

*Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA*

ESTUDIO DE CONEXIÓN FERROVIARIA PUERTO SANTANDER – PUERTO BILBAO INCLUYENDO ENLACE Y TERMINALES LOGÍSTICAS

Trabajo realizado por:
Asier Ecenarro Pérez

Dirigido:
Borja Alonso Oreña
María Concepción Ortega Ortiz

Titulación:
**Máster Universitario en
Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos**

Santander, septiembre de 2025

Resumen

Este Trabajo Fin de Máster analiza y propone el desarrollo intermodal de la conexión ferroviaria de mercancías entre los puertos de Bilbao y Santander, en el marco del Corredor Cantábrico-Mediterráneo (TEN-T). Se combinan: datos 2023 de ambos puertos; matrices del Modelo Nacional de Transporte (MITMA) para 2017–2030; evaluación técnico-funcional de terminales (capacidad, automatización e interoperabilidad); modelización operativa ligera en AnyLogic; cuadro de KPI; y una comparación multicriterio (WSM/ELECTRE), con cuantificación económico-ambiental.

Los puertos muestran perfiles complementarios: Bilbao (~33 Mt/año) como hub de granel líquido y contenedor; Santander (~7 Mt/año) especializado en ro-ro y granel sólido. La cuota ferroviaria actual se sitúa en torno al 10–14 %, condicionada por longitudes útiles de 450–550 m, tracción diésel en recintos y ausencia de ancho estándar. Se plantean tres escenarios: E1 (optimización operativa y digital), E2 (refuerzo selectivo de primera/última milla, 550 m estandarizados) y E3 (integración avanzada con VSF–Serantes y la intermodal de La Pasiega, operación ≥ 740 m).

Resultados clave: en 2026, E2 ofrece el mejor equilibrio (fiabilidad ≥ 95 %, tiempos objetivo, trenes de 550 m y apartaderos), con ahorros del orden de 2,1–2,8 k€/tren y 53–66 k€/1.000 UTI, y una reducción de ~7,3 t CO₂e por cada 1.000 UTI y 100 km. En 2030, E3 domina: trenes largos ≥ 740 m, interoperabilidad plena y mayores beneficios (~3,0 k€/tren, 71–74 k€/1.000 UTI en base homogénea) y ~13,4 t CO₂e evitadas por cada 1.000 UTI y 100 km.

Se propone una hoja de ruta por rampas E1→E2→E3, con gobernanza por SLA y KPI (puntualidad ≥ 95 %, dwell <24/12 h, utilización ≥ 80 %, UTI no acompañada >65 %) y empaquetado elegible para CEF/TEN-T. La secuencia captura retornos tempranos, consolida capacidad estructural y culmina en 2030 con trenes largos y nodos integrados.

Abstract

This Master's Thesis assesses and proposes the intermodal development of the freight rail link between the Ports of Bilbao and Santander within the Cantabrian–Mediterranean TEN-T Corridor. The approach combines: 2023 port data; Spain's National Transport Model matrices (2017–2030); a technical-functional terminal assessment (capacity, automation, interoperability); lightweight AnyLogic operational modelling; a KPI framework; and a multi-criteria comparison (WSM/ELECTRE) with economic and environmental quantification.

The ports are complementary: Bilbao (~33 Mt/year) as a liquid-bulk and container hub; Santander (~7 Mt/year) focused on ro-ro and dry bulk. Current rail share is ~10–14 %, constrained by 450–550 m useful train lengths, diesel traction inside terminals, and no standard-gauge interfaces. Three scenarios are defined: E1 (operational/digital optimisation), E2 (targeted first/last-mile upgrades, standardised 550 m), and E3 (advanced integration with VSF–Serantes and La Pasiiega inland terminal, enabling ≥740 m trains).

Key findings: by 2026, Scenario E2 yields the best balance (≥95 % punctuality, target dwell times, 550 m trains and passing loops), with savings around €2.1–2.8k per train and €53–66k per 1,000 ITUs, and ~7.3 t CO₂e avoided per 1,000 ITUs and 100 km. By 2030, Scenario E3 clearly leads: ≥740 m trains, full interoperability, higher benefits (≈€3.0k/train; €71–74k per 1,000 ITUs on a homogeneous basis) and ~13.4 t CO₂e savings per 1,000 ITUs and 100 km.

A staged E1→E2→E3 roadmap is recommended, governed by SLA/KPI (punctuality ≥95 %, dwell <24/12 h, utilisation ≥80 %, unaccompanied ITU >65 %), and packaged for CEF/TEN-T funding. This sequence secures quick wins, locks in structural capacity, and culminates in 2030 with long trains and integrated nodes.

Índice

1. Introducción	7
1.1. Objetivo del estudio	7
1.2. Justificación estratégica y contribución a los ODS	8
1.3. Alcance del estudio	10
1.4. Metodología y estructura	12
2. Marco contextual	14
2.1. Resumen del estudio base	14
2.2. Normativa Europea	15
2.3. Planificación nacional e internacional del transporte intermodal	16
3. Infraestructura existente	17
3.1. Conexión ferroviaria actual en cada puerto	17
3.2. Limitaciones técnicas	18
3.3. Accesos viales y conexión con nodos logísticos	19
3.4. Itinerarios existentes	21
4. Análisis de las estaciones intermodales	22
4.1. Terminal ferroviaria - portuaria de Bilbao	22
4.2. Terminal de Santander	23
4.3. Estado actual: automatización, capacidad, interoperabilidad	24
4.4. Evaluación técnica y funcional actual	25
5. Análisis del tráfico de mercancías	27
5.1. Volúmenes y tipología de la carga	27
5.2. Origen/Destino de los flujos	30
5.3. Proyección de crecimiento del tráfico	36
5.4. Condiciones habilitadoras, sensibilidad y riesgos	39
6. Modelo funcional de terminales intermodales	41
6.1. Metodología del modelado	41
6.2. Parámetros operativos	42
6.3. Modelos de simulación	46
7. Propuestas de desarrollo intermodal	49
7.1. Escenarios estratégicos de mejora	49
7.2. Actuaciones sobre terminales portuarias e intermodales	51
7.3. Integración efectiva con el trazado ferroviario propuesto	53
7.4. Requisitos técnicos y operativos para la intermodalidad eficiente	55

8. Evaluación y análisis estratégico	60
8.1. Objeto, alcance y supuestos de la evaluación	60
8.2. Metodología	61
8.3. Criterios, indicadores y escalas de puntuación	63
8.4. Ponderación de criterios	67
8.5. Construcción de la matriz de evaluación	68
8.6. Resultados del análisis multicriterio	77
8.7. Sensibilidad e incertidumbre	79
8.8. Análisis DAFO	82
9. Evaluación económica y ambiental	90
9.1. Ahorro en costes logísticos	90
9.2. Reducción de emisiones	93
9.3. Posible financiación RTE-T/CEF	94
10. Conclusiones	96
11. Bibliografía	98

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Conexión ferroviaria existente entre los puertos de Bilbao y Santander. Fuente: OpenStreetMap	7
Ilustración 2. Cuotas modales del transporte de mercancías (toneladas) en el ámbito nacional (%). 2007-2022 Fuente: OTLE	8
Ilustración 3. Corredores ferroviarios Atlántico y Mediterráneo en materia de transporte de mercancías. Fuente: IGN	9
Ilustración 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas	10
Ilustración 5. Alternativas de trazado. Fuente: Estudio de Alternativas y Viabilidad del tramo Bilbao – Santander del Corredor Cantábrico – Mediterráneo (MITMA, 2020)	14
Ilustración 6. Red de Puertos Secos relacionados con el puerto de Bilbao. Fuente: Bilbaoport	20
Ilustración 7. Distribución de terminales del puerto de Bilbao. Fuente: Bilbaoport	23
Ilustración 8. Reparto entre los modos carretera y ferroviario en la entrada/salida de mercancías a los puertos en 2022. Fuente: OTLE	26
Ilustración 9. Evolución del tráfico en el puerto de Bilbao por tipo de mercancía.	27
Ilustración 10. Transporte terrestre anual del puerto de Bilbao. Fuente: BilbaoPort	28
Ilustración 11. Evolución del tráfico en el puerto de Santander por tipo de mercancía. Fuente: Puerto de Santander	29
Ilustración 12. Distribución de flujos de mercancía del puerto de Bilbao. Fuente: Bilbaoport	30
Ilustración 13. Principales flujos nacionales del puerto de Bilbao	31
Ilustración 14. Distribución del transporte de mercancías nacional con origen/destino Bizkaia	32
Ilustración 15. Distribución por continentes de los volúmenes transportados del puerto de Santander.	33
Ilustración 16. Distribución del transporte de mercancías nacional con origen/destino Cantabria	35
Ilustración 17. Layout del modelo de Anylogics para cada tipo de mercancía	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Estado actual de la cuota ferroviaria de los puertos de Bilbao y Santander.	25
Tabla 2. Evaluación técnica y funcional de los puertos de Bilbao y Santander.	26
Tabla 3. Comparativa del tráfico de cada puerto por tipo de mercancía.	29
Tabla 4. Principales conexiones nacionales del puerto de Bilbao	32
Tabla 5. Principales flujos de mercancías europeas del puerto de Santander.	33
Tabla 6. Principales conexiones terrestres del puerto de Santander	34
Tabla 7. Toneladas estimadas en función del escenario para el puerto de Bilbao	37
Tabla 8. Toneladas estimadas en función del escenario para el puerto de Santander	38
Tabla 9. Rendimientos de descarga.....	43
Tabla 10. Rendimientos de manejo de entrada.	44
Tabla 11. Rendimientos de manejo de salida.	44
Tabla 12. Tiempos de almacenamiento.....	45
Tabla 13. Frecuencias diarias.....	46
Tabla 14. Tiempos por fase y peso relativo del almacenamiento en el puerto de Bilbao	46
Tabla 15. Tiempos por fase y peso relativo del almacenamiento en el puerto de Santander.....	47
Tabla 16. Análisis de la productividad y stock en curso en el puerto de Bilbao	47
Tabla 17. Análisis de la productividad y stock en curso en el puerto de Santander	48
Tabla 18. Escenarios estratégicos de mejora.....	51
Tabla 19. Indicadores de operación ferroviaria.....	55
Tabla 20. Indicadores de eficiencia de terminal.....	56
Tabla 21. Indicadores de coordinación de la información y desempeño estratégico.....	57
Tabla 22. Indicadores operativos del corredor Bilbao–Santander.....	59
Tabla 23. Índices compuestos y pesos para el análisis multicriterio.....	64
Tabla 24. Normalización de KPI: servicio ferroviario.....	65
Tabla 25. Normalización de KPI: eficiencia de terminal y acceso.....	65
Tabla 26. Normalización de KPI: desempeño ambiental-territorial.....	66
Tabla 27. Normalización de KPI: gobernanza y datos.....	66
Tabla 28. Perfiles de ponderación para el análisis de sensibilidad.....	68
Tabla 29. Valoración de cada escenario por bloque para el horizonte 2026.....	69
Tabla 30. Valoración de cada escenario por bloque para el horizonte 2030.....	74
Tabla 31. DAFO del escenario 0 – Situación actual.....	84
Tabla 32. DAFO del escenario 1 – Optimización operativa y digital.....	84
Tabla 33. DAFO del escenario 2 – Refuerzo selectivo de terminales y accesos.....	84
Tabla 34. DAFO del escenario 3 – Integración avanzada.....	85
Tabla 35. Reglas de normalización y pesos internos.....	89
Tabla 36. Supuestos centrales para el cálculo del ahorro en costes logísticos.....	91
Tabla 37. Mezcla de longitudes y UTI por tren.....	91
Tabla 38. Parámetros operativos para el cálculo en costes logísticos.....	91
Tabla 39. Ahorro de costes logísticos por tren frente al E0.....	92
Tabla 40. . Ahorro de costes logísticos por cada 1000 UTI frente al E0 (base efectiva).	92
Tabla 41. Ahorro de costes logísticos por cada 1000 UTI frente al E0 (base homogénea).	92
Tabla 42. Supuestos centrales para el cálculo de la reducción de emisiones.....	93
Tabla 43. Parámetros operativos para el cálculo de la reducción de emisiones.....	94
Tabla 44. Reducción de emisiones frente a E0.....	94

1. Introducción

Este primer capítulo establece el marco general del Trabajo Fin de Máster, presentando los objetivos, el enfoque metodológico y el alcance temático del estudio. Se justifica la relevancia estratégica de abordar la conexión intermodal de mercancías entre los puertos de Bilbao y Santander, en coherencia con las políticas europeas y nacionales de transporte sostenible. Además, se exponen los fundamentos de la contribución del trabajo a la planificación logística del norte peninsular.

1.1. Objetivo del estudio

El desarrollo del Corredor Cantábrico – Mediterráneo plantea una oportunidad estratégica para reforzar la cohesión territorial y mejorar la competitividad logística del norte peninsular. En este contexto, el presente Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo principal analizar y evaluar la viabilidad técnica, operativa y logística de la conexión ferroviaria intermodal de mercancías entre los puertos de Bilbao y Santander, contribuyendo al impulso del transporte sostenible y eficiente en este tramo clave de la Red Transeuropea de Transporte (*Unión Europea, 2024*).

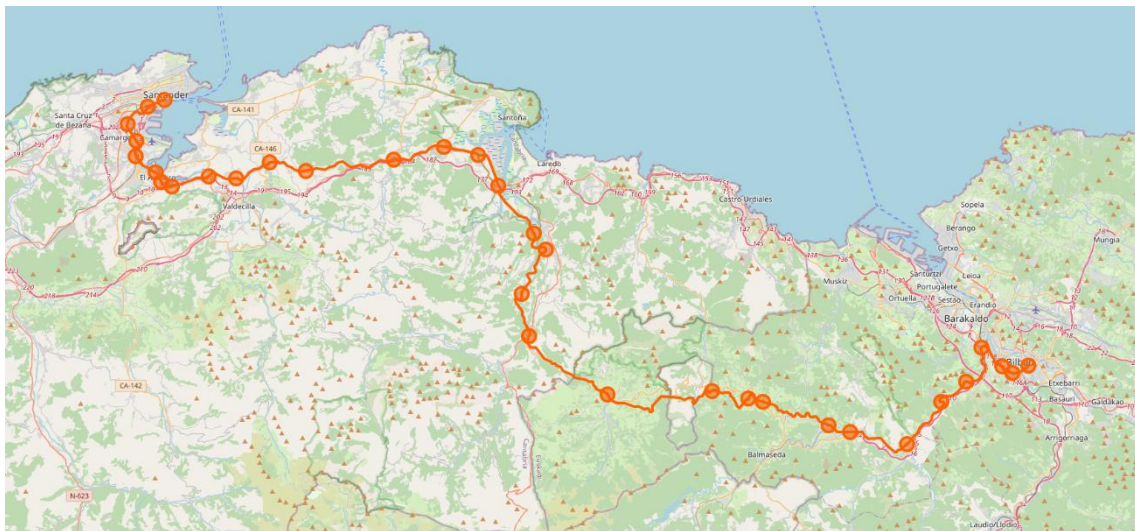


Ilustración 1. Conexión ferroviaria existente entre los puertos de Bilbao y Santander. Fuente: OpenStreetMap

El trabajo toma como punto de partida el estudio ya existente sobre alternativas de trazado y viabilidad del tramo ferroviario Bilbao – Santander, centrándose en profundizar específicamente en los aspectos relacionados con el transporte de mercancías, el funcionamiento de las terminales intermodales y la integración portuaria en el sistema ferroviario.

De forma particular, el estudio se orienta a:

- Caracterizar el tráfico actual y potencial de mercancías entre ambos puertos, en términos de volumen, tipología de carga y estructura origen – destino.
- Evaluar la infraestructura ferroviaria y logística existente en cada nodo portuario, incluyendo accesos, terminales intermodales y capacidad operativa.

- Analizar técnica y funcionalmente las terminales intermodales, considerando su grado de adecuación a los estándares europeos de interoperabilidad, automatización y eficiencia.
- Desarrollar modelos funcionales simplificados, con herramientas de simulación, que permitan visualizar el comportamiento de las terminales intermodales en distintos escenarios.
- Proponer escenarios de mejora que permitan optimizar la conectividad intermodal entre ambos puertos, favoreciendo la transferencia modal hacia el ferrocarril.
- Aplicar una metodología de análisis multicriterio para comparar las alternativas propuestas, con base en criterios técnicos, económicos, ambientales y operativos.

Con este enfoque integral, el trabajo busca no solo diagnosticar la situación actual, sino también aportar herramientas técnicas y estratégicas de apoyo a la toma de decisiones, que contribuyan a una planificación eficiente y sostenible de la red logística en el norte de España, alineada con los objetivos europeos de descarbonización, conectividad y competitividad que se establecen en el Reglamento (UE) 2024/1679 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a las orientaciones de la RTE-T (*Unión Europea, 2024*).

1.2. Justificación estratégica y contribución a los ODS

El sistema de transporte europeo se encuentra en un momento decisivo de transformación. La presión institucional para avanzar hacia un modelo de movilidad más sostenible, resiliente y competitivo ha situado la logística intermodal como una de las palancas clave en la transición energética y la descarbonización del sector.

En este escenario, el presente trabajo se justifica por su potencial para abordar, desde una perspectiva técnica aplicada, uno de los grandes retos estructurales del transporte español: su elevada dependencia del modo carretera.

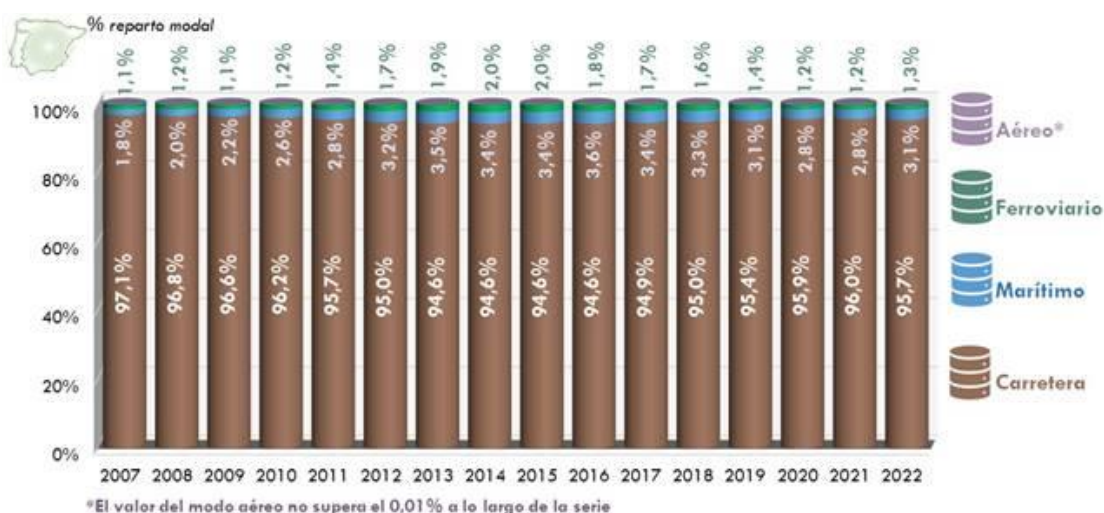


Ilustración 2. Cuotas modales del transporte de mercancías (toneladas) en el ámbito nacional (%).
2007-2022 Fuente: OTLE

Según datos del Observatorio del Transporte y la Logística (OTLE, 2023), más del 95 % del transporte interior de mercancías en España se realiza por carretera, lo que implica una fuerte exposición a impactos negativos como emisiones contaminantes, congestión viaria, deterioro de infraestructuras y mayor siniestralidad.

Por el contrario, el transporte ferroviario, con una cuota aún reducida y desequilibrada, ofrece ventajas estructurales evidentes: mayor eficiencia energética, menor huella de carbono, mayor capacidad de carga en distancias medias y largas, y una reducción significativa del coste externo asociado al transporte.

En este contexto, la interconexión ferroviaria directa entre los puertos de Bilbao y Santander, ambos enclaves estratégicos del Arco Atlántico y actores principales del futuro Corredor Cantábrico, se revela como una actuación de alto valor añadido desde el punto de vista logístico, territorial y ambiental.

Y es que, pese a su relevancia individual y a la existencia de infraestructura ferroviaria en ambos recintos, aún no existe una conexión eficiente que permita explotar sinergias intermodales a lo largo del eje cantábrico, integrando estos nodos dentro de un mismo corredor competitivo en el marco de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), establecida en el Reglamento (UE) 2024/1679 (Unión Europea, 2024).

Este trabajo, por tanto, se fundamenta en la necesidad de:

- Reequilibrar el reparto modal, mediante un refuerzo del modo ferroviario en los flujos logísticos regionales.
- Mejorar la eficiencia operativa y la resiliencia del sistema de transporte, reduciendo su vulnerabilidad energética.
- Aumentar la competitividad logística del norte peninsular, alineando el desarrollo infraestructural con las directrices europeas.



Ilustración 3. Corredores ferroviarios Atlántico y Mediterráneo en materia de transporte de mercancías.

Fuente: IGN

Adicionalmente, el estudio se alinea de forma directa con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la Agenda 2030 de Naciones Unidas:

- ODS 9 – Industria, innovación e infraestructura: mediante la propuesta de plataformas logísticas modernas y sistemas ferroviarios intermodales resilientes, se impulsa una industrialización conectada y sostenible.
- ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles: al reducir el uso intensivo del transporte pesado por carretera en entornos urbanos y periurbanos, se mejora la calidad de vida y la seguridad vial.
- ODS 13 – Acción por el clima: el trasvase modal hacia el ferrocarril representa una acción directa de mitigación, al disminuir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero del sector logístico.
- ODS 17 – Alianzas para lograr los objetivos: la mejora de la conectividad intermodal exige una gobernanza colaborativa entre administraciones públicas, operadores logísticos, autoridades portuarias y territorios, en una lógica de cooperación multinivel.



Ilustración 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas

Estas metas no son aspiraciones abstractas, sino compromisos concretos recogidos en marcos estratégicos como la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 (MITMA, 2021a) y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (MITMA, 2021b), que priorizan explícitamente la modernización de la red ferroviaria, la electrificación de corredores y la digitalización de las cadenas logísticas.

1.3. Alcance del estudio

El presente Trabajo Fin de Máster se circunscribe al análisis técnico, logístico y estratégico de la conexión ferroviaria de mercancías entre los puertos de Bilbao y Santander, enmarcado en el desarrollo del Corredor Cantábrico – Mediterráneo como eje estructurante de la Red Transeuropea de Transporte (*Unión Europea, 2024*). El estudio se centra en la mejora de la intermodalidad puerto – ferrocarril, evaluando tanto el trazado ferroviario existente y proyectado como el estado funcional de las terminales intermodales implicadas, y proponiendo escenarios viables de actuación.

El enfoque adoptado se articula en los siguientes niveles de alcance:

- Ámbito modal: el estudio se centra exclusivamente en el transporte de mercancías, excluyendo el análisis del tráfico de viajeros, salvo en lo relativo a la coexistencia o

interferencia en infraestructura mixta (doble uso). Se consideran tanto los tráficos ferroviarios como las conexiones viales auxiliares con función logística.

- **Ámbito territorial:** se delimita al corredor entre los puertos de Bilbao y Santander, incluyendo sus zonas portuarias, plataformas logísticas asociadas y principales nodos de intercambio modal. Se integra, además, la perspectiva de interacción logística regional con Castilla y León, País Vasco, Cantabria y La Rioja, territorios que comparten hinterland.
- **Infraestructura ferroviaria:** se analiza el estado actual de la red ferroviaria a lo largo del corredor, los accesos ferroviarios portuarios, su capacidad operativa, longitud útil de vía, compatibilidad de gálibos y limitaciones técnicas, así como su potencial integración en futuros trazados de alta capacidad a partir de la evaluación realizada por el MITMA.
- **Terminales intermodales:** se realiza un análisis técnico – funcional de las terminales ferroviarias - portuarias de Bilbao y Santander, incluyendo criterios de automatización, interoperabilidad, capacidad, tiempos de ciclo logístico, y adaptación a diferentes tipos de carga (contenedores, graneles, vehículos).
- **Simulación dinámica:** se realiza la implementación de modelos simplificados de operación intermodal mediante AnyLogic para cada uno de los puertos, permitiendo evaluar su comportamiento frente a distintos niveles de tráfico, tiempos de carga y condiciones de congestión.
- **Escenarios de mejora:** se formulan propuestas de actuación intermodal que combinan adaptaciones de infraestructuras existentes y creación de nuevos nodos, a partir de los resultados del estudio funcional del trazado, de la valoración socioeconómica de la conexión y del modelo de demanda proyectada. Estas alternativas alimentan la construcción de escenarios estratégicos coherentes con la planificación ferroviaria nacional y europea.
- **Análisis multicriterio:** se aplica una metodología de evaluación multicriterio para comparar escenarios de actuación desde una perspectiva integral, incorporando criterios técnicos, económicos, ambientales, operativos y estratégicos, como herramienta de soporte para la toma de decisiones públicas o privadas.

Quedan fuera del alcance del estudio, por razones de enfoque y escala temporal:

- El análisis constructivo detallado de elementos singulares (viaductos, túneles, estructuras especiales), salvo mención como condicionantes relevantes en el trazado o en las terminales.
- La evaluación económica completa de coste-beneficio, que se sustituye por una valoración preliminar basada en las magnitudes del estudio funcional de rentabilidad.
- El diseño de proyecto constructivo, que corresponde a fases posteriores del ciclo de planificación y ejecución.

Con este enfoque, el TFM busca proporcionar una visión integrada, realista y técnicamente fundamentada del sistema logístico ferroviario entre ambos puertos, con énfasis en su papel dentro del modelo de transporte intermodal del norte peninsular y su contribución a la sostenibilidad, la competitividad y la cohesión territorial.

1.4. Metodología y estructura

La elaboración de este Trabajo Fin de Máster se ha estructurado siguiendo una metodología mixta, de carácter cualitativo y técnico, adaptada a los objetivos específicos del análisis de conectividad ferroviaria e intermodal entre los puertos de Bilbao y Santander. El enfoque metodológico combina una revisión documental exhaustiva, un análisis funcional de infraestructuras logísticas, herramientas de evaluación estratégica y simulación operativa, con el fin de aportar una visión integral y aplicada al desarrollo de un sistema multimodal eficiente.

Dado que el estudio original del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) se centra en la definición del trazado ferroviario y la evaluación de su viabilidad técnica y territorial, este TFM adopta un enfoque complementario que profundiza en los aspectos relacionados con la operatividad logística y el funcionamiento intermodal de las terminales portuarias. Esta decisión metodológica permite abordar la conexión ferroviaria no solo como una infraestructura lineal de transporte, sino como un componente estratégico de un sistema logístico más amplio, en el que la interoperabilidad modal, la eficiencia operativa y la integración con los nodos logísticos juegan un papel central.

La metodología se articula en las siguientes fases:

1. Revisión bibliográfica y documental: recopilación y análisis de fuentes oficiales, normativa europea (RTE-T, CEF, Reglamento (UE) 2024/1679), planes estratégicos nacionales, documentación técnica y estadísticas de tráfico.
2. Caracterización del contexto actual: diagnóstico técnico y funcional de la situación actual del tráfico de mercancías, la infraestructura ferroviaria existente, las terminales portuarias y la estructura de flujos logísticos, con especial atención a la tipología de carga y los itinerarios viables entre puertos.
3. Análisis funcional de terminales intermodales: evaluación detallada de las terminales ferroviarias y portuarias de Bilbao y Santander; considerando su capacidad operativa, nivel de automatización, interoperabilidad técnica y compatibilidad con los estándares europeos.
4. Modelado funcional en entorno AnyLogic: desarrollo de modelos simplificados de operación intermodal en las principales terminales, con el objetivo de simular el comportamiento de flujos logísticos, tiempos de tránsito y niveles de saturación según diferentes configuraciones o hipótesis de tráfico.
5. Definición de escenarios de mejora: formulación de alternativas realistas para la optimización de la conectividad intermodal, incluyendo nuevas terminales, adaptación de las existentes, y propuestas de integración con el trazado ferroviario proyectado.

6. Evaluación estratégica: aplicación de herramientas como el análisis multicriterio de escenarios, el análisis DAFO y la propuesta de modelos de gobernanza y fases de implementación, con el fin de priorizar inversiones y facilitar la toma de decisiones por parte de las administraciones y agentes implicados.
7. Síntesis y recomendaciones: recopilación de resultados clave, definición de prioridades de actuación, y elaboración de propuestas para una hoja de ruta estratégica que potencie la conexión ferroviaria entre ambos puertos como eje clave del Corredor Cantábrico–Mediterráneo.

En coherencia con esta estructura metodológica, el trabajo se organiza en diez capítulos que cubren desde la contextualización estratégica (Capítulos 1 y 2), hasta el diagnóstico logístico (Capítulos 3 a 6), el desarrollo de propuestas (Capítulo 7), su evaluación (Capítulo 8), el análisis de impactos (Capítulo 9), y las conclusiones y recomendaciones finales (Capítulo 10).

2. Marco contextual

La mejora de la conexión ferroviaria entre los puertos de Bilbao y Santander debe enmarcarse en un conjunto más amplio de estrategias, normativas y condicionantes técnicos que configuran el sistema logístico actual en el norte peninsular.

Este capítulo ofrece una visión integrada de los antecedentes del proyecto, el estado actual de la conexión entre ambos enclaves, así como de los marcos normativos y planes de transporte vigentes tanto a escala europea como nacional.

Esta contextualización permite comprender la relevancia estratégica de la actuación, sus condicionantes técnicos y su alineación con los objetivos de sostenibilidad, interoperabilidad y cohesión territorial definidos por las políticas públicas del sector transporte.

2.1. Resumen del estudio base

El presente trabajo parte del Estudio de Alternativas y Viabilidad del tramo Bilbao–Santander del Corredor Cantábrico–Mediterráneo (MITMA,2020), elaborado por la UTE WSP Spain Apia S.A.U. y SENER Ingeniería y Sistemas S.A. Este documento constituye la base técnica para el desarrollo de una nueva conexión ferroviaria de uso mixto entre los puertos de Bilbao y Santander, en el marco del Corredor Cantábrico–Mediterráneo integrado en la Red Transeuropea de Transporte (Unión Europea, 2024).

El estudio contempla un área de análisis de aproximadamente 660 km², delimitada entre la zona de Guarnizo–El Astillero (Santander) y la Variante Sur Ferroviaria de Bilbao, en Abanto - Zierbena. La definición del trazado se ve condicionada por diversos factores orográficos, geotécnicos, ambientales y urbanísticos, que afectan tanto al diseño técnico de la infraestructura como a su implantación territorial.

Se analizan un total de nueve alternativas de trazado, agrupadas en tres familias principales (A, B y C), que responden a diferentes criterios de alineación, complejidad técnica e impacto ambiental.



Ilustración 5. Alternativas de trazado. Fuente: Estudio de Alternativas y Viabilidad del tramo Bilbao – Santander del Corredor Cantábrico – Mediterráneo (MITMA, 2020)

Las alternativas de la familia A discurren mayoritariamente por la franja litoral, atravesando las Marismas de Santoña antes de realizar parada en Laredo, diferenciándose entre sí por la manera de afrontar el paso por Peña Cabarga. Las alternativas B evitan pasar por las Marismas de Santoña, discurrendo más por el interior antes de salir a la costa para las estaciones de Laredo y Castro. Al igual que con la familia de alternativas A, se plantean itinerarios por el norte y por el sur de Peña Cabarga. Por último, las alternativas C apuestan por un trazado más elevado, evitando pasar por las marismas y sin realizar parada en Laredo, proponiendo eso si itinerarios tanto por el norte como por el sur de Peña Cabarga.

Para cada una de estas alternativas se valoran parámetros como longitud total, pendientes, radios mínimos, tiempo estimado de recorrido y compatibilidad con el transporte mixto de viajeros y mercancías. Asimismo, se estudian aspectos ambientales relevantes como la afección a espacios protegidos (incluyendo zonas Red Natura 2000), cauces fluviales, y marismas de especial valor ecológico, además del encaje con el planeamiento urbanístico vigente.

El análisis se completa con una valoración socioeconómica preliminar, incluyendo una modelización de la demanda de viajeros en diferentes escenarios horizonte y una evaluación coste – beneficio. Aunque el estudio original está enfocado principalmente en el tráfico de pasajeros, identifica también oportunidades estratégicas en el ámbito de las mercancías, como la conexión con plataformas logísticas relevantes (La Pasiega, Pancorbo, Villafría, Jundiz) y la mejora de la competitividad del corredor Cantábrico – Mediterráneo frente al transporte por carretera.

Las conclusiones del estudio apuntan a que las alternativas más equilibradas desde el punto de vista técnico, funcional y territorial son aquellas que combinan accesibilidad a los núcleos intermedios con una implantación eficiente, permitiendo la interoperabilidad ferroviaria y el cumplimiento de estándares europeos en materia de transporte multimodal.

2.2. Normativa Europea

La planificación, financiación y desarrollo de las infraestructuras de transporte intermodal en Europa se sustentan en un marco normativo común. El instrumento principal vigente es el Reglamento (UE) 2024/1679, que fija las directrices para la RTE-T, introduce la capa de red básica ampliada (extended core) y consolida los European Transport Corridors, estableciendo plazos vinculantes: 2030 (red básica), 2040 (red básica ampliada) y 2050 (red global).

En materia de corredores ferroviarios de mercancías, sigue siendo de aplicación el Reglamento (UE) 913/2010, que regula su organización, capacidad e interoperabilidad; el Reglamento 2024/1679 lo modifica para integrar estos corredores en los nuevos European Transport Corridors.

En financiación, el Mecanismo «Conectar Europa» vigente es el del Reglamento (UE) 2021/1153, que sustituyó al 1316/2013 y prioriza proyectos que eliminen cuellos de botella, mejoren la interoperabilidad y fortalezcan la cohesión territorial, incluyendo actuaciones puerto-ferrocarril.

El Pacto Verde Europeo (2019) y el paquete Fit for 55 (2021) refuerzan el papel del ferrocarril en la descarbonización, impulsando el trasvase modal y la eficiencia energética del sistema.

A nivel nacional, estos principios se concretan en la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 (MITMA, 2021a) y en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Gobierno de España, 2021b), que priorizan la modernización ferroviaria, la electrificación, la digitalización y la intermodalidad.

2.3. Planificación nacional e internacional del transporte intermodal

En España, la planificación del transporte intermodal atraviesa una fase de transformación, impulsada por el marco europeo y los compromisos nacionales. La Estrategia de Movilidad 2030 establece como meta aumentar la cuota ferroviaria de mercancías, con líneas de actuación en corredores de altas prestaciones, interoperabilidad, creación de nodos intermodales y digitalización de la cadena logística (MITMA, 2021a).

En el marco TEN-T vigente, Bilbao y Santander son nodos de la red (puertos core), mientras que la conexión directa Bilbao–Santander no aparece como sección prioritaria de los European Transport Corridors; su papel es funcional como enlace transversal con potencial estratégico y elegibilidad a CEF cuando demuestre valor añadido en cohesión y eficiencia logística.

El despliegue de plataformas intermodales como La Pasiega (Cantabria) o el Puerto Seco de Pancorbo (Castilla y León) refuerza la malla logística regional y la viabilidad de flujos ferroviarios de largo recorrido. (Para contexto reciente sobre La Pasiega: acuerdos de cofinanciación Estado-Comunidad y avance de obras).

En síntesis, la planificación nacional y europea convergen en redes intermodales más robustas, sostenibles y eficientes. En este escenario, la conexión ferroviaria Bilbao–Santander trasciende lo puramente infraestructural y se perfila como pieza clave para fortalecer la integración logística del Arco Atlántico y su articulación con los flujos europeos.

3. Infraestructura existente

La infraestructura logística y ferroviaria existente constituye el esqueleto operativo sobre el que se articula la competitividad y funcionalidad de cualquier sistema intermodal. En el caso de los puertos de Bilbao y Santander, la disponibilidad, calidad y compatibilidad técnica de sus infraestructuras actuales condiciona tanto el rendimiento logístico como la viabilidad de una futura conexión ferroviaria directa.

Ambos enclaves disponen de acceso ferroviario y vial directo, si bien presentan características muy diferentes en términos de capacidad, interoperabilidad, grado de automatización y conexión con plataformas logísticas interiores. Estas diferencias reflejan no solo la escala operativa de cada puerto, sino también las limitaciones heredadas de su configuración histórica y del desarrollo desigual de la red ferroviaria en el Arco Atlántico.

El presente capítulo examina de forma comparada la situación actual de las infraestructuras ferroviarias en cada puerto, identifica las principales limitaciones técnicas que afectan a su funcionamiento intermodal, describe los itinerarios actualmente disponibles para el transporte de mercancías entre ambos enclaves y analiza los accesos viales y su conexión con nodos logísticos relevantes en el hinterland. Este diagnóstico permite establecer las bases para formular, en capítulos posteriores, escenarios de mejora realistas y fundamentados en las condiciones actuales de operación.

3.1. Conexión ferroviaria actual en cada puerto

a) Puerto de Bilbao

El Puerto de Bilbao cuenta con una red ferroviaria que permite la entrada y salida de trenes desde la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) gestionada por Adif hacia las diferentes terminales y muelles portuarios. La red interior del puerto y las líneas de conexión suman del orden de 40 km. El punto de conexión físico y funcional con la RFIG se sitúa en dos localizaciones: por el lado Zierbena en el PK 17/345 de la línea Bilbao Mercancías–Santurtzi, frente a la señal M16 (lado puerto); y por el lado Santurtzi en el PK 15/335 de la misma línea, frente a las señales M19 y M21 (lado puerto). Estos hitos marcan también los límites de responsabilidad entre Adif y la Autoridad Portuaria de Bilbao (Autoridad Portuaria de Bilbao [APB], 2019).

La red interior se articula en torno a cinco ejes principales de circulación (y dos secundarios). Entre los principales destacan los accesos al dique de Punta Lucero (3,766 km), dique de Zierbena (3,200 km), dique de Santurtzi (1,391 km), muelle Bizkaia (1,464 km) y muelles A2–A3 (2,526 km). Desde estos ejes se desarrollan ramales y desvíos hacia distintas terminales (contenedores, graneles líquidos, carga general, etc.) (APB, 2019).

Toda la red ferroviaria del puerto está compuesta por vías de servicio en ancho ibérico (1.668 mm) y no electrificadas, por lo que la tracción que accede debe ser diésel o dual en modo diésel. La longitud máxima de los trenes viene condicionada por las líneas de conexión y por las capacidades de terminal; circulaciones superiores a la estándar requieren autorización expresa de la Autoridad Portuaria. El límite de carga admitido es 22,5

t/eje y 8 t/m. El régimen de velocidades es de maniobras, con 10 km/h y en ciertos puntos 5 km/h (APB, 2019).

b) Puerto de Santander

El Puerto de Santander dispone de acceso ferroviario mediante dos vías únicas no electrificadas, una de ancho ibérico y otra de ancho métrico, administradas por Adif hasta el punto de conexión físico y funcional con la infraestructura ferroviaria portuaria. El ramal ibérico enlaza desde la terminal logística de Muriedas, situada en la línea Palencia–Santander; en dicha terminal, Adif está ampliando longitudes útiles para trenes de hasta ~608 m (Adif, 2024). El ramal métrico conecta los muelles de Raos a través de la línea 774 (Maliaño–La Vidriera–Puerto de Raos), de vía única, sin electrificación y en régimen de maniobras (Autoridad Portuaria de Santander [APS], 2023; MITMA, 2020).

Además, el recinto ha ido reforzando la funcionalidad ferroviaria en terminales específicas. Boluda Maritime Terminals Santander incorporó un apartadero de dos vías de ancho ibérico de 227 m cada una, pudiendo atender composiciones de ~400 m con vial contiguo para la operativa tren–buque (APS, 2024).

3.2. Limitaciones técnicas

El sistema ferroviario que da servicio a los puertos de Bilbao y Santander presenta una serie de limitaciones técnicas que afectan a su eficiencia operativa, interoperabilidad y capacidad de adaptación a los estándares europeos de transporte intermodal. Estas restricciones constituyen un obstáculo relevante para el desarrollo de una conexión directa y competitiva entre ambos enclaves, y para la consolidación de corredores logísticos eficientes en el Arco Atlántico.

a) Puerto de Bilbao

En Bilbao, la no electrificación condiciona la tracción (diésel/dual), y el límite de carga es 22,5 t/eje y 8 t/m. La longitud máxima de trenes está sujeta a las conexiones con Adif y a las capacidades de terminal, requiriendo autorización para composiciones superiores a la estándar. El régimen de circulación es de maniobras con 10 km/h (y 5 km/h en puntos singulares). Todo ello reduce el rendimiento en maniobras y en tiempos de acceso a muelles (APB, 2019).

b) Puerto de Santander

En Santander, tanto la vía ibérica como la métrica carecen de electrificación, lo que limita la tracción admisible. La conexión métrica a Raos es de vía única y régimen de maniobras, lo que restringe capacidad y flexibilidad. Aunque la terminal de contenedores ha incorporado un apartadero ferroviario, su longitud útil (~227 m por vía) está orientada a trenes de hasta ~400 m (APS, 2016). A escala de red, iniciativas como la autopista ferroviaria Santander–Madrid demandan revisiones de gálibos y adecuaciones, evidenciando que, sin mejoras, la infraestructura no absorbe todavía trenes más largos o pesados con regularidad (APS, 2022).

c) Limitaciones comunes

Una limitación estructural es la coexistencia de diferentes anchos de vía (ibérico y métrico), con discontinuidad del ancho estándar UIC 1.435 mm. El nuevo Reglamento (UE) 2024/1679 (TEN-T) refuerza requisitos de interoperabilidad ferroviaria y la migración planificada al ancho UIC en nuevas líneas de la red, lo que condiciona el diseño futuro de accesos y terminales (Unión Europea, 2024). En ambos puertos no hay equipamientos sistemáticos de cambio de ancho ni infraestructura en UIC en servicio, lo que complica accesos internacionales y la integración plena con los Corredores Atlántico y Cantábrico–Mediterráneo (UE, 2024).

Las capacidades actuales de terminales presentan, además, cuellos de botella operativos (maniobras complejas, digitalización y automatización mejorables). En Bilbao, no todas las zonas con acceso ferroviario están plenamente interconectadas y la coordinación depende aún de maniobras intensivas; pese a ello, la cuota ferroviaria en contenedor ha crecido hasta el 27 %, lo que implica que más de 7 de cada 10 contenedores siguen entrando/saliendo por carretera (ACE Cargadores, 2024; Diario del Canal, 2025). En Santander, la saturación en picos (ro-ro de automóviles) y la falta de longitudes útiles mayores limitan la expansión ferroviaria hasta que La Pasiega entre en operación plena (APS, 2024; Cadena SER, 2025).

3.3. Accesos viales y conexión con nodos logísticos

La eficiencia intermodal en los puertos de Bilbao y Santander no depende únicamente de su infraestructura ferroviaria, sino también de su integración vial con las redes regionales y nacionales de transporte y su capacidad para conectarse funcionalmente con plataformas logísticas interiores. Los accesos viales juegan un papel esencial tanto para la entrada y salida de mercancías como para la distribución capilar hacia el hinterland.

a) Puerto de Bilbao

La red ferroviaria convive con la red viaria interior, configurando “intersecciones especiales” (pasos a nivel en zona portuaria). La normativa interna establece que toda maniobra que cruce un vial debe contar con la protección de la Policía Portuaria; el auxiliar de circulación sigue sus indicaciones para reanudar la marcha con seguridad. Parte de la red discurre en plataforma compartida con viales, con señalización vertical de cruce (APB, 2019).

En cuanto a la malla viaria externa, el principal enlace es la A-8 (Eje Cantábrico), con conexiones hacia la AP-68 (salida a la Meseta). A nivel ferroviario, el puerto enlaza con la RFIG y con plataformas logísticas interiores. La operativa ferroviaria interior (maniobras y servicios auxiliares) la presta Servicios Intermodales Bilbaoport, S.L. (SIBPORT), con título habilitante otorgado por la APB para el servicio de maniobras.

La APB participa en una red de puertos secos y plataformas multimodales —Azuqueca, Coslada, Villafría, Jundiz, Plaza, Nonduermas, Tudela, Pancorbo y Arasur— y promueve directamente las terminales ferroviarias de Pancorbo y Arasur (APB, s. f.). Estas instalaciones están siendo operadas o impulsadas por SIBPORT (Diario El Canal, 2022).



Ilustración 6. Red de Puertos Secos relacionados con el puerto de Bilbao. Fuente: Bilbaoport

Túnel de Serantes

El Túnel de Serantes (~5 km bajo el monte Serantes) es pieza troncal de la Variante Sur Ferroviaria (VSF) para segregar mercancías del entorno urbano y dotar de un acceso ferropuerto de altas prestaciones. En abril de 2024 obtuvo DIA favorable para la Fase 1 (conexión del túnel con la red), y en julio de 2025 el MITMA inició el procedimiento expropiatorio del tramo “Conexión Serantes” en Ortuella, primer hito para su materialización operativa (MITMA, 2024; BOE, 2025). Desde la óptica logística, su entrada en servicio reducirá interferencias y cuellos de botella en accesos actuales, incrementará la regularidad de circulaciones y alineará el acceso ferroviario con las prioridades TEN-T/Corredor Atlántico, facilitando a futuro la interoperabilidad con UIC en los nodos previstos (El Mercantil, 2024).

b) Puerto de Santander

El Puerto de Santander está conectado por carretera a través de las autovías S-10 y A-67, que proporcionan acceso directo desde la Meseta y el entorno metropolitano. Destaca la rotonda elevada sobre la A-67 y las vías (diámetro ≈103 m) que conecta puerto, Ciudad del Transporte y A-67, facilitando la intermodalidad barco-carretera-ferrocarril (MITMA, 2022; 2025, s. f.). Además, se han programado mejoras urbanas en el acceso de c/ Antonio López (glorieta e intersecciones), con un presupuesto próximo a 1,6 M€ y un plazo de ejecución estimado de ~10 meses (APS, 2025C). En materia de control y eficiencia, el puerto implantó un sistema de accesos por códigos QR para agilizar entradas/salidas e integrar sistemas de terminal y autoridad portuaria (Diario del canal, 2021).

El principal proyecto de refuerzo logístico es La Pasiega, plataforma intermodal ubicada a pocos kilómetros, con conexión por carretera y acceso ferroviario proyectado (ancho estándar). El proyecto cuenta con apoyo regional y europeo, y se plantea como nodo de consolidación y descongestión del puerto (Gobierno de Cantabria, 2024). Paralelamente, el Gobierno regional y ADIF avanzan en la estación intermodal del Llano de la Pasiega, con

un coste estimado de ~62 M€ y calendario de licitación/arranque ya anunciado (Cadena SER, 2023, 2025b).

El Puerto de Santander participa, además, en una red de puertos secos, entre ellos Azuqueca de Henares (Guadalajara) y Santander-Ebro (Luceni, Zaragoza), ampliando el hinterland hacia la Meseta y el Valle del Ebro (APS, s. f.). En el ámbito ferroviario, la autoridad portuaria impulsa la autopista ferroviaria Santander–Madrid para favorecer el trasvase modal desde la carretera (APS, 2022).

3.4. Itinerarios existentes

A día de hoy no existe una conexión ferroviaria directa y operativa entre los puertos de Bilbao y Santander específicamente dedicada a mercancías. Existen, no obstante, itinerarios alternativos de ancho ibérico que permiten movimientos puntuales, pero a costa de un rodeo interior con tiempos y costes poco competitivos. En la práctica, el itinerario funcional discurre por Bilbao – Miranda de Ebro – Palencia – Reinosa/Torrelavega – Santander, con una longitud del orden de 350 km y tiempos superiores a 6 h para trenes de mercancías, atravesando tramos con restricciones de capacidad y gálibo (estimación propia a partir de la DR de Adif y cartografía oficial; MITMA, 2020).

La conexión Santander–Bilbao existente por ancho métrico (heredera de FEVE), de vía única y, en gran parte, sin electrificación, se emplea sobre todo para viajeros y presenta prestaciones reducidas para mercancías. El Estudio Funcional del MITMA caracteriza esta línea con 118 km, velocidad máxima 80 km/h pero condicionada por pendientes ($\approx 40\%$ del recorrido con $i > 12,5\%$), trazado sinuoso ($\approx 42\%$ del total en radios < 1.000 m) y 132 pasos a nivel, resultando tiempos del orden de 2 h 45 min frente a ~ 1 h 15 min por carretera (MITMA, 2020). El servicio más relevante es la Media Distancia R-3f Santander–Bilbao, con frecuencia reducida respecto a la demanda interurbana (Renfe, 2022).

El Estudio de Alternativas y Viabilidad (MITMA, 2020) plantea conjuntos de alternativas (familias A, B y C) que reconfiguran el corredor con criterios de ancho ibérico/UIC y prestaciones modernas. En particular, las alternativas A1 y C1 aparecen como soluciones con buen equilibrio funcional–territorial, base técnica para un itinerario competitivo de mercancías entre ambos puertos.

4. Análisis de las estaciones intermodales

La funcionalidad de una conexión ferroviaria de mercancías no depende únicamente del trazado o de la calidad de la infraestructura lineal, viéndose drásticamente influenciada por la eficiencia de los nodos intermodales que articulan los flujos logísticos. En este contexto, las terminales ferroviarias-portuarias de Bilbao y Santander constituyen los puntos neurálgicos del sistema, donde convergen modos de transporte, se realiza la transferencia de carga y se gestiona gran parte del valor añadido de la cadena logística.

Este capítulo analiza en detalle las características técnicas, operativas y de integración de ambas terminales portuarias, con el objetivo de evaluar su grado de adecuación a los estándares europeos de interoperabilidad, su capacidad para absorber incrementos de demanda futura y su compatibilidad con los principios de automatización, eficiencia energética y digitalización logística. La comprensión profunda de su funcionamiento actual resulta indispensable para identificar las limitaciones existentes, valorar escenarios de mejora y proponer soluciones integradas en los capítulos siguientes.

4.1. Terminal ferroviaria - portuaria de Bilbao

El Puerto de Bilbao dispone de una red ferroviaria interior en ancho ibérico (1.668 mm) que enlaza con la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) a través de la línea Bilbao-Santurtzi y atiende la mayor parte de sus muelles operativos. De acuerdo con la Información sobre la Red Ferroviaria (IRF) del puerto, el conjunto de la red interior y líneas de conexión definidas en ese documento suma 12,347 km (Autoridad Portuaria de Bilbao [APB], 2019). En cualquier caso, el dato más relevante para la operativa actual es que en 2023 circularon 4.238 trenes y el 29 % de los contenedores que entraron o salieron del puerto lo hicieron por ferrocarril, lo que consolida a Bilbao entre los puertos líderes en intermodalidad ferroviaria en España (APB, 2025). En contenedor, el puerto movió 492.335 TEU en 2023 (APB, 2025).

La terminal ferroviaria más relevante para contenedor se ubica en el Muelle AZ-1 (Santurtzi), operada por CSP Iberian Bilbao Terminal, con playas de vía adosadas al muelle que permiten transferencia directa buque-tren (CSP Spain, s. f.; APB, s. f.). Además, los muelles de Santurtzi y Ortuella disponen de instalaciones ferroviarias dedicadas a siderurgia, bobinas y otras cargas industriales, con accesos directos a la red interior del puerto (APB, 2019).

Desde el punto de vista operativo, la longitud habitual de tren que puede gestionarse en varios accesos y zonas interiores es del orden de 550 m, inferior al estándar europeo de 750 m; la Variante Sur Ferroviaria (VSF) de Bilbao, actualmente en tramitación y ejecución por fases (incluida la Conexión Serantes), está concebida precisamente para mejorar el acceso ferroportuario, segregar tráficos urbanos y posibilitar trenes más largos (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible [MITMS], 2024; El Mercantil, 2025; Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2025). El Túnel de Serantes (≈5 km), pieza troncal de la VSF, avanza en su conexión funcional con la red de ADIF tras superar hitos ambientales y administrativos, y el procedimiento expropiatorio de la Conexión Serantes se inició en julio de 2025 (MITMS, 2025; El Mercantil, 2025).

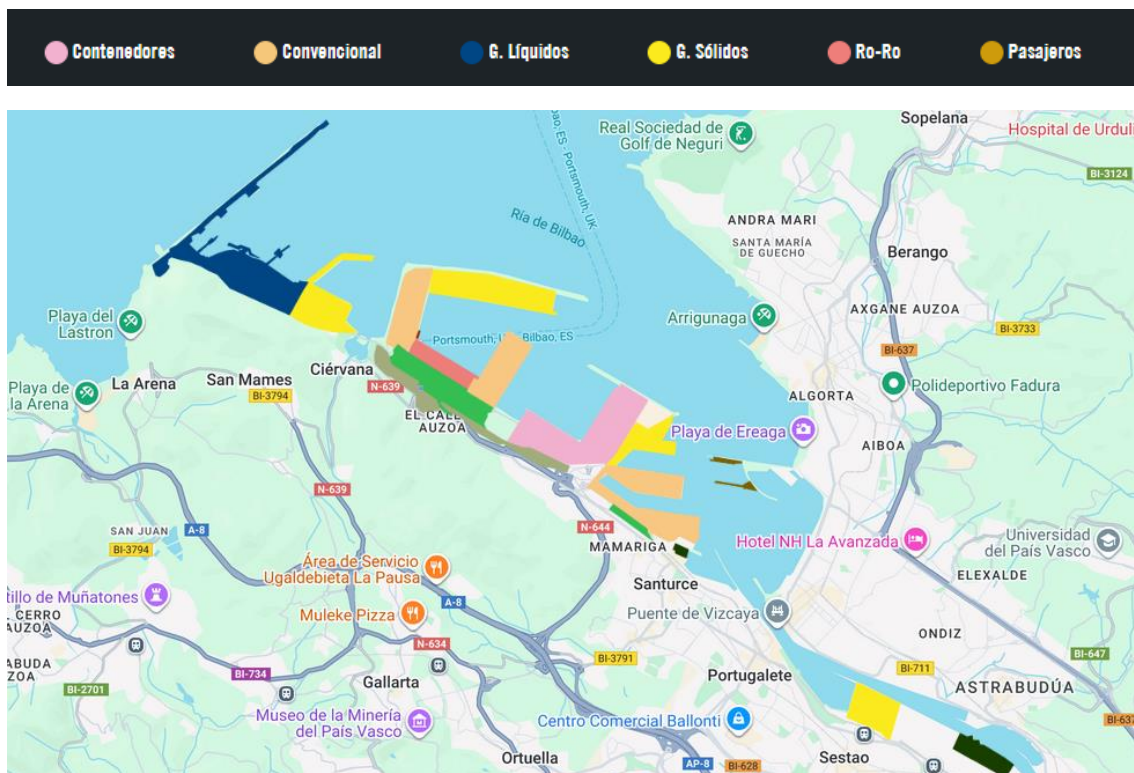


Ilustración 7. Distribución de terminales del puerto de Bilbao. Fuente: Bilbaoport

El Puerto Seco/Terminal Logística Ferroportuaria de Pancorbo (Burgos) es una infraestructura interior estratégica de la Autoridad Portuaria de Bilbao para extender el hinterland hacia la Meseta y el valle del Ebro. Dispone de vías de recepción-expedición de hasta 755 m, vía mango ≈ 600 m y dos vías de carga de 600–656 m, en ancho ibérico con posibilidad de migración a estándar (Bilbaoport, 2017; Cadena de Suministro, 2017; APB, s. f.). La gestión operativa se encomienda a SIBPORT – Servicios Intermodales Bilbaoport, S. L., sociedad participada por la APB (APB, s. f.). Su rol principal es canalizar tráfico de contenedor, siderurgia, agroalimentarios y carga general entre el Puerto de Bilbao y mercados interiores, con potencial adicional cuando se materialicen accesos interoperables a UIC y servicios regulares de 750 m.

4.2. Terminal de Santander

El sistema ferroviario del Puerto de Santander se estructura en torno a la terminal de mercancías de ADIF en Nueva Montaña (ancho ibérico), núcleo funcional de la conexión puerto-ferrocarril. Desde esta instalación se enlaza con la línea Palencia–Santander y con los ramales hacia Raos, donde se concentran tráfico ro-ro de automóviles y graneles sólidos (Autoridad Portuaria de Santander [APS], 2024). En 2023, el ferrocarril canalizó 955.095 t, lo que supuso una cuota ferroviaria del 14 % sobre el total del tráfico terrestre del puerto (APS, 2024).

En Raos, el puerto dispone también de acceso en ancho métrico a través de la línea 774 Maliaño–La Vidriera–Puerto de Raos, vía única no electrificada y bloqueo en régimen de maniobras (MITMA, 2020; Adif, 2023; APS, 2019). La coexistencia de ancho ibérico y métrico

dentro del recinto facilita la operativa con distintos tráfico, si bien los condicionantes de capacidad y electrificación limitan el rendimiento en picos de demanda.

El tráfico ferroviario más relevante corresponde a vehículos terminados, con trenes lanzadera desde Valladolid, Palencia o Burgos que se descargan en Nueva Montaña y se transfieren a Raos mediante el ramal interior hasta las rampas ro-ro (APS, 2024). En contenedor, el puerto opera mediante Boluda Maritime Terminals Santander, que ha dotado su terminal de un apartadero de dos vías de 227 m cada una (capaz de atender trenes hasta ~400 m), con vial contiguo para carga/descarga tren-buque (APS, 2024, p. 63; El Mercantil, 2023).

El Centro Logístico e Industrial de La Pasiega (Piélagos), en ejecución por fases, es la gran apuesta estratégica para ampliar el hinterland del puerto y operar en ancho estándar (UIC), con presupuesto de la estación intermodal actualizado a ~62 M€, cofinanciado entre el Gobierno de Cantabria y el MITMS, y con compromiso de Adif de adelantar financiación para acelerar plazos (Gobierno de Cantabria, 2025a, 2025b). La plataforma avanza en obra y se concibe como extensión operativa del puerto, liberando espacio en el recinto principal y reforzando su competitividad en tráfico industriales y de carga general (Gobierno de Cantabria, 2025a).

4.3. Estado actual: automatización, capacidad, interoperabilidad

El análisis comparado de las terminales ferroviarias de los puertos de Bilbao y Santander permite establecer un diagnóstico inicial sobre su grado de desarrollo operativo, nivel de automatización e integración con el sistema ferroviario nacional. Estos aspectos condicionan tanto la eficiencia de las operaciones intermodales como el papel estratégico que cada nodo puede desempeñar en la red logística del Arco Atlántico.

En el caso de Bilbao, el puerto dispone de una red interior extensa y conectada a los principales muelles (contenedor, graneles, carga general). En 2023 registró 4.238 trenes y 29 % de cuota ferroviaria en contenedor, con potencial de crecimiento cuando entren en servicio la VSF y la Conexión Serantes (APB, 2025; MITMS, 2025).

La gestión de trenes de hasta 550 m es posible en varias instalaciones, aunque se encuentra limitada por la longitud útil de algunas playas de vías y la falta de interoperabilidad en ancho estándar. Según la Memoria Anual 2023, el tráfico ferroviario ascendió a 1.458.479 toneladas, lo que representa un 10,6 % del total del tráfico terrestre (tren + carretera).

El volumen ferroviario se concentra en contenedores, siderurgia y productos energéticos, apoyado en nodos interiores como el puerto seco de Pancorbo, aunque con potencial de crecimiento limitado hasta la puesta en marcha de la Variante Sur Ferroviaria.

El puerto de Santander, por su parte, articula su ferrocarril a través de Nueva Montaña y los ramales a Raos, con 955.095 t por tren en 2023 y 14 % de cuota ferroviaria sobre el tráfico terrestre; su fortaleza es la automoción, mientras que contenedor y granel líquido son testimoniales (APS, 2024).

La capacidad de sus instalaciones es más reducida que en Bilbao, con longitudes de vía útiles más cortas y una mayor dependencia de procesos manuales. A pesar de estas limitaciones, el ferrocarril alcanzó en 2023 un total de 955.095 toneladas, lo que equivale a una cuota ferroviaria del 14,0 % sobre el tráfico terrestre, siendo uno de los puertos con mayor cuota del estado.

El peso relativo del tren en Santander se explica principalmente por la automoción, con trenes lanzadera desde Valladolid, Palencia y Burgos, mientras que otros segmentos como los contenedores o los graneles líquidos tienen una presencia muy reducida.

En términos de interoperabilidad, ambos puertos operan exclusivamente en ancho ibérico (1.668 mm), lo que limita su integración directa con la red ferroviaria europea. Bilbao tiene en marcha proyectos de adaptación a ancho estándar, mientras que Santander depende de la futura plataforma de La Pasiega como nodo intermodal de conexión.

Indicador (2023)	Puerto de Bilbao	Puerto de Santander
Tráfico por tren (t)	1.458.479	955.095
Tráfico por carretera (t)	12.346.535	5.875.895
Total terrestre (t)	13.805.014	6.830.990
Cuota ferroviaria (%)	10,6 %	14,0 %

Tabla 1. Estado actual de la cuota ferroviaria de los puertos de Bilbao y Santander.

4.4. Evaluación técnica y funcional actual

La funcionalidad de las terminales ferroviarias-portuarias de Bilbao y Santander constituye un factor determinante para evaluar la viabilidad de una futura conexión intermodal entre ambos enclaves.

En el Puerto de Bilbao, el transporte ferroviario alcanzó en 2023 un volumen de 1.458.479 toneladas, lo que representa en torno al 11 % del total del tráfico terrestre (carretera + ferrocarril), según la Memoria Anual de la Autoridad Portuaria. Esta cifra, por encima de la media estatal, refleja una notable implantación del ferrocarril en los tráficos portuarios, especialmente en contenedores, automóviles y productos siderúrgicos.

El puerto presenta un entramado ferroviario interior bien distribuido hacia terminales especializadas (contenedor, graneles, energéticos), con buen grado de diversificación y conectividad. Los retos inmediatos pasan por digitalización/automatización de procesos y alineación con estándares de interoperabilidad (trenes de 750 m y ancho UIC en conexiones troncales).

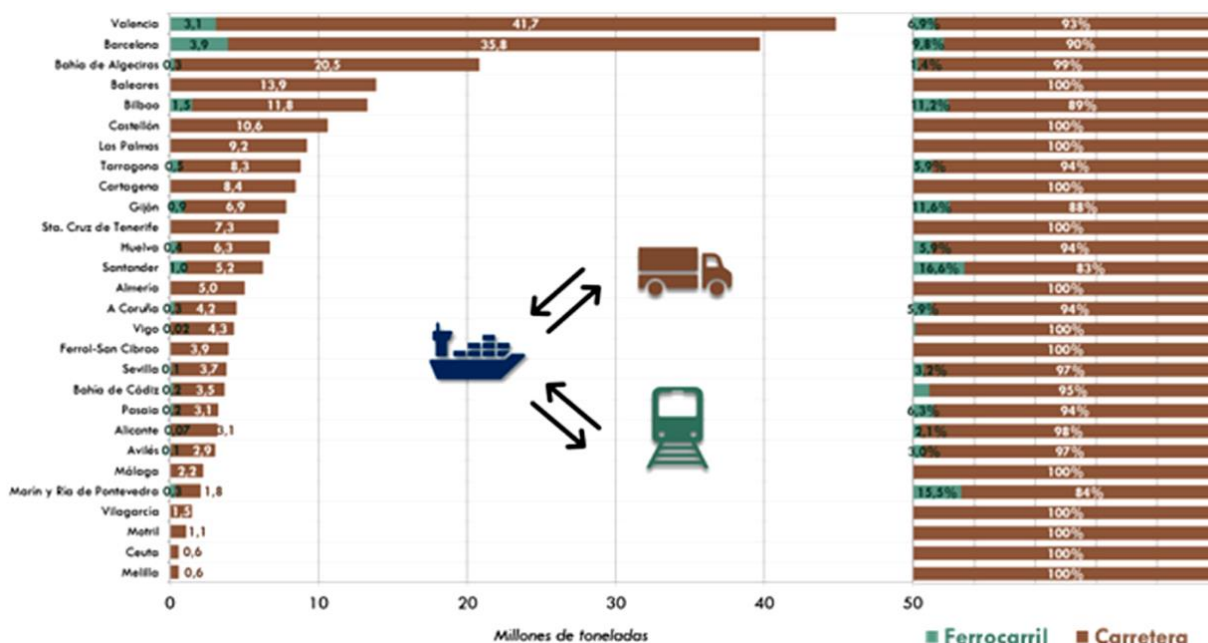


Ilustración 8. Reparto entre los modos carretera y ferroviario en la entrada/salida de mercancías a los puertos en 2022. Fuente: OTLE

Entre sus retos se encuentran el refuerzo de la digitalización y automatización de procesos, así como la adaptación a estándares europeos de interoperabilidad. La VSF y la Conexión Serantes son las actuaciones palanca para elevar capacidad, fiabilidad y longitudes útiles y reducir interferencias urbanas (MITMS, 2024, 2025; El Mercantil, 2025).

En el Puerto de Santander, el tráfico ferroviario ascendió en 2023 a 955.095 toneladas, lo que supone un 13,7 % del tráfico terrestre total, con un peso destacado del tráfico de automóviles terminados y graneles sólidos.

La terminal de Nueva Montaña y los ramales a Raos soportan tráficos de automoción y graneles; la limitación de longitudes útiles y la baja automatización condicionan la competitividad frente a carretera. La plataforma de La Pasiega (con intermodal UIC) es la oportunidad clave para ensanchar hinterland, captar contenedor y mejorar la eficiencia ferroviaria (Gobierno de Cantabria, 2025a, 2025b; APS, 2024). Además, el MITMS está adaptando apartaderos en la línea Palencia–Cantabria para trenes de 750 m, lo que incrementará capacidad y eficiencia del eje (Cadena SER, 2025a; MITMS, 2025).

Criterio	Puerto de Bilbao	Puerto de Santander
Capacidad ferroviaria	Alta	Media
Especialización de carga	Diversificada	Ro-Ro y graneles sólidos
Automatización y digitalización †	Intermedia	Baja
Conectividad intermodal	Alta	Media
Potencial de mejora	Alto	Muy alto

† Valoración interpretativa ante ausencia de métricas oficiales comparables.

Tabla 2. Evaluación técnica y funcional de los puertos de Bilbao y Santander.

5. Análisis del tráfico de mercancías

El análisis del tráfico de mercancías durante el año 2023 en los puertos de Bilbao y Santander permite caracterizar tanto la dimensión operativa de cada enclave como su especialización funcional dentro del sistema logístico del Arco Atlántico. Ambos puertos presentan perfiles logísticos diferenciados y, al mismo tiempo, complementarios: mientras Bilbao destaca como un nodo de gran capacidad y vocación intermodal, Santander sobresale por su especialización en carga rodada, graneles sólidos y productos agroindustriales.

Este capítulo examina el volumen total de mercancías manipuladas, la tipología de carga, los orígenes y destinos de los flujos logísticos y las proyecciones de crecimiento a medio plazo. Todo ello permite identificar oportunidades de integración y reforzar el argumento técnico para el desarrollo de una conexión ferroviaria directa entre ambos enclaves portuarios.

5.1. Volúmenes y tipología de la carga

a) Puerto de Bilbao

El Puerto de Bilbao gestionó un tráfico total de 32,9 millones de toneladas, manteniendo la ligera tendencia al alza propia de la última década y que lo establecen como el principal puerto HUB del norte peninsular (Autoridad Portuaria de Bilbao, 2024). La mayor parte del tráfico correspondió a graneles líquidos, representando el 63% de las toneladas totales movilizadas. Dentro de estos graneles destacan el petróleo crudo, el gasóleo y otros productos refinados vinculados al complejo energético de Petronor.

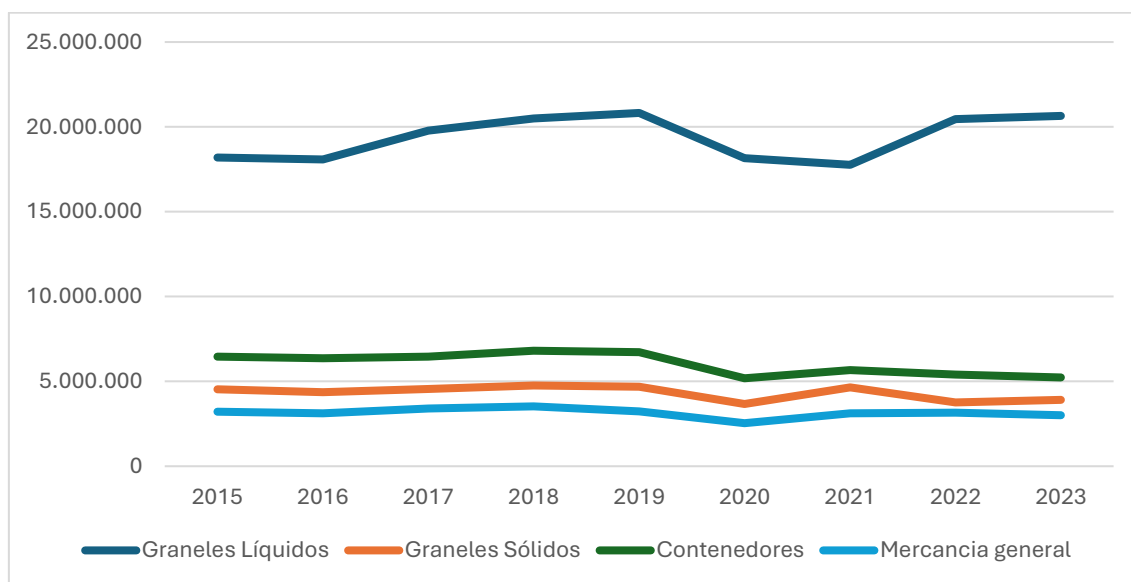


Ilustración 9. Evolución del tráfico en el puerto de Bilbao por tipo de mercancía.

Los graneles sólidos alcanzaron el 12 % del total, refiriéndose principalmente al coque, cemento, chatarra y minerales industriales. La carga general sumó un 25% del total, de los cuales el 64% fueron contenerizadas, representando un 16% del tráfico total. Esta carga incluye productos manufacturados, maquinaria, alimentos procesados, textiles y químicos, y es canalizada en su mayor parte a través de la terminal de CSP Iberian Bilbao Terminal (Autoridad Portuaria de Bilbao, 2024).

MEDIO DE TRANSPORTE UTILIZADO PARA ENTRADA O SALIDA DE LA ZONA DE SERVICIO DEL PUERTO MEAN OF ENTERING AND LEAVING PORT AREA	TONELADAS CARGADAS EN BARCOS TONS LOADED	TONELADAS DESCARGADAS EN BARCOS TONS UNLOADED	TOTALES TOTALS
Ferrocarril / Railway	746.184	712.295	1.458.479
Carretera / Road	6.023.364	6.323.171	12.346.535
Tubería / Pipeline	3.232.934	13.581.201	16.814.135
Otros medios / Other means	-	-	-
Sin transporte terrestre / Without land transport	415.269	1.768.295	2.183.564
TOTAL DE MERCANCÍA SEGÚN TRANSPORTE / TOTAL CARGO ACCORDING TO MEANS USED	10.417.751	22.384.962	32.802.713
Pesca fresca, avituallamiento y tráfico local / Fresh fish, supplies and local traffic	130.266	-	130.266
TOTAL	10.548.017	22.384.962	32.932.979

Ilustración 10. Transporte terrestre anual del puerto de Bilbao. Fuente: BilbaoPort

En términos técnicos, esta diversidad exige una infraestructura polivalente, con muelles especializados, silos, cintas transportadoras, grúas pórtico, reach stackers y áreas logísticas intermodales como la Zona de Almacenaje y Depósito (ZAD) o el Puerto Seco de Pancorbo.

b) Puerto de Santander

Por su parte, el Puerto de Santander registró un tráfico total de 7 millones de toneladas, manteniéndose en cifras similares a las de 2022. Su estructura de carga presenta una elevada especialización: el segmento dominante es el tráfico ro-ro de automóviles, con 447.007 unidades movilizadas. Este tráfico, mayoritariamente de exportación, incluye vehículos de marcas como Renault, Nissan o Iveco, con origen en plantas de Cantabria y Castilla y León. Se gestiona mediante rampas Ro-Ro y conexiones ferroviarias directas hacia la terminal de Adif en Nueva Montaña (Autoridad Portuaria de Santander, 2024).

El tráfico de graneles sólidos ascendió a 3,8 Mt, incluyendo cemento, piensos, fertilizantes, papel y productos agroalimentarios. La carga general convencional representó 3,0 Mt, incluyendo maquinaria, madera, bobinas y productos metalúrgicos.

En contraposición a la situación en Bilbao, los graneles líquidos en el puerto de Santander fueron testimoniales, y el movimiento de contenedores, aunque en alza, limitado a 57.371 TEU, aún resulta modesto pese a su potencial de crecimiento en el marco del desarrollo de la plataforma logística de La Pasiega.

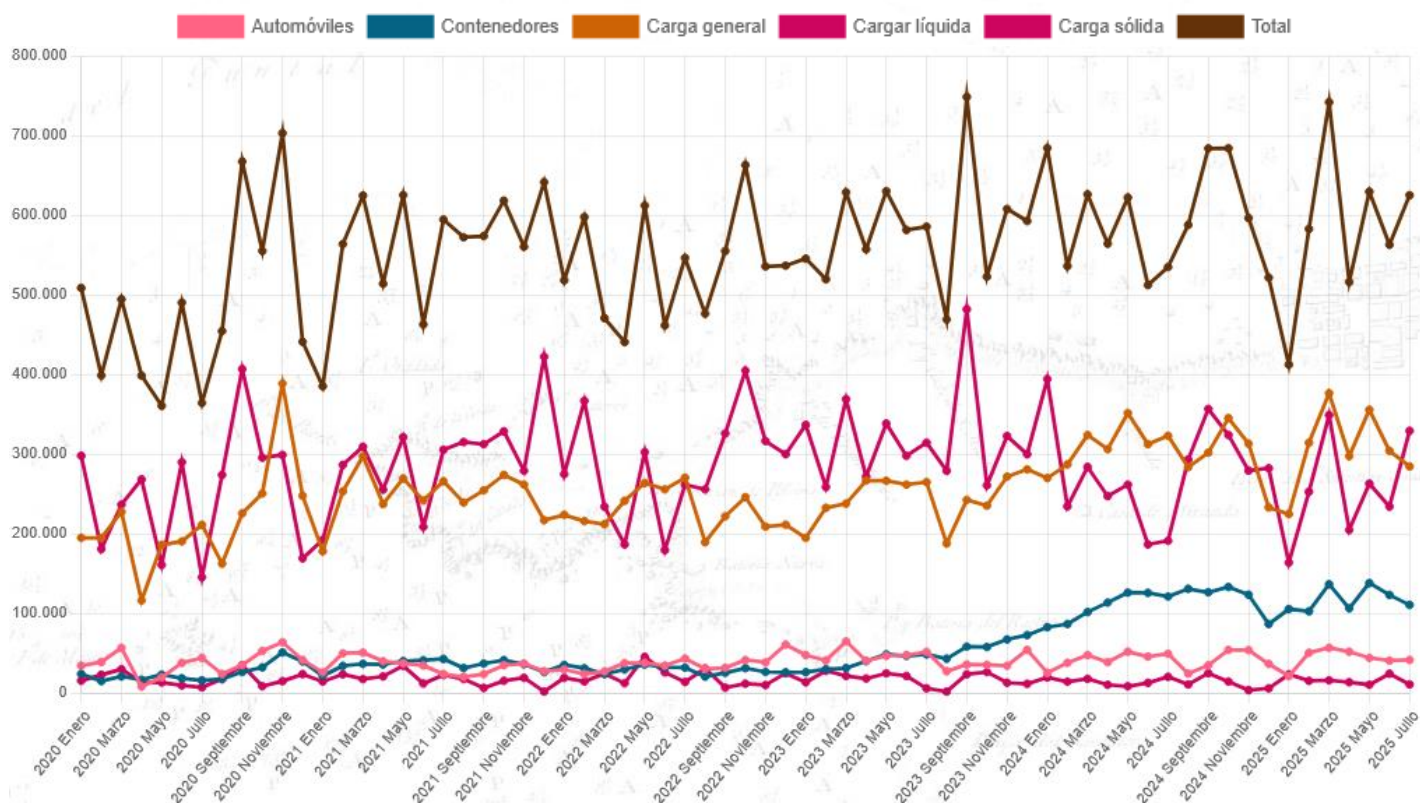


Ilustración 11. Evolución del tráfico en el puerto de Santander por tipo de mercancía. Fuente: Puerto de Santander

Esta estructura especializada implica infraestructuras adaptadas a tráficos concretos: la terminal de Nueva Montaña dispone de grúas móviles, explanadas para contenedores y accesos ferroviarios en ancho ibérico, aunque su capacidad sigue por debajo de la demanda proyectada para los próximos años. La existencia de silos, tolvas y sistemas de manipulación mecanizada permite atender adecuadamente el tráfico de graneles, mientras que el sistema ferroviario es especialmente relevante en el caso del tráfico de automóviles.

c) Comparativa entre puertos

La comparación directa refleja una relación asimétrica en cuanto a volumen total, pero también una especialización funcional complementaria:

Tipo de mercancía	Puerto de Bilbao	Puerto de Santander
Tráfico total (t)	32,9 millones	7,0 millones
Graneles líquidos (t)	20,6 millones	211.894
Graneles sólidos (t)	3,9 millones	3,8 millones
Carga general convencional (t)	3,0 millones	2,4 millones
Contenedores (TEUs)	492.481	57.371
Vehículos (unidades)	32.410	447.007

Tabla 3. Comparativa del tráfico de cada puerto por tipo de mercancía.

Bilbao se consolida como un hub intermodal de gran capacidad (granel líquido, contenedor y productos industriales pesados), mientras que Santander se configura como un puerto especializado en automoción, carga general ligera y graneles agroindustriales (Autoridad Portuaria de Bilbao, 2024; Autoridad Portuaria de Santander, 2024).

Esta especialización cruzada refuerza la oportunidad de una conexión ferroviaria directa entre ambos puertos, que permita consolidar flujos intermodales, reducir duplicidades logísticas y mejorar la eficiencia global del Arco Atlántico mediante sinergias operativas entre enclaves de distinto perfil pero necesidades complementarias.

5.2. Origen/Destino de los flujos

a) Puerto de Bilbao

En 2023, el Puerto de Bilbao consolidó una evolución positiva del tráfico de mercancías, con 32,9 millones de toneladas (Mt). Desde el punto de vista geográfico, Europa concentró el 46 % del origen/destino de los flujos. El resto correspondió a tráficos de mayor recorrido: Norteamérica (19 %), Asia (14 %), Sudamérica (11 %), África (9 %) y Centroamérica (1 %).

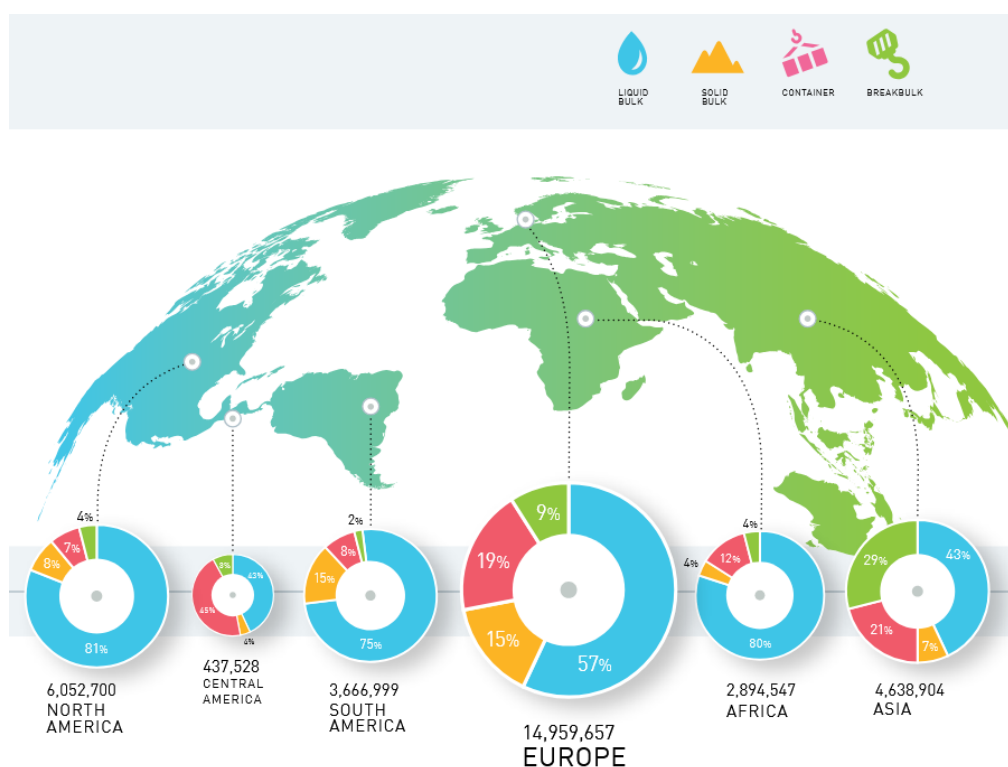


Ilustración 12. Distribución de flujos de mercancía del puerto de Bilbao. Fuente: Bilbaoport

En el detalle por países, los principales mercados de exportación fueron Reino Unido, Bélgica, Países Bajos, Francia y Estados Unidos, lo que pone de manifiesto una marcada orientación hacia el eje atlántico europeo, complementada con flujos regulares hacia Norteamérica. En importaciones, destacaron Rusia, Estados Unidos, Brasil, México y Venezuela, con un claro predominio de suministros energéticos y materias primas procedentes de América y Eurasia (Autoridad Portuaria de Bilbao, 2024).

En el ámbito intrarregional, el tráfico ro-ro (roll-on/roll-off) con la Europa Atlántica mostró un avance notable, reflejando la creciente preferencia por servicios marítimos de corta distancia para conectar orígenes y destinos europeos, en línea con las políticas comunitarias de descarbonización. Aunque el desempeño por tipo de carga fue heterogéneo, el patrón espacial del comercio del puerto se mantuvo equilibrado: fuerte anclaje europeo como mercado de proximidad y una red de abastecimiento y distribución diversificada hacia América, Asia y África.

En el ámbito nacional, su hinterland natural comprende País Vasco, Castilla y León, Navarra, La Rioja y Aragón, que aportan carga de importación y exportación. Esta área de influencia se apoya en plataformas como Pancorbo o Villafría (Burgos), integradas en la red ferroviaria, si bien con escasa utilización actual en tráfico intermodales.

La intermodalidad ferroviaria del puerto es significativa: 4.238 trenes operados y el 29 % de la carga contenedorizada accede o sale del puerto por ferrocarril. Esta actividad se sostiene con servicios semanales que conectan con nodos interiores como Abroñigal, Coslada, Valladolid, Villafría (Burgos) o Zaragoza, así como con otros grandes puertos (Valencia y Barcelona). En términos funcionales, este patrón consolida un hinterland prioritario en la Cornisa Cantábrica y el Eje del Ebro (País Vasco, Castilla y León, Navarra, La Rioja y Aragón), con prolongaciones hacia la costa mediterránea.

Con el fin de cuantificar la evolución de la demanda de mercancías en el área influenciada por la futura conexión ferroviaria entre ambos puertos, se han utilizado las matrices del Modelo Nacional de Transporte (MNT) del MITMA, considerando como demanda presente la matriz de 2017 y, como escenario de referencia futura, las estimaciones para 2030 (MITMA, 2021a). Estas matrices, si bien adecuadas para análisis comparativos, incorporan supuestos macroeconómicos y de oferta que pueden no reflejar cambios recientes, agregan mercancías y zonas de origen/destino y no capturan decisiones micro de los cargadores. Por ello, los resultados deben interpretarse como indicativos.

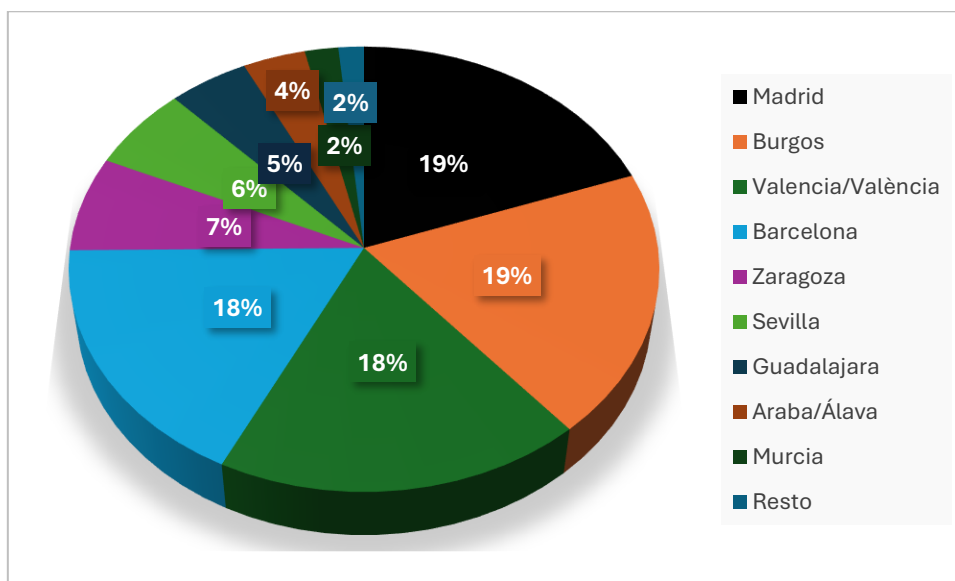


Ilustración 13. Principales flujos nacionales del puerto de Bilbao

Conexión	t/año (2017)	%t	Σ %t
AP Bilbao – Madrid	508.945	19,5	19,5
AP Bilbao – Burgos	502.557	19,3	38,8
AP Bilbao – Valencia	482.854	18,5	57,3
AP Bilbao – Barcelona	457.467	17,5	74,8
AP Bilbao - Zaragoza	180.572	6,9	81,8

Tabla 4. Principales conexiones nacionales del puerto de Bilbao

En cuanto a las conexiones terrestres, se identifican claramente las rutas más desarrolladas: Madrid (principal nodo estatal), Burgos (eslabón inmediato de acceso a la meseta, con infraestructura dedicada en Pancorbo) y Valencia (puerta al Mediterráneo) concentran más de la mitad de la carga transportada.

A escala provincial, al analizar el transporte de mercancías de Bizkaia, se observa un mayor peso de los flujos hacia el oeste. Más del 20 % de las mercancías tiene como origen o destino Cantabria, Asturias o Galicia, territorios que se verían directamente beneficiados por la ejecución de la nueva conexión ferroviaria.

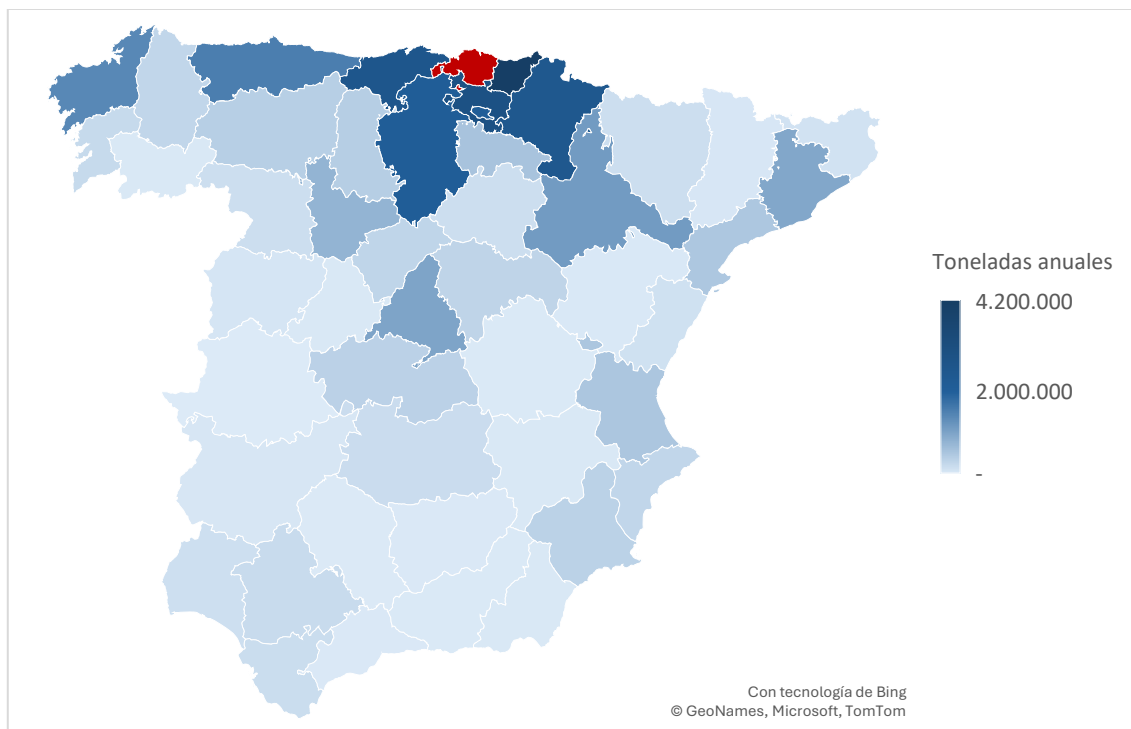


Ilustración 14. Distribución del transporte de mercancías nacional con origen/destino Bizkaia

A escala subregional, el patrón espacial de los flujos presenta matices respecto al observado para el conjunto del puerto. Mientras el Puerto de Bilbao mantiene un anclaje mayoritario en Europa y prolongaciones hacia los corredores mediterráneo e intercontinentales, a nivel provincial gana peso el intercambio intrarregional a lo largo de la Cornisa Cantábrica. Se intensifican los orígenes y destinos hacia el oeste (Cantabria, Asturias y Galicia), un comportamiento asociado a cadenas logísticas de corta distancia, especialización sectorial y a la mayor competitividad del transporte por carretera en

recorridos inferiores a 500 km, junto con las limitaciones actuales de la conectividad ferroviaria en esa dirección.

En conjunto, la menor presencia de flujos hacia el oeste desde el Puerto de Bilbao no obedece a una falta de demanda, sino a restricciones de conectividad que reducen el atractivo relativo de dichas rutas. La mejora de la conexión ferroviaria objeto del estudio se configura, por tanto, como una palanca para captar demanda latente y reequilibrar el reparto espacial de los tráficos.

b) Puerto de Santander

En 2023, el Puerto de Santander alcanzó un récord de 7,0 millones de toneladas (Mt). La distribución geográfica evidencia una operativa de alcance mayoritariamente europeo: en torno al 75 % de los flujos se concentra en Europa. Fuera del continente, destaca la vinculación con Sudamérica (10 %), explicada casi íntegramente por Brasil (9 % del total). África representa el 8 %, principalmente Sudáfrica y el arco mediterráneo, mientras que el resto de relaciones resultan minoritarias: Norteamérica (3,3 %), Asia (2,7 %), Oceanía (0,6 %) y Centroamérica (0,3 %) (Autoridad Portuaria de Santander, 2024).

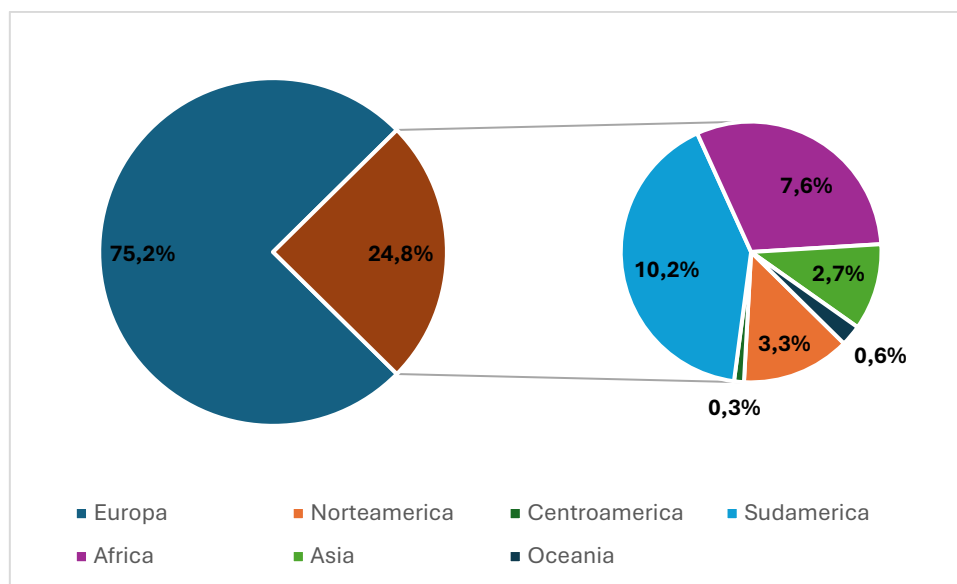


Ilustración 15. Distribución por continentes de los volúmenes transportados del puerto de Santander.

El patrón por países confirma esta orientación europea: excluyendo Brasil, las cuatro primeras contrapartes (Bélgica, Reino Unido, Irlanda y Alemania) concentran en conjunto el 50 % del tonelaje. En términos anuales (t/año, base 2017), los principales flujos fueron: Bélgica 1.435.037 t (21 %), Reino Unido 1.356.010 t (19 %), Irlanda 417.474 t (6 %) y Alemania 275.741 t (4 %).

Conexión	t/año (2023)	%t	Σ %t
Bélgica	1.435.037	21%	21%
Reino Unido	1.356.010	19%	40%
Irlanda	417.474	6%	46%
Alemania	275.741	4%	50%

Tabla 5. Principales flujos de mercancías europeas del puerto de Santander.

El tráfico ro-ro constituye uno de los vectores principales del Puerto de Santander y articula su short sea shipping con el Arco Atlántico. En 2023, el puerto contabilizó 2,36 Mt de carga ro-ro, con clara preeminencia del tráfico exterior. Las inversiones recientes, como la nueva terminal de ferries en Maliaño con LNG, las rampas ro-ro en los muelles Raos 7 y 8 y el muelle multipropósito Raos 9, junto a la relocalización de la línea con-ro, operada por CLdN, han reforzado capacidad y calidad de servicio, consolidando la posición del puerto en tráficos ro-ro de media y larga distancia.

El hinterland natural abarca Cantabria y, de forma prioritaria, Castilla y León, con extensiones hacia Asturias y País Vasco. La A-67 y la A-8 estructuran el acceso por carretera. En ferrocarril, el puerto se conecta por Muriedas (ancho ibérico, eje Santander–Palencia–Valladolid–Madrid) y por Maliaño–La Vidriera (ancho métrico, enlaces Santander–Bilbao y Santander–Oviedo). Todos los muelles comerciales disponen de vía; en Raos 1, 2, 3 y 5 coexisten ancho ibérico y métrico. En 2023, el ferrocarril canalizó 955.095 t (14 %), con mayor uso en exportación (21 %) que en importación (8 %) (Autoridad Portuaria de Santander, 2024).

Para cuantificar la demanda presente en el área influenciada se emplean las matrices MNT (MITMA), base 2017. Los resultados muestran alta concentración intrarregional y meseteña: Cantabria (48,1 %) y Castilla y León (36,7 %) —Valladolid, Salamanca, Palencia y Ávila—, a los que se suman Madrid (6,3 %) y Navarra (5,6 %) hasta un 96,7 % acumulado.

Conexión	t/año (2017)	%t	Σ %t
AP Santander – Cantabria	463.914	48,1	48,1
AP Santander – Valladolid	144.506	15,0	63,1
AP Santander – Salamanca	101.914	10,6	73,7
AP Santander – Palencia	67.102	7,0	80,7
AP Santander – Madrid	61.027	6,3	87,0

Tabla 6. Principales conexiones terrestres del puerto de Santander

El núcleo Cantabria–Castilla y León (84,8 %) refleja cadenas logísticas corto/medio radio y la ventaja relativa de la carretera en esos tramos, mientras que la presencia de Madrid y Navarra añade capilaridad hacia el centro peninsular y el Eje del Ebro. Este patrón respalda la prioridad de actuaciones que refuercen la conectividad con la Meseta (carretera y ferrocarril) y mejoren la sincromodalidad con los nodos interiores.

A escala regional, los flujos con origen/destino Cantabria se concentran en el arco cantábrico inmediato y en la Meseta norte. Destacan Bizkaia (18,1 %), Burgos (11,7 %), Palencia (9,2 %), Asturias (8,9 %), Gipuzkoa (6,7 %), Álava (5,2 %) y Madrid (4,7 %). Estos siete primeros destinos acumulan el 64,6 % del total, reflejando la fuerte integración funcional con el País Vasco (30,0 % en conjunto) y el corredor A-67/A-8, así como la articulación con la Meseta (Burgos–Palencia) y el nodo Madrid.

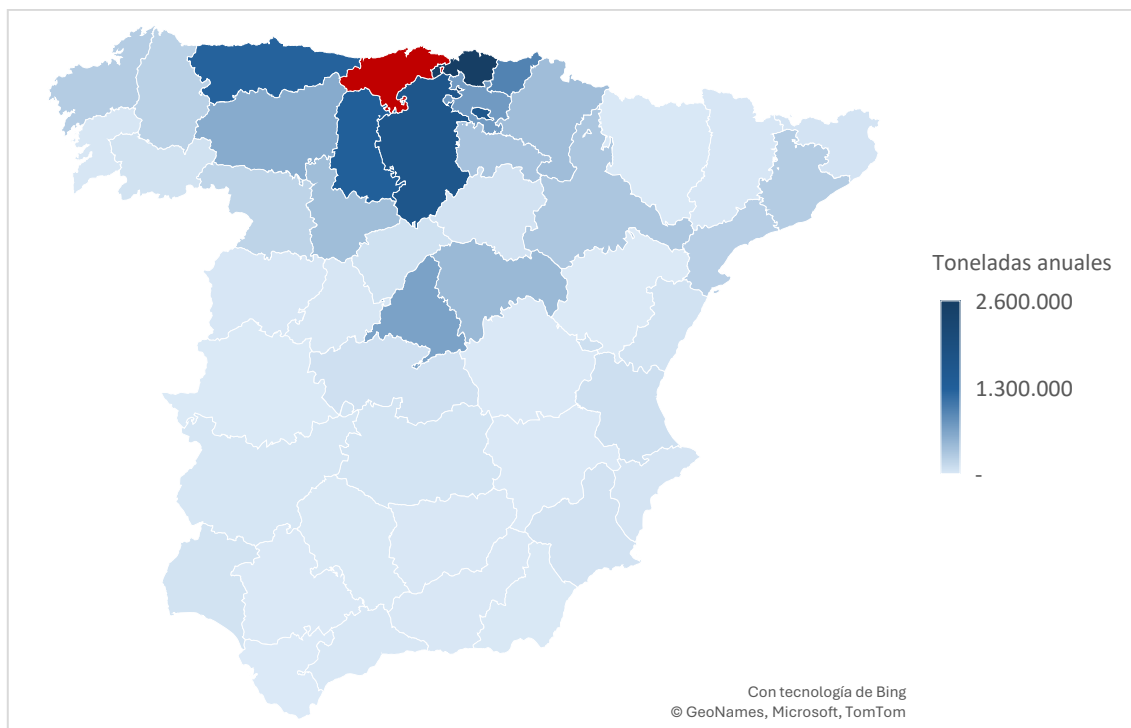


Ilustración 16. Distribución del transporte de mercancías nacional con origen/destino Cantabria

Un segundo anillo incorpora León (4,1%), Guadalajara (3,2%), Navarra (2,9%), Valladolid (2,9%), La Rioja (2,6%) y Zaragoza (2,4%), que elevan el acumulado al 82,7%. Las conexiones mediterráneas son minoritarias (6,2%), mientras que Galicia aporta en torno al 4,4 %. En síntesis, el patrón territorial confirma un hinterland prioritario en la Cornisa Cantábrica y la Meseta norte, con extensiones hacia el Eje del Ebro y Madrid, coherente con cadenas logísticas de corto/medio radio y la mayor competitividad de la carretera en recorridos < 500 km (MITMA/OTLE, 2023).

Con todo esto, se puede determinar que el patrón territorial de los flujos vinculados a Cantabria es compacto y de proximidad: la Cornisa Cantábrica (con especial peso de Bizkaia y Gipuzkoa) y la Meseta norte (Burgos–Palencia) concentran la mayor parte del tonelaje, con extensiones funcionales hacia Madrid y, en menor medida, el Eje del Ebro. Las relaciones con el arco mediterráneo son marginales, lo que confirma una logística dominada por recorridos corto/medio radio y una fuerte dependencia de la carretera en tramos inferiores a 500 km.

Este contexto sugiere que la limitada proyección del puerto hacia el este/sureste no responde tanto a una falta de demanda como a restricciones de conectividad y de desempeño intermodal. La conexión ferroviaria objeto del estudio, en coordinación con las actuaciones en Muriedas/Torrelavega y la futura intermodal de La Pasiega, se perfila como palanca para capturar demanda latente en el eje Cantabria – País Vasco, elevar la cuota ferroviaria, reducir costes generalizados y reequilibrar el reparto espacial de los tráficos, reforzando la competitividad del Puerto de Santander en su hinterland prioritario y su enlace con redes y puertos del Arco Atlántico.

5.3. Proyección de crecimiento del tráfico

a) Puerto de Bilbao

El Plan Estratégico 2023 – 2026 de la Autoridad Portuaria de Bilbao persigue consolidar el enclave como referente del Atlántico. Para ello se establece como principales metas convertirse en un referente medioambiental a través de la descarbonización, la especialización inteligente y creación de valor y el desarrollo de servicios e infraestructuras diferenciales (Bilbaoport, 2025).

La prioridad recae en contenedores y graneles líquidos, apoyándose en tres vectores operativos: la mejora de la accesibilidad ferroviaria y puesta en servicio de la Variante Sur Ferroviaria (VSF), la consolidación de nodos logísticos interiores como Pancorbo y la automatización y mejora de la conectividad ferroviaria con el centro peninsular y el sur de Francia. Estos factores se alinean con el objetivo de alcanzar el 25 % de cuota modal ferroviaria en los tráficos terrestres hacia 2030 y con la estabilización del tráfico contenerizado por encima de 900.000 TEU.

Las matrices del MNT (MITMA) muestran para Bilbao un refuerzo de los corredores interiores entre 2017 y 2030. En las cinco conexiones líderes (Madrid, Burgos, Valencia, Barcelona y Zaragoza), el agregado pasa de 2,08 Mt (2017) a 4,41 Mt (2030), esto es, +2,33 Mt a partir de una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) cercana al 6%; con especial aportación de Madrid y del corredor mediterráneo (Valencia – Barcelona). Este patrón territorial es coherente con el foco intermodal del puerto y con la ampliación de capacidad ferroviaria prevista.

A partir de esta evidencia se construye la proyección cuantitativa del puerto con año base 2023 (32,9 Mt) y horizontes 2026 y 2030. Los totales se obtienen aplicando una tasa media anual compuesta, asumiendo un crecimiento exponencial discreto:

$$T_t = T_{2023}(1 + g)^n$$

siendo,

- T_t , el tráfico total portuario;
- n , los años de proyección;
- g , la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR);

y contemplando tres escenarios:

- A. un caso inercial ($g = 0,8\%$), que situaría el total en 33,7 Mt en 2026 y 34,8 Mt en 2030;
- B. un caso de integración progresiva de mejoras ferroviarias y de terminal ($g = 1,3\%$), con 34,2 Mt y 36,0 Mt;
- C. un caso de conexión optimizada con coordinación interportuaria y servicio lanzadera ferroviario ($g = 2,5\%$), que proyecta 35,4 Mt y 39,1 Mt.

Para pasar del total portuario a la demanda terrestre doméstica se aplica un factor λ que aproxima la fracción del tráfico con origen/destino nacional; en Bilbao se adopta $\lambda = 0,35$; de modo que la asignación provincial se corresponda con dicho factor multiplicado por la demanda total ($D_t = \lambda \cdot T_t$).

La asignación provincial (D_t) se realiza con el patrón espacial del MNT; para 2030 se emplean las cuotas provinciales $s_{i,2030}$ y para 2026 un promedio suavizado entre 2017 y 2030.

La conversión modal se calcula sobre la asignación provincial, no sobre el tráfico portuario total, aplicando cuotas ferroviarias (r_t) crecientes coherentes con cada escenario, 18/20 % en 2026/2030 en el caso A; 20/22 % en el B; y 23/25 % en el C.

Con estos supuestos, la demanda doméstica resultante se situaría en torno a 11,8 – 12,2 Mt en el escenario inercial, 12,0 – 12,6 Mt si se realiza una integración progresiva de mejoras y 12,4 – 13,7 Mt ante la implantación de una conexión optimizada con coordinación interportuaria para los años 2026 y 2030 respectivamente. El volumen ferroviario asociado, por su parte, se situaría en 2,1 – 2,4 Mt, 2,4 – 2,8 Mt y 2,8 – 3,4 Mt, en función del escenario planteado.

Escenario	Portuaria		Doméstica		Ferroviaria	
	2026	2030	2026	2030	2026	2030
Inercia	33,7	34,8	11,8	12,2	2,1	2,4
Integración progresiva	34,2	36,0	12,0	12,6	2,4	2,8
Conexión optimizada	35,4	39,1	12,4	13,7	2,8	3,4

Tabla 7. Toneladas estimadas en función del escenario para el puerto de Bilbao

La elección de las tasas de crecimiento anual no es arbitraria: se han triangulado los objetivos oficiales, incremento interanual de 2,5% y una tasa uso ferroviario del 25% , la tendencia del MNT filtrada por λ y por el cambio en la estructura del tráfico, que sitúa el crecimiento observable del hinterland en el entorno del 1 – 2% anual, y las restricciones u optimizaciones operativas, como la materialización parcial de la VSF y mejoras en automatización y eficiencia de la terminal logística portuaria. De ahí que el escenario C adopte el 2,5%, el B se sitúe en 1,3% gracias a mejoras graduales y que el escenario A adopte un prudente 0,8%.

En clave territorial, el sector oeste de Bizkaia, compuesto por Cantabria, Asturias, Galicia, León y Zamora, suma en el MNT – 2030 alrededor de 4,24 Mt; por lo que una captación conservadora del 10 – 20% de las mercancías a través de la nueva conexión ferroviaria equivaldría a 0,42 – 0,85 Mt/año transferibles al tren; contribuyendo de esta manera a la descarbonización y a la consecución de la meta modal.

b) Puerto de Santander

El Puerto de Santander afronta el horizonte 2026–2030 con una senda de crecimiento moderada pero sostenida, apoyada en el refuerzo del ro-ro/vehículos, el impulso reciente del contenedor y la mejora de su accesibilidad ferroviaria. Con 7,0 Mt en 2023 como año base, la planificación vigente fija un hito operativo de 8 Mt en 2028, que equivale, en términos medios, a una tasa anual próxima al 2,8% en ese tramo (Autoridad Portuaria de Santander, 2025a; Gobierno de Cantabria, 2025).

En automoción, el puerto consolidó en 2023 un volumen superior a las 340.000 unidades manipuladas, cifra que confirma su especialización y que se ve apuntalada por la ampliación de capacidad y el desarrollo del muelle multipropósito en Raos.

En paralelo, el contenedor ha ganado tracción en los dos últimos ejercicios, apoyado en la ampliación de la terminal y en una cartera de servicios más densa, mientras que la estación intermodal de La Pasiega, coordinada con MITMA/ADIF, se concibe como pieza clave para articular la sincromodalidad con el hinterland de Castilla y León y La Rioja, y captar tráficos agroalimentarios, de automoción y bienes industriales de mayor valor.

Todo ello se inserta en una conectividad terrestre robusta: A-67 (Meseta) y A-8 (Cornisa Cantábrica), y doble acceso ferroviario a la RFIG, con el ramal de Muriedas en ancho ibérico y el ramal de Maliaño – La Vidriera en ancho métrico; con vías en todos los muelles comerciales.

Desde la óptica territorial, las matrices del Modelo Nacional de Transporte (MNT) confirman el anclaje interior del puerto: las cinco conexiones nacionales líderes (Cantabria, Valladolid, Salamanca, Palencia y Madrid) pasan de 0,84 Mt en 2017 a 1,92 Mt en 2030, con especial dinamismo de Palencia.

A escala regional, el vector “este”, compuesto por el País Vasco y el eje del Ebro inmediato (Bizkaia, Gipuzkoa, Álava, Navarra, La Rioja y Zaragoza) crece en conjunto de 5,42 Mt (2017) a 5,94 Mt (2030), con Gipuzkoa y Bizkaia como principales motores.

Sobre esta base, y manteniendo la metodología común utilizada para el puerto de Bilbao, se proyectan los tres escenarios a partir del total 2023:

- A. el escenario inercial con una tasa de incremento anual compuesta del 1,5%;
- B. el escenario de integración progresiva con $g=2,0\%$;
- C. el escenario de conexión optimizada con el hito de 8 Mt en 2028 y una tasa de incremento de 2,7%.

Los totales se obtienen por crecimiento compuesto ($T_t = T_{2023}(1 + g)^n$) y, se considera un factor de la demanda terrestre (λ) del 40%, la cual se aproxima a la fracción doméstica del tráfico en Santander.

La cuota ferroviaria evoluciona por escenario de manera coherente. El escenario inercial contempla un aumento de la cuota hasta el 14% y 16% para los años 2026 y 2030, respectivamente. El escenario de la integración progresiva de mejoras evalúa un incremento hasta alcanzar el 18% en 2026 y el 20% en 2030; mientras que el escenario de la conexión optimizada plantea porcentajes del 20 y el 22% para dichos años. Al igual que para Bilbao, el reparto provincial se asigna con el patrón espacial del MNT-2030 y mediante un promedio 2017/2030 para 2026.

Con estos supuestos, los resultados sintéticos son los siguientes. En totales: el escenario A alcanza las 7,3 Mt en 2026 y las 7,8 Mt para 2030; el escenario de integración progresiva, por su parte, establece 7,4 Mt en 2026 y 8,0 Mt en 2030; mientras que el escenario con una conexión optimizada permite llegar hasta las 7,6 Mt en 2026 y las 8,4 Mt en 2030.

Escenario	Portuaria		Doméstica		Ferroviaria	
	2026	2030	2026	2030	2026	2030
Inercia	7,3	7,8	2,9	3,1	0,4	0,5
Integración progresiva	7,4	8,0	3,0	3,2	0,5	0,6
Conexión optimizada	7,6	8,4	3,0	3,4	0,6	0,7

Tabla 8. Toneladas estimadas en función del escenario para el puerto de Santander

La interpretación operativa es clara. El escenario C es el único plenamente alineado con el objetivo intermedio 8 Mt en 2028, y maximiza el trasvase modal si la nueva conexión con Bilbao opera con ventanas horarias sincronizadas, trenes de 550–750 m y coordinación patio-terminal, además de la plena integración de La Pasiega. Los escenarios A y B, por su parte, conforman una banda prudente para el caso de una materialización más gradual de las inversiones o una menor aportación del contenedor en el corto plazo.

La justificación de las tasas de crecimiento anual responde a la misma triangulación empleada en Bilbao. La referencia oficial del puerto cuyo objetivo se establece en alcanzar el hito de 8 Mt en 2028, equivalente a una tasa media anual compuesta del 2,7%, que alcanza el escenario C; la tendencia del MNT filtrada por λ y por el cambio en la estructura del tráfico del puerto, que sugiere un crecimiento observable del hinterland entorno al 1 – 2% anual y sustenta el rango prudente; y la oferta efectiva, con nuevas capacidades ro-ro en Raos, puesta en servicio e integración ferroviaria de La Pasiega, e incremento de las longitudes útiles manejables de los ferrocarriles.

Desde la óptica espacial, el sector este desde Cantabria hacia País Vasco y eje del Ebro crece de 5,42 Mt (2017) a 5,94 Mt (2030); una captación del 10–20 % mediante la nueva conexión permitiría trasvasar $\approx 0,59$ –1,19 Mt/año al ferrocarril, especialmente bajo el escenario de conexión optimizada, siempre que se aseguren la sincronización barco-tren-camión y la plena integración funcional de La Pasiega en la red.

Finalmente, el enfoque territorial relevante para la nueva conexión refuerza esta lectura: canalizar por ferrocarril un 10 – 20% del vector “este” de Cantabria hacia País Vasco/Ebro supondría del orden de 0,59 – 1,19 Mt/año adicionales en 2030, compatibles con el escenario de conexión optimizada y con el patrón MNT.

Ese volumen, unido a la especialización ro-ro y al emergente contenedor, constituye la masa crítica necesaria para elevar la cuota modal ferroviaria, reducir costes generalizados y mejorar la competitividad del puerto en su hinterland prioritario, manteniendo la coherencia con los objetivos de descarbonización y con la estrategia de sincromodalidad del Arco Atlántico.

5.4. Condiciones habilitadoras, sensibilidad y riesgos

La captación modal estimada en los escenarios requiere condiciones operativas mínimas para el servicio ferroviario entre Bilbao y Santander: frecuencias estables con rotaciones regulares en régimen multicliente, longitudes útiles de 550 – 750 m en accesos y terminales, tiempos de ciclo competitivos (patio–vía–barco) y fiabilidad de surcos superior al 95%. La sincronización de ventanas horarias en Muriedas/La Pasiega y en el área de Bilbao, junto con capacidad de maniobras y vías de apartado, resulta crítica para sostener el nivel de servicio que demanda la carga sensible al tiempo.

Dado que el factor λ (porcentaje del tráfico total que tiene origen/destino nacional) es un parámetro de calibración, se adopta una banda de sensibilidad de ± 5 puntos porcentuales, lo que permite acotar el rango de la demanda doméstica ($D_t = \lambda \cdot T_t$) y del volumen ferroviario ($Ferroviana_t = D_t \cdot r_t$).

A efectos prácticos, la cuota ferroviaria sobre el total del puerto se aproxima a $\lambda \cdot r_t$; por tanto, pequeñas variaciones en el porcentaje del tráfico nacional (λ) o en la cuota ferroviaria (r_t) tienen efecto multiplicativo. Los resultados se presentan con un valor central e intervalos asociados a esta sensibilidad.

No toda la demanda potencial es ferro-compatible. Con el fin de ofrecer una estimación operativa y conservadora por agregación, se adopta una captación del 10–20 % sobre el total de la demanda de los sectores territoriales analizados sin desagregar por tipo de mercancía. Este porcentaje debe interpretarse como un valor medio: los tráficos contenedorizados y la UTI no acompañada presentan una probabilidad de trasvase al ferrocarril superior al promedio, mientras que los graneles (en particular los líquidos) se situarán por debajo.

Desde la óptica de gobernanza, el servicio ferroviario debe configurarse como open-access multicliente, con acuerdos marco que aseguren volumen y estabilidad: contratos take-or-pay o compromisos de slots, acuerdos de nivel de servicio (SLA) de puntualidad/tiempos de ciclo y un esquema tarifario que internalice la mayor fiabilidad frente a la carretera.

En el plano de riesgos, el principal vector es la secuencia y coordinación de los hitos de infraestructura: rampas ro-ro en Raos, estación intermodal de La Pasiega, Variante Sur Ferroviaria (VSF), apertura del túnel de Serantes, y actuaciones de vía (longitudes útiles, apartaderos, electrificación). Cualquier desalineación entre actuaciones traslada cuellos de botella y penaliza al conjunto de la línea.

La mitigación exige calendarios go/no-go por hito, reservas anticipadas de ventanas horarias con el administrador de infraestructura, y una propuesta de valor clara (fiabilidad ≥ 95 %, trenes largos, integración puerto-terminal, puerta-a-puerta competitivo) respaldada por acuerdos comerciales con cargadores y operadores.

La alineación con el Corredor Atlántico TEN-T y la elegibilidad a CEF/NextGen operan como mitigadores: priorizan financiación y coordinación técnica y vinculan los proyectos a hitos verificables de ejecución.

6. Modelo funcional de terminales intermodales

Conocida la situación actual y la proyección de ambas terminales portuarias, se ha desarrollado en AnyLogic un modelo funcional de cada puerto con el fin de obtener un análisis más profundo de su funcionamiento y localizar los ámbitos con mayor potencial de mejora.

6.1. Metodología del modelado

El objetivo del modelo es trasladar la evidencia empírica de 2023 a un marco operativo, trazable y ligero, capaz de estimar capacidades, ocupaciones y tiempos en las interfaces mar-tierra y tierra-mar de Bilbao y Santander, y de someterlas a escenarios de mejora sin recurrir a simulaciones pesadas.

A partir de las Memorias Portuarias 2023, se extrajeron las toneladas anuales por tipo de mercancía (ro-ro, granel líquido, granel sólido, contenedor y general) y su reparto modal terrestre (carretera, ferrocarril, tubería). Con ello se obtuvo el reparto modal por segmento y puerto en toneladas.

En el lado marítimo, el volumen anual de cada tipo se dividió entre el número de escalas para derivar una carga media por buque. En el terrestre, al no existir detalle homogéneo, se adoptaron cargas unitarias de partida: 1.000 t por tren y 25 t por camión, con las que se estiman agentes anuales e intervalos entre operaciones. Para evitar inflar frecuencias con circulaciones vacías o maniobras, se trabaja con Trenes Comerciales Equivalentes (TCE): toneladas ferroviarias anuales/1.000 t.

Con estas cargas y volúmenes, se derivó la frecuencia diaria de llegadas por modo y tipo de mercancía; los pares (cantidad por llegada, frecuencia) se parametrizaron como Source. A la entrada de cada flujo se discretiza en bloques de 25 t mediante Split para representar manejo y colas internas sin elevar la carga computacional. Cada flujo recorre manejo de entrada, almacenamiento (dwell) y manejo de salida como etapas Queue/Delay.

En el caso de carga que entra por buque, se añadió una distribución (SelectOutput) que encamina la mercancía a tren, carretera o STT/patio según el reparto modal del segmento. La figura adjunta ilustra el patrón: *Source* → *manejo de entrada* → *almacenamiento* → *manejo de salida* → *Sink*, con encaminamiento múltiple en el caso marítimo.

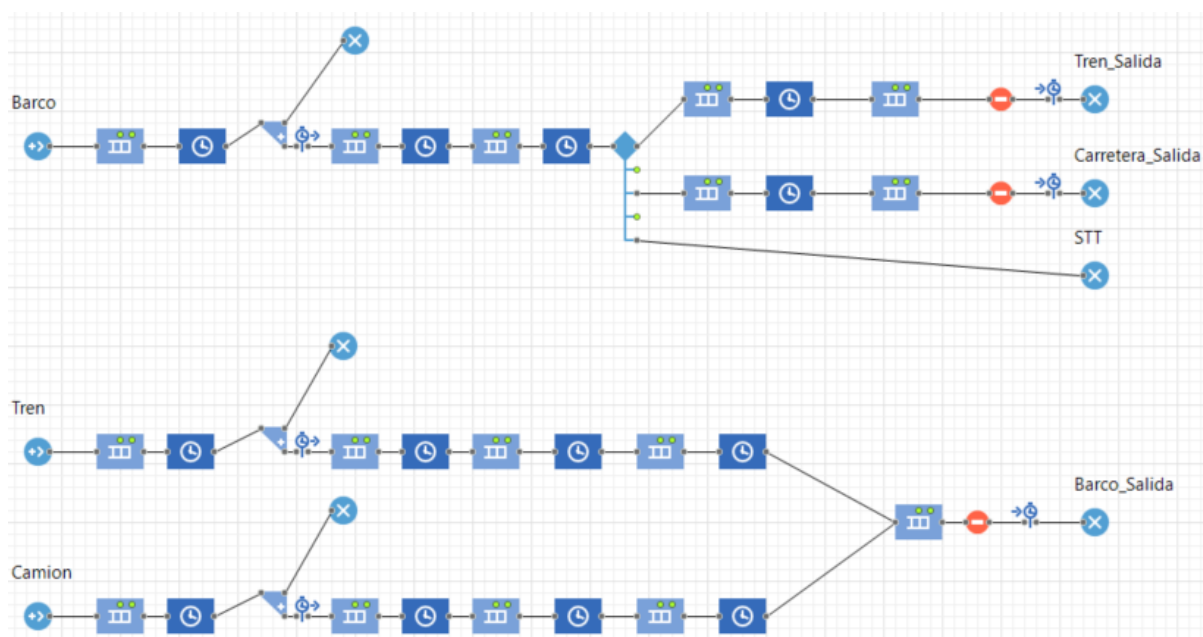


Ilustración 17. Layout del modelo de Anylogic para cada tipo de mercancía

6.2. Parámetros operativos

A continuación se presenta la fundamentación de los parámetros adoptados para modelar la cadena productiva de cada puerto de forma independiente, siguiendo el flujo operativo real: descarga, manejo de entrada, manejo de salida, tiempos de almacenamiento y frecuencias diarias.

Todas las cifras se entienden como promedios operativos sostenibles más que como máximos puntuales. La intención es capturar el comportamiento típico del sistema bajo condiciones normales, con holguras explícitas para seguridad, inspecciones y coordinación intermodal. De este modo, cada fase queda parametrizada por su cuello de botella natural, y el conjunto de tablas permite reproducir con fidelidad la dinámica de cada puerto sin inducir saturaciones artificiales ni infrautilización sistemática.

a) Rendimientos de descarga

Los rendimientos de descarga se han fijado como promedios sostenibles que capturan el ciclo completo de descarga.

Con respecto a los contenedores, la tasa queda gobernada por la productividad combinada de las grúas STS y la coordinación con el patio. En Bilbao, la terminal de contenedores dispone de 1.155 m de línea de atraque, 43,8 ha de superficie, capacidad anual publicada de 700.000–950.000 TEU, terminal ferroviaria propia (4 vías de 550 m; 41.800 m²) y accesos automatizados (OCR/gates), lo que sustenta un rendimiento buque de 200 t/h y un trasiego fluido hacia tierra. En 2023–2024 incorporó 6 RTG híbridas y una STS Super Post-Panamax con capacidad twin-lift, reforzando la productividad de ciclo. En Santander, la Boluda Maritime Terminals opera 472 m de línea de atraque, con 2 STS y capacidad nominal ≈112.000 TEU/año, escala que justifica un rendimiento de 120 t/h en buque como promedio en feeders.

El límite para graneles sólidos es el caudal mecanizado (grúas móviles, tolvas encapsuladas y cintas) y la capacidad de absorción del parque. En Santander, la Terminal de Graneles Agroalimentarios (TASA) publica capacidad de descarga hasta 21.600 t/día y levantes de hasta 14.000 t/d a camión y 5.000 t/d a tren, por lo que los promedios portuarios de la tabla (300–500 t/h según puerto y modo) son prudentes y evitan trasladar cuellos a básculas o acopios.

El techo en graneles líquidos lo marcan tuberías y bombas. En Bilbao, Petronor está conectada con la Terminal Marítima en Punta Lucero por un poliducto que incluye una línea de crudo de 42" (capacidad de referencia 16.000 m³/h), además de líneas de productos; ello hace razonables ritmos de 500–600 t/h sostenidos a nivel operativo. En Santander, las concesiones de Alkion/Dynasol disponen de atraques y tanques dedicados para productos químicos y petrolíferos, que soportan bombeos estables y validan los valores de la tabla.

Para mercancía ro-ro el ancho útil, pendiente y nº de carriles de rampa, junto con la circulación interior, determinan el flujo. En Santander, la terminal ro-ro/automoción reúne 1.000 m de atraque, 2 rampas ro-ro de alta capacidad, 600.000 m² de explanadas y 4 vías de 570 m, por lo que un promedio de 100–120 t/h prioriza continuidad y seguridad. Bilbao mantiene un rendimiento medio 150 t/h acorde con rampa dedicada y servicios regulares.

La mercancía general, por su heterogeneidad (pieza, proyecto, palet), el rendimiento se define por aparejos, trincaje y maniobras, más que por la potencia de una máquina aislada; de ahí los promedios de la tabla, que evitan picos difíciles de sostener.

Tipo de mercancía	Rendimientos de descarga (t/h)					
	Bilbao			Santander		
	Barco	Tren	Camión	Barco	Tren	Camión
Contenedores	200	180	150	120	100	120
Granel sólido	500	400	300	300	300	250
Granel líquido	600	500	400	500	400	400
Ro-ro	150	120	120	100	100	100
Mercancía general	150	120	150	150	120	150

Tabla 9. Rendimientos de descarga

b) Rendimientos de manejo de entrada

El manejo de entrada prioriza desahogar el muelle y estabilizar inventario en patio/tanque.

En contenedores, la cifra adoptada es deliberadamente igual o superior a la descarga: el flujo hacia el stack se beneficia de preaviso y OCR en puertas y de la playa ferroviaria (Bilbao) o vías internas (Santander), de modo que el cuello de botella no se traslada a la puerta.

En sólidos, el parámetro refleja nº de cargaderos simultáneos, capacidad de silos intermedios y tasa de básculas, permitiendo lotes homogéneos sin interrupciones. Mientras que en graneles líquidos, la simetría de caudales muelle↔tanque aconseja mantener una tasa de entrada alineada con el bombeo por isla, fijada por criterios HSE.

En ro-ro, la entrada combina inspecciones y parciales de inventario, por lo que se parametriza para absorber picos de llegada sin colapsar viales. En mercancía general, por

su parte, la entrada acelera la retirada de línea de muelle hacia áreas de lay-down, aceptando variabilidad pieza a pieza. (Infraestructura de soporte: gates automatizados y terminal ferroviaria en Bilbao; rampas y viales de alta capacidad en Santander).

Tipo de mercancía	Rendimientos de manejo de entrada (t/h)					
	Bilbao			Santander		
	Barco	Tren	Camión	Barco	Tren	Camión
Contenedores	300	250	250	200	150	180
Granel sólido	400	350	300	300	250	250
Granel líquido	600	500	450	500	400	400
Ro-ro	150	150	150	120	100	120
Mercancía general	200	180	200	180	160	180

Tabla 10. Rendimientos de manejo de entrada.

c) Rendimientos de manejo de salida

La salida incorpora planificación fina (estiba por bay/row/tier en contenedores, formación de trenes completos, ventanas de atraque) y controles documentales, por lo que, en varias familias, el rendimiento adoptado iguala o queda por debajo del de entrada.

En contenedores, casar el plano de estiba con la secuencia de grúas y las verificaciones aduaneras justifica una tasa algo menor. En sólidos, cuando el cuello de botella es el buque (limpieza de bodegas, cambios de producto) la salida se mantiene en el orden de la entrada; si limita el acopio disponible, el modelo contempla ligeras reducciones. En líquidos, la simetría física del sistema (mismas líneas y bombas) hace razonable mantener la misma tasa en ambos sentidos. En ro-ro, la salida se ajusta al ritmo seguro de rampa para evitar atascos en cubierta. En mercancía general, la expedición añade preparación y comprobación, de ahí un promedio algo más conservador. (Contexto de Bilbao: 4.238 trenes en 2023 y 29% del contenedor por ferrocarril; contexto de Santander: doble atraque habilitado en Raos 3 y nuevas rampas en Raos 7–8, que aportan resiliencia operativa sin alterar la tasa unitaria por equipo).

Tipo de mercancía	Rendimientos de manejo de salida (t/h)					
	Bilbao			Santander		
	Barco	Tren	Camión	Barco	Tren	Camión
Contenedores	200	180	150	120	100	120
Granel sólido	400	350	300	300	250	250
Granel líquido	600	500	400	500	400	400
Ro-ro	150	120	120	100	100	100
Mercancía general	150	120	150	150	120	150

Tabla 11. Rendimientos de manejo de salida.

d) Tiempos de almacenamiento

Los tiempos de estancia se han definido como bandas operativas que absorben variaciones de demanda, meteorología y coordinación intermodal, sin convertir el patio o el tanque en depósito de largo plazo.

En contenedores, rangos de 2–5 días (según modo) reflejan la rotación de stack asociada a citas y frecuencia de servicios. En sólidos, un dwell algo mayor responde a acopio/homogeneización del producto, formación de trenes o acumulación de tonelaje mínimo para embarque, con colchones meteorológicos. En líquidos, el tanque actúa como pulmón: en Bilbao, la red de poliductos entre Punta Lucero y la refinería (línea de crudo 42", líneas de productos) y nuevas inversiones en terminales de biocombustibles (Exolum) permiten mantener rangos cortos sin penalizar disponibilidad; en ro-ro, el equilibrio está entre sincronizar rotaciones marítimas y consolidar convoyes; en mercancía general, los plazos más amplios cubren cargas de proyecto y disponibilidad de medios.

Tipo de mercancía	Tiempo de almacenamiento (Dwell) (días)					
	Bilbao			Santander		
	Barco	Tren	Camión	Barco	Tren	Camión
Contenedores	3 – 5	3 – 4	2 – 4	4 – 6	5 – 7	3 – 5
Granel sólido	4 – 6	3 – 5	3 – 4	5 – 7	4 – 6	3 – 5
Granel líquido	1 – 2	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5	1 – 2	2 – 3	2 – 3
Ro-ro	2 – 4	3 – 5	1 – 2	3 – 5	4 – 6	2 – 3
Mercancía general	5 – 8	5 – 7	4 – 6	7 – 10	6 – 9	5 – 8

Tabla 12. Tiempos de almacenamiento

e) Frecuencias diarias

Las frecuencias adoptadas validan que, con los rendimientos μ y dwell anteriores, el sistema opera en régimen estable: la tasa de llegada λ por modo y familia queda por debajo de la tasa efectiva de servicio de cada subsistema (muelle, patio/tanque, puertas, playas), evitando colas estructurales.

Las frecuencias adoptadas validan que, con los rendimientos (μ) y dwell anteriores, el sistema opera en régimen estable: la tasa de llegada (λ) por modo y familia queda por debajo de la tasa efectiva de servicio de cada subsistema (muelle, patio/tanque, puertas, playas), evitando colas estructurales. En contenedores, la combinación de productividad de grúa y gates/hora sostiene el volumen de camiones y trenes/día sin rebasar el umbral; en sólidos, el número de trenes y camiones/día cierra el balance entre descargas y expediciones con acopios previstos; en líquidos, pocas llegadas de buque compensadas por altos caudales mantienen líneas y tanques disponibles; en ro-ro, la granularidad de escalas y el dimensionamiento de rampa justifican el goteo de unidades; en mercancía general, la pauta de llegadas acompasa operaciones de estiba y disponibilidad de equipos. En Bilbao, el peso del ferrocarril (4.238 trenes/año y 29% del contenedor por tren) refrenda la estabilidad de los flujos terrestres; en Santander, las rampas nuevas y la ampliación de capacidades en Raos (doble atraque en 3; rampa en 7–8; desarrollo de Raos 6) soportan las frecuencias planteadas para ro-ro y general.

Tipo de mercancía	Bilbao			Santander		
	Buques/día	Trenes/día	Camiones/día	Buques/día	Trenes/día	Camiones/día
Contenedores	1,54	3,25	421,15	0,15	0,19	45,06
Granel sólido	1,23	0,31	363,53	0,20	1,14	374,29
Granel líquido	2,11	N/A	150,82	0,17	N/A	15,87
Ro-ro	0,35	N/A	5,00	2,02	0,89	36,21
Mercancía general	1,29	0,42	307,09	1,66	0,39	172,51
Global	6,52	3,98	1.247,59	4,20	2,62	643,94

Tabla 13. Frecuencias diarias

6.3. Modelos de simulación

Los modelos se han implementado en AnyLogic como módulos independientes por puerto (Bilbao, Santander) y por familia de mercancía (contenedores, granel sólido, granel líquido, ro-ro y mercancía general). Cada módulo reproduce, con lógica homogénea y parsimoniosa, la secuencia operativa descarga → manejo de entrada → almacenamiento (dwell) → manejo de salida mediante cuatro *delays* en serie. El origen marítimo se encamina a tierra según el reparto modal observado, pero sin competir por recursos ni generar colas: el objetivo es explicativo, no de estrés ni de optimización. Los rendimientos (t/h) de descarga y de manejo provienen de las Tablas 9–11; los dwell se fijan con valores representativos en el centro de las bandas de la Tabla 12; y las frecuencias diarias (Tabla 13) cierran el balance para asegurar régimen estable. La unidad de proceso interna es un lote de 25 t.

A efectos de lectura, se reportan dos salidas complementarias y directamente interpretables. La primera es el tiempo medio por fase (h) y el peso relativo del almacenamiento en el ciclo de una unidad representativa.

Mercancía	Descarga (h)	Manejo entrada (h)	Almacenamiento (h)	Manejo salida (h)	Tiempo total (h)	% en almacenamiento
Contenedores	0.13	0.08	96.00	0.13	96.33	99.66
Granel sólido	0.05	0.06	120.00	0.06	120.18	99.85
Granel líquido	0.04	0.04	36.00	0.04	36.12	99.67
Ro-ro	0.17	0.17	72.00	0.17	72.50	99.31
Mercancía general	0.17	0.12	156.00	0.17	156.46	99.71

Tabla 14. Tiempos por fase y peso relativo del almacenamiento en el puerto de Bilbao

Mercancía	Descarga (h)	Manejo entrada (h)	Almacenamiento (h)	Manejo salida (h)	Tiempo total (h)	% en almacenamiento
Contenedores	0.21	0.13	120.00	0.21	120.56	99.54
Granel sólido	0.08	0.08	144.00	0.08	144.25	99.83
Granel líquido	0.05	0.05	36.00	0.05	36.20	99.45
Ro-ro	0.25	0.21	96.00	0.25	96.71	99.26
Mercancía general	0.17	0.14	204.00	0.17	204.49	99.76

Tabla 15. Tiempos por fase y peso relativo del almacenamiento en el puerto de Santander

De estos resultados se puede obtener que el almacenamiento domina el ciclo ($\approx 99\%$ del tiempo) en todas las familias; por lo que la fase crítica para recortar tiempos pasa principalmente por la reducción del dwell.

La segunda salida analiza la productividad y stock en curso por puerto y familia: *throughput* diario y anual, porcentaje de tiempo en almacenamiento y un *WIP* (trabajo en curso) estimado con la identidad $WIP = \lambda \cdot dwell$ medio, siendo λ el *throughput* terrestre medio diario en toneladas/día. En este contexto, *throughput* es el flujo de salida del subsistema en régimen estable (toneladas/día y su equivalente anual), y *WIP* la masa media en proceso asociada al tiempo de permanencia característico.

Mercancía	Trenes/día	Camiones/día	Throughput terrestre* (t/día)	Throughput terrestre* (t/año)	Dwell medio (días)	% Dwell	WIP ($\lambda \cdot dwell$) (t)
Contenedores	3.25	421.15	13 779	5 030 269	4.00	99.66	55 116
Granel sólido	0.31	363.53	9 398	3 431 371	5.00	99.85	46 990
Granel líquido**	0.00	150.82	3 771	1 376 233	1.50	99.67	5 657
Ro-ro	0.00	5.00	125	45 625	3.00	99.31	375
Mercancía general	0.42	307.09	8 097	2 955 486	6.50	99.71	52 631

* Throughput terrestre computado con 1000 t/tren y 25 t/camión

**Granel líquido no se incluye el flujo por tubería

Tabla 16. Análisis de la productividad y stock en curso en el puerto de Bilbao

Mercancía	Trenes/día	Camiones/día	Throughput terrestre* (t/día)	Throughput terrestre* (t/año)	Dwell medio (días)	% tiempo en almacenamiento	WIP $\approx \lambda \cdot \text{dwell}$ (t)
Contenedores	0.19	45.06	1 317	480 523	5.00	99.54	6 585
Granel sólido	1.14	374.29	10 497	3 831 491	6.00	99.83	62 982
Granel líquido**	0.00	15.87	397	144 849	1.50	99.45	596
Ro-ro	0.89	36.21	1 795	655 251	4.00	99.26	7 180
Mercancía general	0.39	172.51	4 703	1 716 504	8.50	99.76	39 976

*Throughput terrestre computado con 1000 t/tren y 25 t/camión

**Granel líquido no se incluye el flujo por tubería

Tabla 17. Análisis de la productividad y stock en curso en el puerto de Santander

Los resultados confirman que, en un régimen sin colas ni competencia por recursos, el almacenamiento domina el tiempo de ciclo con pesos próximos al 99 % en todas las familias y puertos. En Bilbao, el granel líquido muestra tiempos de manipulación muy contenidos, pero su alto throughput diario convierte al WIP en el mayor del conjunto, lo que obliga a una disciplina fina de ventanas de bombeo y coordinación muelle-tanque para evitar picos de inventario. Los graneles sólidos y la mercancía general acumulan dwell superiores, de 5 y 6,5 días respectivamente, que sitúan su WIP en el entorno de 53 kt pese a un flujo diario menor que el de líquidos; las mejoras se deben enfocar a la dosificación a parque (lotes homogéneos, básculas y cargaderos sincronizados) para acortar permanencias sin trasladar cuellos. En contenedores, aun con rendimientos de muelle elevados, el tiempo total está gobernado por el stack: reducir desde 4 días hacia la banda baja exige preaviso, cita y precarga, de modo que el gate y la playa ferroviaria absorban los picos sin alargar la estancia.

En Santander emerge un patrón similar, con dwell representativos más altos que en Bilbao y, por tanto, con mayores WIP relativos a igual flujo. El granel sólido es el principal contribuyente al stock en curso por su combinación de 6 días de permanencia y más de 10 kt/día de throughput, lo que hace recomendable un calendario de trenes y camiones más compacto y la explotación de puntos de cruce intraportuarios para estabilizar rotaciones. El ro-ro concentra un WIP elevado por la granularidad de escalas y la consolidación en campas; la UTI no acompañada y la secuenciación de rampas en ventanas fijas reducen sensiblemente su permanencia efectiva. En contenedores, el incremento de dwell a 5 días frente a Bilbao refuerza la prioridad de gates inteligentes, OCR/QR y slots vinculantes para recortar el tiempo en stack sin penalizar la puerta.

En conjunto, la solución para mejorar el desempeño pasa por reducir dwell mediante ventanas de entrada/salida bien diseñadas, preaviso documental, compactación de franjas y secuencias mar-tierra estables. La traducción operativa es directa: cada día de permanencia recortado disminuye el WIP y libera capacidad equivalente en patio/tanque, con impactos inmediatos en fiabilidad, coste generalizado y huella ambiental.

7. Propuestas de desarrollo intermodal

Tras el análisis detallado del tráfico portuario, las infraestructuras existentes y las capacidades operativas actuales, este capítulo plantea una propuesta integrada de mejora para la conexión ferroviaria entre los puertos de Bilbao y Santander. El objetivo es avanzar desde un modelo fragmentado y con escasa cuota ferroviaria hacia un sistema logístico intermodal robusto, interoperable y competitivo, alineado con los estándares europeos.

Las propuestas se formulan con foco exclusivo en mercancías, partiendo de accesos portuarios en ancho ibérico no electrificado, longitudes actuales de 450–550 m y continuidad operacional durante obras. Se asume coordinación con ADIF para disponibilidad de surcos en tramos mixtos y una demanda compatible con los horizontes 2026–2030 definidos en capítulos previos.

La propuesta se articula en torno a cuatro grandes bloques: la definición de escenarios estratégicos de desarrollo, las intervenciones necesarias en las terminales logísticas de ambos puertos, la integración física y funcional con los trazados ferroviarios contemplados en el estudio base del MITMA, y la identificación de los requisitos técnicos y operativos clave que habiliten una explotación intermodal eficiente.

7.1. Escenarios estratégicos de mejora

A partir del diagnóstico elaborado en los capítulos anteriores, se propone una hoja de ruta articulada en cuatro escenarios de desarrollo, ordenados de menor a mayor intervención. Su finalidad es ofrecer un marco claro para desplegar actuaciones coherentes con la naturaleza intermodal del proyecto y con la planificación vigente.

a) Escenario 0 – Situación actual

Constituye la línea base sobre la que medir el efecto de las actuaciones. Recoge la operativa vigente en ambos puertos, con accesos y redes interiores en ancho ibérico no electrificado, longitudes útiles limitadas y coexistencia con tráfico viario en determinados ámbitos.

La circulación ferroviaria se apoya en maniobras con tracción diésel o dual y en procedimientos mayoritariamente manuales de coordinación patio–muelle. Para eventuales relaciones entre puertos se emplean itinerarios existentes, con trenes típicamente comprendidos entre 450 y 550 m.

b) Escenario 1 – Optimización operativa y digital

Este primer salto persigue mejorar la eficiencia sin alterar de forma significativa la infraestructura. Se fundamenta en la programación fina de surcos y en la sincronización de ventanas horarias entre puerto, terminal y RFIG para trenes de hasta 550 m; en la integración de sistemas de gestión de operaciones de terminal (TOS) y plataformas de comunidad portuaria con preaviso de UTI, cita previa de puerta y documentación electrónica; y en la estandarización de maniobras mediante procedimientos operativos comunes que reduzcan ineficiencias en patio.

La puesta en marcha de un servicio de lanzadera intermodal multicliente, con frecuencias fijas sobre los itinerarios disponibles y foco en UTI no acompañada y contenedor, completa el conjunto.

Como requisitos habilitadores se contemplan acuerdos marco con el administrador de infraestructuras y operadores, un cuadro de mando compartido y niveles de servicio verificables, manteniendo la neutralidad competitiva.

c) Escenario 2 – Refuerzo selectivo de terminales y accesos

El segundo escalón incorpora intervenciones focalizadas en primera y última milla para ganar capacidad, seguridad y regularidad. Incluye la extensión de longitudes útiles en playas clave hasta 550 m, la dotación o mejora de vías de apartado para cruce y adelantamiento, ajustes de gálibo funcional en accesos portuarios y ramales internos para UTI y semirremolques, y la optimización de radios y aparatos de vía en puntos críticos.

Se prevé además la automatización puntual de procesos, mediante portales OCR/QR, básculas integradas, *gates* inteligentes y trazabilidad en tiempo real, y la preinstalación de energía y comunicaciones de cara a futuras electrificaciones o sistemas ERTMS donde resulte pertinente.

Operativamente, este escenario posibilita rotaciones regulares con trenes de 500 –550 m orientados a contenedor, siderurgia y ro-ro, con tiempos de ciclo acotados y una coordinación obra – operación que minimice afecciones durante la ejecución.

d) Escenario 3 – Integración avanzada con el trazado proyectado y nodos estratégicos

El último bloque persigue la coherencia plena entre las actuaciones en terminal y la nueva conexión ferroviaria Santander – Bilbao proyectada en el estudio base, incorporando los nodos logísticos estratégicos del corredor. Comprende la puesta en servicio de accesos ferroviarios avanzados al Puerto de Bilbao, incluida la conexión funcional con la Variante Sur Ferroviaria y el Túnel de Serantes, y la activación de la estación intermodal vinculada a La Pasiega en el entorno de Santander.

Todo ello se acompasa con la adaptación progresiva de patios y aparatos de vía para longitudes objetivo de 550 – 740 m, la previsión de soluciones de ancho mixto en emplazamientos estratégicos y la compatibilización con estándares europeos de intermodalidad en términos de gálibo y carga por eje.

En este marco, se contempla la operación de un servicio lanzadera dedicado Bilbao – Santander con rotación estable y su encaje con servicios nacionales hacia la Meseta y el Eje del Ebro a través de nodos interiores. La digitalización se plantea de extremo a extremo, mediante la aplicación de ETA predictivo, asignación dinámica de recursos y KPIs compartidos, condicionada, a la disponibilidad de surcos en tramos mixtos y a un esquema comercial *open access* con compromisos de volumen y puntualidad.

Escenario	Propósito	Longitud objetivo (m)	Intensidad inversora	Horizonte	Palancas clave
E0 – Situación actual	Línea base para medir mejoras/KPI	450–500	Nula	Actual	- Operativa vigente; - Medición KPI
E1 – Optimización operativa y digital	Ganancia inmediata sin obra	≤550	Baja	0–12 meses	- Surcos/ventanas; - TOS – PCP/EDI; - SLA/KPI
E2 – Refuerzo selectivo 1.ª/última milla	Capacidad y fiabilidad estructural	550	Media	12–24 meses	- Apartaderos/escapes; - Gálbo/radios; - Gates OCR/pesaje
E3 – Integración avanzada	Trenes largos e interoperabilidad plena	≥740	Alta	2030	- Conexión VSF – Serantes; - La Pasiega; - Ancho mixto; - Surcos recurrentes

Tabla 18. Escenarios estratégicos de mejora

7.2. Actuaciones sobre terminales portuarias e intermodales

Con el fin de habilitar una explotación intermodal coherente entre los puertos de Bilbao y Santander, se plantean actuaciones graduadas por niveles de intervención, en sintonía con los escenarios definidos. Cuando se haga referencia al escenario de optimización operativa y digital (E1) se alude a medidas organizativas y de sistemas sin obra mayor; el escenario de refuerzo selectivo (E2) incorpora obra ligera en primera y última milla; y el escenario de integración avanzada (E3) acomoda la conexión funcional con los accesos ferroviarios proyectados y la preparación para longitudes y estándares europeos superiores.

a) Puerto de Bilbao

En un primer ámbito de actuación, correspondiente al E1, se propone afinar la programación de surcos y sincronizar ventanas horarias entre muelles, patios y Red Ferroviaria de Interés General, de modo que los trenes de hasta 550 m roten con mayor regularidad y menor tiempo ocioso en vía. Este ajuste operativo se acompaña de la integración de los sistemas de gestión de terminal y de comunidad portuaria, con preaviso de unidades de transporte intermodal, cita previa de puerta y documentación electrónica, además de la estandarización de maniobras y entregas mediante procedimientos operativos comunes. La trazabilidad en tiempo real, basada en *gates* inteligentes, lectura OCR/QR y pesaje integrado, refuerza el control de la operativa sin necesidad de obra.

En un segundo escalón, alineado con el E2, las actuaciones se concentran en la capacidad física de patios y accesos internos. Se prevé extender la longitud útil de las playas ferroviarias prioritarias en AZ1/Santurtzi y en los ejes de Zierbena y Ortuella hasta 550 m, creando o mejorando vías de apartado y escape que permitan el cruce y el adelantamiento

de composiciones sin interferir con las maniobras. Allí donde resulte necesario, se plantean ajustes puntuales de aparatos de vía, radios y gálbo funcional para favorecer el paso de UTI y semirremolque no acompañado, junto con la supresión o protección reforzada de los cruces a nivel con la red viaria interior. Paralelamente, se recomienda prever canalizaciones y espacios técnicos para futuras instalaciones de energía y comunicaciones asociadas a eventuales electrificaciones o a sistemas de señalización avanzados.

Finalmente, en el E3 se aborda la integración física y funcional con los accesos ferroviarios de altas prestaciones previstos para el entorno metropolitano, en particular la conexión operativa con la Variante Sur Ferroviaria y el Túnel de Serantes. En este marco, los patios se adaptarían progresivamente para recibir trenes de 550 a 740 m en un haz de referencia, con adecuación de toperas y aparatos de vía, y se contemplaría la compatibilización con soluciones de ancho mixto en emplazamientos estratégicos. La digitalización pasaría a ser de extremo a extremo, con estimación de hora prevista de llegada (ETA) y asignación dinámica de recursos, condicionada siempre a la disponibilidad de surcos en tramos mixtos y a un esquema de explotación *de acceso abierto* con compromisos de regularidad.

b) Puerto de Santander

En el plano operativo inmediato, correspondiente al E1, se plantea ordenar la rotación de trenes lanzadera, especialmente los vinculados a automoción y a la incipiente demanda de contenedores, mediante la sincronización puerto-terminal y la implantación de cita previa de puerta, preaviso de UTI y lectura automática en accesos. La adopción de procedimientos normalizados para las maniobras entre la terminal de Nueva Montaña y los muelles de Raos permite reducir tiempos de reposicionamiento y homogenizar la entrega-recepción con los operadores ferroviarios.

En el escenario de refuerzo selectivo, las actuaciones se concentran dentro de los recintos portuarios y en sus patios para estabilizar rotaciones con composiciones de 500–550 m. En Nueva Montaña y los ramales internos hacia Raos se prioriza la reconfiguración de playas para homogeneizar longitudes útiles, la incorporación de una vía mango que ordene maniobras y la mejora de escapes que eviten bloqueos en horas punta. Se dotan pequeños apartaderos y puntos de cruce intraportuarios que permitan gestionar trenes concurrentes sin penalizar operaciones de carga/descarga.

De forma complementaria, se ejecutan ajustes de gálbo funcional y radios en viales y accesos internos para garantizar el tránsito de UTI y semirremolque no acompañado, y se despliegan puertas inteligentes integradas con el sistema de terminal para reducir permanencias y tiempo de ciclo. Todo ello se fasea con ventanas de obra y procedimientos de coordinación que minimicen afecciones.

El E3 introduce la preparación del sistema para su acoplamiento con la estación intermodal del Llano de la Pasiega. En este escenario, los interfaces operativos y documentales de Nueva Montaña y Raos se homologan con los previstos en la nueva instalación, de modo que la transferencia puerto-intermodal se realice con ventanas horarias sincronizadas, estándares comunes de trazabilidad y longitudes objetivo que puedan evolucionar desde 550 m hacia 740 m a medida que la infraestructura lo permita.

La conexión con la red general en ancho ibérico se mantendría, previendo la compatibilidad con soluciones de ancho mixto si resultaran pertinentes en fases posteriores.

c) Nodos interiores y plataformas logísticas

En relación con Pancorbo, vinculado al Puerto de Bilbao, el E1 se orienta a la integración de la planificación semanal y de la reserva de *slots* con el puerto, estableciendo calendarios de operación preacordados y ventanas nocturnas de alta fiabilidad. Sobre esa base, el E2 activa la explotación regular de trenes completos con longitudes objetivo de 550 m, asegurando la compatibilidad geométrica del haz de recepción–expedición y la segregación de áreas de acopio para intercambio tren–camión. A medida que el sistema madure, el E3 permitiría evolucionar hacia composiciones de hasta 740 m en un haz de referencia y conectar de forma integrada con servicios hacia la Meseta y el Eje del Ebro.

En La Pasiega, asociada al Puerto de Santander, el E1 se centra en alinear desde el inicio los requisitos documentales, de trazabilidad y de asignación de recursos con los del recinto portuario, facilitando un arranque sin fricciones. El E2 acompaña el diseño constructivo de la estación intermodal con un doble haz de recepción–expedición y vías útiles preparadas para 550 m, reservando espacio y soluciones técnicas para su ampliación. Finalmente, el E3 prevé la puesta en servicio coordinada del enlace ferroviario directo con el puerto, la operación de lanzaderas puerto–intermodal con frecuencias fijas y la preparación para niveles superiores de interoperabilidad conforme a los estándares europeos.

7.3. Integración efectiva con el trazado ferroviario propuesto

La integración física y funcional entre las terminales portuarias y el trazado ferroviario contemplado en el estudio base del MITMA se concibe como un proceso gradual, alineado con los escenarios definidos y pensado para asegurar continuidad operativa durante la transición. Con independencia de la familia de alternativas que finalmente se materialice, se adoptan principios comunes de diseño, tales como la compatibilidad geométrica, la preparación para longitudes objetivo, la interoperabilidad y la digitalización extremo a extremo, que permitan escalar la capacidad sin rupturas de servicio ni sobrecostes de coordinación.

En el escenario de optimización operativa y digital (E1), la integración se apoya en la infraestructura existente y en la gestión fina de la capacidad. Ello implica coordinar surcos y ventanas horarias entre los accesos ferroviarios actuales de ambos puertos y la Red Ferroviaria de Interés General, de manera que las circulaciones portuarias se inserten con regularidad en los tramos mixtos sin generar conflictos con otros tráficos.

La interoperabilidad funcional y digital, mediante la integración de sistemas TOS y la plataforma de comunidad portuaria (PCP) con los sistemas de los administradores de infraestructura y de los operadores, debe habilitar un intercambio de información en tiempo real que permita reducir tiempos de ocupación de vía y minimizar maniobras improductivas en los cuellos de botella de primera y última milla. En este escenario, cualquier servicio lanzadera entre puertos o puerto–nodo interior se apoya en itinerarios

existentes, con protocolos documentales y operativos homogéneos que faciliten su réplica cuando entren en servicio nuevos tramos del corredor.

En el escenario de refuerzo selectivo (E2), la integración adopta una dimensión físico-funcional centrada en la primera y la última milla, preparando los puntos de entronque con el trazado proyectado sin acometer todavía obras de gran alcance. Se adecúan los cuellos de conexión entre los haces de recepción/expedición y los ramales de acceso a la RFIG, optimizando aparatos de vía y radios en el propio entronque, y asegurando gálibo P/C en los tramos exteriores inmediatos que canalizarán las nuevas circulaciones.

En paralelo, se prevén vías de apartado y escape en las proximidades de los nudos de conexión para absorber desequilibrios de llegada/salida y evitar bloqueos de la red troncal. Esta fase incluye la preinstalación de energía y telecomunicaciones en los accesos de mayor criticidad y la adecuación de enclavamientos y telemando para una futura explotación coordinada con los nuevos tramos.

En términos de explotación, se definen diagramas de rotación que vinculan patios, apartaderos y nudos de cruce, de modo que la inserción de los trenes portuarios no dependa de maniobras no planificadas, sino de reglas operativas estables que ya anticipen el régimen del corredor proyectado.

En el escenario de integración avanzada (E3), la puesta en servicio de los accesos ferroviarios de altas prestaciones y de los nuevos nudos logísticos exige una integración plena entre diseño, señalización y explotación.

En el entorno de Bilbao, ello comporta la conexión operativa con la Variante Sur Ferroviaria y el Túnel de Serantes, sincronizando interbloqueos, telemando y repositorios de datos operativos para que el tránsito puerto – red troncal se realice con longitudes objetivo de 550 – 740 m, cargas por eje compatibles con los estándares europeos y tiempos de ocupación de itinerario acotados.

En el entorno de Santander, la estación intermodal de La Pasiega se configura como nodo de intercambio con doble haz de recepción/expedición, dimensionado para esas longitudes objetivo, articulando lanzaderas puerto – intermodal con ventanas horarias fijas y acoplando sus procedimientos documentales y de trazabilidad con los del recinto portuario y la red general.

Allí donde sea pertinente, se prevé la disponibilidad de ancho mixto en playas estratégicas, para facilitar la interoperabilidad con los corredores europeos, así como la preparación de gálibo para transporte combinado y reservas físicas que permitan la evolución tecnológica, sin afectar a la continuidad del servicio.

La explotación del corredor se completa con surcos recurrentes para trenes portuarios, jerarquía de prioridades y niveles de servicio verificables, gestionados desde centros de regulación con información predictiva basada en tiempos estimados de llegada.

La integración descansa en un conjunto acotado de interfaces críticas, como los accesos ferroviarios en Bilbao y Santander, los entronques con la red general o la sincronización de sistemas y publicación de horarios, que ordenan la transición hacia el régimen objetivo. Su validación se articula mediante criterios de aceptación de integración definidos a escala

de interfaz y de proceso como pueden ser la continuidad de vía y los enclavamientos, las longitudes útiles en los haces de referencia, la publicación estable de surcos o la trazabilidad operativa y coordinación del control de tráfico. Para preservar la continuidad del servicio, estos criterios deben comprobarse de forma escalonada, con pruebas previas y evidencias verificables.

7.4. Requisitos técnicos y operativos para la intermodalidad eficiente

La consolidación de un sistema intermodal competitivo entre los puertos de Bilbao y Santander exige, además de las actuaciones físicas y organizativas ya descritas, fijar condiciones mínimas de prestación y un método de seguimiento y mejora continua que aporten capacidad, previsibilidad y costes contenidos.

Para ello se definen indicadores de control con umbrales de aceptación (objetivo, nivel de alerta “ámbar” y nivel “rojo”) que actúan como puntos de control para el paso entre escenarios (optimización operativa y digital, refuerzo selectivo de primera/última milla e integración avanzada).

La calidad de la explotación en red depende de la estandarización de longitudes, del aprovechamiento de cada circulación y de la estabilidad horaria en tramos mixtos. El cuadro siguiente recoge los umbrales que permiten anticipar desajustes con impacto directo en capacidad y puntualidad.

Indicador	Objetivo	Umbral ÁMBAR	Umbral ROJO
Longitud media de tren	≥ 550 m (progresión hacia 740 m)	< 550 m durante 3 semanas	< 500 m
Porcentaje de trenes ≥ 740 m	≥ 40 % (a 12 meses)	10 puntos porcentuales por debajo del objetivo	20 puntos porcentuales por debajo del objetivo
Aprovechamiento medio del tren	≥ 80 %	< 75 %	< 70 %
Puntualidad de paso	≥ 95 %	< 93 %	< 90 %
Cancelaciones	≤ 2 %	> 3 %	> 5 %
Tiempo de ciclo del tren	≤ 16 h	> 18 h	> 20 h

Tabla 19. Indicadores de operación ferroviaria

Si la longitud media desciende de los 550 metros, se estandarizan composiciones de referencia y se ordena la carga para evitar cortes y recomposición, reservando ventanas de maniobra que eliminen maniobras extraordinarias.

Cuando el objetivo de trenes de 740 metros no progresa, se incrementan circulaciones piloto en el haz preparado y, si fuese necesario, se transita temporalmente a una combinación de mercancías de 550 metros con mayor frecuencia mientras se corrigen cuellos de botella de longitud útil, escapes o enclavamientos.

Ante una utilización inferior al objetivo, se refuerza la consolidación multicliente, se ajusta la hora de corte y se compactan franjas horarias; si persiste, se reduce transitoriamente la frecuencia manteniendo la longitud para recuperar ocupaciones.

La puntualidad se estabiliza reubicando trenes en ventanas más estables, fijando tiempos máximos de ocupación por itinerario y reservando apartaderos críticos; y, frente a cancelaciones, se activa análisis de causa raíz, material de reserva y un tren de contingencia con reubicación prioritaria para los cargadores afectados. Un ciclo por encima del objetivo activa mejora continua y reingeniería de maniobras y secuencias patio-vía.

La primera y la última milla condicionan el tiempo de permanencia de las unidades, la ocupación del patio y los tiempos de acceso de carretera, limitando la eficiencia de la terminal. Mantener el ciclo tren dentro de objetivos exige sincronizar puerta-patio-vía y asegurar rotaciones regulares.

Indicador	Objetivo	Umbral ÁMBAR	Umbral ROJO
Permanencia de las unidades en exportación	< 24 h	≥ 24 h	≥ 36 h
Permanencia de las unidades en importación	< 12 h	≥ 12 h	≥ 18 h
Ocupación media del patio	< 65 %	> 70 %	> 80 %
Tiempo medio en el acceso de camiones	< 25 min	> 30 min	> 40 min

Tabla 20. Indicadores de eficiencia de terminal

Si la permanencia en exportación supera los umbrales, se habilitan ventanas dedicadas, precarga y refuerzo de personal en horas punta; en importación, refuerzo de accesos, ampliación de turnos y cita previa obligatoria en picos.

Con ocupación elevada, se reequilibran turnos, se activan barreras móviles, almacenamientos nocturnos y, si es necesario, zonas de desborde; además, se dosifica la entrada mediante la cita previa.

Un tiempo en acceso por encima del objetivo se corrige con carriles rápidos para tráfico programado, más puestos de atención y control de incomparecencias a la cita.

La integridad de la información compartida y la orientación de la mezcla de tráfico hacia el ferrocarril completan el cuadro de control.

Indicador	Objetivo	Umbral ÁMBAR	Umbral ROJO
Movimientos avisados con antelación	$\geq 95 \%$	5 puntos porcentuales por debajo del objetivo	10 puntos porcentuales por debajo del objetivo
Publicación de horas previstas de llegada y salida en tiempo real	100 % de los trenes del servicio	$< 95 \%$	$< 90 \%$
Integridad del intercambio de datos	$\geq 98 \%$	$< 97 \%$	$< 95 \%$
Cumplimiento de la cita previa	$\geq 90 \%$	$< 85 \%$	$< 80 \%$
Disponibilidad del panel de indicadores	En servicio continuo	Caídas puntuales	Caídas recurrentes
Cuota de unidades no acompañadas en tráfico ro-ro	$> 65 \%$	5 p.p. por debajo del objetivo	10 p.p. por debajo del objetivo
Cuota ferroviaria sobre la demanda nacional	$\geq 20-22 \%$ (a 12 meses)	2 p.p. por debajo de la senda	4 p.p. por debajo de la senda
Captación de demanda en el eje Este/Oeste	$\geq 15 \%$	$< 10 \%$	$< 7 \%$

Tabla 21. Indicadores de coordinación de la información y desempeño estratégico

Si el aviso previo de movimientos cae, se endurecen las reglas de admisión, solicitando documentación completa y cita confirmada; y se activan recordatorios automáticos.

Problemas en la publicación de horas previstas o en la integridad de los datos se corrigen con un plan de calidad (validaciones, esquemas de mensajes, canales alternativos en caso de caída) y acuerdos de disponibilidad del servicio.

El cumplimiento de cita se recupera priorizando en el acceso a la carga programada y aplicando penalizaciones por incumplimientos repetidos.

En desempeño estratégico, una cuota baja de unidades no acompañadas se aborda con rediseño de oferta (frecuencias, tarifas, hora de cierre), mientras que la cuota ferroviaria y la captación Este/Oeste se impulsan con incentivos a trenes largos, acuerdos de volumen garantizado y ajustes de frecuencias y precios en las relaciones con mayor potencial.

KPI	Definición	Fórmula / Cálculo	Unidad	Frecuencia	Fuente de datos	Responsable	Objetivo operativo	Umbral ÁMBAR	Umbral ROJO	Acción correctiva
Longitud media de tren	Aprovechamiento de infraestructura	Longitud media mensual de las circulaciones	m	Mensual	ADIF / AP	Operador	≥ 550 (rampa hacia 740)	< 550 3 semanas	< 500	+1 frecuencia con 550; plan de salto a 740 con fecha y composiciones dedicadas
% trenes ≥ 740 m	Cumplimiento de longitud objetivo	(Trenes ≥ 740) / (Total)	%	Mensual	ADIF / AP	Operador	≥ 40 % (a 12 meses)	-10 pp vs objetivo	-20 pp vs objetivo	Reasignar composiciones, reforzar patio nocturno y ventanas de carga
Utilización media del tren	Carga efectiva vs capacidad	(t o UTI por tren) / capacidad	%	Mensual	Operador	Operador	≥ 80 %	< 75 %	< 70 %	Consolidar cargas, compactar slots y optimizar hora de corte
Puntualidad de surcos ($\pm 15'$)	Calidad del surco	(Trenes en ventana) / (Total)	%	Mensual	ADIF	Operador / ADIF	≥ 95 %	< 93 %	< 90 %	Replanificar slots, añadir colchón y priorizar ventanas estables
Cancelaciones	Fiabilidad del servicio	(Cancelados) / (Programados)	%	Mensual	Operador	Operador	≤ 2 %	> 3 %	> 5 %	Activar tren de contingencia y análisis causa raíz (CAPA)
Tiempo ciclo tren	Eficiencia extremo-extremo	Llegada $\rightarrow$ salida (terminal+línea)	h	Mensual	Operador / AP	Operador / AP	≤ 16 h	> 18 h	> 20 h	Kaizen de procesos; reingeniería de maniobras y secuencias
Dwell UTI – Export	Eficiencia terminal export	Gate-in $\rightarrow$ salida tren	h	Mensual	TOS terminal	AP / Terminal	< 24 h	≥ 24 h	≥ 36 h	Ventanas dedicadas, precarga y refuerzo de recursos
Dwell UTI – Import	Eficiencia terminal import	Llegada tren $\rightarrow$ gate-out	h	Mensual	TOS terminal	AP / Terminal	< 12 h	≥ 12 h	≥ 18 h	Refuerzo de gates, turnos extendidos y citas previas

KPI	Definición	Fórmula / Cálculo	Unidad	Frecuencia	Fuente de datos	Responsable	Objetivo operativo	Umbral ÁMBAR	Umbral ROJO	Acción correctiva
Ocupación de patio	Riesgo de congestión	Media mensual de ocupación	%	Mensual	TOS terminal	AP / Terminal	< 65 %	> 70 %	> 80 %	Reequilibrar turnos, vallas dinámicas y <i>buffer</i> nocturno
Tiempo medio en acceso camión	Nivel de servicio a carretera	Entrada → salida camión	min	Mensual	TOS terminal	Terminal	< 25 min	> 30 min	> 40 min	Carril rápido, cita previa obligatoria y refuerzo de ventanillas
Cuota UTI no acompañada (ro-ro)	Ferro-compatibilidad de mercancías	(UTI NA) / (UTI totales)	%	Mensual	AP	AP / Operador	> 65 %	-5 pp vs objetivo	-10 pp vs objetivo	Rediseño oferta NA y paquete comercial específico
Cuota ferroviaria sobre demanda doméstica	Penetración modal	Rail / D	%	Trimestral	AP	AP	≥ 20-22 % (12 meses)	-2 pp vs senda	-4 pp vs senda	Incentivos a trenes largos; plan de recuperación modal
Captación vectorial (Este/Oeste)	Progreso sobre potencial MNT	t captadas / potencial	% (y t/trim)	Trimestral	AP / MNT	AP	≥ 15 %	< 10 %	< 7 %	Acuerdos <i>take-or-pay</i> , ajuste de tarifas y frecuencias
Integridad del intercambio de datos (ETA/ETD)	Calidad de datos operativos	Mensajes correctos / totales	%	Mensual	TOS / EDI	AP / Operador	≥ 98 %	< 97 %	< 95 %	Plan de calidad de datos, validaciones y SLA con proveedores

AP = Autoridades Portuarias de Bilbao/Santander; ADIF = Administrador de Infraestructuras Ferroviarias; UTI = Unidad de Transporte Intermodal; NA = No acompañada; TOS = Sistema de Gestión de Terminal; EDI = Intercambio Electrónico de Datos; ETA/ETD = hora prevista de llegada/salida; pp = puntos porcentuales; CAPA = análisis causa raíz y plan de acciones; SLA = Acuerdo de nivel de servicio

Tabla 22. Indicadores operativos del corredor Bilbao–Santander

8. Evaluación y análisis estratégico

El presente capítulo tiene por objeto valorar comparativamente las alternativas de desarrollo intermodal definidas en el Capítulo 7 y priorizar su despliegue en términos de desempeño técnico-operativo, viabilidad de implantación y contribución a los objetivos estratégicos del corredor.

La evaluación se realiza exclusivamente para tráficos de mercancías, tomando como escenarios evaluables los tres niveles de intervención propuestos, E1 Optimización operativa y digital, E2 Refuerzo selectivo de terminales y accesos y E3 Integración avanzada con el trazado proyectado y nodos estratégicos. Además, se ha considerado el escenario E0 Situación actual únicamente como referencia para el contraste de resultados.

Los valores de desempeño por escenario y horizonte son estimaciones coherentes con los requisitos preestablecidos y con prácticas operativas habituales. Se emplean para construir una comparación multicriterio transparente (WSM/ELECTRE) y no sustituyen a registros operativos. La línea base E0 se presenta como referencia estilizada. Cuando existan datos observados (ADIF, TOS/PCS, operadores), podrán reemplazar estos supuestos manteniendo idénticas reglas de normalización y agregación.

8.1. Objeto, alcance y supuestos de la evaluación

El alcance temporal se fija en dos horizontes: 2026, como hito intermedio de maduración operativa de E1 y primeras actuaciones de E2; y 2030, como horizonte de consolidación del sistema con E2 plenamente operativo y con la entrada en servicio de los elementos nucleares de E3 como un acceso avanzado al Puerto de Bilbao vía VSF – Serantes y la estación intermodal de La Pasiega.

La evaluación se construye con arreglo a las condiciones de continuidad operativa: todas las actuaciones se fasean para mantener el servicio durante obras y la comparación entre escenarios se realiza bajo supuestos homogéneos de demanda, capacidad de red y reglas de explotación.

Los supuestos técnicos se apoyan en la evidencia compilada en los capítulos 3 a 5 y en los estándares operativos definidos en 7.3–7.4. En infraestructura y operación se asumen longitudes útiles de 450–550 m como base en E1–E2 y evolución selectiva a 550–740 m en E3; carga por eje de 22,5 t y gálibo apto para unidades de 4,0 m en los itinerarios designados; accesos portuarios en ancho ibérico, con compatibilidad prevista en playas estratégicas cuando proceda; y una digitalización progresiva: integración básica entre sistemas de gestión de terminal y plataforma portuaria con los operadores y el administrador de la infraestructura en E1; trazabilidad en tiempo real y accesos inteligentes en E2; y, en E3, publicación predictiva de horas previstas (llegada/salida) y asignación dinámica de recursos.

En explotación, la evaluación se apoya en surcos programados y recurrentes para trenes portuarios, reglas de prioridad acordadas y un cuadro de indicadores alineado con lo desarrollado previamente (puntualidad $\pm 15'$, aprovechamiento medio, permanencia en

exportación/importación, tiempo de ciclo del tren, porcentaje de trenes ≥ 740 m, entre otros).

Desde la demanda, se emplean las proyecciones y bandas del Capítulo 5, con factores de domesticidad coherentes con cada puerto ($\approx 0,35$ en Bilbao y $\approx 0,40$ en Santander) y con las metas de cuota ferroviaria por escenario. No se persigue una evaluación coste-beneficio completa, sino una comparación multicriterio basada en desempeño operativo esperado, intensidad relativa de inversión (obra nula/ligera/media), aportación ambiental (trasvase modal y eficiencia energética) y implantabilidad (madurez de hitos, dependencias y gobernanza).

Los umbrales mínimos de viabilidad operativa son los recogidos en la Tabla 18 y actúan como condiciones de aceptabilidad: su incumplimiento sostenido se interpreta como riesgo crítico en la comparación.

Metodológicamente, se aplica un esquema central de Suma Ponderada (WSM), transparente y trazable a los indicadores establecidos, complementado con un contraste de robustez ELECTRE III, que incorpora no-compensación mediante umbrales de indiferencia, preferencia y veto anclados a las bandas objetivo-ámbar-rojo preestablecidas.

Así, la evaluación integra una lectura compensatoria (WSM) y otra no compensatoria (ELECTRE), útil para detectar alternativas que, aun con buena nota agregada, presenten bloqueos por desempeño insuficiente en criterios de servicio críticos.

8.2. Metodología

La evaluación se articula en torno a un esquema cuantitativo principal y a un contraste de robustez complementario, ambos apoyados en los indicadores operativos definidos en el Capítulo 7 y aplicados de forma homogénea a los tres escenarios evaluables (E1, E2, E3) bajo los horizontes 2026 y 2030.

El método central es una Suma Ponderada (WSM) que convierte el desempeño de cada indicador en una puntuación normalizada de 0 a 100 y agrega después dichas puntuaciones mediante pesos previamente acordados. La normalización se ancla a las bandas objetivo-ámbar-rojo de los KPI: el objetivo se corresponde con un desempeño próximo a 100, el rango ámbar se traduce en valores intermedios y la situación roja en puntuaciones bajas, empleando funciones monotónicas que preservan la interpretación operativa de cada umbral. Con esta construcción se garantiza la comparabilidad entre métricas heterogéneas y se evita que la escala de una magnitud arrastre el resultado.

La agregación se realiza primero a nivel de indicador, luego por criterio y finalmente por bloque, aplicando los pesos que se detallarán en el apartado 8.4; el resultado es una puntuación global por escenario y horizonte que permite establecer un orden simple y trazable.

Para reforzar la credibilidad del análisis y atenuar el carácter compensatorio del WSM, se incorpora un contraste mediante ELECTRE III. Este enfoque de sobre clasificación introduce umbrales de indiferencia, preferencia y veto por indicador, derivados de las

mismas bandas objetivo-ámbar-rojo, construye índices de concordancia y discordancia y obtiene una credibilidad de dominancia entre pares de escenarios.

La destilación resultante puede confirmar el orden del WSM o señalar falta de comparabilidad y bloqueos cuando un escenario incumple de forma marcada un criterio crítico, aun si su rendimiento agregado fuese elevado. De este modo, el análisis combina una lectura compensatoria transparente con una lectura no compensatoria que refleja exigencias mínimas de servicio.

La alimentación de ambos métodos se apoya en una matriz de desempeño por escenario y horizonte, construida a partir de tres fuentes: los valores observados y patrones de operación establecidos en los capítulos 3 a 5, las especificaciones y capacidades asociadas a las actuaciones del Capítulo 7 y, cuando proceda, los resultados de simulación operacional del Capítulo 6 o, en su defecto, estimaciones prudentes basadas en reglas de explotación y restricciones físicas.

Cuando existan rangos de incertidumbre, se adopta un valor central para el cálculo principal y se reservan los extremos para los ensayos de sensibilidad. La coherencia entre indicadores se cuida evitando dobles contajes: si dos métricas recogen fenómenos estrechamente correlacionados, su peso relativo se ajusta para no sobrerrepresentar un mismo efecto.

La interpretación de resultados distingue claramente entre aceptabilidad y preferencia. Antes del cálculo, se verifican umbrales mínimos de viabilidad operativa; puntualidad en ventana de ± 15 minutos con objetivo del 95 %, *dwell* de exportación inferior a 24 horas e importación inferior a 12, y cumplimiento de longitudes objetivo por fase.

Si un escenario no alcanza de forma sistemática alguno de estos requisitos, se etiqueta como no aceptable para el horizonte considerado y su puntuación WSM se reporta con una advertencia explícita; en ELECTRE, ese incumplimiento se traduce en umbrales de veto que bloquean su dominancia. De este modo, ninguna ganancia en criterios secundarios puede enmascarar carencias básicas de servicio.

La sensibilidad se aborda por dos vías complementarias. Por un lado, se modifican los pesos de bloques y criterios dentro de bandas razonables, para comprobar la estabilidad del orden resultante. Por otro, se ensayan variaciones en los indicadores críticos dentro de sus rangos de incertidumbre, observando el efecto sobre las puntuaciones normalizadas y, en su caso, sobre los umbrales de preferencia y veto en ELECTRE.

Cuando ambos métodos coinciden en el orden y este se mantiene ante las variaciones probadas, se concluye que el resultado es robusto; si divergen o el orden cambia bajo supuestos plausibles, se documenta la condición bajo la cual se produce la inversión y se señalan salvaguardas operativas.

Finalmente, se preserva la trazabilidad de extremo a extremo. Cada transformación, desde la medición del KPI hasta su puntuación 0-100 y su peso en la agregación, se documenta en tablas de reglas y en fichas de indicador. El resultado cuantitativo se complementa con una lectura cualitativa a través del DAFO por escenario, que contextualiza riesgos, dependencias de hitos y palancas de implementación sin alterar la puntuación.

8.3. Criterios, indicadores y escalas de puntuación

La comparación entre escenarios se realiza a partir de cinco indicadores compuestos, uno por bloque de evaluación. Cada índice resume, en una única escala 0 – 100, el desempeño de sus sub-KPI normalizados con las bandas objetivo-ámbar-rojo definidas en el Capítulo 7 y agregados mediante medias ponderadas.

Para evitar compensaciones indeseadas, se establecen condiciones mínimas de aceptabilidad en los sub-KPI de servicio y se configura veto en ELECTRE III cuando dichos mínimos no se alcanzan, aun cuando el índice compuesto resultase alto.

El Índice Técnico-Operativo (ITO) sintetiza la capacidad y la calidad del servicio ferroviario combinando tres dimensiones: la puntualidad en ventana $\pm 15'$, la eficiencia terminal, que integra *dwell* de exportación e importación y el tiempo de ciclo del tren, y la capacidad efectiva del tren, resultado de la longitud media con refuerzo por el porcentaje de trenes ≥ 740 m.

A efectos de cálculo, se propone una ponderación $0,40 \cdot \text{Puntualidad} + 0,40 \cdot \text{Eficiencia terminal} + 0,20 \cdot \text{Capacidad efectiva}$, con normalización lineal por tramos anclada a las metas operativas: puntualidad objetivo $\geq 95\%$, *dwell* < 24 h en exportación y < 12 h en importación, y longitudes 550–740 m en el haz de referencia. Estas metas actúan como criterios de aceptabilidad y soportan el veto en ELECTRE: un incumplimiento sistemático bloquea la sobre clasificación del escenario.

El Índice Económico-Financiero (IEF) relaciona esfuerzo y rendimiento. Se construye con la intensidad de inversión, menor CAPEX relativo, mayor puntuación; la productividad, combinación de utilización media y tren largo, y la reducción de tiempos respecto a la situación de referencia (E0), reflejando ahorro operativo por menor *dwell* y menor tiempo de ciclo.

La agregación mantiene pesos equilibrados, $0,40 \cdot \text{Inversión invertida} + 0,40 \cdot \text{Productividad} + 0,20 \cdot \text{Reducción de tiempos}$; asegurando que el índice mejore solo cuando el incremento de prestaciones compensa razonablemente el esfuerzo inversor.

El Índice Ambiental-Energético (IAE) sintetiza la aportación de cada escenario a la descarbonización mediante el trasvase modal y la eficiencia operativa. Se construye a partir de tres componentes: la cuota del ferrocarril sobre la demanda doméstica; un indicador de eficiencia energética que valora positivamente las circulaciones con composiciones largas (≥ 740 m) y alta utilización; y la proporción de unidades no acompañadas en el tráfico ro-ro, por su mejor encaje con el ferrocarril.

La normalización premia, a igualdad de demanda, aquellos escenarios que materializan mayores reducciones de emisiones gracias al efecto combinado de una mayor participación del ferrocarril, trenes más largos y mejor grado de ocupación.

El Índice Territorial-Logístico (ITL) mide la capacidad de cada escenario para articular la red y ampliar de forma efectiva el hinterland. Se construye con tres componentes: la conectividad nodal, entendida como la operatividad del acceso VSF–Serantes en Bilbao y de la estación intermodal de La Pasiega en Santander; la captación vectorial Este/Oeste frente al potencial estimado por el Modelo Nacional de Transporte (MNT); y la

interoperabilidad, evaluada por la preparación de gálibo de transporte combinado (P/C) y, cuando proceda, por la disponibilidad de ancho mixto en playas estratégicas.

La escala 0–100 refleja, en consecuencia, hasta qué punto el escenario cierra interfaces críticos, ensancha el mercado servido y se alinea con los estándares europeos de referencia.

El Índice de Implantabilidad-Gobernanza (IIG) evalúa la madurez del escenario y su riesgo de ejecución. Combina, la existencia y operatividad de un marco comercial eficaz, acceso abierto, acuerdos de nivel de servicio con mecanismos de incentivos y penalizaciones, y estímulos a trenes largos; y, un riesgo operativo invertido, construido a partir del “semáforo” de indicadores críticos, de modo que la puntuación disminuye cuando emergen umbrales rojos o una concurrencia de valores ámbar. Con este diseño, el índice favorece los escenarios maduros, gobernables y con capacidad de mantener la continuidad operativa durante la ejecución de obras.

Bloque	Indicador compuesto (0–100)	Orientación	Regla operativa	Peso WSM
Técnico-operativo	ITO = 0,40·Puntualidad + 0,40·Eficiencia terminal + 0,20·Capacidad efectiva	Mayor es mejor	Objetivo≈100 con puntualidad ≥95 %, permanencia exp. <24 h / imp. <12 h y trenes 550–740 m	0,30
Económico-financiero	IEF = 0,40·Inversión (invertida) + 0,40·Productividad + 0,20·Ahorro por reducción de tiempos	Mayor es mejor	Menor CAPEX relativo, más puntos; productividad (t/UTI por tren, turnos); ahorro económico asociado a menos horas.	0,20
Ambiental-energético	IAE = 0,50·Cuota ferroviaria + 0,30·Eficiencia energética + 0,20·UTI no acompañada	Mayor es mejor	Más cuota rail y trenes largos bien cargados = menor huella por t-km; mayor UTI no acompañada en ro-ro favorece el rail.	0,20
Territorial-logístico	ITL = 0,50·Conectividad nodal + 0,30·Captación vectorial + 0,20·Interoperabilidad	Mayor es mejor	Operatividad VSF–Serantes y La Pasiega; captación Este/Oeste vs potencial MNT; gálibo P/C; ancho mixto en playas clave.	0,15
Implantabilidad-gobernanza	IIG = 0,50·Madurez de hitos + 0,30·Marco comercial + 0,20·Riesgo	Mayor es mejor	% de interfaces con criterios de aceptación verificados; acuerdos de nivel de servicio con incentivos/penalizaciones y estímulos a trenes largos; semáforo de KPI críticos.	0,15

Tabla 23. Índices compuestos y pesos para el análisis multicriterio

A partir de estos cinco índices compuestos, la comparación requiere traducir los indicadores operativos a una escala común 0–100. Las tablas siguientes recogen, por bloques, las reglas de normalización por tramos (objetivo–ámbar–rojo) que se aplicarán de forma homogénea en todos los escenarios y horizontes.

El primer bloque se centra en la calidad del servicio en línea: puntualidad, tiempos de ciclo y capacidad efectiva, que nutre de forma directa al índice técnico-operativo y, en parte, al económico-financiero.

KPI	Orientación	Objetivo	Ámbar	Rojo	Regla de normalización
Puntualidad ($\pm 15'$)	Beneficio	$\geq 95\%$	93–95%	$< 90\%$	Lineal por tramos anclada en 95/93/90.
Permanencia exportación	Coste	< 24 h	24–30 h	> 36 h	Lineal por tramos anclada en 24/30/36.
Permanencia importación	Coste	< 12 h	12–15 h	> 18 h	Lineal por tramos anclada en 12/15/18.
Tiempo de ciclo del tren	Coste	≤ 16 h	16–18 h	> 20 h	Lineal por tramos anclada en 16/18/20.
Longitud media de tren	Beneficio	550–740 m	500–550 m	< 500 m	Lineal (500 $\approx$ 70; 550 $\approx$ 80; 600 $\approx$ 90; $\geq$ 740 $\approx$ 100).
% trenes ≥ 740m	Beneficio	40%	10–20%	0%	Bono a “Capacidad”: 0 $\rightarrow$ +0; 10 $\rightarrow$ +5; 20 $\rightarrow$ +10; 40 $\rightarrow$ +20 (capado en 100).
Utilización media del tren	Beneficio	$\geq 80\%$	75–80%	$< 70\%$	Lineal por tramos anclada en 80/75/70.

Tabla 24. Normalización de KPI: servicio ferroviario

El segundo bloque traslada el foco a la primera y la última milla: permanencias en terminal, ocupación de patio y fluidez del acceso viario, variables que condicionan el rendimiento extremo-a-extremo y explican buena parte de las mejoras de eficiencia.

KPI	Orientación	Objetivo	Ámbar	Rojo	Regla de normalización
Ocupación media de patio	Coste	$< 65\%$	70–80 %	$> 80\%$	Lineal por tramos anclada en 65/70/80.
Tiempo medio en acceso camión	Coste	< 25 min	30–40 min	> 40 min	Lineal por tramos anclada en 25/30/40.
Cancelaciones	Coste	$\leq 2\%$	3–5 %	$> 5\%$	Lineal por tramos anclada en 2/3–5/ >5 .
Movimientos avisados con antelación	Beneficio	$\geq 95\%$	90–95 %	$< 85\%$	Lineal por tramos anclada en 95/90/85.

Tabla 25. Normalización de KPI: eficiencia de terminal y acceso.

Una vez fijadas las reglas de medida del desempeño operativo, se incorpora la dimensión ambiental y territorial. Este bloque captura el trasvase modal hacia el ferrocarril y la eficiencia energética asociada a trenes largos y bien aprovechados, así como la integración de nodos y la interoperabilidad física que amplían el hinterland.

KPI	Orientación	Objetivo	Ámbar	Rojo	Regla de normalización
Cuota ferroviaria (demanda doméstica)	Beneficio	22 %	18–22 %	< 15 %	Lineal por tramos anclada en 22/18/15.
UTI no acompañada	Beneficio	> 65 %	55–65 %	< 45 %	Lineal por tramos anclada en 65/55/45.
Captación Este/Oeste	Beneficio	≥ 15 %	10–15 %	< 7 %	Lineal por tramos anclada en 15/10/7.
Conectividad nodal	Beneficio	Ambos operativos	Preparado	Ninguno	Categoría: ninguno=50; preparado=60; uno=80; ambos=100.
Interoperabilidad física	Beneficio	Plena	Parcial	Nula	Categoría: nula=50; parcial=80; plena=100.
Reducción de tiempos vs. E0	Beneficio	≥ 20 %	10–20 %	< 5 %	Lineal por tramos anclada en 20/10/5.

Tabla 26. Normalización de KPI: desempeño ambiental-territorial

Por último, la implantabilidad y la calidad del dato aseguran que las mejoras anteriores sean sostenibles. La gobernanza, acuerdos de servicio, madurez de interfaces y gestión de riesgos; y la integridad de la información en tiempo real actúan como condición de aceptabilidad y soporte para el seguimiento operativo.

KPI	Orientación	Objetivo	Ámbar	Rojo	Regla de normalización
Madurez de interfaces “listo para integrar”	Beneficio	≥ 80 %	60–80 % / 40–60 %	< 40 %	Categoría por tramos: <40=40; 40–60=60–80; 60–80=80–100; ≥80=100.
Marco de explotación (acuerdos y servicio)	Beneficio	En vigor	En negociación	Ausente	Categoría: en vigor=97; negociación=78; ausente=50.
Integridad del intercambio de datos	Beneficio	≥ 98 %	97–98 %	< 95 %	Lineal por tramos anclada en 98/97/95.
Publicación de horas previstas (llegada/salida)	Beneficio	100 % trenes	95–100 %	< 90 %	Lineal por tramos anclada en 100/95/90.
Cumplimiento de cita previa	Beneficio	≥ 90 %	85–90 %	< 80 %	Lineal por tramos anclada en 90/85/80.

Tabla 27. Normalización de KPI: gobernanza y datos

8.4. Ponderación de criterios

La agregación se realiza a nivel de bloque, esto es, sobre los cinco índices compuestos definidos en el apartado anterior. Para preservar la comparabilidad entre horizontes y evitar “ingeniería de pesos”, se adopta un perfil base único para 2026 y 2030. La distribución refleja la centralidad del desempeño técnico-operativo, sin descuidar el esfuerzo inversor ni la contribución ambiental, y sitúa la implantabilidad en un plano equivalente al territorial-logístico.

El perfil base queda fijado en: ITO 30 %, IEF 20 %, IAE 20 %, ITL 15 %, IIG 15 %. Esta elección responde a tres principios: priorizar lo que condiciona la prestación (capacidad, puntualidad y eficiencia de terminal), equilibrar coste-beneficio (productividad e intensidad de inversión) y garantizar que la solución sea implantable en plazo y alineada con la red y los estándares europeos.

En términos de gobernanza, los pesos se asignan con un procedimiento sencillo y transparente basado en el valor marginal de cada bloque: se valora, de forma conceptual, qué salto desde un nivel “ámbar” a “objetivo” aporta más valor marginal al corredor si solo pudiera mejorarse un bloque.

Este ejercicio respalda el 30% para el bloque técnico-operativo; un salto en puntualidad, permanencias y capacidad efectiva eleva directamente cuota modal, reduce costes generalizados y mejora la fiabilidad percibida. El 20% para los bloques económico-financiero y ambiental-energético refleja que productividad y trasvase modal/eficiencia energética son motores del beneficio social.

Los aspectos territorial-logístico e implantabilidad-gobernanza se sitúan en 15 % por su papel habilitador: sin nodos integrados y sin un marco operativo vigente, la prestación no se sostiene, si bien su efecto se materializa a través del resto de bloques.

Para recoger sensibilidades razonables, se declaran dos perfiles alternativos que no sustituyen al base y se emplearán para el ensayo de sensibilidad e incertidumbre. Un perfil de “eficiencia operativa” desplaza peso desde IAE hacia ITO e IEF cuando la prioridad inmediata es recuperar fiabilidad y productividad con obra limitada. Un perfil de “política pública / clima” desplaza peso hacia IAE e ITL cuando priman los objetivos de trasvase modal y articulación de red. En ambos casos se mantiene la suma al 100 % y los resultados se reportan como análisis de sensibilidad, no como orden alternativo.

Bloque	Perfil base	Perfil A: “Eficiencia operativa”	Perfil B: “Política pública / clima”
Técnico-operativo (ITO)	30 %	35 %	25 %
Económico-financiero (IEF)	20 %	25 %	15 %
Ambiental-energético (IAE)	20 %	15 %	30 %
Territorial-logístico (ITL)	15 %	15 %	20 %
Implantabilidad-gobernanza (IIG)	15 %	10 %	10 %
Suma	100 %	100 %	100 %

Tabla 28. Perfiles de ponderación para el análisis de sensibilidad

8.5. Construcción de la matriz de evaluación

La matriz de evaluación recoge, para cada horizonte temporal y para cada escenario, la puntuación de los cinco indicadores compuestos definidos. El proceso es secuencial y homogéneo: primero se calculan los sub-KPI operativos con las bandas objetivo-ámbar-rojo; después se normalizan y se agregan con las ponderaciones internas de cada índice para obtener los cinco valores en escala 0–100; a continuación se verifican las condiciones mínimas de aceptabilidad, puntualidad en ventana $\pm 15' \geq 95\%$ y eficiencia terminal con tiempos de permanencia de exportación < 24 h e importación < 12 h; y, solo si estos requisitos se cumplen de forma consistente para el horizonte considerado, se procede a la agregación final por Suma Ponderada.

En caso contrario, el escenario se reporta como “no aceptable” en ese horizonte, manteniendo sus puntuaciones parciales a efectos informativos y dejando claro que no entra en la valoración de escenarios.

La agregación se realiza con la fórmula $Total = 0,30 \cdot ITO + 0,20 \cdot IEF + 0,20 \cdot IAE + 0,15 \cdot ITL + 0,15 \cdot IIG$, expresando los cinco índices en escala 0–100 y redondeando el resultado a la unidad para su lectura en tabla, conservando dos decimales en los cálculos internos.

a) Horizonte 2026

Matriz de puntuaciones por escenario (2026)				
Indicador compuesto (0-100)	E0	E1	E2	E3
ITO — Técnico-operativo	70	94	97	84
IEF — Económico-financiero	62	82	76	58
IAE — Ambiental-energético	48	66	78	71
ITL — Territorial-logístico	57	65	71	81
IIG — Implantabilidad-gobernanza	78	97	92	81
Aceptabilidad	-	Sí	Sí	No
Total ponderado	-	82	84	-

Tabla 29. Valoración de cada escenario por bloque para el horizonte 2026.

Escenario 1 – Optimización operativa y digital

- **ITO = 94.** En el Escenario 1 la puntualidad en ventana ($\pm 15'$) se fija en 95 % porque es el umbral mínimo de aceptabilidad definido para explotación estable y resulta alcanzable sin obra cuando se ajustan horarios, se sincronizan las ventanas puerto-terminal-red y se implantan procedimientos de preaviso y cita previa; por ello, su normalización vale 100. Las permanencias medias se estiman en 22 h en exportación y 11 h en importación, coherentes con un régimen de documentación electrónica, planificación de cargas y turnos coordinados que recorta esperas respecto a la línea base; junto con un tiempo de ciclo de 17 h, suponiendo una reducción por la realización de maniobras más ordenadas; la eficiencia de terminal resulta $\approx 97,5$ al promediar las tres métricas normalizadas (exportación < 24 h $\rightarrow$ 100; importación < 12 h $\rightarrow$ 100; ciclo 16-18 h $\rightarrow$ 92,5). En capacidad efectiva, se asume una longitud media de 520 m porque, aun generalizándose composiciones hasta 550 m, no todos los haces y accesos permiten esa longitud de forma homogénea; además, no se operan trenes de 740 m, ya que no hay intervenciones físicas de ampliación. Con la regla lineal usada (500 m $\approx$ 70 puntos; 550 m $\approx$ 80), 520 m equivale a ≈ 74 puntos y el bonus por trenes ≥ 740 m es nulo. Aplicando la ponderación, $0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 97,5 + 0,20 \cdot 74$, la agregación es 93,8, que se redondea a 94.
- **IEF = 82.** En el escenario 1, la inversión realizada toma 100 puntos porque se parte de obra nula, de modo que en una escala donde menos inversión relativa puntúa más, este escenario alcanza el máximo. La productividad resulta 55 al combinar dos factores: una utilización media del tren en torno al 78 %, coherente con la compactación de cargas y la reducción de tiempos muertos por preaviso/cita previa. En la función de normalización adoptada, $\geq 80 \% \rightarrow 100$; $75-80 \% \rightarrow 80-100$, ese rango se sitúa en el tramo 75-80 %, lo que equivale a 92 puntos; y un 0 % de trenes ≥ 740 m, al tratarse de un escenario sin actuaciones físicas de ampliación, que se convierte en 0 puntos en la misma escala. Aplicando la ponderación definida para productividad, se obtiene $0,60 \cdot 92 + 0,40 \cdot 0 = 55,2$. La reducción de tiempos frente a

la línea base (E0) alcanza la banda ≥ 20 %, por lo que se puntúa 100. El razonamiento es el siguiente: en E0 el tiempo de referencia T_0 se fijó en 43 h, ($T_0 = \text{ciclo} + \frac{\text{dwell}_{\text{imp}} + \text{dwell}_{\text{exp}}}{2} = 20 + \frac{30+16}{2}$). En E1, con ciclo un ciclo de 17 h, un tiempo de permanencia (dwell) de exportación de 22 h y dwell de importación de 11 h, el tiempo compuesto es 33,5 h ($17 + \frac{22+11}{2}$), lo que supone una reducción del 22,1 % respecto a T_0 y, por tanto, el máximo de la escala. Con estos tres componentes, la agregación del IEF sigue la fórmula establecida ($0,40 \cdot \text{Inversión} + 0,40 \cdot \text{Productividad} + 0,20 \cdot \text{Reducción de tiempos}$): $0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 55,2 + 0,20 \cdot 100 = 82,1$.

- **IAE = 66.** En el escenario 1, la cuota ferroviaria sobre la demanda doméstica se fija en torno al 18,5 % porque refleja una mejora moderada sin obra: la programación fina de trenes, el preaviso documental y la cita previa elevan el trasvase desde la carretera, pero aún no hay trenes largos ni ampliaciones físicas. Su normalización sigue la regla lineal del intervalo 18–22 % $\rightarrow$ 70–90 puntos: a 18,5 % corresponde 72,5 puntos. La eficiencia energética se aproxima combinando dos señales: aprovechamiento del tren y peso de los trenes largos. Con utilización media en torno al 77%, tras compactar cargas y reducir esperas, la normalización cae en el tramo 75 – 80 % $\rightarrow$ 80 – 100 y se toma un valor de 92 por situarse en la franja alta del tramo. En paralelo, en este estadio el porcentaje de trenes ≥ 740 m es nula, de modo que su normalización es 0. La media simple de ambos subindicadores da 46 ($0,50 \cdot 92 + 0,50 \cdot 0 = 46$). En tráficos ro-ro, la proporción de unidad intermodal no acompañada se estima en un 55%. Este incremento frente a la línea base es coherente con la ordenación de ventanas y la cita previa, que facilitan operaciones sin tractor. Según la escala 55–65 % $\rightarrow$ 80–100, 55 % equivale a 80 puntos. Con estas tres piezas, el Índice Ambiental-Energético resulta de la ponderación acordada: $\text{IAE} = 0,50 \cdot 72,5 + 0,30 \cdot 46 + 0,20 \cdot 80 = 66$
- **ITL = 65.** En el escenario 1 la conectividad nodal se valora como preparación de interfaces, sin activación de nuevos accesos troncales, lo que, según la escala definida (ninguno = 50; preparado = 60; un nodo operativo = 80; ambos = 100), equivale a 60 puntos. La captación Este/Oeste respecto al potencial de mercado estimado en el modelo nacional se fija en un rango prudente del 10–12 %, coherente con la puesta en marcha de una lanzadera y la coordinación documental pero sin obras de red: esa fracción se normaliza de forma lineal en la banda operativa y produce alrededor de 63 puntos. La interoperabilidad se considera parcial, con procedimientos y sistemas coordinados, gálibos y longitudes mejorados de forma limitada, que en la escala corresponde a 80 puntos. Con la ponderación establecida para el índice territorial-logístico ($0,50 \cdot \text{conectividad} + 0,30 \cdot \text{captación} + 0,20 \cdot \text{interoperabilidad}$), la agregación es $0,50 \cdot 60 + 0,30 \cdot 63 + 0,20 \cdot 80 = 65$.
- **IIG = 97.** En el escenario 1, la madurez de hitos se valora en 100 puntos porque, conforme a los criterios de aceptación definidos, se da por verificado al menos el 80 % de los interfaces críticos: procedimientos de maniobra normalizados y en vigor; pruebas de integración entre sistemas de terminal y comunidad portuaria con avisos anticipados operativos; registros de circulación y de regulación que

acreditan continuidad de servicio; y actas de validación de telemando/CTC en régimen ordinario, sin obras de alta complejidad en esta fase. Bajo la regla de normalización adoptada, este cumplimiento equivale a la máxima puntuación. El marco de explotación puntúa 97 porque se asume acuerdo de servicio en vigor entre autoridad portuaria, operadores ferroviarios y gestores de terminal con niveles de servicio medibles (puntualidad, tiempos de permanencia, utilización media) y mecanismos de incentivo y corrección (bonificaciones por trenes largos y alta ocupación; planes de recuperación si aparecen umbrales ámbar/rojo). Esta configuración corresponde, en la escala establecida, a “marco vigente” (97), frente a “en negociación” (78) o “ausente” (50). El riesgo operativo se clasifica como bajo y se normaliza en 90 porque el escenario se apoya en mejoras de organización y digitales (programación fina de surcos, sincronización puerto-terminal-red, preaviso y cita previa, trazabilidad en tiempo real) que no exigen obra mayor y, por tanto, reducen la probabilidad de interrupciones. Además, la existencia de cuadro de indicadores en producción y de planes de contingencia documentados disminuye la exposición a incidencias. Aplicando la estructura del índice IIG se obtiene: $0,50 \cdot 100 + 0,30 \cdot 97 + 0,20 \cdot 90 = 50 + 29,1 + 18 = 97$.

Escenario 2 – Refuerzo selectivo de terminales y accesos

- **ITO = 97.** En el escenario 2 la puntualidad en ventana ($\pm 15'$) se fija en 95 % porque, con obra ligera en primera/última milla (apartaderos y escapes operativos, vía mango para maniobras, optimización de radios y protección de cruces), es razonable estabilizar horarios y evitar esperas en tramos mixtos; ese valor coincide con el umbral mínimo de aceptabilidad para una explotación estable y, por tanto, su normalización es 100. Las permanencias se estiman en 20 h en exportación y 10 h en importación gracias a la cita previa, el preaviso documental, los accesos con lectura automática y pesaje integrado, y la secuenciación patio-vía sin reprocesos; junto con un tiempo de ciclo de 16 h, alcanzable al suprimir maniobras extraordinarias y ordenar las rotaciones con puntos de cruce, la eficiencia de terminal resulta 100 al promediar las tres métricas normalizadas. En capacidad efectiva se adopta una longitud media de 550 m porque las extensiones y homogeneizaciones de vías útiles permiten generalizar esa composición en los haces de referencia; además, se prevé un 10 % de trenes ≥ 740 m apoyado en un haz preparado para pruebas y en ventanas nocturnas de menor conflicto. Con la regla lineal utilizada ($500 \text{ m} \approx 70$ puntos; $550 \text{ m} \approx 80$) y un bonus por tren largo que puede aportar hasta +20 puntos al 40% de circulaciones largas, ese 10% añade +5, de modo que la capacidad se valora en 85. Aplicando la ponderación, $0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 100 + 0,20 \cdot 85 = 97$.
- **IEF = 76.** En el escenario 2 la inversión se califica como *moderada* porque las actuaciones se concentran en primera y última milla, por lo que se normaliza en 70. La productividad se estima en 70 al combinar una utilización media que progresa hacia el 75–78 % gracias a la estandarización de composiciones a 550 m, la cita previa y la consolidación multicliente, con la aparición de trenes largos, que aún aporta un efecto moderado en esta fase. Con la regla de agregación, el valor central se aproxima a 70. La reducción de tiempos frente a la línea base se fija en 100

porque la obra ligera elimina maniobras extraordinarias y cuellos de patio, llevando el ciclo a 16 h y las permanencias a 20 h en exportación y 10 h en importación; respecto al escenario de referencia, el recorte supera el 20%. Por lo que el agregado se traduce en $0,40 \cdot 70 + 0,40 \cdot 70 + 0,20 \cdot 100 = 76$.

- **IAE = 78.** En el escenario 2 se asume una cuota ferroviaria doméstica del 19,5%, coherente con el salto operativo de E2. Su normalización sigue la regla lineal 18–22 % $\rightarrow$ 70–90 puntos: a 19,5 % le corresponden 77,5. La eficiencia energética se aproxima como media de la utilización media y la proporción de trenes largos; con 79% de utilización se obtiene una normalización 95, y con 10% de trenes ≥ 740 m, que supone una normalización 30; la media resulta 62,5. La cuota de UTI no acompañada en ro-ro se estima en 65% por efecto de la cita previa, el rediseño de ventanas y la priorización de UTI no acompañadas; al alcanzar el umbral objetivo, su normalización es 100. Con la ponderación del índice, la agregación es $0,50 \cdot 77,5 + 0,30 \cdot 62,5 + 0,20 \cdot 100 = 77,5$, que se reporta como 78.
- **ITL = 71.** En el escenario 2 la conectividad nodal se califica como preparada porque los accesos avanzados aún no están en servicio, pero los puntos de acoplamiento quedan acondicionados. La captación Este/Oeste se estima en 12–13% del potencial identificado en el MNT: la lanzadera estable, las longitudes homogenizadas a 550 m y la reducción de permanencias permiten atraer tráficos adicionales en el corredor, lo que, con la regla 10–15% $\rightarrow$ 70–100, se normaliza en 83. La interoperabilidad física es parcial, al garantizar gálibo de transporte combinado (P/C) en los itinerarios designados y dejar prevista la compatibilidad de ancho en playas estratégicas. Con los pesos del índice (0,50·conectividad + 0,30·captación + 0,20·interoperabilidad), la agregación resulta $0,50 \cdot 60 + 0,30 \cdot 83 + 0,20 \cdot 80 = 70,9$, que se reporta como 71.
- **IIG = 92.** En el escenario 2 la madurez de interfaces se valora en 92 porque, tras el refuerzo selectivo de primera y última milla, quedan verificados la mayoría de puntos críticos: longitudes útiles homogéneas en los haces de recepción–expedición, apartaderos y escapes operativos, vía mango para maniobras, protección/ordenación de cruces internos, y pruebas de integración de sistemas de operación. Esta verificación se sustenta en actas de puesta en servicio y registros de explotación en periodo de pruebas, por encima del umbral del 80% fijado como “listo para integrar”. El marco de explotación se considera en vigor al existir acuerdos de nivel de servicio con puntualidad objetivo, metas de longitud y utilización por tren, y un esquema de incentivos y penalizaciones que prioriza trenes largos y alta ocupación; además, el cuadro de indicadores está operativo con reporte mensual. El riesgo operativo se califica como bajo–medio gracias al faseo de obra con ventanas de mantenimiento coordinadas, planes de contingencia y procedimientos de gestión de incidencias; persiste, no obstante, un riesgo residual por la convivencia con tráficos mixtos y por la adaptación progresiva de algunos accesos. Con la regla del índice, el cálculo es $0,50 \cdot 92 + 0,30 \cdot 97 + 0,20 \cdot 85 = 92$.

Escenario 3 – Integración avanzada en transición

- **ITO = 84.** En el escenario 3 la puntualidad en ventana se sitúa en 93% porque es razonable esperar incidencias de arranque mientras se ponen en servicio los accesos avanzados, se ajustan enclavamientos y se convive puntualmente con obras y tramos mixtos. Bajo la regla de normalización, este valor cae en la zona media-alta, que tomamos como 86. Las permanencias en terminal se estiman en 26 h en exportación y 14 h en importación, con tiempo de ciclo de 17 h: responden a un régimen ya ordenado, pero aún con reprocesos y ventanas de integración que impiden alcanzar la banda objetivo. Con la normalización por tramos, el promedio de eficiencia de terminal queda también en 86. En capacidad efectiva, las longitudes útiles ya se homogeneizan en torno a 550 m y se introducen trenes largos en 20% de las circulaciones sobre el haz preparado y en ventanas de menor conflicto; aplicando la regla y el bonus por tren largo, la capacidad se valora en 90. Con la ponderación $0,40 \cdot \text{Puntualidad} + 0,40 \cdot \text{Eficiencia terminal} + 0,20 \cdot \text{Capacidad}$, la agregación resulta 84.
- **IEF = 58.** En el escenario 3, la intensidad inversora es alta por la puesta en servicio de los accesos avanzados y del nodo intermodal de La Pasiega; normalizándose en 40. La productividad se estima en 65 al combinar una utilización media en torno al 76% que, con la regla por tramos ($75-80 \% \Rightarrow 80-100$), se normaliza 82, y la presencia aún incipiente de trenes ≥ 740 m en el 20% de las circulaciones que para esta fase se normaliza 40, resultando $0,60 \cdot 82 + 0,40 \cdot 40 = 65$. La reducción de tiempos frente a la línea base (E0) se estima con una mejora relativa del 10%, que en la escala por tramos se normaliza 77. Con la ponderación $0,40 \cdot \text{Inversión invertida} + 0,40 \cdot \text{Productividad} + 0,20 \cdot \text{Reducción de tiempos}$, la agregación es $0,40 \cdot 40 + 0,40 \cdot 65 + 0,20 \cdot 77 = 58$.
- **IAE = 71.** En el escenario 3, la cuota ferroviaria sobre la demanda doméstica se fija en 19 %, ya que el acceso avanzado comienza a operar pero aún convive con ajustes que moderan el trasvase modal inicial; este valor se normaliza en 75. La eficiencia energética se aproxima con la combinación de utilización media y participación de trenes ≥ 740 m: se asume una utilización 72% y 20% de circulaciones largas sobre el haz preparado; con las reglas por tramos, la utilización se normaliza 68 y el % de trenes largos 70, dando una media de 69 para este componente. En UTI no acompañada, la adopción comercial y de equipos requiere cierta maduración; se toma 50%, que se normaliza en 66. Con la ponderación resulta $0,50 \cdot 75 + 0,30 \cdot 69 + 0,20 \cdot 66 = 71$.
- **ITL = 81.** En el escenario 3 entra en servicio un nodo principal, o bien el acceso VSF-Serantes en Bilbao o bien la estación intermodal de La Pasiega en Santander, mientras el otro queda preparado para su puesta en marcha. Bajo la escala categórica la conectividad nodal se normaliza en 80. La captación vectorial Este/Oeste mejora por la nueva funcionalidad del corredor y la coordinación de lanzaderas, y se estima en 11% del potencial MNT, que se normaliza en 84. La interoperabilidad física es parcial: se dispone de gálibo para transporte combinado en los itinerarios designados y de reservas técnicas para ancho mixto en playas

clave, pero la adaptación completa aún está en transición. La ponderación resulta $0,50 \cdot 80 + 0,30 \cdot 84 + 0,20 \cdot 80 = 81$.

- **IIG = 81.** En el escenario 3 el marco de explotación se encuentra en negociación, lo que se normaliza en 78. La madurez de interfaces “listo para integrar” se estima 84: acceso VSF–Serantes y telemando en fase de pruebas integradas con marchas en blanco, La Pasiega en preoperativa con procedimientos documentales alineados, y publicación de horas previstas llegada/salida activada en la mayor parte de las circulaciones. El riesgo operativo se valora 79, riesgo medio, por coexistir ventanas de integración, ajustes de enclavamientos y cierta variabilidad de puntualidad y permanencias durante el arranque, mitigados por planes de contingencia y regulación coordinada. La ponderación resulta $0,50 \cdot 84 + 0,30 \cdot 78 + 0,20 \cdot 79 = 81$.

Este escenario no supera los umbrales preestablecidos en cuanto a puntualidad y permanencias, por lo que, aun con buena nota agregada, no resulta un escenario aceptable en términos operativos.

b) Horizonte 2030

Matriz de puntuaciones por escenario (2030)				
Indicador compuesto (0–100)	E0	E1	E2	E3
ITO — Técnico-operativo	70	95	98	100
IEF — Económico-financiero	62	85	80	76
IAE — Ambiental-energético	48	70	85	100
ITL — Territorial-logístico	57	67	82	100
IIG — Implantabilidad-gobernanza	78	97	97	92
Aceptabilidad	-	Sí	Sí	Sí
Total ponderado	-	84	89	94

Tabla 30. Valoración de cada escenario por bloque para el horizonte 2030.

Escenario 1 – Maduración del ajuste operativo

- **ITO = 95.** En el escenario 1, la puntualidad en ventana ($\pm 15'$) se sitúa en 95,5% porque, tras dos-tres campañas completas de explotación con horarios estabilizados, regulación coordinada y ajuste fino de ventanas puerto–terminal–red, es razonable consolidar un margen por encima del umbral de aceptabilidad (95 %). Las permanencias en terminal se estiman en 21 h en exportación y 10,5 h en importación, con tiempo de ciclo 16,5 h: responden a la maduración de la cita previa, el preaviso documental, los accesos con lectura automática y la secuenciación patio–vía sin reprocesos. En capacidad efectiva, la longitud media se consolida en 530 m, sin trenes ≥ 740 m en este escenario, lo que equivale a 80 puntos al considerar que, aunque no haya tren largo, la homologación de haces permite operar de forma homogénea en torno a 550 m en la mayoría de rotaciones. Con la ponderación $0,40 \cdot \text{Puntualidad} + 0,40 \cdot \text{Eficiencia terminal} + 0,20 \cdot \text{Capacidad}$, la agregación es $0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 95 + 0,20 \cdot 80 = 95$.

- **IEF = 85.** En el escenario 1 la inversión realizada puntúa 100 porque el ajuste es eminentemente operativo, de modo que el esfuerzo de capital es marginal. La productividad mejora de forma sostenida al consolidarse utilidades medias en torno al 81–83 %, con rotaciones más densas y menos tiempos muertos; sin embargo, al no introducir todavía trenes ≥ 740 m, el componente “tren largo” se mantiene en nivel base. La reducción de tiempos frente a la situación de referencia supera el 20% al estabilizarse el ciclo y las permanencias bajo los umbrales objetivo, lo que normaliza a 100 este componente. Aplicando la ponderación $0,40 \cdot \text{Inversión} + 0,40 \cdot \text{Productividad} + 0,20 \cdot \text{Reducción de tiempos}$, se obtiene $0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 67 + 0,20 \cdot 100 = 85$.
- **IAE = 70.** En el escenario 1 la cuota ferroviaria sobre la demanda doméstica se sitúa en torno al 19–20 % porque, con el ajuste operativo ya maduro, el ferrocarril gana tracción frente a la carretera sin necesidad aún de trenes largos. La eficiencia energética operativa mejora por utilidades medias consolidadas en torno al 82%, pero sin participación de trenes ≥ 740 . En tráfico ro-ro, las unidades no acompañadas crecen de forma sostenida hasta 56–58% gracias a la cita previa, la planificación de cortes y la mejor coordinación puerto–terminal. Con la agregación $0,50 \cdot \text{Cuota rail} + 0,30 \cdot \text{Eficiencia energética} + 0,20 \cdot \text{No acompañada}$, el balance se sitúa en torno a 70–71 puntos, que se reporta como 70.
- **ITL = 67.** En el escenario 1 la conectividad nodal se valora como preparada, con los accesos VSF–Serantes y La Pasiega con interfaces listos pero aún sin explotación troncal. La captación vectorial Este/Oeste mejora por la lanzadera y la coordinación puerto–terminal–red, alcanzando 10–12% del potencial MNT. La interoperabilidad física es parcial con gálibo P/C operativo en itinerarios designados. Con la agregación $0,50 \cdot \text{Conectividad} + 0,30 \cdot \text{Captación} + 0,20 \cdot \text{Interoperabilidad}$, resulta $0,50 \cdot 60 + 0,30 \cdot 75 + 0,20 \cdot 70 = 67$.
- **IIG = 97.** En el escenario 1 la madurez de interfaces alcanza el tramo superior, al estar aceptadas las conexiones internas puerto–red, los enclavamientos y mandos a distancia, los apartaderos de cruce y la publicación estable de horarios; con actas de pruebas y puesta en servicio. El marco de explotación está en vigor. El riesgo operativo se clasifica como bajo gracias a una operación sostenida en banda objetivo y a planes de contingencia probados. Con la agregación $0,50 \cdot \text{Madurez} + 0,30 \cdot \text{Marco} + 0,20 \cdot \text{Riesgo} = 0,50 \cdot 100 + 0,30 \cdot 97 + 0,20 \cdot 90 = 97$.

Escenario 2 – Obra ligera en régimen operativo

- **ITO = 98.** En el escenario 2 la puntualidad en ventana se fija en 95 % porque, con la obra ligera ya en régimen operativo, los horarios se estabilizan sin esperas relevantes en tramos mixtos. Las permanencias se sitúan en 20 h en exportación y 10 h en importación, con tiempo de ciclo 16 h gracias a cita previa, preaviso documental, lectura automática y pesaje integrado en accesos, y secuenciación patio–vía sin reprocesos. En capacidad efectiva, se generaliza longitud media de 550 m en los haces de referencia y se introduce ≥ 740 m en 20 % de las circulaciones sobre el haz preparado y en ventanas de menor conflicto. Con la

ponderación $0,40 \cdot \text{Puntualidad} + 0,40 \cdot \text{Eficiencia de terminal} + 0,20 \cdot \text{Capacidad} = 0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 100 + 0,20 \cdot 90 = 98$.

- **IEF = 80.** En el escenario 2 la intensidad inversora es media con CAPEX focalizado en primera/última milla y automatización ligera, lo que en la escala de inversión invertida se valora en 70. La productividad mejora respecto a 2026 por mayor ocupación y la presencia estable de tren largo: utilización media 80% y ≥ 740 m en 20% de las rotaciones; con la regla interna, ello sitúa Productividad en 80. La reducción de tiempos frente a la situación de referencia se mantiene en la banda alta al consolidarse tiempos de permanencia 20/10 h y ciclo 16 h. Por lo que la agregación queda $0,40 \cdot 70 + 0,40 \cdot 80 + 0,20 \cdot 100 = 80$.
- **IAE = 85.** En el escenario 2 la cuota ferroviaria sobre la demanda doméstica se sitúa en torno al 20% como resultado de la estabilización del servicio y del uso regular de trenes de 550 m. La eficiencia energética se aproxima combinando utilización media 80 % y trenes ≥ 740 m en 20% de las circulaciones. La proporción de unidades no acompañadas en ro-ro supera el umbral de referencia, por lo que su normalización es 100. De esta forma queda una agregación $0,50 \cdot 85 + 0,30 \cdot 75 + 0,20 \cdot 100 = 85$.
- **ITL = 82.** En el escenario 2 se considera un nodo mayor operativo y el otro preparado para su plena explotación. La captación vectorial Este/Oeste alcanza 12–13 % del potencial estimado por el MNT en el corredor objetivo. La interoperabilidad física se sitúa en 85 gracias al gálibo para transporte combinado ya operativo en los itinerarios designados y a soluciones de compatibilidad de ancho desplegadas o preinstaladas en playas estratégicas. Agregación: $0,50 \cdot 80 + 0,30 \cdot 82 + 0,20 \cdot 85 = 82$
- **IIG = 97.** En el escenario 2 el faseo de obra está completado y los interfaces alcanzan una madurez $\geq 80\%$ “listo para integrar”, verificada con pruebas en blanco y actas de puesta en servicio. El marco de explotación está en vigor: acceso abierto, contratos con objetivos verificables y esquema de incentivos/penalizaciones ligado al cumplimiento. El riesgo operativo se clasifica como bajo: puntualidad y permanencias estabilizadas en banda objetivo, procedimientos de contingencia y de mantenimiento coordinado implantados, y panel de indicadores funcionando en continuo con integridad del intercambio de datos $\geq 98\%$. Agregación: $0,50 \cdot 100 + 0,30 \cdot 97 + 0,20 \cdot 90 = 97$.

Escenario 3 – Accesos avanzados en servicio

- **ITO = 100.** En el escenario 3 la explotación plena de los accesos avanzados VSF–Serantes y de la intermodal de La Pasiega permite fijar la puntualidad en ventana en 95–96. Las permanencias se sitúan en 20 h en exportación y 10 h en importación, con tiempo de ciclo del tren de 16 h. En capacidad efectiva, las longitudes medias se consolidan en el entorno de 550–600 m y al menos el 40 % de las circulaciones opera con trenes ≥ 740 m. Agregación ($0,40 \cdot \text{Puntualidad} + 0,40 \cdot \text{Eficiencia de terminal} + 0,20 \cdot \text{Capacidad}$) = $0,40 \cdot 100 + 0,40 \cdot 100 + 0,20 \cdot 100 = 100$.
- **IEF = 76.** En el escenario 3 la inversión puntúa 40 al tratarse de un CAPEX alto. La productividad se valora en 100 al consolidarse una utilización media $\geq 82\%$ y ≥ 40

% de trenes ≥ 740 m. La reducción de tiempos frente a la línea base E0 supera el 20%, con permanencias 20/10 h y ciclo 16 h frente a 30/16 h y 20 h. Agregación ($0,40 \cdot \text{Inversión invertida} + 0,40 \cdot \text{Productividad} + 0,20 \cdot \text{Reducción}$) = $0,40 \cdot 40 + 0,40 \cdot 100 + 0,20 \cdot 100 = 76$.

- **IAE = 100.** En el escenario 3 se alcanza la máxima aportación ambiental-energética porque la cuota ferroviaria doméstica alcanza el objetivo establecido. La eficiencia energética también normaliza a 100 al combinar utilización media ≥ 82 % con ≥ 40 % de trenes ≥ 740 m. La UTI no acompañada en tráficos ro-ro supera el 65%. Agregación ($0,50 \cdot \text{Cuota} + 0,30 \cdot \text{Eficiencia} + 0,20 \cdot \text{UTI-NA}$) = $0,50 \cdot 100 + 0,30 \cdot 100 + 0,20 \cdot 100 = 100$.
- **ITL = 100.** En el escenario 3 se alcanza la integración territorial y logística plena. La captación vectorial Este/Oeste supera 15 % del potencial MNT, evidenciando ampliación efectiva del hinterland y continuidad de red. La interoperabilidad física también normaliza a 100 al disponer de gálibo para transporte combinado en los itinerarios designados y, cuando procede, ancho mixto en playas estratégicas, alineado con estándares TEN-T. Agregación ($0,50 \cdot \text{Conectividad} + 0,30 \cdot \text{Captación} + 0,20 \cdot \text{Interoperabilidad}$) = $0,50 \cdot 100 + 0,30 \cdot 100 + 0,20 \cdot 100 = 100$.
- **IIG = 92.** En el escenario 3 la gobernanza es alta, aunque persiste complejidad operativa residual propia de sistemas avanzados. La madurez de interfaces supera el 80% de hitos listos para integrar, con accesos, entronques y sistemas coordinados en régimen. El marco de explotación está en vigor, con acuerdos de nivel de servicio, incentivos/penalizaciones e impulso a trenes largos, lo que sitúa esta dimensión también en banda alta. El riesgo operativo, aunque contenido, se mantiene en nivel medio por la coexistencia de telemando interconectado, tramos mixtos con tráfico de viajeros y picos estacionales que exigen regulación fina. Con la regla $0,50 \cdot \text{Madurez} + 0,30 \cdot \text{Marco} + 0,20 \cdot \text{Riesgo}$, la contribución de las dos primeras en objetivo y la tercera en banda intermedia sitúan el índice en 92.

8.6. Resultados del análisis multicriterio

La evaluación de escenarios confirma un patrón nítido y coherente con el diagnóstico de partida: en 2026 el desempeño agregado favorece al Escenario 2, mientras que en 2030 la entrada en régimen de los accesos avanzados y de los nodos estratégicos sitúa al Escenario 3 como opción dominante. La línea base E0 mantiene su función de referencia metodológica y no participa en el ranking al no superar los umbrales de aceptabilidad. En todo caso, el orden final se ha obtenido mediante Suma Ponderada (WSM) y contrapesado con ELECTRE III, aplicando en ambos casos las condiciones mínimas de puntualidad en ventana y permanencias <24 h en exportación y <12 h en importación.

En el horizonte 2026, E2 alcanza el mejor resultado global gracias a un salto técnico-operativo tangible. La combinación de longitudes útiles de 550 m, la creación/mejora de apartaderos y escapes, los ajustes de gálibo y radios en primera y última milla y la digitalización selectiva de accesos y gates llevan el ITO a 97 y mejoran de forma significativa

el IAE (78) por una utilización más eficiente de las composiciones y por la introducción de trenes.

Aunque el IEF (76) refleja el CAPEX de obra ligera, la reducción de tiempos y la productividad compensan razonablemente ese esfuerzo, mientras que IIG (92) se mantiene alto por un faseo conservador con interfaces verificados y riesgo contenido; ITL (71) avanza de forma proporcional a la preparación de los puntos de acoplamiento al trazado.

Por contraste, E1 muestra un desempeño muy competitivo, con altísima implantabilidad: la sincronización de ventanas, el preaviso documental y la armonización operativa elevan el ITO a 94 y sitúan el IEF en 82 debido a la mínima exigencia inversora; sin embargo, el techo técnico de la solución, con longitudes medias aún por debajo del umbral deseable y ausencia de refuerzos físicos, limita su progresión en IAE (66) e ITL (65) pese a un IIG sobresaliente (97).

El Escenario 3 no resulta aceptable en 2026: durante la transición a accesos y nodo avanzados, la puntualidad y las permanencias no superan sistemáticamente los umbrales de servicio, por lo que se excluye de la valoración. El contraste ELECTRE III reproduce este dictamen: opera el veto por criterios de servicio, de modo que las ventajas en conectividad o capacidad no pueden sobre clasificar a E1/E2.

En el horizonte 2030, el panorama se invierte: E3 pasa a liderar con claridad, al consolidarse la explotación de la Variante Sur Ferroviaria-Túnel de Serantes en Bilbao y de la estación intermodal de La Pasiéga en Santander. La operación recurrente de composiciones de más de 740 m, con permanencias y ciclos estabilizados en banda objetivo, impulsa el ITO y el IAE a 100 por el efecto combinado de mayor cuota ferroviaria, longitudes efectivas y mejor aprovechamiento energético de trenes largos bien cargados. La integración nodal y la interoperabilidad elevan ITL = 100; el IEF (76) mantiene la señal de una intensidad inversora alta amortiguada por productividad elevada, y IIG (92) se sitúa en banda alta con la complejidad residual propia de sistemas avanzados.

E2 ocupa una segunda posición robusta (Total WSM = 89): la obra ligera entra en régimen, consolidando ITO 98, IAE 85 e ITL 82, con IEF 80 que reconoce la creación de capacidad a coste moderado y IIG 97 por riesgo bajo. E1 mantiene estabilidad operativa con ITO 95 e IEF 85, pero sin el salto estructural de capacidad y articulación territorial que proporcionan E2/E3.

La lectura por bloques refuerza estas conclusiones. En técnico-operativo (ITO), la progresión E1 → E2 → E3 es clara: primero se extrae rendimiento de la capacidad existente (E1), después se fijan estructuralmente las prestaciones con 550 m sistemáticos y apartaderos funcionales (E2), y finalmente se explotan trenes ≥ 740 m con parámetros en objetivo (E3). En ambiental-energético (IAE), el aumento de cuota rail y la eficiencia de trenes largos explican la ventaja creciente de E2 y, especialmente, de E3 en 2030. En económico-financiero (IEF), el patrón es inverso en la fase inicial: E1 puntúa alto por baja inversión, mientras E2 y E3 capturan productividad y reducción de tiempos a medida que la capacidad creada entra en régimen. En territorial-logístico (ITL), el salto decisivo lo determina la puesta en servicio de nodos estratégicos; y en implantabilidad-gobernanza

(IIG), E1 arranca en máximos por sencillez y bajo riesgo, E2 mantiene rangos altos con obra acotada y E3 se estabiliza en 2030 en banda alta.

De este modo, se perfila una trayectoria de implantación por rampas. A corto plazo, E1 aporta beneficios rápidos y medibles con barreras de entrada reducidas, elevando puntualidad y recortando permanencias/ciclos sin intervención física relevante. Sobre esa base, la transición a E2 consolida capacidad y resiliencia con longitudes objetivo de 550 m, puntos de cruce y apartaderos, preparando directamente la explotación de trenes largos y la mejora ambiental asociada.

A medio plazo, y condicionada a la sincronización efectiva de los hitos y a la capacidad disponible en tramos mixtos, la entrada en servicio de E3 aporta el salto transformacional: integración ferroporitaria avanzada, interoperabilidad con estándares europeos e inserción regular de ≥ 740 m. En suma, E2 maximiza la relación beneficio-coste en 2026 y configura la plataforma para escalar; E3 materializa en 2030 el potencial completo del corredor en competitividad, sostenibilidad y articulación territorial. La secuencia E1→E2→E3 aparece, así, como la trayectoria más consistente con la planificación técnica, los requisitos de aceptabilidad y las metas europeas de descarbonización e interoperabilidad.

8.7. Sensibilidad e incertidumbre

El contraste de resultados se ha realizado sobre dos planos complementarios: la sensibilidad del ranking frente a variaciones razonables de los supuestos de cálculo, y la incertidumbre operativa asociada a la maduración real de los hitos, a la disponibilidad de capacidad en líneas mixtas y a la respuesta de la demanda. El objetivo no es rehacer la matriz, sino comprobar hasta qué punto las conclusiones del análisis anterior se mantienen estables cuando cambian, dentro de márgenes verosímiles, los pesos, los umbrales de aceptabilidad y los valores que alimentan la normalización.

La prueba de pesos se ha realizado con los tres perfiles mencionados previamente y que adoptan las siguientes ponderaciones:

- Perfil base: ITO 30%, IEF 20%, IAE 20%, ITL 15%, IIG 15%.
- Perfil A (eficiencia operativa): ITO 35%, IEF 25%, IAE 15%, ITL 15%, IIG 10%.
- Perfil B (política pública / clima): ITO 25%, IEF 15%, IAE 30%, ITL 20%, IIG 10%.

Con respecto al horizonte 2026, el orden $E2 > E1$ se mantiene en los tres perfiles. El diferencial técnico-operativo y ambiental de E2, con longitudes de tren de 550 m, apartaderos y reducción de permanencias, supera el mejor desempeño financiero de E1. E3 permanece no aceptable por incumplimiento de los “gates” de servicio con respecto a la puntualidad y permanencias, por lo que no participa en la valoración con independencia de la ponderación.

Solo bajo un sesgo fuertemente financiero, reducciones superiores a 10 puntos en el peso de ITO o IAE con aumento correlativo de IEF, E1 podría aproximarse a E2, sin superarlo salvo que, además, se relajasen simultáneamente las condiciones de aceptabilidad.

De cara al horizonte 2030, el orden $E3 > E2 > E1$ es robusto en los tres perfiles. Con el perfil A, E3 lidera por su ITO=100 (≥ 40 % de trenes ≥ 740 m y permanencias en objetivo); con el perfil B, la maximización de IAE e ITL refuerza aún más esa posición. E2 se mantiene como segunda opción sólida por su equilibrio entre capacidad creada y coste.

Con todo esto se puede concluir que los cambios razonables de pesos alteran los márgenes entre alternativas, pero no el orden de preferencia en ninguno de los horizontes.

Por otro lado, la estabilidad del orden de valoración depende, de forma marcada, de los umbrales operativos. La exigencia de puntualidad en ventana y los umbrales de permanencias son la puerta de entrada al análisis: sin ellos, no se computa la suma ponderada.

Relajar los umbrales permitiría que E3 fuese aceptable ya en 2026, aunque seguiría por detrás de E2 en ese horizonte por su carácter de transición. Endurecer los mismos mantiene aceptables E1 y E2 en 2026 con un ligero estrechamiento de su diferencia; E3 lidera 2030 con holgura por el mayor margen que aportan los trenes largos y la integración de nodos.

Se han ensayado variaciones plausibles en las entradas —puntualidad ± 2 p.p., permanencias ± 2 h, ciclo ± 1 h, longitud media ± 25 m, porcentaje de trenes ≥ 740 m ± 10 p.p., utilización ± 5 p.p., cuota ferroviaria ± 2 p.p. y proporción de UTI no acompañada ± 5 p.p.— y, dado que la normalización es lineal por tramos, el efecto resultante es gradual salvo cuando se cruzan umbrales.

En 2026, el escenario 1 pierde en torno a 1–2 puntos de ITO si la puntualidad desciende al 93 % o si el ciclo sube hasta 18 h, pero conserva la aceptabilidad mientras no rebase los límites de servicio. El escenario 2 mantiene el liderazgo con oscilaciones moderadas; para que el escenario 1 lo alcance sería necesaria una combinación adversa simultánea en el propio escenario 2, puntualidad próxima al 93 %, permanencias en 24/12 h y un porcentaje de trenes largos igual o inferior al 5%. El escenario 3 continúa no aceptable si no logra de forma sostenida una puntualidad igual o superior al 95 % y permanencias dentro del objetivo; el mero aumento de capacidad no compensa un veto en calidad de servicio.

En 2030, el escenario 3 conserva el primer puesto siempre que cumpla dos condiciones de base: puntualidad $\geq 95\%$ y al menos un 30–35% de trenes ≥ 740 m. En un supuesto pesimista, con un 93% de puntualidad, permanencias 24/12 h y un 25% de trenes largos, su ITO caería a franja media–alta, aunque seguiría liderando si ITL e IAE se mantuvieran elevados. El escenario 2 podría aproximarse a menos de dos puntos únicamente si el escenario 3 incurriera simultáneamente en banda ámbar de servicio y de tren largo, mientras E2 permaneciera estabilizado en el objetivo. El escenario 1 se muestra estable, pero no alcanza a E2 salvo mejoras extraordinarias y simultáneas en utilización y cuota ferroviaria.

El contraste con ELECTRE III, utilizando umbrales de indiferencia, preferencia y veto anclados a las bandas objetivo–ámbar–rojo, valida el orden obtenido con la suma ponderada. En 2026, E3 queda bloqueado por veto en los criterios de servicio, incluso si aventaja en conectividad o capacidad potencial; mientras que en 2030, E3 domina a E2 por alta concordancia en los bloques técnico-operativo, ambiental-energético y territorial-

logístico, solo apareciendo incomparabilidades si E3 descendiese simultáneamente a banda ámbar en puntualidad y porcentaje de trenes de 740 m mientras E2 permaneciera en objetivo.

A efectos del análisis, se consideran incertidumbres exógenas aquellas que no dependen directamente de las decisiones de explotación del corredor, pero que condicionan su desempeño. La primera es la maduración de hitos de infraestructura y su faseado. Retrasos o solapes con ventanas de obra prolongadas desplazan la curva de aprendizaje de los escenarios y deprimen temporalmente la conectividad efectiva y la implantabilidad: típicamente se traducen en descensos de puntualidad, aumentos de permanencias y diferimiento del uso regular de trenes de 740 m.

La segunda reside en la capacidad disponible y la estabilidad de surcos en los tramos mixtos. Episodios de congestión, limitaciones temporales por mantenimiento, incidencias de señalización o alteraciones del plan de transporte provocan conflictos de prioridad con viajeros y empujan los KPI de servicio hacia banda ámbar. Aunque la mejora de la primera/última milla amortigua parte del efecto, la calidad del surco sigue siendo determinante para sostener el nivel de servicio objetivo.

La tercera incertidumbre procede de la demanda y del entorno competitivo: elasticidad de la cuota ferroviaria ante variaciones de precio y fiabilidad, evolución del conjunto de mercancías, ritmo de adopción de la UTI no acompañada en tráficos ro-ro y señales macro como el coste energético, peajes de carbono, ciclicidad industrial. Un desvío a la baja frente a la senda prevista ralentiza la mejora ambiental-energética y reduce la utilización, dificultando el salto a composiciones largas.

Una cuarta fuente es el marco normativo y tarifario: cambios en cánones de acceso, estándares de interoperabilidad o requisitos de datos electrónicos pueden alterar el equilibrio económico-operativo y exigir ajustes en procesos y sistemas. Finalmente, la calidad del dato operativo y la disciplina de reporte actúan como riesgo sistémico: sin integridad alta de los intercambios y publicación fiable de ETA/ETD, la normalización de KPI se vuelve volátil, se retrasan las acciones correctoras y se degrada la trazabilidad que sostiene la gobernanza.

Estas incertidumbres se gestionan con tres líneas de defensa. En planificación, márgenes de prudencia en horarios y ventanas de obra que permitan conservar la aceptabilidad con desviaciones moderadas. En operación, reservas de capacidad en apartaderos críticos, priorización de ventanas estables, secuenciación patio-vía que elimine reprocesos y escalado modular de longitudes apoyado en pilotos nocturnos. En gobernanza, acuerdos de nivel de servicio con incentivos y penalizaciones, tablero de KPI compartido y reglas de priorización transparentes con el administrador de la infraestructura.

Con este dispositivo, el escenario E2 conserva robustez en 2026 frente a variaciones razonables, mientras que el aprovechamiento pleno de E3 en 2030 permanece condicionado, principalmente, a la sincronización efectiva de hitos y a la estabilidad de surcos en red.

Finalmente, con bandas razonables de sensibilidad (± 1 punto porcentual en puntualidad, ± 2 horas en permanencias, ± 5 puntos porcentuales en utilización y ± 5 puntos porcentuales

en porcentaje de trenes largos) la variación del resultado agregado se mantiene por debajo de tres puntos en E2 para 2026 y por debajo de cuatro puntos en E3 para 2030, sin inversión del orden de preferencia. Solo combinaciones adversas en cascada podrían estrechar de forma significativa la distancia entre E2 y E3 en 2030; incluso en ese caso, la decisión dependería más de la tolerancia al riesgo y de la disponibilidad de financiación que de un vuelco metodológico del análisis.

8.8. Análisis DAFO

El análisis DAFO permite sintetizar, desde una perspectiva estratégica, los factores internos y externos que condicionan la viabilidad y el desempeño de la conexión intermodal Bilbao–Santander. La lectura se realiza en coherencia con las propuestas y requisitos establecidos previamente y con la evaluación multicriterio realizada, poniendo el foco en la capacidad real del sistema para sostener niveles de servicio aceptables en 2026 y materializar el potencial transformador en 2030.

a) Fortalezas

El sistema parte de una base logística sólida y complementaria. El Puerto de Bilbao dispone de una malla ferroviaria interior extensa y especializada que conecta directamente los principales muelles, con tracción y maniobras consolidadas, así como una red de nodos interiores (Pancorbo, Villafría, Jundiz) que amplían el hinterland hacia la Meseta y el Eje del Ebro. En Santander, la fortaleza reside en la especialización ro-ro y en la eficiencia operativa de los tráficos de automoción, con procesos ferroviarios regulares entre Nueva Montaña y Raos.

A nivel de gobernanza, ambos puertos han interiorizado prácticas de gestión por indicadores y están en disposición de operar con acuerdos de niveles de servicio y tableros de KPI. El marco estratégico aporta tracción adicional: la coherencia con la TEN-T y los objetivos de descarbonización, la madurez administrativa de la VSF–Serantes y el avance de La Pasiega configuran una senda institucional nítida para escalar hacia escenarios “E2/E3”.

La complementariedad de especializaciones constituye una fortaleza sistémica: reduce solapamientos y eleva la probabilidad de trenes multicliente con buen factor de carga.

b) Debilidades

Persisten limitaciones de primera y última milla que penalizan la eficiencia del ferrocarril frente a la carretera: longitudes útiles no homogéneas en todas las playas, coexistencia con viales interiores y cruces a nivel, gálibos ajustados para UTI y semirremolque, y una electrificación y señalización portuaria incompletas. La dependencia de procedimientos manuales en parte de las maniobras y la integración digital aún parcial entre sistemas de gestión de operaciones de las terminales, plataformas de comunidad portuaria y operadores ferroviarios generan fricciones que se traducen en tiempos de permanencia y ciclos superiores a los objetivos cuando la demanda presiona.

La interoperabilidad plena con estándares europeos sigue en construcción: predomina el ancho ibérico sin soluciones UIC implantadas en los patios críticos, lo que limita opciones de internacionalización en el corto plazo.

Por último, la cuota ferroviaria de partida y la proporción de UTI no acompañada son mejorables, de modo que el salto ambiental deseado requiere disciplina operativa y una propuesta comercial consistente para estabilizar volúmenes y utilización.

c) Oportunidades

El marco regulatorio y financiero europeo prioriza el trasvase modal y la eficiencia energética, generando ventanas de financiación y preferencia de capacidad que pueden acelerar la secuencia de implantación. La entrada en régimen de VSF–Serantes y de La Pasiega, junto con la preparación de patios para 550–740 m, habilita trenes largos con alta utilización, que son la palanca principal para maximizar el beneficio ambiental y la competitividad en costes generalizados.

La digitalización extremo a extremo ofrece un margen inmediato de mejora con baja inversión, especialmente útil para “E1”. La evolución del ro-ro hacia UTI no acompañada y la consolidación de lanzaderas puerto–intermodal permiten estabilizar flujos y disminuir la variabilidad del servicio.

Finalmente, la reconfiguración de las cadenas logísticas del Arco Atlántico, con mayor sensibilidad a la huella de carbono y a la resiliencia, abre oportunidades de captación en el vector Cantabria–País Vasco/Eje del Ebro, hoy infra servido por ferrocarril.

d) Amenazas

El principal riesgo reside en la sincronización real de los hitos de infraestructura y en la disponibilidad de surcos en tramos mixtos: desajustes temporales o congestión sostenida erosionan la puntualidad y empujan los tiempos de permanencia a banda ámbar, comprometiendo los *gates* de aceptabilidad. La presión presupuestaria y las oscilaciones macroeconómicas pueden diferir decisiones de inversión o reducir el alcance de actuaciones de primera/última milla, con el consiguiente estrangulamiento de capacidad en patios.

La competencia de corredores alternativos ya sea por un mejor tiempo puerta-a-puerta de la carretera o por redes ferroviarias con estándares plenos ya operativos, puede desviar tráfico si la oferta local no alcanza rápidamente umbrales de fiabilidad y longitud. A escala local, las restricciones ambientales y de integración urbana pueden imponer condicionantes de obra y de explotación que eleven los costes de transición.

Debilidades	Amenazas
• Cuota ferroviaria baja. • Tiempos de permanencia y ciclo altos. • Longitudes útiles ≈500 m, sin apartaderos funcionales. • Interoperabilidad nula. • Digitalización parcial.	• Pérdida de competitividad frente a carretera. • Riesgo de congestión en picos. • Incumplimiento de metas TEN-T y clima.
Fortalezas	Oportunidades
• Operativa conocida y estable. • CAPEX nulo • Riesgo bajo. • Procedimientos consolidados en patio.	• Línea base para KPI y trazabilidad. • Ajustes operativos para ganar fiabilidad.

Tabla 31. DAFO del escenario 0 – Situación actual

Debilidades	Amenazas
• Techo técnico (520–530 m); sin apartaderos nuevos. • Beneficio ambiental moderado. • Dependencia de tracción diésel en recinto.	• Saturación en tramos mixtos. • Riesgo por calidad de dato y reporte KPI. • Resistencia al cambio en procesos/ventanas.
Fortalezas	Oportunidades
• Implantación rápida; CAPEX bajo. • Mejora de puntualidad, tiempos de permanencia y tiempos de ciclo. • Integración TOS/PCP • Acuerdos de niveles de servicio y tablero KPI.	• Escalado natural a E2 (550 m + apartaderos). • Paquetes multicliente y UTI no acompañada. • Financiación para digitalización y datos.

Tabla 32. DAFO del escenario 1 – Optimización operativa y digital

Debilidades	Amenazas
• Obras en 1.^a/última milla; necesidad de espacio en patios. • Coordinación multi-actor • CAPEX moderado.	• Retrasos y condicionantes ambientales/urbanos. • Escasez de surcos en líneas mixtas. • Interferencias de obra si falta faseado.
Fortalezas	Oportunidades
• 550 m sistemáticos y puntos de cruce. • Gálido apto UTI; reducción estructural de tiempos de permanencia y ciclo. • Alto rendimiento con CAPEX contenido.	• Captación modal 10–20 % (vector E/O). • Pilotos ≥740 m en haz de referencia. • Elegibilidad CEF/TEN-T; KPI con metas exigentes.

Tabla 33. DAFO del escenario 2 – Refuerzo selectivo de terminales y accesos

Debilidades	Amenazas
• CAPEX elevado; • mayor complejidad operativa. • Dependencia de hitos externos; • curva de aprendizaje.	• Demoras y sobrecostes de obra. • Falta de capacidad troncal que degrade puntualidad/dwell. • Competencia carretera si baja la fiabilidad o suben costes.
Fortalezas	Oportunidades
• Trenes ≥ 740 m; máxima eficiencia energética. • Conectividad nodal e interoperabilidad plenas. • Estándares europeos en régimen.	• Posicionamiento en Corredor Atlántico/autopista ferroviaria. • Contratos take-or-pay y acuerdos de volumen. • Escalado a UIC e internacionalización.

Tabla 34. DAFO del escenario 3 – Integración avanzada

La combinación de fortalezas y oportunidades sugiere una línea Fortalezas – Oportunidades clara: capitalizar la madurez y la complementariedad de ambos puertos para desplegar con rapidez la operación E1 con disciplina de KPI y acuerdos de nivel de servicio, mientras se programa el salto E2 con actuaciones de primera/última milla de alto impacto en capacidad y bajo riesgo de ejecución.

La línea Debilidades – Oportunidades orienta el cierre de brechas internas con oportunidades de bajo coste: integración digital entre sistemas de gestión de operaciones de las terminales, plataformas de comunidad portuaria y operadores ferroviarios, normalización de procesos de patio y pilotos de UTI no acompañada, de modo que permanencias y maniobras manuales no bloqueen los umbrales de aceptabilidad.

En clave Fortalezas – Amenazas, la gobernanza por acuerdos y tablero KPI debe absorber amenazas operativas mediante autorizaciones de paso de fase por hito, reservas anticipadas de capacidad, priorización de surcos estables y explotación nocturna cuando la congestión lo exija.

Por último, la estrategia Debilidades – Amenazas pasa por modular la ambición de E3 con una transición en dos tiempos: no escalar composiciones ≥ 740 m hasta consolidar puntualidad y permanencias objetivo con 550 m, y proteger la continuidad del servicio con faseados y contingencias documentadas.

Como sistema de vigilancia, se monitorizarán tres alertas tempranas: la puntualidad en ventana, el porcentaje de trenes ≥ 740 m en el haz de referencia y la integridad del intercambio de datos. Si cualquiera de ellas cae a banda ámbar o roja durante dos periodos consecutivos de reporte, se activarán de forma automática las medidas correctoras previstas.

8.9. Síntesis y pautas de implementación

La evidencia acumulada en el capítulo confirma una trayectoria por etapas que maximiza el valor y controla el riesgo. En el horizonte 2026, un escenario con el refuerzo selectivo de primera y última milla (E2) ofrece el mejor equilibrio entre capacidad efectiva, fiabilidad y esfuerzo inversor; la optimización operativa y digital (E1) funciona como rampa inmediata que estabiliza la calidad del servicio con barreras de entrada muy bajas; y en 2030, la integración avanzada con accesos y nodos (E3) materializa el potencial transformador del corredor mediante composiciones largas, conectividad nodal e interoperabilidad plena.

La hoja de ruta se articula en tres peldaños encadenados por criterios de decisión por hito que preservan la continuidad del servicio. Primero, desplegar E1 de forma inmediata: programación fina de horarios, sincronización puerto-terminal-red, preaviso documental y cita previa, trazabilidad básica y un tablero común de indicadores con reglas de escalado ante desviaciones. Segundo, escalar a E2 con obras ligeras de alto impacto: homogeneizar longitudes útiles a 550 m en haces de referencia, habilitar apartaderos y escapes, ajustar radios y gálibos en entronques críticos y automatizar accesos para reducir maniobras y tiempos de ciclo. Tercero, activar E3 cuando los hitos acrediten madurez: conexión efectiva con la Variante Sur Ferroviaria-Túnel de Serantes y entrada en régimen de La Pasiega, compatibilidades de interoperabilidad en los puntos designados y disponibilidad estable de capacidad en tramos mixtos para, a partir de ahí, programar surcos recurrentes para trenes de 740 m en el haz preparado.

Se deben establecer una serie de pautas operativas. Mientras E1 entra en régimen, priorizar ventanas horarias estables, limitar maniobras extraordinarias y ordenar la secuencia puerta-patio-vía para acotar tiempos de ciclo. Con E2 se debe, consolidar rotaciones con trenes de 550 m, utilizar apartaderos para absorber asimetrías y fijar tiempos máximos de ocupación de itinerario, extendiendo la trazabilidad a hitos ferroviarios y a la operativa de patio. En E3 el objetivo debe ser explotar trenes de 740 m con regularidad, sostener la puntualidad en tramos de convivencia y operar con jerarquía de prioridades acordada.

La implantación exige un marco de explotación compartido por autoridades portuarias, administrador de la infraestructura, operadores ferroviarios, terminales y cargadores. Es recomendable formalizar acuerdos de nivel de servicio con indicadores, umbrales y mecanismos de incentivo-penalización y asegurar calidad del dato con un repositorio operativo común, validaciones cruzadas y auditorías periódicas. El Comité de Explotación se reunirá con cadencia mensual sobre el tablero de KPI para dirigir acciones correctivas y autorizar el salto entre etapas cuando se cumplan los criterios de decisión por hito.

Las obras se fasearán con ventanas de intervención coordinadas y planes de contingencia para evitar cancelaciones. Antes de cada puesta en servicio se realizarán pruebas integradas y marchas en blanco con acta de verificación funcional. Si aparecen umbrales ámbar o rojos, se activarán medidas graduadas: reprogramación de horarios, compactación de franjas, estandarización de composiciones, refuerzo de recursos en picos y ajustes en la asignación de capacidad.

El enfoque por etapas permite modular el CAPEX y capturar retornos tempranos: E1 se apoya en organización y digitalización de bajo coste; E2 concentra inversión de

primera/última milla con impacto directo en capacidad y fiabilidad; E3 agrupa los compromisos mayores vinculados a accesos y nodos, alineados con calendarios y elegibilidad de programas europeos. Las auditorias de resultados deberán integrarse desde el diseño para asegurar trazabilidad y reporte.

El proyecto de explotación incorporará, desde el inicio, requisitos de ruido, polvo, gestión de escorrentías y convivencia urbana, con soluciones de integración y, cuando sea viable, electrificación o energización progresiva de equipos de patio. La formación del personal en procedimientos, seguridad e interoperabilidad, junto con una gestión del cambio proactiva con todos los agentes, garantiza que la mejora tecnológica se traduzca en productividad medible.

El paso del E1 al E2 se autorizará tras un periodo sostenido con puntualidad ≥ 95 %, permanencias $< 24/12$ h, utilización ≥ 80 % y estabilidad del tablero de KPI. El salto del E2 al E3 requerirá, además, acreditar longitudes útiles y apartaderos operativos en toda la cadena, surcos recurrentes asignados, trenes piloto de 740 m con resultados estables y operatividad de los nodos y accesos avanzados. El despliegue de trenes de 740 m a gran escala quedará condicionado a haber consolidado la puntualidad objetivo con 550 m.

La secuencia de escenarios ofrece una senda realista, verificable y escalable. Captura beneficios rápidos, consolida capacidad estructural y culmina con la integración avanzada sin comprometer la continuidad del servicio. La clave es mantener la aceptabilidad operativa como puerta de entrada permanente, gobernar con datos y umbrales, y alinear las inversiones con las palancas que el análisis ha mostrado más determinantes para el trasvase modal y la competitividad del eje Bilbao–Santander: longitudes efectivas, utilización, porcentaje de trenes largos y estabilidad de ventanas horarias.

Índice o KPI	Definición / Regla	Orientación	Objetivo	Ámbar	Rojo	Notas de normalización
Puntualidad ($\pm 15'$)	% trenes en ventana	Positiva	$\geq 95\%$	93–95%	$< 90\%$	Lineal por tramos anclada en 95/93/90.
Tiempos de permanencia exportación	Llegada $\rightarrow$ salida tren	Negativa	< 24 h	24–30 h	> 36 h	Lineal por tramos anclada en 24/30/36.
Tiempos de permanencia importación	Llegada tren $\rightarrow$ salida	Negativa	< 12 h	12–15 h	> 18 h	Lineal por tramos anclada en 12/15/18.
Ciclo del tren	Llegada $\rightarrow$ salida	Negativa	≤ 16 h	16–18 h	> 20 h	Lineal por tramos anclada en 16/18/20.
Longitud media de tren	m por circulación	Positiva	550–740 m	500–550 m	< 500 m	Lineal aprox.: 500 = 70; 550=80; 600=90; $\geq 740=100$.
% trenes ≥ 740 m	Trenes largos/total	Positiva	40%	10–20%	0%	Bonus a “Capacidad”: 0=+0; 10=+5; 20=+10; 40=+20.
Utilización media	(t o UTI por tren) / capacidad	Positiva	$\geq 80\%$	75–80%	$< 70\%$	Lineal por tramos anclada en 80/75/70.
Ocupación media del patio	% de ocupación	Negativa	$< 65\%$	70–80%	$> 80\%$	Lineal por tramos anclada en 65/70/80.
Tiempo medio en acceso camión	min	Negativa	< 25 min	30–40 min	> 40 min	Lineal por tramos anclada en 25/30/40.
Cancelaciones	Cancelados/programados	Negativa	$\leq 2\%$	3–5%	$> 5\%$	Lineal por tramos anclada en 2/3–5/ > 5 .
Movimientos avisados con antelación	% con preaviso	Positiva	$\geq 95\%$	90–95%	$< 85\%$	Lineal por tramos anclada en 95/90/85.
Cuota ferroviaria (demanda doméstica)	Rail/D	Positiva	22%	18–22%	$< 15\%$	Lineal por tramos anclada en 22/18/15.

Índice o KPI	Definición / Regla	Orientación	Objetivo	Ámbar	Rojo	Notas de normalización
UTI no acompañada (ro-ro)	% NA/UTI	Positiva	>65%	55–65%	<45%	Lineal por tramos anclada en 65/55/45.
Captación Este/Oeste	t captadas/potencial	Positiva	≥15%	10–15%	<7%	Lineal por tramos anclada en 15/10/7.
Interoperabilidad física	Gálibo P/C, ancho mixto	Positiva	Plena	Parcial	Nula	Categórica; 100/80/50
Reducción de tiempos vs. E0	Mejora combinada (%)	Positiva	≥20%	10–20%	<5%	Lineal por tramos anclada en 20/10/5.
Madurez interfaces	% listo para integrar	Positiva	≥80%	60–80%	<40%	Categórica por tramos: <40=40; 40–60=60–80; 60–80=80–100; ≥80=100.
Marco de explotación	SLA, incentivos, open access	Positiva	En vigor	Negociación	Ausente	Categórica; 97/78/50
Integridad del intercambio de datos	% mensajes correctos	Positiva	≥98%	97–98%	<95%	Lineal por tramos anclada en 98/97/95.
Publicación ETA/ETD	% trenes con ETA/ETD	Positiva	100%	95–100%	<90%	Lineal por tramos anclada en 100/95/90.
Cumplimiento de cita previa	% citas cumplidas	Positiva	≥90%	85–90%	<80%	Lineal por tramos anclada en 90/85/80.

Tabla 35. Reglas de normalización y pesos internos

9. Evaluación económica y ambiental

Este capítulo cuantifica, con base en las mejoras operativas del Capítulo 7 y en los resultados del Capítulo 8, el impacto económico y ambiental de los escenarios E1–E3 en los horizontes 2026 y 2030. La aproximación es pragmática: se monetizan las reducciones de tiempos y el efecto escala de trenes más largos para estimar ahorros en coste logístico por unidad (€/UTI) y por tren; en paralelo, se calculan reducciones de emisiones por trasvase modal y eficiencia operativa.

9.1. Ahorro en costes logísticos

El ahorro por escenario se centra en tres aspectos: mercancía menos tiempo detenida en tren y terminal; mejor aprovechamiento de cada tren, que diluye costes fijos por UTI; y menor fricción en puerta, que recorta tiempos improductivos.

Por ello, se emplea la siguiente relación básica para el ahorro unitario frente a E0:

$$Ahorro_{tren} = tiempo\ de\ tren + permanencia\ exp + permanencia\ imp + riesgo\ cancelación$$

$$Ahorro_{tren} = \Delta t_{ciclo} \cdot C_{tren/h} + \Delta t_{exp} \cdot C_{UTI/h} \cdot UTI/tren + \Delta t_{imp} \cdot C_{UTI/h} \cdot UTI/tren + \Delta p_{cancel} \cdot C_{cancel}$$

$$Ahorro_{1000\ UTI} = Ahorro_{tren} \cdot \frac{1000}{UTI/tren} - (\Delta t_{exp} + \Delta t_{imp}) \cdot C_{UTI/h} \cdot \left(\frac{1000}{UTI/tren} - 1 \right)$$

siendo:

Δt_{ciclo} : horas del ciclo ahorradas frente a E0.

$\Delta t_{exp}, \Delta t_{imp}$: horas de permanencia ahorradas por UTI (exportación / importación)

$C_{tren/h}$: coste horario del tren en operación.

$C_{UTI/h}$: coste horario de inmovilización/gestión de una UTI

Δp_{cancel} : disminución de la probabilidad de cancelación por tren

C_{cancel} : coste esperado por cancelación

UTI/tren: carga media por tren en función de la mezcla de longitudes (550 m / ≥ 740 m).

Parámetro	Valor central	Nota metodológica
$C_{tren/h}$	350 € / h	Supuesto prudente para tren intermodal portuario.
$C_{UTI/h}$	2 € / UTI · h	Almacenaje, capital, manipulación básica.
C_{cancel}	2.500 € / tren	Reprogramación + contingencias.
Carga media a 550 m	40 UTI/tren	Ratio típico de tren intermodal.

Carga media a ≥ 740 m	60 UTI/tren	Escala por longitud.
Tasa de cancelación E0	3,5%	Situación base estilizada.
Tasa de cancelación E1/E2/E3	2,0%	Con acuerdos de niveles de servicio y operación estabilizada.

Tabla 36. Supuestos centrales para el cálculo del ahorro en costes logísticos

La composición de longitudes condiciona cuántas unidades viajan por tren y, por tanto, el número de trenes necesarios para mover un mismo volumen anual. Se adopta una capacidad de referencia de 40 UTI para trenes de 550 m y de 60 UTI para trenes ≥ 740 m; con estas bases, la UTI/tren media de cada escenario se obtiene como promedio ponderado según el porcentaje de circulaciones largas.

Escenario	Horizonte	% trenes ≥ 740 m	UTI/tren (media)
E1	2026	0%	40
E1	2030	0%	40
E2	2026	10%	42
E2	2030	20%	44
E3	2030	40%	48

Tabla 37. Mezcla de longitudes y UTI por tren

Las mejoras de tiempo de ciclo del tren y de permanencias en, junto con la cuota de trenes ≥ 740 m, se miden siempre respecto a la situación de referencia (E0). Estos deltas son los que se monetizan en el cálculo del ahorro.

Horizonte	Escenario	Ciclo tren (h)	Permanencia exp. (h)	Permanencia imp. (h)	% trenes ≥ 740 m
Base	E0	20,0	30,0	16,0	0%
2026	E1	17,0	22,0	11,0	0%
2026	E2	16,0	20,0	10,0	10%
2030	E1	16,5	21,0	10,5	0%
2030	E2	16,0	20,0	10,0	20%
2030	E3	16,0	20,0	10,0	40%

Tabla 38. Parámetros operativos para el cálculo en costes logísticos

Escenario	Horizonte	Ahorro ciclo (€/tren)	Ahorro permanencia exp (€/tren)	Ahorro permanencia imp (€/tren)	Ahorro cancel (€/tren)	Total (€/tren)
E1	2026	1.050	640	400	38	2.128
E1	2030	1.225	720	440	38	2.423
E2	2026	1.400	840	504	38	2.782
E2	2030	1.400	880	528	38	2.846
E3	2030	1.400	960	576	38	2.974

Tabla 39. Ahorro de costes logísticos por tren frente al E0.

La Tabla 35 presenta el ahorro por tren frente a la línea base (E0), desglosando la contribución de cada concepto: tiempo de ciclo, permanencias en exportación e importación y reducción del riesgo de cancelación. Para comparar por volumen, se transforma ese ahorro unitario a €/1.000 UTI siguiendo dos enfoques complementarios.

En la Tabla 36 se emplea la base efectiva (trenes reales necesarios para mover 1.000 UTI en cada escenario), de modo que escenarios con más UTI por tren precisan menos trenes y el ahorro por 1.000 UTI puede resultar inferior aunque el ahorro por tren sea mayor.

Escenario	Horizonte	Trenes / 1.000 UTI	Ahorro ciclo (€/1.000 UTI)	Ahorro permanencia exp (€/1.000 UTI)	Ahorro permanencia imp (€/1.000 UTI)	Ahorro cancel (€/1.000 UTI)	Total (€/1.000 UTI)
E1	2026	25,0	26.250	16.000	10.000	938	53.188
E1	2030	25,0	30.625	18.000	11.000	938	60.563
E2	2026	23,8	33.333	20.000	12.000	893	66.226
E2	2030	22,7	31.818	20.000	12.000	852	64.670
E3	2030	20,8	29.167	20.000	12.000	781	61.948

Tabla 40. . Ahorro de costes logísticos por cada 1000 UTI frente al E0 (base efectiva).

En la Tabla 37 se utiliza una base homogénea (25 trenes/1.000 UTI en todos los escenarios), que aísla la intensidad de ahorro por tren y permite ver el efecto puro de las mejoras operativas, sin mezclarlo con la distinta productividad (UTI/tren) de cada escenario.

Escenario	Horizonte	Ahorro ciclo (€/1.000 UTI)	Ahorro permanencia exp (€/1.000 UTI)	Ahorro permanencia imp (€/1.000 UTI)	Ahorro cancel (€/1.000 UTI)	Total (€/1.000 UTI)
E1	2026	26.250	16.000	10.000	938	53.188
E1	2030	30.625	18.000	11.000	938	60.563
E2	2026	35.000	21.000	12.600	938	69.538
E2	2030	35.000	22.000	13.200	938	71.138
E3	2030	35.000	24.000	14.400	938	74.338

Tabla 41. Ahorro de costes logísticos por cada 1000 UTI frente al E0 (base homogénea).

La comparación entre ambas tablas ilustra dos lecturas legítimas del mismo fenómeno. Con base efectiva, E2 puede mostrar un ahorro por 1.000 UTI ligeramente superior a E3 porque necesita menos trenes adicionales para ese volumen intermedio, a costa de operar con menos UTI por tren que E3. Con base homogénea, E3 lidera el ahorro al combinar las mismas mejoras de tiempos que E2 con una mayor intensidad de ahorro por tren derivada del régimen con ≥ 740 m. En términos de decisión, conviene presentar ambas lecturas: la efectiva para dimensionamiento y presupuestación operativa, y la homogénea para comparar la calidad intrínseca de la mejora por tren.

9.2. Reducción de emisiones

Este apartado estima la reducción potencial de emisiones de gases de efecto invernadero derivada del trasvase modal carretera→ferrocarril y la mayor eficiencia ferroviaria por operación con trenes largos y mayor aprovechamiento. La métrica base es el CO₂e por tonelada-kilómetro (t·km). Para evitar sobrerrequisitos de datos, los resultados se reportan por cada 1.000 UTI y por cada 100 km de recorrido, con supuestos explícitos y escalables linealmente a distancias y volúmenes distintos.

Para ello se estima que para un volumen Q de UTI, una masa media m (t/UTI) y una distancia L (km) y una cuota ferroviaria ρ , las emisiones totales son:

$$\text{Emisiones} = (Q \cdot m \cdot L) \cdot [(1 - \rho) \cdot EF_{\text{carretera}} + \rho \cdot EF_{\text{ferrocarril}}]$$

Se aplica, además, una corrección por proporción de trenes largos (λ), considerando que cada aumento de 10 puntos porcentuales de tren largo reduce el factor ferroviario un 2,5%:

$$EF_{\text{ferrocarril}} = EF_{\text{ferrocarril,base}} \cdot (1 - 0,25 \cdot \lambda).$$

Parámetro	Símbolo	Valor central	Unidad	Nota metodológica
Volumen de unidades	Q	1.000	UTI	Base de reporte homogénea; escalable linealmente.
Distancia considerada	L	100	km	Tramo tipo; extrapolable.
Masa media por unidad	m	14	t / UTI	Valor razonable tipo
Factor carretera	$EF_{\text{carretera}}$	137	g CO ₂ e / t·km	Intensidades medias europeas para HGV (EEA)
Factor base ferrocarril	$EF_{\text{ferrocarril,base}}$	24	g CO ₂ e / t·km	Intensidades medias europeas para ferrocarril (EEA)

OECD = Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico; EEA= Agencia Europea de Medio Ambiente

Tabla 42. Supuestos centrales para el cálculo de la reducción de emisiones

Horizonte	Escenario	Cuota ferrocarril (ρ)	% ≥ 740 m (λ)
2026	E0	15,0 %	0 %
2026	E1	18,5 %	0 %
2026	E2	19,5 %	10 %
2030	E0	15,0 %	0 %
2030	E1	20,0 %	0 %
2030	E2	21,0 %	20 %
2030	E3	23,0 %	40 %

Tabla 43. Parámetros operativos para el cálculo de la reducción de emisiones.

Horizonte	Escenario	Emisiones (t CO ₂ e)	Ahorro vs E0 (t CO ₂ e)
2026	E0	168,1	-
2026	E1	162,5	5,5
2026	E2	160,8	7,3
2030	E0	168,1	-
2030	E1	160,2	7,9
2030	E2	158,2	9,8
2030	E3	154,6	13,4

Tabla 44. Reducción de emisiones frente a E0

En 2026, E2 obtiene el mejor ahorro aceptable gracias a un ligero aumento de cuota ferroviaria y a un 10 % de trenes ≥ 740 m, que reduce el factor ferroviario efectivo. En 2030, E3 maximiza el recorte hasta los 13,4 t CO₂e por cada 1.000 UTI y 100 km al combinar la mayor cuota ferroviaria con un 40 % de circulaciones largas. E2 mantiene un desempeño razonablemente próximo con menor exigencia inversora.

9.3. Posible financiación RTE-T/CEF

La secuencia de escenarios encaja de forma natural en los instrumentos europeos de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T) y del Mecanismo «Conectar Europa» (CEF). Puertos, accesos ferroviarios de primera y última milla, terminales intermodales y digitalización de procesos son actuaciones típicamente elegibles si los activos se sitúan en la red básica o global del TEN-T y la operación contribuye a los objetivos de interoperabilidad, eficiencia y descarbonización.

En términos orientativos, CEF Transport 2021-2027 cofinancia estudios hasta 50% y obras generalmente en el entorno del 30%, con intensidades similares para señalización/protección y digitalización interoperable; las actuaciones ligadas a ferrocarril y a sistemas han sido objeto de convocatorias recurrentes gestionadas por la Agencia Ejecutiva Europea de Clima, Infraestructuras y Medio Ambiente (CINEA).

Para maximizar elegibilidad y puntuación, conviene empaquetar el proyecto en lotes coherentes por objetivo y madurez: un primer paquete E1 de eficiencia y datos, de bajo CAPEX y rápida ejecución; un segundo paquete E2 de obras ligeras en primera/última milla, con plan de obra en ventanas y continuidad de servicio; y un paquete E3 de integración avanzada con accesos ferroviarios y la estación intermodal, incluyendo interfaces de interoperabilidad y explotación de trenes ≥ 740 m.

Cada paquete debe presentar estudios previos cerrados, diseño y permisos en grado acorde a la convocatoria, evaluación coste-beneficio, incluyendo monetización de CO₂ y análisis de sensibilidad, verificación ambiental, esquema de gobernanza y contratación listo y un marco de seguimiento comprometido (CINEA, 2023).

Los requisitos formales clave son: el alineamiento con el Plan TEN-T nacional, el apoyo del Estado miembro, la elegibilidad espacial, la neutralidad competitiva y la compatibilidad con Ayudas de Estado.

Con este diseño, la propuesta acredita contribución directa a la RTE-T mediante mejoras en la capacidad y continuidad de la red; a la descarbonización, gracias al trasvase modal y los trenes largos y a la digitalización interoperable; tres ejes que concentran la puntuación de las convocatorias CEF (CINEA, 2023).

10. Conclusiones

El presente trabajo demuestra que la conexión ferroviaria Bilbao–Santander tiene un potencial transformador elevado. La evidencia conjunta —estado actual, análisis de tráfico, caracterización de terminales, modelado funcional, propuestas de mejora y evaluación multicriterio, económica y ambiental— converge en una hoja de ruta clara: extraer rendimiento inmediato de la infraestructura existente (E1), asegurar capacidad y fiabilidad estructural con obra ligera en primera/última milla (E2) y culminar con la integración avanzada y trenes largos en régimen (E3).

En el plano logístico y de mercado, los puertos presentan especializaciones complementarias: Bilbao opera como hub intermodal de gran escala con fuerte peso en granel líquido y la carga contenedorizada, mientras Santander se especializa en ro-ro y granel sólido. Esta asimetría, lejos de ser una barrera, ordena la carga multicliente y favorece factores de ocupación altos en trenes lanzadera. La cuota ferroviaria de partida, entorno al 11 % en Bilbao y 14 % en Santander, es mejorable pero suficiente para justificar una rampa de crecimiento si se corrigen cuellos de primera/última milla, longitudes útiles aún en 450–550 m, electrificación incompleta y ausencia de interoperabilidad UIC en playas clave. Los nodos interiores Pancorbo (Bilbao) y La Pasiega (Santander) son los multiplicadores de hinterland llamados a estabilizar las rotaciones y el trasvase modal.

Desde la operación, el modelado reproduce un régimen estable con rendimientos prudentes, dwell acotados y frecuencias realistas, demostrando que, con programación fina de surcos, cita previa, preaviso documental y trazabilidad, es posible alcanzar puntualidad $\geq 95\%$ y permanencias < 24 h (exp.) / < 12 h (imp.) sin necesidad de obra mayor. La obra ligera consolida esa estabilidad y abre la puerta a trenes ≥ 740 m en un haz de referencia, que es donde aflora el mayor salto en eficiencia energética y económica.

El análisis multicriterio ofrece un veredicto nítido por horizonte: en 2026, el Escenario 2 (E2) es la mejor opción global por su equilibrio entre capacidad, fiabilidad y CAPEX contenido, superando a un Escenario 1 (E1) muy competitivo pero con techo técnico (longitud media ≈ 520 – 530 m, sin trenes largos). El Escenario 3 (E3), en fase de transición, no es aceptable aún si no garantiza de forma sostenida los umbrales de puntualidad y permanencias. En 2030, con VSF–Serantes y La Pasiega en régimen, E3 lidera (trenes ≥ 740 m recurrentes, interoperabilidad y conectividad nodal plenas), seguido de E2 como solución robusta y coste-efectiva; E1 mantiene estabilidad operativa pero sin el salto estructural de capacidad y articulación territorial.

En términos económicos, los ahorros frente al escenario base se materializan en los tres frentes clave: ciclo del tren, permanencias y cancelaciones. Por 1.000 UTI y con base homogénea, los ahorros ascienden a 53.200 € (E1-2026), 69.500 € (E2-2026), 74.300 € (E3-2030); con base efectiva (menos trenes por más UTI/tren) se observa el matiz operativo: E2-2026 ronda los 66.200 € y E3-2030 los 61.900 €, reflejando el balance entre intensidad de ahorro por tren y número de trenes necesarios. El mensaje operativo es doble, para dimensionamiento/presupuesto, usar base efectiva y para comparar calidad por tren, usar base homogénea, donde E3 maximiza la mejora gracias al régimen ≥ 740 m.

En el vector ambiental-energético, el trasvase modal y el uso de trenes largos reducen emisiones por cada 1.000 UTI y 100 km en 7,3 tCO₂e (E2-2026) y hasta 13,4 tCO₂e (E3-2030), con E2 muy próximo a los máximos con menor exigencia inversora. Esta ganancia no es marginal: empuja la senda de descarbonización del corredor y mejora el coste generalizado de la cadena logística, reforzando la competitividad del Arco Atlántico.

La pauta de implantación que se recomienda es secuencial y condicionada por hitos de servicio: desplegar E1 de inmediato (surcos y ventanas sincronizados, TOS-PCP integrados, cita/preaviso, tablero KPI), escalar a E2 en 12–24 meses (550 m sistemáticos, apartaderos/escapes, gálíbos y gates inteligentes) y activar E3 en 2030 cuando estén verificadas VSF–Serantes y La Pasiiega y existan surcos recurrentes estables para trenes de 740 m. Los criterios de salto entre etapas son operativos y medibles: puntualidad $\geq 95\%$, dwell $< 24/12$ h, utilización $\geq 80\%$, longitud media ≥ 550 m y % de trenes ≥ 740 m creciendo por rampa ($\geq 10\% \rightarrow \geq 20\% \rightarrow \geq 40\%$). La gobernanza debe formalizarse con acuerdos de nivel de servicio (SLA), bonificaciones a trenes largos y alta ocupación, penalizaciones por cancelaciones/retrasos, y un comité de explotación mensual que opere sobre un tablero de KPI con umbrales objetivo–ámbar–rojo y acciones correctivas automáticas.

Los riesgos críticos, como la sincronización real de hitos, la capacidad y estabilidad de surcos en líneas mixtas, y la calidad del dato se mitigan con faseos de obra en ventanas, reservas de capacidad en apartaderos críticos, priorización de ventanas estables, pilotos nocturnos de trenes largos, planes de contingencia y auditoría de integridad de datos (ETA/ETD, EDI). En financiación, la estructuración en paquetes E1–E2–E3 encaja con TEN-T/CEF, reforzando la viabilidad financiera y la puntuación por capacidad, descarbonización y digitalización interoperable.

La conclusión de conjunto es inequívoca: el corredor Bilbao–Santander puede alcanzar estándares europeos de fiabilidad, eficiencia y sostenibilidad si sigue un procedimiento de escenarios disciplinado, gobierna por datos y umbrales y alinea inversión con los aspectos más influyentes. E2 maximiza la relación beneficio-coste en 2026 y construye la plataforma operativa; E3 materializa en 2030 el potencial completo con trenes ≥ 740 m, interoperabilidad y conectividad nodal en régimen. El resultado es un sistema más competitivo, más limpio y más resiliente, capaz de ampliar hinterland, captar demanda latente en el eje Este/Oeste y sostener cuotas ferroviarias objetivo con continuidad de servicio y trazabilidad verificable.

11. Bibliografía

- Adif. (2024). [*Declaración sobre la Red 2024*](#).
- Adif. (2024). [*Ampliación de longitudes útiles en la terminal de Muriedas*](#).
- Agencia Ejecutiva Europea de Clima, Infraestructuras y Medio Ambiente (CINEA). (2025). [*Convocatorias*](#)
- Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). (2024). [*Factores de emisión medios para HGV y ferrocarril*](#).
- Autoridad Portuaria de Bilbao [APB]. (2019). [*Información sobre la red ferroviaria del puerto de Bilbao*](#).
- Autoridad Portuaria de Bilbao. (2025). [*Memoria 2022 – 2023*](#).
- Autoridad Portuaria de Bilbao. (s. f.). [*Conexiones ferroviarias*](#).
- Autoridad Portuaria de Santander [APS]. (2016). [*Información sobre la red ferroviaria del Puerto de Santander*](#).
- Autoridad Portuaria de Santander [APS]. (2024). [*Actuaciones ferroviarias/terminales; apartadero en terminal de contenedores*](#).
- Autoridad Portuaria de Santander [APS]. (2025a). [*Memoria 2023*](#).
- Autoridad Portuaria de Santander [APS]. (2025b). [*Autopista ferroviaria Santander-Madrid*](#).
- Autoridad Portuaria de Santander [APS]. (2025c). [*Mejoras urbanas en acceso c/ Antonio López*](#).
- Autoridad Portuaria de Santander [APS]. (s. f.). [*Red de puertos secos*](#).
- Bilbaoport. (s. f.). [*Puertos Secos y Plataformas Multimodales*](#).
- Bilbaoport. (2017, 7 de noviembre). [*Inicio del servicio ferroviario entre Pancorbo y el Puerto de Bilbao*](#).
- Bilbaoport. (2025). [*Plan Estratégico 2023–2026*](#).
- Boletín Oficial del Estado [BOE]. (2025). [*Anuncio del procedimiento expropiatorio “Conexión Serantes” \(VSF\)*](#).
- Cadena de Suministro. (2017, 7 de noviembre) [*La terminal ferroportuaria de Pancorbo Telof recibe el primer tren procedente del puerto de Bilbao*](#).
- Cadena SER. (2023, 30 de marzo). [*Las obras del polígono de La Pasiega comenzarán antes de verano*](#)
- Cadena SER. (2025a, 14 de mayo). [*Transportes impulsa el tráfico de trenes de mercancías de hasta 750 m en la línea Palencia–Cantabria*](#). Cadena SER.
- Cadena SER. (2025b, 25 de abril). [*La intermodal de La Pasiega costará 62 millones de euros, 24 más de lo previsto*](#)
- Comisión Europea. (2019). [*Comunicación: El Pacto Verde Europeo \(COM\(2019\) 640 final\)*](#).
- Comisión Europea. (2021). [*Paquete “Fit for 55”: propuestas legislativas para alcanzar el objetivo climático de 2030*](#).
- CSP Spain. (s. f.). [*Csp Iberian Bilbao Terminal*](#)
- Diario del Canal. (2021, 16 de febrero) [*El puerto de Santander implanta el código QR para sus accesos*](#).

- **Diario del Canal.** (2025, 7 de julio). [*El puerto de Bilbao lanza un servicio telemático para el ferrocarril.*](#)
- **El Mercantil.** (2023, 18 de noviembre). [*La terminal de Boluda en Santander recibe el primer tren del nuevo servicio con Abroñigal.*](#)
- **El Mercantil.** (2024, 11 de noviembre). [*La primera fase del estudio de la variante sur ferroviaria de Bilbao pasa la primera aprobación.*](#)
- **El Mercantil.** (2025, 16 de julio). [*Transportes avanza en el desarrollo de la Variante Sur de Bilbao por el túnel de Serantes.*](#)
- **Gobierno de Cantabria.** (2025a, 24 de abril). [*Buruaga espera firmar “pronto” el convenio con Adif para construir la intermodal de La Pasiega, que tendrá un coste final de 62 millones de euros*](#) [Comunicado].
- **Gobierno de Cantabria.** (2025b, 26 de abril). [*El Gobierno licita la redacción del proyecto para construir la nueva carretera de enlace con el Llano de La Pasiega*](#) [Comunicado].
- **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).** (2020). [*Estudio Informativo del Corredor Cantábrico-Mediterráneo. Tramo: Bilbao-Santander. Fase 1. Estudio de alternativas y viabilidad*](#)
- **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).** (2021a). [*Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030.*](#)
- **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).** (2021b). [*Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia \(PRTR\).*](#)
- **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).** (2022). [*Rotonda elevada sobre la A-67 y conexiones puerto-ciudad del transporte.*](#)
- **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).** (2024). [*Declaración de Impacto Ambiental favorable de la Variante Sur Ferroviaria \(Fase 1\).*](#)
- **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.** (2025, 16 de julio). [*Transportes impulsa la conexión ferroviaria con el Puerto de Bilbao por el túnel de Serantes.*](#) *Nota de prensa.*
- **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.** (2025, 14 de mayo). [*Transportes impulsa el tráfico de trenes de mercancías de hasta 750 m en las líneas Barcelona–Madrid, Palencia–Cantabria y en Andalucía.*](#) *Nota de prensa.*
- **Naciones Unidas.** (2015). [*Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible \(Resolución A/RES/70/1\).*](#)
- **Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE).** (2023). [*Informe del OTLE 2023.*](#)
- **Renfe.** (2022). [*Servicio MD R-3 Santander–Bilbao: horarios.*](#)
- **Sadisa.** (s. f.). [*Rotonda elevada sobre la A-67 y las vías: ficha técnica del proyecto.*](#)
- **Unión Europea.** (2010). [*Reglamento \(UE\) n.º 913/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a una red ferroviaria europea para un transporte competitivo de mercancías. Diario Oficial de la Unión Europea.*](#)
- **Unión Europea.** (2013). [*Reglamento \(UE\) n.º 1316/2013 por el que se crea el Mecanismo «Conectar Europa» \(CEF\). Diario Oficial de la Unión Europea.*](#)

- **Unión Europea.** (2021). *[Reglamento \(UE\) 2021/1153 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de julio de 2021, por el que se establece el Mecanismo «Conectar Europa» \(CEF\) y se derogan los Reglamentos \(UE\) n.º 1316/2013 y \(UE\) n.º 283/2014. Diario Oficial de la Unión Europea.](#)*
- **Unión Europea.** (2024). *[Reglamento \(UE\) 2024/1679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, relativo a las orientaciones para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte \(RTE-T\). Diario Oficial de la Unión Europea.](#)*

PROBLEMÁTICA

La conexión ferroviaria de mercancías Bilbao–Santander parte de una cuota ferroviaria baja, longitudes útiles heterogéneas y cuellos de primera/última milla que elevan permanencias y ciclos.

OBJETIVO

Definir y priorizar una hoja de ruta intermodal que mejore capacidad, fiabilidad, utilización y trazabilidad, incrementando la cuota rail y reduciendo emisiones en línea con la RTE-T

Tipo de mercancía	Puerto de Bilbao	Puerto de Santander
Tráfico total (t)	32,9 millones	7,0 millones
Graneles líquidos (t)	20,6 millones	211.894
Graneles sólidos (t)	3,9 millones	3,8 millones
Carga general convencional (t)	3,0 millones	2,4 millones
Contenedores (TEUs)	492.481	57.371
Vehículos (unidades)	32.410	447.007

Indicador	Puerto de Bilbao	Puerto de Santander
Tráfico por tren (t)	1.458.479	955.095
Tráfico por carretera (t)	12.346.535	5.875.895
Total terrestre (t)	13.805.014	6.830.990
Cuota ferroviaria (%)	10,6 %	14,0 %

Tráfico terrestre con origen/destino Bizkaia/Cantabria

METODOLOGÍA

KPI operativos y estratégicos → Normalización 0 -100 → Índices compuestos → Suma Ponderada

Índice	Indicador compuesto	Peso WSM
Técnico-operativo	ITO = 0,40·Puntualidad + 0,40·Eficiencia terminal + 0,20·Capacidad efectiva	0,30
Económico-financiero	IEF = 0,40·Inversión + 0,40·Productividad + 0,20·Ahorro por reducción de tiempos	0,20
Ambiental-energético	IAE = 0,50·Cuota ferroviaria + 0,30·Eficiencia energética + 0,20·UTI no acompañada	0,20
Territorial-logístico	ITL = 0,50·Conectividad nodal + 0,30·Captación vectorial + 0,20·Interoperabilidad	0,15
Implantabilidad-gobernanza	IIG = 0,50·Madurez de hitos + 0,30·Marco comercial + 0,20·Riesgo	0,15

EVALUACIÓN

Matriz de puntuaciones por escenario (2026)				
	E0	E1	E2	E3
ITO	70	94	97	84
IEF	62	82	76	58
IAE	48	66	78	71
ITL	57	65	71	81
IIG	78	97	92	81
Total	-	82	84	-

Matriz de puntuaciones por escenario (2030)				
	E0	E1	E2	E3
ITO	70	95	98	100
IEF	62	85	80	76
IAE	48	70	85	100
ITL	57	67	82	100
IIG	78	97	97	92
Total	-	84	89	94

- En el horizonte 2026, un escenario con el refuerzo selectivo de primera y última milla (E2) ofrece el mejor equilibrio entre capacidad efectiva, fiabilidad y esfuerzo inversor.
- En 2030, la integración avanzada con accesos y nodos (E3) materializa el potencial transformador del corredor mediante composiciones largas, conectividad nodal e interoperabilidad plena.

ESCENARIOS PLANTEADOS

E0 – Base → E1 – Optimización → E2 – Refuerzo selectivo → E3 – Integración avanzada

Escenario	Propósito	Intensidad inversora	Horizonte
E0	Línea base para medir mejoras/KPI	Nula	Actual
E1	Ganancia inmediata sin obra	Baja	0–12 meses
E2	Capacidad y fiabilidad estructural	Media	12–24 meses
E3	Trenes largos e interoperabilidad plena	Alta	2030

BENEFICIOS

Económicos

Ahorro de costes logísticos por cada 1000 UTI frente al E0

Ambientales

Reducción de emisiones frente a E0

Horizonte	Escenario	Total (€/1.000 UTI)
2026	E1	53.188
2026	E2	69.538
2030	E1	60.563
2030	E2	71.138
2030	E3	74.338

Horizonte	Escenario	Ahorro vs E0 (tCO ₂ e)
2026	E1	5,5
2026	E2	7,3
2030	E1	7,9
2030	E2	9,8
2030	E3	13,4