superficie y en estructura/viaducto

OCUPACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN CLASES DE SUELO (SIN TÚNELES)				
Clasificación del suelo*	Alternativa A1		Alternativa C1	
	Ha.	%	Ha.	%
Suelo Urbano	3,29	3,1%	3,21	2,8%
Suelo Urbanizable	2,50	2,3%	2,30	2,0%
Suelo No Urbanizable o Rústico	100,02	93,3%	106,09	93,9%
Sistemas Generales	1,42	1,3%	1,42	1,3%
Total	107	100%	113	100%

Para calcular el indicador de planeamiento urbanístico se tendrá en consideración el % de ocupación de suelo urbano, urbanizable y no urbanizable. Se excluye lo relativo

a los sistemas generales porque es una “clase” de suelo que no se incorpora de igual modo en todos los planeamientos. Además, considerando que la comparación es directa entre dos alternativas, el posible sesgo derivado de esta exclusión tendrá efectos equiparables sobre ambas.

Por otra parte, antes de generar el indicador, a las mediciones anteriores se les aplica unos coeficientes de ponderación para cada clase de suelo. La voluntad de esto es atribuir una mayor relevancia a la ocupación de suelo urbano (urbanizado), ya que, con carácter general, esto suele implicar mayores impactos. Frente a ello, al suelo no urbanizable se asigna un coeficiente de 0.5, ya que, a priori, es la clase más apta para albergar una nueva infraestructura. En este ejercicio se asigna un 1.5 al suelo urbanizable, donde los potenciales impactos son más asumibles que en suelo urbano, especialmente cuando los ámbitos de esta clase de suelo aún no hayan iniciado su desarrollo urbanístico (que es la situación más habitual).

Tabla 53. Coeficientes o índices para ponderación del indicador planeamiento urbanístico

COEFICIENTES PLANEAMIENTO	
Clasificación del suelo	Índice
Suelo Urbano	2
Suelo Urbanizable	1,5
Suelo No Urbanizable	0,5

En vista de lo anterior, el indicador de planeamiento urbanístico respondería a la siguiente fórmula:

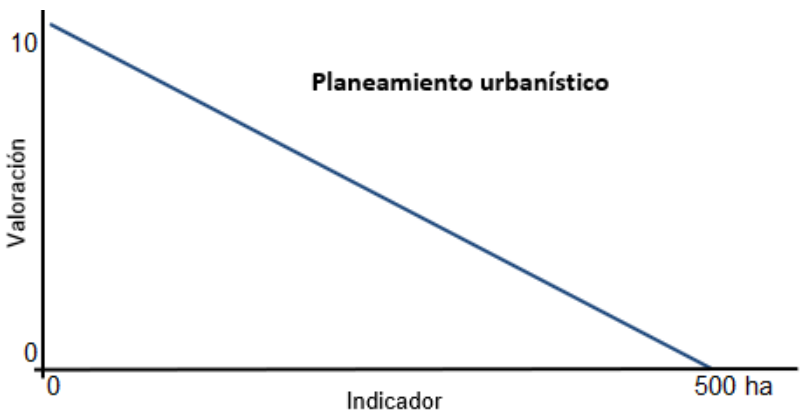
Indicador Planeamiento = (2 · ocupación suelo urbano) + (1,5 · ocupación suelo urbanizable) + (0,5 · ocupación suelo no urbanizable/rústico)

Tabla 54. Indicadores ponderados para criterio de planeamiento urbanístico

INDICADORES PLANEAMIENTO URBANÍSTICO							
Alternativas	Suelo Urbano		Suelo Urbanizable		Suelo No Urbanizable		Indicador final
	Ocupación (ha.)	Indicador ponderado	Ocupación (ha.)	Indicador ponderado	Ocupación (ha.)	Indicador ponderado	
Alternativa A1	5,33	10,66	4,39	6,59	196,72	98,36	115,61
Alternativa C1	5,31	10,63	4,19	6,29	224,88	112,44	129,36

Para el escalado a una valoración de 0 a 10, al indicador anterior se le aplica la siguiente función inicial.

Figura 17. Función lineal para escalado de indicador planeamiento



Se establece como umbral máximo la cifra de 500 hectáreas, que se obtiene al multiplicar el coeficiente mayor (2) por la cifra más alta de ocupación entre las alternativas sumando todas las clases de suelo (239 ha., en C1, y sin ponderar aún). Con ello se pretende cuantificar y comparar las ocupaciones de las distintas clases de suelo en función de la solución de trazado y tomando un valor de escalado único.

Los indicadores finales ponderados para cada alternativa y los consiguientes valores de 0 a 10, aplicando la función anterior, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 55. Valoración criterio planeamiento urbanístico.

VALORACION PLANEAMIENTO URBANÍSTICO		
Alternativas	Indicador final	Valoración
Alternativa A1	60,34	8,79
Alternativa C1	62,91	8,74

Atendiendo a las mediciones, las dos alternativas presentaban una ocupación de suelo urbano y urbanizable prácticamente idéntica, que sumada representa poco más del 10%. Si a ello se suma una ocupación global (con o sin túneles) que es también bastante similar, resulta lógico que las valoraciones finales se aproximen tanto y que sean, en general, elevadas dentro del rango de 0 a 10 empleado.

5.1.3.3. Usos del suelo

En este tercer indicador del criterio territorial se pretenden comparar las afecciones de las alternativas sobre los usos de suelo y, particularmente, sobre los aprovechamientos vinculados directamente a este, es decir, la explotación tradicional y agraria (tierras de cultivo, explotaciones forestales, pastos ganaderos, ...).

Para esta labor se toma como referencia de base la cartografía de usos del suelo del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, basado en programa europeo Corine Land Cover, y según los resultados extractados en el Estudio de Impacto Ambiental. Para los fines de este indicador se agrupan las múltiples categorías es las mínimas necesarias con la voluntad de simplificar el ejercicio y facilitar la comprensión.

Después de superponer los trazados de las alternativas A1 y C1 sobre dicha cartografía de usos del suelo se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 56. Usos del suelo ocupado por las alternativas

OCUPACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN USOS DEL SUELO				
Usos del suelo	Alternativa A1		Alternativa C1	
	Ocupación ha.	%	Ocupación ha.	%
Dominio Público	22,17	12,6%	19,54	10,7%
Erial	1,43	0,8%	1,46	0,8%
Cultivos	12,77	7,2%	14,81	8,1%
Matorral/Pastizal	77,53	44,0%	95,38	52,3%
Forestal	57,73	32,8%	45,98	25,2%
Urbano	4,59	2,6%	5,19	2,8%
Total	176	100%	182	100%

* Las cifras de ocupación calculadas se corresponden con las poligonales que delimitan la propuesta del dominio público (la expropiación), por eso no son coincidentes con las mostradas en otros indicadores donde se considera la ocupación efectiva por los trazados. Esta circunstancia afecta por igual a las dos alternativas, así que no tiene relevancia a efectos de comparación entre ellas y del cálculo de este indicador.

Como puede apreciarse, y como era previsible por las características del territorio que atraviesan ambas alternativas, la inmensa mayoría de los suelos están destinados o clasificados como Forestal y Matorral/Pastizal (más del 75% en ambas).

Para calcular el indicador se utiliza las cifras de ocupación (en hectáreas), aunque se excluyen varias categorías:

- El uso urbano, porque los potenciales impactos sobre éste ya están contemplados en otros criterios como el de planeamiento.
- Y los usos ‘dominio público’ y ‘erial’, porque en ambos casos, se considera que la ocupación o transformación de estos suelos no tiene efectos significativos sobre el aprovechamiento y explotación tradicional del territorio.

Por otra parte, entre las categorías de usos del suelo restantes que conformarán el indicador (Cultivos, Matorral/Pastizal y Forestal), se estima oportuno aplicar coeficientes a cada uno para ponderar de algún modo la magnitud de los potenciales efectos de su ocupación, transformación o desaparición. Los argumentos considerados son:

- Se atribuye un índice menor de 0,5 al matorral/pastizal, porque el aprovechamiento antrópico es menos intensivo y requiere menor mantenimiento.
- Se atribuye un 1 a los cultivos, como uso de referencia más ajustado a la definición del propio criterio (uso de suelo). Y es mayor que el anterior por los argumentos opuestos.
- Y, finalmente, al forestal se asigna un coeficiente mucho mayor, porque concurren dos factores: uno, cuando es una explotación forestal el impacto es mayor que en el caso de un cultivo o un prado (por ejemplo, por el tiempo que requiere) y, dos, y especialmente, por el valor ecológico y ambiental, que también debe pesar.

Tabla 57. Coeficientes o índices para ponderación del indicador usos del suelo

COERCIENTES USOS DEL SUELO	
Usos del suelo	Índice
Matorral/Pastizal	0,5
Cultivos	1
Forestal	2

En vista de lo anterior, resultan los siguientes datos ponderados:

Tabla 58. Usos del suelo ocupado por las alternativas

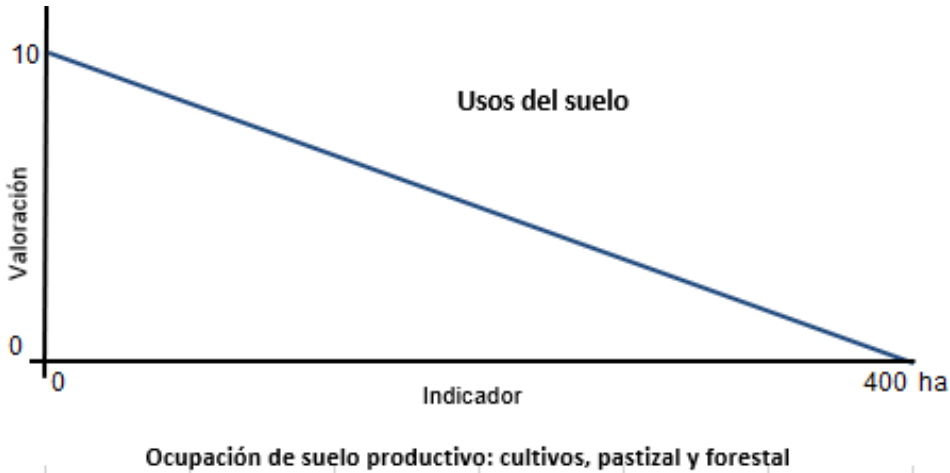
INDICADORES USOS DEL SUELO				
Usos del suelo	Alternativa A1		Alternativa C1	
	Ocupación ha.	Indicador ponderado	Ocupación ha.	Indicador ponderado
Matorral/Pastizal	77,53	38,77	95,38	47,69
Cultivos	12,77	12,77	14,81	14,81
Forestal	57,73	115,45	45,98	91,95
Indicador final	148	167	156	154

En vista de lo anterior, el indicador de usos de suelo para cada alternativa, basado en la medición de superficie ocupada, resulta ser:

Indicador Usos Suelo = (0,5 · ocupación Matorral/Pastizal) + (1 · ocupación Cultivos) + (1,5 · ocupación forestal)

Para el escalado a una valoración de 0 a 10, al indicador anterior se le aplica la siguiente función inicial. Se establece como umbral de máxima ocupación unas 400 hectáreas, que resultan de multiplicar el coeficiente mayor considerado (2) por la superficie mayor ocupada entre las dos alternativas (178). Con esta referencia se pueden evaluar equitativamente los efectos de la ponderación en ambas alternativas respecto a un dato común (400).

Figura 18. Función lineal para escalado de indicador usos del suelo



Los valores finales para cada alternativa tras aplicar la función anterior a los indicadores ponderados para cada alternativa son:

Tabla 59. Valoración criterio usos del suelo

VALORACION USOS DEL SUELO		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	167,0	5,83
Alternativa C1	154,5	6,14

Ambas alternativas presentan una valoración muy similar. Esto es consecuente con una ocupación absoluta y relativa de terrenos semejante en cuanto a cultivos. La afección conjunta a las zonas de pastizal y forestal es también semejante, pero se ve invertida en cada alternativa y es aquí donde radica una mejor puntuación de la alternativa C1. En la A1 la afección forestal es mayor y esto se ve incrementado por los efectos de la ponderación.

5.1.3.4. Construcciones

Un rasgo general del territorio en el que se engloba este estudio (el corredor Santander-Bilbao) es la alta dispersión y densidad tanto de pequeños núcleos de población como de construcciones aisladas. De hecho, esta forma de ocupación se produce sin solución de continuidad y con leves oscilaciones de intensidad según las propias condiciones del entorno.

Esta circunstancia, que es la dispersión extensa de barrios y construcciones, se puede apreciar a lo largo de los trazados de ambas alternativas, y se produciría en cualquiera otra que se propusiese.

Este indicador denominado ‘construcciones’ busca evaluar las alternativas según el número y el uso de las edificaciones o construcciones que se verán afectadas de forma directa, es decir, las de aquellas cuyo mantenimiento es incompatible con la ejecución de los trazados.

Los datos se toman del anejo de expropiaciones, siendo la fuente original la cartografía catastral (que aporta no solo la identificación si no también el uso principal y la superficie en planta de la construcción).

Después de intersecar la cartografía de edificios con la delimitación del dominio público previsto para cada trazado de las alternativas A1 y C1 se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 60. Construcciones afectadas por las alternativas

AFECCIÓN A CONSTRUCCIONES POR LAS ALTERNATIVAS SEGÚN USO PRINCIPAL						
Construcciones según uso	Alternativa A1			Alternativa C1		
	nº construcciones	m² construidos	% s.m²	nº construcciones	m² construidos	% s.m²
Auxiliar	3	144	0,7%	3	144,00	0,5%
Agricultura	26	4.195	19,4%	36	8.477,00	28,3%
Industrial	12	7.846	36,2%	16	7.979,00	26,7%
Residencial	61	7.929	36,6%	86	11.779,00	39,3%
Servicio Público	5	1.559	7,2%	6	1.559,00	5,2%
Total	107	21.672	100%	147	29.938	100%

Pese a los esfuerzos realizados en fase de diseño, se ven afectados entre 107 y 147 construcciones a lo largo de los trazados; un número relativamente reducido considerando que ambas alternativas tienen en torno a 80 km de longitud y teniendo en cuenta el grado de dispersión señalado.

Para calcular el indicador se emplean los datos de superficie construida en vez del número de construcciones, y se excluyen del ejercicio las de uso auxiliar por su escaso número, superficie y menor impacto.

Por otra parte, parece razonable asignar distintos pesos a cada construcción según el uso que alberga, de manera que la potencial afección a una de tipo industrial no se equipare a la de un equipamiento público o una vivienda. Los coeficientes aplicados responden a los siguientes factores:

- El índice menor de 0,25 se aplica a la superficie de las construcciones agrícolas, ya que suele tratarse de naves, cabañas, casetos de labranza y otras tipologías que se menor interés económico y social.
- Se atribuye un índice 1 a la superficie de industriales. Han gran diversidad, pero en general, se trata de naves y construcciones vinculadas a la explotación agropecuaria.

- Se asigna un índice mayor -1,5- a las construcciones residenciales, porque, en general, el coste de estas construcciones es mayor y el uso (viviendas) es más sensible.
- Finalmente, la escala la cierran las construcciones destinadas a servicios o equipamientos públicos con un índice 2.

Tabla 61. Coeficientes o índices para ponderación del indicador construcciones

COEFICIENTES CONSTRUCCIONES	
Clasificación del suelo	Índice
Agricultura	0,25
Industrial	1
Residencial	1,5
Servicio Público	2

En vista de lo anterior, resultan los siguientes datos ponderados sobre la superficie construida:

Tabla 62. Superficies ponderadas, según uso, para las construcciones afectadas

INDICADORES AFECCIÓN A CONSTRUCCIONES				
Usos del suelo	Alternativa A1		Alternativa C1	
	m² construidos	Indicador ponderado	m² construidos	Indicador ponderado
Agricultura	4.195	1.049	8.477	2.119
Industrial	7.846	7.846	7.979	7.979
Residencial	7.929	11.894	11.779	17.669
Servicio Público	1.559	3.117	1.559	3.118
Indicador final	21.528	23.905	29.794	30.885

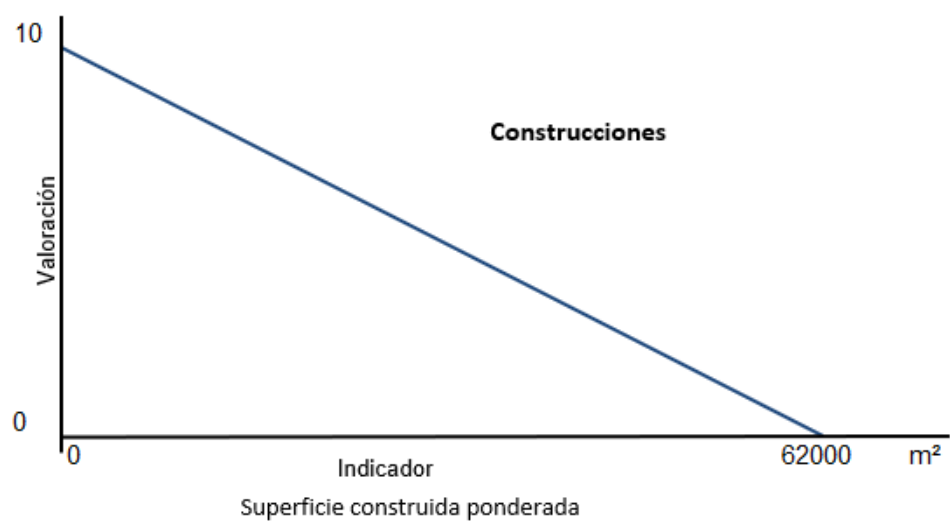
El indicador de construcciones se calcula con la siguiente fórmula suma-producto:

$$\text{Indicador Construcciones} = (0,5 \text{ m}^2 \text{ construidos agricultura}) + (1 \text{ m}^2 \text{ construidos industrial}) + (1,5 \text{ m}^2 \text{ construidos residencial}) + (2 \text{ m}^2 \text{ construidos servicio público})$$

Para el escalado a una valoración de 0 a 10, a los indicadores obtenidos se les aplica una función inicial en la que superficie construida máxima admisible (valor 0) resulta de multiplicar el coeficiente más alto considerado (2) por la superficie mayor entre las dos alternativas (30.885). Esto se traduce en un umbral de 62.000.

Con esta referencia o umbral se pueden evaluar equitativamente los efectos de la ponderación según el uso utilizando una referencia común (80.000 m² construidos ponderados es un valor 0, 40.000 m² equivalen a un valor 5, y 0 m² a uno de 10).

Figura 19. Función lineal para escalado de indicador construcciones



Los valores finales para cada alternativa tras aplicar la función anterior a los indicadores ponderados para cada alternativa son:

Tabla 63. Valoración criterio construcciones

VALORACION AFECCIÓN A CONSTRUCCIONES		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	23.905	7,01
Alternativa C1	30.885	6,14

La principal diferencia en las alternativas reside en las construcciones incluidas en los usos de agricultura y residencial, donde la C1 presenta unos datos notablemente más elevados. En términos generales, tanto en el número de construcciones como en la superficie construida “afectada”, la alternativa C1 es en torno a un 40% mayor. Sin embargo, la valoración final es sólo un 12% inferior, dentro en la escala 1 a 10 empleada, porque se está asumiendo que la afección mínima admisible (el valor 5) es la que genera la alternativa C1, y también por los efectos de la ponderación (por ejemplo, los derivados de una afección a construcciones residenciales bastante menor en la A1).

5.1.3.5. Resumen del objetivo territorial

A continuación, se recopilan las valoraciones obtenidas en los criterios territoriales.

Tabla 64. Resumen objetivo y criterios territoriales

PESOS	RESUMEN VALORACIÓN CRITERIOS DE OBJETIVO TERRITORIAL		
	CRITERIOS TERRITORIALES	Alternativa A1	Alternativa C1
0,25	Planificación territorial	7,43	7,86
0,25	Planeamiento urbanístico	8,79	8,74
0,25	Usos del suelo	5,83	6,14
0,25	Construcciones afectadas	7,01	6,14
1,00	Valoración territorial	7,27	7,22

La valoración territorial final es muy similar para ambas alternativas. Y lo es porque las valoraciones individuales de cada criterio también muestran una significativa semejanza. La diferencia más reseñable se observa en las construcciones previsiblemente afectadas, aunque la valoración entre alternativas oscila en menos de 1 punto. Tras el ejercicio realizado, el resultado es congruente con lo visto y analizado para cada criterio.

5.1.5. Objetivo económico

Dentro del objetivo económico se ha evaluado la tasa interna de retorno (TIR) de ambas alternativas.

5.1.5.1. Rentabilidad

En este indicador del multicriterio se considera como parámetro la denominada “TIR o rentabilidad socioeconómica”, entendida como un relación o análisis coste-beneficio desde una perspectiva no estrictamente financiera.

Tabla 65. Resultados de rentabilidad obtenidos para las alternativas analizadas. Sin mercancías.

VAN 2030 [miles € 2023]	A1	C1
0. Inversiones	1.934.248	1.940.611
Infraestructura	1.842.455	1.848.818
Material móvil viajeros	91.793	91.793
Material móvil mercancías	0	0
1. Gastos de explotación	300.830	295.374
Mto. Infraestructura	158.699	158.534
Generales y de estructura (administrador)	9.565	9.555
Ventas (viajeros)	25.035	24.083
Personal (viajeros)	31.187	28.332
Energía (viajeros)	15.280	15.269
Mantenimiento (viajeros)	26.877	26.858
Generales y de estructura (operador)	34.186	32.741
Mercancías	0	0
2. Total costes	2.235.078	2.235.985
3. Beneficios	1.134.581	1.170.377
Excedente consumidor viajeros inducidos	1.842	2.101
Excedente productor viajeros inducidos	57.958	78.211
Ahorro de Tiempo (viajeros)	277.941	302.243
Ahorro de Accidentes (viajeros)	131.092	129.550
Ahorro en Costes de Funcionamiento (viajeros)	406.419	401.967
Ahorro en Costes Ambientales (viajeros)	259.329	256.306
Beneficios Mercancías	0	0
TIR Socioeconómico	0,40%	0,51%
VAN Socioeconómico	-1.100.497	-1.065.607

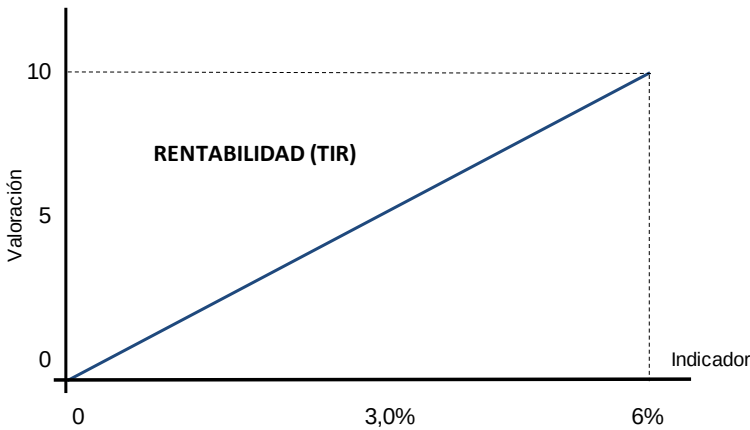
El parámetro de rentabilidad que se considera en este multicriterio es el correspondiente a la TIR Socioeconómica y, concretamente, a la situación ‘sin mercancías o sólo viajeros’.

Tabla 66. Valoración de la rentabilidad (TIR) socioeconómica de las alternativas analizadas

RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN SEGÚN ALTERNATIVAS		
Tasa Interna de Retorno (TIR) socioeconómica	Alternativa A1	Alternativa C1
	0,40%	0,51%

Para obtener una valoración de 0 a 10 se ha generado una función que otorga una valoración de 5 para rentabilidades equivalentes a la tasa interna de retorno (3%). En los extremos, asigna 0 para rentabilidad equivalente a 0% y 10 para una rentabilidad del 6%.

Figura 20. Función lineal para escalado de indicador rentabilidad socioeconómica



Las valoraciones de acuerdo con la función anterior se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 67. Valoración criterio rentabilidad

VALORACION RENTABILIDAD		
Alternativas	Indicador	Valoración
Alternativa A1	0,40%	0,67
Alternativa C1	0,51%	0,85

5.1.5.2. Resumen del objetivo económico

A continuación, se incluyen los resultados del análisis económico.

Tabla 68. Resumen objetivo y criterio económico

PESOS	RESUMEN VALORACIÓN CRITERIOS DE OBJETIVO ECONÓMICO		
	Criterios	Alternativa A1	Alternativa C1
	TIR socioeconómica	0,67	0,85
	Valoración económica	0,67	0,85

Ambas alternativas, con un presupuesto de ejecución muy elevado, obtienen valoraciones muy bajas, siendo la alternativa C1 ligeramente mejor desde el punto de vista económico.

5.2. Obtención de indicadores para variante estación de Castro-Urdiales: rasante baja o alta

5.2.1. Objetivo funcional

Dentro del objetivo funcional se han considerado los siguientes tres criterios:

- ✓ Facilidad constructiva.
- ✓ Accesibilidad a estaciones.
- ✓ Acceso a andenes.

A continuación, se desarrolla el análisis.

5.2.1.1. Facilidad constructiva

Con este criterio se pretende analizar el nivel de dificultad técnica que implican las estructuras y túneles proyectados en las dos alternativas planteadas para futura estación de Castro-Urdiales.

- ✓ Rasante baja

En la rasante baja hay previstas dos estructuras y un túnel tal y como se observa en la imagen adjunta.

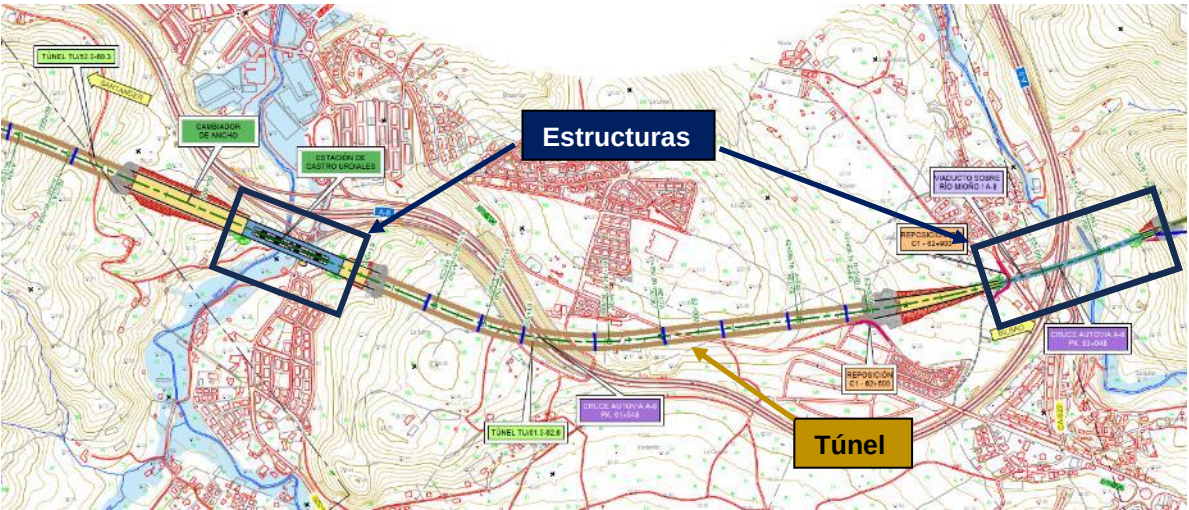


Figura 21. Trazado de la alternativa Rasante Baja. Detalle de estructuras y túnel

1. Estructura de la Estación de Castro-Urdiales: se trata de una estructura de 297 m de longitud dividida en vanos de unos 50 m y un ancho de 49 m. El tablero es una celosía metálica que alberga en su interior la estación, alojándose en la superficie tanto el cambiador de ancho como los andenes.

La construcción de esta estructura presenta especial complejidad tanto por la magnitud global de la obra como por la envergadura de los elementos que la componen. Así, por ejemplo, el montaje de la estructura metálica requerirá medios auxiliares especiales para el izado de grandes pesos. Por otro lado, la ejecución de todos los elementos no estructurales que componen la estación deberá ser llevada a cabo en condiciones poco propicias, en el interior de una estructura situada a unos 25 m de altura.

Su facilidad constructiva se ha valorado con un 2 (desfavorable)

2. Viaducto sobre el río Mioño/A-8: se trata de una estructura convencional en puentes de ferrocarril, consistente en un tablero de cajón de canto constante de hormigón pretensado construido mediante autocimbra.

Su facilidad constructiva se ha valorado con un 8 (aceptable)

- ✓ Rasante Alta

En la rasante alta hay tres estructuras. En este caso no se proyectan túneles.

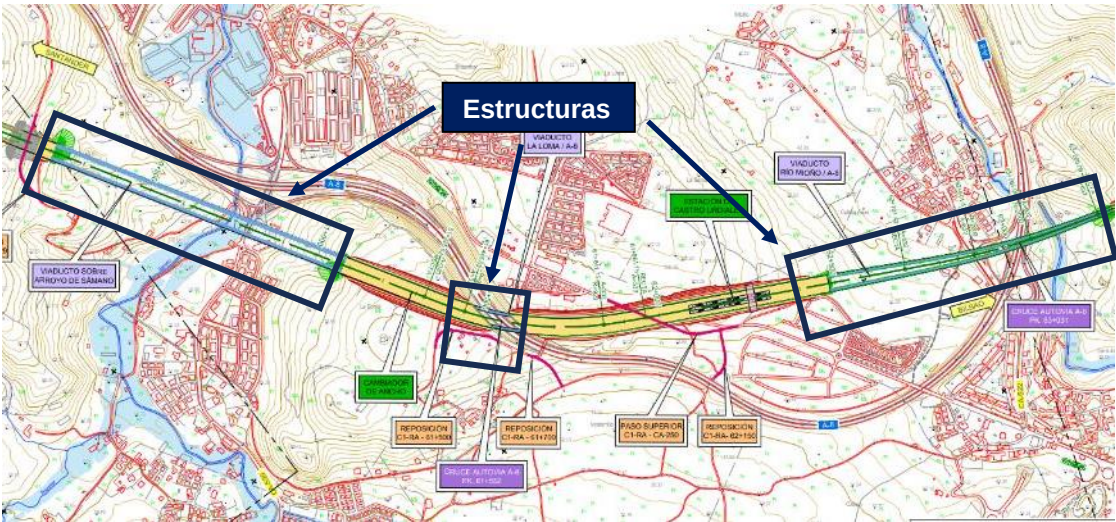


Figura 22. Trazado de alternativa Rasante Alta. Detalle de estructuras

1. Viaducto sobre el arroyo de Sámano: se trata de una estructura convencional en puentes de ferrocarril, consistente en un tablero de cajón de canto variable de hormigón postesado.

Su facilidad constructiva se ha valorado con un 8 (aceptable)

2. Viaducto La Loma: Presenta una tipología singular, que implica la construcción de dos tableros de arco inferior sobre la A-8 que alberguen sendas vías de ferrocarril. La luz del arco se encuentra dentro del rango de luces medias – bajas, por lo que la complejidad de la construcción viene determinada fundamentalmente por las limitaciones derivadas del mantenimiento del tráfico en la A-8.

Su facilidad constructiva se ha valorado con un 5 (tolerable)

3. Viaducto sobre el río Mioño/A-8: se trata de una estructura convencional en puentes de ferrocarril consistente en un tablero de cajón de canto constante de hormigón pretensado construida mediante autocimbra.

Su facilidad constructiva se ha valorado con un 8 (aceptable)

4. Túnel TU/61.0-62.6: se trata de un túnel que no presenta dificultades constructivas relevantes.

Su facilidad constructiva se ha valorado con un 5 (tolerable)

Teniendo en cuenta las valoraciones subjetivas anteriormente mostradas, se presentan a continuación las tablas con las que se han obtenido las valoraciones finales de cada alternativa.

Tabla 69. Valoración de tramos en viaducto

TRAMOS EN VIADUCTO					
ALTERNATIVA	LONGITUD SEGÚN COMPLEJIDAD DE LA TIPOLOGÍA			LONG. TOTAL	VALORACIÓN TOTAL
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0	Metros	
A1 Rasante Baja	421		297	718	5,52
A1 Rasante Alta	824	980		1804	6,37

Tabla 70. Valoración de tramos en túnel

TRAMOS EN TÚNEL					
ALTERNATIVA	LONGITUD EN CADA CONDICIÓN GEOTÉCNICA (m).			LONG. TOTAL	VALORACIÓN TOTAL
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0	metros	
A1 Rasante Baja		1580		1580	5,00
A1 Rasante Alta					

Tabla 71. Valoración conjunta

VALORACIÓN CONJUNTA					
ALTERNATIVA	LONGITUD EN CADA CONDICIÓN GEOTÉCNICA (m)			LONG. TOTAL	VALORACIÓN TOTAL
	ACEPTABLE	TOLERABLE	DESFAVORABLE		
	Valoración: 10-6	valoración: 6-4	Valoración: 4-0	metros	
Rasante Baja	421	1580	297	2298	5,16
Rasante Alta	824	980	0	1804	6,37

La valoración final por tanto de cada alternativa desde el punto de vista de la facilidad constructiva es la siguiente.

Tabla 72. Valoración final de las alternativas

VALORACIÓN INDICADOR FACILIDAD CONSTRUCTIVA	
Alternativas A1/C1	Valoración
Rasante Baja	5,16
Rasante Alta	6,37

5.2.1.2. Accesibilidad a estaciones

Este criterio introduce en esta comparación el efecto de los distintos emplazamientos previstos para la estación de Castro-Urdiales en las variantes baja y alta.

Para evaluar o cuantificar este efecto, en este criterio se calcula un indicador basado en la proximidad de cada estación respecto a las viviendas existentes en el municipio de Castro-Urdiales (unas 24.400 según catastro). Para ello, se calculan previamente para cada estación las isócronas de recorrido a pie a intervalos de 5, 10, 20 y 30 minutos. Estos intervalos, mostrados en bandas o coronas concéntricas, se intersecan posteriormente con la cartografía de edificios que ofrece el catastro y ello permite determinar el número de viviendas que quedan incluidas en cada una.

En el análisis se emplea un único modo de transporte -el recorrido a pie- por varios motivos:

- Es el medio que ofrece mayor precisión tiempo/recorrido, debido a que se considera una velocidad media de 2,5 km/h
- No se han identificado diferencia sustancial considerando otros modos como el coche privado o la bicicleta.
- Será, previsiblemente, uno de los modos de acceso predominantes. Más aún, considerando la importancia del flujo entre Bilbao y Castro-Urdiales.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos tras ese ejercicio de superposición isócronas-viviendas.

Tabla 73. Accesibilidad, con origen-destino en viviendas de Castro-Urdiales, respecto el emplazamiento de cada estación, según isócronas

ACCESIBILIDAD DE LA ESTACIÓN PARA LOS USUARIOS. ORIGEN-DESTINO EN VIVIENDAS CASTRO-URDIALES				
Distancia a la estación. Tiempo de recorrido a pie	Alternativas A1/C1			
	Rasante Baja		Rasante Alta	
	nº viviendas	%	nº viviendas	%
< 5 minutos	156	0,9%	22	0,3%
5 a 10 minutos	675	4,0%	297	3,7%
10 a 20 minutos	6691	39,5%	1323	16,3%
20 a 30 minutos	9420	55,6%	6454	79,7%
Total	16.942	100%	8.096	100%

Como se aprecia en la tabla, la denominada rasante baja “capta” mayor número de viviendas en cualquiera de las isócronas consideradas. Aproximadamente, en un tiempo máximo de recorrido de 30 minutos, la ubicación de la rasante baja es accesible a más del doble de viviendas que en la solución alta.

Sin perjuicio de lo anterior, para generar los indicadores de accesibilidad parece conveniente aplicar coeficientes correctores al número de viviendas calculado para cada isócrona. Con ello se busca incrementar el peso relativo de las viviendas en función de la proximidad a la estación de referencia.

Tabla 74. Coeficientes para ponderación del indicador de accesibilidad

COEFICIENTES ACCESIBILIDAD	
Tiempo de recorrido a pie	Índice
< 5 minutos	3
5 a 10 minutos	2
10 a 20 minutos	1,5
20 a 30 minutos	1

Los criterios para establecer los índices anteriores son:

- ✓ El coeficiente 1 de referencia se aplica a las viviendas a más de 30 min. Por encima desde tiempo el acceso a pie es poco probable.
- ✓ El extremo opuesto se aplica a las viviendas dentro de la banda de 5 minutos, a las que se asigna un coeficiente 3 (la mitad de la relación de tiempo entre 30 y 5 minutos).
- ✓ De 5 a 10 se aplica un coeficiente de 2, y de 10 a 20 minutos de 1.5. Con esto se pretende introducir en la formula un factor de graduación demanda-servicio-tiempo. En general, a medida que se incrementa el tiempo requerido para acceder a la estación se reduce exponencialmente la demanda o uso.

Los datos resultantes ponderados con los coeficientes anteriores arrojan los siguientes indicadores:

Tabla 75. Indicadores de accesibilidad para las rasantes baja y alta, según viviendas

Distancia a la estación. Tiempo de recorrido a pie	INDICADORES ACCESIBILIDAD POR USUARIOS			
	Alternativas A1/C1			
	Rasante Baja		Rasante Alta	
	nº viviendas	Indicador ponderado	nº viviendas	Indicador ponderado
< 5 minutos	156	468	22	66
5 a 10 minutos	675	1.350	297	594
10 a 20 minutos	6.691	10.037	1.323	1.985
20 a 30 minutos	9.420	9.420	6.454	6.454
Indicador final	16.942	21.275	8.096	9.099

A continuación, se incluyen dos figuras que pretenden ilustrar el ejercicio realizado en este criterio y contribuir a la comprensión de los resultados.

Figura 23. Esquema de isócronas en la solución de la rasante baja

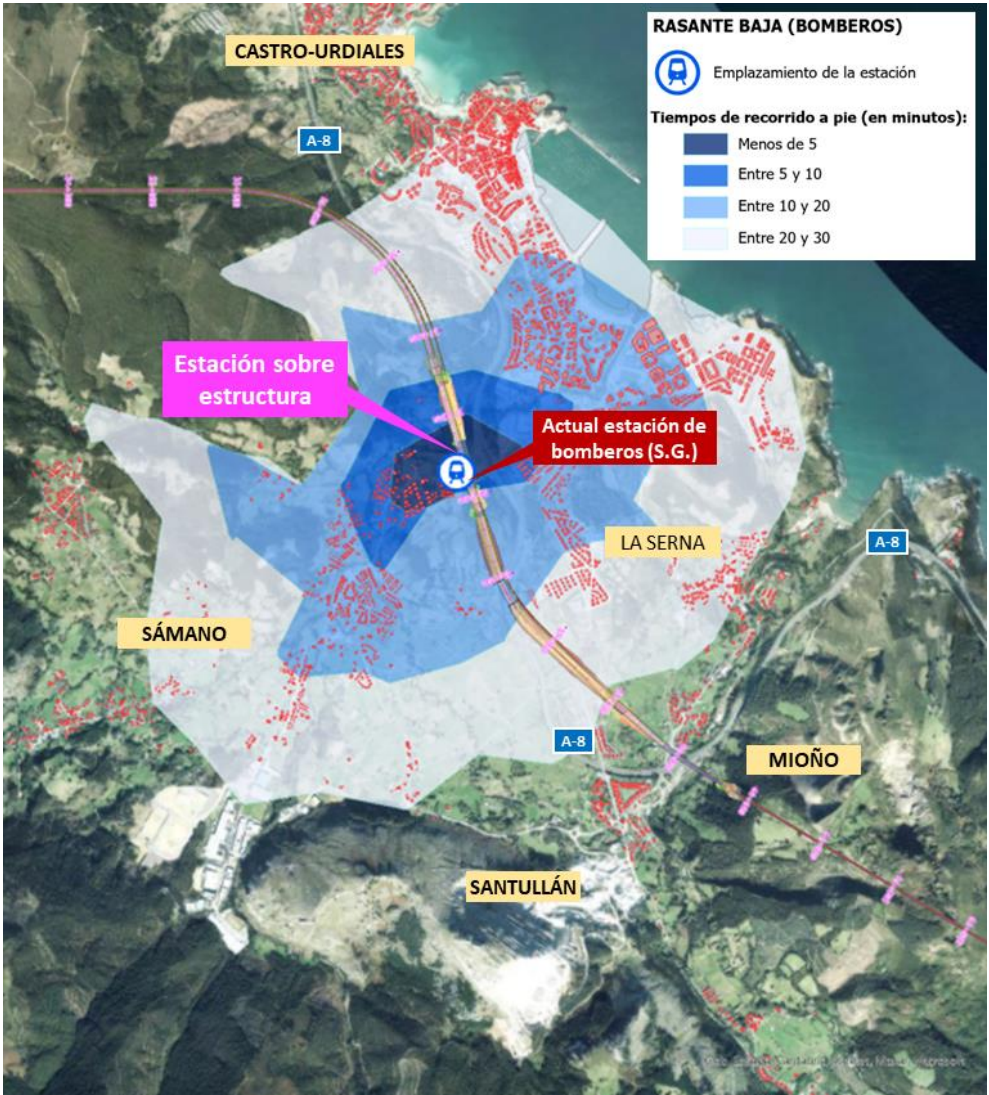
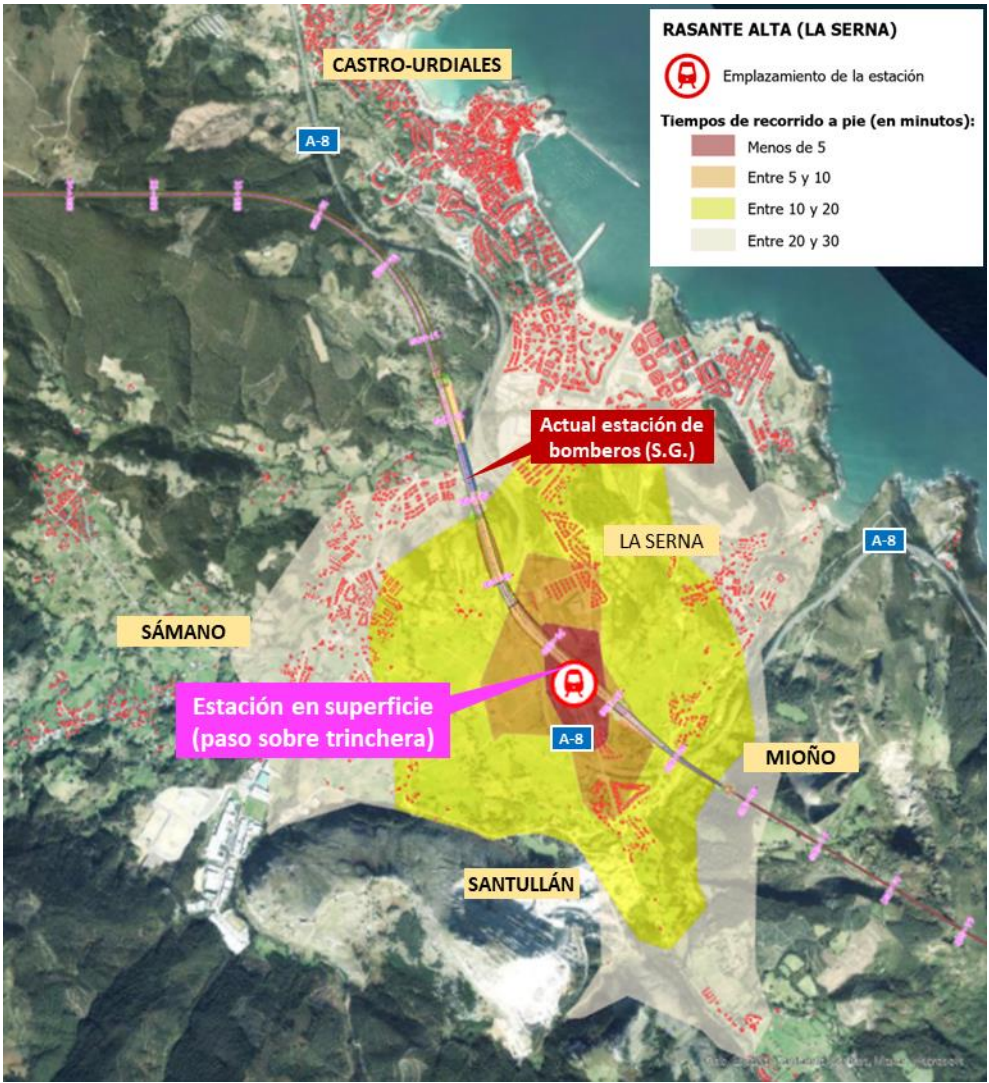


Figura 24. Esquema de isócronas en la solución de la rasante alta



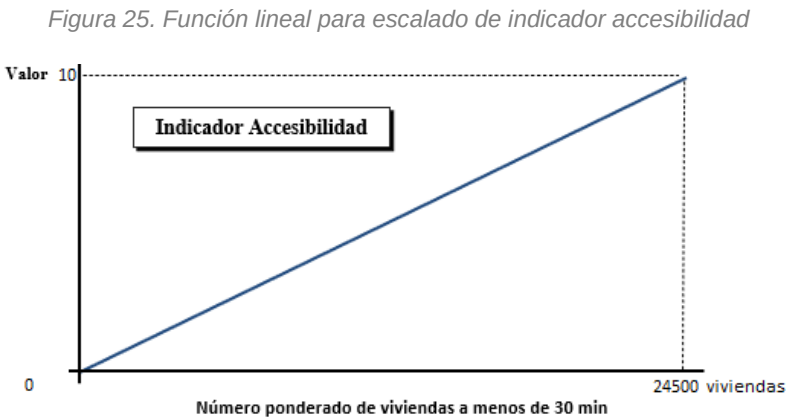
El emplazamiento de la estación en la rasante baja se sitúa a unos 2 000 metros del ayuntamiento de Castro-Urdiales. Como se aprecia en la figura anterior, las isócronas consideradas engloban casi la totalidad del núcleo urbano de Castro-Urdiales y gran parte de otros núcleos importantes, como Sámamo. Esto es lo que explica el mayor número de viviendas a las que la estación daría un servicio a pie en un tiempo máximo razonable de 30 minutos.

Hay otros factores que, aunque no están aquí analizados, son más positivos en la solución baja, como es la ubicación junto al enlace de la autovía A-8 (salida Castro) o unas mejores condiciones de acceso viario hacia y desde el centro urbano. Sin embargo, son complejos de cuantificar y menos determinantes que la distancia.

La estación en la rasante alta se ubica aún más hacia el sur que la baja, a más de 3000 metros del ayuntamiento. El factor más positivo es una posición centrada respecto a los principales núcleos de población del municipio, pero la mayor distancia a la capital - Castro-Urdiales - penaliza notablemente la accesibilidad en términos de proximidad de potenciales usuarios.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante reseñar que la localización elegida coincide con la zona de futura expansión urbanística de Castro-Urdiales. En el actual planeamiento vigente se concentran aquí varios sectores de suelo urbanizable y, por tanto, en un hipotético escenario futuro el centroide de densidad residencial dentro del municipio basculará previsiblemente hacia esta zona (y con ello la demanda).

Retomando el cálculo de los indicadores, para escalar los resultados anteriores a una valoración de 0 a 10, se aplica nuevamente una función lineal. En ella se establece como umbral máximo la cifra de 24.500, que es el total de viviendas del municipio, y que supondría una valoración máxima de 10 (esto se traduciría en que todas las viviendas tendrían acceso a pie a la estación en menos de 30 min). Frente a ello, el valor 0 se correspondería con el extremo absolutamente opuesto, es decir, las estaciones (las rasantes) no dan servicio a pie en 30 minutos a ninguna vivienda.



Con la función anterior, los indicadores iniciales o provisionales serían:

Tabla 76. Valoración provisional del criterio de accesibilidad

VALORACION PROVISIONAL ACCESIBILIDAD		
Alternativas A1/C1	Indicador inicial	Valor
Rasante Baja	21.275	8,68
Rasante Alta	9.099	3,71

Como se observa en la tabla, la captación de viviendas inicial es rasante baja es un 209% respecto a la alta.

Sin embargo, parece justo valorar positivamente la ubicación geográfica más centrada en la rasante alta y también tener en cuenta que se localiza en la futura zona de crecimiento urbanístico (y casi la única posible, entre la autovía y la línea de costa) particularmente para la propia localidad de Castro-Urdiales. Además, en otros medios considerados, como el coche, las diferencias entre ambas ubicaciones -alta y baja- se ven minoradas. Por todo ello, se propone aplicar un factor corrector de 1.2 puntos sobre la valoración provisional obtenida para la rasante alta. Con esta corrección se aumenta en un 20% el número de viviendas “captadas” por la alternativa alta, de modo que se simula ese escenario en el que aumentarán más las viviendas en el entorno de la estación alta respecto a la baja (por ejemplo, por la presencia de suelos urbanizables en las inmediaciones de la ‘estación alta’ o porque alrededor de la ‘baja’ apenas quedan suelos libres para supuestos crecimientos urbanísticos futuros). En resumen, con este factor de ponderación el escalado o valoración definitiva de los indicadores para este criterio de accesibilidad entre rasantes resulta ser el siguiente.

Tabla 77. Valoración del criterio de accesibilidad

VALORACION DEFINITIVA ACCESIBILIDAD		
Alternativas A1/C1	Indicador final	Valor
Rasante Baja	21.275	8,68
Rasante Alta	10.918	5,35

A modo de resumen, la proximidad de la futura estación al centro urbano de Castro-Urdiales es un factor decisivo para asegurar un acceso a pie en tiempos de recorrido razonables desde las zonas con mayor concentración de viviendas y, por ende, de población o potenciales usuarios. En un contexto en el que la movilidad sostenible y la intermodalidad son conceptos cada vez más prioritarios en la organización y modelado de las poblaciones, es fundamental que la futura estación sea capaz de prestar un servicio eficaz y accesible en términos de atracción de usuarios. El resultado final de este indicador demuestra que el emplazamiento de la estación en la rasante baja es más accesible (a pie y en cualquier otro modo), incluso con la corrección aplicada sobre la rasante baja.

5.2.1.3. Accesibilidad y evacuación de los andenes

Con este criterio se pretende evaluar el nivel de accesibilidad a los andenes desde el punto de acceso a la estación, así como la posible evacuación de los mismos.

Así, mientras en la alternativa en rasante baja es necesario salvar un desnivel inicial de 15 metros de altura (mediante ascensores) para llegar al vestíbulo de la estación, en la alternativa en rasante alta el vestíbulo se encuentra a nivel de calle.

Para el acceso a los andenes la diferencia de cota a salvar es similar (7-8 metros), en la alternativa rasante baja el desnivel es hacia arriba (ascendente) mientras que en la rasante alta es hacia abajo (descendente). En ambos casos se plantean tanto escaleras mecánicas como fijas.

A continuación, se muestran varios detalles de las dos alternativas que permiten visualizar los aspectos anteriormente mencionados.

Figura 26. Detalle estación rasante baja

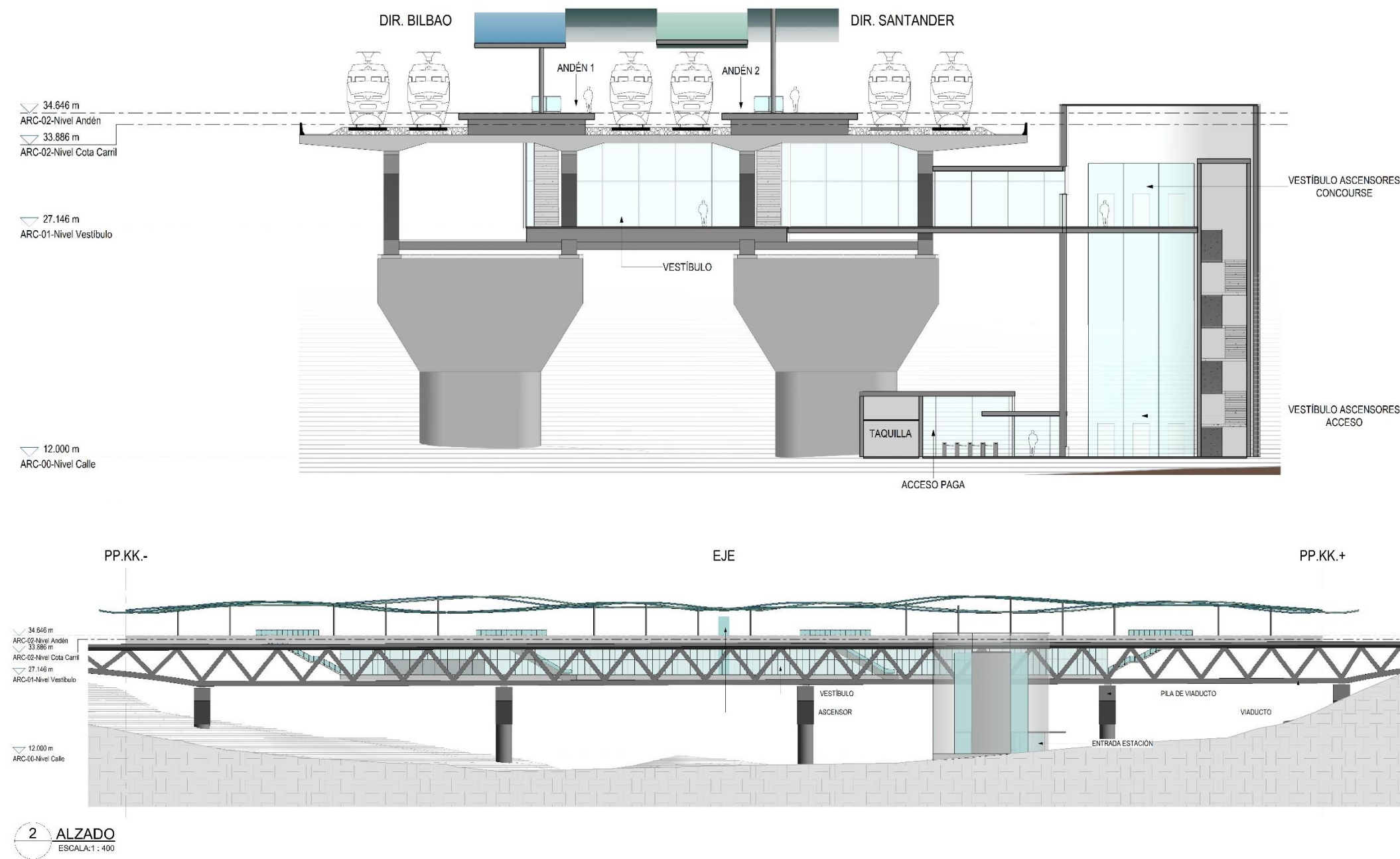
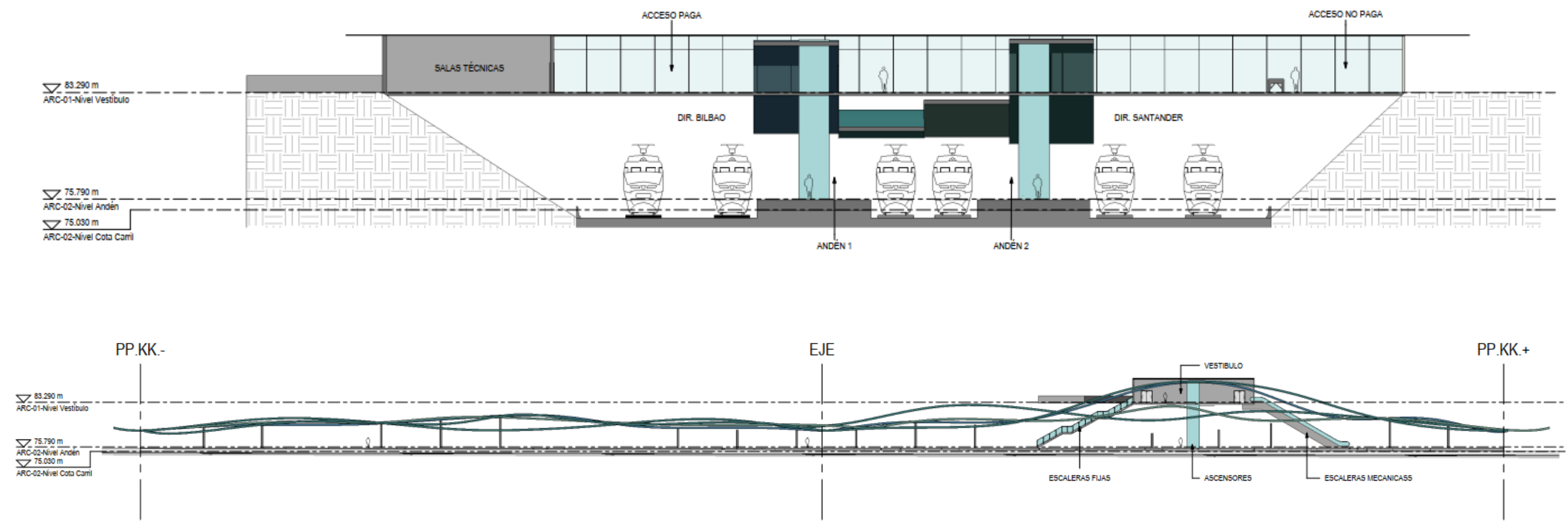


Figura 27. Detalle estación rasante alta



Teniendo en cuenta la velocidad promedio de un ascensor tipo de una estación de ferrocarril (velocidad=0,63 metros/segundo) se obtiene un tiempo adicional mínimo de acceso a andén de 23,8 segundos que en realidad será superior ya que no se computa el tiempo de espera para el acceso al ascensor.

Para distancias equivalentes, la evacuación descendente es más favorable (es más fácil bajar 20 metros que subirlos). Pero en este caso habría que comparar una evacuación descendente muy importante en la alternativa de la rasante baja (22,00 m aprox.), frente a una ascendente relativamente asequible (7,50 m) de la rasante alta.

Se ha optado por dar una mayor valoración a la alternativa rasante alta que permitirá un acceso más rápido a los andenes, así como una más fácil evacuación de estos. La valoración subjetiva establecida en base a los condicionantes reseñados anteriormente se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 78. Valoración del criterio accesibilidad a andenes

VALORACION ACCESIBILIDAD ANDENES	
Alternativas	Valoración
Alternativa Rasante Baja	5,00
Alternativa Rasante Alta	7,00

5.2.1.4. Resumen del objetivo funcional

A continuación, se recopilan y se muestran conjuntamente las valoraciones obtenidas para los distintos criterios funcionales considerados. En este caso se ha optado por otorgar diferentes pesos a los criterios en función de su grado de importancia.

Tabla 79. Resumen objetivo y criterios funcionales

PESOS	RESUMEN VALORACIÓN CRITERIOS DE OBJETIVO FUNCIONAL		
	Criterios funcionales	Alternativa A1/C1	
		Rasante Baja	Rasante Alta
0,40	Facilidad constructiva	5,16	6,37
0,40	Accesibilidad a estaciones	8,68	5,35
0,20	Evacuación de andenes	5,00	7,00
	Valoración funcional	6,54	6,09

Las mejores puntuaciones obtenidas por la rasante alta en los criterios de facilidad constructiva y evacuación de andenes se ven compensadas por la mejor accesibilidad que proporciona la alternativa en Rasante Baja.

5.2.2. Objetivo ambiental

Dentro del objetivo ambiental se han considerado los siguientes tres criterios:

- ✓ Capacidad agrológica.
- ✓ Patrimonio.
- ✓ Integración paisajística.

A continuación, se desarrolla el análisis.

5.2.2.1. Capacidad agrológica

El desbroce y movimientos de tierras asociados a la construcción de la nueva línea ferroviaria, la adecuación de los accesos y la construcción de las estructuras y elementos asociados conllevarán la eliminación, retirada total o parcial de la capa edafológica.

Para evaluar los efectos de cada alternativa sobre la capacidad agrológica, se han medido las superficies ocupadas por cada alternativa diferenciando las distintas clases agrológicas.

Tabla 80. Mediciones sobre suelos ocupados según capacidad agrológica

Clases de suelo según capacidad agrológica	Alternativa A1/C1	
	Superficies ocupadas (ha)	
	Rasante Baja	Rasante Alta
Muy alta capacidad	0,21	0,31
Alta capacidad	2,94	1,13
Moderada capacidad	3,59	9,34
Baja capacidad	2,16	5,35
Muy baja capacidad	5,52	3,94
Antrópico/miscelánea	0,06	0,09
Total	14,47	20,14

En teoría, el potencial impacto sobre la capacidad agrológica será mayor cuando se ocupen suelos de mayor valor o mayor capacidad agrológica.

Por ello, sobre las mediciones anteriores se aplican los siguientes coeficientes de ponderación, atendiendo al nivel evolutivo, cualidades y grado de conservación de cada clase.

Tabla 81. Coeficientes de ponderación para capacidad agrológica

COEFICIENTES CAPACIDAD AGROLÓGICA	
Clase de suelo	Índice (k)
Muy alta capacidad	5
Alta capacidad	4
Moderada capacidad	3
Baja capacidad	2
Muy baja capacidad	1
Antrópico/miscelánea	0

Aplicando los coeficientes anteriores se obtienen los indicadores ponderados que se muestran en la siguiente tabla.

Se han excluido los tramos que se desarrollan en túnel por considerarse que en ellos no se produce impacto sobre los suelos, y en viaducto se ha considerado el 30% de la ocupación por considerarse que el impacto es mínimo, reducido a la superficie de las pilas y caminos de acceso a las mismas:

Tabla 82. Ocupación de las clases de suelo según su capacidad agrológica. Alternativa rasante baja y alta

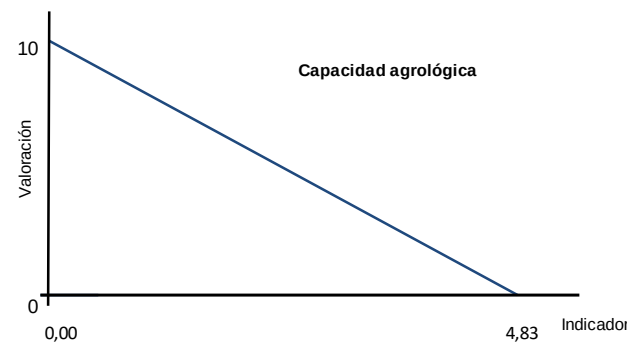
Clases de suelo según capacidad agrológica	Alternativa A1/C1	
	Superficies ponderadas (ha)	
	Rasante Baja	Rasante Alta
Muy alta capacidad	1,05	1,53
Alta capacidad	11,76	4,50
Moderada capacidad	10,77	28,01
Baja capacidad	4,32	10,70
Muy baja capacidad	5,52	3,94
Antrópico/miscelánea	0,00	0,00
Total	33,42	48,67

El indicador final para alternativa se obtiene, a modo de ejemplo para la alternativa en rasante baja, con la siguiente fórmula:

Indicador alternativa rasante baja = 33,42 / 20,14 = 1,66

Para la valoración final y el consiguiente escalado 0 a 10, se establece como umbral máximo el doble del valor mayor de los indicadores anteriores; 2,42 * 2 = 4,83.

Figura 28. Función lineal para escalado de indicador capacidad agrológica



A partir de los indicadores y de la función anterior se obtiene las valoraciones finales para cada alternativa.

Tabla 83. Valoración criterio capacidad agrológica.

VALORACIÓN CAPACIDAD AGROLÓGICA		
Alternativas A1/C1	Indicador	Valoración
Rasante Baja	1,66	6,57
Rasante Alta	2,42	5,00

La alternativa en rasante baja con menor ocupación de suelo obtiene una puntuación sensiblemente superior a la alternativa en rasante alta.

5.2.2.2. Patrimonio

En el ámbito de las dos alternativas en estudio (rasante baja y alta) se localizan varios elementos patrimoniales. Tal y como se observa en la tabla siguiente, únicamente la alternativa en rasante alta impacta sobre el “refugio de la loma II”. En el resto de los elementos no existe afección ya que la traza discurre en túnel.

Tabla 84. Elementos patrimoniales y grado de impacto de cada alternativa

Código	Enclave	Alternativa	Forma de impacto	Observaciones
102	Refugios de la Loma II	Rasante baja	Túnel	El trazado propuesto en esta zona discurre en túnel. Los refugios no se verán afectados por la alternativa en rasante baja. En el caso de las alternativas en rasante alta, sí existe afección.
		Rasante alta	Desmante	
114	Cinturón de Hierro de Bilbao	Todas	Túnel	El trazado propuesto en esta zona discurre en túnel. Las estructuras militares no se verán afectadas.
115	Ferrocarril de Galdames	Todas	Túnel	El trazado propuesto en esta zona discurre en túnel. Las estructuras de la antigua línea de ferrocarril no se verán afectadas.

Se establece por tanto un indicador que adopta valor 1 en el caso de la rasante alta (por tener afección) y de valor 0 en el caso de rasante baja (por no existir afección). Para la valoración final y el consiguiente escalado 0 a 10, se establece como umbral máximo para el indicador un valor de 1,8 (se considera que la alternativa con afección debe tener una puntuación por debajo de 5) de acuerdo con la siguiente función.

Tabla 85. Función lineal para escalado de indicador Patrimonio



A partir de los indicadores y de la función anterior se obtiene las valoraciones finales para cada alternativa.

Tabla 86. Valoración criterio Patrimonio.

VALORACION AFECCIÓN PATRIMONIO CULTURAL		
Alternativas A1/C1	Indicador	Valoración
Rasante Baja	0,00	10,00
Rasante Alta	1,00	4,44

La alternativa en rasante baja obtiene una puntuación de 10 (no existe afección) mientras que la alternativa en rasante alta suspende con una puntuación de 4,44.

- Primer cruce con la A-8 (2)
- Ubicación de la estación en la alternativa de Rasante Alta (3)
- Segundo cruce con la A-8 (4)

- Ámbito del parque de bomberos (1)

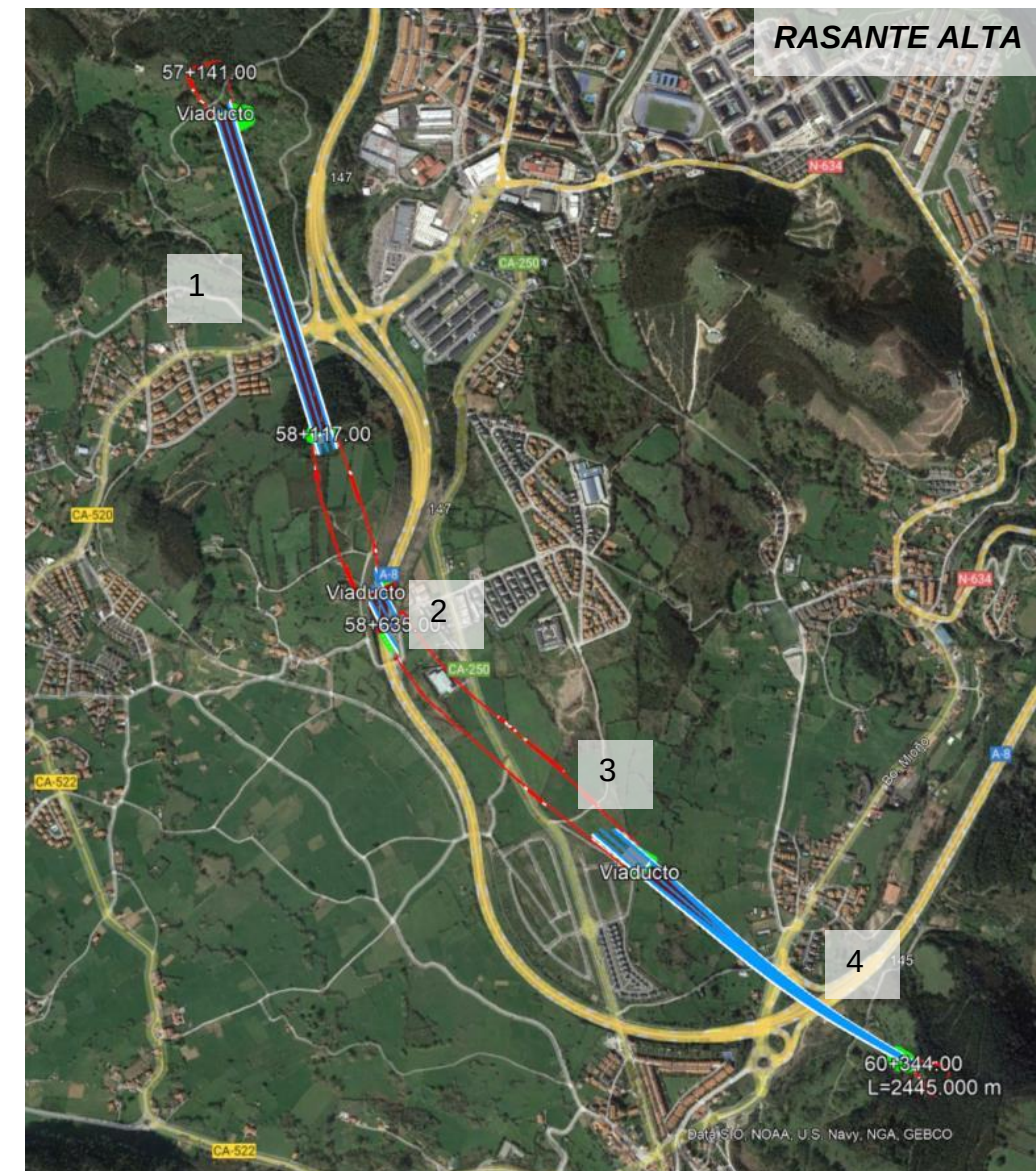


Figura 29. Ámbitos analizados para la evaluación del criterio “integración paisajística” en rasante baja y rasante alta

✓ **Ámbito del Parque de Bomberos**

En este ámbito la alternativa en rasante baja contempla una estructura más pesada y a menor cota mientras que la alternativa en rasante alta se proyecta con una estructura más ligera pero ubicada a mayor cota (68 metros frente a 25 metros). Se producirá por tanto un efecto compensatorio en ambas alternativas con un impacto paisajístico similar.

En las infografías siguientes se visualizan ambas alternativas y su impacto esperado.



Figura 30. Infografía rasante baja. Ámbito del parque de bomberos



Figura 31. Infografía rasante alta. Ámbito del parque de bomberos

En este ámbito, se ha otorgado una puntuación de 4 a ambas alternativas.

✓ **Primer cruce con la A-8**

En la alternativa “rasante baja” el cruce con la A-8 se produce en túnel por lo que el impacto visual será nulo. En cambio, en la alternativa “rasante alta” se plantea una nueva estructura que genera unos desmontes pronunciados que tendrán un impacto visual significativo. En las infografías siguientes se pueden visualizar ambas alternativas.



Figura 32. Infografía rasante baja. Primer cruce con la A-8

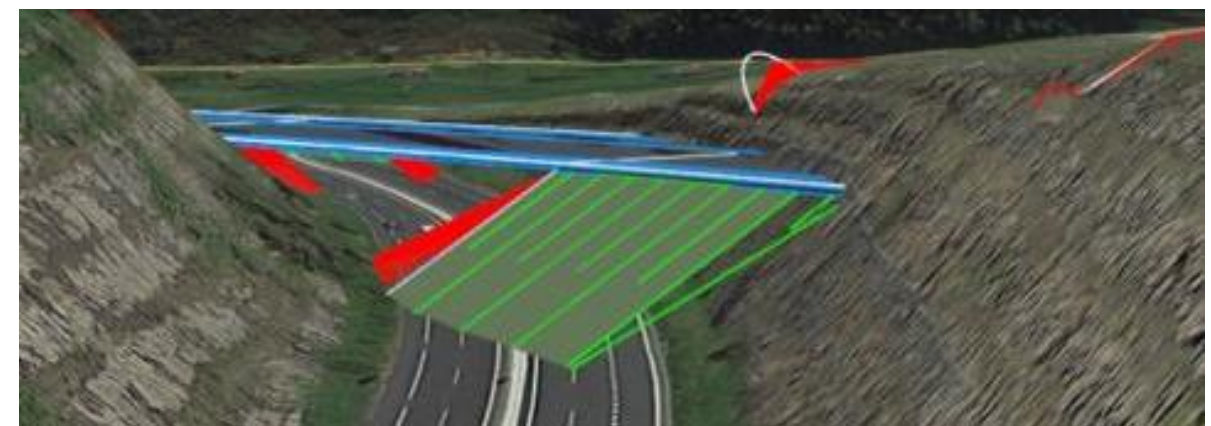


Figura 33. Infografía rasante alta. Primer cruce con la A-8

En este ámbito, se ha otorgado una puntuación de 10 a la alternativa “rasante baja” y de 4 para la alternativa “rasante alta”.

✓ Ubicación de la estación en la alternativa de Rasante Alta

En este ámbito la afección de la alternativa “rasante baja” es nula puesto que discurre en túnel. La alternativa “rasante alta” tiene una mayor ocupación e impacto con un planteamiento en trinchera que acoge la estación y sus andenes además del intercambiador de ancho.



En este ámbito, se ha otorgado una puntuación de 10 a la alternativa “rasante baja” y de 4 para la alternativa “rasante alta”.

• Segundo cruce con la A-8

En esta última zona, la alternativa en rasante baja requiere una estructura de menor longitud que en la alternativa en rasante alta tal y como se aprecia en las infografías siguientes. La diferencia en el impacto paisajístico de ambas alternativas, en este ámbito, es reducida.



Se ha otorgado una puntuación de 6 a la alternativa “rasante baja” y de 5 para la alternativa “rasante alta”.

Teniendo en cuenta las puntuaciones parciales anteriormente reseñadas y que se resumen en las tablas siguientes, se obtiene la valoración final global de cada alternativa.

Tabla 87. Integración paisajística. Valoración alternativa rasante baja

MEDICIÓN INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA. ALTERNATIVA RASANTE BAJA												
Localización	Escalado impacto paisajístico										Valoración	
	Peor					Mejor						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ctra. Parque de Bomberos				4							4,00	
Primer cruce con la A-8										10	10,00	
Ubicación Estación Castro alta										10	10,00	
Segundo cruce con la A-8						6					6,00	

Tabla 88. Integración paisajística. Valoración alternativa rasante alta

MEDICIÓN INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA. ALTERNATIVA RASANTE ALTA												
Localización	Escalado impacto paisajístico										Valoración	
	Peor					Mejor						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ctra. Parque de Bomberos				4							4,00	
Primer cruce con la A-8				4							4,00	
Ubicación Estación Castro alta				4							4,00	
Segundo cruce con la A-8					5						5,00	

Tabla 89. Integración paisajística. Valoración global final por alternativa

VALORACION INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA	
Alternativas	Valoración
Rasante Baja	7,50
Rasante Alta	4,25

Del análisis realizado se concluye que la alternativa “rasante baja” tiene un menor impacto paisajístico que la alternativa “rasante alta”.

5.2.2.4. Resumen del objetivo ambiental

A continuación, se recopilan y se muestran conjuntamente las valoraciones obtenidas para los distintos criterios ambientales considerados.

Tabla 90. Resumen objetivo y criterios ambientales

PESOS	Criterios ambientales	Alternativa A1/C1	
		Rasante Baja	Rasante Alta
	Capacidad agrológica	6,57	5,00
	Patrimonio cultural	10,00	4,44
	Integración paisajística	7,50	4,25
	Valoración ambiental	8,02	4,56

Se observa que la alternativa en Rasante Baja obtiene mejor puntuación en todos los criterios ambientales.

5.2.3. Objetivo territorial

Dentro del objetivo territorial se han considerado los siguientes cuatro criterios:

- ✓ Compatibilidad urbanística.
- ✓ Efecto barrera/permeabilidad.
- ✓ Disponibilidad de terreno.
- ✓ Usos del suelo.

A continuación, se desarrolla el análisis.

5.2.3.1. Compatibilidad urbanística

Las variantes denominadas rasante alta y baja difieren entre sí, fundamentalmente, en el emplazamiento de la estación. Las dos presentan un diseño en planta semejante entre sí debido a la concurrencia de varios condicionantes que restringían las posibles soluciones a un único corredor. Los cambios son más apreciables en el perfil longitudinal de los trazados.

En este criterio de naturaleza urbanística, se evalúan los previsibles efectos de cada solución sobre el planeamiento urbanístico municipal. En este caso, como ambas variantes se incluyen íntegramente dentro del término municipal de Castro-Urdiales,

es posible hacer una comparación más detallada, el planeamiento analizado es el vigente Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Castro-Urdiales en 1998.

Para comparar las rasantes baja y alta se toman como referencia las soluciones adoptadas para la Alternativa A1 que, para estos efectos, son equivalentes a sus homónimas para la C1.

Tabla 91. Delimitación de los tramos correspondientes a las rasantes baja y alta para las Alternativa A1 y C1

PUNTOS CONEXIÓN ENTRE RASANTE BAJA Y ALTA		
ALTERNATIVA A1	Pk. INICIO	Pk. FINAL
RASANTE BAJA	48+520,000	63+535,884
RASANTE ALTA		63+521,000

PUNTOS CONEXIÓN ENTRE RASANTE BAJA Y ALTA		
ALTERNATIVA C1	Pk. INICIO	Pk. FINAL
RASANTE BAJA	51+037,722	66+499,371
RASANTE ALTA		66+484,488

Sin perjuicio de lo anterior, considerando los trazados propuestos, puede afirmarse que, desde el punto de vista estrictamente urbanístico, las principales diferencias entre ambas rasantes se concentran en el segmento intermedio; el que se encuadraría aproximadamente entre los siguientes p.k. (referidos a A1):

- ✓ Alternativa – Rasante Baja: p.k. 57+340 a 60+375
- ✓ Alternativa – Rasante Alta: p.k. 57+200 a 60+380

Realizando un primer ejercicio utilizando la clasificación del suelo se obtienen las siguientes superficies “ocupadas” respecto a las tres clases básicas de suelo: urbano, urbanizable y no urbanizable. Estas mediciones hacen referencia al total del trazado comparado para ambas rasantes; es decir, como se emplea la A1, el tramo medido es el comprendido entre los p.k. 48+520 y el p.k. 63+521 (para la Alta) o el p.k. 63+536 (en Baja).

Tabla 92. Clasificación del suelo en variantes baja y alta

OCUPACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN CLASES DE SUELO				
Clasificación del suelo*	Alternativas A1/C1			
	Rasante Baja		Rasante Alta	
	Ocupación (m²)	%	Ocupación (m²)	%
Suelo Urbano	7.214	1,3%	6.940	1,2%
Suelo Urbanizable	26.019	4,6%	31.037	5,4%
Suelo No Urbanizable o Rústico	527.113	94,1%	541.930	93,5%
Total	560.346	100%	579.906	100%

* Se utiliza la misma fuente y base que en el criterio previo. Se trata de datos orientativos.

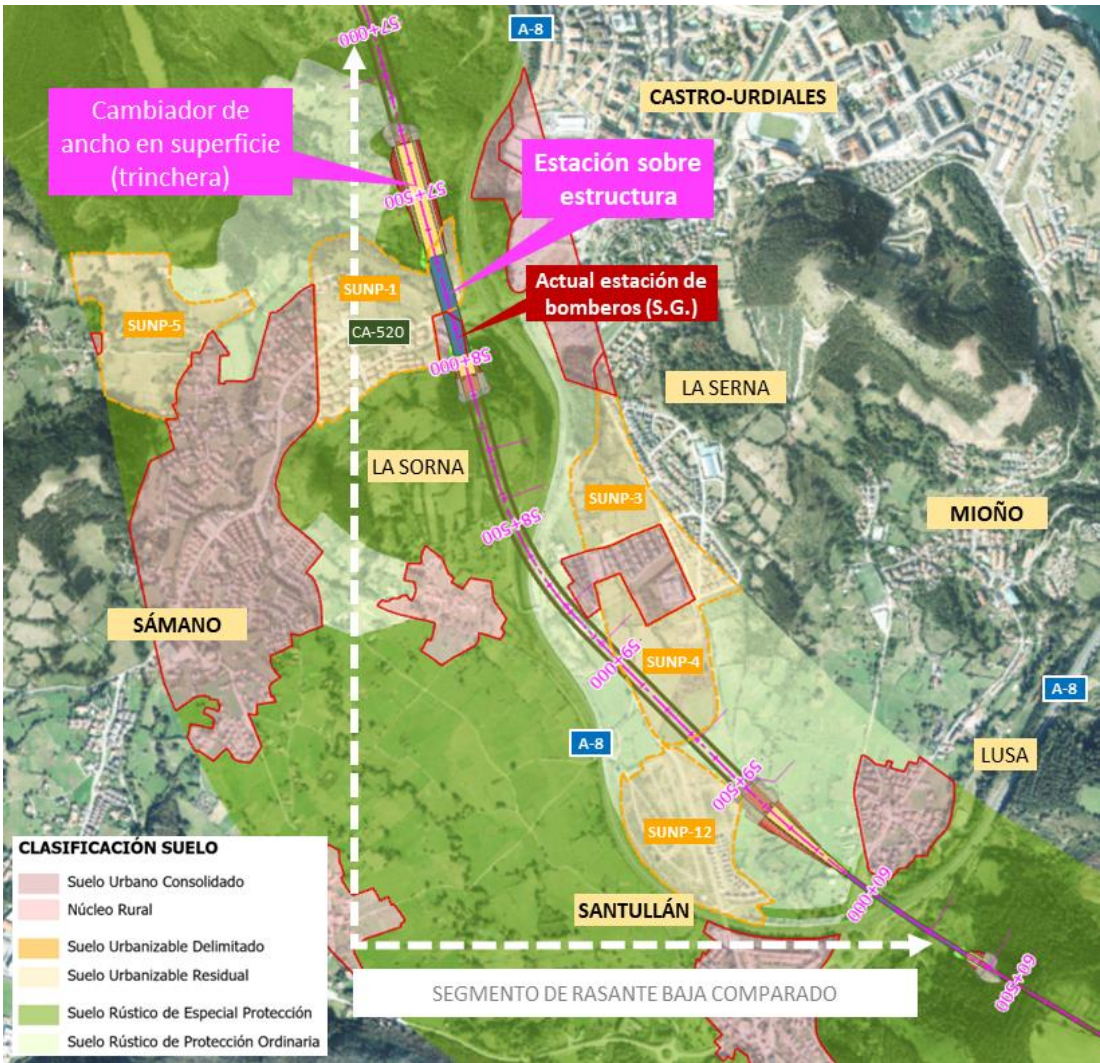
Si de las cifras anteriores se excluyen las “ocupaciones” correspondientes con tramos en túnel se reducen notablemente. Es particularmente destacable el descenso en la afección al suelo urbanizable en la rasante baja. Y también destaca el mantenimiento de una elevada ocupación de suelo rústico en superficie en la rasante alta (no tiene el túnel intermedio en Castro), que es lo explica principalmente la mayor ocupación total de esta solución.

Tabla 93. Clasificación del suelo en variantes baja y alta. Obras en superficie y viaducto (túneles excluidos)

OCUPACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN CLASES DE SUELO (EXCLUYENDO TÚNELES)				
Clasificación del suelo*	Alternativas A1/C1			
	Rasante Baja		Rasante Alta	
	Ocupación (m²)	%	Ocupación (m²)	%
Suelo Urbano	7.209	5,0%	6.940	2,8%
Suelo Urbanizable	10.602	7,3%	31.037	12,5%
Suelo No Urbanizable o Rústico	126.932	87,7%	211.180	84,8%
Total	144.743	100%	249.156	100%

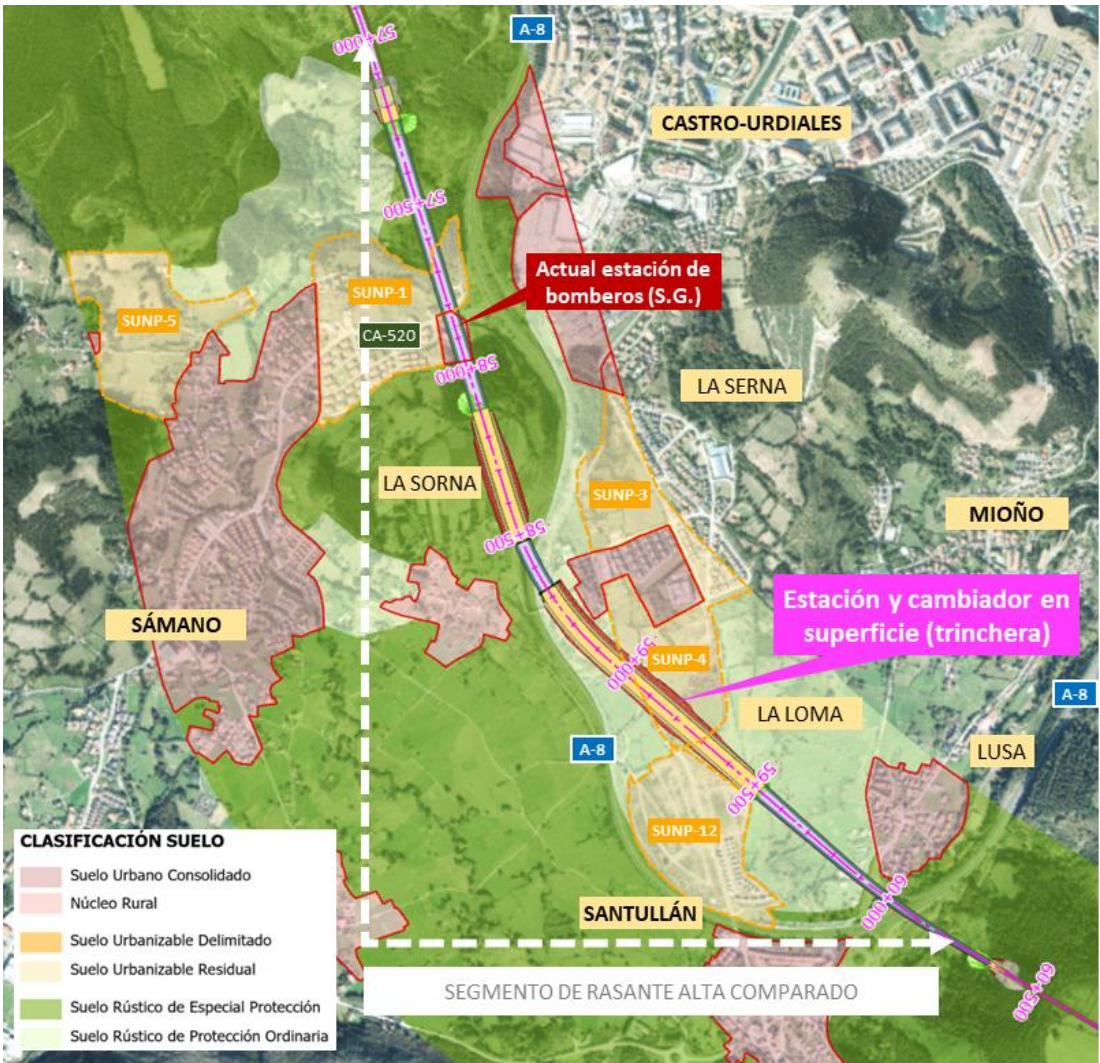
Para una mejor comprensión de este indicador se incluyen a continuación dos esquemas con la superposición de las rasantes sobre la clasificación del suelo derivada del PGOU de Castro-Urdiales.

Figura 34. Esquema de la solución de la rasante baja



En esta solución de rasante baja el futuro emplazamiento de la estación coincide con la ubicación de la actual estación de bomberos. Debido al encaje geométrico, resulta inevitable que la estación se resuelva sobre la misma estructura que se utiliza para cruzar la carretera autonómica CA-520 en la conexión entre Sámano y Castro-Urdiales. La altura de la estructura aconseja atravesar el relieve de 'La Sorna' y la propia autopista A-8 mediante un túnel que, con una leve prolongación, posibilita también evitar la afección a los sectores de suelo urbanizable no delimitado (o no programado) que el PGOU identifica como SUNP-4 y 12. Este último se encuentra en una situación jurídico-urbanística singular. Desde el p.k. 59+500, el trazado va incrementado progresivamente la cota para poder salvar un segundo cruce sobre la A-8 que, en esta ocasión, se resuelve mediante un paso superior.

Figura 35. Esquema de la solución de la rasante alta



En la rasante alta la estructura que "cruza" la CA-520 se inicia antes y se desarrolla a mayor altitud. De hecho, esto permite atravesar el citado cerro de La Sorna y la autopista A-8 mediante una trinchera y un paso superior, respectivamente. Sólo de esta manera es posible "encajar" en superficie un tramo suficiente para albergar el cambiador de ancho y la estación en La Loma. Desde la perspectiva urbanística, este diseño tiene mayor repercusión sobre el planeamiento, por dos motivos básicos:

- ✓ Una mayor ocupación directa de suelo; urbanizable y rústico (no urbanizable)
- ✓ Y una afección a los sectores urbanizables SUNP-4 y 12, y particularmente sobre el primero. No los afectará hasta el punto de calificarlos como inviables, pero obligará a reformular su actual ordenación. Además de la ocupación

directa deben considerarse las zonas de protección que irán vinculadas a la futura línea.

En vista de lo anterior, el indicador de este criterio se estimará a partir de la ocupación directa de suelo en función de la clasificación urbanística de este. Para asignar los coeficientes se aplican los mismos principios descritos en el indicar anterior de planeamiento urbanístico utilizado en la evaluación de la alternativa A1 frente a la C1.

Tabla 94. Coeficientes o índices para ponderación del indicador compatibilidad urbanística

COEFICIENTES COMPATIBILIDAD	
Clasificación del suelo	Índice
Suelo Urbano	2
Suelo Urbanizable	1,5
Suelo No Urbanizable	0,5

Este indicador de compatibilidad urbanística respondería a la siguiente fórmula:

Indicador compatibilidad urbanística = (2 · ocupación suelo urbano) + (1,5 · ocupación suelo urbanizable) + (0,5 · ocupación suelo no urbanizable/rústico)

Tabla 95. Indicadores ponderados para criterio de compatibilidad urbanística

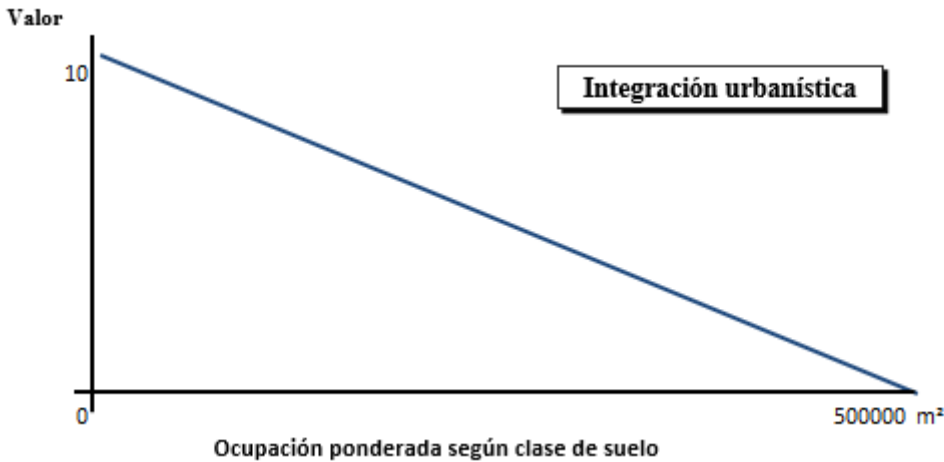
INDICADORES COMPATIBILIDAD URBANÍSTICA							
Alternativas A1/C1	Suelo Urbano		Suelo Urbanizable		Suelo No Urbanizable		Indicador final
	Ocupación (ha.)	Indicador ponderado	Ocupación (ha.)	Indicador ponderado	Ocupación (ha.)	Indicador ponderado	
Rasante Baja	7.209	14.418	10.602	15.903	126.932	63.466	93.787
Rasante Alta	6.940	13.879	31.037	46.555	211.180	105.590	166.024

En la ocupación se consideran las cifras obtenidas excluyendo tramos en túnel, entendiendo que en aquellos no se producen interferencias con la ordenación urbanística.

Para el escalado a una valoración de 0 a 10, a los indicadores para las rasantes baja y alta que se obtienen con la fórmula anterior se les aplica la siguiente función inicial. En esta se establece como umbral máximo la cifra de 500.000 m² (sin ponderar), que se obtiene de multiplicar el coeficiente mayor (2) por la cifra más alta de ocupación entre las dos rasantes (249.156 m², en la rasa alta). Con ello, lo que se pretende es cuantificar y comparar los efectos de las ocupaciones de suelo urbano

y urbanizable, una vez “ponderadas”, sobre las mediciones iniciales y tomando un valor de escalado idéntico para ambas.

Figura 36. Función lineal para escalado de indicador compatibilidad urbanística



Los indicadores finales ponderados para cada rasante y los consiguientes valores de 0 a 10, aplicando la función anterior, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 96. Valoración criterio de compatibilidad urbanística

VALORACION COMPATIBILIDAD URBANÍSTICA		
Alternativas A1/C1	Indicador final	Valor
Rasante Baja	93.787	8,12
Rasante Alta	166.024	6,67

La alternativa de la rasante baja obtiene una valoración significativamente más positiva que en la rasante alta. Ello es consecuente con la descripción anterior, en la que se puso de manifiesto que la rasante baja implica una afección general menor sobre la ordenación urbanística. Asumiendo que ambas generan un impacto similar en el entorno de la actual estación de bomberos, la principal diferencia reside en el segundo punto de impacto -el identificado sobre varios sectores urbanizables (SUNP) en la zona de La Loma- que es mucho mayor en la rasante alta.

5.2.3.2. Efecto barrera / permeabilidad

Una infraestructura lineal como la que se contempla en este estudio, además de la potencial ocupación directa de suelo, o la afección a la ordenación urbanística, genera de forma inherente lo que puede denominarse como una “efecto barrera”. Entendiendo por esto las consecuencias desfavorables derivadas de la inclusión en el territorio -en la trama urbana o territorial- de un elemento físico que dificulta o limita la interconexión entre sus distintas “piezas” (entiéndase por tales poblaciones, usos, construcciones, carreteras, etc.) que quedan a ambas márgenes. Ese elemento físico es, en este supuesto, una línea de ferrocarril de altas prestaciones que, además, discurre sobre un entorno periurbano que presenta ya de partida un alto grado de antropización.

Obviamente, la magnitud de ese efecto barrera depende en gran medida de la solución técnica de los trazados. Así, por ejemplo, mientras los túneles y los viaductos garantizan una cierta permeabilidad transversal, en el extremo opuesto se situarían los tramos contruidos en superficie (y particularmente los desmontes y terraplenes pronunciados), donde esa movilidad transversal queda reducida a los puntos concretos donde se prevean pasos.

Para cuantificar este criterio y obtener indicadores significativos y comparables para las rasantes que se evalúan, se considera oportuno emplear como medición la longitud de las distintas soluciones (túnel, viaducto, superficie).

Se muestran a continuación dos tablas;

- ✓ La primera muestra la segmentación de la rasante baja desde el p.k. 57+340 al 60+375, diferenciando la solución técnica.
- ✓ Y en la segunda se hace lo propio con la rasante alta, que queda acotada desde en esta ocasión al par comparable de p.k. 57+200 a 60+380.

Los puntos de inicio y fin considerados se han hecho corresponder en ambas rasantes con los inicios de los tramos en túnel que prolongan ambas rasantes por sus extremos y que son, en general, casi idénticos en las dos soluciones.

Tabla 97. Tramificación de la rasante baja entre 57+340 al 60+375 según solución trazado

TRAMIFICACIÓN SEGÚN SOLUCION CONSTRUCTIVA						
Solución del trazado			Alternativas A1/C1			
			Rasante Baja			
			pk. Inicio	pk fin	Longitud (m)	%
En superficie	1	Emboquille - Desmonte (cambiador)	57,340	57,680	340	11,2%
	3	Desmonte (tras tunel La Loma)	57,977	58,063	86	2,8%
	5	Desmonte (previo A8)	59,620	59,910	290	9,6%
	7	Desmonte (hasta emboquille)	60,330	60,375	45	1,5%
En viaducto	2	Estructura (estación-bomberos)	57,680	57,977	297	9,8%
	6	Estructura 1er paso sobre A-8	59,910	60,330	420	13,8%
En túnel	4	La Loma / paso inferior A-8	58,063	59,620	1.557	51,3%
Total			57,340	60,375	3.035	100%

Tabla 98. Tramificación de la rasante alta entre 57+200 al 60+380 según solución trazado

TRAMIFICACIÓN SEGÚN SOLUCION CONSTRUCTIVA						
Solución del trazado			Alternativas A1/C1			
			Rasante Alta			
			pk. Inicio	pk fin	Longitud (m)	%
En superficie	1	Emboquille - Desmonte	57,200	57,245	45	1,4%
	3	Desmonte (cambiador)	58,117	58,518	401	12,6%
	5	Estructura (estación-trinchera)	58,675	59,525	850	26,7%
	7	Desmonte (hasta emboquille)	60,345	60,380	35	1,1%
En viaducto	2	Estructura (bomberos)	57,245	58,117	872	27,4%
	4	Estructura 1er paso sobre A-8	58,518	58,675	157	4,9%
	6	Estructura 2do paso sobre A-8	59,525	60,345	820	25,8%
Total			57,200	60,380	3.180	100%

De las tablas anteriores se puede obtener la siguiente tabla-resumen.

Tabla 99. Tramificación de las rasantes baja y alta según solución trazado

RESUMEN TRAMIFICACIÓN SEGÚN SOLUCION CONSTRUCTIVA				
Solución del trazado	Alternativas A1/C1			
	Rasante Baja		Rasante Alta	
	Longitud (m)	%	Longitud (m)	%
En superficie	761	25,1%	1.331	41,9%
En viaducto	717	23,6%	1.849	58,1%
En túnel	1.557	51,3%	-	0,0%
Total	3.035	100%	3.180	100%

Para generar los indicadores se aplican sobre los datos anteriores unos coeficientes que pretenden asignar un valor de permeabilidad o efecto barrera; según se considere el indicador de forma positiva o negativa, respectivamente.

Tabla 100. Coeficientes o índices para ponderación del indicador efecto barrera

COEFICIENTES EFECTO BARRERA	
Solución / tipología	Índice
En superficie	25%
En viaducto	75%
En túnel	100%

Los índices anteriores se establecen suponiendo que un valor 100% equivale a una situación de permeabilidad máxima o efecto barrera mínimo. Los porcentajes establecidos como coeficientes de minoración se aplican sobre cada tramo (según solución) y con ello se obtienen indicadores o mediciones ponderadas. Los criterios considerados son:

- ✓ Se asigna un índice de 25% a los tramos “en superficie”, lo que significa que la permeabilidad de este tipo de tramos queda reducida a un 25%. O lo que es lo mismo, de cada 4 metros en superficie 3 generan “efecto barrera”.
- ✓ Se incrementa el coeficiente hasta el 75% en viaductos. Dado que se resuelven a desnivel la permeabilidad transversal no se ve tan afectada. Sin embargo, como tampoco es la situación óptima no es oportuno mantener un 100%.
- ✓ Y, finalmente, en el caso de los tramos en túnel (solo hay uno en la rasante baja), a priori, no debiera interferir en modo alguno en la permeabilidad y, por tanto, su efecto barrera es casi nulo.

A partir de lo anterior, se obtienen los siguientes indicadores:

Tabla 101. Indicadores efecto barrera para las rasantes baja y alta

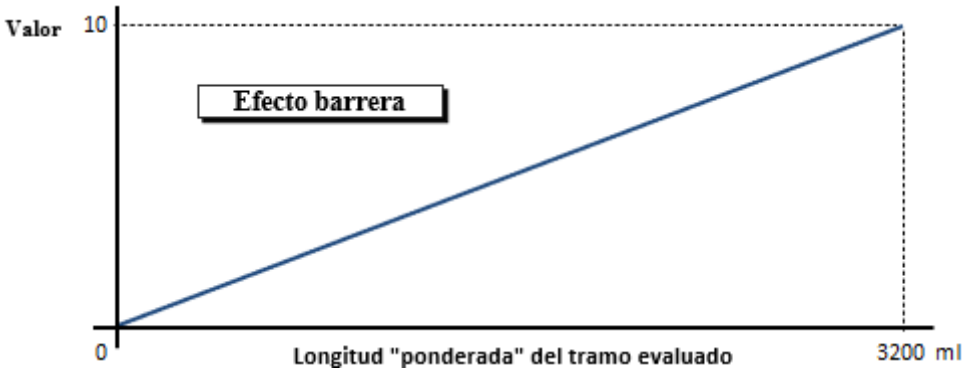
INDICADORES EFECTO BARRERA						
Alternativas A1/C1	En superficie		En viaducto		En túnel	
	Longitud (m)	Indicador ponderado	Longitud (m)	Indicador ponderado	Longitud (m)	Indicador ponderado
Rasante Baja	761	190	717	538	1.557	1.557
Rasante Alta	1.331	333	1.849	1.387	-	-

El indicador efecto barrera responde a la siguiente fórmula:

Indicador efecto barrera/permeabilidad = (25% · longitud en superficie) + (75% · longitud en viaducto) + (100% · longitud en túnel)

Para la conversión a una escala de 0 a 10 comparable con el resto de los indicadores, se aplica de nuevo una función lineal, que en esta ocasión es inversa. El umbral máximo se establece en 3.200 ml (como longitud de referencia para ambas rasantes) y el valor a evaluar es el indicador ponderado estimado antes. A mayor proximidad del indicador al umbral mayor es la puntuación.

Figura 37. Función lineal para escalado de indicador efecto barrera



En la valoración final resulta que la variante baja obtiene un valor significativamente más positivo que la rasante alta (casi dos puntos por encima). Esta diferencia radica en el tramo en túnel que se incluye en la rasante baja frente a los desmontes (en superficie) de la rasante alta, y pese a la mayor longitud de viaductos en la alta.

Tabla 102. Valoración criterio efecto barrera

VALORACION EFECTO BARRERA		
Alternativas A1/C1	Indicador final	Valor
Rasante Baja	2.285	7,14
Rasante Alta	1.720	5,37

Figura 38. Solución en rasante baja y alta en el paraje de La Loma



Tramo intermedio en el paraje de La Loma, donde se concentran las diferencias fundamentales entre ambas rasantes. Este paraje es la zona destinada a albergar la futura expansión urbanística de Castro-Urdiales.

5.2.3.3. Disponibilidad de terreno

Con este criterio se pretende analizar la idoneidad del emplazamiento propuesto para cada estación y cambiador, en función de la disponibilidad de suelo disponible en el entorno. Con ello, se trata de valorar la posibilidad de albergar futuras ampliaciones del trazado, o la de ampliar las instalaciones o infraestructuras complementarias (aparcamientos, puntos intermodales, servicios hosteleros y comerciales, alquiler de VMP, etc.), en un hipotético escenario futuro en el que pudiera ser necesario. Dada la naturaleza del indicador, las mediciones se realizan tomando como referencia la comparación de las rasantes baja y alta de la alternativa A1. Los resultados obtenidos son perfectamente extrapolables a sus homologas C1.

El análisis entre ambas rasantes o variantes (alta y baja) se acota al tramo que alberga el cambiador y la propia estación, ya que, previsiblemente, sería en este dónde pudieran hacer falta futuras ampliaciones o nuevas instalaciones.

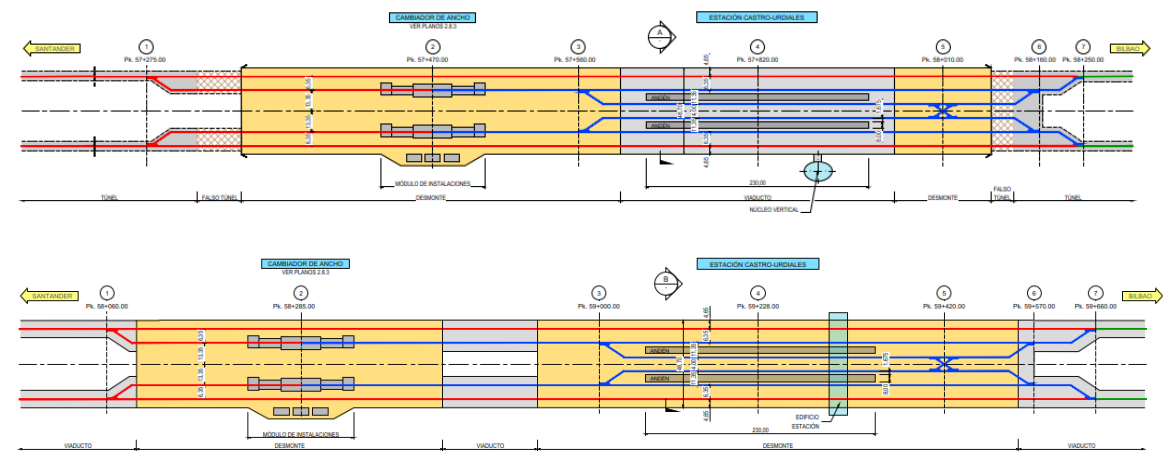


Figura 39. Cambiador y Estación de Castro-Urdiales. Rasante baja (arriba) y alta (abajo)

Fuente: Ver planos anejo 21 Estaciones

Para realizar la comparación se delimitan bandas de 200 m a cada lado de los tramos anteriores considerados, los que albergan la estación y el cambiador. Con ello se obtiene sendas áreas o ámbitos, de 400 m de anchura, pero con superficie variable en función de las diferentes longitudes de los citados. Se muestra a continuación una tabla con datos globales (los puntos kilométricos se indican son relativos a la alternativa A1, pero las mediciones de área y longitud son equiparables para la C1).

Tabla 103. Delimitación de área para criterio de disponibilidad de suelo

ÁREAS ANALIZADAS				
Alternativas A1*	pk inico	pk final	Longitud (ml)	Area (m²)
Rasante Baja	57+275	58+250	975	392.298
Rasante Alta	58+060	59+660	1.600	643.298

Como se observa en la tabla, en la variante de rasante baja el “tramo” conformado por la estación y el cambiador se resuelve en una longitud significativamente menor, lo que implica que el área de análisis para este criterio sea proporcionalmente menor.

El siguiente paso es analizar los terrenos que quedan incluidos dentro de las áreas delimitadas para determinar su grado o capacidad de aptitud para albergar en una situación futura hipotética, posibles ampliaciones o modificaciones de la infraestructura ferroviaria prevista inicialmente (entendiendo por esta el conjunto formado por la propia plataforma, la estación, el cambiador y el resto de las instalaciones complementarias).

Para simplificar el ejercicio y la compresión de los resultados, las áreas delimitadas para cada variante o rasante se clasifican o dividen en tres únicas categorías. Por un lado, se identifica el “trazado” (como suelo a ocupar inicialmente por la infraestructura prevista en cada alternativa). Y, por otra parte, el resto de la superficie se divide en dos categorías en función de la valoración de la ‘disponibilidad de suelo’: pudiendo ser alta-media o baja-nula.

Tabla 104. Evaluación de la disponibilidad de suelo

DISPONIBILIDAD DE SUPERFICIE SEGÚN EMPLAZAMIENTO ESTACIÓN				
Disponibilidad de suelo	Alternativas A1/C1			
	Rasante Baja		Rasante Alta	
	Ocupación		Ocupación	
	m²	%	m²	%
Alta - Media	194.314	49,5%	241.228	37,5%
Baja - Nula	146.036	37,2%	278.998	43,4%
Trazado	51.948	13,2%	123.072	19,1%
Total	392.298	100%	643.298	100%

Se muestran a continuación dos figuras que reflejan gráficamente los resultados anteriores.

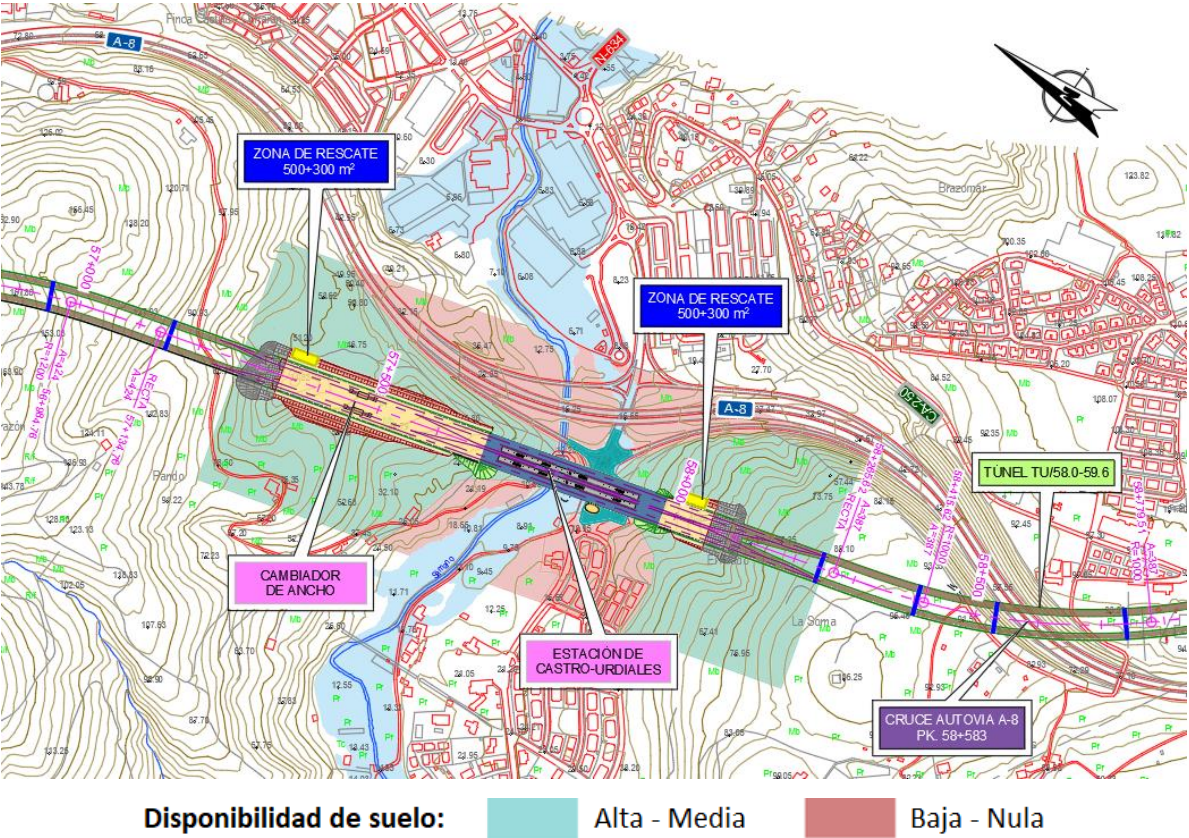


Figura 40. Análisis de disponibilidad de terrenos en entorno de la estación en rasante baja

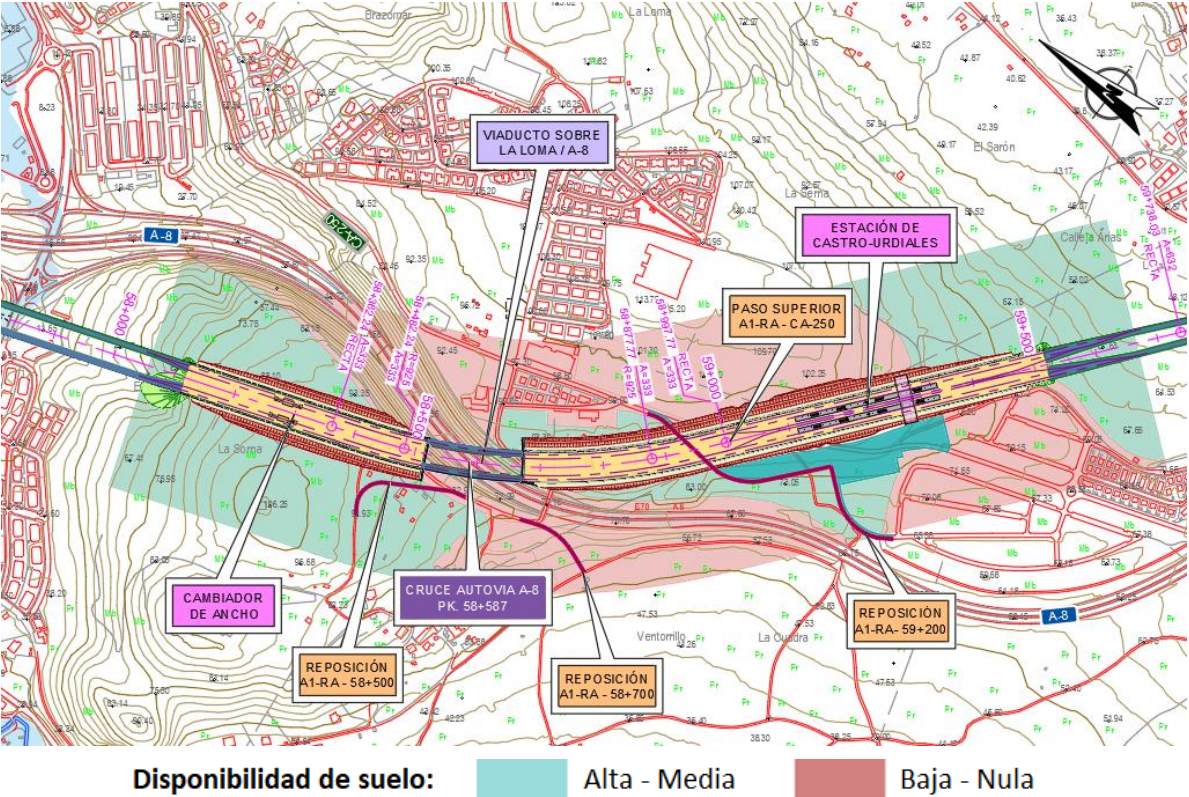


Figura 41. Análisis de disponibilidad de terrenos en entorno de la estación en rasante baja

En la variante 'rasante baja' se consideran con baja o nula capacidad los terrenos ya ocupados por la autovía, el suelo urbano al sur de la estación, y los terrenos aledaños al arroyo de Sámano. Como se aprecia en la imagen, solo quedarían disponibles los terrenos entorno al cambiador de ancho y al emboquille del túnel situado al Este de la estación. La disponibilidad de suelo resultante es cercana al 50% del área analizada, pero esta variante se ve penalizada por dos circunstancias: la ubicación de la estación/apadero sobre una estructura y las condiciones topográficas adversas de los suelos evaluados con una disponibilidad alta-media.

En cuanto a la variante 'alta', la superficie del área analizada es un 50% superior, pero el porcentaje de suelo con una disponibilidad alta-media solo alcanza el 37,5%. En cifras absolutas, este porcentaje se traduce en unos 241.000 m² para la rasante alta, frente a los casi 195.000 m² de la 'baja'. La disponibilidad de suelo apto se ve limitada esta variante 'alta' debido a la autovía y a los suelos urbanos y urbanizables colindantes. Los suelos más aptos se sitúan en los extremos Este y Oeste del área analizada. Además, estos suelos presentan también unas condiciones topográficas casi tan adversas como en la variante baja.

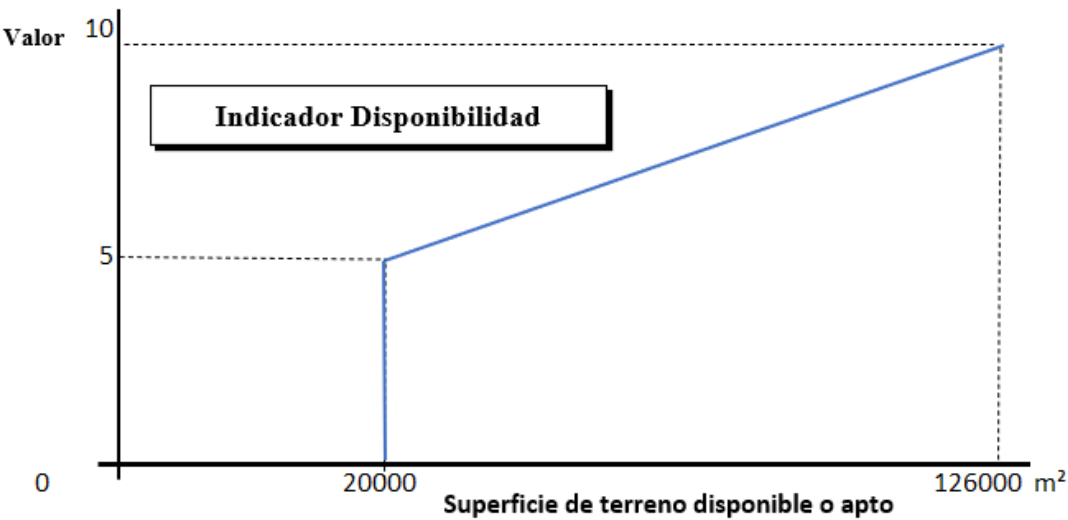
El indicador elegido para parametrizar este criterio es la superficie de suelo identificada con una disponibilidad alta-media. Con ello se repercute en cierta manera el efecto derivado de la diferencia longitud y área analizada para cada variante.

Finalmente, para el escalado 0 a 10 se aplica una función lineal en la que:

- Se asigna un valor 5 a una superficie de 20.000 m², entendiendo que esta es la mínima necesaria para garantizar la viabilidad de una futura ampliación o modificación de la estación, el cambiado y el resto de los elementos. Cualquier dato por debajo obtendría una puntuación de 0.
- Se reserva un valor 10 para el escenario en el que el total del área analizada para la variante 'baja', que es la menor de las dos, presentaría una disponibilidad alta o media.

La función lineal resultante que es aplicada a las mediciones de superficie de disponibilidad alta-media para cada rasante o variante, es la siguiente:

Figura 42. Función lineal para escalado de indicador disponibilidad terreno



En este criterio no se aplican coeficientes de ponderación, pese a que, probablemente, podrían discretizarse los suelos identificados con disponibilidad en función de factores como: una topografía más o menos apropiada, la distancia al trazado previsto, o la concurrencia de condicionantes de cualquier índole (titularidad, servidumbres, proximidad de accesos, etc.). En vista del análisis realizado, cualquier de estos factores parece estar bastante compensado entre las rasantes y no hay ninguno que resulte especialmente crítico o diferenciador.

En resumen, la función anterior sobre las mediciones obtenidas arroja los siguientes valores de puntuación.

Tabla 105. Valoración provisional del criterio de accesibilidad

VALORACION DISPONIBILIDAD TERRENOS		
Alternativas A1/C1	Indicador	Valoración
Rasante Baja	194.314	7,29
Rasante Alta	241.228	7,91

Las puntuaciones obtenidas cuantifican de alguna manera lo que es fácilmente perceptible al observar y comparar los trazados y soluciones propuestas para las variantes baja y alta. En la primera, la estación se localiza junto a un enlace de la A-8, cerca de la población de Sámano y del arroyo homónimo, y el cambiador queda acotado entre el emboquille de un túnel y la propia estación. Con ello, los enclaves

“disponibles” que flanquean al norte y al sur el área analizada presentan una topografía muy abrupta. Por su parte, la rasante alta presenta mayor longitud para resolver el par estación/cambiador, y se sitúa en un entorno más abierto, pero cualquier ampliación está muy limitada por la propia autovía y por la colindancia de suelos urbanos y urbanizables. Para esta solución o variante alta, es importante destacar la disponibilidad de suelo justo en las inmediaciones de la ubicación de la estación, algo que no se produce en la ‘baja’.

La relación de valoraciones 7,29 frente a 7,91 parece ser razonablemente justa con las diferencias percibidas en el análisis de las áreas correspondientes a ambas variantes. Al menos en este criterio, es comprensible que la variante de rasante alta tenga una valoración ligeramente superior.

5.2.3.4. Usos del suelo

Los usos del suelo mayoritariamente representados son los ocupados por formaciones naturales de matorral y o pastizal seguidos de los forestales. Las afecciones de las alternativas a los distintos usos de suelo dependerán del cambio de uso que supongan las nuevas ocupaciones.

Tabla 106. Mediciones de alternativas según uso del suelo.

Clases de usos del suelo	Alternativa A1/C1	
	Superficies (ha)	
	Rasante Baja	Rasante Alta
Urbano	0,22	0,79
Cultivos	0,49	0,25
Forestal	11,43	11,83
Matorral/Pastizal	6,81	15,76
Erial	0,07	0,17
Dominio Público	2,86	4,99
Total	21,89	33,79

Para valorar las afecciones sobre los usos del suelo se plantean unos indicadores de impacto en función del valor para la población de los usos desarrollados. En el caso de suelos actualmente ocupados por infraestructuras y terrenos asociados, la afección por cambio de uso es mínima ya que se trata de suelos destinados precisamente a albergar infraestructuras. Por eso, en esas zonas el impacto será nulo. El coeficiente de ponderación definido según el uso del suelo que corresponde es:

Tabla 107. Coeficientes de ponderación para usos del suelo

COEFICIENTES USOS DEL SUELO	
Clases de usos del suelo	Indice (K)
Urbano	10
Cultivos	7
Forestal	3
Matorral/Pastizal	5
Erial	1
Dominio Público	0

Aplicando los coeficientes anteriores se obtienen los indicadores ponderados que se muestran en la siguiente tabla. Se han excluido los tramos que se desarrollan en túnel por considerarse que en ellos no se produce impacto sobre los suelos, y en viaducto se ha considerado el 30% de la ocupación viaducto por considerarse que el impacto es mínimo, reducido a la superficie de las pilas y caminos de acceso a las mismas. Los indicadores, para los usos o aprovechamientos afectados en la zona son:

Tabla 108. Ocupación según usos del suelo. Alternativa rasante baja y alta

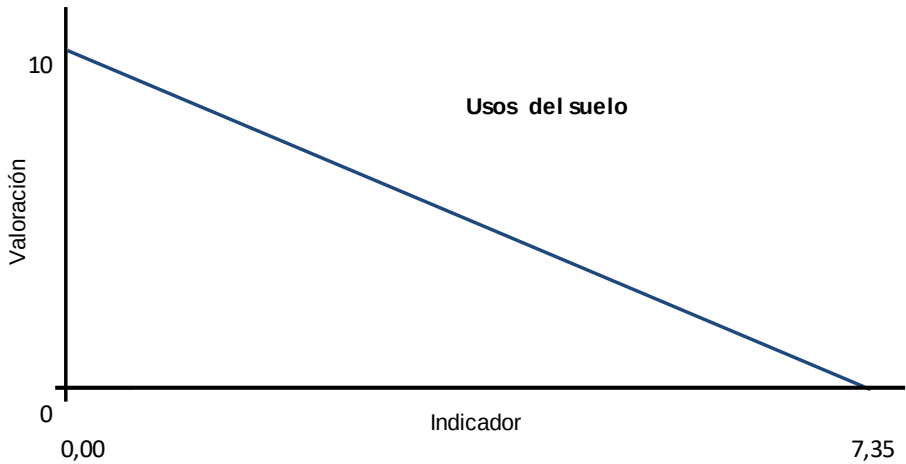
Clases de usos del suelo	Alternativa A1/C1	
	Superficies ponderadas (ha)	
	Rasante Baja	Rasante Alta
Urbano	2,24	7,89
Cultivos	3,45	1,78
Forestal	34,29	35,48
Matorral/Pastizal	34,07	78,78
Erial	0,07	0,17
Dominio Público	0,00	0,00
Total	74,11	124,10

El indicador final para alternativa se obtiene, a modo de ejemplo para la alternativa en rasante baja, con la siguiente fórmula:

Indicador alternativa rasante baja = 74,11 / 33,79 = 2,19

Para la valoración final y el consiguiente escalado 0 a 10, se establece como umbral máximo el doble del valor mayor de los indicadores anteriores: 3,67*2 = 7,35.

Figura 43. Función lineal para escalado de indicador usos del suelo



A partir de los indicadores y de la función anterior se obtiene las valoraciones finales para cada alternativa.

Tabla 109. Valoración criterio capacidad agrológica.

VALORACIÓN USOS DEL SUELO		
Alternativas A1/C1	Indicador	Valoración
Rasante Baja	2,19	7,01
Rasante Alta	3,67	5,00

La alternativa en rasante baja con menor ocupación de suelo obtiene una puntuación notablemente superior a la alternativa en rasante alta.

5.2.3.5. Resumen del objetivo territorial

A continuación, se recopilan y se muestran conjuntamente las valoraciones obtenidas para los distintos criterios territoriales considerados.

Tabla 110. Resumen objetivo y criterios ambientales

PESOS	Criterios territoriales	Alternativas A1/C1	
		Rasante Baja	Rasante Alta
0,25	Compatibilidad urbanística	8,12	6,67
0,25	Efecto barrera (permeabilidad)	7,14	5,37
0,25	Disponibilidad terreno	7,29	7,91
0,25	Usos del suelo	7,01	5,00
	Valoración territorial	7,39	6,24

Se observa que la alternativa en Rasante Baja obtiene mejor puntuación en todos los criterios territoriales (excepto en disponibilidad de terreno).

5.2.4. Objetivo económico

Para poder comparar las dos alternativas (rasante baja y alta), desde el punto de vista económico, se ha optado por considerar los presupuestos de ejecución material (PEM) de los principales aspectos que las diferencian. Así mientras que en la rasante baja destaca el coste de túnel, en la rasante alta lo hacen las estructuras y el movimiento de tierras (trincheras). El coste de la estación de Castro es más alto para el caso de la rasante baja.

Los capítulos considerados por tanto son los siguientes:

- Movimiento de tierras
- Túneles
- Estructuras
- Estaciones

Para la realización del análisis comparativo se ha empleado el presupuesto de la alternativa A1, aunque los resultados son extrapolables para la alternativa C1.

5.2.4.1. Presupuesto de ejecución

En la tabla siguiente se presenta el presupuesto de las dos alternativas analizadas para el tramo de variante estación de Castro-Urdiales (rasantes baja y alta).

Tabla 111. Presupuesto de ejecución material de las alternativas rasante baja y rasante alta. Alternativa A1

COSTES	Presupuesto (PEM) (€)	
	Rasante Baja	Rasante Alta
Movimiento de tierras	8.392.769,19	13.822.791,14
Estructuras	57.149.806,04	60.796.314,06
Túneles	398.665.852,61	359.549.293,40
Estaciones	14.779.917,15	9.417.000,20
TOTAL	478.988.344,98	443.585.398,80

Para el escalado del indicador obtenido se ha creado una función que otorga una puntuación de 10 en el caso de ratios menores de 221.792.699 € (valor un 50% menor al mínimo valor del presupuesto de inversión de dos alternativas) y de 0 para

ratios superiores a 718.482.517 € (valor un 50% mayor al máximo valor del presupuesto de inversión de las dos alternativas).

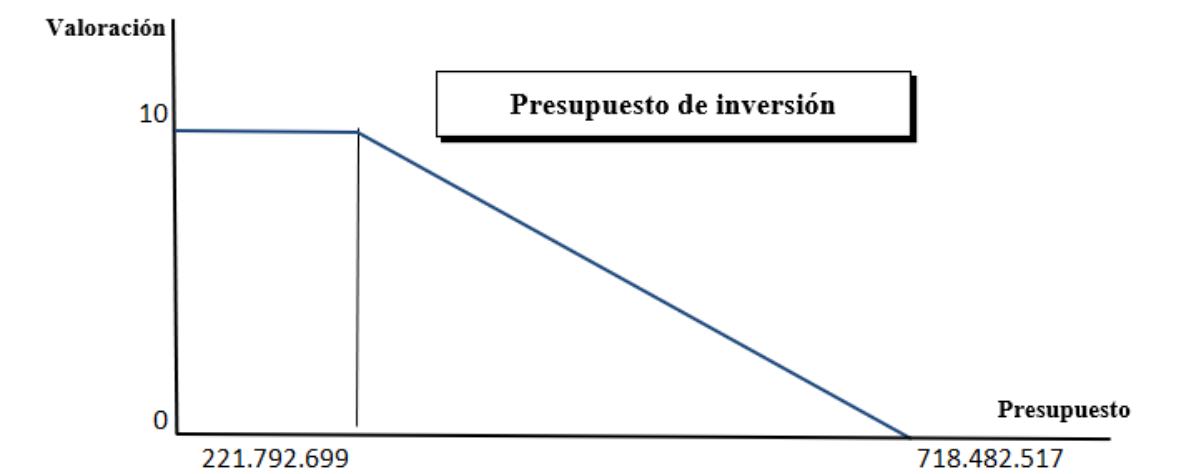


Figura 44. Función planteada para el escalado del criterio "presupuesto de inversión".

La puntuación final obtenida (de 0 a 10) se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 112. Puntuación del indicador "presupuesto de inversión".

VALORACIÓN PRESUPUESTOS		
Alternativas A1/C1	Indicador	Valoración
Rasante Baja	478.988.344,98 €	4,82
Rasante Alta	443.585.398,80 €	5,53

La alternativa en rasante alta obtiene una puntuación ligeramente superior dado su menor presupuesto de inversión.

5.2.4.2. Resumen del objetivo económico

A continuación, se presenta la valoración obtenida para el criterio económico que es equivalente al resultado mostrado en el apartado anterior al haberse tratado un único criterio (presupuesto de ejecución).

Tabla 113. Resumen objetivo y criterio económico

PESOS	Criterio económico	Alternativas A1/C1	
		Rasante Baja	Rasante Alta
1,00	Presupuesto de inversión	4,82	5,53
	Valoración económica	4,82	5,53

Se observa que la alternativa en Rasante Alta obtiene una puntuación notablemente superior debido a su menor presupuesto de ejecución.

6. Comparación de resultados

En el apartado anterior 5. Obtención de indicadores, se han obtenido las valoraciones de cada criterio para los dos análisis multicriterio realizados:

- Alternativas A1 y C1
- Variante estación de Castro-Urdiales: rasante baja y rasante alta

En el presente apartado se pasa a realizar la comparación numérica entre las diferentes alternativas, teniendo en cuenta los siguientes pesos para cada uno de los objetivos definidos en el presente estudio:

- ✓ Objetivo funcional: 25%
- ✓ Objetivo ambiental: 25%
- ✓ Objetivo territorial: 25%
- ✓ Objetivo económico: 25%

Para comprobar la bondad del resultado obtenido se ha realizado un análisis de sensibilidad que implica examinar el resultado de pequeñas variaciones alrededor de los pesos asignados en principio.

Para el análisis se ha aplicado el método Electre I; que es el método de agregación parcial más utilizado cuyo fundamento estriba en la comparación de todas las alternativas 2 a 2 de forma ordenada ($a-b \neq b-a$). Para la aplicación de este método se definen, para cada par de alternativas dos índices, de cuyos valores dependerá la decisión de preferibilidad entre ellos:

- Índice de concordancia: suma de los pesos para los cuales la primera alternativa es igual o superior a la segunda, dividido por la suma total de los pesos.
- Índice de discordancia: es la diferencia mayor de puntuación asignada a las alternativas para aquellos criterios en los que la primera es inferior a la segunda, dividido por el tamaño de la escala de puntuación.

El índice de concordancia mide el grado de acuerdo de las puntuaciones con la afirmación "la primera alternativa es superior a la segunda". El índice de discordancia mide el grado de desacuerdo con esa misma afirmación.

Para que una alternativa sea superior a otra debe, cualitativamente, "superarla en muchos criterios". Para que una alternativa sea superior a otra no debe, cualitativamente, "existir mucha diferencia en contra de ella en ningún criterio".

Lo expuesto en el párrafo anterior se asegura cuando se cumplen las condiciones de concordancia (el peso de los criterios para los que es igual o superior es suficientemente grande) y de discordancia (no existe ningún criterio para el que sea demasiado peor).

Estableciendo para cada par de alternativas sus índices de concordancia y de discordancia, se obtienen sendas matrices de concordancia y de discordancia. Las decisiones que permite adoptar el método Electre vienen dadas en función de dos nuevos parámetros llamados umbrales de concordancia y de discordancia y que se representan por p y q respectivamente. Antes se ha expuesto el criterio para preferir una alternativa frente a otra y se hablaba en términos de "suficientemente grande" y "no demasiado peor". El establecimiento de los umbrales aludido pretende fijar cuanto de grande es suficiente y cuanto de peor no es demasiado.

Si se establece un umbral de concordancia demasiado bajo, p. ej. 0,5, se corre el peligro que una alternativa sea considerada superior a otra aun existiendo poca diferencia a favor de la primera. Si, por el contrario, este es demasiado alto, p.ej. 0,9 o 1, puede suceder que no sea posible establecer que ninguna alternativa es superior a ninguna otra, ya que podría no existir la suficiente diferencia entre sus puntuaciones.

Si se establece un umbral de discordancia demasiado bajo, p. ej. 0, se corre el peligro de no poder alcanzar ninguna decisión porque siempre suelen existir algunas diferencias en sentido negativo. Si, por el contrario, es demasiado alto, p. ej., puede suceder que se decida la superioridad de una alternativa sobre otra aun cuando la alternativa preferida sea muy negativa al menos para uno de los objetivos.

De cara al presente estudio, se han utilizado los valores habituales para p y q , que son respectivamente 0,7 y 0,3 como valores límite para definir la relación de superación. En resumen, se dirá que una alternativa "A" es superior a otra "B" cuando el índice de concordancia $I_{c_{a-b}}$ sea mayor o igual que p (umbral de concordancia) y cuando, además, el índice de discordancia $I_{d_{a-b}}$ sea menor o igual que q (umbral de discordancia). A continuación, se realiza el citado análisis.

6.1. Alternativas A1 y C1

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para cada alternativa.

Tabla 114. Resultados globales del análisis multicriterio. Alternativas A1 y C1

Pesos	RESUMEN VALORACIÓN DE OBJETVOS Y CRITERIOS		
	Objetivos	Alternativa A1	Alternativa C1
0,25	Valoración funcional	7,12	6,32
0,25	Valoración ambiental	6,07	7,21
0,25	Valoración territorial	7,27	7,22
0,25	Valoración económica	0,67	0,85
	Valoración final	5,28	5,40

Las valoraciones finales obtenidas por ambas alternativas son similares. Mientras que la alternativa A1 es mejor funcional y territorialmente, la C1 lo es en los objetivos ambiental y económico.

Figura 45. Matrices de concordancia, discordancia y preferencias. Alternativas A1 y C1.

Matriz de concordancia

	Alternativa A1	Alternativa C1
Alternativa A1	0,00	0,50
Alternativa C1	0,50	0,00

Matriz de discordancia

	Alternativa A1	Alternativa C1
Alternativa A1	0,000	0,114
Alternativa C1	0,081	0,000

Matriz de preferencias

	Alternativa A1	Alternativa C1
Alternativa A1		
Alternativa C1		

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad realizado no son concluyentes, y no se refleja una preferencia clara entre las alternativas A1 y C1.

6.2. Alternativas rasante baja y rasante alta

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para cada alternativa.

Tabla 115. Resultados globales del análisis multicriterio. Alternativas rasante baja y rasante alta

Pesos	RESUMEN VALORACIÓN DE OBJETVOS Y CRITERIOS		
	Objetivos	Alternativa A1/C1	
		Rasante Baja	Rasante Alta
0,25	Valoración funcional	6,54	6,09
0,25	Valoración ambiental	8,02	4,56
0,25	Valoración territorial	7,39	6,24
0,25	Valoración económica	4,82	5,53
	Valoración final	6,69	5,61

La alternativa mejor valorada es la Rasante Baja, con mejores valoraciones funcional, ambiental y territorialmente. Así pues, la Rasante Alta sólo resulta mejor valorada económicamente.

Los resultados obtenidos para las matrices de concordancia, discordancia y preferencias se muestran a continuación.

Figura 46. Matrices de concordancia, discordancia y preferencias. Alternativas rasante baja y rasante alta

Matriz de concordancia

	Rasante baja	Rasante alta
Rasante baja	0,00	0,75
Rasante alta	0,25	0,00

Matriz de discordancia

	Rasante baja	Rasante alta
Rasante baja	0,000	0,071
Rasante alta	0,346	0,000

Matriz de preferencias

	Rasante baja	Rasante alta
Rasante baja		X
Rasante alta		

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad si son concluyentes, siendo preferible la Rasante Baja frente a la Alta.