



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MASTER

---

Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales  
intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal  
intermodal de Parc Sagunt II (Valencia).

---

*Presentado por*

Pérez Molina, Pau

---

*Para la obtención del*

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2021/2022*

*Fecha: Mayo de 2022*

*Tutor: Ignacio Villalba Sanchis*





## RESUMEN

Desde el punto de vista del reparto modal interior, según datos del *EU Transport Figures*, España únicamente mueve en la actualidad un 5% de sus mercancías a través del ferrocarril. Así, se puede observar cómo aquí predomina de forma clara el transporte por carretera con prácticamente el monopolio (el 91%) del transporte de bienes. Este dato se podría tildar de dramático si se compara con el resto de países europeos, cuya participación del ferrocarril en la mayor parte de los casos supera el 10% (la media de la UE de los 27 está en el 18%) y en algunos, como es el alemán, llega casi al 20%. Es por este motivo que España debe esforzarse para desarrollar una política ferroviaria más ambiciosa y llevar a cabo las infraestructuras ferroviarias necesarias para que los nodos industriales y logísticos puedan ser más competitivos. Ya no únicamente desde el punto de vista económico, sino también desde el medioambiental, pues es necesario impulsar otros medios de transporte menos contaminantes (como es el ferrocarril) para conseguir cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 y del Acuerdo de París. De esta forma, a través de este trabajo, se pretende estudiar el estado de las actuales terminales de mercancías a nivel nacional y analizar los parámetros técnicos que influyen en su diseño. De este modo, se conseguirá dar una solución a la falta de bibliografía relacionada con el diseño de este tipo de terminales intermodales tan especializadas. Finalmente, se aplicarán estos parámetros técnicos al diseño de una terminal de mercancías en Sagunto, punto estratégico que sufrirá un fuerte desarrollo en los próximos años por la influencia de su puerto, del Corredor Mediterráneo, así como del enlace ferroviario entre éste y el Atlántico a través de Teruel y Zaragoza.

**Palabras clave:** terminal ferroviaria, terminal intermodal, ferrocarril, mercancías, intermodalidad, transporte

## ABSTRACT

From the internal modal share's point of view, according to data from the *EU Transport Figures*, Spain currently moves only a 5% of its goods through rail. Thus, it can be observed that road transport clearly predominates here with practically the monopoly (91%) of goods' transport. This data could be called dramatic when compared with the rest of European countries, whose rail participation exceeds the 10% in most cases (the EU-27 average is 18%). And in some, as for the German case, it almost reaches the 20%. It is for this reason that Spain must strive to develop a more ambitious railway policy and carry out the necessary railway infrastructures, so that industrial and logistic nodes can be more competitive. Not only from the economic point of view, but also from the environmental one, since it is necessary to promote other less polluting means of transport (such as rail) to achieve compliance with the 2030 Agenda objectives and the Paris Agreement. In this way, this paper is intended to study the state of the current railway terminals nationwide and analyze the technical parameters that influence their design. Therefore, a solution will be found to the lack of bibliography concerning the design of these specialized intermodal terminals. Finally, all these technical parameters will be applied to the design of a freight terminal in Sagunto, a strategic node that will undergo a strong development in the coming years due to the influence of its port, the Mediterranean Corridor, as well as the rail link between it and the Atlantic, through Teruel and Zaragoza.

**Key words:** intermodal terminal, freight terminal, railway, freight, intermodality, transport



## RESUM

Des del punt de vista del repartiment modal interior, segons dades de l'EU Transport Figures, Espanya únicament mou en l'actualitat un 5% de les seues mercaderies a través del ferrocarril. Així, es pot observar com ací predomina de forma clara el transport per carretera amb pràcticament el monopoli (el 91%) del transport de béns. Aquesta dada es podria titllar de dramàtica si es compara amb la resta de països europeus, la participació dels quals en l'àmbit ferroviari supera en la major part dels casos el 10% (la mitjana de l'UE està en el 18%) i en alguns, com és l'alemany, arriba fins el 20%. És per aquest motiu que Espanya ha d'esforçar-se per a desenvolupar una política ferroviària més ambiciosa i dur a terme les infraestructures ferroviàries necessàries per a que els nodes industrials i logístics puguen ser més competitius. Ja no únicament des del punt de vista econòmic, sinó també des del mediambiental, doncs cal impulsar altres mitjans de transport menys contaminants (com és el ferrocarril) per aconseguir complir amb els objectius de l'Agenda 2030 i de l'Acord de París. D'aquesta manera, a través d'aquest treball, es pretén estudiar l'estat de les actuals terminals de mercaderies a nivell nacional i analitzar els paràmetres tècnics que influeixen el seu disseny. Així, s'aconseguirà donar una solució a la manca de bibliografia relacionada amb el disseny d'aquest tipus de terminals intermodals tan especialitzades. Finalment, s'aplicaran aquests paràmetres tècnics al disseny d'una terminal de mercaderies a Sagunt, punt estratègic que sofrirà un fort desenvolupament en els anys vinents per la influència del seu port, del Corredor Mediterrani, així com de l'enllaç ferroviari entre aquest i l'Atlàntic a través de Terol i Saragossa.

**Paraules clau:** terminal ferroviària, terminal intermodal, ferrocarril, mercaderies, intermodalitat, transport



## Índice

Índice de ilustraciones y tablas .....	7
ILUSTRACIONES .....	7
TABLAS .....	9
1. Introducción .....	11
2. Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 .....	12
3. Mercancías 30 .....	13
3.1. Acciones para el incremento efectivo del transporte ferroviario de mercancías 2021-2030 .....	13
3.1.1. Infraestructuras (I) .....	14
3.1.2. Gestión de Capacidad (GC).....	16
3.1.3. Terminales (T).....	17
3.1.4. Autopistas Ferroviarias (AF) .....	21
3.1.5. Ayudas (AY) .....	22
3.1.6. Estimación económica.....	23
4. Situación del transporte de mercancías por ferrocarril en España.....	25
4.1. Distribución modal .....	28
4.1.1. Ámbito nacional .....	28
4.1.2. Ámbito internacional.....	29
4.1.3. Transporte de mercancías total (nacional e internacional) .....	29
4.1.4. Situación en el resto de países de Europa .....	30
4.2. Principales flujos ferroviarios de mercancías.....	30
4.2.1. Trayectos de corto recorrido (menos de 150 km).....	30
4.2.2. Trayectos de medio y largo recorrido (más de 150 km) .....	31
4.3. Multimodalidad e intermodalidad .....	31
4.3.1. Multimodalidad.....	31
4.3.2. Multimodalidad en los puertos .....	33
4.3.3. Transporte marítimo-ferroviario.....	34
4.3.4. Intermodalidad.....	35
5. Definición y clasificación de terminales .....	37
5.1. Por funcionalidad .....	37
5.1.1. Instalaciones técnicas.....	38



---

5.1.2. Instalaciones logísticas o de mercancías .....	39
5.2. Por titularidad del servicio .....	39
5.2.1. Terminales públicas.....	40
5.2.2. Terminales privadas .....	40
6. Material móvil y mercancía tipo .....	41
6.1. Material móvil .....	41
6.1.1. Mercancía contenerizada.....	41
6.1.2. Automoción.....	41
6.2. Mercancía tipo .....	41
7. Red de terminales intermodales ferroviarias de España .....	43
8. Principales subsistemas de una terminal intermodal ferroviaria .....	51
8.1. Área técnica vinculada a la logística del tren .....	51
8.2. Área logística de carga y descarga .....	53
8.3. Área de recepción y entrega .....	55
8.4. Área de almacenamiento .....	56
8.5. Área de consolidación y desconsolidación.....	56
8.6. Interconexión .....	56
8.7. Otras áreas de servicios .....	56
9. Configuración general en planta de una terminal intermodal ferroviaria.....	57
9.1. Elección del tipo de equipo de manipulación .....	57
9.1.1. Criterios para escoger entre grúas pórtico y equipos móviles de manipulación .....	57
9.2. Configuración en planta para terminales con grúas pórtico.....	58
9.3. Configuración en planta para terminales con equipos móviles de manipulación .....	61
9.4. Configuración en planta para terminales con servicios de <i>Ferroutage</i> .....	62
9.4.1. Sistema de vagones de ruedas pequeñas (RoLa) .....	62
9.4.2. Sistema Modalohr .....	64
9.4.3. Sistema de vagones “poche” .....	66
10. Criterios y recomendaciones técnicas de diseño .....	68
10.1. Ancho de vía nominal.....	68
10.2. Sobreanchos o anchos de vía en curvas de radio reducido .....	68
10.3. Distancia entre ejes de vías (entreeje).....	69
10.3.1. NAP 1-2-1.0 .....	70
10.3.2. Instrucción Ferroviaria de Gálíbos (IFG).....	75

---



---

10.3.3. Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) de Infraestructura (RUE 1299/2014)	76
10.3.4. NAV 3-8-2.0	77
10.4. Distancia mínima entre vías de carga y descarga y otros elementos	78
10.4.1. Distancia mínima con los postes verticales de soporte de una grúa pórtico	78
10.4.2. Distancia mínima con el carril de carga/descarga para vehículos sobre neumáticos	78
10.4.3. Distancia mínima con las filas de depósito temporal de unidades de carga	79
10.5. Radio mínimo de las alineaciones circulares	79
10.6. Longitud mínima de las alineaciones en planta de curvatura constante	80
10.6.1. Longitud de alineaciones con peralte constante entre dos transiciones lineales de peralte	80
10.6.2. Longitud mínima entre puntos de tangencia de dos cambios bruscos de insuficiencia de peralte	81
10.7. Inclinación en alzado	81
10.8. Peralte	83
10.9. Recomendaciones sobre acuerdos verticales	84
10.10. Elección de la masa del carril	84
10.11. Longitud de las vías y alineación en planta	85
10.11.1. Determinación de la longitud en función de la demanda de transporte ferroviario	86
10.12. Gálibos	87
10.13. Clasificación de las vías	92
10.14. Recomendaciones sobre los viales para vehículos sobre neumáticos	93
10.15. Haces de vías	94
11. Cálculo del número necesario de vías de carga y descarga	96
11.1. Método analítico	97
11.1.1. Terminal operando bajo capacidad dinámica	97
11.1.2. Terminal operando bajo capacidad estática	105
11.2 Método basado en la formulación de UIC-GTC	106
11.3 Método según criterios estadísticos	108
12. Dimensionamiento del área de almacenamiento	112
12.1. Área de almacenamiento en terminales operadas por grúas pórtico	112
12.1.1. Dimensiones del área de almacenamiento	112
12.1.2. Cálculo del número de filas necesarias del área de almacenamiento	113

---



---

12.2. Área de almacenamiento en terminales operadas por equipos móviles de manipulación .....	115
12.2.1. Dimensiones del área de almacenamiento .....	116
12.2.2. Cálculo de la superficie necesaria del área de almacenamiento .....	116
13. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia) .....	119
13.1. Situación de la terminal.....	119
13.2. Accesos ferroviarios .....	121
13.3. Cálculo del número necesario de vías de carga y descarga .....	124
13.3.1. Método analítico .....	126
13.3.2. Método basado en la formulación de UIC-GTC.....	132
13.3.3. Método según criterios estadísticos .....	133
13.3.4. Conclusiones .....	135
13.4. Determinación de otras vías auxiliares .....	135
13.5. Vías para el Ferroutage .....	136
13.6. Dimensionamiento del área de almacenamiento.....	136
13.6.1. Terminales operadas por equipos móviles de manipulación.....	136
13.6.2. Terminales operadas por grúas pórtico .....	138
13.7. Configuración en planta y criterios de diseño.....	140
13.8. Presupuesto .....	140
13.8.1. Presupuesto para la terminal operada con grúas pórtico .....	141
13.8.2. Presupuesto para la terminal operada con <i>Reach Stacker</i> .....	142
13.9. Elección de la alternativa más adecuada .....	143
13.10. Planos .....	146
14. Conclusiones.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	149
ANEJOS .....	151
ANEJO 1. Planos.....	151
ANEJO 2. Características técnicas de las TIF de Adif .....	173
ANEJO 3. Especificaciones técnicas de los vagones portacontenedores de Renfe Mercancías .....	183
ANEJO 4. Especificaciones técnicas de los vagones para automóviles de Renfe Mercancías ...	187
ANEJO 5. Relación del TFM con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) .....	189

---





## Índice de ilustraciones y tablas

### ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 - PRINCIPIOS Y OBJETIVOS DEL EJE 6 DE LA ESTRATEGIA DEL MITMA: FUENTE: ESTRATEGIA DE MOVILIDAD SEGURA, SOSTENIBLE Y CONECTADA 2030 .....	12
ILUSTRACIÓN 2 - PRESUPUESTO TOTAL DE MERCANCIAS 30. FUENTE: PROPIA Y DOCUMENTO DE TRABAJO MERCANCIAS 30 ....	23
ILUSTRACIÓN 3 - PRESUPUESTO PARA TERMINALES DE MERCANCIAS 30. FUENTE: PROPIA Y DOCUMENTO DE TRABAJO MERCANCIAS 30 .....	24
ILUSTRACIÓN 4 - TRÁFICO Y TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS (2005-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020.....	25
ILUSTRACIÓN 5 - TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS POR OPERADOR (2007-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .	26
ILUSTRACIÓN 6 - TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS (MILLONES DE T-KM NETAS) POR TIPO DE VAGÓN Y ÁMBITO (2007- 2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	26
ILUSTRACIÓN 7 - TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS (MILES DE TONELADAS NETAS) POR TIPO DE VAGÓN Y ÁMBITO (2007-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	27
ILUSTRACIÓN 8 - INDICADORES DE EXPLOTACIÓN DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS (2005-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020.....	27
ILUSTRACIÓN 9 - REPARTO MODAL EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS EN ÁMBITO NACIONAL PARA TODOS LOS MODOS TERRESTRES (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020.....	28
ILUSTRACIÓN 10 - REPARTO MODAL EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS EN ÁMBITO NACIONAL PARA TODOS LOS MODOS (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	28
ILUSTRACIÓN 11 - REPARTO MODAL EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS EN ÁMBITO INTERNACIONAL (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	29
ILUSTRACIÓN 12 - REPARTO MODAL EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS EN ÁMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL PARA MODOS TERRESTRES (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020.....	29
ILUSTRACIÓN 13 - REPARTO MODAL EN EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS EN ESPAÑA Y PRINCIPALES PAÍSES EUROPEOS (2018). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	30
ILUSTRACIÓN 14 - PRINCIPALES FLUJOS DE TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020	31
ILUSTRACIÓN 15 - EVOLUCIÓN DE LAS CADENAS DE TRANSPORTE DE MERCANCIAS EN ESPAÑA (MILES DE TONELADAS) (2007- 2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	32
ILUSTRACIÓN 16 - EVOLUCIÓN DE LAS CUOTAS DE CADENAS MULTIMODALES Y UNIMODALES (%) (2007-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020.....	32
ILUSTRACIÓN 17 - REPARTO ENTRE LOS MODOS CARRETERA Y FERROVIARIO EN LA ENTRADA/SALIDA DE MERCANCIAS A LOS PUERTOS DEL SPTE (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	33
ILUSTRACIÓN 18 - REPARTO ENTRE LOS MODOS CARRETERA Y FERROVIARIO EN LA ENTRADA/SALIDA DE MERCANCIAS A LOS PUERTOS, POR AP (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	33
ILUSTRACIÓN 19 - TRANSPORTE MARÍTIMO-FERROVIARIO POR AAPP (2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	34
ILUSTRACIÓN 20 - EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE FERROVIARIO Y DEL TRANSPORTE MARÍTIMO-FERROVIARIO (2007-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	35
ILUSTRACIÓN 21 - TRANSPORTE INTERMODAL DE MERCANCIAS EN CONTENEDOR POR MODO (ÁMBITO NACIONAL MÁS INTERNACIONAL) (MILES DE TONELADAS) (2007-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	36
ILUSTRACIÓN 22 - EVOLUCIÓN DE LA CUOTA DE TRANSPORTE INTERMODAL EN CONTENEDOR POR MODO (2007-2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020.....	36
ILUSTRACIÓN 23 - EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE FERROVIARIO INTERMODAL Y TOTAL (NACIONAL + INTERNACIONAL) (2007- 2019). FUENTE: INFORME OTLE 2020 .....	36



ILUSTRACIÓN 24 - LOCALIZACIÓN DE LAS TERMINALES PRIVADAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA. FUENTE: WIKIPEDIA Y PROPIA .....	40
ILUSTRACIÓN 25 - MEDIDAS (EXTERNAS) ESTANDARIZADAS DE LOS CONTENEDORES. FUENTE: ISO 668:2020 .....	42
ILUSTRACIÓN 26 - RED DE TERMINALES DE ADIF, ZONA NOROESTE. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 Y PROPIA .....	47
ILUSTRACIÓN 27 - RED DE TERMINALES DE ADIF, ZONA NORESTE. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 Y PROPIA .....	47
ILUSTRACIÓN 28 – RED DE TERMINALES DE ADIF, ZONA CENTRO Y ESTE. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 Y PROPIA .....	48
ILUSTRACIÓN 29 - RED DE TERMINALES DE ADIF, ZONA SUR. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 Y PROPIA .....	48
ILUSTRACIÓN 30 - RTG EN EL PUERTO DE VALENCIA. FUENTE: PROPIA .....	54
ILUSTRACIÓN 31 - REACH STACKER. FUENTE: WIKIPEDIA .....	55
ILUSTRACIÓN 32 - TERMINAL DE SILLA. EJEMPLO DE TERMINAL CON SECCIONES EN PARALELO Y EN FONDO DE SACO. FUENTE: GOOGLE EARTH .....	59
ILUSTRACIÓN 33 - TERMINAL DE BARCELONA-MORROT. EJEMPLO DE TERMINAL CON SECCIONES EN SERIE Y EN FONDO DE SACO. FUENTE: GOOGLE EARTH .....	59
ILUSTRACIÓN 34 - TERMINAL DE MADRID-VICÁLVARO. EJEMPLO DE TERMINAL PASANTE. FUENTE: GOOGLE EARTH .....	60
ILUSTRACIÓN 35 - TERMINAL DE SEVILLA-MAJARABIQUE. EJEMPLO DE TERMINAL OPERADA POR EMM Y EN FONDO DE SACO. FUENTE: GOOGLE EARTH .....	61
ILUSTRACIÓN 36 - SISTEMA ROLA. FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	62
ILUSTRACIÓN 37 - CONFIGURACIÓN EN PLANTA DE UNA TERMINAL EN FONDO DE SACO CON TECNOLOGÍA ROLA. FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	63
ILUSTRACIÓN 38 - CONFIGURACIÓN EN PLANTA DE UNA TERMINAL PASANTE CON TECNOLOGÍA ROLA. FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	64
ILUSTRACIÓN 39 - SISTEMA MODALOHR. FUENTE: <a href="https://lohr.fr/es/lohr-railway-system/las-terminales-del-sistema-lohr/">HTTPS://LOHR.FR/ES/LOHR-RAILWAY-SYSTEM/LAS-TERMINALES-DEL-SISTEMA- LOHR/</a> .....	64
ILUSTRACIÓN 40 - CONFIGURACIÓN EN PLANTA DE UNA TERMINAL EN FONDO DE SACO CON TECNOLOGÍA MODALOHR. FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	65
ILUSTRACIÓN 41 - CONFIGURACIÓN EN PLANTA DE UNA TERMINAL PASANTE CON TECNOLOGÍA MODALOHR. FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	66
ILUSTRACIÓN 42 - SISTEMA DE VAGONES "POCHE". FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	66
ILUSTRACIÓN 43 - CONFIGURACIÓN EN PLANTA DE UNA TERMINAL EN FONDO DE SACO CON TECNOLOGÍA DE VAGONES "POCHE". FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	67
ILUSTRACIÓN 44 - CONFIGURACIÓN EN PLANTA DE UNA TERMINAL PASANTE CON TECNOLOGÍA DE VAGONES "POCHE". FUENTE: ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE AUTOPISTAS FERROVIARIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA .....	67
ILUSTRACIÓN 45 - VALORES DE ENTREEJE. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	70
ILUSTRACIÓN 46 - ENTREEJE MÍNIMO DE VÍAS CONTIGUAS PARA VÍAS DE ANCHO IBÉRICO EN ZONAS DE CARGA/DESCARGA DE UTIS. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	73
ILUSTRACIÓN 47 - ENTREEJE MÍNIMO DE VÍAS CONTIGUAS PARA VÍAS DE ANCHO MIXTO EN ZONAS DE CARGA/DESCARGA DE UTIS. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	73
ILUSTRACIÓN 48 - ENTREEJE MÍNIMO DE VÍAS CONTIGUAS PARA VÍAS DE ANCHO MÉTRICO EN ZONAS DE CARGA/DESCARGA DE UTIS. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	74
ILUSTRACIÓN 49 - ENTREEJE MÍNIMO EN VÍAS CONTIGUAS DE ANCHOS MÉTRICO E IBÉRICO EN ZONAS DE CARGA/DESCARGA DE UTIS. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	74
ILUSTRACIÓN 50 - DISTANCIA NOMINAL ENTRE EJES DE VÍAS (V. NORMALES). FUENTE: INSTRUCCIÓN FERROVIARIA DE GÁLIBOS. 75	75
ILUSTRACIÓN 51 - DISTANCIA NOMINAL ENTRE EJES DE VÍAS (V. EXCEPCIONALES). FUENTE: INSTRUCCIÓN FERROVIARIA DE GÁLIBOS .....	75
ILUSTRACIÓN 52 - DISTANCIA HORIZONTAL MÍNIMA NOMINAL ENTRE EJES DE VÍAS. FUENTE: ETI DE INFRAESTRUCTURA .....	76
ILUSTRACIÓN 53 - DISTANCIA HORIZONTAL NOMINAL MÍNIMA ENTRE EJES DE VÍAS PARA ANCHO IBÉRICO. FUENTE: ETI DE INFRAESTRUCTURA .....	77



ILUSTRACIÓN 54 - VALOR DE ENTREVÍAS ENTRE EJES DE VÍAS CONTIGUAS. FUENTE: NAV 3-8-2.0 .....	77
ILUSTRACIÓN 55 – GÁLIBOS DE IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS EN PARTES ALTAS A CONSIDERAR EN CADA TIPO DE LÍNEA. FUENTE: INSTRUCCIÓN FERROVIARIA DE GÁLIBOS.....	88
ILUSTRACIÓN 56 - CONTORNOS DE REFERENCIA DE LOS GÁLIBOS CINEMÁTICOS GA, GB Y GC. PARTES ALTAS. FUENTE: IFG .....	89
ILUSTRACIÓN 57 - GÁLIBO UNIFORME GC. FUENTE: IFG.....	89
ILUSTRACIÓN 58 - CONTORNO DE REFERENCIA DEL GÁLIBO CINEMÁTICO GEC16. PARTES ALTAS. FUENTE: IFG .....	90
ILUSTRACIÓN 59 - GÁLIBO UNIFORME GEC16. FUENTE: IFG.....	90
ILUSTRACIÓN 60 - CONTORNO DE REFERENCIA DEL GÁLIBO ESTÁTICO GEC16. PARTES ALTAS. FUENTE: IFG .....	91
ILUSTRACIÓN 61 - CONTORNOS DE REFERENCIA DE LOS GÁLIBOS ESTÁTICOS GA, GB Y GC. PARTES ALTAS. FUENTE: IFG.....	91
ILUSTRACIÓN 62 - PARÁMETROS DE PRESTACIÓN PARA TRÁFICO DE MERCANCÍAS. FUENTE: ETI DE INFRAESTRUCTURA .....	93
ILUSTRACIÓN 63 - CÁLCULO DE PARÁMETROS PARA UN HAZ TRANSVERSAL LATERAL. FUENTE: NAV 3-8-2.0 .....	95
ILUSTRACIÓN 64 – CÁLCULO DE PARÁMETROS PARA UN HAZ TRANSVERSAL CENTRAL. FUENTE: NAV 3-8-2.0 .....	95
ILUSTRACIÓN 65 - SITUACIÓN DE LA TERMINAL. FUENTE: WIKIPEDIA Y PROPIA .....	119
ILUSTRACIÓN 66 - LOCALIZACIÓN DE PARC SAGUNT II EN SAGUNTO. FUENTE: PLAN ESPECIAL DEL ÁREA LOGÍSTICA DE SAGUNTO .....	120
ILUSTRACIÓN 67 - ESQUEMA FERROVIARIO DE LA SOLUCIÓN 8. FUENTE: PLAN ESPECIAL DEL ÁREA LOGÍSTICA DE SAGUNTO....	121
ILUSTRACIÓN 68 - LOCALIZACIÓN DE LA TERMINAL. FUENTE: PLAN ESPECIAL DEL ÁREA LOGÍSTICA DE SAGUNTO .....	122
ILUSTRACIÓN 69 - DELIMITACIÓN DE LA TERMINAL. FUENTE: PLAN ESPECIAL DEL ÁREA LOGÍSTICA DE SAGUNTO.....	123

## TABLAS

TABLA 1 - TERMINALES PRIVADAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 .....	40
TABLA 2 - RED DE TERMINALES ADMINISTRADA POR ADIF. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 .....	46
TABLA 3 - RED DE TERMINALES FERROPORTUARIAS DE ESPAÑA. FUENTE: DECLARACIÓN SOBRE LA RED 2022 .....	50
TABLA 4 - COMPARACIÓN ENTRE GRÚAS PÓRTICO Y EQUIPOS MÓVILES DE MANIPULACIÓN. FUENTE: PROPIA .....	57
TABLA 5 - ANCHOS DE VÍA NOMINAL. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	68
TABLA 6 - SOBREANCHOS EN FUNCIÓN DEL RADIO. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	68
TABLA 7 - SOBREANCHOS EN ANCHO DE VÍA MÉTRICO. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	69
TABLA 8 - DISTANCIA MÍNIMA CON LOS POSTES VERTICALES DE SOPORTE DE UNA GRÚA PÓRTICO. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	78
TABLA 9 - DISTANCIA MÍNIMA CON EL CARRIL DE CARGA/DESCARGA PARA VEHÍCULOS SOBRE NEUMÁTICOS. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	78
TABLA 10 - DISTANCIA MÍNIMA CON LAS FILAS DE DEPÓSITO TEMPORAL DE UNIDADES DE CARGA. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	79
TABLA 11 - RADIO MÍNIMO DE LA CURVA HORIZONTAL. ANCHOS IBÉRICO Y ESTÁNDAR. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	79
TABLA 12 - RADIO MÍNIMO DE LA CURVA HORIZONTAL. ANCHO MÉTRICO. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	79
TABLA 13 - LONGITUD DE PERALTE CONSTANTE ENTRE TRANSICIONES LINEALES DE PERALTE. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	80
TABLA 14 - LONGITUD DE PERALTE CONSTANTE ENTRE TRANSICIONES LINEALES DE PERALTE. ANCHO MÉTRICO. FUENTE: NAP 1-2- 1.0 .....	80
TABLA 15 - LONGITUD MÍNIMA ENTRE PUNTOS DE TANGENCIA DE CAMBIOS BRUSCOS DE INSUFICIENCIA DE PERALTE. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	81
TABLA 16 - LONGITUD MÍNIMA ENTRE PUNTOS DE TANGENCIA DE CAMBIOS BRUSCOS DE INSUFICIENCIA DE PERALTE. ANCHO MÉTRICO. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	81
TABLA 17 - RAMPA MÁXIMA DE DISEÑO. ANCHOS IBÉRICO E INTERNACIONAL. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	82
TABLA 18 - VALORES RECOMENDADOS DE INCLINACIONES PARA TIF. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	82



TABLA 19 - RAMPA MÁXIMA DE DISEÑO. ANCHO MÉTRICO. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	83
TABLA 20 - VALORES DE PERALTE. FUENTE: NAP 1-2-1.0 .....	83
TABLA 21 - VALORES DE PERALTE EN VÍAS DE ANDÉN. FUENTE: NAP 1-2-1.0.....	84
TABLA 22 - LONGITUD ÚTIL DE RECEPCIÓN EN FUNCIÓN DE LA MÁXIMA DEMANDA DE TRANSPORTE DIARIO. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	87
TABLA 23 - RELACIÓN ENTRE LONGITUD ÚTIL DE RECEPCIÓN Y LA CAPACIDAD MÁXIMA APROXIMADA DE TRENES ACOGIDOS. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	99
TABLA 24 – RELACIÓN ENTRE <b>PR</b> , <b>RUTIC</b> Y <b>CUTI</b> .FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	110
TABLA 25 - FORMA HABITUAL DE DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO MÓVIL DE MANIPULACIÓN. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	115
TABLA 26 - ALTURA MÁXIMA ALCANZABLE EN FUNCIÓN DEL EQUIPO MÓVIL DE MANIPULACIÓN. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	116
TABLA 27 - <b>STEU</b> EN FUNCIÓN DEL MÉTODO DE DEPÓSITO. FUENTE: CONLES, E. J. (2009). RECOMENDACIONES, METODOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO TÉCNICO DE TERMINALES FERROPORTUARIAS .....	117
TABLA 28 - CÁLCULO DE LOS TEU EN FUNCIÓN DEL SUELO LOGÍSTICO. FUENTE: PROPIA .....	125
TABLA 29 - DIFERENTES HORIZONTES Y ESCENARIOS A TENER EN CUENTA. FUENTE: PROPIA.....	126
TABLA 30 - TEU CONSIDERADOS EN FUNCIÓN DEL HORIZONTE Y DEL ESCENARIO. FUENTE: PROPIA .....	126
TABLA 31 -DATOS DE ENTRADA EMPLEANDO EL MÉTODO ANALÍTICO (CAPACIDAD DINÁMICA). FUENTE: PROPIA.....	127
TABLA 32 - DETERMINACIÓN DEL EQUIPO DE MANIPULACIÓN EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO Y DEL HORIZONTE. FUENTE: PROPIA	128
TABLA 33 - DATOS DE SALIDA EMPLEANDO EL MÉTODO ANALÍTICO (CAPACIDAD DINÁMICA). FUENTE: PROPIA .....	129
TABLA 34 - DATOS DE ENTRADA EMPLEANDO EL MÉTODO ANALÍTICO (CAPACIDAD ESTÁTICA). FUENTE: PROPIA .....	131
TABLA 35 - DATOS DE ENTRADA Y SALIDA EMPLEANDO EL MÉTODO DEL UIC-GTC. FUENTE: PROPIA .....	132
TABLA 36 - DATOS DE ENTRADA Y SALIDA EMPLEANDO MÉTODOS ESTADÍSTICOS. FUENTE: PROPIA .....	134
TABLA 37 - NÚMERO NECESARIO DE VÍAS DE CARGA Y DESCARGA PARA CADA ESCENARIO. FUENTE: PROPIA.....	135
TABLA 38 - NÚMERO NECESARIO DE VÍAS AUXILIARES PARA CADA ESCENARIO. FUENTE: PROPIA.....	136
TABLA 39 - DATOS DE ENTRADA Y SALIDA A LA HORA DE DIMENSIONAR EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO CON EQUIPOS MÓVILES DE MANIPULACIÓN. FUENTE: PROPIA .....	137
TABLA 40 - SUPERFICIE REQUERIDA PARA EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO, DADA LA ALTURA MEDIA DE APILADO. FUENTE: PROPIA .....	138
TABLA 41 - DATOS DE ENTRADA Y SALIDA A LA HORA DE DIMENSIONAR EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO CON GRÚAS PÓRTICO. FUENTE: PROPIA .....	139
TABLA 42 - NÚMERO ENTERO DE FILAS DE DEPÓSITO TEMPORAL DE UNIDADES DE CARGA. FUENTE: PROPIA .....	140
TABLA 43 – PRESUPUESTO PARA LA HIPÓTESIS CON GRÚA PÓRTICO. FUENTE: PROPIA .....	141
TABLA 44 - PRESUPUESTO PARA LA HIPÓTESIS CON REACH-STACKERS. FUENTE: PROPIA .....	142
TABLA 45 - DATOS DE SALIDA DE LA HIPÓTESIS REALISTA. FUENTE: PROPIA .....	144
TABLA 46 - DETERMINACIÓN DEL EQUIPO DE MANIPULACIÓN PARA LA HIPÓTESIS REALISTA. FUENTE: PROPIA .....	145
TABLA 47 – MÉTODOS UIC-GTC Y ESTADÍSTICOS APLICADOS A LA HIPÓTESIS REALISTA. FUENTE: PROPIA.....	145



## 1. Introducción

El impulso del transporte de mercancías por ferrocarril es un tema de profunda actualidad, ya no únicamente desde el punto de vista económico, pues resulta necesario para el desarrollo de determinadas cadenas logísticas, sino también desde el medioambiental, pues el sector del transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España y aproximadamente el 40% de las emisiones de los sectores difusos.

De todas estas emisiones, el transporte por carretera, que prácticamente monopoliza el sector del transporte de mercancías en España, es responsable de la emisión del 95% del total, mientras que la participación de otros modos es prácticamente mínima en comparación. De ahí que resulte imprescindible la promoción del tren de mercancías para reducir la contribución del sector transportes a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es por este motivo, sumado a un escenario de profundo cambio como ha sido la irrupción del Covid-19 y las consiguientes medidas económicas que han conllevado sus efectos, que los gobiernos europeos, y más concretamente el de España, se encuentran ante una situación de oportunidad del impulso de sus redes ferroviarias de mercancías.

De esta forma, el desarrollo de estas redes pasa obligatoriamente por el buen diseño (empleando criterios técnicos) de las terminales intermodales ferroviarias.

El objetivo, por lo tanto, de este Trabajo pasa por el estudio minucioso de estos criterios técnicos de diseño de terminales intermodales ferroviarias, basados en normas y recomendaciones nacionales (principalmente de Adif) y también a nivel comunitario.

Antes de llegar al análisis de estos criterios, desarrollados principalmente en el capítulo 10, se detallará el esfuerzo del Gobierno para aumentar la participación del transporte ferroviario de mercancías en la distribución modal a través de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 y de Mercancías 30 (capítulos 2 y 3) y se contextualizará la situación del sector en España en 2022 (capítulo 4).

A continuación, se definirán y clasificarán los diferentes tipos de terminales intermodales ferroviarias (capítulo 5) y se estudiarán las características técnicas específicas tanto del material móvil que emplea este tipo de instalaciones, como de las diferentes unidades de carga intermodal (capítulo 6). Una vez definidos estos conceptos, se examinarán las terminales existentes en España (capítulo 7).

Posteriormente, se estudiarán los factores que influyen el diseño en planta de este tipo de instalaciones (capítulos 8 y 9) y se plasmarán los métodos de dimensionamiento tanto del número de vías de carga y descarga (capítulo 11), como del área de almacenamiento temporal (capítulo 12).

Finalmente, se utilizarán todos los conceptos anteriormente analizados para llevar a cabo el diseño de una terminal intermodal ferroviaria situada en Parc Sagunt II, Valencia (capítulo 13).

## 2. Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030

La nueva estrategia del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), denominada como Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030, publicada en diciembre de 2021, pretende guiar los pasos de dicho Ministerio y servir de base para las políticas de movilidad en España hasta 2030. Así, la estrategia se sustenta en tres principios básicos:

- **Seguridad:** con el objetivo de reducir los daños en personas y bienes, mejorando los estándares y reduciendo la siniestralidad. Por lo tanto, este principio busca conseguir una movilidad segura.
- **Sostenibilidad:** básicamente consiste en reducir la contribución del sector transportes a las emisiones contaminantes, tanto de viajeros como de mercancías. Este principio está detrás de la movilidad sostenible.
- **Conectividad:** este principio tiene una triple vertiente relacionada con la digitalización; la conectividad europea y con el resto del mundo; y finalmente, con el resto de los modos, es decir, de la multimodalidad. Por lo tanto, está vinculado a la movilidad conectada.

Para estructurar esta estrategia, el MITMA ha priorizado nueve ejes, de los cuales uno está directamente relacionado con las terminales intermodales ferroviarias: **EJE 6, CADENAS LOGÍSTICAS INTERMODALES INTELIGENTES.**

Así, este eje pretende incrementar la conectividad entre los diferentes nodos y la eficiencia del sector logístico, mediante el uso de nuevas tecnologías. Tal como señala la Estrategia, el eje tiene como objetivo *“incrementar de forma efectiva el transporte ferroviario de mercancías, que actualmente tiene en España cuotas significativamente inferiores a la media europea, así como impulsar una política de intermodalidad, apoyar y facilitar el desarrollo de normativa sobre distribución urbana de mercancías (DUM) y digitalizar la cadena logística intermodal en puertos, aeropuertos y nodos terrestres, con medidas como la implantación de la plataforma SIMPLE”.*



Ilustración 1 - Principios y objetivos del eje 6 de la Estrategia del MITMA: Fuente: Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030

### 3. Mercancías 30

Con el objetivo de cumplir con los ejes establecidos en la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 del MITMA, y concretamente con el número 6 denominado “Cadenas Logísticas Intermodales e Inteligentes”, el Ministerio publicó en octubre de 2021 un Documento de Trabajo que pretende especificar las medidas para *“potenciar el transporte ferroviario de mercancías como eje vertebrador de las cadenas logísticas multimodales”*.

Todo ello desde una doble perspectiva: económica, a través de los fondos de recuperación *Next Generation* de la Unión Europea, como medida de reparación tras la crisis del Covid-19; y medioambiental, con el fin de cumplir con los objetivos de descarbonización y sostenibilidad del transporte, que, dentro de los sectores difusos, es el principal agente emisor de CO<sub>2</sub> con un 43% de las emisiones totales<sup>1</sup>.

Así, a través de este documento, el MITMA pretende establecer una serie de acciones y medidas de impacto a corto y medio plazo que buscan conseguir alcanzar el **10% de la cuota modal del transporte ferroviario de mercancías en España**.

De esta forma, se ven involucrados todos aquellos agentes relacionados con el mundo del transporte ferroviario de mercancías, tanto públicos como privados, que llevan a cabo su actividad en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), donde también están incluidas las redes internas de los puertos de interés general, así como los cargaderos de titularidad privada.

#### 3.1. Acciones para el incremento efectivo del transporte ferroviario de mercancías 2021-2030

El documento elaborado por el Ministerio divide las acciones en 6 bloques temáticos:

- Infraestructuras (I).
- Gestión de Capacidad (GC).
- Terminales (T).
- Autopistas Ferroviarias (AF).
- Digitalización (D).
- Ayudas (AY).

A continuación, se va a comentar todos aquellos puntos que de una forma u otra tienen una relación directa o indirecta con la planificación y diseño de las terminales intermodales ferroviarias. Es por este motivo que Digitalización (D) no ha sido desarrollado convenientemente, pese a que el

---

<sup>1</sup> [Sectores difusos. Situación actual y objetivos. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.



Documento del MITMA sí que establece una serie de acciones concretas. Asimismo, en el paquete referente a Ayudas (AY), se especificará una de las acciones concretas que hacen referencia a la “construcción, adaptación o mejora de terminales de carga privados y sus conexiones a la red ferroviaria”.

### 3.1.1. Infraestructuras (I)

Este bloque temático está incorporado dentro de la medida 6.1.1 de la Estrategia de Movilidad Sostenible, Segura y Conectada 2030 de identificación de actuaciones prioritarias en la red ferroviaria para el transporte de mercancías. A su vez, incluye un total de 6 acciones concretas para su consecución:

- **Ampliación de vías de apartado para permitir la circulación de trenes de mercancías de 740 m**

Básicamente consiste en la definición, programación y ejecución de actuaciones de ampliación de vías de apartado que posibiliten la circulación de trenes de mercancías de 740 metros, según lo indicado en el Reglamento (UE) 1315/2013. Ello permitirá minimizar los costes de este ámbito y optimizar su eficiencia.

Esta acción se implantará de forma prioritaria en todas aquellas líneas pertenecientes a la Red Básica, así como en todas aquellas con una demanda actual o futura relevante para el conjunto del sector.

- **Actuaciones en instalaciones de seguridad y señalización**

Esta acción está relacionada con la definición, programación y ejecución de actuaciones que persiguen modernizar y mejorar la señalización y las instalaciones de seguridad y telecomunicaciones. Todo ello con el objetivo de optimizar la capacidad y fiabilidad de la red.

Entre las medidas concretas que nombra el Documento, cabe destacar la sustitución de los bloqueos telefónicos presentes en algunos tramos, por bloqueos automáticos, así como la implantación de los enclavamientos electrónicos. Otras medidas pasan por la instalación de sistemas para la regulación automática del tráfico, la resolución de conflictos y la integración de los distintos sistemas existentes en los puestos de mando.





- **Actuaciones de electrificación**

Está vinculada con la definición, programación y ejecución de medidas de electrificación en todas aquellas líneas de mercancías que carecen de esta infraestructura, del mismo modo que también nombra la mejora de todos aquellos elementos del sistema de electrificación en los tramos que sí disponen de este sistema.

Todas esto permitiría mejorar y optimizar la eficiencia operativa, energética y medioambiental del transporte ferroviario de mercancías.

- **Actuaciones de adecuación de gálibos**

Este paquete de medidas está relacionado con la definición, programación y ejecución de actuaciones de adecuación de gálibos, una vez se haya llevado a cabo la identificación de todos aquellos puntos conflictivos en la red ferroviaria de mercancías (en curso).

De esta forma, se conseguiría una red más eficiente y competitiva, al permitir la circulación de trenes de mayores dimensiones, como es el caso de aquellos relacionados con la implantación de las famosas Autopistas Ferroviarias (AF).

- **Actuaciones en redes arteriales de mercancías en grandes ciudades**

Esta acción persigue definir, programar y ejecutar una serie de medidas relacionadas con la red ferroviaria de las grandes ciudades, donde los trenes de mercancías normalmente comparten capacidad con los trenes de pasajeros, principalmente vinculados con servicios de Cercanías.

Entre las principales medidas cabe destacar la ampliación de la capacidad, a través de duplicaciones de vía, variantes ferroviarias y nuevos ramales, y la mejora de las prestaciones de los servicios ferroviarios, como son la reducción de los tiempos de viaje, el aumento de la fiabilidad y de la flexibilidad.



- **Otras actuaciones en la infraestructura lineal ferroviaria**

Principalmente, en este punto se recogen una serie de medidas que no se pueden englobar en los otros 5. Entre ellas, cabe destacar la rehabilitación, renovación o mejora de líneas, que aumenten la eficiencia de la red y hagan más competitivo este sector.

### 3.1.2. Gestión de Capacidad (GC)

Este punto, en contraposición al primero, no persigue actuar en la infraestructura sino, más bien, llevar a cabo una serie de medidas que ordenen las circulaciones para incrementar la capacidad de la red ferroviaria de mercancías.

Para conseguir lo anteriormente comentado, se han especificado un conjunto de 3 acciones:

- **Mejora de la gestión de la capacidad**

Consiste principalmente en la revisión general de los planes de transporte. Para llevarlo a cabo, el Documento concreta las siguientes cuatro medidas:

- Mapa de capacidad de transporte ferroviario de mercancías. Con dicho mapa se pretende conocer la situación actual (y a poder ser futura) de los puntos más saturados de la red.
- Definición de planes de capacidad por líneas principales. Estos planes permitirían la circulación de los trenes de mercancías en líneas donde coexiste la presencia de trenes de pasajeros.
- Prioridades para tráficos de mercancías específicos. En este caso, consiste en darle la prioridad a determinados trenes de mercancías que por puntualidad u otros motivos deben pasar antes que algunos trenes de pasajeros.
- Cooperación entre los administradores de infraestructura, las empresas ferroviarias y los explotadores de las instalaciones de servicio.

- **Definición de sistema de ayudas por restricciones temporales de capacidad**

Estas ayudas se destinarían para que las empresas ferroviarias y posibles interesados en mover trenes de mercancías no se vean afectados por las restricciones temporales de capacidad debidas a actuaciones sobre la infraestructura (obras de conservación o mejora).



- **Mejora de la coordinación en el acceso y expedición de tráfico con los puertos**

Esta acción está orientada en la mejora de la coordinación entre los diferentes administradores de infraestructuras (principalmente Adif y Autoridades Portuarias) en el acceso y expedición de tráfico ferroviario con los puertos.

Esencialmente, se pretende acabar con la rotura en la cadena de información del tren cuando este entra y sale de las instalaciones portuarias, mediante la inclusión de las dependencias portuarias en las bases de datos de Adif y una mayor colaboración entre este último y las diferentes Autoridades Portuarias.

### 3.1.3. Terminales (T)

Las terminales están experimentando en la actualidad una serie de cambios para adaptarse a las exigencias de las cadenas logísticas, tanto en el ámbito infraestructural como en el de la gestión. A través de este paquete de medidas, el Ministerio pretende conseguir:

- Incrementar la oferta de infraestructuras en las diferentes terminales de la RFIG, incluyendo las conexiones con las instalaciones portuarias, así como con otras instalaciones relevantes, fomentando la intermodalidad e incluyendo la disponibilidad de espacios para el desarrollo de actividades logísticas y nuevos servicios que aporten valor a la actividad ferroviaria.
- Mejorar la cooperación entre los diferentes actores implicados en la administración de la infraestructura.
- Aumentar la participación de la iniciativa privada en la gestión de este tipo de nodos logísticos.
- Tal como se ha comentado en la acción de Gestión de la Capacidad, mejorar la colaboración entre Adif y las diferentes Autoridades Portuarias. Esto también va enfocado al incremento de la interoperabilidad de las instalaciones de mercancías.
- Conseguir una verdadera cooperación entre los explotadores de instalaciones de servicio, los administradores de infraestructura y las empresas ferroviarias para impedir la interrupción de la cadena de información del tren.

De esta forma, se establece un conjunto de 5 acciones relacionados con el ámbito de las terminales ferroviarias:

- **Conexiones ferroviarias con los puertos**

Esta acción tiene el objetivo de incrementar la competitividad de todos aquellos tráficos de mercancías que tienen origen o destino en los diferentes puertos de interés general. Para ello, el paquete considera primordial llevar a cabo las siguientes medidas:

- Conexiones directas con los puertos, sobre todo con aquellos con un tráfico considerable.
- Vías de apartado que permitan la circulación de trenes de 740 metros, medida que mejora la capacidad total de las líneas ferroportuarias.
- Remodelación de vías en instalaciones técnicas de apoyo a los puertos, para permitir el tratamiento de trenes de mayor longitud, actuando en instalaciones existentes de Adif, colaterales a puertos, desde las que se expiden o reciben los trenes que se tratan en las dependencias portuarias y que presentan limitaciones de longitud en las vías de apartado desde la que se realiza la conexión con los puertos.

Principalmente, de esta forma se conseguirá la circulación de trenes de mayor longitud (de hasta 740 metros) y una mejor operación al disminuir la necesidad de maniobras en los accesos por falta o limitaciones de infraestructura.

Asimismo, el Documento señala dos acciones complementarias de alto interés para la consecución de los objetivos:

- Desarrollo del Programa de actuaciones ferroviarias del Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria (FFATP), que incluye, entre otras, las siguientes actuaciones:
  - Nuevos accesos a los puertos de Barcelona, Castellón, A Coruña, Ferrol y Sagunto.
  - Apartaderos de 750 metros en las líneas Algeciras-Bobadilla, Sagunto-Teruel-Zaragoza, Zaragoza-Reus, Huelva-Sevilla y Bilbao-Miranda.
  - Ampliaciones de vías en las terminales de Lezo, Muriedas y Escombreras.
- Firma de Convenios de conexión en aquellos puertos sin este tipo de documentos suscritos.

- **Actuaciones en terminales intermodales y logísticas estratégicas**

Estas actuaciones tienen como fin identificar y poner en funcionamiento una red de nodos intermodales estratégicos en toda España. La selección de dichos nodos tendrá en cuenta una serie de parámetros como su ubicación en relación a los Corredores de la Red Básica TEN-T, su cercanía a los centros de producción y de consumo, su interconexión con otras redes de transporte o su



vinculación con los principales puertos del país. De esta forma, el Documento propone los siguientes nodos como de vital relevancia estratégica:

- Nodo de Barcelona (La Llagosta y complejo Can Tunis – ZAL Prat).
- Nodo de Valencia (Valencia – Fuente de San Luís).
- Nodo de Madrid (Madrid – Vicálvaro).
- Nodo de Valladolid.
- Nodo de Sevilla (Sevilla – Majarabique).
- Nodo de Vitoria-Gasteiz (Júndiz).
- Nodo de Zaragoza (Zaragoza – PLAZA).

Así, dichas terminales serán de gran capacidad (más de 200.000 UTI por año) y serán diseñadas, tal como señala el Documento, con parámetros interoperables, eficientes y resilientes. Asimismo, deben estar conectadas a las redes viarias de gran capacidad y disponer de superficies para la implantación de actividades complementarias de valor añadido.

Finalmente, recomienda la implantación, siempre que sea posible, del ancho internacional en todas estas terminales de especial relevancia estratégica.

- **Actuaciones en otras terminales intermodales principales**

Más allá de las terminales anteriormente comentadas de especial relevancia estratégica, el Documento también comenta una serie de actuaciones en el resto de nodos intermodales principales que, situados en los principales ejes de actividad logística, terminan de vertebrar la red de terminales intermodales y logísticas de España.

Estas terminales, de menor relevancia y, por lo tanto, de menor tamaño y capacidad que las primeras, también serán el objeto de dos actuaciones concretas:

- Realizar una consulta al sector (químico, automoción, siderúrgico, etc.) para identificar las terminales de interés y las actuaciones necesarias.
- Identificar dichas actuaciones y llevar a cabo una programación de la ejecución y financiación.

- **Modelos de gestión de terminales**

Esta acción está vinculada a la medida 6.2.3 de la Estrategia de Movilidad Sostenible, Segura y Conectada 2030. Se fundamenta en la búsqueda de un nuevo modelo de gestión más idóneo para los diferentes tipos de terminales, en función de criterios como “titularidad, promoción o inversión, y gestión o explotación”.



Para llevarla a cabo, el Documento propone impulsar la relación público-privada de forma que se consiga un doble resultado: por una parte, una mejor eficiencia de las terminales para absorber la demanda, tanto existente como futura; y por otra, atraer mayores inversiones en las terminales por parte de las compañías privadas.

En los últimos años, Adif ya está llevando a cabo una transición gradual hacia la externalización de servicios, a través de diferentes modelos: por una única empresa prestadora de servicios a su riesgo y ventura, o a través de la autoprestación de las propias compañías ferroviarias.

El primer modelo de gestión consiste, básicamente, en la prestación de servicios por parte de los operadores, tanto privados como públicos, que tengan en su posesión un “contrato de disponibilidad de espacios y recursos”, a su riesgo y ventura<sup>2</sup>.

La autoprestación, por otra parte, radica en la prestación de servicios por parte de estos operadores “por sí mismas o en régimen de colaboración con otras Empresas Ferroviarias, en régimen de no exclusividad”<sup>3</sup>.

En este punto, el Documento insiste en la necesidad de conseguir una buena cooperación y coordinación entre Adif y las Autoridades Portuarias con el objetivo de conseguir optimizar la capacidad de los servicios ferroportuarios.

Para conseguirlo, se especifican dos medidas concretas:

- Implantar un nuevo modelo de gestión de las terminales y otras instalaciones de servicio, distinguiendo entre terminales estratégicas, principales y otras instalaciones de servicio.
- Identificar e implantar mejoras en la explotación de los complejos ferroportuarios de mayor actividad, avanzando hacia una gestión más optimizada e integrada.

- **Distribución Urbana de Mercancías (DUM)**

Mejor conocido como “de última milla”, es uno de los sectores del transporte que está experimentando un mayor crecimiento en los últimos años, debido, en parte, a la implantación y desarrollo del comercio electrónico, y también a la concentración de la demanda en grandes ciudades. Se trata del último eslabón de la cadena logística, es decir, desde los nodos de distribución de mercancías próximos a las ciudades hasta los receptores finales.

Pese a que la DUM tiene un componente muy marcado vinculado al transporte por carretera, también es de destacar el papel protagonista que puede tener la ubicación de las terminales ferroviarias en el desarrollo de esta “última milla” en la distribución de los bienes a los

---

<sup>2</sup> [Información general—Adif. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.

<sup>3</sup> [Información general—Adif. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.



consumidores. Así, el Documento destaca la doble funcionalidad que pueden poseer las terminales ferroviarias: por una parte, como nodo de transporte intermodal; y por otro, la potencialidad de su posición para la DUM en relación a los centros urbanos.

Por todo ello, se puede concluir que la correcta planificación y diseño de las terminales ferroviarias puede contribuir a la eficiencia y sostenibilidad de la DUM.

Las medidas concretas para la consecución de esta acción son las siguientes:

- Potenciar la disposición de espacios para la ruptura y fragmentación de cargas, así como para su desconsolidación, en las áreas logísticas de las terminales situadas en centros urbanos o muy próximas a los mismos, haciéndolas atractivas para el establecimiento e implantación de centros de DUM.
- Impulsar, en la planificación y desarrollo de los proyectos de terminales ferroviarias, espacios logísticos de DUM.
- Analizar, en los proyectos de terminales ferroviarias de mercancías, el potencial uso de espacios de la terminal para el uso de drones en DUM.

#### 3.1.4. Autopistas Ferroviarias (AF)

Este paquete de acciones está directamente vinculado a la línea de actuación 6.1 “Incremento efectivo del transporte ferroviario de mercancías” de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030.

Pese a que se trata de un tipo de servicio de transporte de mercancías relativamente novedoso en España (la primera Autopista Ferroviaria data de 2019), la apuesta del Gobierno parece ser decidida.

La necesidad de impulsar este tipo de servicio viene vinculado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a la necesidad de descarbonizar el transporte por carretera (que copa casi con la totalidad del transporte de mercancías en España), pues las Autopistas Ferroviarias están consideradas como eficientes y sostenibles.

Sin embargo, su desarrollo requiere de especiales especificaciones técnicas, ya sea por gálibo o por el diseño concreto de las terminales ferroviarias donde se produce la carga y descarga del material rodante en las plataformas, entre otras.

Para lograr, el MITMA ha establecido un total de dos acciones concretas:



- **Definición y puesta a disposición de corredores para servicios de Autopista Ferroviaria**

Este punto se basa en la definición de corredores adecuados para el desarrollo de servicios de Autopista Ferroviaria. Para ello, tal como señala el Documento, será de vital importancia su publicación en la Declaración sobre la Red, especificando tanto el gálibo normalizado como el apto para los servicios de Autopista Ferroviaria.

Tras este paso previo de definición, se realizará un análisis y diagnóstico de todos los posibles corredores y se llevará a cabo una planificación de las actuaciones necesarias en materia de infraestructura ferroviaria y de terminales intermodales ferroviarias.

Cabe destacar que se ejecutarán servicios de Autopista Ferroviaria tanto en ancho ibérico como en internacional. Así, los itinerarios con más posibilidades en ancho internacional son los siguientes:

- Júndiz (Vitoria/Gasteiz) – Frontera francesa por el Corredor Atlántico.
- Murcia – Valencia – Frontera francesa por el Corredor Mediterráneo.

En relación al ancho ibérico, los corredores más propicios para el establecimiento de este tipo de servicio son los siguientes:

- Huelva – Sevilla – Madrid.
- Madrid – Zaragoza – Barcelona.
- Madrid – Valencia.
- Madrid – Valladolid – Júndiz (Vitoria/Gasteiz).
- Medina del Campo – Frontera portuguesa (a través de Fuentes de Oñoro).
- Zaragoza – Pamplona – Júndiz (Vitoria/Gasteiz).

- **Creación de una oficina de apoyo y asesoramiento para la puesta en marcha de servicios de Autopista Ferroviaria**

Esta acción consiste en la creación de una “Oficina de Apoyo y Asesoramiento sobre Autopistas Ferroviarias” para ayudar a todas aquellas empresas ferroviarias interesadas en iniciarse en este tipo de servicios tan novedosos, a través de orientación en ámbitos como el técnico, económico, entre otros.

### 3.1.5. Ayudas (AY)

Finalmente, el grupo de medidas relacionadas con ayudas públicas tiene como objetivo el crecimiento del tráfico ferroviario de mercancías en España. En este grupo de medidas se hablará



concretamente de la acción número 4: “Construcción, adaptación o mejora de terminales de carga privados y sus conexiones a la red ferroviaria”.

La meta consiste en ayudar a los principales nodos industriales, tanto de producción como de distribución, en mejorar su conexión ferroviaria, sobre todo de todos aquellos cuyos bienes de producción son susceptibles de ser transportados vía tren.

Básicamente, se ayudará a la construcción de nuevas terminales ferroviarias privadas, se mejorarán las instalaciones de todas las existentes y se introducirá el ancho estándar. Tal como se señala en el documento, las acciones que serán objeto de las subvenciones serán las siguientes: conexión con la RFIG, vías y playa de carga y descarga, vías de maniobras o estacionamiento, equipos y medios necesarios para el cambio modal y las aplicaciones TIC.

Las ayudas oscilarán, en función del proyecto concreto, entre los 500.000 y los 5.000.000 euros.

### 3.1.6. Estimación económica

Tal como señala el Documento Mercancías 30, del total de los 8.442,3 M€ presupuestados para llevar a cabo el total de las acciones descritas con anterioridad, el desarrollo exclusivo de las terminales va a ser dotado con un total de 2.070,0 M€, lo que supone el 24,52% del presupuesto para el desarrollo del transporte ferroviario de mercancías en España.

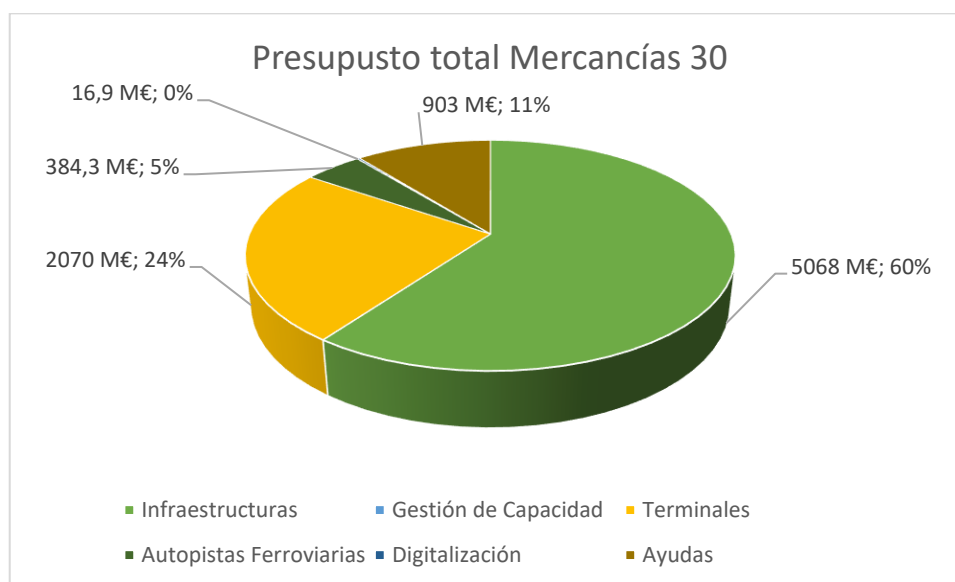


Ilustración 2 - Presupuesto total de Mercancías 30. Fuente: propia y Documento de Trabajo Mercancías 30

Dentro de los 2.070 M€ destinados al impulso de las terminales intermodales ferroviarias, casi la total del presupuesto se dedica a fomentar las conexiones ferroviarias con los puertos (casi el 80%). Así, como se ha señalado con anterioridad, estos 1.600 M€ se emplearán para ejecutar las conexiones directas con los diferentes puertos, sobre todo con aquellos que tienen un tráfico relevante. Asimismo, también se efectuarán las vías de apartado que permitan la circulación de trenes de hasta 740 metros de longitud, y la remodelación de vías en instalaciones técnicas de apoyo a los puertos.

Tal como se puede apreciar en el gráfico siguiente, los Modelos de gestión de terminales no tienen asignado una cantidad del total, dado el carácter organizativo del mismo. Por otra parte, el presupuesto para la acción número 5 “Distribución Urbana de Mercancías (DUM)” se encuentra incluido en T2 y T3.

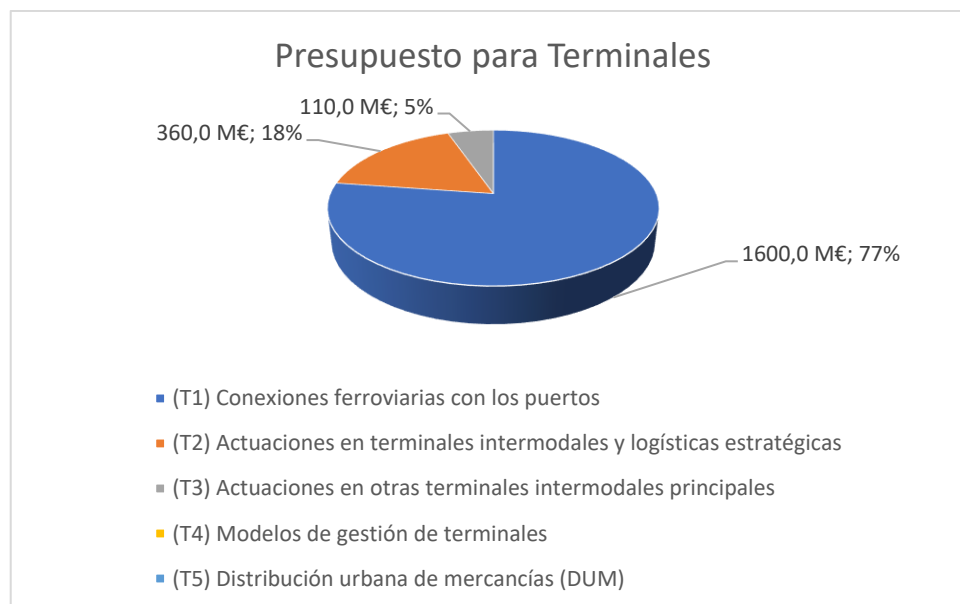


Ilustración 3 - Presupuesto para Terminales de Mercancías 30. Fuente: propia y Documento de trabajo Mercancías 30

## 4. Situación del transporte de mercancías por ferrocarril en España

Antes de centrarse en los criterios de diseño de las terminales intermodales ferroviarias, conviene entender el sector y cuál es la situación del transporte de mercancías por ferrocarril en España en la actualidad. Para ello, se emplearán los datos del Informe Anual del año 2020 del Observatorio del Transporte y la Logística en España.

Así, en el año 2019 se llegó, en referencia a la producción y a la demanda del transporte ferroviario de mercancías en España, a los 26,62 trenes-km año, 24.097 T-km brutas remolcadas, 10.459 T-km netas y 26.025 toneladas netas. La evolución del tráfico del transporte ferroviario de mercancías en el periodo 2005-2019 viene representado en el siguiente gráfico:

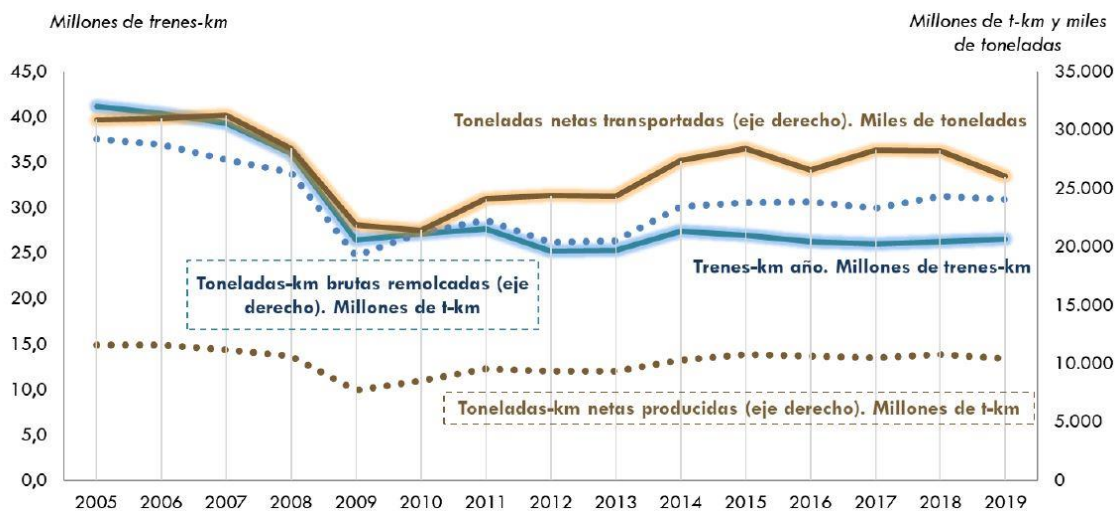


Ilustración 4 - Tráfico y transporte ferroviario de mercancías (2005-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

Como se puede comprobar, el sector del transporte ferroviario de mercancías sufrió un fuerte decrecimiento con la crisis económica del 2008 que no se logró recuperar del todo en los años posteriores (a excepción de las toneladas-km netas producidas).

En referencia a los operadores ferroviarios, si se analiza la serie histórica (2007-2019), se puede señalar la importancia cada vez mayor de los operadores privados (desde la liberación del sector), que contrasta con el descenso de la demanda tanto de Renfe como de los operadores autonómicos. Sin embargo, pese a este crecimiento, la demanda del conjunto del transporte ferroviario (pública y privada) no ha conseguido alcanzar las cifras precrisis (-8,5% en toneladas netas y -1,9% en toneladas-kilómetro netas). Se puede concluir, por lo tanto, que la liberación del sector ha traído, en lugar de aumentar la demanda del conjunto, una reducción del campo de actuación de los operadores públicos en beneficio de los privados.

Así, en 2019, la cuota del mercado de Renfe se situó en el 65,4% en toneladas netas y en el 59,3% en toneladas-kilómetro netas.

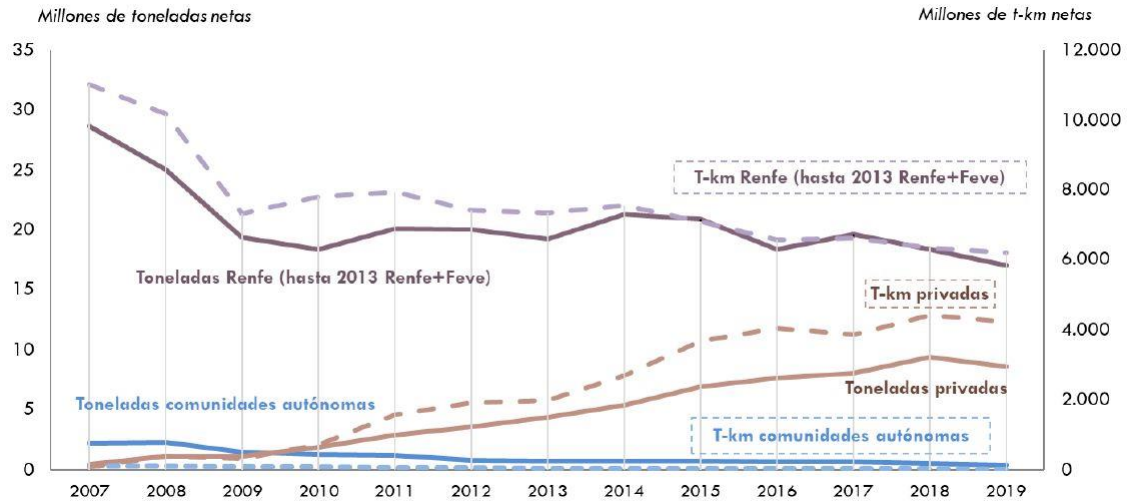


Ilustración 5 - Transporte ferroviario de mercancías por operador (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

Con relación al tipo de vagón y ámbito de operación, se puede destacar el crecimiento del vagón intermodal tanto internacional como nacional. Esto ha supuesto que en 2019 el vagón intermodal se haya convertido en el mayoritario en términos de toneladas-kilómetro netas (51,3%).

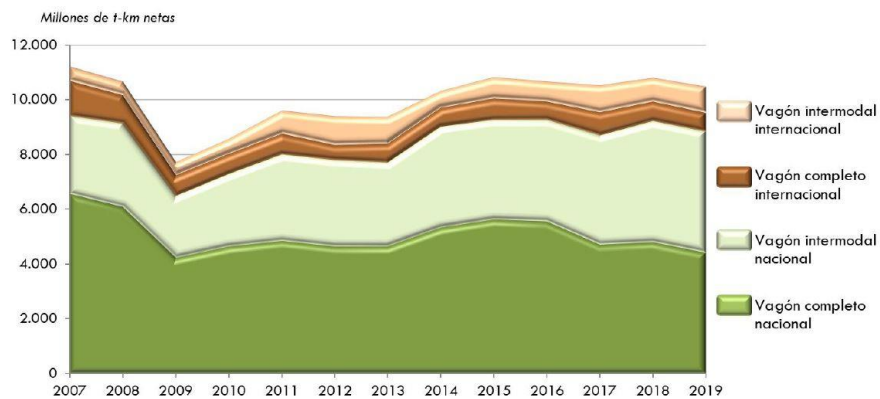


Ilustración 6 - Transporte ferroviario de mercancías (millones de t-km netas) por tipo de vagón y ámbito (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

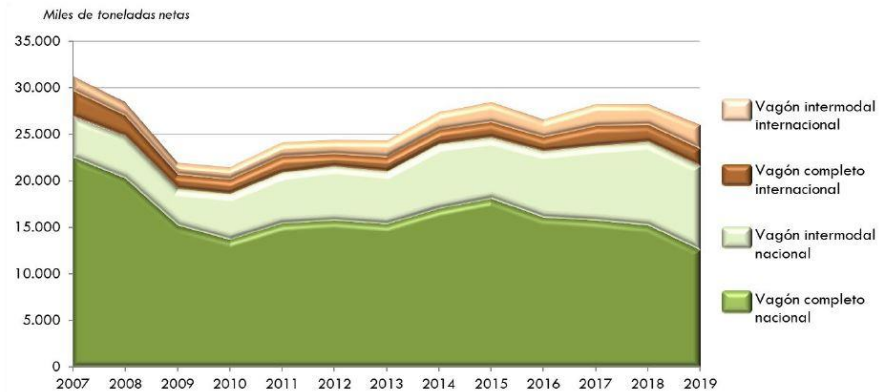


Ilustración 7 - Transporte ferroviario de mercancías (miles de toneladas netas) por tipo de vagón y ámbito (2007-2019).  
Fuente: Informe OTLE 2020

Finalmente, en referencia a los diferentes indicadores de explotación del transporte ferroviario de mercancías (2005-2019), se puede señalar la pequeña disminución de la velocidad media de circulación a partir de 2012 (situada en 2019 entre los 50 y los 55 km/h) y la mejora del aprovechamiento a partir de 2010.

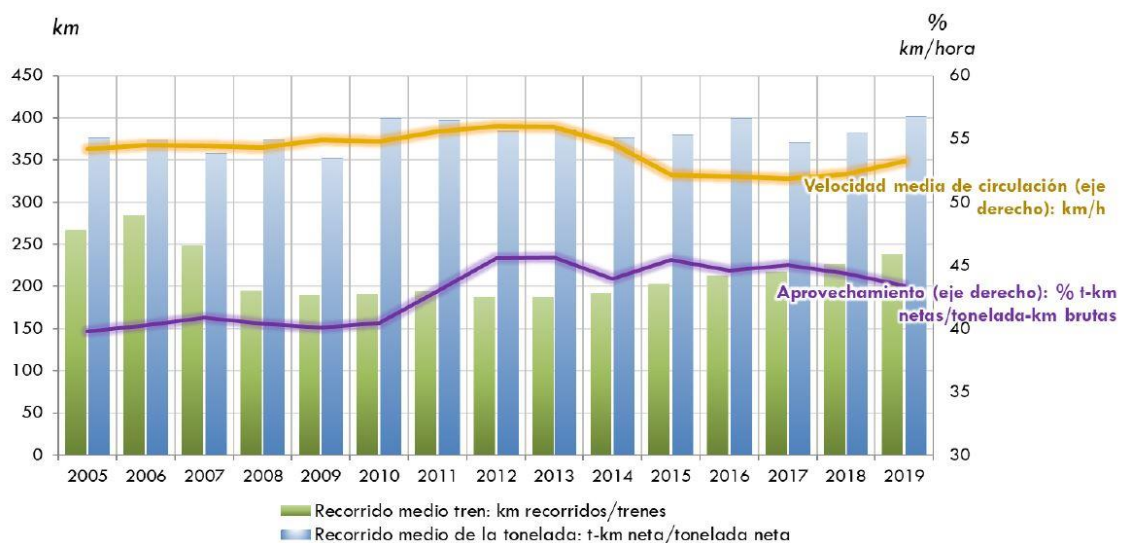


Ilustración 8 - Indicadores de explotación del transporte ferroviario de mercancías (2005-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

## 4.1. Distribución modal

### 4.1.1. Ámbito nacional

En el tránsito interior de mercancías en España, el transporte por carretera tiene un claro papel preponderante. De esta forma, del total de las toneladas-kilómetro producidas en el país (2019), el transporte por carretera representa el 95%, y el ferrocarril únicamente el 5%.

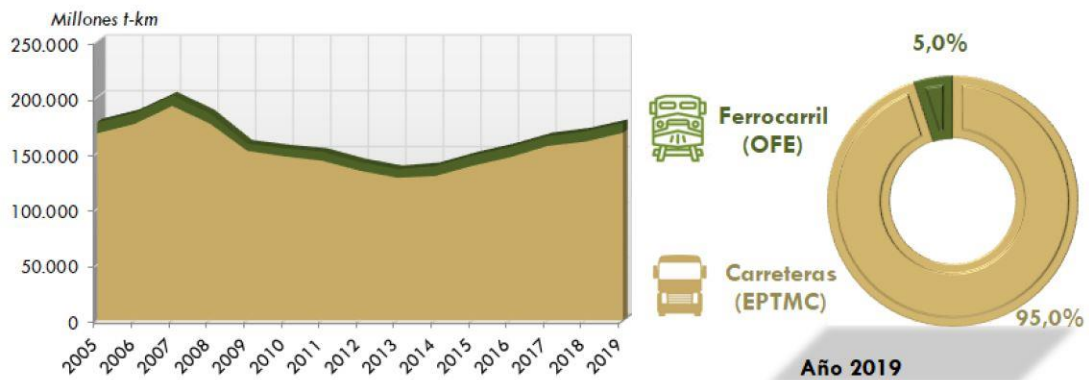


Ilustración 9 - Reparto modal en el transporte de mercancías en ámbito nacional para todos los modos terrestres (2019).  
Fuente: Informe OTLE 2020

Asimismo, si se cuenta también el resto de los modos de transporte (aéreo y marítimo), el ferrocarril se queda con el tercer puesto (1%), pues el sector marítimo mueve más de 50 millones de toneladas, alcanzando el 3% de la movilidad nacional de mercancías. Como se puede apreciar en el siguiente gráfico, la participación aérea en el sector de las mercancías es prácticamente irrisoria.



Ilustración 10 - Reparto modal en el transporte de mercancías en ámbito nacional para todos los modos (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

#### 4.1.2. Ámbito internacional

En el ámbito internacional, el primer puesto está ostentado por el sector marítimo. Así, en el 2019, el sector marítimo de mercancías se hizo con casi el 80% de las toneladas transportadas con origen o destino internacional. Por detrás se encuentra el transporte por carretera, con casi el 20%, y finalmente los sectores ferroviario y aéreo, que no alcanzan ni el 1%.

Además, es de señalar la tendencia claramente creciente del sector marítimo de mercancías que en los últimos años ha venido experimentando crecimientos constantes (en 2018 fue de un 11,6% en comparación con el del transporte de carretera que se quedó en el 5,5%).

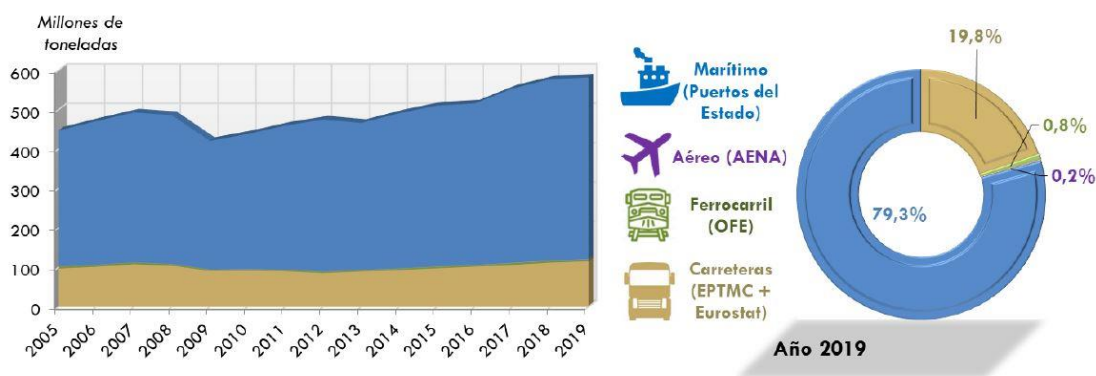


Ilustración 11 - Reparto modal en el transporte de mercancías en ámbito internacional (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

#### 4.1.3. Transporte de mercancías total (nacional e internacional)

Si se tiene en cuenta los datos relacionados con la movilidad nacional e internacional de los medios de transporte por carretera y ferrocarril, se llega de nuevo al papel preponderante de la carretera en el conjunto de la movilidad terrestre de mercancías, con una cuota, en el 2019, del 96,6%, frente al ferrocarril, que se queda en el 3,4%.

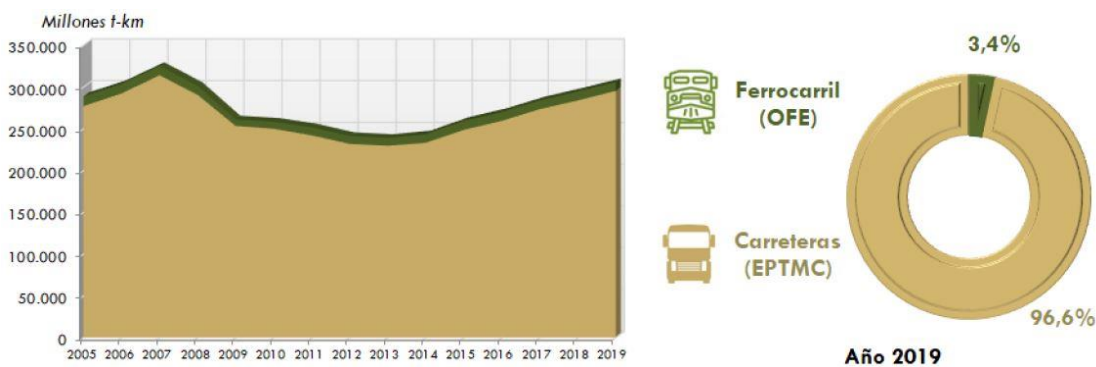


Ilustración 12 - Reparto modal en el transporte de mercancías en ámbito nacional e internacional para modos terrestres (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

#### 4.1.4. Situación en el resto de países de Europa

Al comparar la situación del reparto modal en el transporte de mercancías en España con la de otros países de Europa, se observa la clara dependencia de la carretera y la inferior participación del ferrocarril en el caso español. Así, mientras que la media en la Europa de los 27 (datos de 2018) se encuentra en un 72% para el transporte de mercancías por carretera y en un 18% para el ferrocarril, España está en un 91% y en apenas un 5%, respectivamente.

Por lo tanto, si España quiere acercarse más al modelo europeo y cumplir con la Agenda 2030, se debe potenciar mucho más el transporte de mercancías por ferrocarril y depender mucho menos de la carretera (que copa con prácticamente todo el sector con el 91%).

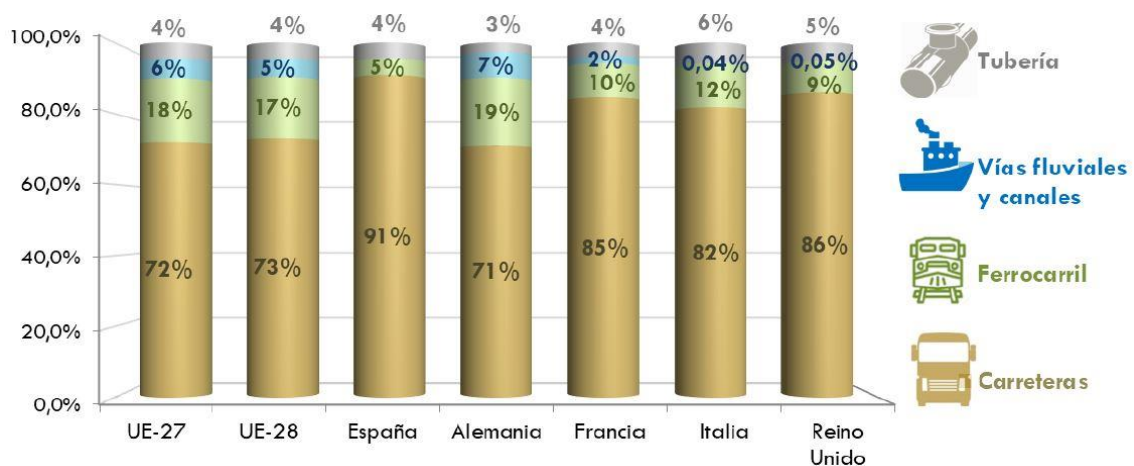


Ilustración 13 - Reparto modal en el transporte de mercancías en España y principales países europeos (2018). Fuente: Informe OTLE 2020

## 4.2. Principales flujos ferroviarios de mercancías

### 4.2.1. Trayectos de corto recorrido (menos de 150 km)

Centrándose en términos de toneladas netas, los principales flujos son los que tienen lugar dentro del Principado de Asturias (con más de un millón de toneladas netas transportadas), seguido del trayecto Barcelona-Tarragona y los que tienen lugar dentro de la provincia de Barcelona, en ambos casos con más de 500.000 toneladas transportadas.

En referencia a las toneladas-km, la relación con mayor volumen transportado es el trayecto Barcelona-Tarragona (más de 50 millones de toneladas-km), seguido de los flujos que tienen lugar en el interior de la provincia de A Coruña y de Cantabria (ambos con más de 20 millones de toneladas-km).



#### 4.2.2. Trayectos de medio y largo recorrido (más de 150 km)

En toneladas netas, el mayor flujo tiene lugar entre Zaragoza y Barcelona (más de 1,9 millones de toneladas), seguido de Madrid-Valencia (1,3 millones de toneladas) y Asturias-Valencia (1 millón de toneladas).

Finalmente, en relación con las toneladas-km, los flujos más importantes son el Asturias-Valencia (906 millones de toneladas-km), seguido del Madrid-Valencia (622 millones de toneladas-km).



Ilustración 14 - Principales flujos de transporte ferroviario de mercancías (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

### 4.3. Multimodalidad e intermodalidad

#### 4.3.1. Multimodalidad

Si se analiza la multimodalidad en España en el periodo 2007-2019, se observa como la cadena carretera-ferroviaria ha registrado descensos por encima del 30%, mientras que las cadenas aéreo-carretera y marítima-ferroviaria han registrado crecimientos del 67,5% y del 10,6%, respectivamente.

Cadenas multimodales	2007	2018	2019	Var. 2019/2018	Var. 2019/2007
Carretera-ferroviario	19.723	13.639	13.252	-2,8%	-32,8%
Marítimo-carretera	222.736	223.103	225.941	+1,3%	+1,4%
Carretera-aéreo	611	963	1.024	+6,3%	+67,5%
Marítimo-ferroviario	11.549	14.612	12.773	-12,6%	+10,6%
<b>Total cadenas multimodales</b>	<b>254.619</b>	<b>252.317</b>	<b>252.893</b>	<b>+0,3%</b>	<b>-0,6%</b>
<b>Cadenas unimodales</b>					
Carretera	2.206.493	1.255.923	1.323.473	+5,4%	-40,0%
<b>Total cadenas unimodales</b>	<b>2.206.493</b>	<b>1.255.923</b>	<b>1.323.473</b>	<b>+5,4%</b>	<b>-40,0%</b>
<b>Total transporte</b>	<b>2.461.112</b>	<b>1.508.240</b>	<b>1.576.463</b>	<b>+4,5%</b>	<b>-35,9%</b>

Ilustración 15 - Evolución de las cadenas de transporte de mercancías en España (miles de toneladas) (2007-2019).  
Fuente: Informe OTLE 2020

Asimismo, como se puede recalcar en la tabla anterior, pese a que las cadenas multimodales también han sufrido un pequeño descenso en el periodo 2007-2019 (de un 0,6%), los claros afectados son las unimodales que experimentan descensos del 40%. Esto se debe a las economías de escala, que producen trayectos más largos y la necesidad de cooperación entre los diferentes modos de transporte, y por el obvio crecimiento de las cadenas intermodales.

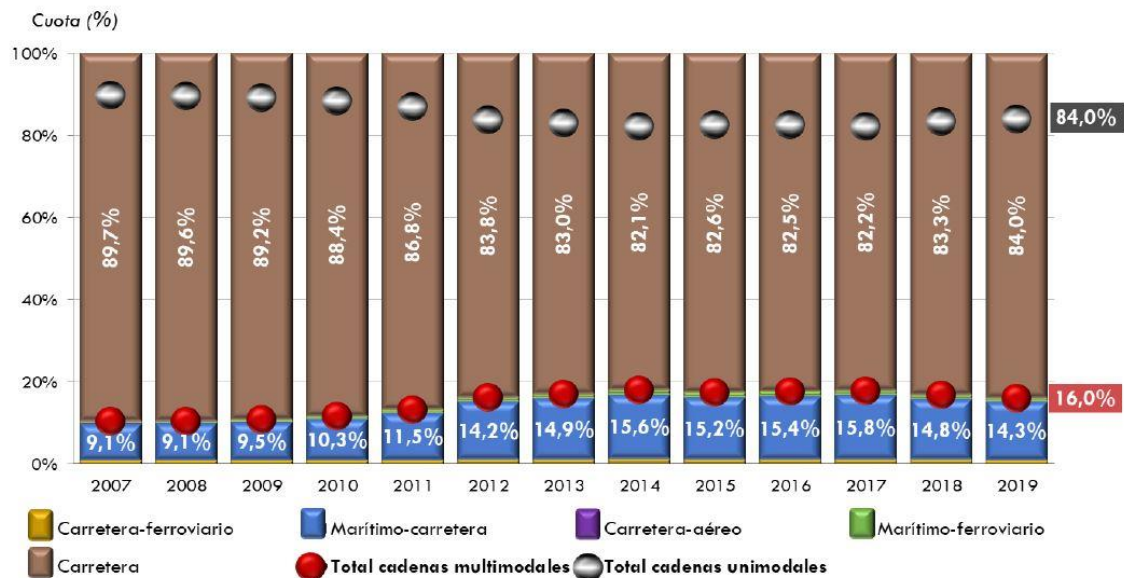


Ilustración 16 - Evolución de las cuotas de cadenas multimodales y unimodales (%) (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

### 4.3.2. Multimodalidad en los puertos

En 2019, las mercancías que accedieron a los puertos del Sistema Portuario de Titularidad Estatal por modos terrestres (carreteras y ferrocarril) sumaron un total de 238,7 millones de toneladas.

Respecto al reparto modal en la entrada y salida de las mercancías a los recintos portuarios, la carretera siguió siendo el modo dominante, incrementando su cuota hasta casi el 95%, respecto al ferrocarril que registró un 5,4%.

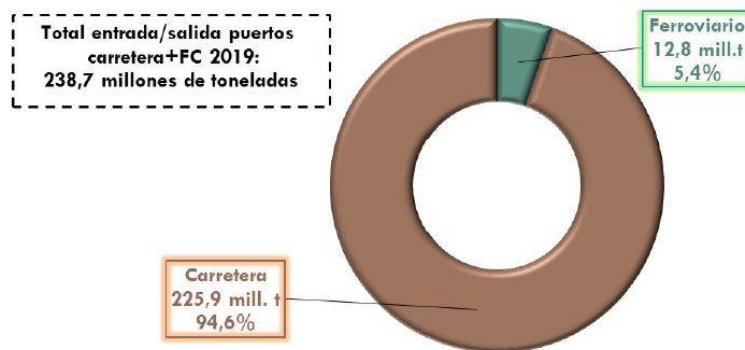


Ilustración 17 - Reparto entre los modos carretera y ferroviario en la entrada/salida de mercancías a los puertos del SPTA (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

La situación en cada Autoridad Portuaria (AP) de entrada y salida de mercancías en toneladas tanto para la carretera como para el ferrocarril es la siguiente (año 2019):

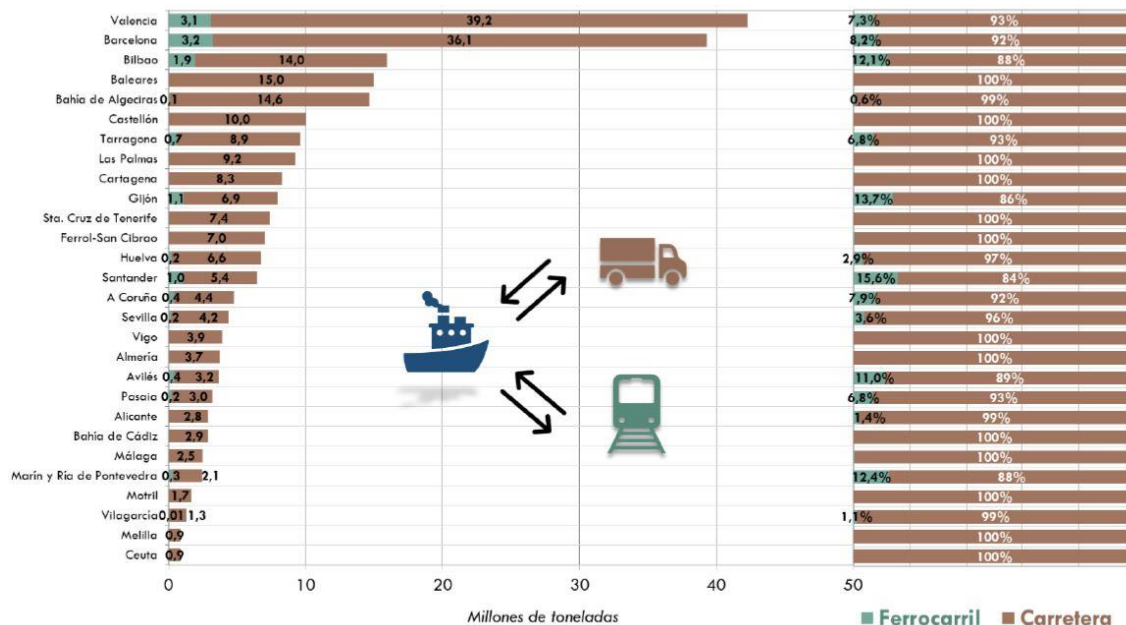


Ilustración 18 - Reparto entre los modos carretera y ferroviario en la entrada/salida de mercancías a los puertos, por AP (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

De la infografía anterior podemos destacar las siguientes Autoridades Portuarias en el ámbito de la entrada/salida de mercancías (2019):

- AP de Valencia: 42,3 millones de toneladas.
- AP de Barcelona: 39,3 millones de toneladas.
- AP de Bilbao: 15,9 millones de toneladas.
- AP de Baleares: 15 millones de toneladas.
- AP de Bahía de Algeciras: 14,7 millones de toneladas.

Entre estas 5 Autoridades Portuarias se suma el 53,3% del total de mercancías con acceso/salida terrestre del Sistema Portuario de Titularidad Estatal en España (2019).

#### 4.3.3. Transporte marítimo-ferroviario

Centrándose sólo en el transporte marítimo-ferroviario, las AAPP más importantes en 2019 fueron:

- AP de Barcelona: 3,22 millones de toneladas.
- AP de Valencia: 3,08 millones de toneladas.
- AP de Bilbao: 1,93 millones de toneladas.
- AP de Gijón: 1,09 millones de toneladas.
- AP de Santander: 1,0 millones de toneladas.

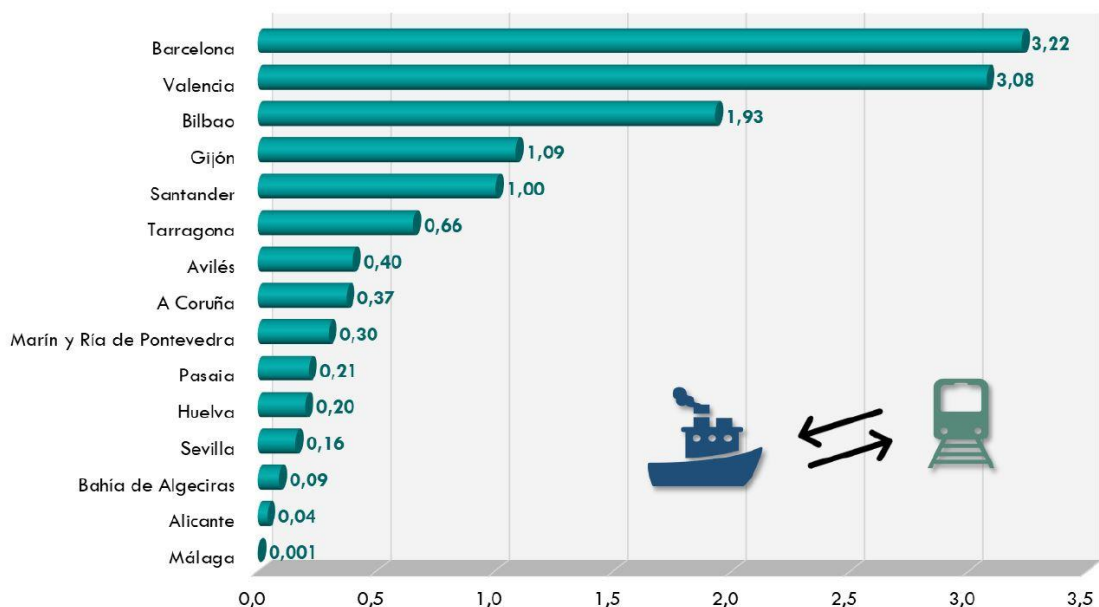


Ilustración 19 - Transporte marítimo-ferroviario por AAPP (2019). Fuente: Informe OTLE 2020

Entre las tres primeras AAPP, Barcelona, Valencia y Bilbao, se concreta más del 64% del total del volumen de mercancías movidas por las cadenas marítimo-ferroviarias en el conjunto de puertos de interés general del Estado.

Por otro lado, las AAPP con mayor cuota de transporte marítimo-ferroviario respecto a la carretera fueron Santander (15,6%), Gijón (13,7%) y Marín y Ría de Pontevedra (12,4%), situados todas ellas en la fachada Atlántico-Cantábrica.

El transporte ferroviario con origen/destino en los puertos supone el 49,3% respecto al transporte ferroviario total (2019), moviendo un total de 12.773 miles de toneladas.

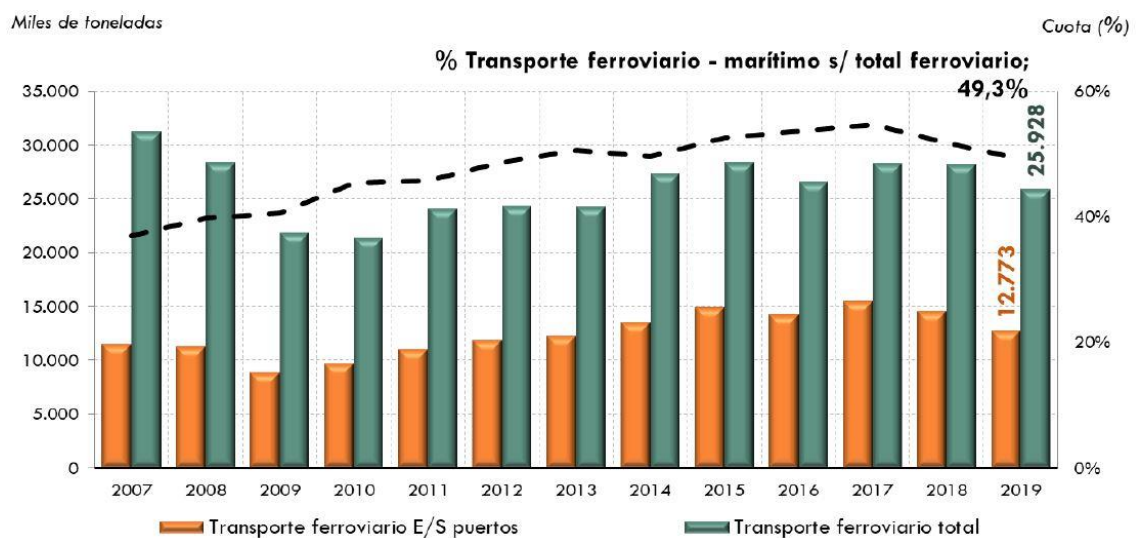


Ilustración 20 - Evolución del transporte ferroviario y del transporte marítimo-ferroviario (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

#### 4.3.4. Intermodalidad

El transporte intermodal total (todos los modos) en contenedor ascendió a 272,3 millones de toneladas en 2019. Como se puede apreciar en la siguiente tabla, el modo de transporte que más se ha visto favorecido por la intermodalidad en contenedor es el transporte ferroviario, con un 97% de crecimiento entre 2007 y 2019. Por detrás, se encuentra el modo marítimo, que ha crecido un 43% en el mismo periodo, y finalmente, el transporte por carretera, que ha experimentado un decrecimiento de casi el 9%.

	2007	2018	2019	Var. 2019-18	Var. 2019-07
Carretera	81.949	83.257	74.821	-10,1%	-8,7%
Ferroviario	5.925	11.140	11.638	+4,5%	+96,4%
Marítimo	130.389	181.176	185.896	+2,6%	+42,6%
<b>Transporte intermodal</b>	<b>218.263</b>	<b>275.573</b>	<b>272.354</b>	<b>-1,2%</b>	<b>+24,8%</b>

Ilustración 21 - Transporte intermodal de mercancías en contenedor por modo (ámbito nacional más internacional) (miles de toneladas) (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

Centrándose en la cuota de transporte intermodal por modo de transporte, el ferrocarril está experimentando el mayor crecimiento hasta alcanzar el 45% del total del transporte ferroviario, situándose en su máximo histórico. El sector marítimo se encuentra en un 37% y la carretera en un 5%, siendo el total de la cuota de transporte intermodal del 13%.

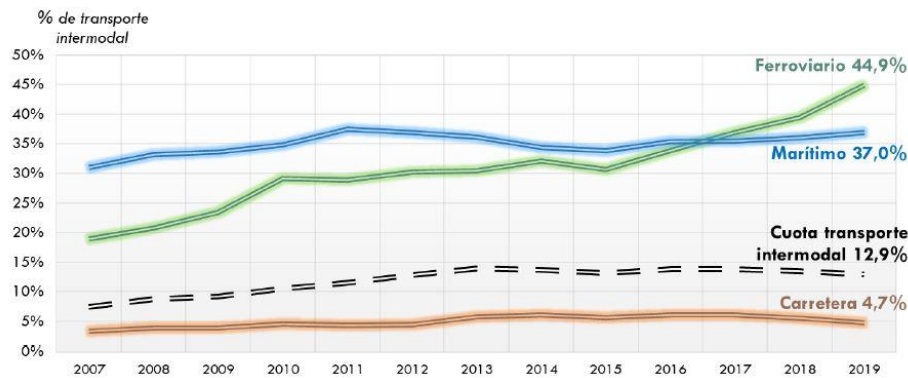


Ilustración 22 - Evolución de la cuota de transporte intermodal en contenedor por modo (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

Finalmente, si se observa la evolución del transporte ferroviario intermodal, en el periodo 2007-2019, se puede advertir como tanto el internacional como el nacional han experimentado un verdadero crecimiento con respecto a su situación en 2007.

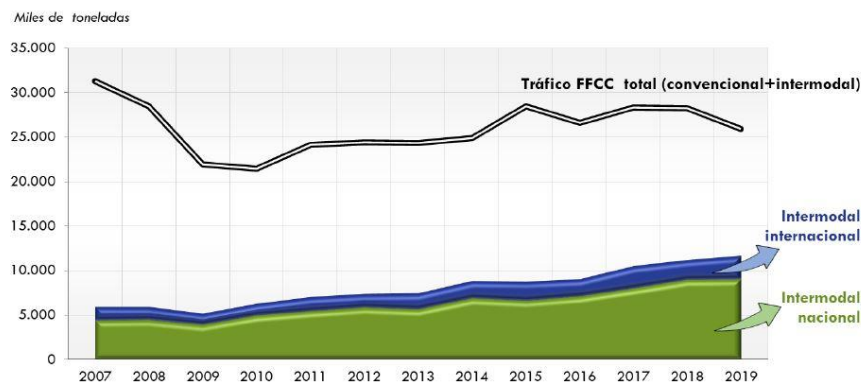


Ilustración 23 - Evolución del transporte ferroviario intermodal y total (nacional + internacional) (2007-2019). Fuente: Informe OTLE 2020

## 5. Definición y clasificación de terminales

Una vez explicado el contexto del ferrocarril de mercancías en España, conviene definir qué es una terminal intermodal ferroviaria. Así, en el artículo 2 “Definiciones” del Reglamento (UE) 913/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2010, sobre una red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo, se define la terminal de la siguiente forma: “instalación situada a lo largo del corredor de mercancías especialmente habilitada para la carga o descarga de los trenes de mercancías, para la integración de los servicios de transporte de mercancías por ferrocarril con los servicios por carretera, marítimos, fluviales y aéreos, para la formación o modificación de la composición de trenes de mercancías, y, cuando sea necesario, para la realización de trámites fronterizos en las fronteras con terceros países europeos”.

Por su parte, Adif define este tipo de instalaciones de esta manera<sup>4</sup>: “estas infraestructuras ferroviarias conectadas a una línea (vía), permiten iniciar, complementar o concluir el transporte ferroviario de mercancías mediante la ejecución de una serie de operaciones sobre el tren y sobre la mercancía que transporta, como parte de la cadena de suministro a las que se vincula”.

Por lo tanto, intermodal haría referencia, de forma general, a todas aquellas terminales ferroviarias en las que se manipulan unidades de carga intermodal (como lo son los contenedores, las cajas móviles y los semirremolques).

Así pues, se puede considerar que este tipo de instalaciones resultan clave dentro de las cadenas logísticas en las que se ve involucrado el transporte ferroviario. Además, dada la falta de competitividad del ferrocarril en el transporte de “última milla”, resultan imprescindibles para permitir el cambio modal.

Las terminales ferroviarias se pueden clasificar de muchas formas distintas. Así, aquí únicamente se atenderá a su clasificación<sup>5</sup> por funcionalidad y por titularidad de servicio:

### 5.1. Por funcionalidad

Básicamente, se puede distinguir entre Instalaciones técnicas e Instalaciones logísticas o de mercancías:

---

<sup>4</sup> [Información general—Adif. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.

<sup>5</sup> Basado en la clasificación realizada por *Transporte ferroviario de mercancías* (Sanz, I. et al., 2013).



### 5.1.1. Instalaciones técnicas

Estas instalaciones están fuertemente vinculadas a todas aquellas operaciones que tienen lugar sobre el tren y que pretenden hacer cumplir el plan de transporte de una empresa ferroviaria determinada. Dentro de este tipo de instalaciones, se pueden destacar las siguientes:

- **Instalaciones de recepción y expedición de trenes**

Este tipo de instalaciones de apoyo suelen estar vinculadas a una o varias instalaciones de carga y descarga. Consisten en una serie de vías de recepción y expedición y tienen como misión separar la actividad de la red general ferroviaria con respecto a la de la instalación de carga y descarga.

Separando estas dos actividades se consiguen aumentar los rendimientos productivos pues los trenes cargados ocupan las vías de carga y descarga únicamente el tiempo necesario.

- **Instalaciones de clasificación**

En este tipo de instalaciones se efectúan tareas de ordenación de trenes formados por vagones aislados, que son aquellos que están formados por vagones con diferentes destinatarios. Es por este motivo que se hace necesario fragmentar los trenes que llegan a estas instalaciones para posteriormente ordenar y agrupar todos aquellos vagones que tienen un destino común, formando nuevos trenes.

- **Instalaciones técnicas de concentración o tipo *hub***

Básicamente, se trata de nodos logísticos que buscan concentrar y dispersar unidades de carga provenientes de diferentes puntos y que tienen diversos destinos. Se basan en la tipología de tráfico conocida como *hub and spoke* (o radial).

En este tipo de instalaciones se llevan a cabo tareas de clasificación (*marshalling yards* o *shunting yards*) o de transbordo de unidades de carga (*gateway system*).





- **Instalaciones técnicas fronterizas**

Este tipo de instalaciones se localizan en las fronteras entre diferentes países para suplir la falta de interoperabilidad entre las diferentes redes de transporte (ancho de vía, electrificación, señalización, etc.).

- **Otras instalaciones técnicas**

Aquí se llevan a cabo tareas relacionadas con el estacionamiento de vagones fuera de ciclo productivo, inversión de marcha, etc.

#### 5.1.2. Instalaciones logísticas o de mercancías

Estas instalaciones, a diferencia de las anteriores, están fuertemente vinculadas a la mercancía y a todas las operaciones vinculadas a esta. Se puede destacar principalmente:

- **Instalaciones de carga y descarga**

En estas instalaciones se produce el intercambio modal entre el subsistema ferroviario y el marítimo (o fluvial) o el de carretera. Es uno de los elementos más importantes de las terminales intermodales ferroviarias y su tipología varía en función de la mercancía tratada. Así, las más importantes son las siguientes:

- De granel
- De transbordo rodado o ro-ro
- Intermodales

De las tres anteriores, las más importantes son las intermodales pues en ellas se manipulan las UTI (Unidades de Transporte Intermodal), que pueden ser contenedores, cajas móviles o semirremolques.

#### 5.2. Por titularidad del servicio

Se puede diferenciar entre las terminales públicas y las privadas:

### 5.2.1. Terminales públicas

Son aquellas de titularidad pública (normalmente de Adif o de alguna Autoridad Portuaria) y a la que pueden acceder todo tipo de empresas ferroviarias, cargadoras y operadores logísticos para gestionar su propia mercancía o de terceras empresas (consultar Anejo 2 “*Características técnicas de las TIF de Adif*”).

### 5.2.2. Terminales privadas

Estas terminales solo gestionan tráficos ferroviarios del propio titular de la instalación. En la Comunidad Valenciana, por ejemplo, son las siguientes<sup>6</sup>:

Provincia	Ciudad	Titularidad	Actividad
Alicante	Novelda-Aspe	Intermarmor S.L. (1)	Construcción
Valencia	Massalfassar	Stadler Rail Valencia S.L. (2)	Mat. Ferroviario
Valencia	Sagunto	Arcelor-Mittal Sagunto S.A. (3)	Siderúrgicos
Valencia	Sagunto	Lafarge Cementos S.A. (4)	Cementos
Valencia	Sagunto	Proy. Singulares Fps Dyc (5)	Construcción
Valencia	Sagunto	Ind. Ferrodist. Sa (6)	Siderúrgicos
Valencia	Sagunto	Algetren Logistica S.A. (7)	Siderúrgicos
Valencia	Sagunto	Hierros de Levante S.A. (8)	Siderúrgicos
Valencia	Silla	Ford España S.L. (9)	Automoción

Tabla 1 - Terminales privadas de la Comunidad Valenciana. Fuente: Declaración sobre la Red 2022



Ilustración 24 - Localización de las terminales privadas en la Comunidad Valenciana. Fuente: Wikipedia y propia

<sup>6</sup> Obtenido de la Declaración sobre la Red 2022 de Adif.



## 6. Material móvil y mercancía tipo

A la hora de diseñar una terminal intermodal ferroviaria, conviene tener en cuenta las características particulares tanto del material móvil que circulará por las instalaciones como de la mercancía tipo que será manipulada por los equipos dispuestos para este cometido.

### 6.1. Material móvil

Los vagones mostrados a continuación pertenecen a Renfe Mercancías:

#### 6.1.1. Mercancía contenerizada

Entre este tipo de vagones portacontenedores<sup>7</sup> cabe destacar los siguientes: MC/MCE, MMC/MMC1, MC3, MMC3E/MMC2, MC4E, MMC3E, MCI y MMMC1.

Con relación a las especificaciones técnicas de cada uno de estos tipos de vagones portacontenedores, se recomienda consultar el Anejo 3 *“Especificaciones técnicas de los vagones portacontenedores de Renfe Mercancías”*.

#### 6.1.2. Automoción

Entre este tipo de vagones para vehículos<sup>8</sup> cabe destacar los siguientes: MA5, MA6, MA7 y MMA.

Con relación a las especificaciones técnicas de cada uno de estos tipos de vagones para vehículos, se aconseja la consulta del Anejo 4 *“Especificaciones técnicas de los vagones para automóviles de Renfe Mercancías”*.

### 6.2. Mercancía tipo

El transporte intermodal es aquel en el que la mercancía es transportada en una única unidad de carga y en el que se ven involucrados dos o más modos de transporte. Como unidades de carga cabe destacar las UTI, Unidades de Transporte Intermodal, que engloban a contenedores, cajas móviles y semirremolques. De todas ellas, la más importante es el contenedor.

---

<sup>7</sup> [Mercancía contenerizada. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.

<sup>8</sup> [Automoción. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.

El tipo de contenedor más empleado en el transporte de todo tipo de mercancía general es el contenedor cerrado o *dry box container* y consta de una estructura de acero cerrada y estanca al agua y a la luz.

Las dimensiones estandarizadas de este tipo de contenedores vienen recogidas en la norma ISO 668, publicada por primera vez en 1968, y donde no solo se establecen las medidas mínimas internas y externas, sino también la apertura mínima de las puertas.

En la última versión de 2020 se introdujo un nuevo modelo, el E, que hace referencia al contenedor de 45'. En la tabla siguiente se puede comprobar las dimensiones (externas) de cada tipo de contenedor:

**Table 2 — External dimensions, permissible tolerances and ratings for series 1 freight containers**

Freight container designation	Length, L			Width, W			Height, H			Rating, R <sup>&lt;?&gt;</sup> (gross mass)				
	tol.		tol.	tol.		tol.	tol.		tol.					
	mm	ft and in	in	mm	ft	in	mm	ft and in	in	kg	lb			
1EEE	13 716	0	45'	0	2 438	0	8	0	2 896 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	9'	0	30 480 <sup>&lt;?&gt;</sup>	67 200 <sup>&lt;?&gt;</sup>
1EE		-10	-3/8	-5	-3/16	2 591 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	8'	0	30 480	67 200 <sup>&lt;?&gt;</sup>			
1AAA	12 192	0	40'	0	2 438	0	8	0	2 896 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	9'	0	30 480 <sup>&lt;?&gt;</sup>	67 200 <sup>&lt;?&gt;</sup>
1AA									2 591 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	8'	0		
1A									2 438	0	8'	0		
1AX									<2 438	<8'				
1BBB	9 125	0	29'	0	2 438	0	8	0	2 896 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	9'	0	30 480 <sup>&lt;?&gt;</sup>	67 200 <sup>&lt;?&gt;</sup>
1BB									2 591 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	8'	0		
1B									2 438	0	8'	0		
1BX									<2 438	<8'				
1CCC	6 058	0	19'	0	2 438	0	8	0	2 896 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	9'	0	30 480 <sup>&lt;?&gt;</sup>	67 200 <sup>&lt;?&gt;</sup>
1CC									2 591 <sup>&lt;?&gt;</sup>	0	8'	0		
1C									2 438	0	8'	0		
1CX									<2 438	<8'				
1D	2 991	0	9'	0	2 438	0	8	0	2 438	0	8'	0	10 160	22 400
1DX									-6	3/4"	-3/16	-5		

Ilustración 25 - Medidas (externas) estandarizadas de los contenedores. Fuente: ISO 668:2020

La designación hace referencia a los siguientes contenedores:

- 1EEE: Contenedor de 45' *high cube*.
- 1EE: Contenedor de 45' estándar.
- 1AAA: Contenedor de 40' *high cube*.
- 1AA: Contenedor de 40' estándar.
- 1A: Contenedor de 40'.
- 1BBB: Contenedor de 30' *high cube*.
- 1BB: Contenedor de 30' estándar.
- 1B: Contenedor de 30'.
- 1CCC: Contenedor de 20' *high cube*.
- 1CC: Contenedor de 20' estándar.
- 1C: Contenedor de 20'.
- 1D: Contenedor de 10'.

## 7. Red de terminales intermodales ferroviarias de España

Tal como señala Adif, la red de terminales ferroviarias de mercancías administrada directamente por este ente está formada por un total de 38 nodos logísticos repartidos por todo el territorio nacional. A continuación, se comparten las características principales de estas terminales:

Comunidad Autónoma	Provincia	Nombre TIF	Código	Titularidad	Tipo instalación
Andalucía	Córdoba	Córdoba Mercancías	50512	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Andalucía	Huelva	Huelva Mercancías	43023	ADIF	Terminal de Mercancías
Andalucía	Cádiz	San Roque	55026	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Andalucía	Sevilla	Sevilla La Negrilla	51005	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Andalucía	Sevilla	Sevilla Majarabique	50709	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Aragón	Zaragoza	Grisén	70706	ADIF	Estación de viajeros (solo OSP) y con instalaciones de mercancías
Aragón	Zaragoza	Zaragoza Arrabal	78002	ADIF	Terminal de Mercancías
Aragón	Zaragoza	Zaragoza Plaza	70805	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
C. de Madrid	Madrid	Madrid Abroñigal / Santa Catalina	95104 / 60004	ADIF	Terminal de Mercancías
C. de Madrid	Madrid	Vicálvaro Mercancías	98201	ADIF	Terminal de Mercancías

C. de Madrid	Madrid	Complejo Villaverde (Villaverde Orcasitas / El Salobral / Villaverde Mercancías)	35008 / 60108 / 95101	ADIF	Terminal de Mercancías
C. F. de Navarra	Navarra	Noáin	80103	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
C. Valenciana	Valencia	Sagunto Mercancías	65212	ADIF	Terminal de Mercancías
C. Valenciana	Valencia	Silla Mercancías	64204	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
C. Valenciana	Valencia	Valencia Fuente de San Luís	65013	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
C. y León	León	León Mercancías	15018	ADIF	Instalación de mercancías
C. y León	Burgos	Miranda de Ebro Mercancías	11220	ADIF	Terminal de Mercancías
C. y León	Valladolid	Complejo Valladolid (Argales / La Carrera / La Esperanza / Campo Grande)	10608 / 85214 / 85215 / 10600	ADIF	Terminal de Mercancías
C. y León	Palencia	Venta de Baños	11000	ADIF	Estación de viajeros con instalaciones para mercancías
C. y León	Burgos	Villafría	11102	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Cantabria	Cantabria	Muriedas	14221	ADIF	Terminal de Mercancías
Cataluña	Barcelona	Barcelona Can Tunis	71901	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal

Cataluña	Barcelona	Barcelona Morrot	71902	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Cataluña	Barcelona	Castellbisbal	72210	ADIF	Estación de viajeros Cercanías con instalaciones de mercancías
Cataluña	Tarragona	Constantí	72006	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Cataluña	Barcelona	Granollers Mercancías	79108	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Cataluña	Barcelona	La Llagosta	79011	ADIF	Estación de viajeros Cercanías con instalaciones de mercancías
Cataluña	Barcelona	Martorell / Seat	72212	ADIF	Terminal de Mercancías
Cataluña	Girona	Portbou / Cerbère	79315 / 79317	ADIF	Estación de viajeros (solo OSP) y con instalaciones de mercancías
Cataluña	Tarragona	Tarragona Mercaderies	71403	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
Galicia	A Coruña	A Coruña - San Diego	20406	ADIF	Terminal de Mercancías
Galicia	Pontevedra	Vigo Guixar	22308	ADIF	Estación de viajeros con instalaciones para mercancías intermodal
Galicia	Lugo	Monforte de Lemos	20300	ADIF	Estación de viajeros con instalaciones para mercancías

País Vasco	Vizcaya	Bilbao Mercancías	13408	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
País Vasco	Guipúzcoa	Irún Mercancías	11601	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
País Vasco	Álava	Júndiz	11221	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal
País Vasco	Guipúzcoa	Lezo / Pasaia	11516 / 11515	ADIF	Estación de viajeros Cercancías con instalaciones de mercancías
R. de Murcia	Murcia	Murcia Mercancías	61101	ADIF	Terminal de Mercancías Intermodal

Tabla 2 - Red de terminales administrada por Adif. Fuente: Declaración sobre la Red 2022

Tal como se puede extraer de la tabla anterior (a falta de otros datos como disponibilidad de superficie logística, pues los datos compartidos por Adif son, en muchos de los casos, algo escasos) las Comunidades con más terminales intermodales ferroviarias instaladas en su territorio son las siguientes: Cataluña (23,68%), Andalucía (13,16%), Castilla y León (13,16%) y País Vasco (10,53%). Únicamente con las tres primeras ya se copa el 50% de todas las terminales relevantes de España.

También es reseñable la falta de este tipo de instalaciones en Comunidades como Extremadura (pese a que los planos de la Declaración sobre la Red 2022 hacen referencia a una terminal en Fuentes de Oñoro, el documento "Instalaciones en Servicio" no habla de esta instalación ferroviaria), Castilla-La Mancha, La Rioja (aunque tiene sentido al tener tan próxima la de Miranda de Ebro) o el Principado de Asturias.

Esta red de terminales está distribuida de la siguiente forma, según los planos de la última Declaración de la Red de Adif de 2022:



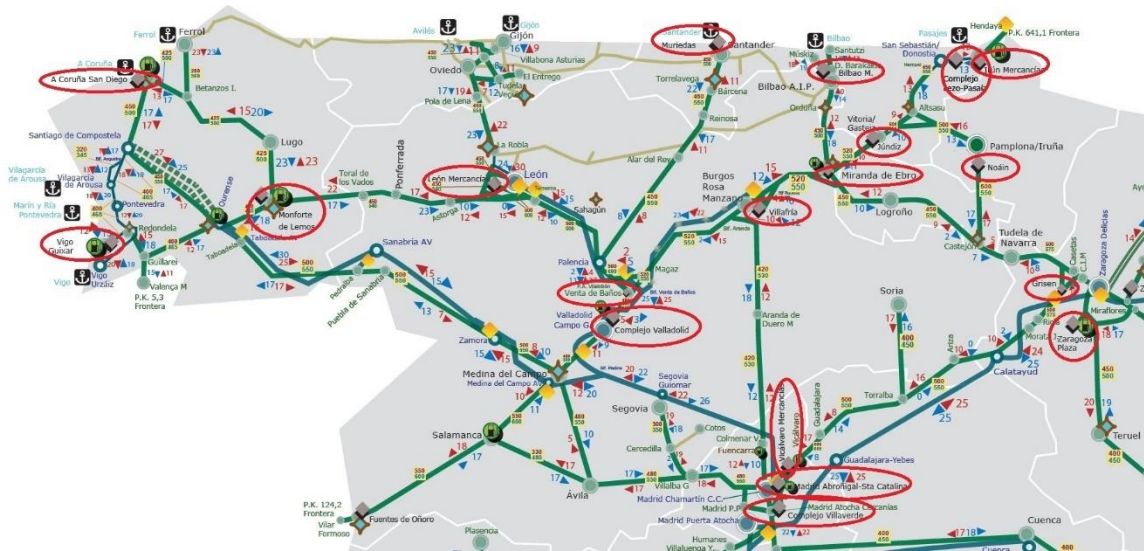


Ilustración 26 - Red de terminales de Adif, zona noroeste. Fuente: Declaración sobre la Red 2022 y propia

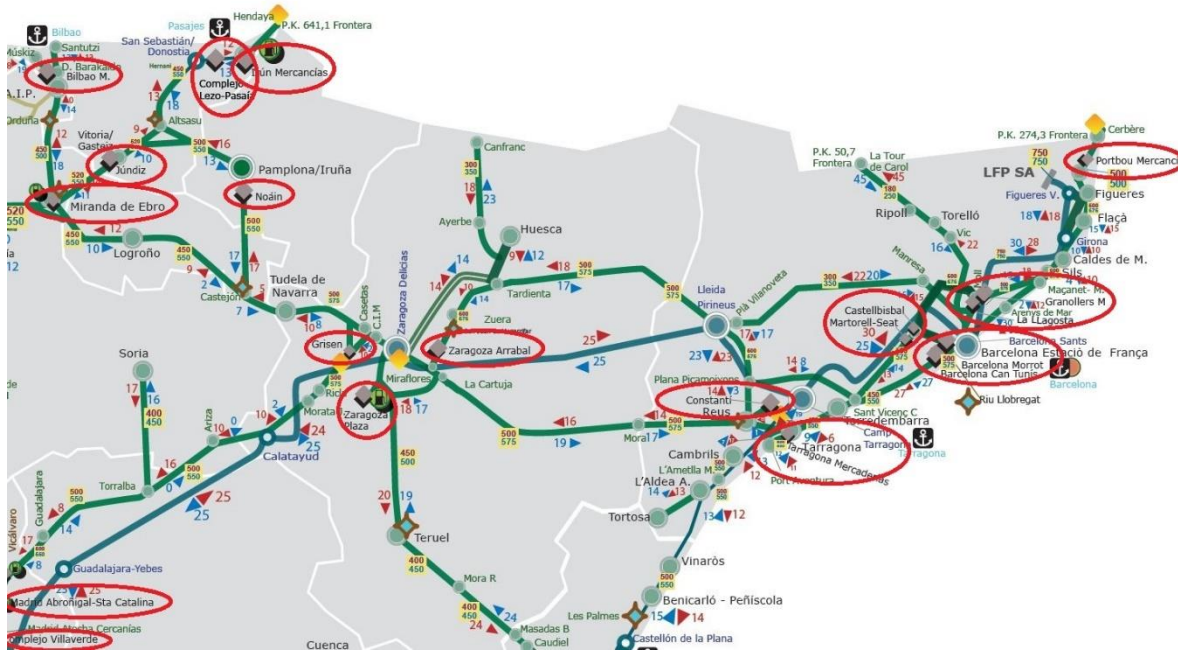


Ilustración 27 - Red de terminales de Adif, zona noreste. Fuente: Declaración sobre la Red 2022 y propia

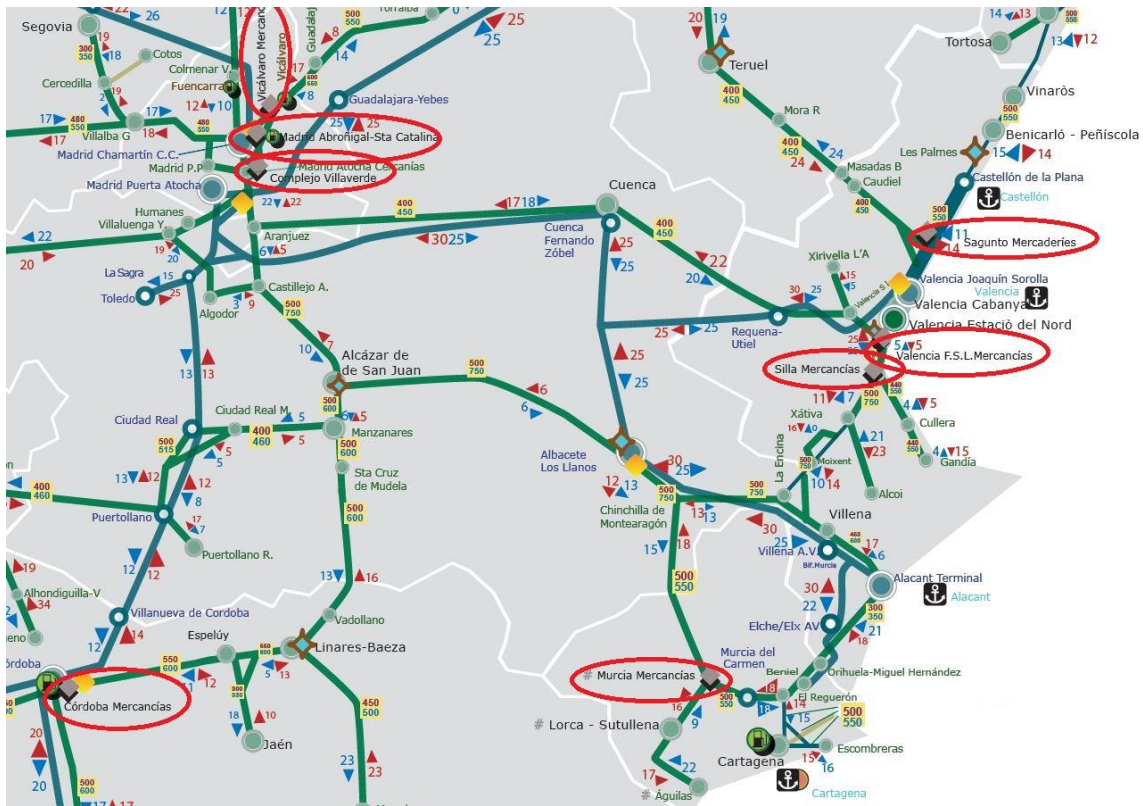


Ilustración 28 – Red de terminales de Adif, zona centro y este. Fuente: Declaración sobre la Red 2022 y propia

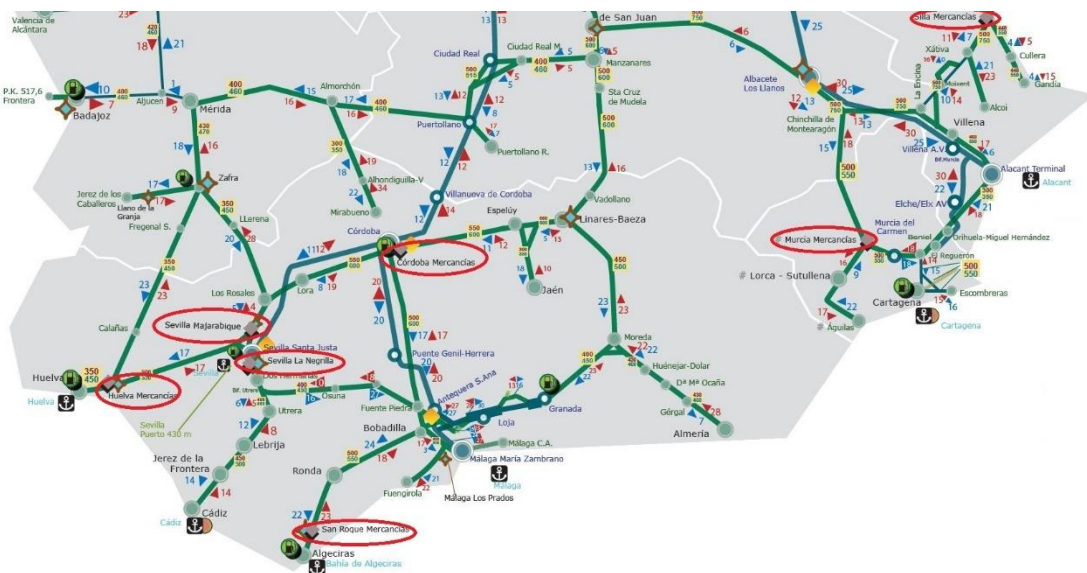


Ilustración 29 - Red de terminales de Adif, zona sur. Fuente: Declaración sobre la Red 2022 y propia

Las características técnicas de cada una de las terminales intermodales anteriormente expuestas se encuentran recogidas en el Anejo 2 “*Características técnicas de las TIF de Adif*”.

Finalmente, también cabe destacar todas aquellas terminales que están situadas en algún Puerto de Interés General, también conocidas como terminales ferroportuarias. No todas las instalaciones ferroportuarias tienen las mismas características, pues algunos puertos tienen un convenio de conexión con Adif. Dicho convenio regula la conexión ferroviaria de los puertos con el resto de la Red Ferroviaria de Interés General (RGIF), pero su carencia no impide que se lleven a cabo tráficos en dichas instalaciones portuarias. Así, las terminales ferroportuarias situadas en España son las siguientes:

Comunidad Autónoma	Provincia	Nombre TIF	Titularidad	Con o sin convenio
Andalucía	Cádiz	Bahía de Algeciras	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Andalucía	Cádiz	Bahía de Cádiz	PUERTOS DEL ESTADO	SIN
Andalucía	Huelva	Huelva	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Andalucía	Málaga	Málaga	PUERTOS DEL ESTADO	SIN
Andalucía	Sevilla	Sevilla	PUERTOS DEL ESTADO	CON
P. de Asturias	Asturias	Avilés	PUERTOS DEL ESTADO	CON
P. de Asturias	Asturias	Gijón	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Cantabria	Cantabria	Santander	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Cataluña	Barcelona	Barcelona Apm	PUERTOS DEL ESTADO	SIN
Cataluña	Barcelona	Barcelona Puerto	PUERTOS DEL ESTADO	SIN
Cataluña	Barcelona	Barcelona Wopak	PUERTOS DEL ESTADO	SIN
Cataluña	Tarragona	Tarragona Dp World	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Cataluña	Tarragona	Tarragona Puerto	PUERTOS DEL ESTADO	CON

Cataluña	Tarragona	Tarragona Wopak	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Galicia	A Coruña	A Coruña	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Galicia	A Coruña	Ferrol - S. Cibrao	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Galicia	Pontevedra	Marín y Ría de Pontevedra	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Galicia	Pontevedra	Vigo	PUERTOS DEL ESTADO	CON
Galicia	Pontevedra	Vilagarcía de Arousa	PUERTOS DEL ESTADO	CON
R. de Murcia	Murcia	Cartagena	PUERTOS DEL ESTADO	SIN
País Vasco	Guipúzcoa	Pasaia	PUERTOS DEL ESTADO	CON
País Vasco	Vizcaya	Bilbao	PUERTOS DEL ESTADO	CON
C. Valenciana	Alicante	Alicante	PUERTOS DEL ESTADO	CON
C. Valenciana	Castellón	Castellón Apm	PUERTOS DEL ESTADO	CON
C. Valenciana	Castellón	Castellón Puerto	PUERTOS DEL ESTADO	CON
C. Valenciana	Valencia	Valencia	PUERTOS DEL ESTADO	CON

Tabla 3 - Red de terminales ferropuertas de España. Fuente: Declaración sobre la Red 2022

## 8. Principales subsistemas de una terminal intermodal ferroviaria

Una terminal se puede considerar como un sistema convergente de actividades u operaciones que tienen como objetivo facilitar el intercambio modal. Dentro de este sistema, se puede encontrar una serie de subsistemas, fuertemente vinculados entre sí y cuyo correcto funcionamiento determina la capacidad total de la terminal. De esta forma, en una terminal intermodal ferroviaria se pueden recalcar los siguientes subsistemas<sup>9</sup>:

- Área técnica vinculada a la logística del tren.
- Área logística de carga-descarga.
- Área de recepción y entrega.
- Área de almacenamiento.
- Área de consolidación y desconsolidación.
- Interconexión.
- Otras áreas de servicios.

A lo largo de este capítulo, se analizará cada uno de estos subsistemas o áreas de actividad.

### 8.1. Área técnica vinculada a la logística del tren

Estos espacios están vinculados principalmente a la consecución del transporte, en su ciclo completo: preparación, desarrollo y finalización. Sobre las vías situadas en esta área se ejecutan las siguientes tareas:

- **Recepción y expedición del tren**

Consiste en el conjunto de vías de la terminal que permiten la llegada del tren desde la red general ferroviaria y, a la inversa, posibilitan la salida de todas aquellas circulaciones listas para desplazarse hacia otros nodos ferroviarios.

Por lo tanto, a la hora de llevar a cabo esta labor, se pueden distinguir tres tipos de vías diferentes:

- *Vía de la línea general.* Es la vía perteneciente a la red general ferroviaria y, por lo tanto, por la que circulan todos los trenes, sin importar si tienen como origen o destino la terminal objeto de estudio. A través de las vías de entrada / salida (o vías desviadas) se conecta esta vía de la línea general con las específicas de la terminal.

---

<sup>9</sup> Clasificación establecida en *Transporte ferroviario de mercancías* (Sanz, I. et al., 2013).

- *Vía de entrada / salida de la terminal (o vías desviadas)*. La función de estas vías, tal como se deduce de la explicación anterior, es conectar las vías interiores de la terminal con la vía de la línea general.
  - *Vías de recepción y expedición*. Tienen como objetivo permitir el estacionamiento temporal de trenes, o de grupos de vagones, en el caso de que las vías de carga y descarga estén ocupadas o no se pueda acceder directamente a la red general ferroviaria.
- **Realización de maniobras de clasificación de vagones**

En estas vías se llevan a cabo tareas relacionadas con la clasificación de vagones que se ponen o retiran del ciclo de transporte. Pueden coincidir con las vías relacionadas con la recepción y expedición del tren.

Dentro de este grupo, se puede destacar las siguientes vías:

- *Vías de clasificación*. En este caso, estas vías tendrían las siguientes funciones: maniobras de fraccionamiento y/o recomposición de trenes y grupos de vagones. Como se ha comentado con anterioridad, en algunos casos pueden coincidir con las *de recepción y expedición*.
- **Estacionamiento de vagones o composiciones**

Básicamente, en estas vías se estaciona material móvil de repuesto (tales como plataformas o vagones vacíos), material averiado y locomotoras u otros equipos de tracción empleados en la terminal.

Por lo tanto, aquí se encontrarían las siguientes vías:

- *Vías de servicio*. Que son aquellas en las que se estaciona todo el material móvil comentado anteriormente.
- **Estacionamiento de locomotoras**

En estas vías se localizan todas aquellas locomotoras (u otro material móvil empleado para la tracción en la terminal) después de llevar a cabo su cometido y a la espera de la siguiente tarea.

Las vías principales en las que se llevan a cabo estas tareas son las siguientes:

- *Vías mango*. Se trata normalmente de vías muertas que prolongan por una banda a todas las vías de un haz. En ella se estacionan de forma temporal locomotoras u otro material

móvil. Asimismo, en algunos casos sirven de vías de seguridad para evitar la salida involuntaria del material móvil directamente a la red general ferroviaria.

- *Vías de servicio.*

- **Áreas de aprovisionamiento y otros servicios**

Finalmente, en estas vías se efectúan tareas como aprovisionamiento y suministro de combustible, de arena, de agua, limpieza o ejecución de revisiones.

Estas tareas se ejecutan en las siguientes vías:

- *Vías mango.*
- *Vías de servicio.*

## 8.2. Área logística de carga y descarga

En este subsistema se resuelve el intercambio intermodal, normalmente entre el ferrocarril y la carretera. Así, se basa en una serie de vías y una superficie aledaña en las que se llevan a cabo las operaciones de carga y descarga, normalmente de forma lateral o superior (a través del material móvil de manipulación de desplazamiento no restringido o de grúas pórtico).

Según Ignacio Sanz *et al.*, estos son los factores que intervienen en la capacidad de tratamiento de las operaciones de carga y descarga:

- Tipología de la instalación (pasante o en fondo de saco, con o sin cabecera electrificada, etc.).
- Longitud y número de vías operativas para estas operaciones.
- Número, tipología y disponibilidad operativa de los medios de manipulación.
- Número, capacitación, flexibilidad y disponibilidad de los medios humanos.
- Sistema de planificación de tareas y comunicaciones entre la parte operativa y la de planificación o programación.
- Fiabilidad de la información aportada por la empresa ferroviaria o por la cargadora del tren, con relación a la ubicación de la carga a lo largo del tren.

Por lo tanto, en este subsistema destaca el siguiente tipo de vías:

- *Vías de carga y descarga (o de transbordo).* Son aquellas vías en las que ejecutan las tareas de carga y descarga de las UTI por parte de los equipos de manipulación cuando los trenes se encuentran convenientemente estacionados. Se podría decir que son las vías más importantes dentro del conjunto de la terminal intermodal ferroviaria.

Asimismo, dentro de esta área cabe señalar los equipamientos de transbordo, que son los que hacen posible el cambio de modo de la mercancía y de cuyo desempeño depende la capacidad total de la terminal. Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Grúas pórtico:**

Se trata de equipos de manipulación de ETI de desplazamiento restringido y consiste en una viga-puente o pórtico, apoyado por dos patas laterales, y que puede desplazar la mercancía de forma vertical o lateral a lo largo de esta viga.

Las hay de dos tipos: las que se desplazan sobre carriles (conocidas como *Rail Mounted Gantry*, RMG o *transtainer*) y las que lo hacen sobre neumáticos (*Rubber Tyred Gantry*, RTG o *travelift*).

Este tipo de maquinaria es más adecuada para su uso en terminales ferroviarias de contenedores, con un determinado volumen de tráfico (normalmente elevado). Las más empleadas son las RMG debido a la precisión de sus movimientos, lo cual permite reducir los tiempos empleados en el tratamiento de cada unidad y, por ello, aumentar la capacidad total de la terminal. Sin embargo, este tipo de equipamiento es más caro que el de las RTG.



Ilustración 30 - RTG en el puerto de Valencia. Fuente: propia

- **Equipos móviles de manipulación (de desplazamiento no restringido):**

Este grupo de equipos, a diferencia de las grúas pórtico, sí que puede desplazarse en todas las direcciones. Por lo que, a la tarea de manipulación de las ETI, se le suma el acarreo o desplazamiento horizontal de las mismas.



Dentro de este grupo se puede distinguir los siguientes elementos: *reach-stacker* (apiladoras de alcance), *fork-lift* (carretillas elevadoras frontales), FLT (*Front Lift Trucks*), *side loaders* (carretillas elevadoras de carga lateral), entre otros.

Este grupo de equipos, a diferencia de como ocurría con las grúas pórtico, se emplea mayoritariamente en terminales con bajo tráfico, aunque también es común encontrar terminales en las que trabajan de forma coordinada tanto grúas pórtico como equipos móviles de manipulación. Su elección suele basarse en motivos económicos (por su bajo precio en comparación con las grúas pórtico) y también por su flexibilidad de movimientos.

Una de las principales limitaciones de este tipo de equipos radica en la limitación de alcance horizontal. Así, los equipos de tipo *fork-lift*, FLT y *side loader* únicamente pueden cargar y descargar unidades situadas en una vía situada inmediatamente contigua a la superficie rodada. Por su parte, los *reach-stacker* tienen un alcance superior, pudiendo acceder a contenedores situados en una segunda e incluso tercera vía, bajo determinadas restricciones de peso.



Ilustración 31 - Reach Stacker. Fuente: [Wikipedia](#)

### 8.3. Área de recepción y entrega

En este subsistema se da la recepción y entrega de las mercancías entre los diferentes integrantes de la cadena logística, con el suficiente nivel de seguridad para la obtención tanto de la información física como documental del elemento que se está intercambiando.

También es conocido como “puerta”, y es el punto de entrada y salida de la mercancía (ya sea por carretera o por cualquier otro modo de transporte).



#### 8.4. Área de almacenamiento

Dentro de la terminal también se hace necesario el establecimiento de un área dedicada al almacenamiento temporal de mercancías, en función del grado de disponibilidad de los equipos de manipulación de mercancía tanto de la terminal ferroviaria, o marítima, como de la existencia o no de vías de recepción y expedición.

#### 8.5. Área de consolidación y desconsolidación

Es recomendable que la terminal, en función del tipo de tráfico que acoja, disponga de suelo logístico adyacente (ya sea en los propios terrenos de la terminal o fuera de esta), donde se puedan efectuar las tareas de consolidación, desconsolidación, preparación de pedidos, reexpedición, etc.

Así, en esta zona se da la diferenciación entre el contenedor completo o FCL (*full container load*), que no es manipulado a su llegada a la terminal, y el contenedor con carga parcial o LCL (*less than a container load*), en el cual la mercancía es consolidada en origen y desconsolidada en destino. Esta última tipología de contenedor permite transportar carga de diferentes fabricantes en un único contenedor (de ahí la necesidad de consolidar y desconsolidar), a diferencia del FCL, que suele estar fletado por un único interesado.

#### 8.6. Interconexión

Este subsistema resuelve la unión entre los diferentes subsistemas, como puede ser entre el de carga y descarga y el de almacenamiento. Así, este último se suele resolver empleando los mismos equipos de manipulación anteriormente expuestos. Sin embargo, también es de destacar la existencia de otros equipos especializados en el transporte de UTI entre estas dos zonas, en función de la distancia, como pueden ser los camiones con semirremolques o los *mafi*.

#### 8.7. Otras áreas de servicios

En este subsistema se engloban otros elementos o áreas menos relevantes para el conjunto de la terminal intermodal ferroviaria como pueden ser oficinas, áreas de aparcamiento o zonas de mantenimiento.

## 9. Configuración general en planta de una terminal intermodal ferroviaria

### 9.1. Elección del tipo de equipo de manipulación

Uno de los principales condicionantes a la hora de configurar en planta una terminal intermodal ferroviaria es la elección del tipo más adecuado de equipamiento de manipulación de la mercancía. Así, conviene distinguir, como se ha comentado en el punto anterior, entre dos grandes grupos: grúas pórtico y equipos móviles de manipulación (de desplazamiento no restringido).

A la hora de escoger entre uno y otro, resulta pertinente prestar atención a la siguiente tabla:

	<b>Grúas pórtico</b>	<b>Equipos móviles de manipulación</b>
<b>Tamaño terminal</b>	Medio y grande	Bajo o medio-bajo
<b>Precio</b>	Coste elevado (adquisición e implantación)	Bajo coste
<b>Flexibilidad</b>	Rígida	Muy alta
<b>Densidad de almacenamiento</b>	Superior	Inferior
<b>Necesidad de espacio</b>	Baja	Muy alta
<b>Rendimiento</b>	Relativamente alto	Bajo
<b>Alcance horizontal</b>	Muy superior	Limitado (1, 2 o 3 vías)
<b>Nº vías carga y descargas paralelas</b>	Nº superior a 3 vías	Limitado (1, 2 o 3 vías)

Tabla 4 - Comparación entre grúas pórtico y equipos móviles de manipulación. Fuente: propia

Es de señalar que en el caso de optar por el empleo de grúas pórtico, la zona de alcance de esta debe abarcar un determinado número de vías de carga y descarga, filas de depósito temporal y un vial de transbordo para vehículos que circulan sobre neumáticos. Esta configuración en paralelo de los elementos comentados con anterioridad forma lo que se conoce como un **área o módulo de transbordo**.

#### 9.1.1. Criterios para escoger entre grúas pórtico y equipos móviles de manipulación

A la hora de escoger entre estas dos familias de equipos de manipulación, Conles, E. J. *et al.* (2009) establecieron una serie de requisitos técnicos en función del volumen de transporte y del número de trenes diarios. Así, si una terminal intermodal ferroviaria cumple de forma simultánea las tres siguientes condiciones, deberá ser operada por equipos móviles de manipulación (de desplazamiento no restringido):

1. Demanda de tráfico anual (para el año de mayor volumen de transporte) inferior a 30.000 UTI/año.

$$C_{UTI} \leq 30.000 \frac{UTI}{\text{año}}$$

2. Demanda media de tráfico (para el año de mayor volumen de transporte) inferior a 120 UTI/día.

$$\frac{C_{UTI}}{W_y} \leq 120 \frac{UTI}{\text{día}}$$

3. Número de trenes diarios recibidos ( $Ddtn$ ) no superior a dos:

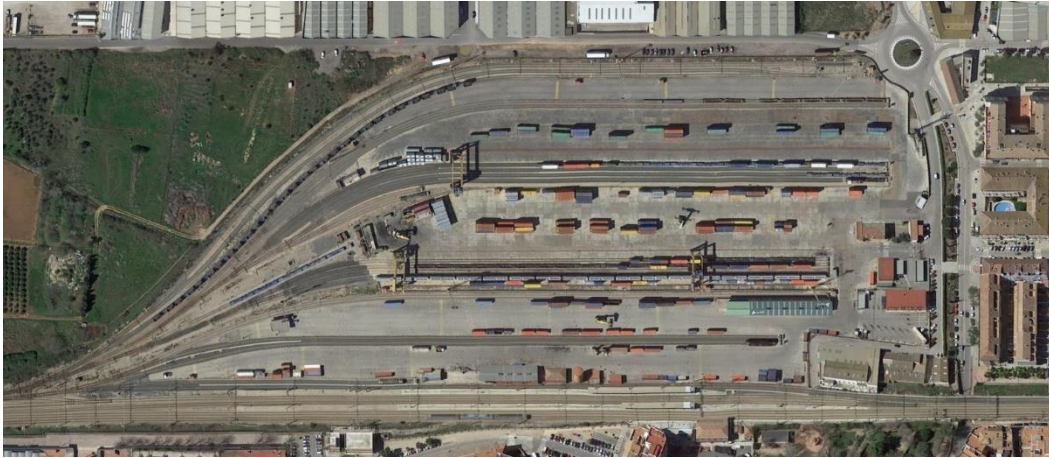
$$Ddtn \leq 2 \frac{\text{tren}}{\text{día}}$$

Por lo tanto, si no cumple con alguno de estos requisitos, la terminal intermodal ferroviaria debería ser operada por grúas pórtico.

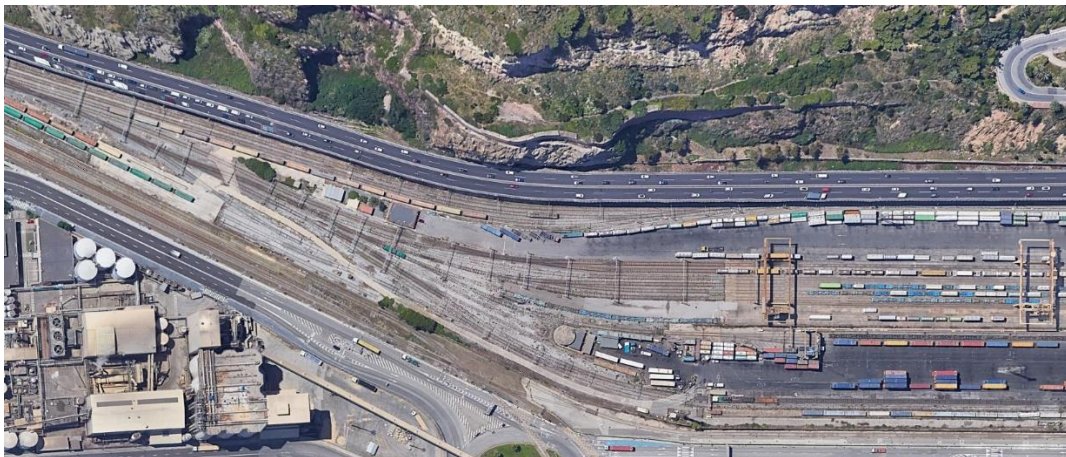
## 9.2. Configuración en planta para terminales con grúas pórtico

Entre las recomendaciones a la hora de distribuir espacialmente este tipo de terminales, cabe indicar las siguientes:

- Normalmente, este tipo de terminales está explotado por un único módulo de transbordo. Sólo se instala más de uno en el caso de que exista un número muy elevado de vías de carga y descarga.
- Cuando hay más de un módulo de transbordo, se pueden colocar en paralelo o en serie. En paralelo se incrementa la anchura necesaria de la terminal y se fomenta la complejidad de las maniobras, siendo necesaria una vía para este tipo de movimientos (pudiendo ocurrir interferencias operativas entre ferrocarril y carretera). En cambio, en serie, hay menos problemas operativos pero la necesidad longitudinal de terreno es mayor.



*Ilustración 32 - Terminal de Silla. Ejemplo de terminal con secciones en paralelo y en fondo de saco. Fuente: Google Earth*



*Ilustración 33 - Terminal de Barcelona-Morrot. Ejemplo de terminal con secciones en serie y en fondo de saco. Fuente: Google Earth*

- Desde el punto de vista operacional, resulta más conveniente disponer las vías de la terminal de forma pasante y no en fondo de saco, pues esto reduce de forma significativa el número de maniobras necesarias para llevar a cabo la carga y descarga de los trenes. Todo esto tiene como resultado una reducción de los costes operativos de la terminal (resulta especialmente determinante si la terminal está vinculada a una capacidad dinámica).

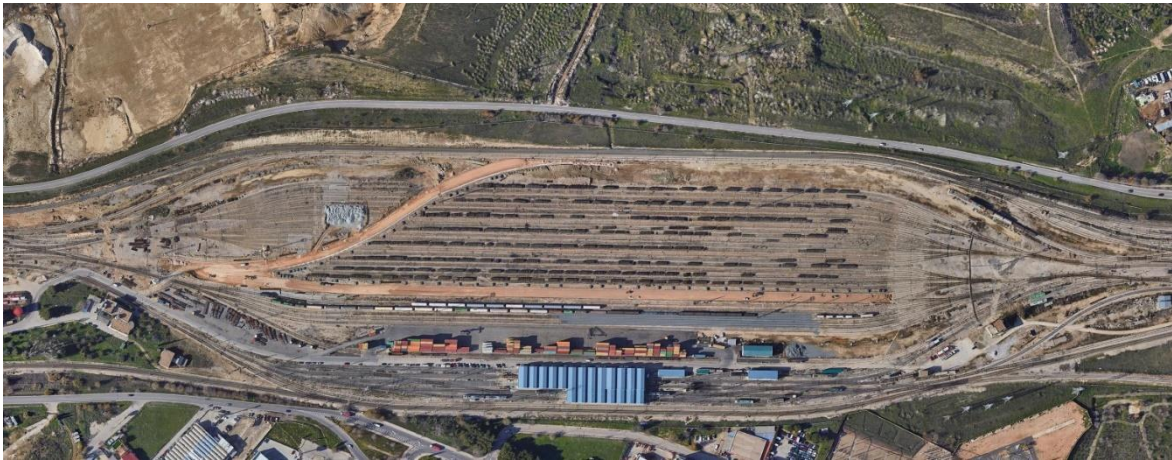


Ilustración 34 - Terminal de Madrid-Vicálvaro. Ejemplo de terminal pasante. Fuente: Google Earth

- La disponibilidad de más de una puerta de acceso (entrada y salida) para los vehículos rodados sobre neumáticos puede conllevar efectos positivos sobre el rendimiento global del sistema de interconexión del cual forman parte.
- La necesidad o no de disponer de vías (de apartado) para maniobras o de recepción y expedición dependerá de las siguientes situaciones:
  - Si la terminal opera bajo las condiciones de capacidad dinámica, resulta conveniente tener vías (de apartado) para maniobras o de recepción y expedición. Esto es todavía más significativo si no hay suficiente capacidad en la red general ferroviaria para la circulación los trenes expedidos por la terminal.
  - Si la terminal objeto de estudio dispone de una infraestructura asociada de apoyo (como ocurre con muchas terminales ferroportuarias que cuentan con otra terminal específica para recepción y expedición alejadas de la zona de servicio del puerto), no tendrá la necesidad de contar con vías específicas (de apartado) para maniobras o de recepción y expedición.  
Como recomendación<sup>10</sup>, la relación óptima y funcional entre vías de carga y descarga y (de apartado) para maniobras o de recepción y expedición situadas en la instalación anexa es de 1:1.  
Además, dicha instalación debe estar en serie con la terminal intermodal ferroviaria objeto de estudio.
  - En el caso de operar con trenes que no son bloque (contenedores de diferentes clientes) y no disponer de una instalación anexa para fraccionamiento y/o recomposición, entonces será necesario la disposición de vías (de apartado) para maniobras o de recepción y expedición.

<sup>10</sup> Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias. Conles, E. J. et al. (2009).

- En el caso de determinar que sí es necesario disponer de vías (de apartado) para maniobras o de clasificación, se considera correcto contar con un mínimo de 2 vías de este tipo (desde el punto de vista empírico). Este número puede reducirse a una única vía de clasificación en el caso de aquellas terminales operadas por equipos móviles de manipulación.

### 9.3. Configuración en planta para terminales con equipos móviles de manipulación

Entre las recomendaciones a la hora de distribuir espacialmente este tipo de terminales, cabe indicar las siguientes:

- Uno de los principales limitantes a la hora de planificar estas terminales es el alcance horizontal de cada equipo concreto. Así, en el caso de *fork-lifts*, FLT y *side loaders*, como únicamente tienen capacidad de acceso a una vía de carga y descarga, estas deberán tener como mínimo uno de los dos lados accesibles para la correcta actuación de estos equipos. Por otra parte, los *reach-stackers*, al tener mayor alcance, permiten un diseño en planta de 2 y 3 vías de carga y descarga paralelas.
- En este tipo de terminales suele bastar con la disposición de una única puerta para el acceso y salida de los equipos móviles.
- Las consideraciones sobre vías pasantes / en fondo de saco y sobre la necesidad o no de vías (de apartado) para maniobras o de recepción y expedición son las mismas que en aquellas terminales operadas por grúas pórtico.
- Sin embargo, en este tipo de terminales suele bastar con una única vía (de apartado) para maniobras o de clasificación, debido al bajo número de vías de carga y descarga existente.

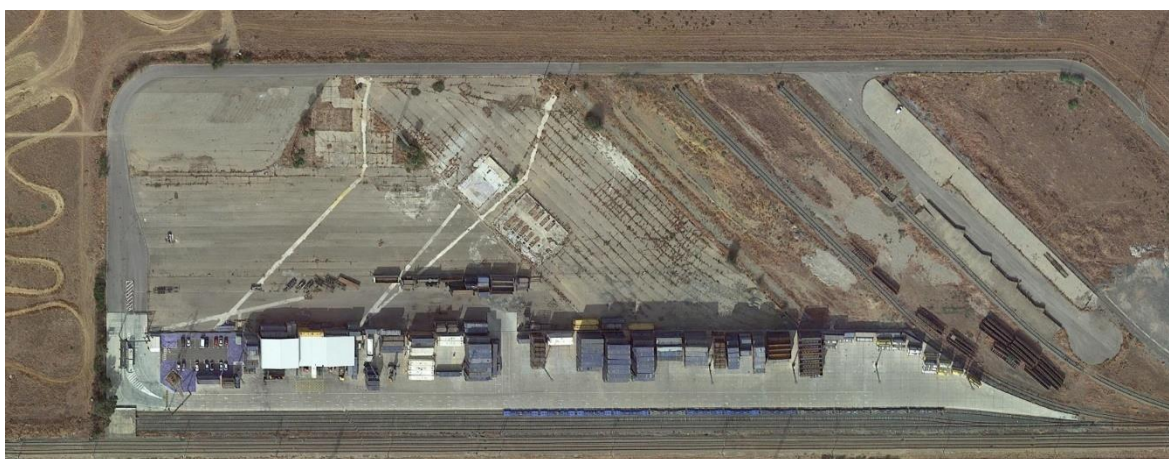


Ilustración 35 - Terminal de Sevilla-Majarabique. Ejemplo de terminal operada por EMM y en fondo de saco. Fuente: Google Earth

#### 9.4. Configuración en planta para terminales con servicios de *Ferroutage*

El *Ferroutage*, tal como se describe en el documento “El Ferroutage en el Corredor Mediterráneo”, “sería el conjunto de técnicas de transporte ferroviario que permiten el transporte de camiones completos (rígidos o articulados con cabeza tractora y semirremolque) o solo los semirremolques sobre vagones ferroviarios. Estas denominaciones no están unificadas, y así la alemana Rollende Landstraße se ha particularizado en denominar una modalidad específica (RoLa). En ocasiones se ha denominado a esta modalidad Autopista Ferroviaria”.

Para el antiguo Ministerio de Fomento, los términos *Ferroutage* y Autopista Ferroviaria son sinónimos, de ahí que en “Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica” opte por este último. De esta forma, este Ministerio distingue entre tres grandes tipos de tecnologías, cada una de las cuales influenciará de una forma determinada el diseño en planta de las terminales intermodales ferroviarias. Estas son:

- Sistema de vagones de ruedas pequeñas (RoLa).
- Sistema Modalohr.
- Vagones “poche”.

A continuación, se analizará cada una de estas tecnologías y su influencia en el diseño en planta de las terminales intermodales ferroviarias:

##### 9.4.1. Sistema de vagones de ruedas pequeñas (RoLa)

El sistema RoLa (de *Rollende Landstraße*) emplea plataformas de suelo bajo con bogies dispuestos de forma continua y que están formados por ruedas pequeñas de 335/360/380 mm.

En este tipo de modalidad de transporte acompañada (es decir, los conductores de los camiones también se desplazan en el tren en un coche específico para este cometido dispuesto después de la locomotora), los camiones suben al tren con su cabeza tractora a través de la colocación de una rampa habilitada para este fin colocada en el extremo trasero del tren.

Para la descarga de los camiones, tanto la locomotora como el coche de los conductores deben haber sido desacoplados convenientemente para permitir la circulación de estos por la parte delantera del tren.



Ilustración 36 - Sistema RoLa. Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica



Los tiempos de carga/descarga suelen ser de 1 minuto por camión, a lo que hay que añadir posteriormente un tiempo de aproximadamente 20-30 minutos para la comprobación del correcto acople de todos los semirremolques del tren.

De esta forma, el tiempo máximo de carga o descarga suele ser de 1 hora y media, considerando un tren de 750 m y una productividad del 85%.

#### 9.4.1.1. Infraestructura

Tal como recomienda el Estudio anteriormente nombrado, los extremos deben ser correctamente diseñados para permitir las maniobras de los camiones. Asimismo, se señala que el resto de la vía puede apoyar sobre balasto.

Finalmente, se debe disponer de una vía mango o de espera para permitir el desvío de la locomotora y el coche de los conductores a la hora de descargar el tren.

#### 9.4.1.2. Instalaciones

No son necesarias instalaciones específicas.

#### 9.4.1.3. Equipamientos

Como resulta obvio de la explicación anterior, se necesita una rampa para la carga y descarga de los camiones.

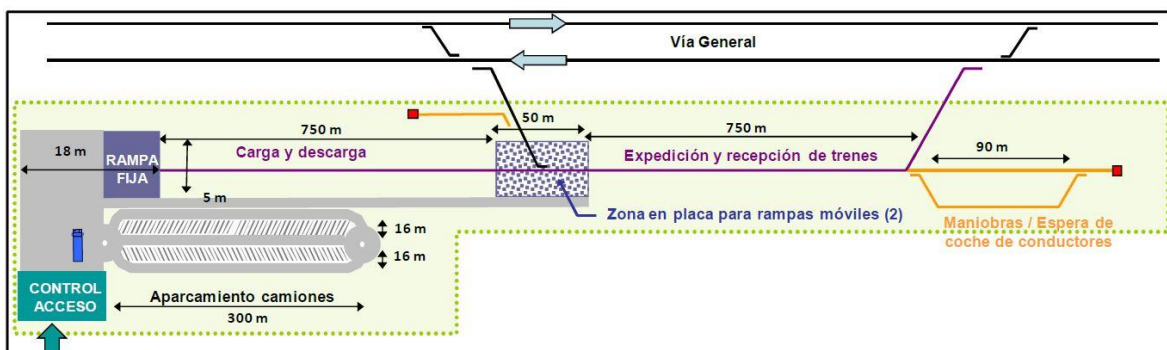


Ilustración 37 - Configuración en planta de una terminal en fondo de saco con tecnología RoLa. Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

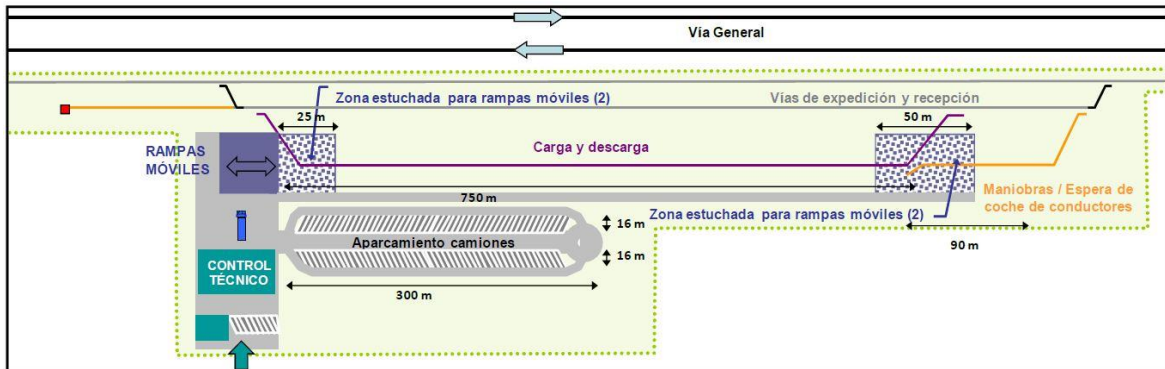


Ilustración 38 - Configuración en planta de una terminal pasante con tecnología RoLa. Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

#### 9.4.2. Sistema Modalohr

Este sistema funciona de la siguiente forma: los camiones acceden a los vagones de forma horizontal, con su cabeza tractora y sin la necesidad de emplear equipos de manipulación específicos, ya que es el mismo vagón el que gira.

Este tipo de sistema puede ser tanto acompañado como no acompañado, y emplea vagones articulados de piso bajo con bogies estándar Y33 e Y27 con ruedas de 840 y 920 mm, respectivamente.



Ilustración 39 - Sistema Modalohr. Fuente: <https://lohr.fr/es/lohr-railway-system/las-terminales-del-sistema-lohr/>

Este tipo de tecnología necesita muelles acondicionados específicamente.

En relación a los tiempos necesarios, el conjunto del traslado desde/hasta el lugar de estacionamiento y la carga/descarga de cada semirremolque, en caso de ser transporte no acompañado, ocupa un total de 10 minutos, por lo que cada vagón necesita una suma de 20

minutos para cargar los dos semirremolques. En el supuesto de ser acompañado, el tiempo total de carga por cada vagón es de 22 minutos.

Por todo ello, el tiempo máximo de carga o descarga es de 2 horas, teniendo en consideración un tren de 750 metros y una productividad del 85%.

#### 9.4.2.1. Infraestructura

Se recomienda proveer a la terminal de una zona asfaltada de 44 metros de ancho repartida en 20 metros a cada lado de la vía y de una longitud tal que posibilite la carga y descarga sincrónica de todos los camiones.

En el caso del transporte acompañado, la instalación debe estar provista de vías mango o de maniobra y espera para las locomotoras y los coches de viajeros.

#### 9.4.2.2. Instalaciones

Este tipo de terminales debe contar con unas rampas fijas colocadas a ambos lados de las vías a las que se acoplan las plataformas al realizar el giro desde la posición longitudinal del tren.

#### 9.4.2.3. Equipamientos

En el caso de transporte acompañado, no es necesario ningún equipamiento extraordinario.

Por otro lado, en el caso de no acompañado, es preciso disponer de cabezas tractoras en la terminal que realicen la función de carga/descarga de los semirremolques.

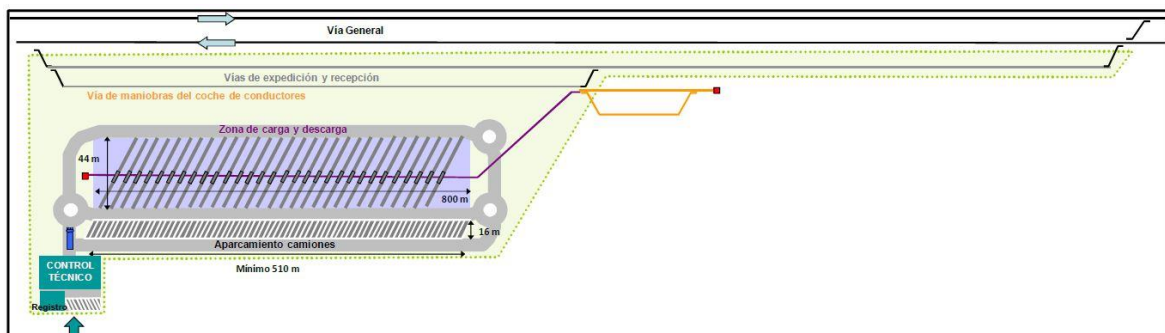


Ilustración 40 - Configuración en planta de una terminal en fondo de saco con tecnología Modalohr. Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

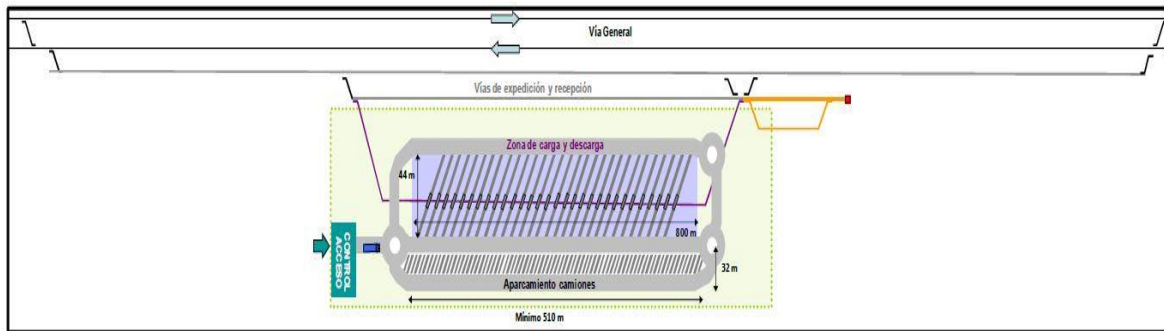


Ilustración 41 - Configuración en planta de una terminal pasante con tecnología Modalohr. Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

#### 9.4.3. Sistema de vagones “poche”

Finalmente, este tipo de sistema no acompañado emplea grúas pórtico o *reach-stacker* con el objetivo de cargar los semirremolques en vagones de plataforma con cajas rebajadas dispuestas entre los bogies.

Este sistema tiene como ventaja la posibilidad de cargar en los vagones tanto semirremolques como contenedores.



Ilustración 42 - Sistema de vagones "poche". Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

El tiempo empleado para la carga / descarga de un semirremolque por parte de una grúa pórtico es de 6 minutos. Una vez cargado el tren, se necesitan 30 minutos para la comprobación de todos los vagones.

Así, el tiempo máximo de carga o descarga de este sistema es de 2 horas, teniendo en cuenta un tren de 750 metros, una productividad del 85% y el empleo de 2 grúas pórtico.

##### 9.4.3.1. Infraestructura

Como resulta obvio, al emplear grúas pórtico que han de manipular los semirremolques, las vías de carga y descarga de este tipo de sistema no tienen que estar electrificadas.

Es necesaria una banda de 4 m de ancho al lado de las vías de carga y descarga para la manipulación de los semirremolques.

#### 9.4.3.2. Instalaciones

No es necesario el empleo de ninguna instalación especial.

#### 9.4.3.3. Equipamientos

Es preciso el empleo de un tractor de maniobras por la falta de electrificación de las vías de carga y descarga.

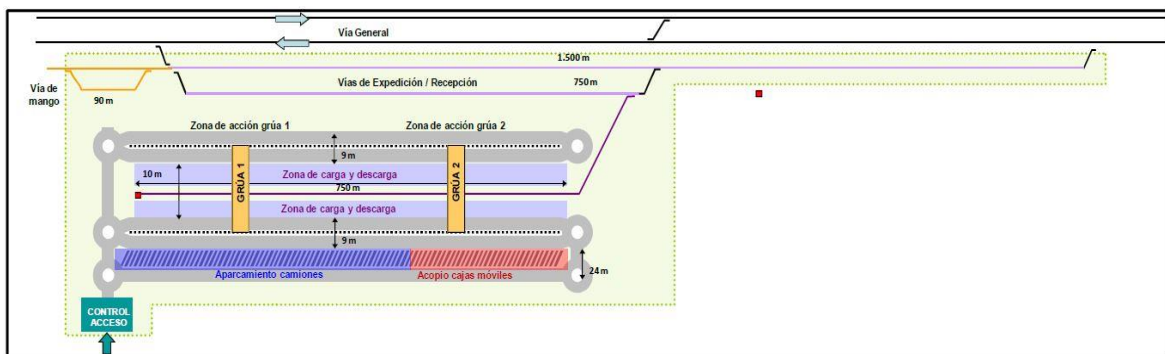


Ilustración 43 - Configuración en planta de una terminal en fondo de saco con tecnología de vagones "poche". Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

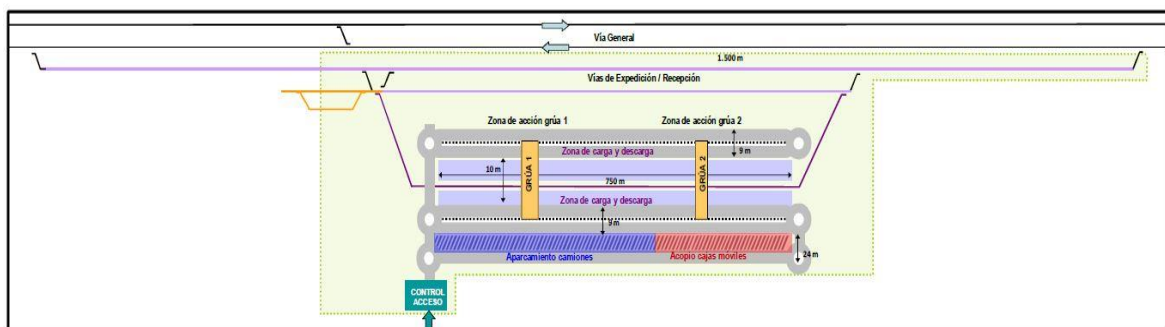


Ilustración 44 - Configuración en planta de una terminal pasante con tecnología de vagones "poche". Fuente: Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica

## 10. Criterios y recomendaciones técnicas de diseño

### 10.1. Ancho de vía nominal

Tal como se señala tanto en la **NAP 1-2-1.0** como en la **ETI de Infraestructura** (a excepción del métrico), los anchos de vía nominales para las diferentes terminales intermodales ferroviarias de España son los siguientes:

Ancho de vía	Ancho de vía nominal $l_{nom}$ (mm)
Ibérico	1.668
Estándar	1.435
Métrico	1.000

Tabla 5 - Anchos de vía nominal. Fuente: NAP 1-2-1.0

### 10.2. Sobreanchos o anchos de vía en curvas de radio reducido

Para permitir la correcta circulación e inscripción del material rodante en las curvas de radio reducido, se establece un sobreancho. En la **NAP 1-2-1.0** se señala que dicho sobreancho se colocará, si es necesario, únicamente en el hilo interior de la curva. En ancho mixto, el sobreancho se aplicará en el hilo común, independiente de que se trate del hilo interior o exterior de la curva. Así:

$$R. eje = R. exterior - \frac{l_{nom}}{2}, \text{ siendo } l_{nom} \text{ el ancho nominal de la vía}$$

Además, cabe destacar que debe llevarse a cabo una transición entre las curvas con sobreancho y los tramos inmediatamente anteriores y posteriores. Dicha norma establece que esta transición se realizará sobre clotoide preferiblemente, si la hubiera, o sobre recta.

De esta forma, las curvas con sobreancho quedarían de la siguiente forma, en función del radio, para los anchos nominales ibérico y estándar:

Radio (m)	Ancho de vía $l$ (mm)	
$R \geq 250$	1.668	1.435
$250 > R \geq 200$	1.673	1.435
$200 > R \geq 150$	1.678	1.440

Tabla 6 - Sobreanchos en función del radio. Fuente: NAP 1-2-1.0

Los datos anteriormente reflejados en las tablas son los mínimos a cumplir, y tienen un margen de 5 mm, en el caso de no poder obtenerlos de forma exacta. Además, cabe señalar que esos valores también se aplicarán a los diferentes aparatos de vía, a excepción de los desvíos, en cuyo caso si el radio de la desviada es inferior a 250 m, se aplicará un sobreancho de 10 mm (para ambos anchos).

En el caso del ancho métrico, los valores a cumplir son los siguientes:

Radio (m)	Ancho de vía l (mm)
	Ancho métrico
$R \geq 200$	1.000
$200 > R \geq 150$	1.005
$150 > R \geq 125$	1.010
$125 > R \geq 100$	1.015
$100 > R \geq 90$	1.020

Tabla 7 - Sobreanchos en ancho de vía métrico. Fuente: NAP 1-2-1.0

Asimismo, también cabe destacar los sobreanchos recomendados por la **Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC)**, según estas dos fórmulas:

$$e = \frac{6.000}{R} - 12$$
$$e = \frac{(1.000 - R)^2}{27.000}$$

Donde:

- e: Sobreancho (en mm).
- R: Radio de la curva (en m). En la primera expresión no deberá ser superior a 500 m, y en la segunda a 1.000 m.

Los sobreanchos establecidos por la UIC suelen ser más conservadores que los de Adif, por lo que Conles, E. J. *et al.* (2009)<sup>11</sup> recomiendan estos últimos para el tráfico de mercancías y los de Adif para el tráfico de pasajeros.

### 10.3. Distancia entre ejes de vías (entreeje)

La principal normativa de consulta en relación con el entreeje es la siguiente: **NAP 1-2-1.0** "Metodología para el diseño del trazado ferroviario", la **Instrucción Ferroviaria de Gálbos** (Orden FOM/1630/2015) y la **Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) de Infraestructura** (Reglamento UE n° 1299/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014). Asimismo, también cabe destacar lo expuesto en la **NAV 3-8-2.0** "Aparatos de vía combinados. Haces de vías".

<sup>11</sup> *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuertuarias*. Conles, E. J. *et al.* (2009).

## 10.3.1. NAP 1-2-1.0

A la hora de comprobar la validez del entreeje (tanto del diseñado como del ya existente), cabe consultar la Norma Adif Plataforma (NAP) 1-2-1.0 “Metodología para el diseño del trazado ferroviario”. En esta norma se diferencia entre la vía general y la vía en instalaciones intermodales de mercancías.

## 10.3.1.1. Vía general

Para la vía general, que en el caso concreto de terminales intermodales ferroviarias se trataría de las vías de entrada y salida de las propias instalaciones, la NAP 1-2-1.0 establece los siguientes valores:

Valores de Entreeje (mm). Anchos estándar e ibérico						
Velocidad			Límite de Referencia	Límite Normal	Límite Excepcional	
					Ancho estándar	Ancho ibérico
0	$< V \leq$	120	4.000	3.808	Límite (*)	
120	$< V \leq$	160	4.000	3.808	3.808	
160	$< V \leq$	200	4.000	4.000	3.808	3.920(**)
200	$< V <$	250	4.300	4.300	4.000	
250	$\leq V \leq$	300	4.700	4.300	4.300	
300	$< V \leq$	350	4.700	4.700	4.500	

Tabla 6. Distancia entre ejes de vías generales. Ancho estándar e ibérico

Valores de Entreeje (mm). Ancho métrico		
Límite de Referencia	Límite Normal	Límite Excepcional
3.500	3.500	Límite (*)

Tabla 7. Distancia entre ejes de vías generales. Ancho métrico.

(\*) Límite: valor de entreeje límite, establecido por la Instrucción Ferroviaria de Gálíbos, IFG, (Orden FOM/1630/2015).

(\*\*) Se tomará el valor de 3.920 mm también como límite excepcional para la distancia entre un eje de vía de ancho ibérico y otro de ancho estándar.

*Ilustración 45 - Valores de entreeje. Fuente: NAP 1-2-1.0*

Esta norma distingue entre tres límites diferentes:

- **Límite de Referencia:** son los valores límite a utilizar como referencia en los proyectos de líneas nuevas y de variantes de trazado. Básicamente son valores que proporcionan gran confortabilidad a los viajeros y esfuerzos contenidos de vía y, por tanto, se deben emplear siempre que no existan condicionantes que justifiquen el uso de valores límites normales.



- **Límites Normales:** son los valores límite a aplicar en proyectos de líneas nuevas y variantes de trazado, previa justificación mediante informe de las razones que lo motivan.
- **Límite Excepcional:** su empleo debe corresponder a situaciones muy excepcionales. Generalmente serán empleados para líneas en explotación en las que ya se cumplan esos valores.

Estos valores están, tal como se señala en la norma, en concordancia tanto con los valores límites de referencia y límites normales indicados por la ETI de Infraestructura y por la Instrucción Ferroviaria de Gálibos (Orden FOM/1630/2015).

Las velocidades normales en este tipo de instalaciones ferroviarias no suelen exceder los 160 km/h (de hecho, en instalaciones ferroportuarias las velocidades normales suelen ser de como mucho 30 km/h), por lo que, los valores a cumplir serán los siguientes:

- **Límite de referencia: 4,000 metros.**
- **Límite normal: 3,808 metros.**

Este entreaje puede ser menor, en el caso de velocidades inferiores a 120 km/h, si cumple con el valor de entreaje límite, establecido por la Instrucción Ferroviaria de Gálibos en su punto 3.6.2 "Determinación del entreaje límite".

Según este punto, "para determinar el entreaje límite se calculará el gálibo límite de implantación de obstáculos de cada vía, en los puntos altos del contorno de referencia, considerando que por la vía interior de la curva circula un vehículo a la velocidad máxima permitida y que en la vía exterior hay un vehículo parado con las suspensiones vencidas".

Para ello, se emplea la siguiente expresión:

$$EA \geq [b_{CR} + S_{i/a} + qs_{i/a}]_{vía1} + [b_{CR} + S_{i/a} + qs_{i/a}]_{vía2} + \Delta b_{\delta D} + \Sigma'_{EA}$$

Siendo:

$$\Sigma'_{EA} = K \cdot \sqrt{\left[ T_{vía}^2 + [h + s_o \cdot [h - h_{co}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L}\right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc}) \cdot [[h - h_{co}]_{>0}]^2 \right]_{vía1}} + \left[ T_{vía}^2 + [h + s_o \cdot [h - h_{co}]_{>0}]^2 \cdot \left(\frac{T_D}{L}\right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc}) \cdot [[h - h_{co}]_{>0}]^2 \right]_{vía2}}$$

Sin embargo, esta fórmula puede simplificarse si ambas vías se encuentran en recta:

$$EA \geq 2 \cdot [b_{CR} + S] + \Sigma'_{EA}$$

Siendo:

$$\Sigma'_{EA} = K \cdot \sqrt{2 \cdot \left[ T_{via}^2 + [h + s_o \cdot [h - h_{co}]_{>0}]^2 \cdot \left( \frac{T_D}{L} \right)^2 + (tg^2 \alpha_{susp} + tg^2 \alpha_c + tg^2 \alpha_{osc}) \cdot [[h - h_{co}]_{>0}]^2 \right]}$$

#### 10.3.1.2. Instalaciones intermodales de mercancías

En relación con las instalaciones intermodales de mercancías, las velocidades son más reducidas (inferiores a 10 km/h o incluso con el tren detenido), la norma 1-2-1.0 recomienda los siguientes valores de entreje:

- **Entreje en ancho ibérico de 4,00 metros.**
- **Entreje en ancho mixto de 4,04 metros.**

Esta distancia, como indica la NAP, es la resultante de añadir el semiancho máximo de los diferentes gálibos de cargamento definidos en la IFG en su anejo 8 un pasillo de 0,70 m.

El semiancho máximo de los diferentes contornos de referencia del gálibo de cargamento es distinto en función de si es ibérico o internacional:

- 1,650 m en el caso del ancho ibérico (contornos de referencia del gálibo estático GHE 16, GEA 16, GEB 16 y GEC 16).
- 1,575 m en el caso del ancho UIC (contornos de referencia del gálibo estático GA, GB y GC).

Todo ello para permitir las operaciones de manipulación mediante la utilización de grúas portacontenedores, tanto grúas pórtico como apiladores telescópicos (*reach-stacker*). Tal como indica la norma, estas operaciones “deberán realizarse con el material ferroviario estacionado e inmovilizado”.

A continuación, se comparte la representación gráfica de los entrejes anteriormente comentados:

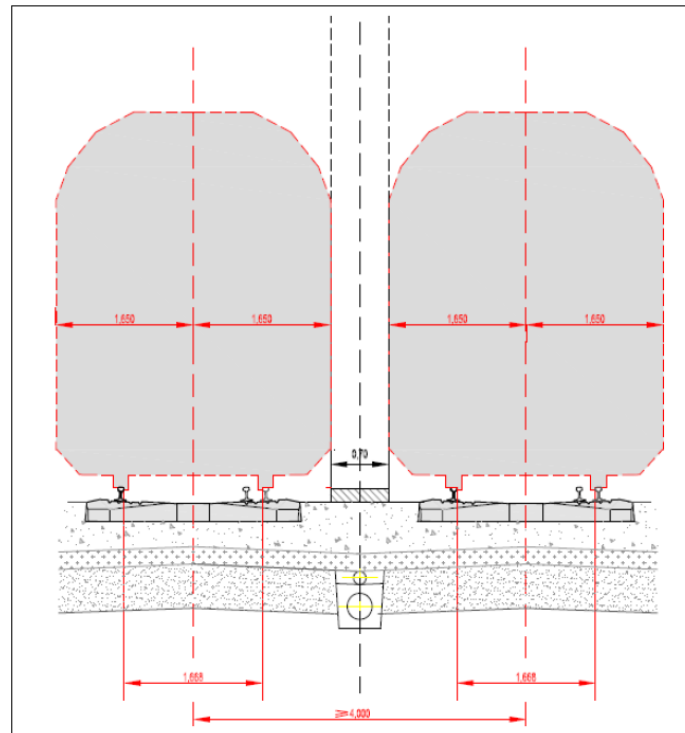


Ilustración 46 - Entreeje mínimo de vías contiguas para vías de ancho ibérico en zonas de carga/descarga de UTIS.  
Fuente: NAP 1-2-1.0

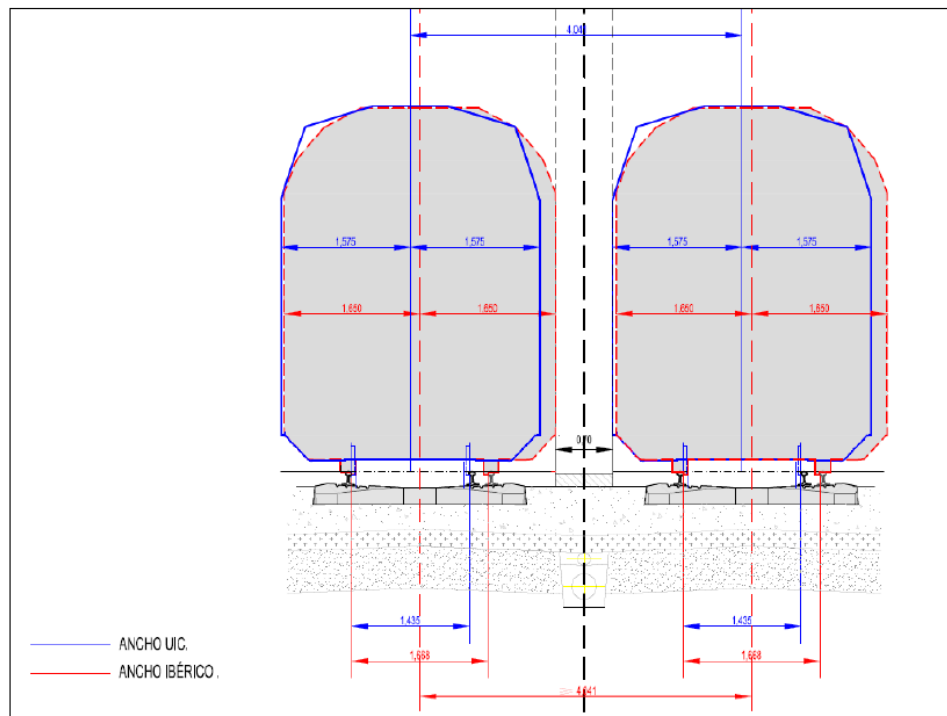


Ilustración 47 - Entreeje mínimo de vías contiguas para vías de ancho mixto en zonas de carga/descarga de UTIS.  
Fuente: NAP 1-2-1.0

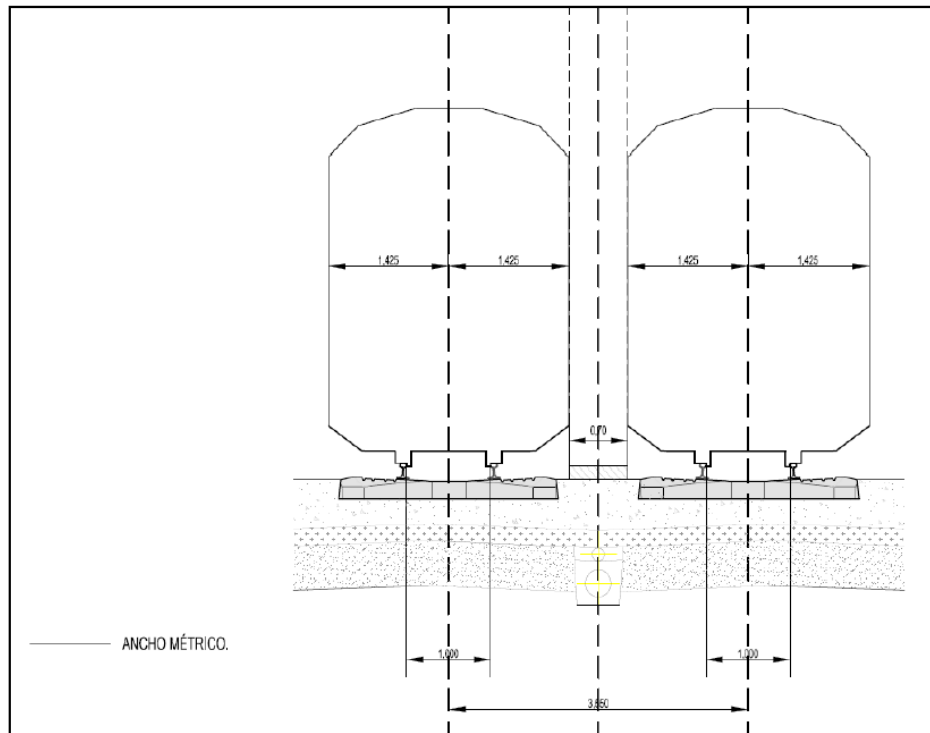


Ilustración 48 - Entreje mínimo de vías contiguas para vías de ancho métrico en zonas de carga/descarga de UTIS.

Fuente: NAP 1-2-1.0

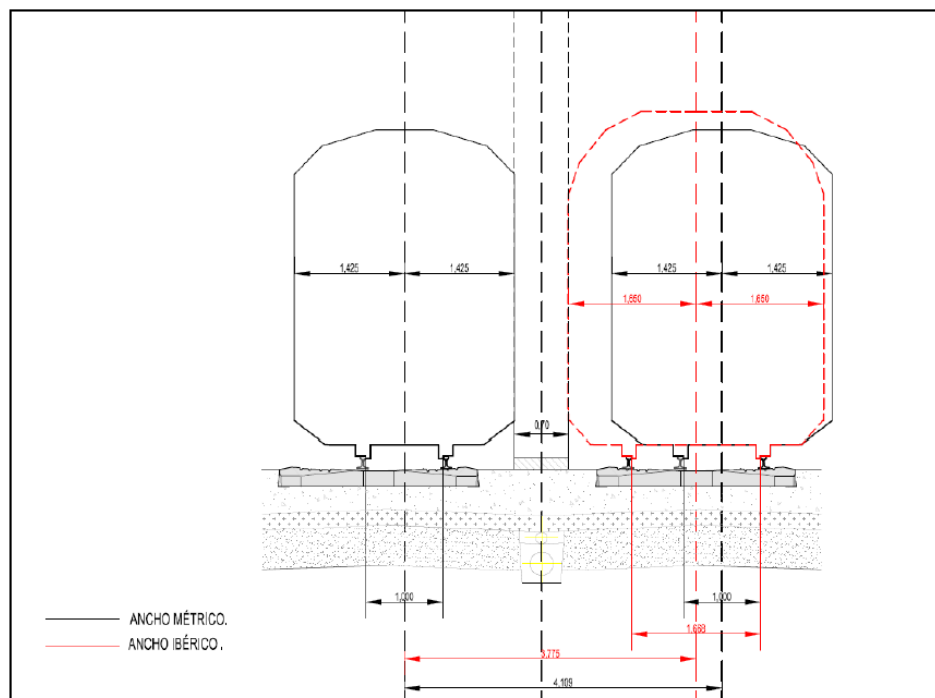


Ilustración 49 - Entreje mínimo en vías contiguas de anchos métrico e ibérico en zonas de carga/descarga de UTIS.

Fuente: NAP 1-2-1.0

En referencia a este tipo de instalaciones intermodales, Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan los siguientes valores de entreje, influenciados por las normas alemanas:

- En ancho estándar sugiere un valor de entreje de 4,70 m, proveniente de tener en cuenta “dos veces la anchura desde el eje central de la vía al borde a la línea de contorno a considerar para los vehículos ferroviarios en condiciones de posible simultaneidad de movimientos” (2 x 1,70 m) y un pasillo de 1,30 m.
- En ancho ibérico recomienda un valor de entreje de 4,85 m, proveniente de tener en cuenta la diferencia entre estos dos anchos (150 mm), lo anteriormente comentado para el estándar y un pasillo de 1,30 m.

### 10.3.2. Instrucción Ferroviaria de Gálíbos (IFG)

Si se consultan los valores del entreje en la Instrucción Ferroviaria de Gálíbos (IFG), se llega a los siguientes valores del punto 3.10.5.2 “Determinación del entreje nominal”:

Velocidad (km/h)	Entreje nominal (mm)
$V_{max} \leq 140$	3.808
$140 < V_{max} \leq 200$	4.000
$200 < V_{max} < 250$	4.300
$250 \leq V_{max} \leq 350$	4.700

*Cuadro 3.13. Distancia nominal entre ejes de vías (valores normales)*

*Ilustración 50 - Distancia nominal entre ejes de vías (v. normales). Fuente: Instrucción Ferroviaria de Gálíbos*

Asimismo, en casos excepcionales debidamente justificados, el entreje se podrá definir según otros valores, “siendo necesario para este caso realizar un estudio específico que determine el valor mínimo necesario del entreje en función de las condiciones de explotación”. Estos valores vienen recogidos en la siguiente tabla:

Velocidad (km/h)	Entreje nominal (mm)
$V_{max} \leq 160$	3808
$160 < V_{max} \leq 200$	3808 (ancho de vía 1435 mm) 3920 (ancho de vía 1668 mm, o una vía en ancho 1435 mm y la otra en ancho 1668 mm)
$200 < V_{max} < 250$	4000
$250 \leq V_{max} \leq 300$	4300
$300 < V_{max} \leq 350$	4500

*Cuadro 3.14. Distancia nominal entre ejes de vías (valores excepcionales)*

*Ilustración 51 - Distancia nominal entre ejes de vías (v. excepcionales). Fuente: Instrucción Ferroviaria de Gálíbos*

Como se puede comprobar, para una velocidad inferior a 160 km/h, el entreeje nominal sigue siendo el mismo.

En el caso de velocidad de circulación inferior a 120 km/h se permitirá un entreeje inferior a 3,808 m, “siempre y cuando se demuestre la seguridad de la circulación de los trenes”, siguiendo el procedimiento explicado para calcular el entreeje límite.

Para comprender esta diferenciación entre el entreeje nominal y el límite, la UNE-EN 15273-3:2014+A1 dice lo siguiente:

El administrador de la infraestructura define una o varias distancias entre los ejes de vías, que le permitan garantizar que queda libre el gálibo elegido:

- Para la verificación de la distancia entre los ejes de vías se debe determinar la distancia límite entre los ejes de vías, que define el límite que nunca se debe sobrepasar.
- Para el tendido de las vías, se debe determinar la distancia de tendido límite entre los ejes de vías, que define el límite de dicho tendido.
- En cualquier caso, se aconseja conservar un margen suplementario; con este objeto se define una distancia normal entre los ejes de vías que permite una flexibilidad de gestión, concretamente para el mantenimiento de las vías y la verificación así como, en su caso, un margen de explotación para la circulación de transportes excepcionales.

### 10.3.3. Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) de Infraestructura (RUE 1299/2014)

Finalmente, en la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) de Infraestructura se puede encontrar una diferenciación entre los entreejes para ancho UIC e ibérico. Así, se hacen las siguientes menciones sobre la distancia horizontal mínima nominal entre ejes de vías (en la ilustración 52 en ancho internacional y en la 53 en ibérico):

Distancia horizontal mínima nominal entre ejes de vías

Velocidad máxima permitida [km/h]	Distancia horizontal mínima nominal entre ejes de vías [m]
$160 < v \leq 200$	3,80
$200 < v \leq 250$	4,00
$250 < v \leq 300$	4,20
$v > 300$	4,50

*Ilustración 52 - Distancia horizontal mínima nominal entre ejes de vías. Fuente: ETI de Infraestructura*

Distancia horizontal nominal mínima entre ejes de vías para el sistema de ancho de vía de 1 668 mm

Velocidad máxima permitida [km/h]	Distancia horizontal mínima nominal entre ejes de vías [m]
$160 < V \leq 200$	3,92
$200 < V < 250$	4,00
$250 \leq V \leq 300$	4,30
$300 < V \leq 350$	4,50

Ilustración 53 - Distancia horizontal nominal mínima entre ejes de vías para ancho ibérico. Fuente: ETI de Infraestructura

Como se aprecia, no se hace mención del entreeje nominal para velocidades inferiores a 160 km/h en ninguno de los dos anchos. Sin embargo, tal como se establece en el apartado 3 del punto 4.2.3.2. “la distancia entre ejes cumplirá como mínimo los requisitos para la distancia de instalación límite entre ejes de vías, definida conforme a la sección 9 de la norma EN 15273-3:2013”.

#### 10.3.4. NAV 3-8-2.0

Para acabar con este punto, cabe resaltar lo expuesto en la norma de Adif NAV 3-8-2.0 “Aparatos de vía combinados. Haces de vías”, donde también se hace una serie de referencias al entreeje a disponer en los haces de vías (comúnmente dispuestos en las terminales intermodales ferroviarias):

CLASE DE VIAS	ENTREVIA EN m.	
	NORMAL	MINIMA
GENERALES Y DE CIRCULACION.- PARA LAS VELOCIDADES, en km/h:		
$V < 140$	3,808	3,768
$140 \leq V < 160$	3,92	3,808
$160 \leq V < 200$	4,00	3,92
$200 \leq V < 250$	4,30	4,00
$V \geq 250$	4,50	4,30
RECEPCION Y EXPEDICION	5,35	4,50
CLASIFICACION	5,35	4,80
ESTACIONAMIENTO	4,80	4,50
ORDENACION	5,35	4,80
CARGA Y DESCARGA	6,50	5,30
PARA TRANSBORDO DE VAGON A VAGON	3,70	3,60
DESTINADAS A LA REPARACION DEL MATERIAL MOVIL	7,00	6,00
VIAS PARALELAS CON BRETELLE ENTRE ELLAS	5,05	4,30
VIAS EN CUYA ENTREVIA SE COLOCAN:		
a. - COLUMNAS DE HORMIGON ARMADO	5,50	4,90
b. - COLUMNAS METALICAS	5,50	4,90
c. - TORRES DE ALUMBRADO	6,50	6,50
d. - SEÑALES MECANICAS		5,30
e. - SEÑALES LUMINOSAS SIN ESCALERAS	5,50	4,90
f. - SEÑALES LUMINOSAS CON ESCALERAS	5,50	4,90
g. - SEÑALES LUMINOSAS BAJAS		4,30

EN LAS ESTACIONES DE CLASIFICACION Y EN GRANDES TERMINALES DEBE DEJARSE, CADA OCHO O DIEZ VIAS, UNA ENTREVIA ENSANCHADA DE UN MINIMO DE 8,50 METROS.

Ilustración 54 - Valor de entreejes entre ejes de vías contiguas. Fuente: NAV 3-8-2.0

Como se puede comprobar, el entreje para vías generales y de circulación coincide con lo anteriormente comentado tanto por la IFG como por la NAP 1-2-1.0. Sin embargo, recomienda valores mucho más conservadores que esta última para vías de carga y descarga, que llega hasta los 6,50 m, y a los 5,35 m, en el caso de las vías de recepción y expedición.

#### 10.4. Distancia mínima entre vías de carga y descarga y otros elementos

Pese a que no haya una norma que recoja estas distancias, a la hora de diseñar una terminal intermodal ferroviaria resulta de capital importancia. Así, Conles, E. J. *et al.* (2009) sugieren los siguientes valores mínimos para las tres posibles situaciones que se pueden dar entre las vías de carga y descarga o transbordo y los elementos situados en la playa de vías:

##### 10.4.1. Distancia mínima con los postes verticales de soporte de una grúa pórtico

Los valores recomendados por dichos autores son los siguientes:

<b>Distancia mínima con los postes verticales de soporte de una grúa pórtico (en m)</b>	
<b>Ancho ibérico (1.668 mm)</b>	<b>Ancho estándar (1.435 mm)</b>
2,72	2,65

*Tabla 8 - Distancia mínima con los postes verticales de soporte de una grúa pórtico. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuertuarias*

##### 10.4.2. Distancia mínima con el carril de carga/descarga para vehículos sobre neumáticos

Los valores mínimos serían los siguientes:

<b>Distancia mínima con el carril de carga/descarga para vehículos sobre neumáticos (en m)</b>	
<b>Ancho ibérico (1.668 mm)</b>	<b>Ancho estándar (1.435 mm)</b>
3,03	2,95

*Tabla 9 - Distancia mínima con el carril de carga/descarga para vehículos sobre neumáticos. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuertuarias*



#### 10.4.3. Distancia mínima con las filas de depósito temporal de unidades de carga

Finalmente, se recomiendan los siguientes valores mínimos:

Distancia mínima con las filas de depósito temporal de unidades de carga (en m)	
Ancho ibérico (1.668 mm)	Ancho estándar (1.435 mm)
2,97	2,90

Tabla 10 - Distancia mínima con las filas de depósito temporal de unidades de carga. Fuente: Conles, E. J. (2009).  
Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuortuarias

#### 10.5. Radio mínimo de las alineaciones circulares

En las líneas de tráfico mixto (pasajeros y mercancías), la **NAP 1-2-1.0** especifica que, en las líneas de nuevo diseño, “el radio de curva mínimo de las vías será tal que, a la velocidad máxima de trayecto con el peralte prescrito, los valores de insuficiencia de peralte no se superen”.

Asimismo, se debe comprobar que a la velocidad mínima no se supera el exceso de peralte.

Para ello, la norma establece los siguientes valores de radio mínimo:

Radio mínimo de la curva horizontal (en m). Anchos ibérico y estándar		
Referencia	Normal	Excepcional
250	190	150

Tabla 11 - Radio mínimo de la curva horizontal. Anchos ibérico y estándar. Fuente: NAP 1-2-1.0

En el caso de terminales con vías de ancho métrico, los radios mínimos serían los siguientes:

Radio mínimo de la curva horizontal (en m). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
200	100	90

Tabla 12 - Radio mínimo de la curva horizontal. Ancho métrico. Fuente: NAP 1-2-1.0

## 10.6. Longitud mínima de las alineaciones en planta de curvatura constante

En el caso de existir una **sucesión de curva y contracurva sin transiciones y con radios inferiores a 220 m**, se debe considerar la necesidad de interponer tramos rectos de una longitud determinada para evitar el cabalgamiento de los topes. Este tramo se calculará, tal como señala la **NAP 1-2-1.0**, en función de “*los radios de las curvas, la longitud de los vehículos y su distancia entre pivotes de bogie*”.

De forma no exacta, y tal como se ha señalado en la frase anterior, se puede tomar como referencia la longitud de los vehículos que pueden circular por dicha sucesión de curva y contracurva. Así, si se prevé que va a ser utilizado mayoritariamente por plataformas portacontenedores y porta-automóviles, se puede tomar como longitud mínima de alineación recta 27,10 o 28,04 m, respectivamente, tal como se señala en “*Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias*”.

Sin embargo, de forma más exacta y normativa, la NAP distingue entre estas dos situaciones:

### 10.6.1. Longitud de alineaciones con peralte constante entre dos transiciones lineales de peralte

Los valores establecidos por la norma son los siguientes, para los anchos ibérico y estándar:

Longitud de peralte constante entre transiciones lineales de peralte (m)					
Velocidad		Referencia	Normal	Excepcional	
	$V \leq$	70	$V/3^{12}$	$V/3$	$V/10$
70	$< V \leq$	230	$V/2$	$V/3$	$V/5$
230	$< V \leq$	350	$V/1,5$	$V/2,5$	$V/3$

Tabla 13 - Longitud de peralte constante entre transiciones lineales de peralte. Fuente: NAP 1-2-1.0

Asimismo, las longitudes para vías de ancho métrico son las que se exponen a continuación:

Longitud de peralte constante entre transiciones lineales de peralte (m). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
$V/3^{13}$	$V/3$	$V/5$

Tabla 14 - Longitud de peralte constante entre transiciones lineales de peralte. Ancho métrico. Fuente: NAP 1-2-1.0

Es importante recalcar que la norma recomienda **longitudes mínimas de 20 m** no solo para el límite de referencia, sino también para los valores límites normales y excepcionales.

<sup>12</sup> Tal como señala la NAP 1-2-1.0, “el valor mínimo no debe ser inferior a 20 m”.

<sup>13</sup> Tal como señala la NAP 1-2-1.0, “el valor mínimo no debe ser inferior a 20 m”.

### 10.6.2. Longitud mínima entre puntos de tangencia de dos cambios bruscos de insuficiencia de peralte

En este caso, la **NAP 1-2-1.0** expone las siguientes longitudes mínimas para ancho ibérico y estándar:

Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte (m)					
Velocidad			Referencia	Normal	Excepcional
	$V \leq$	70	$V/4$	$V/5$	$V/10^{14}$
70	$< V \leq$	100	$V/4$	$V/5$	$V/6^{15}$
100	$< V \leq$	350	$V/3$	$V/4$	$V/5$

Tabla 15 - Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte. Fuente: NAP 1-2-1.0

Finalmente, para la red de ancho métrico, las longitudes mínimas serían las siguientes:

Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte (m). Ancho métrico		
Referencia	Normal	Excepcional
$V/3,5$	$V/3,5$	$V/5$

Tabla 16 - Longitud mínima entre puntos de tangencia de cambios bruscos de insuficiencia de peralte. Ancho métrico. Fuente: NAP 1-2-1.0

### 10.7. Inclinación en alzado

En el caso del diseño de terminales intermodales ferroviarias resulta obvio que deben buscarse inclinaciones prácticamente horizontales para el correcto desarrollo de las actividades de carga y descarga. De esta forma, en “Metodología para el diseño del trazado ferroviario”, se establecen los siguientes valores para la rampa máxima de diseño (en milésimas):

<sup>14</sup> Según la NAP 1-2-1.0, “si  $\Delta l \leq 110$  mm y  $V \leq 50$  km/h, puede reducirse a  $V/12,5$ ”.

<sup>15</sup> Según la NAP 1-2-1.0, “si  $\Delta l \leq 100$  mm y  $V \leq 90$  km/h, puede reducirse a  $V/10$ ”.

Tipo de vía		Rampa máxima de diseño (milésimas)		
		Referencia	Normal	Excepcional
Plena vía Vías generales	Tráfico exclusivo de pasajeros	25	30	35
	Tráfico mixto y de mercancías	12,5	15	18 (F1) 20 (F2-F3)
PAET, vías para estacionamiento prolongado de trenes, o en las que se enganchen o desenganchen vehículos de forma habitual		2	2,5	Nota <sup>16</sup>
Vías de maniobra protegidas con mangos de seguridad no destinadas al estacionamiento de trenes		5		Nota
PAT, vías destinadas exclusivamente a regulación de la circulación (cruces, adelantamientos), subida/bajada de viajeros, sin previsión de estacionamientos prolongados ni enganche y desenganche de vehículos		10		Misma rampa admitida en plena vía para el tramo

Tabla 17 - Rampa máxima de diseño. Anchos ibérico e internacional. Fuente: NAP 1-2-1.0

Como se ha destacado en el cuadro anterior, la situación que mejor se adapta al diseño de la inclinación en alzado de las vías situadas en terminales intermodales ferroviarias sería la correspondiente a “PAET, vías de estacionamiento prolongado de trenes, o en las que se enganchen o desenganchen vehículos de forma habitual”. Como se puede comprobar, se trata de las rampas máximas de diseño más restrictivas, situadas **entre las 2 y 2,5 milésimas**, debido a las altas restricciones técnicas por las actividades logísticas que se llevan a cabo en este tipo de vías.

No obstante, parece conveniente emplear en el planeamiento de este tipo de instalaciones los valores recomendados por Conles, E. J. *et al.* (2009) en referencia al diseño en alzado de las vías de transbordo o de carga y descarga:

Valores recomendados de inclinaciones para terminales intermodales ferroviarias (mm/m)		
Óptimo	Recomendable	Admisible
0,0	1,5	2,5

Tabla 18 - Valores recomendados de inclinaciones para TIF. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias

<sup>16</sup> En vías destinadas al estacionamiento de trenes, sin andenes, pueden adoptarse pendientes superiores siempre que se establezcan las disposiciones concretas que impidan el desplazamiento del material rodante.

De este modo, la situación óptima en el diseño de este tipo de instalaciones sería conseguir una **alineación totalmente horizontal, con una pendiente nula**, para el correcto funcionamiento de la maquinaria de carga y descarga. Sin embargo, tal como se señala, se permitiría un intervalo hasta los 2,5 mm/m, que es precisamente el límite impuesto por la NAP 1-2-1.0.

Para concluir, estos son los valores que la **NAP 1-2-1.0** establece para el diseño de la inclinación en alzado de la red de ancho métrico:

Tipo de vía		Rampa máxima de diseño (milésimas)		
		Referencia	Normal	Excepcional
Plena vía Vías generales	Tráfico exclusivo de viajeros	20	25	30
	Tráfico mixto y de mercancías	12,5	15	15
Resto de vías		Mismos valores y criterios de ancho estándar e ibérico		

Tabla 19 - Rampa máxima de diseño. Ancho métrico. Fuente: NAP 1-2-1.0

## 10.8. Peralte

El peralte, tal como lo describe la norma **NAV 3-0-5.2** "Parámetros de geometría de vía", es "la diferencia de altura de las bandas de rodadura adyacentes calculada a partir del ángulo entre la superficie de rodadura y un plano de referencia horizontal".

Para el diseño de una terminal intermodal ferroviaria, tal como se ha podido comprobar en el punto anterior, resulta conveniente que la diferencia de altura entre estas dos bandas de rodadura sea nula, es decir, que **el peralte sea 0 mm**.

Sin embargo, si se consulta la norma **NAP 1-2-1.0** no se especifica el caso concreto de las vías para carga y descarga o las de recepción y expedición. De esta forma, para las vías generales, estos son los valores establecidos:

	Peralte. Vía general (mm)		
	Referencia	Normal	Excepcional
Ancho ibérico	150	160	180
Ancho estándar	140	160	180
Ancho métrico	90	110	110

Tabla 20 - Valores de peralte. Fuente: NAP 1-2-1.0

Como se puede comprobar, estos valores resultan demasiado elevados a la hora de diseñar las vías de una terminal intermodal ferroviaria. Los únicos que se podrían asimilar como adecuados para el diseño de estas instalaciones son los valores de referencia para el peralte en vías de andén, también establecidos en la **NAP 1-2-1.0**:

	Peralte en vías de andén (mm)		
	Referencia	Normal	Excepcional
Ancho ibérico	0	70	125
Ancho estándar	0	60	110
Ancho métrico	0	40	100

Tabla 21 - Valores de peralte en vías de andén. Fuente: NAP 1-2-1.0

### 10.9. Recomendaciones sobre acuerdos verticales

De forma general, y siguiendo lo recogido en puntos anteriores, a la hora de diseñar una terminal intermodal ferroviaria se debe buscar soluciones con **acuerdos verticales mínimos o nulos**.

Antes, sí que tenía sentido determinar las especificaciones técnicas mínimas sobre acuerdos verticales cuando la clasificación se llevaba a cabo por gravedad, a través de “lomos de asno”. Sin embargo, esta técnica ha caído en desuso y muchas terminales están siendo objeto de múltiples transformaciones para corregirlo.

### 10.10. Elección de la masa del carril

Para determinar la masa más adecuada del carril a la hora de diseñar una terminal intermodal ferroviaria, se puede emplear la fórmula establecida en la norma **NAV 3-0-0.0** “Carriles. Barras elementales”. De esta forma, tal como establece esta NAV, “se han tratado de obtener diferentes fórmulas que relacionen la masa óptima del carril con el tráfico de una línea, la velocidad máxima de circulación y la carga por eje de los vehículos más desfavorables”. Entre todas las fórmulas empíricas, Adif recomienda la de Shajunianz:

$$q = a \cdot \left(1 + T^{\frac{1}{4}}\right) \cdot (1 + 0,012 \cdot V)^{\frac{2}{3}} \cdot P^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

$q$  = masa por metro de carril, en kilogramos.

$T$  = tráfico anual de la línea en millones de toneladas brutas.

$V$  = velocidad máxima de circulación de los trenes, en km/h.

$P$  = carga máxima del eje del vehículo, en toneladas.

$a$  = parámetro que toma el valor 1,20 para los vagones y 1,13 para las locomotoras.

De forma general, en muchas terminales diseñadas y en construcción en España se está empleando el carril **UIC-54 E1** con buenos resultados. En el caso de grúas pórtico, se recomienda el empleo de carriles tipo **UIC 60**.

### 10.11. Longitud de las vías y alineación en planta

En relación con la longitud de las vías, conviene distinguir entre dos conceptos diferentes: la longitud útil de recepción ( $L_u^R$ ) y la longitud útil de transbordo ( $L_u^T$ ). La primera hace referencia a la longitud total de todo el material móvil, es decir, locomotora (una o varias) y el conjunto de vagones. Por otra parte, la de transbordo apunta únicamente a la longitud total de todos los vagones, sin tener en cuenta el equipo tractor (locomotoras).

Esta segunda se calcula según la siguiente fórmula<sup>17</sup>:

$$L_u^T = L_u^R - N_{loc} \cdot L_{loc}$$

Donde:

- $L_u^T$ : Longitud útil de transbordo.
- $L_u^R$ : Longitud útil de recepción.
- $N_{loc}$ : Número de locomotoras (u otro material tractor).
- $L_{loc}$ : Longitud unitaria de la locomotora (o de otro tipo de material tractor).

Así, una vez explicados estos conceptos, se puede señalar que, de forma general, para el diseño de las vías de carga y descarga de una terminal conviene disponer de una **longitud útil de recepción de 740 m**.

La longitud de vía útil, ya sea la de transbordo o recepción, tal como se señala en la **NAV 3-8-2.0**, "se mide entre los denominados piquetes de vía libre, elementos que se disponen en la bisectriz del ángulo de cruce del desvío a una distancia del corazón que depende del valor de dicho ángulo y en los que se materializa el punto a partir del cual el material estacionado sobre una vía coacciona el paso de elementos que circulan por la inmediata señalizada por ese mismo piquete de vía libre".

Esta longitud viene establecida en los últimos documentos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (antes se señalaba como longitud mínima 750 m) como necesaria para permitir

---

<sup>17</sup> *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias*. Conles, E. J. et al. (2009).

el desarrollo del transporte ferroviario de mercancías en España. De este modo, en el documento Mercancías 30, se destaca esta longitud en varias de las acciones:

- En el grupo de medidas relacionadas con las Infraestructuras, la acción I1 es la “Ampliación de vías de apartado para permitir la circulación de trenes de mercancías de 740 m”.
- En el grupo de medidas relacionadas con las Terminales, dentro de la acción T1 “Conexiones ferroviarias con los puertos”, se comenta lo siguiente: “Vías de apartado que permitan la circulación de trenes de 740 m en itinerarios ferroviarios que ya concentran tráficos de mercancías con origen o destino portuario, para permitir un aumento de las longitudes básica y especial de las líneas sobre las que se realizan los itinerarios”.

Para que el diseño de las vías de las terminales intermodales ferroviarias tenga sentido, tiene que ir acompañado de una inversión en la mejora de la capacidad de la red general ferroviaria para permitir la circulación de estos trenes de 740 m. Así, esto se consigue a través de la concepción y construcción de PAETs en las principales líneas de mercancías del país para permitir el estacionamiento temporal de trenes de estas longitudes, e incluso superiores, de hasta 1.500 metros, en los principales corredores transeuropeos de mercancías.

Todas estas medidas persiguen reducir los costes del transporte ferroviario de mercancías y hacerlo más competitivo frente a otros modos de transporte, principalmente el de la carretera, que prácticamente monopoliza todo el sector.

Asimismo, cabe señalar que **la alineación en planta** de dicha longitud útil de recepción de 740 m **debe ser completamente recta** para permitir la correcta actividad de la maquinaria de manipulación de la mercancía y optimizar el número necesario de movimientos.

#### 10.11.1. Determinación de la longitud en función de la demanda de transporte ferroviario

Más allá de los principios anteriormente comentados (vías de carga y descarga de 740 m), existe otro criterio<sup>18</sup> que permite determinar la longitud adecuada para cada terminal en función de la demanda del transporte ferroviario, evitando así el sobredimensionamiento en algunas terminales con poco tráfico.

Dicho criterio “se basa en la comparación entre la demanda diaria máxima de una determinada relación de transporte ferroviario y la capacidad máxima de trenes de determinadas longitudes” y permite configurar las longitudes útiles de recepción de las vías de transbordo o carga y descarga (450, 600 o 750 m) en función del valor  $DCr f_{TEU}^{max}$ , que se calcula según la siguiente fórmula:

---

<sup>18</sup> Punto 6.2.2 “Criterio basado en las características de la demanda de transporte ferroviario” de *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias*. Conles, E. J. et al. (2009).



$$DCrf_{TEU}^{max} = \frac{YCr_{TEU}^{max}}{W_y} \cdot K_{pd}$$

Donde:

- $DCrf_{TEU}^{max}$  [TEU/d]: “Máxima demanda de transporte diario”.
- $YCr_{TEU}^{max}$  [TEU/año]: Consiste en la “máxima demanda de transporte anual, considerando toda la vida útil de terminal, de entre todas aquellas relaciones individuales de transporte ferroviario que tengan como origen o destino la terminal de estudio”.
- $W_y$  [d/año]: “Número de días anuales de operatividad de la terminal”.
- $K_{pd}$  [adimensional]: “Coeficiente de pico de la máxima demanda diaria”. A falta de más información, suele tener un valor de 1,35.

De este modo, empleando la siguiente tabla se puede llegar a la longitud útil de recepción en función de la máxima demanda de transporte diario:

Valor de $DCrf_{TEU}^{max}$ (TEU/d)	Longitud útil de recepción de las vías de transbordo ( $L_u^T$ )
$DCrf_{TEU}^{max} > 80$	750 m
$60 < DCrf_{TEU}^{max} \leq 80$	600 m
$DCrf_{TEU}^{max} \leq 60$	450 m

Tabla 22 - Longitud útil de recepción en función de la máxima demanda de transporte diario. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuertuarias

## 10.12. Gálibos

A la hora de determinar los gálibos a tener en cuenta en el diseño de terminales intermodales ferroviarias, se consultará la **Instrucción Ferroviaria de Gálibos** (Orden FOM/1630/2015), de obligado cumplimiento. De esta manera, tal como se indica en el punto 1.3.2 de dicha norma, “en general, el gálibo de implantación de obstáculos a respetar en líneas nuevas o acondicionadas será el gálibo uniforme de implantación de obstáculos”.

Además, en el caso de ancho mixto (hecho común en muchas de estas terminales), “el gálibo de implantación de obstáculos será el envolvente de ambos”.

Así, los gálibos concretos a cumplir en líneas nuevas son los siguientes:

Tipo de línea	Galibo uniforme de implantación de obstáculos			Gálibo en situaciones excepcionales		
	1435 mm	1668 mm	Ancho mixto (tres carriles) <sup>(8)</sup>	1435 mm	1668 mm	Ancho mixto (tres carriles)
Líneas nuevas	GC	GEC16	GEC16+GC	<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>		<sup>(8)</sup>
Líneas acondicionadas	GC GB <sup>(1)</sup>	GEC16 GEB16 <sup>(2)</sup>	GEC16+GC GEC16+GB <sup>(3)</sup> GEB16+GC <sup>(3)</sup> GEB16+GB <sup>(3)</sup>	<sup>(6)</sup>	<sup>(7)</sup>	

*Cuadro 1.2. Gálibos de implantación de obstáculos en partes altas a considerar en cada tipo de línea (ancho de vía 1435 mm y 1668 mm)*

<sup>(1)</sup> Cuando mediante un estudio de viabilidad técnica y económica se demuestre la no conveniencia del gálibo GC.

<sup>(2)</sup> Cuando mediante un estudio de viabilidad técnica y económica se demuestre la no conveniencia del gálibo GEC16.

<sup>(3)</sup> Cuando mediante un estudio de viabilidad técnica y económica se demuestre la no conveniencia del gálibo GEC16+GC.

<sup>(4)</sup> Cuando para algún tramo de línea exista un itinerario alternativo que cumpla el gálibo uniforme de implantación de obstáculos, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente en dicho tramo, por condicionantes técnicos o económicos, un gálibo mayor o igual al gálibo límite de implantación de obstáculos, calculado con las características del tramo.

<sup>(5)</sup> Cuando para algún tramo de línea no exista itinerario alternativo que cumpla el gálibo uniforme de implantación de obstáculos, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente en dicho tramo, por condicionantes técnicos o económicos, un gálibo mayor o igual al gálibo nominal de implantación de obstáculos, calculado con las características del tramo.

<sup>(6)</sup> La Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente por condicionantes técnicos o económicos, algún tramo con un gálibo mayor o igual al gálibo límite de implantación de obstáculos GB, calculado con las características del tramo.

<sup>(7)</sup> La Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente, por condicionantes técnicos o económicos, algún tramo con el gálibo existente GHE16.

<sup>(8)</sup> Gálibo envolvente definido por la combinación del gálibo considerado en cada ancho, teniendo en cuenta la posición del tercer carril.

*Ilustración 55 – Gálibos de implantación de obstáculos en partes altas a considerar en cada tipo de línea. Fuente: Instrucción Ferroviaria de Gálibos*

Por lo tanto, los gálibos a considerar serán el **GC (para ancho estándar)** y el **GEC16 (para ancho ibérico)**.

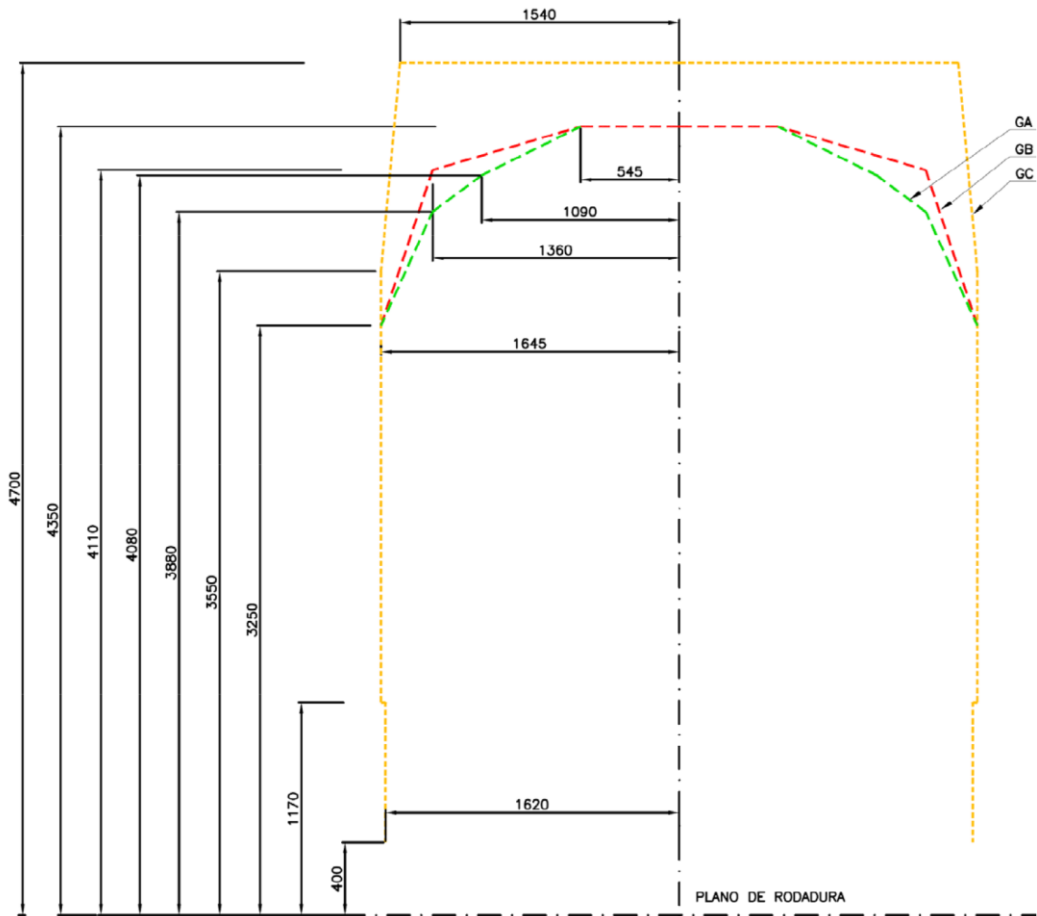


Ilustración 56 - Contornos de referencia de los gálibos cinemáticos GA, GB y GC. Partes altas. Fuente: IFG

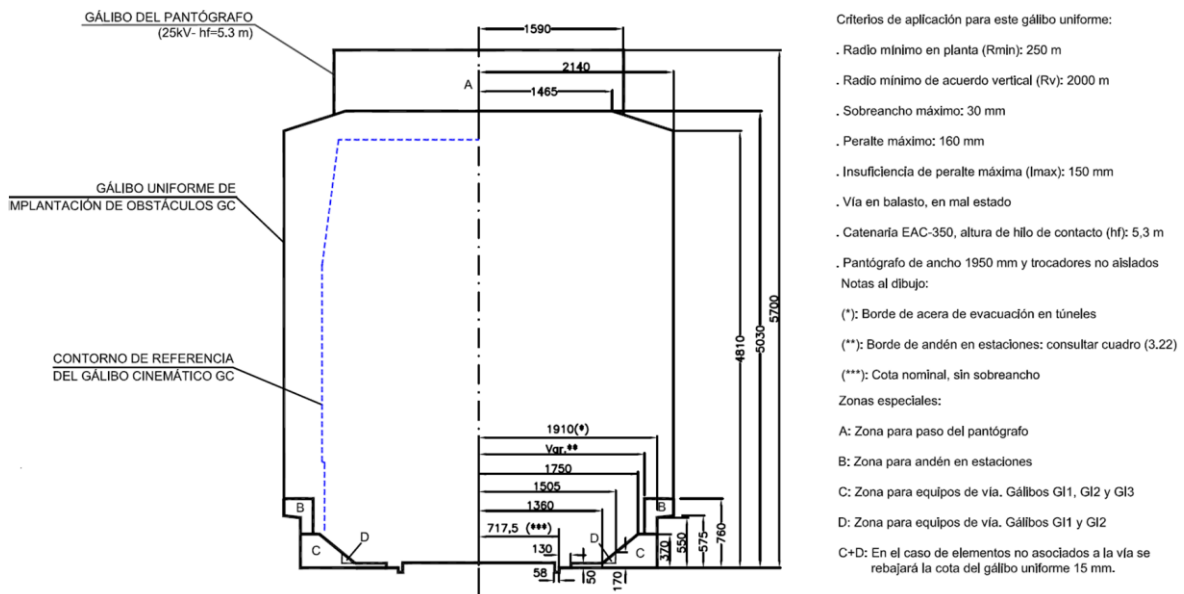


Ilustración 57 - Gálibo uniforme GC. Fuente: IFG

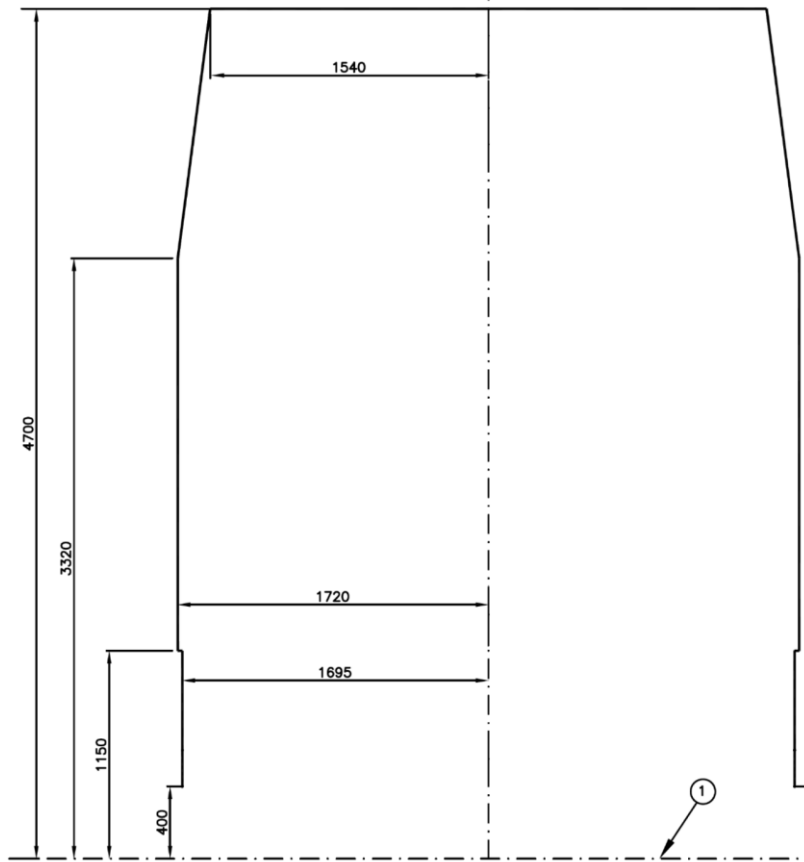


Ilustración 58 - Contorno de referencia del gálibo cinemático GEC16. Partes altas. Fuente: IFG

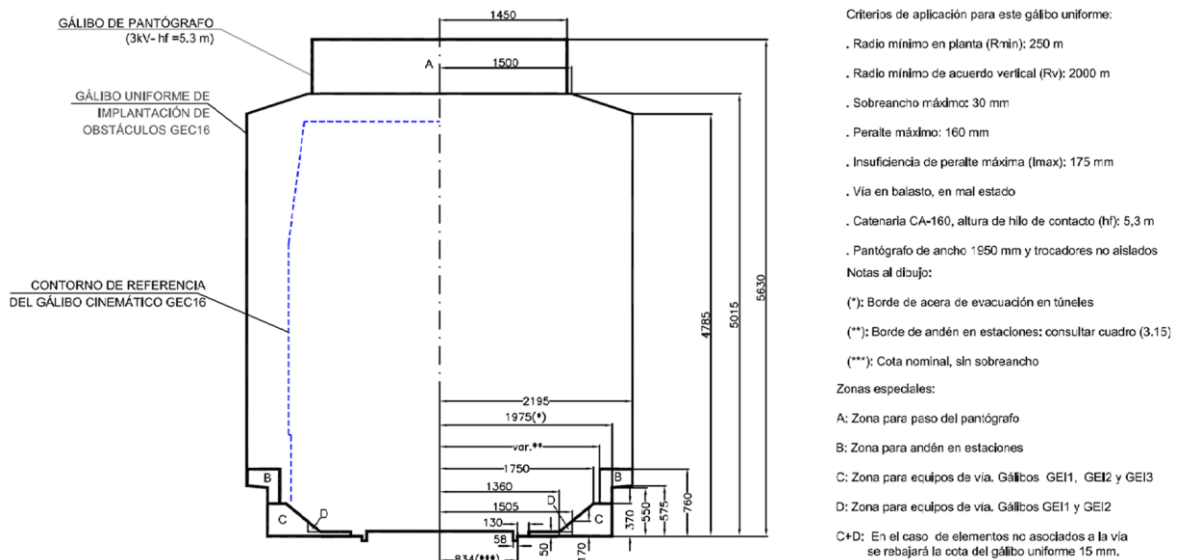


Ilustración 59 - Gálibo uniforme GEC16. Fuente: IFG

Si el estudio se centra en el análisis de los entrejes cuando los trenes están estacionados en las vías de carga y descarga, entonces en ese caso conviene considerar los gálibos de cargamento, cuyo “contorno resultante define el espacio que no deberá ser rebasado en condiciones estáticas por el cargamento de un vagón”.

Al igual que con el gálibo de implantación de obstáculos, los **gálibos de cargamento** a respetar son el **GC (para ancho estándar)** y el **GEC16 (para ancho ibérico)**.

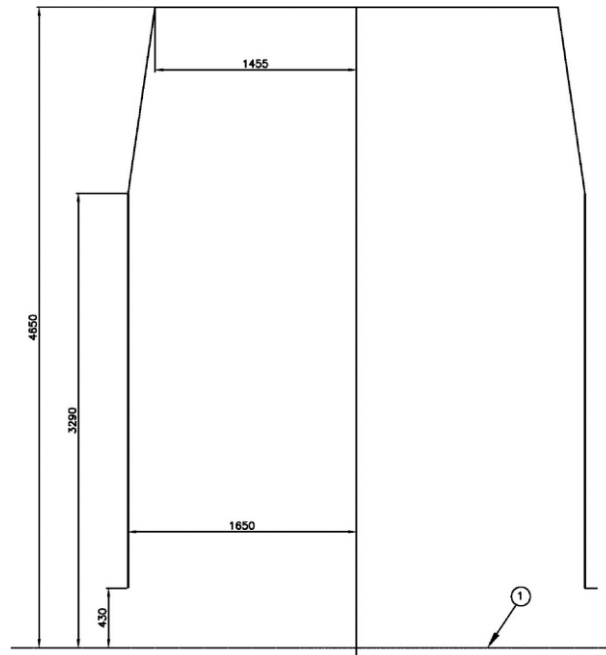


Ilustración 60 - Contorno de referencia del gálibo estático GEC16. Partes altas. Fuente: IFG

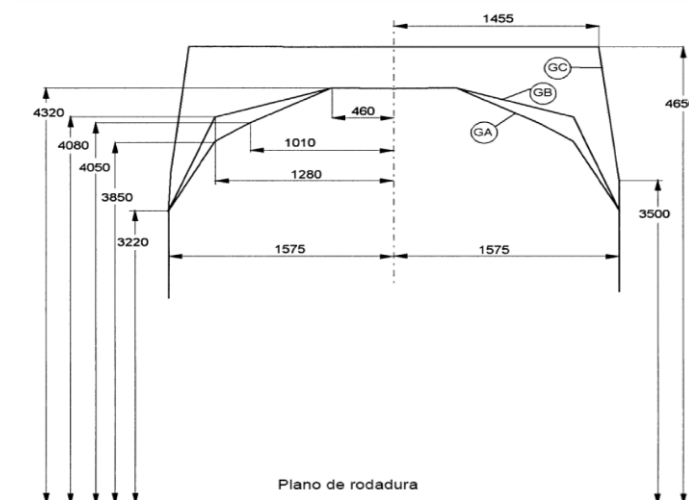


Ilustración 61 - Contornos de referencia de los gálibos estáticos GA, GB y GC. Partes altas. Fuente: IFG

En el caso de gálibos para servicios de Autopista Ferroviaria, el “Estudio para el desarrollo de Autopistas Ferroviarias en la Península Ibérica” decía lo siguiente: “Atendiendo al criterio de gálibos en partes altas, la tecnología más restrictiva en todos los casos es RoLa ya que es la que supone mayores limitaciones en la altura de los vehículos pesados. Modalohr es la tecnología más permisiva ya que se pueden alcanzar los 4,45 m de altura de vehículo pesado para gálibo GC. Estos resultados se han obtenido tomando como referencia los gálibos de las fichas UIC, con ancho de vía 1.435 mm”.

El anterior estudio se desarrolló en 2015, momento en el que todavía no existía una normativa específica de Adif en referencia a este tipo de gálibos. Así, en 2021 se publicó la **NAG 5-1-0.0** “Gálibos Autopista Ferroviaria”, en el que ya se habla de 6 contornos de referencia específicos:

- AF4.0-IP: Contorno de referencia de gálibo cinemático definido a partir del conjunto formado por semirremolques P400 sobre vagón en líneas de ancho ibérico.
- AF4.0-EP: Contorno de referencia de gálibo cinemático definido a partir del conjunto formado por semirremolques P400 sobre vagón en líneas de ancho estándar.
- AF4.1-IP: Contorno de referencia de gálibo cinemático definido a partir del conjunto formado por semirremolques P410 sobre vagón en líneas de ancho ibérico.
- AF4.1-EP: Contorno de referencia de gálibo cinemático definido a partir del conjunto formado por semirremolques P410 sobre vagón en líneas de ancho estándar.
- AF4.2-IP: Contorno de referencia de gálibo cinemático definido a partir del conjunto formado por semirremolques P420 sobre vagón en líneas de ancho ibérico.
- AF4.2-EP: Contorno de referencia de gálibo cinemático definido a partir del conjunto formado por semirremolques P420 sobre vagón en líneas de ancho estándar.

### 10.13. Clasificación de las vías

Tal como se establece en la **ETI de Infraestructura** en su punto 4.2.1. “Categorías ETI de línea”, “a efectos de categorización ETI, las líneas por lo general se clasifican en función del tipo de tráfico (código de tráfico)” determinado por los siguientes factores:

- gálibo,
- carga por eje,
- velocidad de la línea,
- longitud del tren,
- longitud útil del andén.

Como se trata de vías dedicadas exclusivamente al tráfico de mercancías, estas serían las características establecidas en la ETI:

Parámetros de prestación para tráfico de mercancías

Código de tráfico	Gálibo	Carga por eje [t]	Velocidad en la línea [km/h]	Longitud del tren [m]
F1	GC	22,5 (*)	100-120	740-1 050
F2	GB	22,5 (*)	100-120	600-1 050
F3	GA	20 (*)	60-100	500-1 050
F4	G1	18 (*)	n.d.	n.d.
F1520	S	25 (*)	50-120	1 050
F1600	IRL1	22,5 (*)	50-100	150-450

(\*) La carga por eje se basa en la masa teórica en condiciones de funcionamiento para cabezas tractoras y locomotoras, como se define en el punto 2.1 de EN 15663:2009+AC:2010 y en masa teórica en condiciones de carga útil excepcionales para otros vehículos definidos en el apéndice K de la presente ETI.

Ilustración 62 - Parámetros de prestación para tráfico de mercancías. Fuente: ETI de Infraestructura

Tal como se puede constatar, la categoría que mejor se adapta a las características expuestas a lo largo de los puntos anteriores es la F1, con un gálibo GC, una carga por eje de 22,5 t, una velocidad situada entre los 100 y los 120 km/h (pese a que en estas instalaciones las velocidades sean mucho menores) y una longitud del tren entre los 740 y los 1.050 metros.

#### 10.14. Recomendaciones sobre los viales para vehículos sobre neumáticos

Puesto que en una terminal intermodal ferroviaria también participan vehículos sobre neumáticos para transportar las unidades de carga hacia o desde las vías de carga y descarga, conviene tener en cuenta una serie de recomendaciones<sup>19</sup> de diseño de estos viales.

De esta forma, en tramos rectos y curvas de radio mayor o igual a 250 m, se recomienda la siguiente configuración:

- Anchura de carril de tránsito de 3,00 metros.
- Sobrancho de cruzamiento de 0,50 metros entre los dos carriles de tránsito.

Así, los viales de circulación (uno para cada sentido) tendrían un total de 6,50 metros, es decir, el ancho mínimo a pavimentar. Además, se aconseja disponer de dos bandas de seguridad laterales

<sup>19</sup> Basado en las recomendaciones de Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuertuarias. Conles, E. J. *et al.* (2009).



de 0,50 m (una a cada lado de cada carril de tránsito). Por lo tanto, la anchura total final sería de 7,50 m (2 x 3,00 m + 0,50 m + 2 x 0,50 m).

En aquellos tramos con radio inferior a 250 m se añadirá un sobreecho adicional (hacia el interior de la curva y en una longitud mínima de 30 m) basado en las indicaciones de la **Norma 3.1-I.C.** "Trazado", según la siguiente ecuación:

$$S = 3,5 + \frac{I^2}{2 \cdot R_h}$$

Donde:

$S$  = Sobreecho del carril, en metros.

$I$  = Longitud total del vehículo, en metros.

$R_h$  = Radio del eje de la curva horizontal, en metros.

Finalmente, se deberá dejar una altura libre de obstáculos (o gálibo) en los viales de 4,50 metros.

#### 10.15. Haces de vías

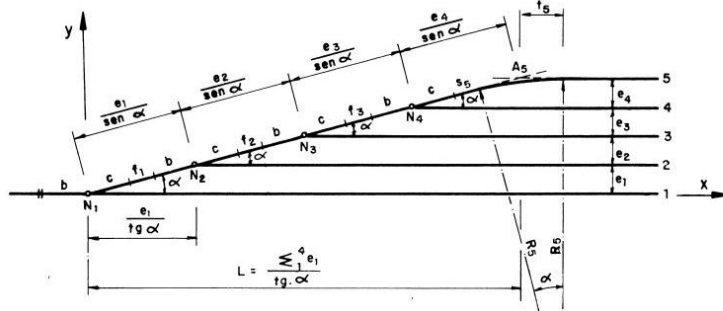
A la hora de diseñar en planta los diferentes haces de vías, se empleará lo recogido en la norma de Adif **NAV 3-8-2.0** "Aparatos de vía combinados. Haces de vías". Así, para poder emplear este procedimiento gráfico se debe conocer de antemano la tangente del ángulo de los aparatos de vía a emplear en la terminal y el entreeje.

De forma visual, los haces de vías se calculan de la siguiente forma (aquí se recogen dos tipos de haz, aunque en la norma vienen recogidos algunos más):



**TRANSVERSAL LATERAL**

PARAMETROS BASICOS:  $b, c, \alpha$



ORIGEN DE COORDENADAS:  $N_1$

COORDENADAS DEL NUDO  $N_n$ :  $X_{N_n} = \sum_{i=1}^{n-1} e_i$ ;  $Y_{N_n} = \sum_{i=1}^{n-1} e_i$

COORDENADAS DEL PUNTO  $A_\nu$ :  $X_{A_\nu} = \frac{\sum_{i=1}^{\nu-1} e_i}{\text{tg } \alpha}$ ;  $Y_{A_\nu} = \sum_{i=1}^{\nu-1} e_i$

$f_n = \frac{e_n}{\text{sen } \alpha} - (c+b)$ ;  $s_\nu = \frac{e_\nu - 1}{\text{sen } \alpha} - (c+t_\nu)$ ;  $t_\nu = R_\nu \text{tg } \frac{1}{2} \alpha$

$R_\nu = \frac{e_\nu - 1 - (c+s_\nu) \text{sen } \alpha}{1 - \cos \alpha}$ ;  $R_\nu \text{ MAX, CON: } s_\nu = 0$

SIENDO:  $\nu = N^\circ$  TOTAL DE VIAS. EN LA FIGURA:  $\nu = 5$

$n = N^\circ$  DE LA VIA CONSIDERADA.

PARAMETROS VARIABLES:  $e_n, f_n, R_\nu, s_\nu$

DE ELLOS PUEDEN ELEGIRSE:  $e_n$  Y  $R_\nu$

PARA:  $e_n = \text{cte}$ ; SE OBTIENE:  $f_n = \text{cte}$

COORDENADAS DEL NUDO  $N_n$ :  $X_{N_n} = \frac{(n-1)e}{\text{tg } \alpha}$ ;  $Y_{N_n} = (n-1)e$

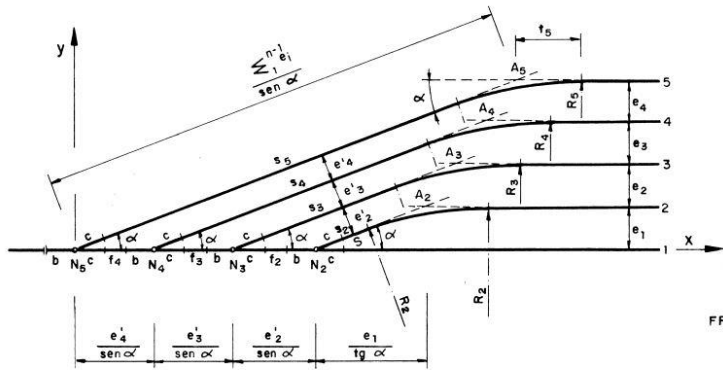
COORDENADAS DE  $A_\nu$ :  $X_{A_\nu} = \frac{(\nu-1)e}{\text{tg } \alpha}$ ;  $Y_{A_\nu} = (\nu-1)e$

Fig. 4.1.2.1. a.

Ilustración 63 - Cálculo de parámetros para un haz transversal lateral. Fuente: NAV 3-8-2.0

**TRANSVERSAL CENTRAL**

PARAMETROS BASICOS:  $b, c, \alpha$



ORIGEN DE COORDENADAS:  $N_\nu$

COORDENADAS DEL NUDO  $N_n$ :  $X_{N_n} = \frac{\sum_{i=2}^{\nu-1} e_i - \sum_{i=2}^{n-1} e_i}{\text{sen } \alpha}$ ;  $Y_{N_n} = 0$

COORDENADAS DEL PUNTO  $A_n$ :  $X_{A_n} = \frac{\sum_{i=2}^{n-1} e_i}{\text{sen } \alpha} + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} e_i}{\text{tg } \alpha}$ ;  $Y_{A_n} = \sum_{i=1}^{n-1} e_i$

$f_n = \frac{e'_n}{\text{sen } \alpha} - (c+b)$ ;  $s_n = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} e_i}{\text{sen } \alpha} - (c+t_n)$ ;  $t_n = R_n \text{tg } \frac{1}{2} \alpha$

$R_n = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} e_i - (c+s_n) \text{sen } \alpha}{1 - \cos \alpha}$

SIENDO:  $\nu = N^\circ$  TOTAL DE VIAS. EN LA FIGURA:  $\nu = 5$

$n = N^\circ$  DE LA VIA CONSIDERADA

PARAMETROS VARIABLES:  $e_n; e'_n; R_n; f_n; s_n$ .

DE ELLOS PUEDEN ELEGIRSE:  $e_n, e'_n$  Y  $R_n$ .

QUEDANDO DETERMINADOS  $f_n, s_n, t_n$

FRECUENTEMENTE SE HACE:  $e_n = \text{cte}$ ;  $e'_n = \text{cte}$ ,

ENTONCES SE VERIFICA:

COORDENADAS DEL NUDO  $N$ :  $X_{N_n} = \frac{(\nu-n)e'}{\text{sen } \alpha}$ ;  $Y_{N_n} = 0$

COORDENADAS DEL PUNTO  $A$ :  $X_{A_n} = \frac{(\nu-n)e'}{\text{sen } \alpha} + \frac{(n-1)e}{\text{tg } \alpha}$ ;  $Y_{A_n} = (n-1)e$

$R_n = \frac{(n-1)e - (c+s_n) \text{sen } \alpha}{1 - \cos \alpha}$

OTRAS VECES, LAS CURVAS SE HACEN CONCENTRICAS, CON LO QUE SE OBTIENE:  $R_n + 1 = R_n + e_n$ ;  $e_n = e_n$

Fig. 4.1.2.2. a

Ilustración 64 - Cálculo de parámetros para un haz transversal central. Fuente: NAV 3-8-2.0

## 11. Cálculo del número necesario de vías de carga y descarga

A la hora de determinar el número imprescindible de vías de carga y descarga (o de transbordo), los autores Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan tres métodos diferentes: **analítico, basado en la formulación de UIC-GTC y según criterios estadísticos.**

Cada uno de estos métodos está especificado para calcular el número de vías en función de determinados parámetros específicos de cada terminal como el carácter dinámico o estático de la capacidad o del tipo de maquinaria empleada para el movimiento de la mercancía (grúas pórtico o equipos móviles de manipulación de circulación no restringida).

Así, se puede distinguir entre la capacidad estática y la dinámica:

- La **capacidad estática** se da cuando en cada día se carga y descarga un único tren en cada vía de carga y descarga (o transbordo). Esto supone que cada vía de carga y descarga tiene únicamente dos servicios diarios: uno de llegada (que normalmente tiene lugar por la mañana) y otro de salida (que suele partir por la noche).
- La **capacidad dinámica**, por otra parte, consiste en el tratamiento de más de un tren en cada una de las vías de carga y descarga (o transbordo). Esto implica, por una parte, el proceso de un mayor volumen de mercancía al tratar más trenes, lo cual permite reducir la cuantía necesaria de vías de carga y descarga. Sin embargo, por otra, hace necesario un esfuerzo mayor en la dotación y en el rendimiento de la maquinaria de manipulación de la mercancía.

Para que se dé una situación u otra de capacidad deben acontecer una serie de condiciones determinadas:

- Las redes ferroviarias saturadas suelen dar como resultado capacidades estáticas al obligar a los trenes de mercancías a circular en horas valle. En cambio, si no hay restricciones a la circulación, la terminal podrá actuar bajo los preceptos de la capacidad dinámica, siendo necesaria la concepción de las vías de recepción y expedición para todos aquellos trenes que llegan a la terminal y todavía no tienen una vía de carga y descarga libre asignada.
- Los tiempos elevados de carga y descarga suelen ser habituales en terminales con capacidad estática. Por contraste, en la capacidad dinámica se busca el alto rendimiento del equipamiento de carga y descarga para reducir los tiempos de manipulación al mínimo necesario.
- Finalmente, las terminales con capacidad estática se caracterizan por una demanda baja, a diferencia de la dinámica, donde se hace necesario mover un mayor volumen de mercancía, aun teniendo un número reducido de vías de carga y descarga.

## 11.1. Método analítico

El primero de los métodos para determinar el número necesario de vías de carga y descarga es el analítico. Este procedimiento, pese a que tiene una validez general, es más adecuado para el cálculo de las vías de carga y descarga de terminales operadas con grúas pórtico, debido principalmente “a que el tiempo de ciclo de trabajo de las grúas pórtico suele presentar una variabilidad y dispersión bastante inferior a la de los equipos móviles de manipulación”.

Este método se basa básicamente en determinar el número necesario de vías de carga y descarga “a partir de la cantidad de trenes que la terminal ha de servir en un determinado día (el de mayor tráfico del año) y del número de trenes que podrán ser asignados diariamente a cada una de estas vías”.

Para ello, en pasos intermedios, se calculará el número de unidades de equipamiento de transbordo necesarias en la terminal (ya sean grúas pórtico o cualquier otro equipo móvil de circulación no restringida). Además, los cálculos dependerán del valor de  $Wd$ , es decir, del número de horas que permanece activa la terminal y cuya magnitud puede hacer que ésta opere bajo capacidad estática o dinámica.

### 11.1.1. Terminal operando bajo capacidad dinámica

- **Parámetros de partida:**

- $C_t$  [s/op]: Tiempo necesario empleado por la maquinaria para llevar a cabo el ciclo completo de manipulación de una UTI. Los valores habituales para una grúa pórtico suelen estar entre los 90 y 165 s. Por otra parte, para un *reach-stacker* el ciclo suele ser de 240 s.
- $T_{op}$  [op/h]: Número máximo de operaciones completas de manipulación de una ETI que puede llevar a cabo un equipo de transbordo por hora. Se calcula a partir de  $C_t$  a través de la siguiente expresión:

$$T_{op} = \frac{3.600}{C_t}$$

- $\eta T$  [adimensional]: Ratio medio de funcionamiento efectivo de los equipos de manipulación. Este factor relacionado con el rendimiento viene justificado por las pérdidas de tiempo existentes por los desplazamientos longitudinales de las grúas pórtico, por operaciones de remoción de UTIs, por mantenimiento, etc.

Esta ratio suele tener un valor de 0,50 para aquellas terminales operadas por una única grúa pórtico y ser menor en el caso de que aumente el número de estos equipos de manipulación.

- $W_y$  [día/año]: Número de días operativos al año.
- $W_d$  [h/día]: Número de horas operativas al día.
- $C_{TEU}$  [TEU/año]: Demanda de transporte anual a manipular en la terminal ferroviaria, prevista para el año de mayor volumen de transporte de su vida útil y expresada en TEU.
- $Fp_d$  [adimensional]: Factor de pico diario. Consiste en una proporción entre el número de TEU a manipular en el día de mayor tráfico del año y la media diaria. Suele estar entre 1,25 y 1,30 y ser menor cuanto mayor es el tráfico de la terminal. Se obtiene de la siguiente expresión:

$$Fp_d = \frac{N_{TEU}^{max} \text{ día de mayor tráfico}}{C_{TEU}} \cdot W_y$$

- $DL$  [adimensional]: Ratio de transbordo directo. Principalmente, un transbordo se considera directo cuando se ejecuta mediante un único movimiento u operación por el correspondiente equipo de transbordo; e indirecto, cuando requiere más de una.
- $TF_{exp}$  [adimensional]: Fracción de tráfico de exportación. En el ámbito marítimo, es el tráfico que tiene como origen el *hinterland* y como destino el *foreland*.
- $TF_{imp}$  [adimensional]: Fracción de tráfico de importación. Como resulta obvio, ambas fracciones deben sumar la unidad.
- $TEU_f$  [TEU/UTI]: Factor de conversión de UTI a TEU según la siguiente expresión:

$$TEU_f = \frac{P_{UTI20'} + P_{UTI30'} \cdot 1,5 + P_{UTI40'} \cdot 2 + P_{UTI45'} \cdot 2,25}{100}$$

Donde:

- $P_{UTI20'}$ : Porcentaje de UTI de 20 pies (%).
  - $P_{UTI30'}$ : Porcentaje de UTI de 30 pies (%).
  - $P_{UTI40'}$ : Porcentaje de UTI de 40 pies (%).
  - $P_{UTI45'}$ : Porcentaje de UTI de 45 pies (%).
- $CTr_{TEU}$  [TEU/tren]: Este término está relacionado con la capacidad de los trenes que pueden ser cargados y descargados en una determinada vía. Como resulta lógico, está directamente relacionado con la longitud útil de recepción, anteriormente explicada. En la tabla expuesta a continuación se muestra la relación aproximada entre longitud útil de recepción y la capacidad máxima de los trenes acogidos:

Longitud útil de recepción de cada vía de transbordo	Capacidad máxima aproximada de los trenes acogidos ( $CTr_{TEU}$ )
750 m	$\leq 102$ TEU/tren
600 m	$\leq 80$ TEU/tren
450 m	$\leq 60$ TEU/tren

Tabla 23 - Relación entre longitud útil de recepción y la capacidad máxima aproximada de trenes acogidos. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroporcuarias

- $T_{rot}$  [h/tren]: Tiempo adicional que emplea un tren estacionado en una vía de carga y descarga pero que no está directamente vinculado a dichas tareas de carga y descarga. Es la suma de los siguientes tiempos: “tiempos empleados por el tren en el acceso a la vía de carga y descarga, operaciones auxiliares, comprobaciones pertinentes tras la carga, nuevo cambio de locomotora, puesta en marcha y salida de la vía de transbordo”.
- Como valor de  $T_{rot}$  se recomiendan tiempos entre 1 y 2 horas.
- $SL$  [adimensional]: Nivel de seguridad requerido relacionado con el tiempo total utilizado por cada tren en una vía de carga y descarga. Se recomienda tomar valores comprendidos entre el 75 y el 90%, siendo éste siempre superior al 50%.
- $dr_{max}$  [adimensional]: Radio máximo de dispersión del tiempo total de ocupación de una vía de transbordo por parte de cada tren, tomado como porcentaje sobre el valor medio ( $Tr_{tot,m}$ ) de dicho tiempo.
- A falta de más información, se recomienda tomar valores entre el 30 y el 50%.

▪ **Parámetros de salida:**

- $A_{op}$  [op/h]: Número efectivo de operaciones completas de manipulación de UTI que lleva a cabo la maquinaria por hora. Se calcula como:

$$A_{op} = T_{op} \cdot \eta T$$

- $C_{UTI}$  [UTI/año]: Demanda máxima de transporte anual, en función de las UTI. Se expresa como:

$$C_{UTI} = \frac{C_{TEU}}{TEU_f}$$

- $C_{hf}$  [op/UTI]: Número medio de operaciones llevadas a cabo por la maquinaria para completar el transbordo de una UTI. Se obtiene según la siguiente expresión:

$$C_{hf} = DL + (1 - DL) \cdot 2$$

- $C_{op}$  [op/año]: Requerimiento anual máximo de número de operaciones de manipulación de UTI por parte de la maquinaria de carga y descarga. Se define según lo siguiente:

$$C_{op} = C_{UTI} \cdot C_{hf}$$

- $C_{ea}^*$  [adimensional]: Número mínimo de equipos de manipulación. Viene dado por la siguiente expresión:

$$C_{ea}^* = \frac{C_{op} \cdot Fp_d}{A_{op} \cdot W_d \cdot W_y}$$

- $C_{ea}$  [adimensional]: Número entero (mínimo) de equipos de manipulación. Se expresa según:

$$C_{ea} = E(C_{ea}^*) + 1$$

- $YHC_{op}$  [op/año]: Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga. Viene determinado por la siguiente expresión:

$$YHC_{op} = A_{op} \cdot W_d \cdot W_y \cdot C_{ea}$$

- $YHC_{UTI}$  [UTI/año]: Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga, en función de las UTI transbordadas. Se calcula como:

$$YHC_{UTI} = \frac{YHC_{op}}{C_{hf}}$$

- $YHC_{TEU}$  [TEU/año]: Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga, en función de los TEU transbordados. Se define según lo siguiente:

$$YHC_{TEU} = YHC_{UTI} \cdot TEU_f$$

- $DHC$  [UTI/día]: Número máximo de UTI a transbordar en un día. Se obtiene según la expresión siguiente:

$$DHC = \frac{C_{UTI} \cdot Fp_d}{W_y}$$

- **$CTr_{UTI}$**  [*UTI/tren*]: Capacidad de los trenes que pueden ser atendidos en cada vía de carga y descarga. Se expresa como:

$$CTr_{UTI} = \frac{CTr_{TEU}}{TEU_f}$$

- **$Ddtn^*$**  [*trenes/día*]: Número máximo de trenes al día que pueden acceder a la terminal (trenes que son objeto del ciclo completo de llegada-descarga-carga-partida). Viene expresado como:

$$Ddtn^* = \frac{DHC \cdot \max(TF_{exp}, TF_{imp})}{CTr_{UTI}}$$

- **$Ddtn$**  [*trenes/día*]: Número entero (máximo) de trenes al día que pueden acceder a la terminal (trenes que son objeto del ciclo completo de llegada-descarga-carga-partida). Se calcula como:

$$Ddtn = E(Ddtn^*) + 1$$

- **$Ddrs$**  [*servicios ferroviarios/día*]: Número de servicios ferroviarios al día con origen o destino la terminal objeto de estudio. Viene dado por la siguiente fórmula:

$$Ddrs = Ddtn \cdot 2$$

- **$Few$**  [*adimensional*]: Este valor hace referencia a la fracción de vagones vacíos sobre el total de trenes que se mueven en la terminal ferroviaria. Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$Few = \left( 1 - \frac{1 + \frac{\min(TF_{exp}, TF_{imp})}{\max(TF_{exp}, TF_{imp})}}{2} \right) \cdot \left( \frac{Ddtn}{Ddtn^*} \right)$$



- **$Trhc$**  [TEU/h]: Capacidad media de un equipo de manipulación. Se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$Trhc = \frac{A_{op} \cdot TEU_f}{C_{hf}}$$

- **$Trht$**  [h/tren]: Tiempo que emplea un equipo de manipulación en cargar o descargar un tren. Viene dado por la siguiente expresión:

$$Trht = \frac{CT_{TEU}}{Trhc}$$

- **$K_{cd}$**  [adimensional]: Factor de corrección por efecto de la disponibilidad real de los equipos de manipulación de carga y descarga. Se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$K_{cd} = \frac{Trht \cdot Ddt_n \cdot 2 \cdot (1 - Few)}{W_d \cdot C_{ea} - T_{rot} \cdot Ddt_n}$$

- **$Trhtd$**  [h/tren]: Tiempo que emplea la proporción disponible de equipos de manipulación en cargar o descargar un tren completo. Se obtiene según lo siguiente:

$$Trhtd = K_{cd} \cdot Trht$$

- **$Trtot_m$**  [h/tren]: Media del tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga por cada tren, en las condiciones correspondientes al día anual de mayor volumen de tráfico. Viene dado por la expresión siguiente:

$$Trtot_m = T_{rot} + 2 \cdot (1 - Few) \cdot Trhtd$$

- **$Trtot_{SL}$**  [h/tren]: Tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga que se le debe asignar a un tren concreto para llegar al nivel de seguridad (SL) establecido previamente. Se calcula como:

$$Trtot_{SL} = \left( 1 + \left( 1 - \sqrt{2 \cdot \left( 1 - \frac{SL}{100} \right)} \right) \cdot \frac{dr_{max}}{100} \right) \cdot Trtot_m$$

- **$Dtn^*$**  [trenes/día]: Número de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día. Se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$Dtn^* = \frac{W_d}{Trtot_{SL}}$$

- **$Dtn$**  [trenes/día]: Número entero de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día. Viene dado por la siguiente expresión:

$$Dtn = E(Dtn^*)$$

- **$Dntn^*$**  [adimensional]: Número mínimo necesario de vías de carga y descarga. Se calcula como:

$$Dntn^* = \frac{Ddtn}{Dtn}$$

- **$Dntn$**  [adimensional]: Número entero necesario de vías de carga y descarga. Viene expresado como:
  - $Dntn^*$ , si  $Dntn^*$  es un número entero.
  - $E(Dntn^*) + 1$ , si  $Dntn^*$  tiene parte decimal.

Sin embargo, cabe destacar, tal como señalan Conles, E. J. *et al.* (2009), que pese a que los resultados que salgan de los cálculos anteriores, toda terminal intermodal ferroviaria debe contar con la siguiente configuración mínima:

- **4 vías de carga y descarga** en el caso de estar operada por **grúas pórtico**.
- **2 vías de carga y descarga** en el caso de estar operada por **equipos móviles de circulación no restringida**.

#### 11.1.2. Terminal operando bajo capacidad estática

- **Parámetros de partida:**

Se trata de exactamente los mismos parámetros de partida expuestos para las terminales operadas bajo capacidad dinámica en el punto 11.1.1.

- **Parámetros de salida:**

Los parámetros de salida mostrados anteriormente también coinciden entre  $A_{op}$  y  $Trtot_{SL}$ . A partir de aquí, las particularidades de la capacidad estática requieren de la aplicación de las siguientes especificaciones:

- Por la propia definición de capacidad estática,  $Dtn$  deberá ser siempre igual 1 (un tren al día por cada vía de carga y descarga).
- Así, por la aplicación de  $Dtn = 1$ ,  $Dntn^*$  y  $Dntn$  deberán coincidir con el número entero de trenes que entran en la terminal. Por lo tanto:

$$Dntn = Ddtn$$

Al igual que ocurría con la capacidad dinámica, los autores también recomiendan aquí la configuración mínima de **4 vías de carga y descarga** para las terminales operadas por **grúas pórtico**, y de **2** para aquellas con **equipos móviles de circulación no restringida**.

Asimismo, también se sugiere llevar a cabo la siguiente comprobación en la que *“el tiempo total de ocupación de una vía de transbordo asignado a cada tren para un determinado nivel de seguridad es inferior o igual a la duración de la jornada”*:

$$Trtot_{SL} \leq W_d$$

## 11.2 Método basado en la formulación de UIC-GTC

Este método está basado en la formulación del documento “*Study On Infrastructure Capacity Reserves For Combined Transport By 2015*”, elaborado por el Grupo de Transporte Combinado de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC-GTC) en el año 2004.

La formulación aquí expuesta sirve para calcular la capacidad de terminales focalizadas en el transbordo de UTI. Asimismo, cabe destacar que el grupo de investigación de ferrocarriles de la Universidad de A Coruña ha introducido una serie de modificaciones en el método para adaptarlo a las situaciones reales de este tipo de terminales.

Según este método, la capacidad de una terminal se encuentra limitada o bien por la longitud de todas sus vías de carga y descarga, o bien por el número y eficacia de la maquinaria de manipulación de las UTI. Pues bien, el más limitativo de estos dos será el que determine la capacidad de carga y descarga de la terminal.

El procedimiento de cálculo del número necesario de equipos de carga y descarga ya ha sido explicado en el método analítico, por lo que se expondrá aquí la formulación que vincula capacidad y longitud de todas las vías de carga y descarga:

$$C_{rail} = \frac{L_{Track}}{L_{Wagon}} \cdot LF \cdot FF \cdot 2 \cdot N_{TD}$$

Donde:

- $C_{rail}$  [ $LU^{20}/año$ ]: Capacidad de las vías de carga y descarga.
- $L_{Track}$  [ $m$ ]: Longitud total de todas las vías de carga y descarga de la terminal.
- $L_{Wagon}$  [ $m$ ]: Longitud media de un vagón.
- $LF$  [ $LU/vagón$ ]: Factor de carga de los vagones (nº medio de UTI por vagón).
- $FF$  [ $(día)^{-1}$ ]: Factor de flujo de las vías de carga y descarga (nº de veces que una vía de carga y descarga es ocupada por trenes distintos al día). Como es obvio, para capacidad estática este valor será igual a 1 y superior si se trata de dinámica.
- $N_{TD}$  [ $días/año$ ]: Número de días operativos al año.

Tal como se había comentado previamente, esta fórmula ha sido objeto de una serie de modificaciones por parte del grupo de investigación de ferrocarriles de la Universidad de A Coruña para adaptarlo a la situación real de este tipo de terminales. Asimismo, es de destacar que este método está recomendado, con esta serie de modificaciones, para el cálculo del número de vías de

---

<sup>20</sup> LU o *Load Units*, equivalente en este caso a las Unidades de Transporte Intermodal (UTI).

carga y descarga en todas aquellas terminales con **capacidad estática**, casos en los que el FF es igual a 1. De esta forma, la fórmula anterior quedaría de la siguiente forma:

$$Fp_d = \frac{C_{TEU}}{N_{TD}} = L_{vt}^{tot} \cdot U_c \cdot K_T \cdot FF \cdot 2$$

▪ **Parámetros de partida:**

- $C_{TEU}$  [TEU/año]: Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña.
- $Fp_d$  [adimensional]: Factor de pico diario.
- $K_T$  [TEU/m]: Factor que vincula la capacidad máxima en TEU de una plataforma portacontenedores con la longitud de la misma medida entre topes. En Renfe Mercancías, este factor suele oscilar entre 0,1443 y 0,1520.
- $U_c$  [adimensional]: Ratio medio de uso efectivo de la capacidad total de un tren. Suele adoptar valores situados entre 0,70 y 0,80.
- $FF$  [(día)<sup>-1</sup>]: Factor de flujo, explicado anteriormente. Como este método está recomendado para terminales con capacidad estática, este factor tendrá un valor de 1.
- $N_{TD}$  [días/año]: Número de días operativos al año.
- $L_u^R$  [m]: Longitud útil de recepción de las vías de carga y descarga de la terminal.

▪ **Parámetros de salida:**

- $L_{vt}^{tot}$  [m]: Longitud necesaria para el conjunto de todas las vías de carga y descarga de la terminal. Se determina según la siguiente expresión:

$$L_{vt}^{tot} = \frac{Fp_d \cdot C_{TEU}}{U_c \cdot K_T \cdot FF \cdot 2 \cdot N_{TD}}$$

- **$Dntn^*$**  [*adimensional*]: Número mínimo necesario de vías de carga y descarga. Se calcula como:

$$Dntn^* = \frac{L_{vt}^{tot}}{L_u^R}$$

- **$Dntn$**  [*adimensional*]: Número entero necesario de vías de carga y descarga. Se obtiene según la siguiente expresión:

$$Dntn = E(Dntn^*) + 1$$

Tal como se había indicado para el método analítico, los autores también recomiendan aquí la configuración mínima de **4 vías de carga y descarga** para las terminales operadas por **grúas pórtico**, y de **2** para aquellas con **equipos móviles de circulación no restringida**.

### 11.3 Método según criterios estadísticos

Este método se ha basado en el análisis de un conjunto de datos vinculado a un determinado número de terminales ferroviarias europeas en los que se llevan a cabo tareas de carga y descarga, mayoritariamente de Unidades de Transporte Intermodal (UTI).

Básicamente, Conles, E. J. *et al.* (2009) lo que pretendían con este método es aplicar criterios estadísticos con el objetivo de dar con un modelo matemático que permitiese vincular la capacidad de tráfico de dichas terminales ferroviarias y la longitud de las vías de carga y descarga con las que disponen.

De esta forma, el equipo de la Universidad de A Coruña recopiló y analizó los datos de un conjunto de 54 terminales europeas, todas ellas situadas en los principales ejes o corredores de referencia de la red transeuropea de transporte de mercancías por ferrocarril.

De estas 54 terminales europeas (cuyos tamaños se sitúan entre las 9.000 y las 333.000 UTI/año) más de la mitad están situadas en Alemania y únicamente 3 se localizan en España: dos en Barcelona (Morrot y ZAL-Prat) y una en Madrid (Abroñigal).

Tal como ocurría con el anterior método, el estadístico únicamente se aplicará al dimensionamiento de terminales que operen bajo los preceptos de la **capacidad estática**.

Tras el completo análisis estadístico, el equipo gallego llegó a los siguientes parámetros:

▪ **Parámetros de partida:**

- $C_{TEU}$  [TEU/año]: Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña.
- $Fp_d$  [adimensional]: Factor de pico diario.
- $TEU_f$  [TEU/UTI]: Factor de conversión de número de UTI a número de TEU.
- $L_u^R$  [m]: Longitud útil de recepción de las vías de carga y descarga de la terminal.
- $P_R$  [adimensional]: Probabilidad asociada a que la capacidad por metro de vía de carga y descarga de la terminal sea superior al valor de cálculo considerado para su dimensionamiento.

De forma general, este parámetro suele situarse entre 0,70 y 0,90 y está fuertemente influenciado por el nivel de importancia de la terminal dentro de la cadena logística. Es decir, será más cercano a 0,70 para aquellas terminales con bajos volúmenes de tráfico y a 0,90 en el caso de grandes terminales.

▪ **Parámetros de salida:**

- $C_{UTI}$  [UTI/año]: Demanda máxima de transporte anual, para el año de mayor tráfico de la vida útil de la terminal, en función de las UTI. Se expresa como:

$$C_{UTI} = \frac{C_{TEU}}{TEU_f}$$

- $R_{UTI}^C$  [(UTI/año) / m]: Valor de cálculo de la capacidad anual por metro de vía de transbordo. Este valor está relacionado al nivel de probabilidad  $P_R$  asignado en el dimensionamiento de las vías de carga y descarga. Para ello se emplea la siguiente tabla:

$P_R$ Prob [ $R_{UTI} \geq R_{UTI}^C$ ]	$R_{UTI}^C$ [(UTI/año) / m]		
	Si $C_{UTI} \leq 20.000$	Si $20.000 \leq C_{UTI} \leq 320.000$	Si $C_{UTI} \geq 320.000$
0,50	35,30	$34,1434 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	52,67
0,55	34,39	$33,2374 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	51,76
0,60	33,47	$32,3162 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	50,84
0,65	32,52	$31,3633 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	49,88
0,70	31,52	$30,3606 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	48,88
0,75	30,44	$29,2779 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	47,80
0,80	29,23	$28,0710 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	46,59
0,85	27,82	$26,6665 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	45,19
0,90	26,06	$24,8978 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	43,42
0,95	23,43	$22,2771 + 5,787734 \cdot 10^{-5} \cdot C_{UTI}$	40,80

Tabla 24 – Relación entre  $P_R$ ,  $R_{UTI}^C$  y  $C_{UTI}$ . Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferropuertuarias

- $R_{TEU}^C$  [(TEU/año) / m]: Valor de cálculo de la capacidad anual por metro de vía de carga y descarga. Se calcula como:

$$R_{TEU}^C = TEU_f \cdot R_{UTI}^C$$

- $L_{vt}^{tot}$  [m]: Longitud necesaria para el conjunto de vías de carga y descarga de la terminal. Viene definido por la siguiente expresión:

$$L_{vt}^{tot} = Fp_d \cdot \frac{C_{TEU}}{R_{TEU}^C}$$

- $Dntn^*$  [adimensional]: Número mínimo necesario de vías de carga y descarga. Se calcula como:

$$Dntn^* = \frac{L_{vt}^{tot}}{L_u^R}$$





- ***Dntn*** [*adimensional*]: Número entero necesario de vías de carga y descarga. Se obtiene según la siguiente expresión:

$$Dntn = E(Dntn^*) + 1$$

Tal como se había indicado para otros métodos, los autores también recomiendan aquí la configuración mínima de **4 vías de carga y descarga** para las terminales operadas por **grúas pórtico**, y de **2** para aquellas con **equipos móviles de circulación no restringida**.



## 12. Dimensionamiento del área de almacenamiento

Tal como se ha señalado anteriormente, entre los principales subsistemas de una terminal intermodal ferroviaria está el área de almacenamiento, también conocida como “zona de depósito temporal de unidades de carga”.

Dicha zona, además de servir para el almacenamiento temporal de mercancías, se emplea para deslizar de forma temporal las operaciones de carga y descarga en los trenes y las correspondientes al transporte en los vehículos de interconexión o acarreo.

Para evitar este desajuste temporal entre estos dos agentes, lo conveniente sería llevar a cabo una correcta planificación y seguimiento de los ritmos de operación.

A continuación, se analiza la configuración y el dimensionamiento de este subsistema en los dos tipos de terminales intermodales ferroviarias:

### 12.1. Área de almacenamiento en terminales operadas por grúas pórtico

Como se ha comentado en la unidad correspondiente a la Configuración general en planta de una terminal intermodal ferroviaria, el área de almacenamiento de una terminal operada por grúas pórtico debe situarse de tal forma que pueda ser abarcada por la propia grúa, formando parte del correspondiente módulo de transbordo.

Así, en estos casos, el área de almacenamiento se configura a través de filas de unidades de carga (normalmente contenedores) de una determinada altura, posicionadas de forma longitudinal a las vías de carga y descarga.

Como es lógico, la altura de apilado dependerá tanto de la resistencia de dichos contenedores (u otras unidades de carga) como de la máxima altura de elevación de las grúas pórtico. Sin embargo, se recomienda que como mínimo esta altura sea de, al menos, **3 contenedores**.

#### 12.1.1. Dimensiones del área de almacenamiento

##### 12.1.1.1. Anchura de filas

La anchura de las filas de esta zona se fija en un mínimo de **2,60 m**, que corresponde de forma aproximada a la de un contenedor ISO de la Serie 2, que es de 2.591 mm.

### 12.1.1.2. Separación entre filas

Esta separación se establece en un mínimo de **0,70 m** para permitir la correcta actuación del equipo móvil de las grúas pórtico (sujeción y elevación o descenso de las unidades de carga, etc.).

### 12.1.1.3. Separación mínima con otros elementos

Se recomienda una separación mínima de **1,00 m** entre los soportes verticales de las grúas pórtico y el borde de la fila de depósito temporal. Asimismo, deben cumplirse con las recomendaciones establecidas en el punto 10.4. “*Distancia mínima entre vías de carga y descarga y otros elementos*”.

## 12.1.2. Cálculo del número de filas necesarias del área de almacenamiento

Dicho método analítico<sup>21</sup> es el siguiente:

- **Parámetros de partida:**

- $C_{TEU}$  [TEU/año]: Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña.
- $W_y$  [día/año]: Número de días operativos al año.
- $Fp_d$  [adimensional]: Factor de pico diario. Los valores de este factor suelen estar entre 1,25 y 1,30. Se puede expresar según la siguiente expresión:

$$Fp_d = \frac{\text{Previsión de } n^{\circ} \text{ máximo de TEU a transbordar en un día}}{C_{TEU}} \cdot W_y$$

- $DL$  [adimensional]: Ratio de transbordo directo. Principalmente, un transbordo se considera directo cuando se ejecuta mediante un único movimiento u operación por el correspondiente equipo de transbordo; e indirecto, cuando requiere más de una.

---

<sup>21</sup> Método desarrollado en *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias*. Conles, E. J. et al. (2009).

- $t_p^m$  [días]: Tiempo medio de permanencia de las unidades de carga en la zona de depósito temporal.
- $Lfd$  [m]: Longitud de cada fila de depósito temporal de unidades de carga.
- $K_f$  [adimensional]: Factor de aprovechamiento efectivo sobre la capacidad teórica de las filas de depósito temporal. Se recomienda tomar unos valores de aprovechamiento situados entre el 70 y el 85% ( $K_f=0,70$  y  $K_f=0,85$ , respectivamente).
- $P_{20'}$ ,  $P_{30'}$ ,  $P_{40'}$ , y  $P_{45'}$  [%]: Porcentajes de unidades de carga de 20', 30', 40' y 45' de longitud, respectivamente.
- $H_{max}$  [adimensional]: Altura máxima de apilado.
- $H_{med}$  [adimensional]: Altura media de apilado que se toma como máxima conveniente, incluso durante las jornadas de mayor volumen de tráfico. Esta altura depende de cada terminal, pero normalmente su valor se encuentra situado entre 1 y algo menos de 2.

▪ **Parámetros de salida:**

- $CDep^{req}$  [TEU]: Capacidad requerida para el área de almacenamiento, según las condiciones de transporte dadas. Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$CDep^{req} = (1 - DL) \cdot Fp_d \cdot \frac{C_{TEU}}{W_y} \cdot t_p^m$$

- $Cfd_f$  [TEU]: Capacidad efectiva de una fila de depósito temporal por cada altura unitaria de apilamiento. Se obtiene de la siguiente forma:

$$Cfd_f = \frac{Lfd}{\frac{P_{20'}}{100} \cdot 6,80 + \frac{P_{30'}}{100} \cdot \frac{9,85}{1,5} + \frac{P_{40'}}{100} \cdot \frac{12,90}{2} + \frac{P_{45'}}{100} \cdot \frac{14,42}{2,25}} \cdot K_f$$

- $Nfd^*$  [adimensional]: Número requerido de filas de depósito temporal de unidades de carga para la altura media de apilado. Se calcula de la siguiente forma:

$$Nfd^* = \frac{CDep^{req}}{Cfd_f \cdot H_{med}}$$

- **Nfd** [adimensional]: Número entero de filas de depósito temporal de unidades de carga para la altura media de apilado. Se obtiene de la siguiente forma:

$$Nfd = E(Nfd^*) + 1$$

- **CDep<sub>f</sub><sup>max</sup>** [TEU]: Capacidad efectiva máxima, considerando la máxima altura. Se calcula de la siguiente forma:

$$CDep_f^{max} = Nfd \cdot Cfd_f \cdot H_{max}$$

De forma totalmente ajena al anterior método, y desde un punto de vista más empírico, la normativa alemana indica que son suficientes **3 filas de depósito** para aquellas terminales operadas por grúas pórtico. Dicho módulo de transbordo hipotético estaría formado por un total de 4 vías de carga y descarga. Por lo tanto, se puede deducir que sería conveniente contar con un **número de filas de depósito temporal situado entre 2/3 y 3/4 del número de vías de carga y descarga**.

## 12.2. Área de almacenamiento en terminales operadas por equipos móviles de manipulación

La configuración de este tipo de terminales estará condicionada fundamentalmente por el tipo de equipo de manipulación escogido. De forma orientativa, se puede seguir lo establecido en la siguiente tabla:

Clase de equipo móvil de manipulación	Forma habitual de distribución
<i>Reach-Stacker</i>	Bloque pequeño
Grúas automóviles	Bloque pequeño
<i>Straddle Carriers</i>	Filas simples
<i>Side Loader Lift Trucks</i>	Filas simples o dobles
<i>Front Lift Trucks y Fork-lifts</i>	Filas simples o dobles

Tabla 25 - Forma habitual de distribución del equipo móvil de manipulación. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroviarias

## 12.2.1. Dimensiones del área de almacenamiento

### 12.2.1.1. Pasillos de circulación y maniobra

Además de estas consideraciones, también se deben tener en cuenta las dimensiones de los pasillos interiores de circulación y maniobra de los equipos de manipulación. Estos se calcularán para cada tipo de equipo y para cada caso concreto.

Para ello, en cada proyecto, se debe contar con los datos específicos correspondientes al tipo y modelo del equipo de manipulación que vaya a actuar en la terminal objeto de estudio.

Sin embargo, de forma general, y si no se cuentan con más datos, se debería disponer de un pasillo interior de circulación y maniobra para *reach-stackers* (equipo de manipulación más habitual en este tipo de terminales) de **mínimo 18 metros**.

### 12.1.1.2. Altura de apilado

Como es lógico, la altura máxima de apilado dependerá de las capacidades de cada equipo móvil de manipulación. De forma orientativa, se puede seguir lo establecido en la siguiente tabla:

Clase de equipo móvil de manipulación	Altura máxima alcanzable (nº contenedores)
<i>Reach-stackers</i>	Entre 4 y 6
Grúas automóviles	4
<i>Straddle Carriers</i>	3
<i>Side Loader Lift Trucks</i>	4
<i>Front Lift Trucks y Fork-lifts</i>	4

Tabla 26 - Altura máxima alcanzable en función del equipo móvil de manipulación. Fuente: Conles, E. J. (2009). *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroviarias*

## 12.2.2. Cálculo de la superficie necesaria del área de almacenamiento

Los parámetros principales<sup>22</sup> son los siguientes:

- **Parámetros de partida:**

<sup>22</sup> Método desarrollado en *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroviarias*. Conles, E. J. et al. (2009).

- $C_{TEU}$  [TEU/año]: Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña.
- $W_y$  [día/año]: Número de días operativos al año.
- $Fp_d$  [adimensional]: Factor de pico diario. Los valores de este factor suelen estar entre 1,25 y 1,30. Se puede expresar según la siguiente expresión:

$$Fp_d = \frac{\text{Previsión de nº máximo de TEU a transbordar en un día}}{C_{TEU}} \cdot W_y$$

- $DL$  [adimensional]: Ratio de transbordo directo. Principalmente, un transbordo se considera directo cuando se ejecuta mediante un único movimiento u operación por el correspondiente equipo de transbordo; e indirecto, cuando requiere más de una.
- $t_p^m$  [días]: Tiempo medio de permanencia de las unidades de carga en la zona de depósito temporal.
- $H_{max}$  [adimensional]: Altura máxima de apilado.
- $H_{med}$  [adimensional]: Altura media de apilado que se toma como máxima conveniente, incluso durante las jornadas de mayor volumen de tráfico. Esta altura depende de cada terminal, pero normalmente su valor se encuentra situado entre 1 y algo menos de 2.
- $s_{TEU}$  [m<sup>2</sup>/TEU]: Superficie en planta necesaria para depositar un TEU, incluyendo la parte proporcional correspondiente a pasillos interiores de circulación y maniobra para los equipos de manipulación. Se pueden tomar los siguientes valores, a partir de recomendaciones de la ROM 2.1: Obras de atraque y amarre:

Método de depósito	$s_{TEU}$ [m <sup>2</sup> /TEU]
Depósito sobre remolques o plataformas	65
Fork-lift y Reach-Stackers	72
Straddle-carriers	Entre 48 y 60

Tabla 27 -  $s_{TEU}$  en función del método de depósito. Fuente: Conles, E. J. (2009). Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroporcuarias

▪ **Parámetros de salida:**

- **$C_{Dep}^{req}$  [TEU]:** Capacidad requerida para el área de almacenamiento, según las condiciones de transporte dadas. Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$C_{Dep}^{req} = (1 - DL) \cdot Fp_d \cdot \frac{C_{TEU}}{W_y} \cdot t_p^m$$

- **$S_d$  [ $m^2$ ]:** Superficie requerida para el área de almacenamiento, dada la altura media de apilado. Viene expresada por la siguiente ecuación:

$$S_d = \frac{C_{Dep}^{req} \cdot S_{TEU}}{H_{med}}$$

- **$C_{Dep}^{max}$  [TEU]:** Capacidad máxima disponible de la zona de depósito temporal. Se calcula de la siguiente forma:

$$C_{Dep}^{max} = \frac{S_d \cdot H_{max}}{S_{TEU}}$$



## 13. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)

Este capítulo está completamente dedicado a la aplicación de todos los conceptos analizados a lo largo de los apartados anteriores con el objetivo de dimensionar una terminal intermodal ferroviaria real situada en Parc Sagunt II, en el municipio valenciano de Sagunto.

### 13.1. Situación de la terminal

La terminal objeto de estudio se encuentra ubicada íntegramente en el área logística de Sagunt II, sector que ha sido objeto de un Plan Especial recientemente. Dicha área se encuentra ubicada en el término municipal de Sagunto, que forma parte de la comarca del Camp de Morvedre, al noroeste de la provincia de Valencia, Comunidad Valenciana.



Ilustración 65 - Situación de la terminal. Fuente: Wikipedia y propia

Este municipio valenciano se divide en dos núcleos poblacionales: el propio Sagunto, situado a las faldas de la montaña donde se encuentran los restos de la primigenia ciudad romana, y Puerto de Sagunto, localizado en la costa mediterránea.

El área logística tiene un total de 6.602.340 m<sup>2</sup> y originalmente estaba formada íntegramente por Suelo No Urbanizable común, recogido en el Plan General de Sagunto.

Tanto el sector y, por ende, la terminal intermodal ferroviaria, se sitúan en un enclave privilegiado, entre los dos núcleos de población principal (de Sagunto y de Puerto de Sagunto), la ciudad de Valencia y el propio puerto de Sagunto. Los límites de este sector son:

- En su parte norte, con Suelo Urbano, polígono Industrial de la Mar.
- En su parte sur, con Suelo Urbano, polígono Industrial Parc Sagunt I, y suelo No Urbanizable.
- En su parte este, con Suelo Urbano, polígono Industrial Parc Sagunt I.
- En su parte oeste, con Suelo no Urbanizable, vía del ferrocarril Valencia – Castellón.



Ilustración 66 - Localización de Parc Sagunt II en Sagunto. Fuente: Plan Especial del Área Logística de Sagunto

Asimismo, también cabe destacar su posición excepcional desde el punto de vista de los principales ejes de comunicaciones de transporte terrestres (viarias y ferroviarias) y marítimas. Así, en este punto de la Comunidad Valenciana confluyen los Corredores Mediterráneo (por el cual pasarán todos los flujos del sureste peninsular hacia Francia) y Cantábrico-Mediterráneo (a través de Teruel hacia Zaragoza), ambos pertenecientes a la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T). En referencia

al marítimo, Parc Sagunt II y la terminal objeto de estudio se encuentran en las confluencias de dos puertos de interés general del Estado: el puerto de Sagunto y el de Valencia.

### 13.2. Accesos ferroviarios

Como resulta evidente, al tratarse de la mayor superficie de la Comunidad Valenciana para el desarrollo de usos y actividades logísticas, con más de 650 hectáreas disponibles, es necesaria la planificación de una eficiente red ferroviaria, que cuente con los accesos, las vías y las terminales suficientes para absorber los nuevos flujos de mercancías creados por este nuevo nodo logístico.

Es por este motivo que, tras llevar a cabo un estudio de alternativas, se ha optado por la siguiente solución (solución número 8). Tal como se puede comprobar en la siguiente imagen, la terminal objeto de estudio se representa como “instalación A”. Las características tanto de la terminal propuesta como de los accesos ferroviarios son las siguientes:

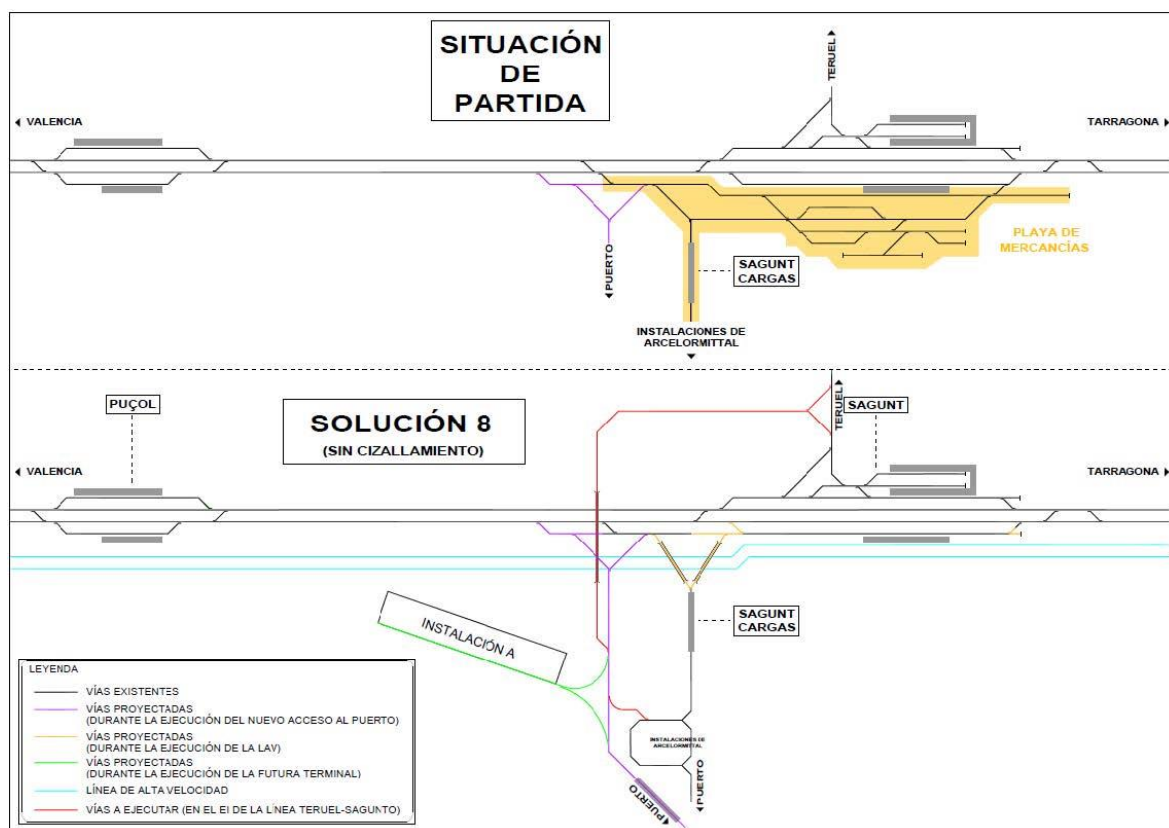


Ilustración 67 - Esquema ferroviario de la solución 8. Fuente: Plan Especial del Área Logística de Sagunto

### Conexión con la vía general:

- El acceso a la terminal desde Tarragona y la salida desde esta hacia Valencia se llevará a cabo a través del nuevo salto de carnero ejecutado en el nuevo acceso al puerto de la conexión con la vía de Teruel.
- Para el resto de conexiones se utilizará el nuevo acceso al puerto de Sagunto, actualmente en ejecución por Adif.

### Conexión con el nuevo Acceso Ferroviario al puerto de Sagunto

- La rampa máxima de estos accesos es de 9 milésimas.
- Se ha empleado como criterio un radio mínimo de 250 m.

### Nuevas instalaciones de mercancías

- Las instalaciones técnicas y logísticas (que en este caso es la terminal intermodal ferroviaria objeto de estudio, destacada en el plano como “Instalación A”) se ha situado de forma paralela a la CV-309, reduciendo así las posibles interferencias con el futuro trazado de la LAV Valencia – Castellón.
- Se ha considerado como solución más favorable una configuración en fondo de saco para la “Instalación A”.
- En el conjunto de esta terminal se podría encajar alguna vía de hasta 1.500 m en la zona técnica y de 750 m en la zona logística.

La nueva terminal (o “instalación A”) se encuentra ubicada entre las zonas logísticas de Sagunt I y Sagunt II, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen, y tendrá una entrada directa desde el nuevo acceso ferroviario al puerto de Sagunto.

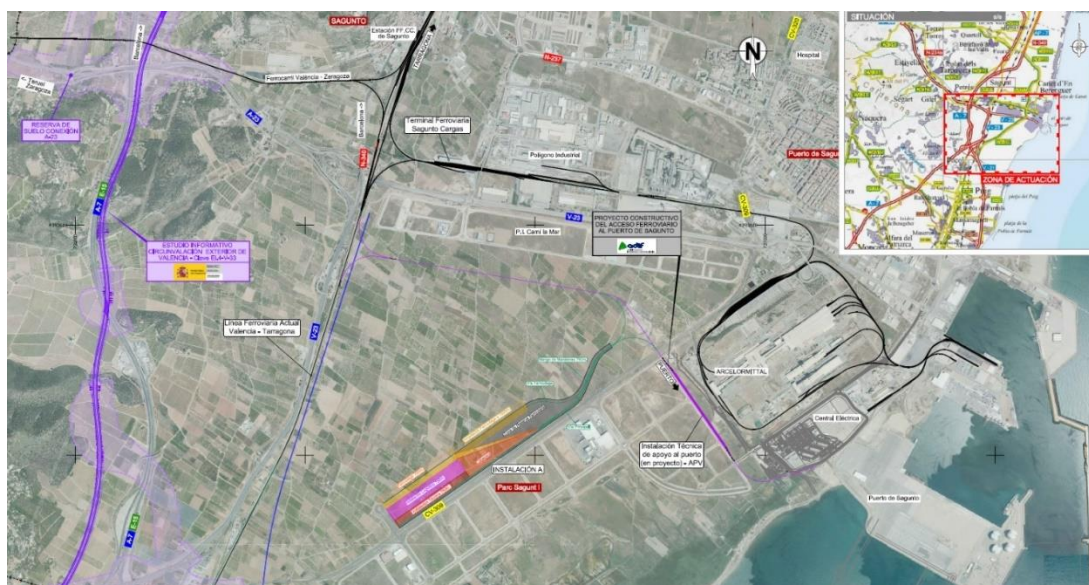


Ilustración 68 - Localización de la terminal. Fuente: Plan Especial del Área Logística de Sagunto

Tal como recoge el Plan Especial, la terminal está dividida en un conjunto de tres zonas bien diferenciadas: la instalación técnica (para vías de recepción y expedición y de clasificación); la instalación logística (para vías de carga y descarga); y finalmente una zona apta para Ferroutage. A estas se le suma una zona de cabecera y una de reserva ferroviaria. Todas estas áreas vienen recogidas en la siguiente imagen:

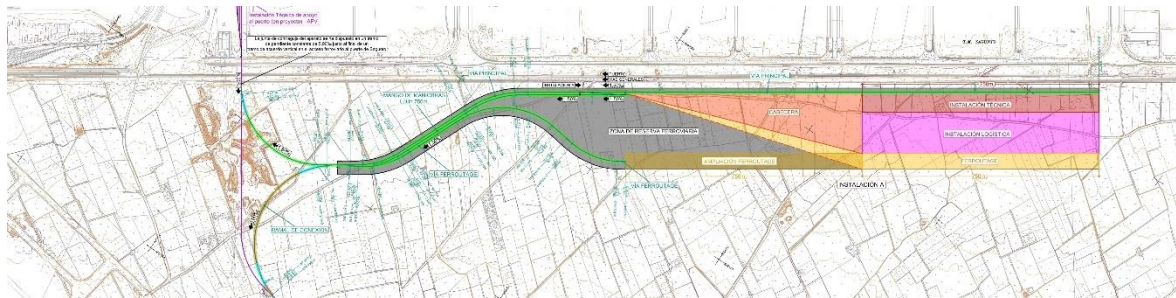


Ilustración 69 - Delimitación de la terminal. Fuente: Plan Especial del Área Logística de Sagunto

Asimismo, hay que señalar la delimitación de las vías de acceso a la terminal desde las nuevas vías al puerto de Sagunto y una vía de maniobras de 750 m puesto que al tratarse de una terminal en fondo de saco será necesaria para llevar a cabo los correspondientes movimientos de los trenes entre las diferentes zonas.

Una vez analizada el área de delimitación de la terminal ferroviaria, conviene analizar las ventajas e inconvenientes de esta solución ferroviaria con respecto a las no seleccionadas, que son las siguientes:

#### **Ventajas:**

- Se eliminan completamente los cizallamientos de todos los movimientos desde/hacia cualquiera de las instalaciones de la zona.
- Se garantiza la conexión con la vía de Teruel sin interferir con las vías generales de la línea Valencia – Barcelona.
- Con la configuración prevista no se hace necesario planear vías vivas en la terminal intermodal y, consecuentemente, de plantear otro cruce a distinto nivel con la línea Valencia – Barcelona más al suroeste del ámbito.
- Los gastos de inversión para los accesos ferroviarios son inferiores al aprovechar parte del tramo del nuevo acceso al puerto de Sagunto (promovido por Adif).

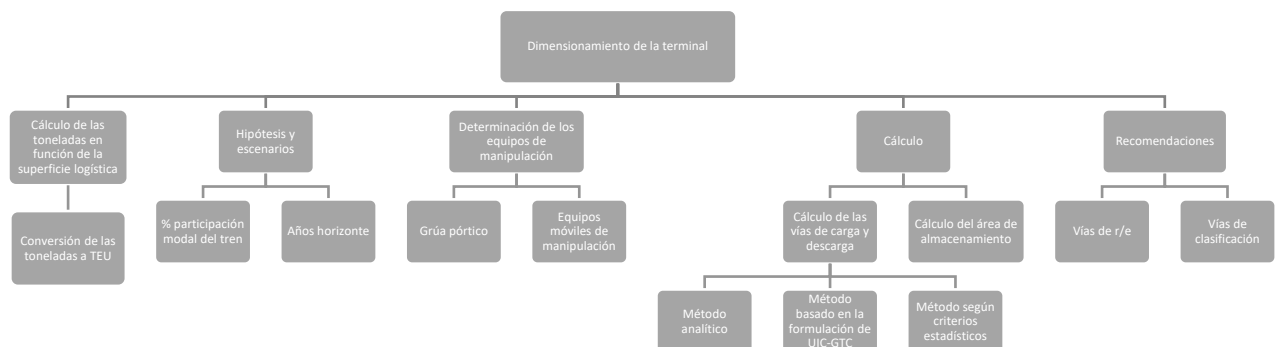
#### **Inconvenientes:**

- Dificultad en el encaje geométrico de la actuación: con parámetros ajustados de radios mínimos y rampas ficticias máximas.

- Requiere del encaje de radios reducidos (250 m) para el diseño de los ramales de conexión con el nuevo acceso ferroviario al puerto de Sagunto.
- Además, dichos ramales llegan a alcanzar las 12,2 milésimas de rampa ficticia.
- Es necesario definir una estructura de importantes dimensiones en el nuevo salto de carnero para poder salvar tanto la LAV, la línea convencional como la V-23.
- Finalmente, cabe destacar la necesidad de modernización de la línea de Teruel (permitir el ancho estándar y la electrificación).

### 13.3. Cálculo del número necesario de vías de carga y descarga

Una vez se ha localizado y caracterizado el área de actuación, recogido en el Plan Especial del Área Logística de Sagunto, es el momento de dimensionar el número de vías necesarias tanto para el área técnica como para la logística. Así, para el dimensionamiento de la terminal, se seguirá el siguiente esquema:



Para el dimensionamiento del área logística se seguirá el procedimiento explicado en el capítulo 11 “Cálculo del número necesario de vías de carga y descarga”. Como paso previo al empleo de todas las fórmulas expuestas en dicho capítulo, se llevará a cabo una estimación de las toneladas generadas por la industria localizada (tanto en la actualidad como el futuro) en el suelo logístico tanto de Sagunt I como de Sagunt II.

Para ello, se empleará la hipótesis recogida en el Estudio ACTE 2010 de que cada metro cuadrado de suelo bruto logístico es capaz de generar 3 toneladas de mercancías al año. De esta forma, estas son las toneladas que se generarían en cada una de las áreas logísticas:

	Suelo logístico (m <sup>2</sup> ) (aproximación logístico puro + industrial logístico)	TONELADAS (estimación anual)	Equiv. Aproximada en TEU (1 contenedor 20' 25t)
<b>PS I</b>	975.806	2.927.418	117.097
<b>PS II</b>	2.830.708	8.492.124	339.685
<b>TOTAL</b>	3.806.514	11.419.542	456.782

Tabla 28 - Cálculo de los TEU en función del suelo logístico. Fuente: propia

Una vez estimadas las toneladas generadas en el conjunto del suelo logístico de Parc Sagunt I y II (pues la terminal intermodal ferroviaria se situará en el centro de las dos), se estimará cuál es la equivalencia de estas toneladas a TEU (pues las fórmulas funcionan con esta unidad).

Grosso modo, la capacidad máxima de carga de un contenedor de 20 pies (1 TEU) es de 25.000 kg<sup>23</sup>, por lo que llevando a cabo esta relación se puede obtener los TEU producidos en el conjunto de las dos áreas logísticas.

Así, Parc Sagunt I generaría un total de 117.097 TEU y Parc Sagunt II 339.685 TEU, siendo la suma de 456.782 TEU.

Sin embargo, el número anterior de TEU no va a ser gestionado únicamente por la terminal intermodal ferroviaria, pues la mayor parte de contenedores serán transportados por carretera. Es por este motivo que conviene considerar diferentes escenarios que tengan en cuenta los siguientes criterios:

- La hipótesis del porcentaje que es capaz de captar el transporte por ferrocarril. De este modo, en función de los datos analizados en el capítulo 4 "Situación del transporte de mercancías por ferrocarril en España", se han esbozado tres posibles escenarios:
  - Pesimista: el ferrocarril únicamente capta el 5% del tráfico de contenedores. Es decir, se queda en la media nacional del transporte de mercancías por ferrocarril.
  - Intermedio: el ferrocarril es capaz de captar el 10% del tráfico de contenedores. En este escenario, se logra doblar la media nacional, aunque todavía lejos de las medias de otros países europeos.
  - Optimista: el ferrocarril es capaz de captar el 20% del tráfico de contenedores. Aquí la situación se equipararía a Alemania, donde una gran cantidad de sus mercancías se mueven por ferrocarril.
- La hipótesis de la ocupación de cada uno de los parques logísticos. Así, también se tendrá en cuenta que, pese a que Parc Sagunt I esté prácticamente vendido y muchas de sus parcelas ya construidas, Parc Sagunt II puede seguir un recorrido diferente a lo largo de las dos próximas décadas. De esta forma, se han considerado 2 horizontes, 2030 y 2040, y diferentes porcentajes de ocupación del terreno logístico.

<sup>23</sup> [Medidas y capacidad contenedor Dry 20' y 40' | DSV. \(s. f.\)](#). Consultado en abril de 2022.

Así, los diferentes escenarios quedarían de la siguiente forma:

	<b>Horizonte 2030</b>	<b>Horizonte 2040</b>
<b>Escenario pesimista</b>	El ferrocarril capta el 5% del tráfico Ocupación del 90% de PS I Ocupación del 25% de PS II	El ferrocarril capta el 5% del tráfico Ocupación del 90% de PS I Ocupación del 50% de PS II
<b>Escenario intermedio</b>	El ferrocarril capta el 10% del tráfico Ocupación del 100% de PS I Ocupación del 50% de PS II	El ferrocarril capta el 10% del tráfico Ocupación del 100% de PS I Ocupación del 80% de PS II
<b>Escenario optimista</b>	El ferrocarril capta el 20% del tráfico Ocupación del 100% de PS I Ocupación del 80% de PS II	El ferrocarril capta el 20% del tráfico Ocupación del 100% de PS I Ocupación del 100% de PS II

Tabla 29 - Diferentes horizontes y escenarios a tener en cuenta. Fuente: propia

Ante estos escenarios, los TEU gestionados por la terminal intermodal ferroviaria objeto de estudio serían los siguientes:

	<b>Horizonte 2030 (TEU)</b>	<b>Horizonte 2040 (TEU)</b>
<b>Escenario pesimista</b>	9.515	13.761
<b>Escenario intermedio</b>	28.694	38.884
<b>Escenario optimista</b>	77.769	91.356

Tabla 30 - TEU considerados en función del horizonte y del escenario. Fuente: propia

Una vez calculados los TEU generados por las áreas logísticas para los diferentes escenarios, ya se pueden emplear las fórmulas establecidas en el capítulo 11 para los tres métodos establecidos.

### 13.3.1. Método analítico

Los resultados de emplear los datos anteriormente expuestos son los siguientes:



## 13.3.1.1. Bajo capacidad dinámica

**Datos de entrada:**

Terminal operando bajo capacidad DINÁMICA								
Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
			2030	2040	2030	2040	2030	2040
Tiempo necesario empleado por la maquinaria para llevar a cabo el ciclo completo de manipulación de una UTI	$C_t$	s/op	240	240	240	240	120	120
Nº máximo de operaciones completas de manipulación de una ETI que puede llevar a cabo un equipo por hora	$T_{op}$	op/h	15	15	15	15	30	30
Ratio medio de funcionamiento de los equipos de manipulación	$\eta T$	-	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50
Número de días operativos al año	$W_y$	día/año	299	299	299	299	299	299
Número de horas operativas al día	$W_d$	h/día	18	18	18	18	18	18
Demanda de transporte anual a manipular en la terminal ferroviaria, prevista para el año de mayor volumen de transporte de su vida útil y expresada en TEU	$C_{TEU}$	TEU/año	9.515	13.761	28.694	38.884	77.769	91.356
Factor de pico diario	$F_{pd}$	-	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
Ratio de transbordo directo	DL	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Fracción de tráfico de exportación	$TF_{exp}$	-	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Fracción de tráfico de importación	$TF_{imp}$	-	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Factor de conversión de UTI a TEU	$TEU_f$	TEU/UTI	1,2975	1,2975	1,2975	1,2975	1,2975	1,2975
Capacidad de los trenes que pueden ser cargados y descargados en una determinada vía	$CT_{TEU}$	TEU/tren	100	100	100	100	100	100
Tiempo adicional que emplea un tren estacionado en una vía de carga y descarga que no está directamente vinculado a dichas tareas de carga y descarga	$T_{rot}$	h/tren	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Nivel de seguridad requerido relacionado con el tiempo total utilizado por cada tren en una vía de carga y descarga	SL	-	80	80	80	80	80	80
Radio máximo de dispersión del tiempo total de ocupación de una vía de transbordo por parte de cada tren	$dr_{max}$	-	40	40	40	40	40	40

Tabla 31 -Datos de entrada empleando el método analítico (capacidad dinámica). Fuente: propia

La justificación de la elección de los anteriores valores de partida es la siguiente:

- $C_t$  de 240 s/op para los 4 primeros escenarios ya que, como se comprobará posteriormente, aquí actuarán equipos móviles de manipulación. Los otros dos escenarios serán gestionados por grúas pórtico, de ahí que se emplee un valor de 120 s/op.

- Un  $\eta_T$  de 0,60 para las terminales operadas por equipos móviles de manipulación y de 0,50 para aquellas en las que hay grúas pórtico.
- Las terminales estarán operativas un total de 299 días al año (aquí se han tenido en cuenta domingos y días festivos en la localidad de Sagunto).
- Asimismo, la terminal operará un total de 18 horas al día.
- El factor pico  $F_{p_d}$  se ha establecido en 1,27 (tiene que estar entre 1,25 y 1,30).
- La ratio de transbordo directo se ha fijado en 0,70.
- Según datos de los contenedores movidos en el puerto de Sagunto, la fracción de exportación suele estar cerca del 32% y la de importación en el 68%.
- El factor de conversión  $TEU_f$  se ha calculado teniendo en cuenta la siguiente distribución: un 45% de contenedores de 20', un 52% de contenedores de 30' y un 3% de contenedores de 45'. Esto tiene como resultado un factor de 1,2975.
- Como las vías serán de como mínimo 740 m, los trenes tendrán una capacidad de 100 TEU/tren.
- Finalmente, se ha establecido un  $T_{rot}$  de 1,33 h/tren (tiene que estar entre 1 y 2), un nivel de seguridad del 80% y un radio máximo de dispersión del 40% (recomendado entre el 30 y el 50%).

Antes de analizar los datos de salida, se puede comprobar qué tipo de equipo de manipulación es necesario para cada escenario (recomendaciones recogidas en el punto 9.1.1. "Criterios para escoger entre grúas pórtico y equipos móviles de manipulación"):

¿Debería ser operado por grúas pórtico o por equipos móviles de manipulación?							
Demanda de tráfico anual (para el año de mayor volumen de transporte) inferior a 30.000 UTI/año	$C_{UTI} \leq 30.000$ UTI/año	EM	EM	EM	EM	GP	GP
Demanda media de tráfico (para el año de mayor volumen de transporte) inferior a 120 UTI/día	$C_{UTI}/W_y \leq 120$ UTI/día	EM	EM	EM	EM	GP	GP
Número de trenes diarios recibidos (Ddtn) no superior a dos	$Ddtn \leq 2$ tren/día	EM	EM	EM	EM	GP	GP
¿Grúa pórtico (GP) o Equipo móvil (EM)?		EM	EM	EM	EM	GP	GP

Tabla 32 - Determinación del equipo de manipulación en función del escenario y del horizonte. Fuente: propia

Tal como se puede comprobar, los primeros cuatro escenarios (tanto el pesimista como el intermedio para los dos horizontes) deberían ser operados por equipos móviles de manipulación, como los *Reach-Stacker*. Por otra parte, los dos escenarios optimistas están indicados para ser operados por grúas pórtico.

**Datos de salida:**

Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
			2030	2040	2030	2040	2030	2040
Nº efectivo operaciones manipulación UTI a la hora	A <sub>op</sub>	op/h	9	9	9	9	15	15
Demanda máxima de transporte anual, en función de las UTI	C <sub>UTI</sub>	UTI/año	7.333,65	10.606,15	22.114,77	29.968,76	59.937,52	70.409,51
Nº medio operaciones llevadas a cabo por la maquinaria para completar el transbordo de una UTI	C <sub>hf</sub>	op/UTI	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Requerimiento anual máxima de número de operaciones de manipulación de UTI por parte de la maquinaria de carga y descarga	C <sub>op</sub>	op/año	9.533,75	13.787,99	28.749,21	38.959,39	77.918,78	91.532,36
Nº mínimo de equipos de manipulación	C <sub>ea</sub> *	-	0,25	0,36	0,75	1,02	1,23	1,44
Nº entero de equipos de manipulación	C <sub>ea</sub>	-	1	1	1	2	2	2
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga	YHC <sub>op</sub>	op/año	48.438,00	48.438,00	48.438,00	96.876,00	161.460,00	161.460,00
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de las UTI transbordadas	YHC <sub>UTI</sub>	UTI/año	37.260,00	37.260,00	37.260,00	74.520,00	124.200,00	124.200,00
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de los TEU transbordados	YHC <sub>TEU</sub>	TEU/año	48.344,85	48.344,85	48.344,85	96.689,70	161.149,50	161.149,50
Nº máximo de UTI a transbordar en un día	DHC	UTI/día	31,15	45,05	93,93	127,29	254,58	299,06
Capacidad de los trenes que pueden ser atendidos en cada vía de carga y descarga	CTR <sub>UTI</sub>	UTI/tren	77,07	77,07	77,07	77,07	77,07	77,07
Nº máximo de trenes al día que pueden acceder a la terminal	Ddtn*	trenes/día	0,27	0,40	0,83	1,12	2,25	2,64
Número entero (máximo) de trenes al día que pueden acceder a la terminal	Ddtn	trenes/día	1	1	1	2	3	3
Nº de servicios ferroviarios al día con origen o destino la terminal objeto de estudio	Ddrs	servicios ferroviarios/día	2	2	2	4	6	6
Fracción de vagones vacíos sobre el total de trenes que se mueven en la terminal	Few	-	0,9632	0,6660	0,3194	0,4714	0,3535	0,3010
Capacidad media de un equipo de manipulación	Trhc	TEU/h	8,98	8,98	8,98	8,98	14,97	14,97
Tiempo que emplea un equipo de manipulación en cargar o descargar un tren	Trht	h/tren	11,13	11,13	11,13	11,13	6,68	6,68
Factor de corrección por efecto de la disponibilidad real de los equipos de manipulación de carga y descarga	K <sub>cd</sub>	-	0,0492	0,4461	0,9090	0,7060	0,8094	0,8752
Tiempo que emplea la proporción disponible de equipos en cargar o descargar un tren completo	Trhtd	h/tren	0,55	4,97	10,12	7,86	5,41	5,85
Media del tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga por cada tren, en las condiciones correspondientes al día anual de mayor volumen de tráfico	Trtot <sub>m</sub>	h/tren	1,37	4,65	15,11	9,64	8,32	9,50
Tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga que se le debe asignar a un tren concreto para llegar al SL establecido	Trtot <sub>SL</sub>	h/tren	1,57	5,33	17,33	11,06	9,54	10,90
Número de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	Dtn*	trenes/día	11,45	3,38	1,04	1,63	1,89	1,65
Número entero de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	Dtn	trenes/día	11	3	1	1	1	1
Nº mínimo necesario de vías de carga y descarga	Dntn*	-	0,09	0,33	1,00	2,00	3,00	3,00
Nº entero necesario de vías de carga y descarga	Dntn	-	1	1	1	2	3	3

Tabla 33 - Datos de salida empleando el método analítico (capacidad dinámica). Fuente: propia



Como se puede deducir de la anterior tabla, el número mínimo de vías de carga y descarga para los diferentes escenarios es el siguiente:

- Para el escenario pesimista y horizonte 2030, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Como en este caso la terminal va a estar operada por equipos móviles de manipulación (*Reach-Stacker*), Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan un mínimo de 2 vías de carga y descarga. Se necesita un mínimo de 1 equipo de manipulación.
- Para el escenario pesimista y horizonte 2040, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Al igual que en el caso anterior, los autores recomiendan un mínimo de 2 vías de este tipo. Se necesita un mínimo de 1 equipo de manipulación.
- Para el escenario intermedio y horizonte 2030, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Al igual que en los casos anteriores, los autores recomiendan un mínimo de 2 vías de este tipo. Se necesita un mínimo de 1 equipo de manipulación.
- Para el escenario intermedio y horizonte 2040, se necesitan un total de 2 vías de carga y descarga. Se necesita un mínimo de 2 equipos de manipulación.
- Para el escenario optimista y horizonte 2030, se necesitan un total de 3 vías de carga y descarga. Al estar operada esta terminal por grúas pórtico, Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan un mínimo de 4 vías de este tipo. Es necesario un mínimo de 2 grúas pórtico.
- Para el escenario optimista y horizonte 2040, se necesitan un total de 3 vías de carga y descarga. Al igual que ocurría con el caso anterior, los autores recomiendan un mínimo de 4 vías de este tipo. Es necesario un mínimo de 2 grúas pórtico.

#### 13.3.1.2. Bajo capacidad estática

##### **Datos de entrada:**

Los datos de entrada son exactamente los mismos que los anteriormente compartidos para la capacidad dinámica.

##### **Datos de salida:**

Los resultados también coinciden prácticamente en la mayoría de los apartados, a excepción de Dtn (por la propia definición de la capacidad estática, pues este parámetro debe ser siempre igual a la unidad). Sin embargo, pese a esta diferencia, el número de vías de carga y descarga obtenido para cada uno de los escenarios es exactamente el mismo:

Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
			2030	2040	2030	2040	2030	2040
Nº efectivo operaciones manipulación UTI a la hora	A <sub>op</sub>	op/h	9	9	9	9	15	15
Demanda máxima de transporte anual, en función de las UTI	C <sub>UTI</sub>	UTI/año	7.333,65	10.606,15	22.114,77	29.968,76	59.937,52	70.409,51
Nº medio operaciones llevadas a cabo por la maquinaria para completar el transbordo de una UTI	C <sub>hf</sub>	op/UTI	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Requerimiento anual máxima de número de operaciones de manipulación de UTI por parte de la maquinaria de carga y descarga	C <sub>op</sub>	op/año	9.533,75	13.787,99	28.749,21	38.959,39	77.918,78	91.532,36
Nº mínimo de equipos de manipulación	C <sub>ea</sub> *	-	0,25	0,36	0,75	1,02	1,23	1,44
Nº entero de equipos de manipulación	C <sub>ea</sub>	-	1	1	1	2	2	2
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga	YHC <sub>op</sub>	op/año	48.438,00	48.438,00	48.438,00	96.876,00	161.460,00	161.460,00
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de las UTI transbordadas	YHC <sub>UTI</sub>	UTI/año	37.260,00	37.260,00	37.260,00	74.520,00	124.200,00	124.200,00
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de los TEU transbordados	YHC <sub>TEU</sub>	TEU/año	48.344,85	48.344,85	48.344,85	96.689,70	161.149,50	161.149,50
Nº máximo de UTI a transbordar en un día	DHC	UTI/día	31,15	45,05	93,93	127,29	254,58	299,06
Capacidad de los trenes que pueden ser atendidos en cada vía de carga y descarga	CTr <sub>UTI</sub>	UTI/tren	77,07	77,07	77,07	77,07	77,07	77,07
Nº máximo de trenes al día que pueden acceder a la terminal	Ddt <sub>n</sub> *	trenes/día	0,27	0,40	0,83	1,12	2,25	2,64
Número entero (máximo) de trenes al día que pueden acceder a la terminal	Ddt <sub>n</sub>	trenes/día	1	1	1	2	3	3
Nº de servicios ferroviarios al día con origen o destino la terminal objeto de estudio	Ddrs	servicios ferroviarios/día	2	2	2	4	6	6
Fracción de vagones vacíos sobre el total de trenes que se mueven en la terminal	Few	-	0,9632	0,6660	0,3194	0,4714	0,3535	0,3010
Capacidad media de un equipo de manipulación	Trhc	TEU/h	8,98	8,98	8,98	8,98	14,97	14,97
Tiempo que emplea un equipo de manipulación en cargar o descargar un tren	Trht	h/tren	11,13	11,13	11,13	11,13	6,68	6,68
Factor de corrección por efecto de la disponibilidad real de los equipos de manipulación de carga y descarga	K <sub>cd</sub>	-	0,0492	0,4461	0,9090	0,7060	0,8094	0,8752
Tiempo que emplea la proporción disponible de equipos en cargar o descargar un tren completo	Trhtd	h/tren	0,55	4,97	10,12	7,86	5,41	5,85
Media del tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga por cada tren, en las condiciones correspondientes al día anual de mayor volumen de tráfico	Trtot <sub>m</sub>	h/tren	1,37	4,65	15,11	9,64	8,32	9,50
Tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga que se le debe asignar a un tren concreto para llegar al SL establecido	Trtot <sub>SL</sub>	h/tren	1,57	5,33	17,33	11,06	9,54	10,90
Número de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	Dtn*	trenes/día	1	1	1	1	1	1
Número entero de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	Dtn	trenes/día	1	1	1	1	1	1
Nº mínimo necesario de vías de carga y descarga	Dnt <sub>n</sub> *	-	1	1	1	2	3	3
Nº entero necesario de vías de carga y descarga	Dnt <sub>n</sub>	-	1	1	1	2	3	3

Tabla 34 - Datos de entrada empleando el método analítico (capacidad estática). Fuente: propia

### 13.3.2. Método basado en la formulación de UIC-GTC

En este método se han empleado los siguientes parámetros de entrada:

- Un factor de pico diario de 1,27.
- Un  $K_T$  de 0,1443 (dicho parámetro debe situarse entre 0,1443 y 0,1520 TEU/m).
- Una ratio media de uso efectivo de la capacidad total de un tren de 0,75 (valores entre 0,70 y 0,80).
- Un factor de flujo igual a la unidad, pues este método está especialmente indicado para la capacidad estática.
- Al igual que ocurría con el método anterior, la terminal estará operativa un total de 299 días al año.
- La longitud de las vías de carga y descarga será de 740 m (por recomendación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana).

MÉTODO DEL UIC-GTC (capacidad ESTÁTICA)								
Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
			2030	2040	2030	2040	2030	2040
Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña	$C_{TEU}$	TEU/año	9.515	13.761	28.694	38.884	77.769	91.356
Factor de pico diario	$Fp_d$	-	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
Factor que vincula la capacidad máxima en TEU de una plataforma portacontenedores con la longitud de la misma medida entre topes	$K_T$	TEU/m	0,1443	0,1443	0,1443	0,1443	0,1443	0,1443
Ratio medio de uso efectivo de la capacidad total de un tren	$U_c$	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Factor de flujo	FF	(día) <sup>-1</sup>	1	1	1	1	1	1
Nº de días operativos al año	$N_{TD}$	días/año	299	299	299	299	299	299
Longitud útil de recepción de las vías de carga y descarga de la terminal	$L_u^R$	m	740	740	740	740	740	740
Longitud necesaria para el conjunto de todas las vías de carga y descarga de la terminal	$L_{vt}^{tot}$	m	186,73	270,05	563,07	763,05	1.526,09	1.792,72
Nº mínimo necesario de vías de carga y descarga	$Dntn^*$	-	0,25	0,36	0,76	1,03	2,06	2,42
Nº entero necesario de vías de carga y descarga	$Dntn$	-	1	1	1	2	3	3

Tabla 35 - Datos de entrada y salida empleando el método del UIC-GTC. Fuente: propia

La aplicación de las fórmulas tiene como resultado el siguiente número de vías de carga y descarga:

- Para el escenario pesimista y horizonte 2030, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Como en este caso la terminal va a estar operada por equipos móviles de

manipulación (*Reach-Stacker*), Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan un mínimo de 2 vías de carga y descarga.

- Para el escenario pesimista y horizonte 2040, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Al igual que en el caso anterior, los autores recomiendan un mínimo de 2 vías de este tipo.
- Para el escenario intermedio y horizonte 2030, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Al igual que en los casos anteriores, los autores recomiendan un mínimo de 2 vías de este tipo.
- Para el escenario intermedio y horizonte 2040, se necesitan un total de 2 vías de carga y descarga.
- Para el escenario optimista y horizonte 2030, se necesitan un total de 3 vías de carga y descarga. Al estar operada esta terminal por grúas pórtico, Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan un mínimo de 4 vías de este tipo.
- Para el escenario optimista y horizonte 2040, se necesitan un total de 3 vías de carga y descarga. Al igual que ocurría con el caso anterior, los autores recomiendan un mínimo de 4 vías de este tipo.

Tal como se puede comprobar, tanto el método analítico como el de UIC-GTC han llegado a los mismos resultados.

### 13.3.3. Método según criterios estadísticos

Finalmente, a la hora de emplear este método se introducirán los siguientes parámetros de entrada:

- Un factor de pico diario de 1,27.
- Un factor de conversión de 1,2975, también empleado en el método analítico.
- La longitud de las vías de carga y descarga será de 740 m (por recomendación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana).
- La  $P_R$  será de 0,80 (valores situados entre 0,70 y 0,90).
- Finalmente, el valor de cálculo de la capacidad anual por metro de vía de carga y descarga será la obtenida de la tabla dispuesta en el punto 11.3.

MÉTODOS ESTADÍSTICOS (capacidad ESTÁTICA)								
Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario pesimista		Escenario intermedio		Escenario optimista	
			2030	2040	2030	2040	2030	2040
Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña	$C_{TEU}$	TEU/año	9.515	13.761	28.694	38.884	77.769	91.356
Factor de pico diario	$F_{pD}$	-	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
Factor de conversión de UTI a TEU	$TEU_f$	TEU/UTI	1,2975	1,2975	1,2975	1,2975	1,2975	1,2975
Longitud útil de recepción de las vías de carga y descarga de la terminal	$L_u^R$	m	740	740	740	740	740	740
Probabilidad asociada a que la capacidad por metro de vía de carga y descarga de la terminal sea superior al valor de cálculo considerado para su dimensionamiento	$P_R$	-	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Demanda máxima de transporte anual, para el año de mayor tráfico de la vida útil de la terminal	$C_{UTI}$	UTI/año	7.333,65	10.606,15	22.114,77	29.968,76	59.937,52	70.409,51
Valor de cálculo de la capacidad anual por metro de vía de carga y descarga, en UTI	$R_{UTI}^C$	(UTI/año)/m	29,23	29,23	29,35	29,81	31,54	32,15
Valor de cálculo de la capacidad anual por metro de vía de carga y descarga, en TEU	$R_{TEU}^C$	(TEU/año)/m	37,93	37,93	38,08	38,67	40,92	41,71
Longitud necesaria para el conjunto de todas las vías de carga y descarga de la terminal	$L_{vt}^{tot}$	m	318,64	460,82	956,89	1.276,96	2.413,46	2.781,68
Nº mínimo necesario de vías de carga y descarga	$D_{ntn}^*$	-	0,43	0,62	1,29	1,73	3,26	3,76
Nº entero necesario de vías de carga y descarga	$D_{ntn}$	-	1	1	2	2	4	4

Tabla 36 - Datos de entrada y salida empleando métodos estadísticos. Fuente: propia

La aplicación de este método tiene como resultado el siguiente número de vías de carga y descarga:

- Para el escenario pesimista y horizonte 2030, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Como en este caso la terminal va a estar operada por equipos móviles de manipulación (*Reach-Stacker*), Conles, E. J. *et al.* (2009) recomiendan un mínimo de 2 vías de carga y descarga.
- Para el escenario pesimista y horizonte 2040, se necesita un total de 1 vía de carga y descarga. Al igual que en el caso anterior, los autores recomiendan un mínimo de 2 vías de este tipo.
- Para el escenario intermedio y horizonte 2030, se necesita un total de 2 vías de carga y descarga.
- Para el escenario intermedio y horizonte 2040, se necesitan un total de 2 vías de carga y descarga.
- Para el escenario optimista y horizonte 2030, se necesitan un total de 4 vías de carga y descarga, siendo el mínimo recomendado por Conles, E. J. *et al.* (2009) para terminales operadas por grúas pórtico.
- Para el escenario optimista y horizonte 2040, se necesitan un total de 4 vías de carga y descarga, siendo el mínimo recomendado por los autores para terminales operadas por grúas pórtico.



De los resultados anteriores, se puede concluir que este método es ligeramente más conservador que los otros dos métodos. Sin embargo, es el que más se acerca a las recomendaciones mínimas de número de vías de carga y descarga de los autores.

#### 13.3.4. Conclusiones

De los resultados anteriores, se pueden extraer finalmente el número necesario de vías de carga y descarga para cada escenario:

	Horizonte 2030	Horizonte 2040
<b>Escenario pesimista</b>	Terminal operada por equipos móviles de manipulación ( <i>Reach-Stacker</i> ) 1 equipo de manipulación 2 vías de carga y descarga	Terminal operada por equipos móviles de manipulación ( <i>Reach-Stacker</i> ) 1 equipo de manipulación 2 vías de carga y descarga
<b>Escenario intermedio</b>	Terminal operada por equipos móviles de manipulación ( <i>Reach-Stacker</i> ) 1 equipo de manipulación 2 vías de carga y descarga	Terminal operada por equipos móviles de manipulación ( <i>Reach-Stacker</i> ) 2 equipos de manipulación 2 vías de carga y descarga
<b>Escenario optimista</b>	Terminal operada por grúas pórtico 2 grúas pórtico 4 vías de carga y descarga	Terminal operada por grúas pórtico 2 grúas pórtico 4 vías de carga y descarga

Tabla 37 - Número necesario de vías de carga y descarga para cada escenario. Fuente: propia

#### 13.4. Determinación de otras vías auxiliares

En función de las recomendaciones recogidas en el capítulo 9 “*Configuración general en planta de una terminal intermodal ferroviaria*”, estas son las vías de recepción y expedición y las de clasificación necesarias para una terminal intermodal ferroviaria:

- Se recomienda una relación 1:1, desde el punto de vista funcional y económico, entre las vías de carga y descarga y las de recepción y expedición.
- Asimismo, desde el punto de vista empírico de los ferrocarriles alemanes, se aconseja contar con un mínimo de 2 vías de apartadero o de clasificación. Este número puede reducirse a una única vía de apartado en el caso de aquellas terminales operadas por equipos móviles de manipulación.

De esta forma, a las vías de carga y descarga calculadas con anterioridad, se deberán también sumar las siguientes vías:

	<b>Horizonte 2030</b>	<b>Horizonte 2040</b>
<b>Escenario pesimista</b>	2 vías de recepción y expedición 1 vía de clasificación	2 vías de recepción y expedición 1 vía de clasificación
<b>Escenario intermedio</b>	2 vías de recepción y expedición 1 vía de clasificación	2 vías de recepción y expedición 1 vía de clasificación
<b>Escenario optimista</b>	4 vías de recepción y expedición 2 vías de clasificación	4 vías de recepción y expedición 2 vías de clasificación

Tabla 38 - Número necesario de vías auxiliares para cada escenario. Fuente: propia

### 13.5. Vías para el Ferroutage

A todas las vías anteriores se le sumará **una vía específica para la carga y descarga de los servicios de autopista ferroviaria**. Así, se ha optado por la tecnología Modalohr, para la cual se seguirán las recomendaciones de diseño marcadas por el Ministerio y que han sido desarrolladas convenientemente en el capítulo 9.4. *“Configuración en planta para terminales con servicios de Ferroutage”*.

### 13.6. Dimensionamiento del área de almacenamiento

Finalmente, una vez conocido el número necesario de vías para la terminal intermodal ferroviaria objeto de estudio, se debe dimensionar el área para el almacenamiento temporal de la mercancía. Para ello, se diferenciará entre aquellos escenarios en los que hay equipos móviles de manipulación y entre los que se emplea grúas pórtico.

#### 13.6.1. Terminales operadas por equipos móviles de manipulación

Este es el caso concreto de los escenarios pesimista e intermedio tanto para el horizonte 2030 como el de 2040. Como ya es conocida la máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña, estos son tanto los datos de entrada como los de salida:

## Terminal operada con EQUIPOS MÓVILES DE MANIPULACIÓN

Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario pesimista		Escenario intermedio	
			2030	2040	2030	2040
Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña	$C_{TEU}$	TEU/año	9.515	13.761	28.694	38.884
Número de días operativos al año	$W_y$	día/año	299	299	299	299
Factor de pico diario	$F_{pd}$	-	1,27	1,27	1,27	1,27
Ratio de transbordo directo	DL	-	0,7	0,7	0,7	0,7
Tiempo medio de permanencia de las unidades de carga en la zona de depósito temporal	$t_p^m$	días	1,75	1,75	1,75	1,75
Altura máxima de apilado	$H_{max}$	-	4	4	4	4
Altura media de apilado que se toma como máxima conveniente, incluso durante las jornadas de mayor volumen de tráfico	$H_{med}$	-	1,75	1,75	1,75	1,75
Superficie en planta necesaria para depositar un TEU, incluyendo la parte proporcional correspondiente a pasillos interiores de circulación y maniobra para los equipos de manipulación	$S_{TEU}$	m <sup>2</sup> /TEU	72	72	72	72
Capacidad requerida para el área de almacenamiento, según las condiciones de transporte dadas	$CDep^{req}$	TEU	21,22	30,69	63,99	86,71
Superficie requerida para el área de almacenamiento, dada la altura media de apilado	$S_d$	m <sup>2</sup>	873,00	1.262,56	2.632,55	3.567,49
Capacidad máxima disponible de la zona de depósito temporal	$CDep^{max}$	TEU	48,50	70,14	146,25	198,19

Tabla 39 - Datos de entrada y salida a la hora de dimensionar el área de almacenamiento con equipos móviles de manipulación. Fuente: propia

La justificación de la elección de los anteriores valores de partida es la siguiente:

- La terminal, tal como ocurría con el resto de hipótesis anteriores, está operativa un total de 299 días al año.
- El factor de pico diario es de 1,27.
- La ratio de transbordo directo vuelve a ser de 0,70.
- El tiempo medio de permanencia de las unidades de carga en la zona de depósito temporal se ha establecido en 1,75 días (se recomienda que no sea inferior a 1 día).
- La altura máxima de apilado para *Reach-Stackers* debe estar entre 4 y 6.
- La altura media como recomendación debe situarse entre una y algo menos de 2 alturas. De ahí que se haya escogido 1,75.

- Finalmente, la superficie en planta necesaria para depositar un TEU, incluyendo la parte proporcional correspondiente a pasillos interiores de circulación y maniobra para *Reach-Stackers* es de 72 m<sup>2</sup>/TEU.

De esta forma, la superficie requerida para el área de almacenamiento, dada la altura media de apilado, para los diferentes escenarios es la siguiente:

	Horizonte 2030 (m <sup>2</sup> )	Horizonte 2040 (m <sup>2</sup> )
Escenario pesimista	873,00	1.262,56
Escenario intermedio	2.632,55	3.567,49

Tabla 40 - Superficie requerida para el área de almacenamiento, dada la altura media de apilado. Fuente: propia

### 13.6.2. Terminales operadas por grúas pórtico

Para concluir, se calculará el número de filas necesarias para los dos últimos casos del escenario optimista:

Terminal operada con GRÚAS PÓRTICO				
Descripción	Símbolo	Unidades	Escenario optimista	
			2030	2040
Máxima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña	$C_{TEU}$	TEU/año	77.769	91.356
Número de días operativos al año	$W_y$	día/año	299	299
Factor de pico diario	$Fp_d$	-	1,27	1,27
Ratio de transbordo directo	DL	-	0,7	0,7
Tiempo medio de permanencia de las unidades de carga en la zona de depósito temporal	$t_p^m$	días	1,25	1,25
Longitud de cada fila de depósito temporal de unidades de carga	Lfd	m	735	735
Factor de aprovechamiento efectivo sobre la capacidad teórica de las filas de depósito temporal	$K_f$	-	0,77	0,77
Porcentaje de unidades de carga de 20'	$P_{20}$	%	45	45
Porcentaje de unidades de carga de 30'	$P_{30}$	%	52	52
Porcentaje de unidades de carga de 40'	$P_{40}$	%	0	0
Porcentaje de unidades de carga de 45'	$P_{45}$	%	3	3
Altura máxima de apilado	$H_{max}$	-	3	3
Altura media de apilado que se toma como máxima conveniente, incluso durante las jornadas de mayor volumen de tráfico	$H_{med}$	-	1,65	1,65
Capacidad requerida para el área de almacenamiento, según las condiciones de transporte dadas	$CDep^{req}$	TEU	123,87	145,51
Capacidad efectiva de una fila de depósito temporal por cada altura unitaria de apilamiento	$Cfd_i$	TEU	84,89	84,89
Número requerido de filas de depósito temporal de unidades de carga para la altura media de apilado	$Nfd^*$	-	0,88	1,04
Número entero de filas de depósito temporal de unidades de carga para la altura media de apilado	$Nfd$	-	1	2
Capacidad efectiva máxima, considerando la máxima altura	$CDep_r^{max}$	TEU	254,67	509,33

Tabla 41 - Datos de entrada y salida a la hora de dimensionar el área de almacenamiento con grúas pórtico. Fuente: propia

Para este caso, se han introducido los siguientes valores de entrada:

- La terminal, tal como ocurría con el resto de hipótesis anteriores, está operativa un total de 299 días al año.
- El factor de pico diario es de 1,27.
- La ratio de transbordo directo vuelve a ser de 0,70.
- En este caso, el tiempo de permanencia de las unidades de carga en la zona de depósito temporal es de 1,25 días, inferior que en la hipótesis anterior.
- La longitud de cada fila de depósito temporal se ha establecido en 735 m, pues está limitada por la máxima longitud utilizable de los carriles de las grúas pórtico a utilizar.
- El factor de aprovechamiento se ha establecido en 0,77 pues se recomiendan valores entre el 70 y el 85%.
- Posteriormente, se ha introducido el porcentaje de cada uno de los tipos de contenedores que se moverán en la terminal (tal como ocurría en apartados anteriores).
- La altura máxima para grúas automóbiles, por ejemplo, suele situarse en 3.
- La altura media como recomendación debe situarse entre una y algo menos de 2 alturas. De ahí que se haya escogido 1,65.

Por lo tanto, el número entero de filas de depósito temporal de unidades de carga para la altura media anteriormente establecida, para el escenario optimista, es el siguiente:

	Horizonte 2030	Horizonte 2040
Escenario optimista	1	2

Tabla 42 - Número entero de filas de depósito temporal de unidades de carga. Fuente: propia

### 13.7. Configuración en planta y criterios de diseño

Una vez conocidos tanto el número necesario de vías, así como las dimensiones del área de almacenamiento, queda emplear tanto las recomendaciones como los criterios técnicos de diseño recogidos en los capítulos 9. “Configuración general en planta de una terminal intermodal ferroviaria” y 10. “Criterios y recomendaciones técnicas de diseño” para su correcto planeamiento.

Asimismo, se han adoptado como elementos de partida, aparatos de vía con una  $\text{tg } \alpha$  de 0,11, ancho mixto (estándar e ibérico) en todas las vías y electrificación con una tensión de 3 kV CC también en todas ellas, a excepción de las de carga y descarga, donde únicamente se electrificará la cabecera.

### 13.8. Presupuesto

Al haber analizado las diferentes alternativas de diseño de la terminal intermodal ferroviaria objeto de estudio, conviene llevar a cabo una estimación económica de todas ellas, pues se tendrán en cuenta a la hora de elegir la más factible. Así, de forma general, estos son los presupuestos de ejecución:

## 13.8.1. Presupuesto para la terminal operada con grúas pórtico

	<b>Inversión</b>	<b>Medición</b>	<b>Coste unitario (€/unit)<sup>24</sup></b>	<b>Coste inversión (€)</b>
<b>Hipótesis con grúas pórtico</b>	Vía de c/d	3.180,34	579,00	1.841.416,86
	Vías de clasificación	3.048,64	579,00	1.765.162,56
	Vías de r/e	7.303,93	579,00	4.228.975,47
	Vías de circulación	1.318,48	579,00	763.399,92
	Vías mango	288,93	579,00	167.290,47
	Vía gen / maniobra	2.361,07	579,00	1.367.059,53
	Vía Ferroutage	1.500,00	2.413,00	3.619.500,00
	Viario	66.582,69	295,00	19.641.893,55
	Varios	9.810,54	97,00	951.622,38
	Grúas pórtico	2	2.954.465,00	5.908.930,00
<b>Coste total de inversión</b>				<b>40.255.250,74</b>

Tabla 43 – Presupuesto para la hipótesis con grúa pórtico. Fuente: propia

La inversión total para llevar a cabo la terminal intermodal ferroviaria operada por dos grúas pórtico, en el caso del escenario optimista, sería de **40.255.250,74 euros**.

<sup>24</sup> Costes unitarios obtenidos de Ministerio de Fomento (2015). *Estudio para el desarrollo de autopistas ferroviarias en la Península Ibérica*.

13.8.2. Presupuesto para la terminal operada con *Reach Stacker*

	<b>Inversión</b>	<b>Medición</b>	<b>Coste unitario (€/unit)<sup>25</sup></b>	<b>Coste inversión (€)</b>
<b>Hipótesis con <i>Reach Stacker</i></b>	Vía de c/d	1.514,00	579,00	876.606,00
	Vías de clasificación	1.548,64	579,00	896.662,56
	Vías de r/e	4.261,01	579,00	2.467.124,79
	Vías de circulación	1.595,13	579,00	923.580,27
	Vías mango	240,00	579,00	138.960,00
	Vía gen / maniobra	2.361,07	579,00	1.367.059,53
	Vía Ferroutage	1.500,00	2.413,00	3.619.500,00
	Viaro y aparcamientos	70.857,54	295,00	20.902.974,30
	Varios	40.305,42	97,00	3.909.625,74
	<i>Reach Stacker</i>	1 ó 2	180.000,00	180.000,00 360.000,00
<b>Coste total de inversión</b>				<b>35.282.093,19</b> <b>35.462.093,19</b>

Tabla 44 - Presupuesto para la hipótesis con Reach-Stackers. Fuente: propia

<sup>25</sup> Costes unitarios obtenidos de Ministerio de Fomento (2015). *Estudio para el desarrollo de autopistas ferroviarias en la Península Ibérica.*





Por lo tanto, la inversión total para construir la terminal intermodal ferroviaria operada por *Reach Stackers*, para los escenarios pesimista e intermedio, sería de **35.282.093,19** o de **35.462.093,19 euros**, en función de si esta dispone de uno o de dos equipos móviles de manipulación, respectivamente.

### 13.9. Elección de la alternativa más adecuada

Considerados todos los anteriores capítulos, conviene escoger la alternativa que mejor se adapta a las necesidades globales tanto de las áreas logísticas de Sagunt I y II como del área urbana en la que se implanta.

Así, un análisis multicriterio no resulta del todo adecuado puesto que se están comparando alternativas que varían en función del número de TEU, cuyo análisis depende tanto del porcentaje que es capaz de atraer el tren como de la previsión de ocupación de terreno del área logística de Sagunt II en las próximas décadas.

Por ello, resulta conveniente elegir el escenario más probable y que mejor resume las necesidades futuras de esta área. Así, si se basa en las premisas del Documento de Trabajo Mercancías 30, “se identifican una serie de acciones y medidas de impacto a corto y medio plazo, cuya implantación antes de 2030 permita elevar la cuota modal del transporte ferroviario de mercancías hasta el 10%”.

De esta forma, el escenario que mejor se adapta a esta premisa es el intermedio (pues ya se estableció con anterioridad que en este escenario el tren de mercancías era capaz de captar el 10% de la demanda).

Sin embargo, este estudio tenía como límite el año 2040, en el que se supone que habrá aumentado la cuota, al menos hasta alcanzar la de otros países del entorno mediterráneo, como es el caso de Italia, situada en el 12%. Por lo tanto, se considerará un nuevo escenario realista con una cuota modal del 15% (un aumento del 5% por década).

Asimismo, en referencia al desarrollo de Parc Sagunt II, conviene tener en cuenta el 100% de ocupación de este, pues es el objetivo último de la Generalitat Valenciana (y parece que va a ser así, con la captación de grandes compañías como Volkswagen y su fábrica de baterías, por ejemplo).

De esta forma, este nuevo escenario tendrá los siguientes resultados:

- Los datos de entrada para el método analítico son iguales que en el resto de los casos a excepción de  $\eta_T$ , que se ha establecido en 0,45, al tener más de una grúa pórtico y considerarse, por lo tanto, más realista, y  $C_{TEU}$ , que en este caso es 68.517 TEU/año.

MÉTODO ANALÍTICO								
Terminal operando bajo capacidad DINÁMICA					Terminal operando bajo capacidad ESTÁTICA			
Descripción	Símbolo	Unidades	2040		Descripción	Símbolo	Unidades	2040
Nº efectivo operaciones manipulación UTI a la hora	$A_{op}$	op/h	13,5		Nº efectivo operaciones manipulación UTI a la hora	$A_{op}$	op/h	13,5
Demanda máxima de transporte anual, en función de las UTI	$C_{UTI}$	UTI/año	52.807,13		Demanda máxima de transporte anual, en función de las UTI	$C_{UTI}$	UTI/año	52.807,13
Nº medio operaciones llevadas a cabo por la maquinaria para completar el transbordo de una UTI	$C_{nt}$	op/UTI	1,30		Nº medio operaciones llevadas a cabo por la maquinaria para completar el transbordo de una UTI	$C_{nt}$	op/UTI	1,30
Requerimiento anual máxima de número de operaciones de manipulación de UTI por parte de la maquinaria de carga y descarga	$C_{op}$	op/año	68.649,27		Requerimiento anual máxima de número de operaciones de manipulación de UTI por parte de la maquinaria de carga y descarga	$C_{op}$	op/año	68.649,27
Nº mínimo de equipos de manipulación	$C_{ea}^*$	-	1,20		Nº mínimo de equipos de manipulación	$C_{ea}^*$	-	1,20
Nº entero de equipos de manipulación	$C_{ea}$	-	2		Nº entero de equipos de manipulación	$C_{ea}$	-	2
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga	$YHC_{op}$	op/año	145.314,00		Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria de carga y descarga	$YHC_{op}$	op/año	145.314,00
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de las UTI transbordadas	$YHC_{UTI}$	UTI/año	111.780,00		Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de las UTI transbordadas	$YHC_{UTI}$	UTI/año	111.780,00
Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de los TEU transbordados	$YHC_{TEU}$	TEU/año	145.034,55		Capacidad efectiva anual del conjunto de la maquinaria, en función de los TEU transbordados	$YHC_{TEU}$	TEU/año	145.034,55
Nº máximo de UTI a transbordar en un día	DHC	UTI/día	224,30		Nº máximo de UTI a transbordar en un día	DHC	UTI/día	224,30
Capacidad de los trenes que pueden ser atendidos en cada vía de carga y descarga	$CTR_{UTI}$	UTI/tren	77,07		Capacidad de los trenes que pueden ser atendidos en cada vía de carga y descarga	$CTR_{UTI}$	UTI/tren	77,07
Nº máximo de trenes al día que pueden acceder a la terminal	$Ddtn^*$	trenes/día	1,98		Nº máximo de trenes al día que pueden acceder a la terminal	$Ddtn^*$	trenes/día	1,98
Número entero (máximo) de trenes al día que pueden acceder a la terminal	Ddtn	trenes/día	2		Número entero (máximo) de trenes al día que pueden acceder a la terminal	Ddtn	trenes/día	2
Nº de servicios ferroviarios al día con origen o destino la terminal objeto de estudio	Ddrs	servicios ferroviarios/día	4		Nº de servicios ferroviarios al día con origen o destino la terminal objeto de estudio	Ddrs	servicios ferroviarios/día	4
Fracción de vagones vacíos sobre el total de trenes que se mueven en la terminal	Few	-	0,2675		Fracción de vagones vacíos sobre el total de trenes que se mueven en la terminal	Few	-	0,2675
Capacidad media de un equipo de manipulación	$Trhc$	TEU/h	13,47		Capacidad media de un equipo de manipulación	$Trhc$	TEU/h	13,47
Tiempo que emplea un equipo de manipulación en cargar o descargar un tren	$Trht$	h/tren	7,42		Tiempo que emplea un equipo de manipulación en cargar o descargar un tren	$Trht$	h/tren	7,42
Factor de corrección por efecto de la disponibilidad real de los equipos de manipulación de carga y descarga	$K_{cd}$	-	0,6522		Factor de corrección por efecto de la disponibilidad real de los equipos de manipulación de carga y descarga	$K_{cd}$	-	0,6522
Tiempo que emplea la proporción disponible de equipos en cargar o descargar un tren completo	$Trhtd$	h/tren	4,84		Tiempo que emplea la proporción disponible de equipos en cargar o descargar un tren completo	$Trhtd$	h/tren	4,84
Media del tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga por cada tren, en las condiciones correspondientes al día anual de mayor volumen de tráfico	$Trtot_m$	h/tren	8,42		Media del tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga por cada tren, en las condiciones correspondientes al día anual de mayor volumen de tráfico	$Trtot_m$	h/tren	8,42
Tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga que se le debe asignar a un tren concreto para llegar al SL establecido	$Trtot_{SL}$	h/tren	9,66		Tiempo total de ocupación de una vía de carga y descarga que se le debe asignar a un tren concreto para llegar al SL establecido	$Trtot_{SL}$	h/tren	9,66
Número de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	$Dtn^*$	trenes/día	1,86		Número de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	$Dtn^*$	trenes/día	1
Número entero de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	Dtn	trenes/día	1		Número entero de trenes que pueden ser asignados a cada vía de carga y descarga, al día	Dtn	trenes/día	1
Nº mínimo necesario de vías de carga y descarga	$Dntn^*$	-	2		Nº mínimo necesario de vías de carga y descarga	$Dntn^*$	-	2
Nº entero necesario de vías de carga y descarga	Dntn	-	2		Nº entero necesario de vías de carga y descarga	Dntn	-	2

Tabla 45 - Datos de salida de la hipótesis realista. Fuente: propia

¿Debería ser operado por grúas pòrtico o por equipos m3viles de manipulaci3n?		
Demanda de tráfico anual (para el a3o de mayor volumen de transporte) inferior a 30.000 UTI/a3o	$C_{UTI} \leq 30.000$ UTI/a3o	GP
Demanda media de tráfico (para el a3o de mayor volumen de transporte) inferior a 120 UTI/día	$C_{UTI}/W_y \leq 120$ UTI/día	GP
Número de trenes diarios recibidos (Ddtn) no superior a dos	$Ddtn \leq 2$ tren/día	EM
¿Grúa pòrtico (GP) o Equipo m3vil (EM)?		GP

Tabla 46 - Determinaci3n del equipo de manipulaci3n para la hip3tesis realista. Fuente: propia

En este caso, m3s realista, se debe emplear un total de **2 grúas pòrtico** y tiene como resultado 2 vías de carga y descarga. Dato de coincide con el m3todo del UIC-GTC y que es incrementado hasta 3 en los m3todos estadísticos:

M3TODO DEL UIC-GTC (capacidad ESTÁTICA)				M3TODOS ESTADÍSTICOS (capacidad ESTÁTICA)			
Descripci3n	Símbolo	Unidades	2040	Descripci3n	Símbolo	Unidades	2040
M3xima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña	$C_{TEU}$	TEU/a3o	68.517	M3xima demanda de transporte anual prevista en la terminal durante toda su vida útil para la cual se diseña	$C_{TEU}$	TEU/a3o	68.517
Factor de pico diario	$F_{pd}$	-	1,27	Factor de pico diario	$F_{pd}$	-	1,27
Factor que vincula la capacidad m3xima en TEU de una plataforma portacontenedores con la longitud de la misma medida entre topes	$K_T$	TEU/m	0,1443	Factor de conversi3n de UTI a TEU	$TEU_f$	TEU/UTI	1,2975
Ratio medio de uso efectivo de la capacidad total de un tren	$U_c$	-	0,75	Longitud útil de recepci3n de las vías de carga y descarga de la terminal	$L_u^R$	m	740
Factor de flujo	FF	(día) <sup>-1</sup>	1	Probabilidad asociada a que la capacidad por metro de vía de carga y descarga de la terminal sea superior al valor de c3lculo considerado para su dimensionamiento	$P_R$	-	0,80
Nº de días operativos al a3o	$N_{TD}$	días/a3o	299	Demanda m3xima de transporte anual, para el a3o de mayor tráfico de la vida útil de la terminal	$C_{UTI}$	UTI/a3o	52.807,13
Longitud útil de recepci3n de las vías de carga y descarga de la terminal	$L_u^R$	m	740	Valor de c3lculo de la capacidad anual por metro de vía de carga y descarga, en UTI	$R_{UTI}^C$	(UTI/a3o)/m	31,13
Longitud necesaria para el conjunto de todas las vías de carga y descarga de la terminal	$L_{vt}^{tot}$	m	1.344,54	Valor de c3lculo de la capacidad anual por metro de vía de carga y descarga, en TEU	$R_{TEU}^C$	(TEU/a3o)/m	40,39
Nº m3nimo necesario de vías de carga y descarga	$Dntn^*$	-	1,82	Longitud necesaria para el conjunto de todas las vías de carga y descarga de la terminal	$L_{vt}^{tot}$	m	2.154,54
Nº entero necesario de vías de carga y descarga	$Dntn$	-	2	Nº m3nimo necesario de vías de carga y descarga	$Dntn^*$	-	2,91
				Nº entero necesario de vías de carga y descarga	$Dntn$	-	3

Tabla 47 – M3todos UIC-GTC y Estadísticos aplicados a la hip3tesis realista. Fuente: propia

Por lo tanto, siguiendo las recomendaciones de Conles, E. J. *et al.* (2009) se debe considerar un m3nimo de **4 vías de carga y descarga**, con las correspondientes **4 vías de recepci3n y expedici3n y 2 de clasificaci3n**. Asimismo, contará con una única fila de dep3sito temporal.

Tras este an3lisis, se puede concluir que la hip3tesis m3s realista se asemeja m3s al escenario optimista, en el que el tren era capaz de atraer el 20% del total de contenedores. Esta configuraci3n



---

de terminal, que ya ha sido analizada con anterioridad y que está representada en el plano 2.1, tendría un presupuesto de **40.255.250,74 euros**.

Cabe señalar que esta configuración de terminal, que se ha considerado como la más idónea, permite estar preparado para cualquier escenario futuro, puesto que cuenta con vías de recepción y expedición y de clasificación de 1.500 metros, compatibles con los trenes que circularán en un futuro por los principales corredores de la Unión Europea.

### 13.10. Planos

Los planos referentes a cada una de las soluciones propuestas para los escenarios y horizontes estudiados a lo largo del presente capítulo se encuentran recogidos en el Anejo 1 "*Planos*".



## 14. Conclusiones

El profundo análisis de la situación actual del transporte ferroviario de mercancías en España llevado a cabo ha dejado al descubierto un complejo y dificultoso escenario en el que el tren juega en clara desventaja con el transporte por carretera. Esto se debe principalmente al desequilibrio en el reparto modal entre el transporte por carretera y el ferrocarril, pues este último solo consigue hacerse con el 5% del total.

Así, conseguir aumentar la participación modal del ferrocarril en el ámbito de las mercancías debe convertirse en una prioridad, pues está directamente vinculado al crecimiento económico del país y al cumplimiento de los objetivos de emisiones plasmados tanto por la Unión Europea como por el Acuerdo de París.

Es por ello por lo que Mercancías 30 parece una clara apuesta del Gobierno por atajar esta dramática situación. Si se cumplen con los pronósticos aquí plasmados, en 2030 la cuota modal del transporte ferroviario de mercancías alcanzará el 10% (aún por debajo de la media europea). Para ello, se dedicarán específicamente al ámbito de las terminales 2.070 millones de euros, de los cuales la mayoría se destinarán a mejorar las conexiones ferroviarias con los puertos (principales nodos generadores de tráfico ferroviarios de mercancías).

De ahí que el principal objetivo del presente estudio estuviese relacionado con el análisis de los criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias, pues resulta esencial diseñar de forma óptima este tipo de instalaciones a lo largo de la próxima década.

Esto se ha logrado específicamente a lo largo de los capítulos 9, 10, 11 y 12, en los que se ha ido abordando de forma minuciosa todos aquellos parámetros que pueden influenciar el diseño de estos nodos logísticos. También es de destacar que a través de este estudio se ha logrado suplir la carencia de documentación específica acerca de las terminales intermodales ferroviarias, pues hay algunos textos vinculados a la definición y caracterización de este tipo de instalaciones, pero muy pocos que compartan parámetros técnicos de diseño (ni siquiera del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias).

De esta forma, a través de este documento, se consigue alejarse de viejas costumbres en el proceso de concepción de terminales en el que se determina el número de vías en función del criterio del proyectista o de las necesidades poco objetivas de diferentes administradores de infraestructuras. Además, a través de la recopilación de los diferentes criterios, se ayudará al diseño de terminales seguras y funcionales para todo tipo de interesados.

En referencia a los criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias, se ha podido constatar en el correspondiente capítulo como existe una abundante cantidad de normas nacionales (principalmente de Adif) y comunitarias que regulan diversos parámetros en multitud de documentos. Esto crea situaciones en el que un mismo parámetro puede ser regulado de diferentes formas (el entreeje es el mejor ejemplo).



También se puede confirmar como no existe normativa específica sobre el diseño de terminales intermodales ferroviarias. Lo más cercano sería la norma de Adif NAP 1-2-1.0 “Metodología para el diseño del trazado ferroviario”, que únicamente hace una referencia a la condición particular de este tipo de instalaciones en el apartado de “distancia entre ejes de vías”.

El resto de los parámetros y criterios de diseño se ha tenido que basar en una serie de normas, muy diferentes entre sí, que normalmente regulan casos de vía general, situación muy alejada de la realidad en las terminales, donde los trenes raramente superan los 30 km/h.

Es por este motivo que, dada la inminente situación de profunda inversión en el desarrollo de terminales intermodales ferroviarias a lo largo de todo el territorio, se hacía necesario un estudio específico sobre los parámetros que regían su diseño. Todo esto con el objetivo de optimizar el proceso de proyecto y evitar las confusiones entre las diferentes normas.

En cuanto a la configuración general en planta, se ha recopilado convenientemente todos aquellos parámetros y recomendaciones que gobiernan su diseño. Así, se puede destacar los tres tipos de terminales con servicios de autopista ferroviaria ya recogidos por el Ministerio de Fomento en 2015: RoLa, Modalohr y de vagones “poche”.

Este tipo de servicios será fundamental en un futuro muy cercano, por lo que ha resultado fundamental su recopilación en este estudio, ya que, al tratarse de casos tan excepcionales de transporte ferroviario de mercancías, requieren un diseño especial de sus instalaciones.

Asimismo, es de destacar el magnífico trabajo llevado a cabo por Emilio José Conles y Miguel Rodríguez en *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias*, pues se trata de la poca documentación relacionada con el diseño de este tipo de instalaciones y que ha servido para comprender mejor su dimensionamiento y concepción.

A propósito del diseño concreto de la terminal intermodal ferroviaria de Parc Sagunt II, se ha conseguido, a través del empleo de todos los conceptos anteriormente abordados, llegar a un planteamiento óptimo y que servirá para absorber los tráficos generados en dicha área logística.

De esta manera, este caso concreto se ha solucionado a través de un diseño que emplea 4 vías de carga y descarga, 4 vías de recepción y expedición y 2 de clasificación, y que usa un total de 2 grúas pórtico para manipular las unidades de carga.

Esto sirve, por lo tanto, de ejemplo del buen funcionamiento del estudio llevado a cabo previamente y que se puede aplicar a cualquier otro caso situado en otro punto de la geografía española o de fuera de ella.



## BIBLIOGRAFÍA

- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (1992). *Aparatos de vía combinados. Haces de vías (NAV 3-8-2.0)*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (1981). *Carriles. Barras elementales (NAV 3-0-0.0)*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2021). *Declaración sobre la Red 2022*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2021). *Gálibos Autopista Ferroviaria (NAG 5-1-0.0)*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2022). *Instalación de dispositivos de atenuación de impacto en zonas de límite de parada con estacionamiento de viajeros (NAG 5-2-0.0)*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2022). *Instalaciones de servicio: descripción completa*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2021). *Metodología para el diseño del trazado ferroviario (NAP 1-2-1.0)*.
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2020). *Parámetros de geometría de vía (NAV 3-0-5.2)*.
- *Automoción*. (s. f.). Consultado en abril de 2022, de <https://www.renfe.com/es/es/grupo-renfe/sociedades/renfe-mercancias/mercancias-productos/automocion>
- Autoridad Portuaria de Valencia (2019). *Anuario Estadístico 2019*.
- Autoridad Portuaria de Valencia (2015, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021). *Boletín Estadístico APV (de los años 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021)*.
- British Standards Institution. (2020). *Series 1 freight containers. Classification, dimensions and ratings*.
- Comisión de Transportes del CICCIP de la Comunidad Valenciana (2014). *El Ferroutage en el Corredor Mediterráneo*.
- *Comunicaciones y localización—Bienvenidos a la Web de Parc Sagunt*. (s. f.). Consultado en abril de 2022, de <https://www.parc sagunt.com/es/comunicaciones-y-localizacion.html>
- Conles, E. J. (2009). *Recomendaciones, metodologías y estándares para el diseño técnico de terminales ferroportuarias*.
- Conselleria de Política Territorial, Obres Públiques i Mobilitat (2021). *05 Estudio de Accesos Ferroviarios. Plan Especial del Área Logística de Sagunto*.
- Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori (2018). *Estudio del Sector Logístico de la Comunitat Valenciana*.
- European Commission & Directorate General for Mobility and Transport (2021). *EU transport in figures: Statistical pocketbook 2021*.
- Fundación Valenciaport (2018). *Estudio del impacto logístico de la puesta en marcha de la Estación Intermodal de Sagunto del proyecto PIRENE IV*.
- Gamez, M. J. (s. f.). *Portada*. Desarrollo Sostenible. Consultado en mayo de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>



- *Información general—Adif.* (s. f.). Consultado en febrero y abril de 2022, de <https://www.adif.es/mercancias/informacion-general>
- *Medidas y capacidad contenedor Dry 20' y 40' | DSV.* (s. f.). Consultado en abril de 2022, de <https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-maritimo/tipos-contenedor-maritimo/contenedor-dry>
- Mendoza Fernández, J. J. (2005). *Geometría de la vía.*
- *Mercancía contenerizada.* (s. f.). Consultado en abril de 2022, de <https://www.renfe.com/es/es/grupo-renfe/sociedades/renfe-mercancias/mercancias-productos/contenerizada>
- Ministerio de Fomento (2013). *Estrategia Logística de España.*
- Ministerio de Fomento (2015). *Estudio para el desarrollo de autopistas ferroviarias en la Península Ibérica.*
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021). *Eje 6: Cadenas Logísticas Intermodales Inteligentes.*
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021). *Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030.*
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021). *Mercancías 30.*
- Observatorio del Transporte y la Logística en España (2021). *Informe Anual 2020*
- Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 55, de 04/03/2016.
- Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la “Instrucción ferroviaria de gálibos”. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 185, de 04/08/2015.
- *Plan especial del área logística de Sagunt—Logística—Generalitat valenciana.* (s. f.). Logística. Consultado en abril de 2022, de [https://politicaterritorial.gva.es/ca/web/logistica/actuacions-en-participacio-publica/-/asset\\_publisher/92CfufflOnjN/content/plan-especial-del-area-logistica-de-sagu-1](https://politicaterritorial.gva.es/ca/web/logistica/actuacions-en-participacio-publica/-/asset_publisher/92CfufflOnjN/content/plan-especial-del-area-logistica-de-sagu-1)
- Reglamento (UE) nº 913/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2010, sobre una red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 276/22, de 20/11/2010.
- Reglamento (UE) nº 1299/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014, relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema “infraestructura” en el sistema ferroviario de la Unión Europea. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 356/1, de 12/12/2014.
- Sanz, I. (2013). *Transporte ferroviario de mercancías.*
- *Sectores difusos. Situación actual y objetivos.* (s. f.). Consultado en febrero de 2022, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx>
- *Sector transporte.* (s. f.). Consultado en abril de 2022, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/transporte.aspx>
- TRN Ingeniería (2010). *Estudio Terminales ferroviarias para mercancías.*





## ANEJOS

### ANEJO 1. Planos

A continuación, se recogen todos los planos referentes a cada una de las hipótesis estudiadas a lo largo del capítulo 13 “*Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)*”.

#### 1. Localización:

- Plano 1.1 – Localización de la actuación.

#### 2. Planta general:

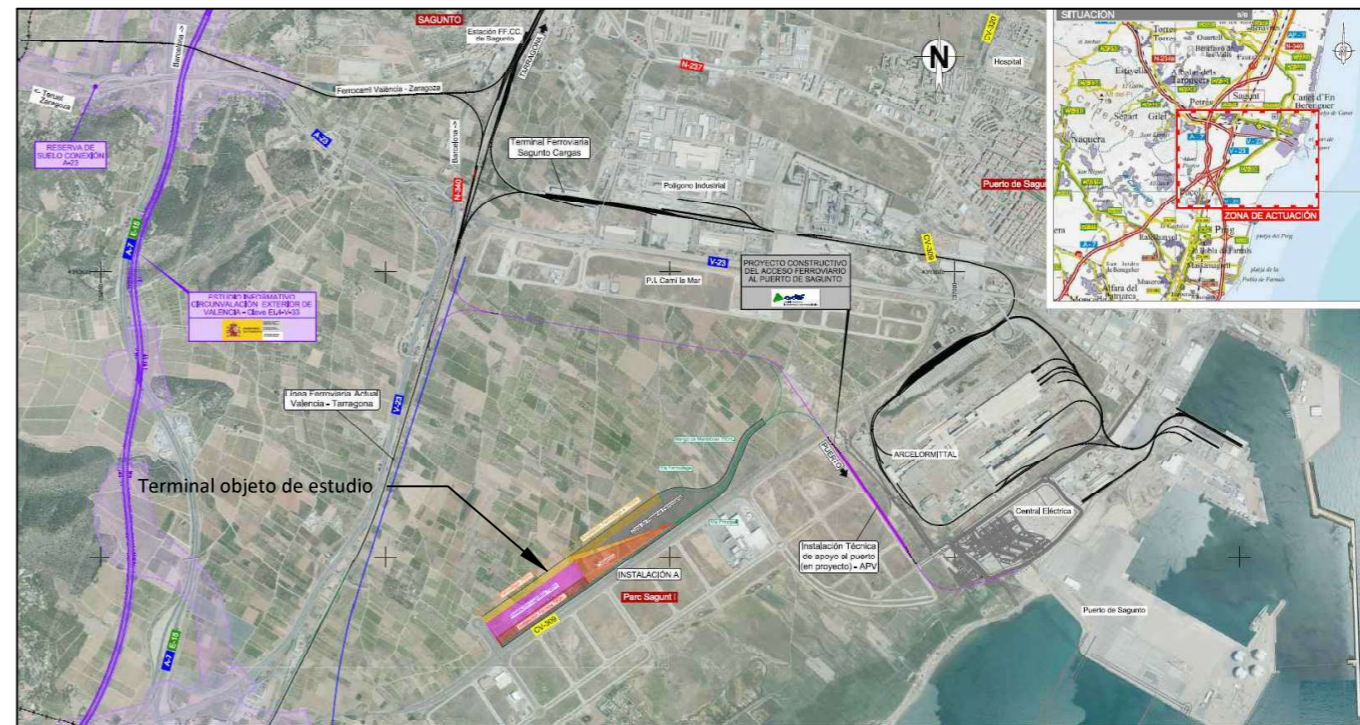
- Plano 2.1 – Planta general. Hipótesis con grúa pórtico.
- Plano 2.2 – Planta general. Hipótesis con *Reach Stacker*.
- Plano 2.3 – Planta general. Hipótesis de distribución del área de almacenamiento.

#### 3. Secciones tipo:

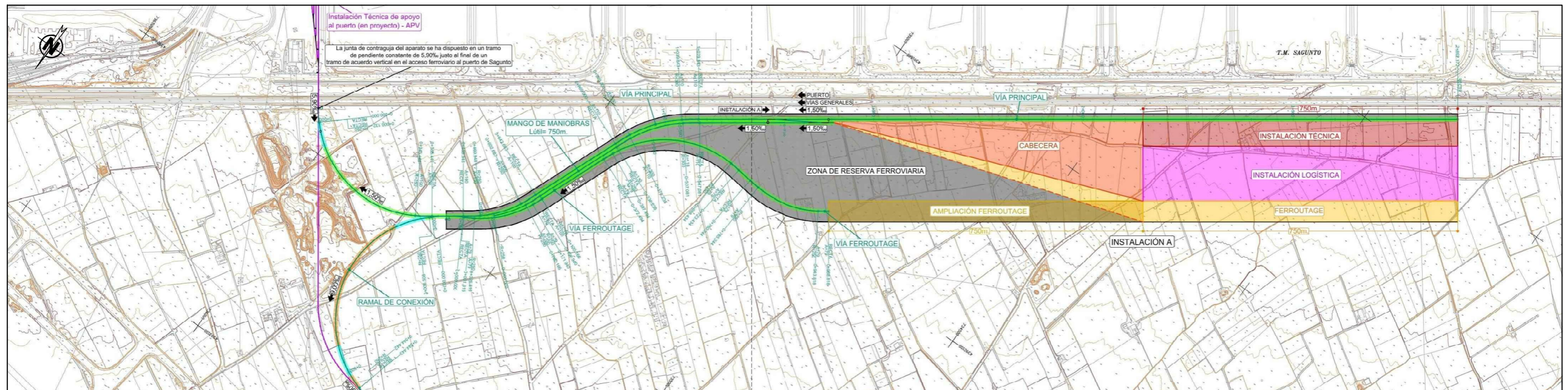
- Plano 3.1 – Secciones tipo. Sección 1-1' (Grúa pórtico).
- Plano 3.2 – Secciones tipo. Sección 2-2' (Modalohr).
- Plano 3.3 – Secciones tipo. Sección 3-3' (Grúa pórtico).
- Plano 3.4 – Secciones tipo. Sección 4-4' (*Reach Stacker*).



LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

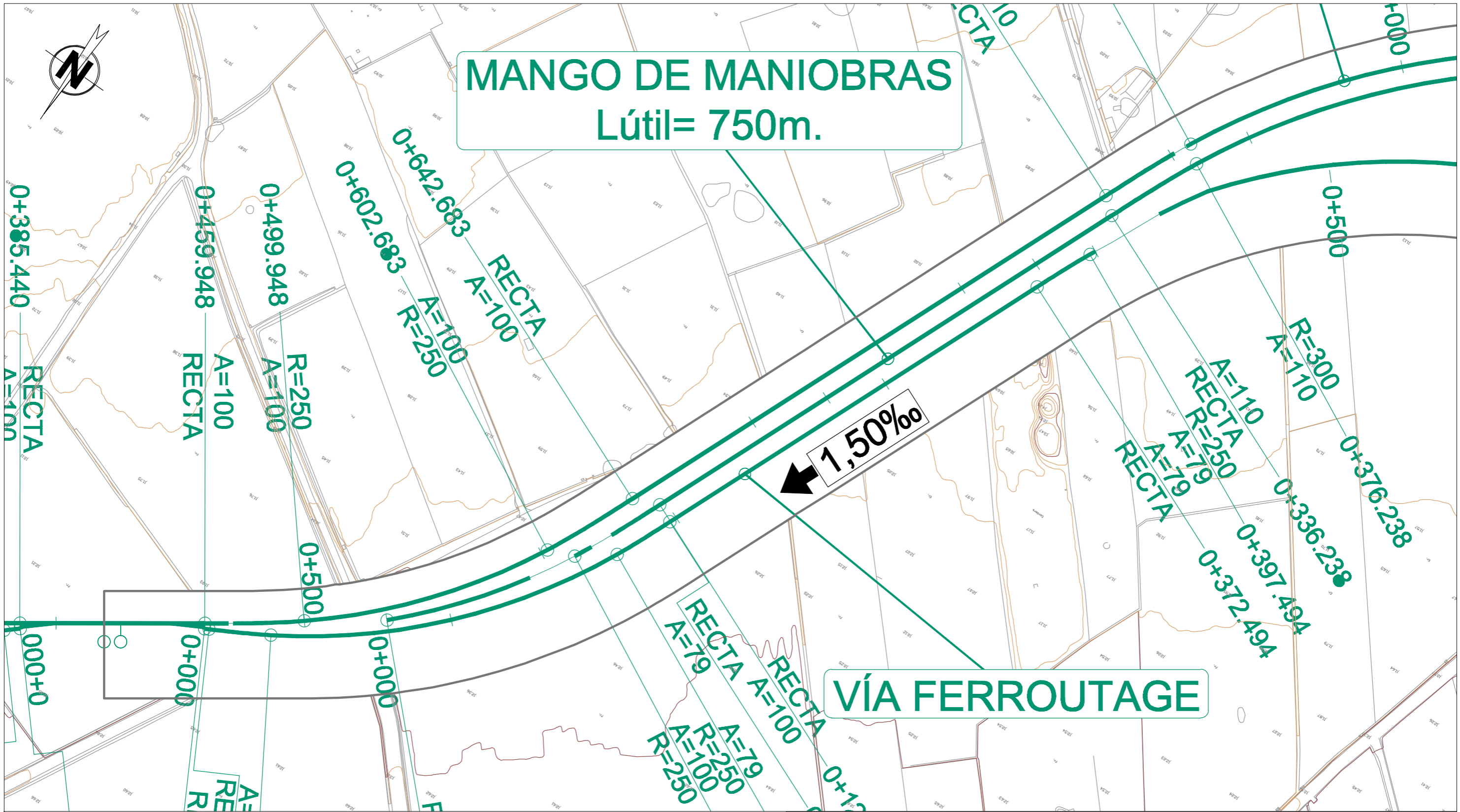


LOCALIZACIÓN DE LA TERMINAL EN LAS INMEDIACIONES DE SAGUNTO Y DEL PUERTO



ORDENACIÓN PROPUESTA PARA LA TERMINAL EN EL PLAN ESPECIAL DEL ÁREA LOGÍSTICA DE SAGUNTO

	Trabajo de Fin de Máster	Autor  Pau Pérez Molina	Título Localización de la actuación	Escala Varias	Fecha Mayo de 2022
	<b>Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)</b>				Número de plano 1.1 (página 1 de 1)

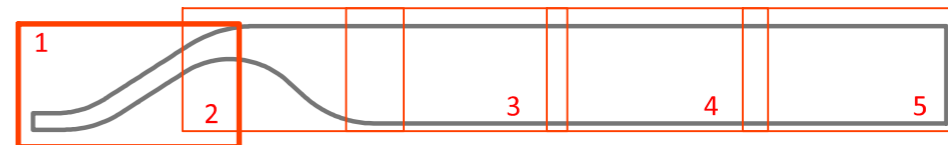


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | CARRIL CIRCULACIÓN GRÚAS PÓRTICO |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias.  
Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)

Autor

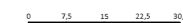
*Pau Pérez*  
Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con grúa pórtico

Escala

1/1.500

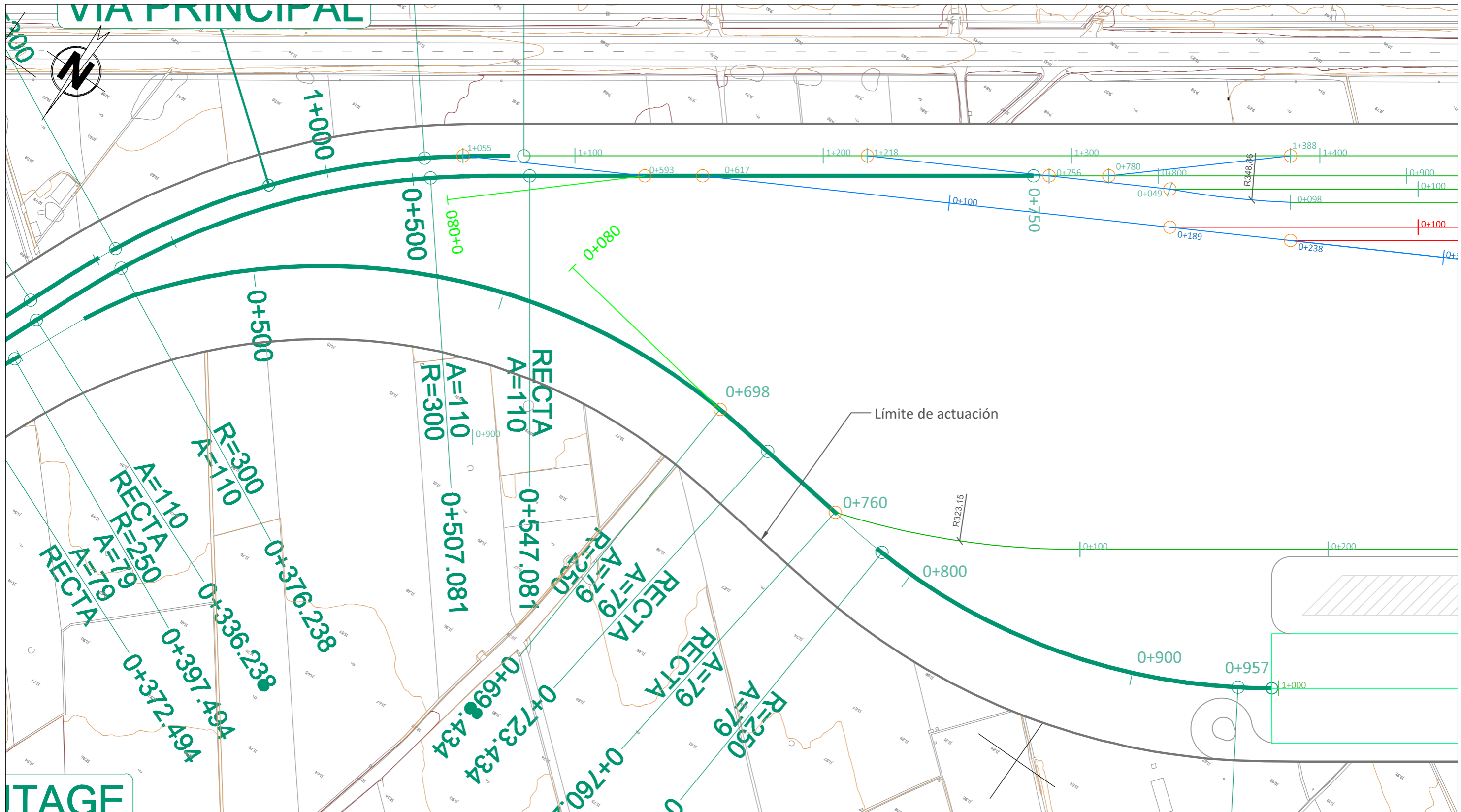


Fecha

Mayo de 2022

Número de plano

2.1 (página 1 de 5)

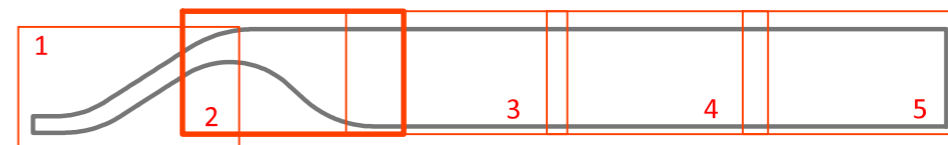


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | CARRIL CIRCULACIÓN GRÚAS PÓRTICO |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

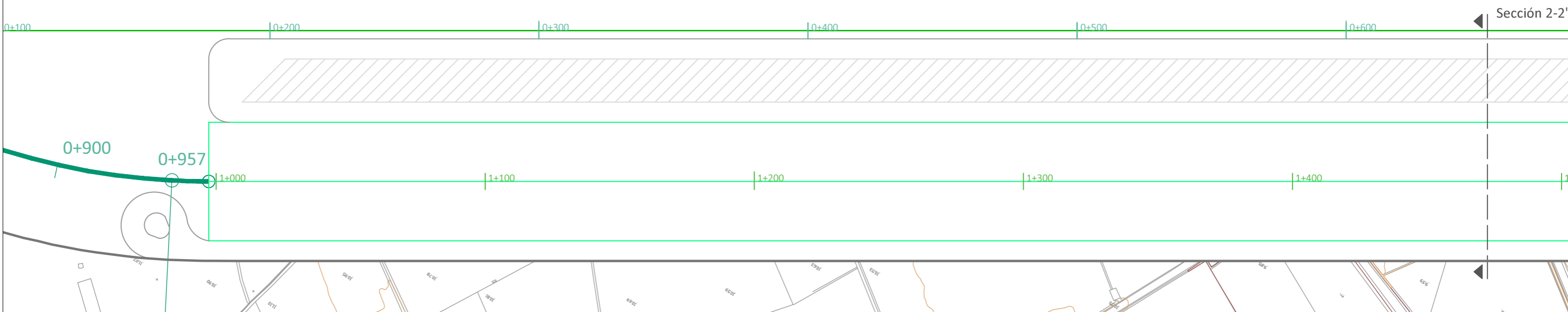
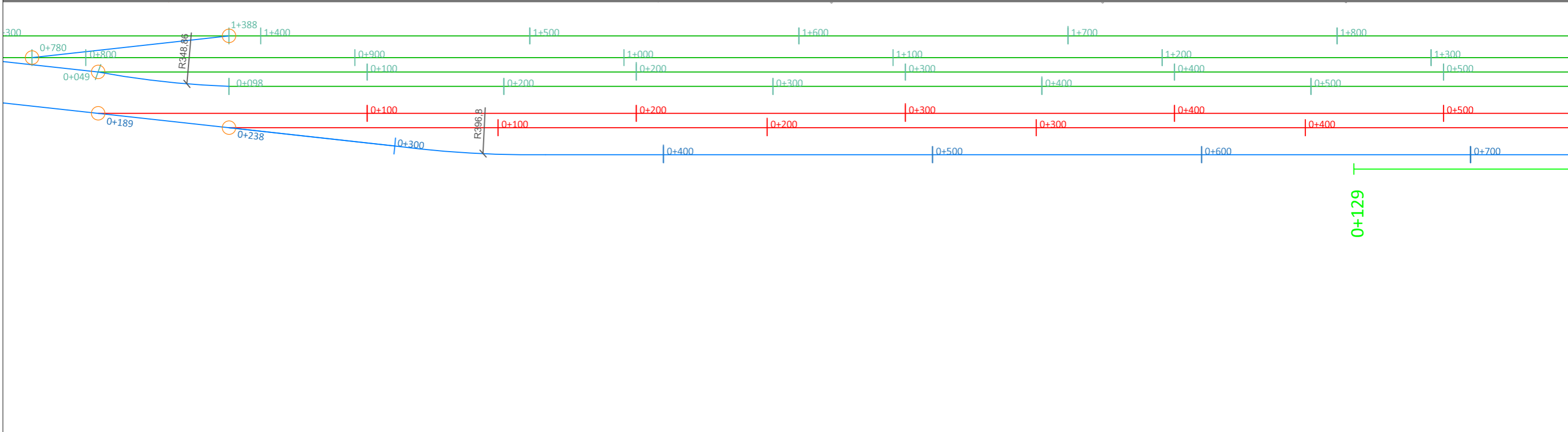
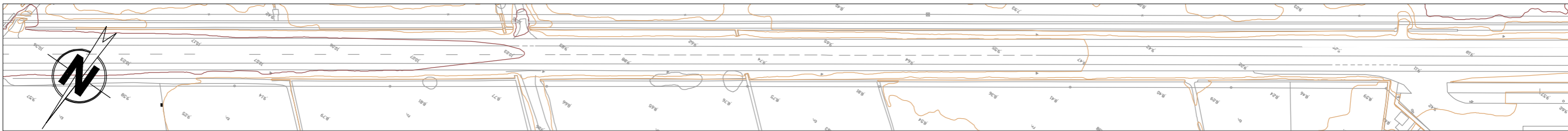
Autor  
  
 Pau Pérez Molina

Título  
 Planta general  
 Hipótesis con grúa pórtico

Escala  
 1/1.500

Fecha  
 Mayo de 2022

Número de plano  
 2.1 (página 2 de 5)

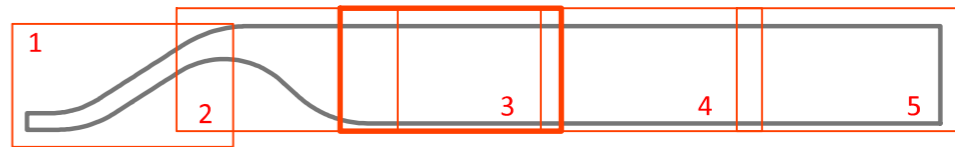


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | CARRIL CIRCULACIÓN GRÚAS PÓRTICO |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



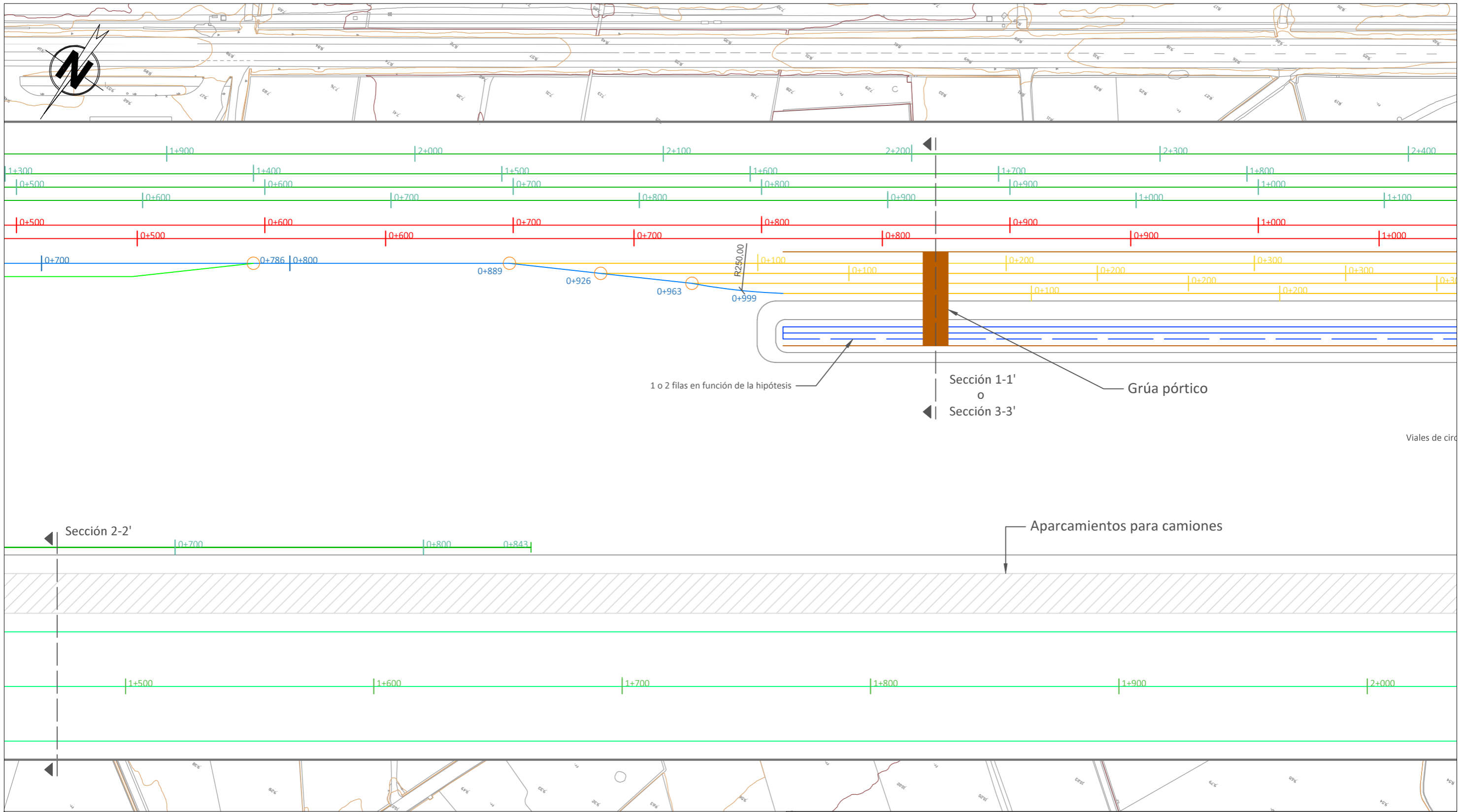
Trabajo de Fin de Máster  
**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor  
  
 Pau Pérez Molina

Título  
 Planta general  
 Hipótesis con grúa pórtico

Escala  
 1/1.500

Fecha  
 Mayo de 2022  
 Número de plano  
 2.1 (página 3 de 5)

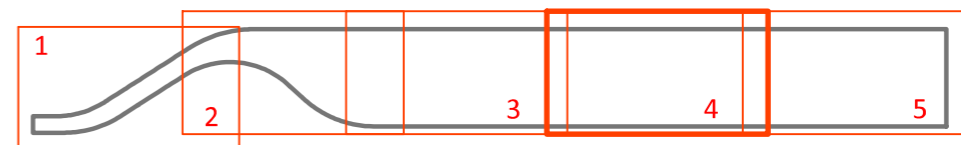


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | CARRIL CIRCULACIÓN GRÚAS PÓRTICO |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias.  
Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor

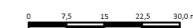
*Pau Pérez*  
Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con grúa pórtico

Escala

1/1.500

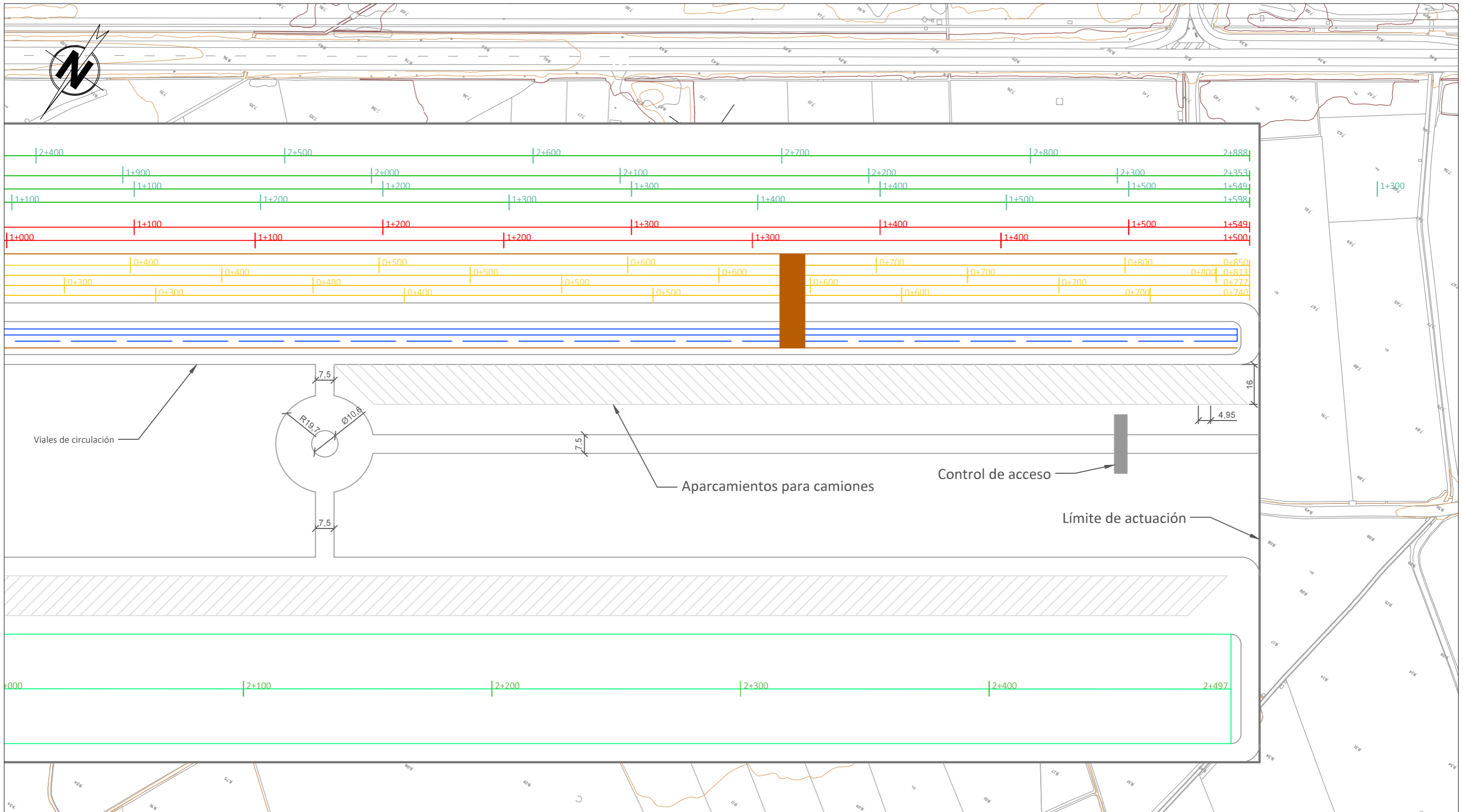


Fecha

Mayo de 2022

Número de plano

2.1 (página 4 de 5)

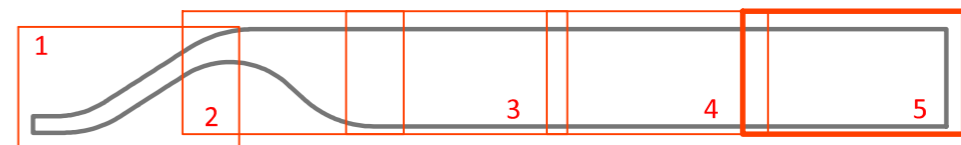


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | CARRIL CIRCULACIÓN GRÚAS PÓRTICO |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias.  
Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor

*Pau Pérez*

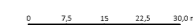
Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con grúa pórtico

Escala

1/1.500

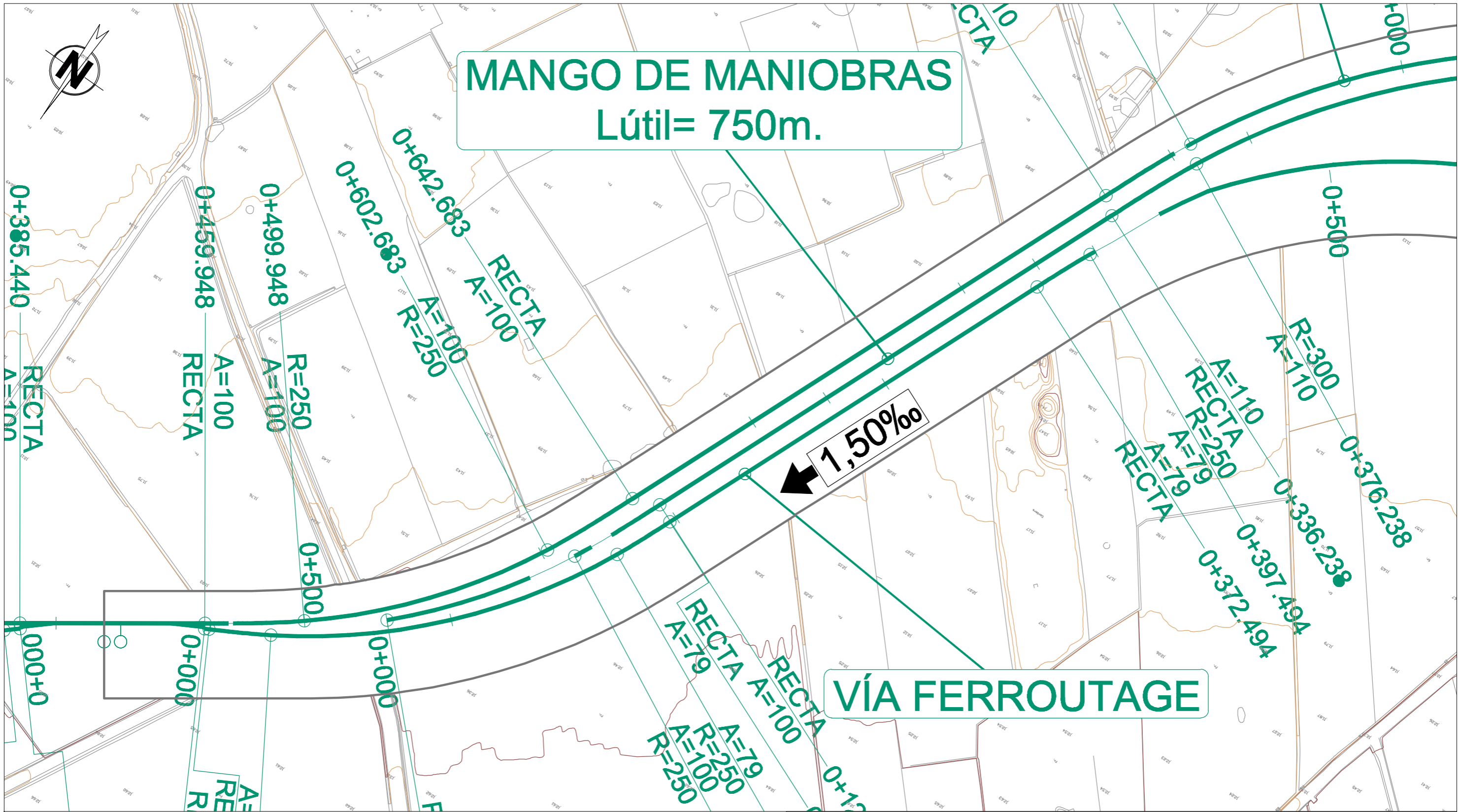


Fecha

Mayo de 2022

Número de plano

2.1 (página 5 de 5)



**MANGO DE MANIOBRAS**  
Lútil= 750m.

**VÍA FERROUTAGE**

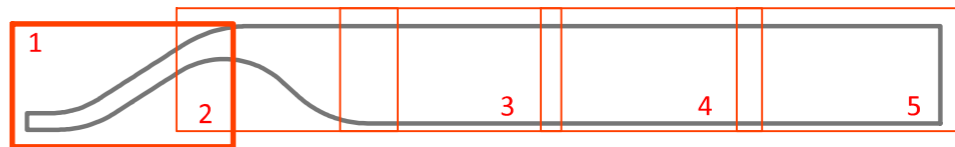
1,50%

**LEYENDA:**

- █ VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL
- █ VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN
- █ VÍAS DE CLASIFICACIÓN
- █ VÍAS DE CARGA Y DESCARGA
- █ VÍAS DE CIRCULACIÓN
- VÍAS MANGO
- APARATOS DE VÍA
- VÍA DEDICADA A FERROUTAGE
- FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster  
**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias.**  
**Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

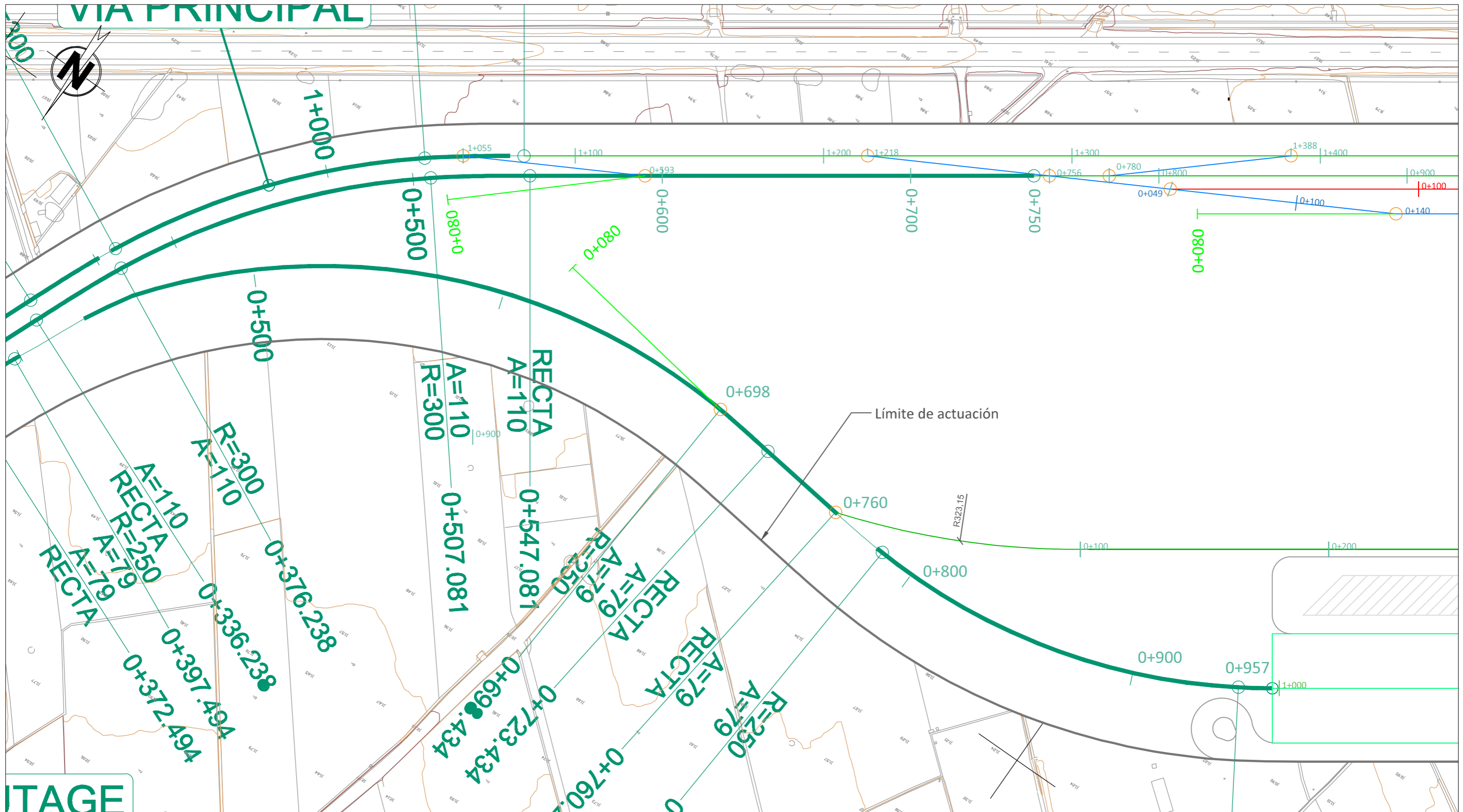
Autor  
**Pau Pérez**  
 Pau Pérez Molina

Título  
 Planta general  
 Hipótesis con Reach Stacker

Escala  
 1/1.500

Fecha  
 Mayo de 2022  
 Número de plano  
 2.2 (página 1 de 5)



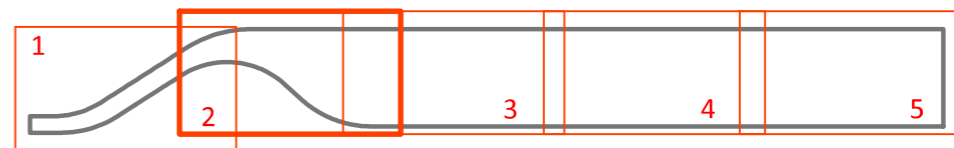


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  |                                  |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor

*Pau Pérez*

Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con Reach Stacker

Escala

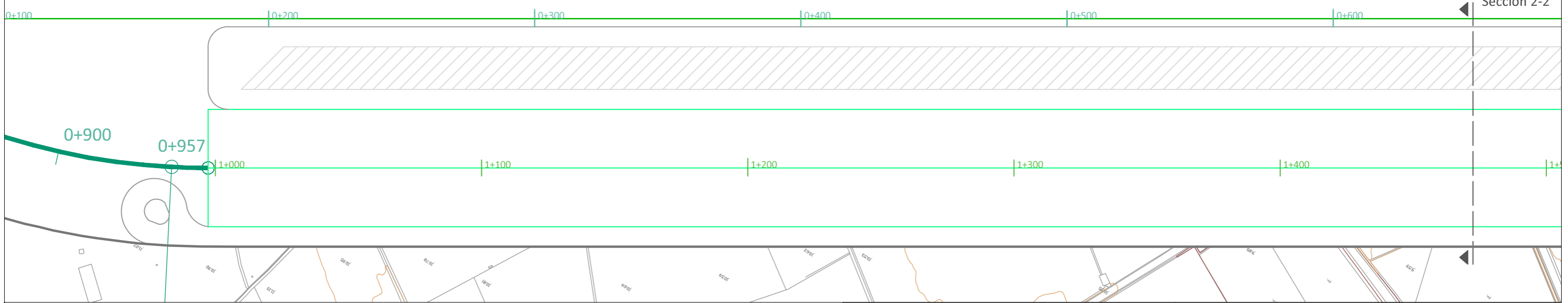
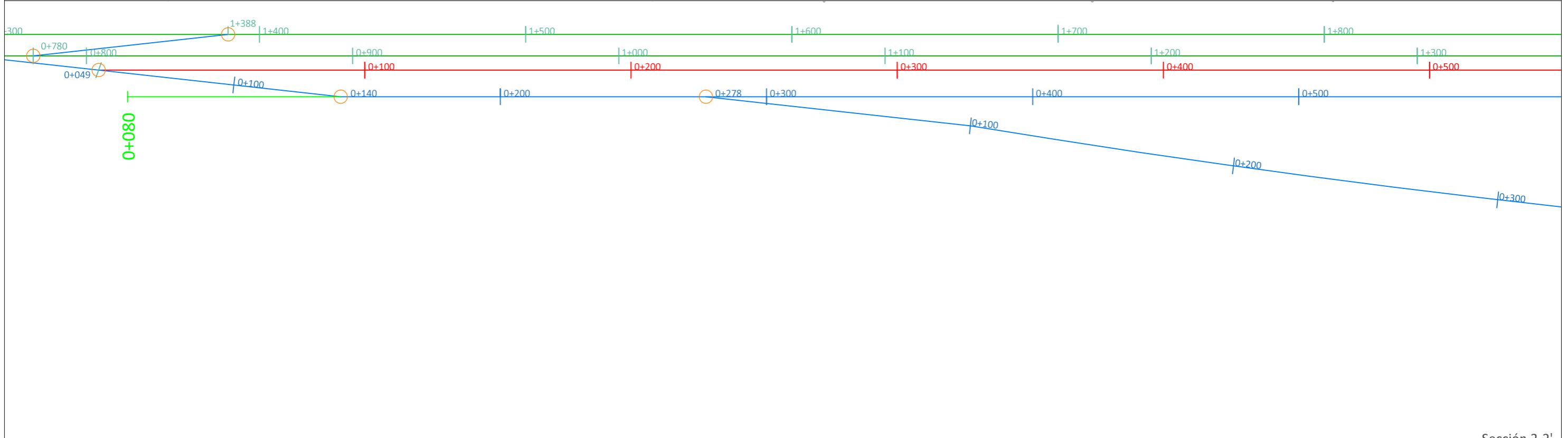
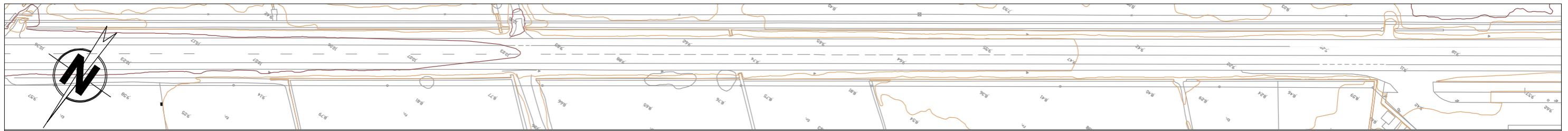
1/1.500

Fecha

Mayo de 2022

Número de plano

2.2 (página 2 de 5)

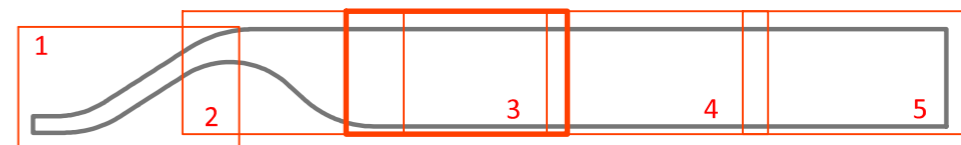


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  |                                  |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias.  
Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor

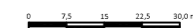
*Pau Pérez*  
Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con Reach Stacker

Escala

1/1.500

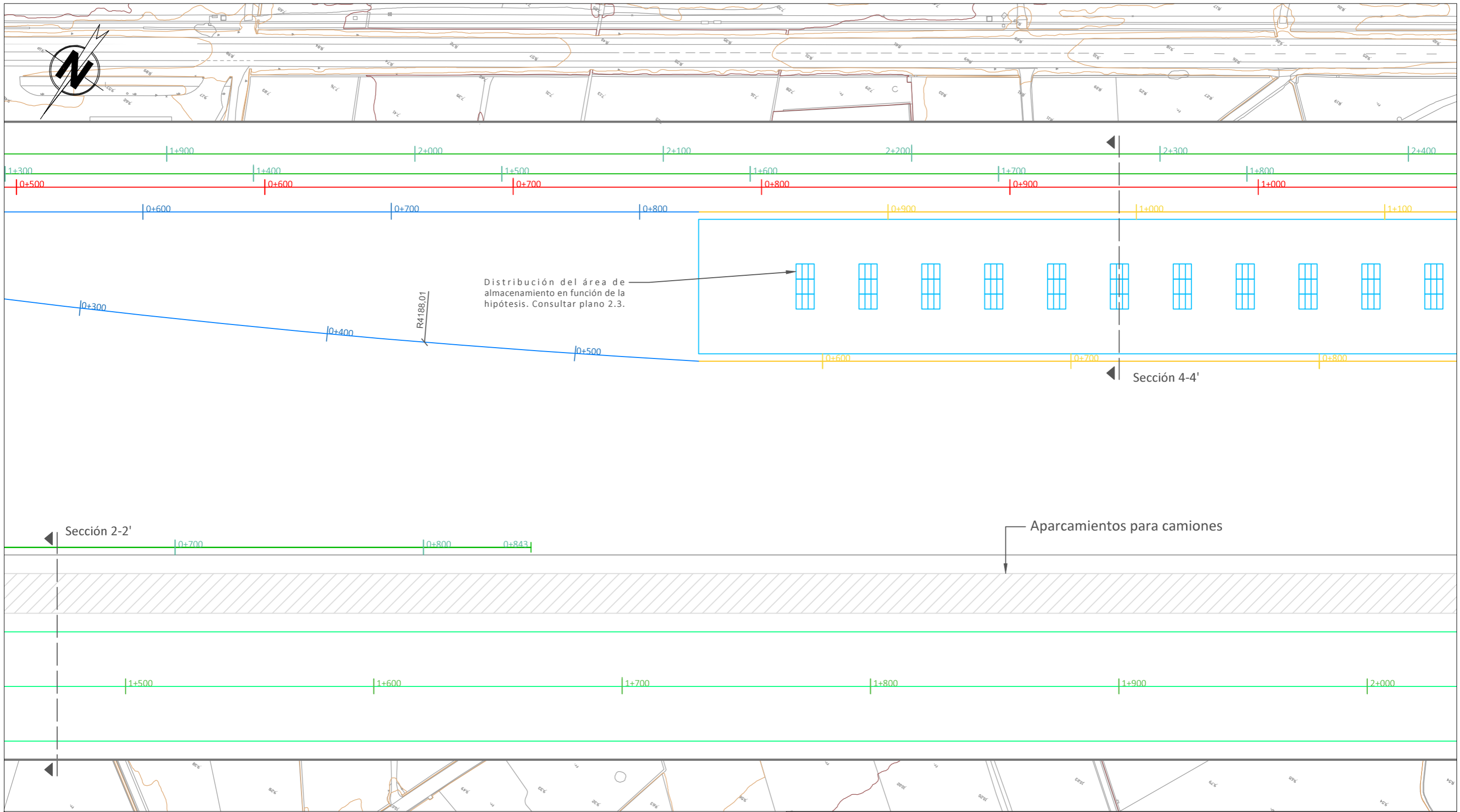


Fecha

Mayo de 2022

Número de plano

2.2 (página 3 de 5)

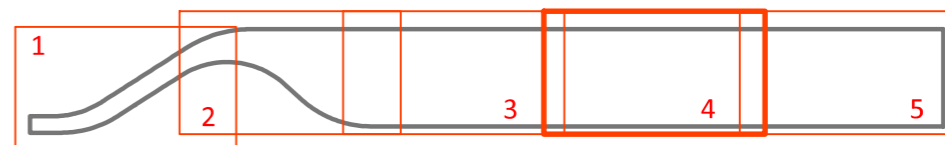


**LEYENDA:**

- VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL
- VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN
- VÍAS DE CLASIFICACIÓN
- VÍAS DE CARGA Y DESCARGA
- VÍAS DE CIRCULACIÓN
- VÍAS MANGO
- APARATOS DE VÍA
- VÍA DEDICADA A FERROUTAGE
- FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor

*Pau Pérez*

Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con Reach Stacker

Escala

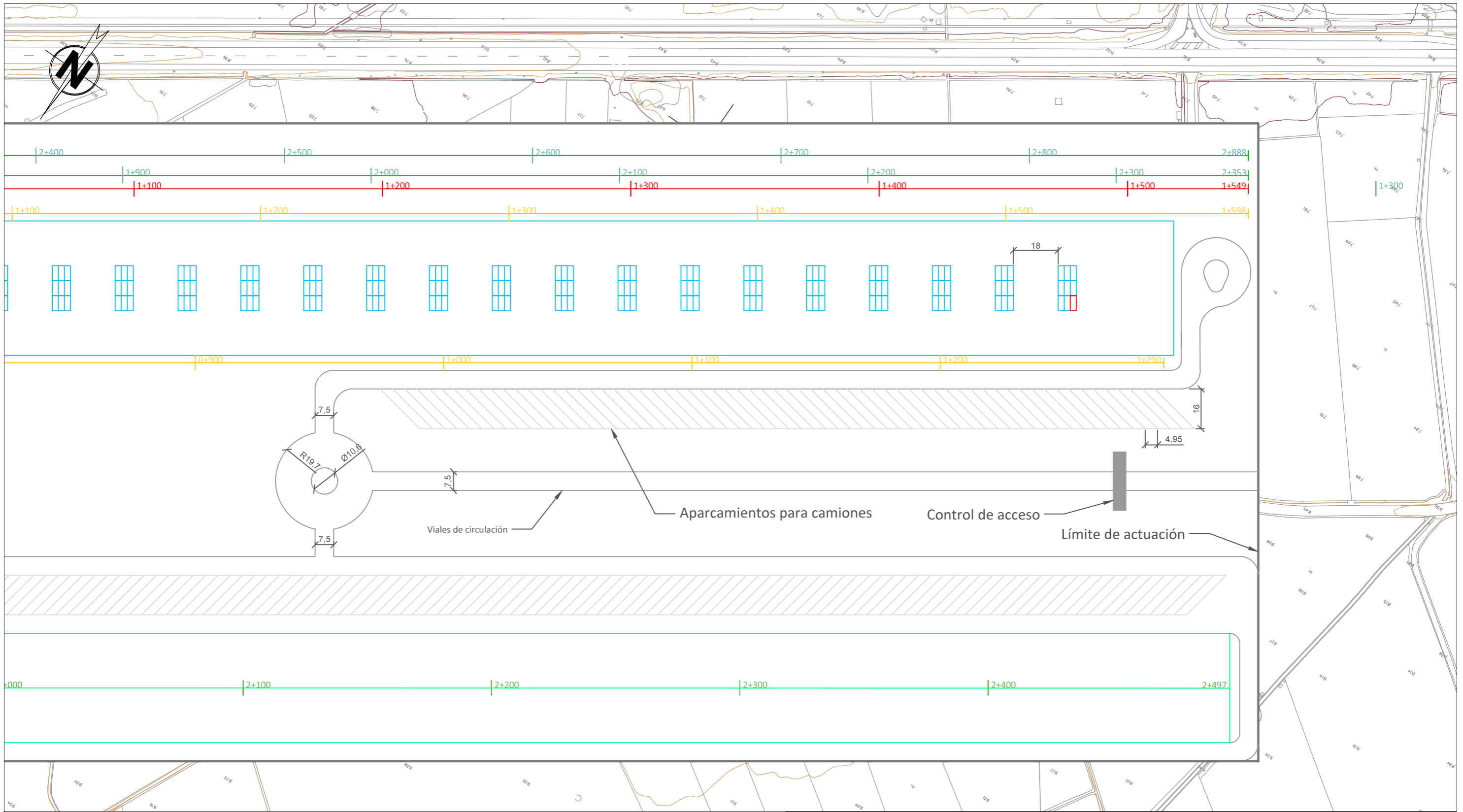
1/1.500

Fecha

Mayo de 2022

Número de plano

2.2 (página 4 de 5)

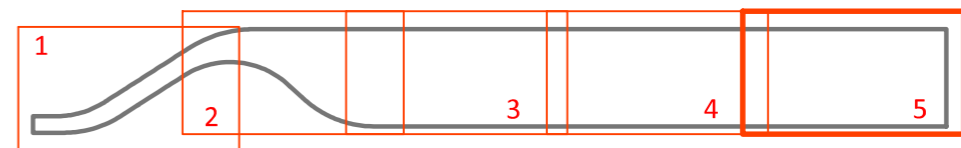


**LEYENDA:**

- |  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  | VÍAS PLANIFICADAS POR EL PLAN ESPECIAL |  | VÍAS MANGO                       |
|  | VÍAS DE RECEPCIÓN / EXPEDICIÓN         |  | APARATOS DE VÍA                  |
|  | VÍAS DE CLASIFICACIÓN                  |  | VÍA DEDICADA A FERROUTAGE        |
|  | VÍAS DE CARGA Y DESCARGA               |  | FILAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL |
|  | VÍAS DE CIRCULACIÓN                    |  |                                  |

\* Los ejes referidos a vías se corresponden con el eje de vía de ancho ibérico

**LOCALIZACIÓN DE HOJAS (E: 1/20.000):**



Trabajo de Fin de Máster

**Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias.  
Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II (Valencia)**

Autor

*Pau Pérez*

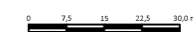
Pau Pérez Molina

Título

Planta general  
Hipótesis con Reach Stacker

Escala

1/1.500



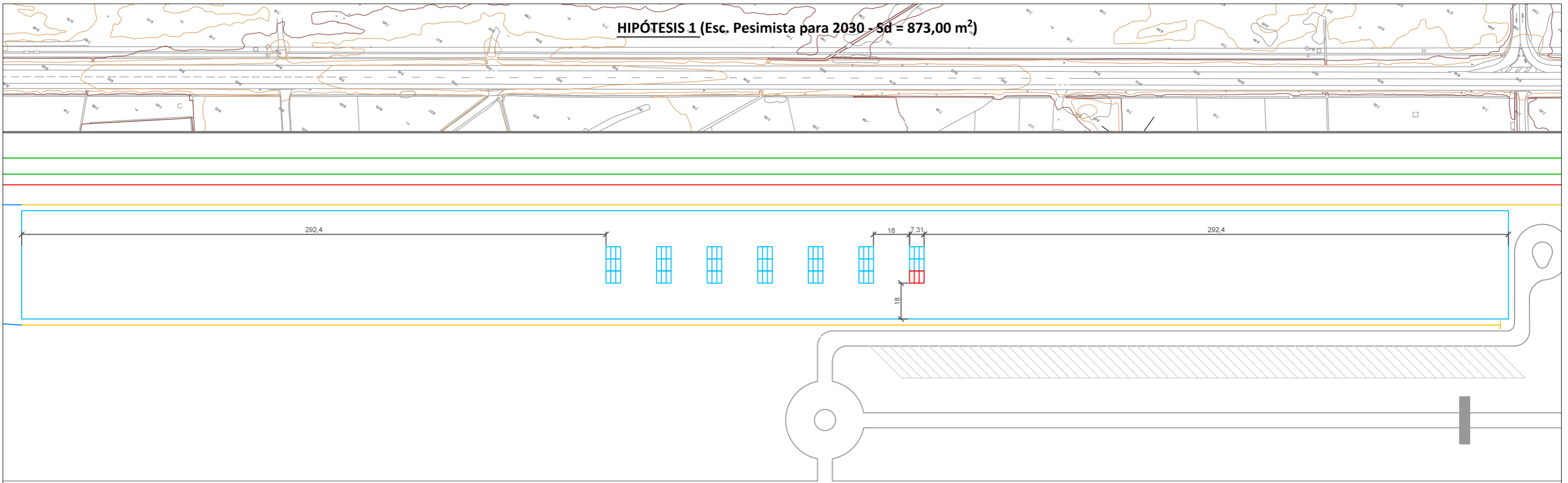
Fecha

Mayo de 2022

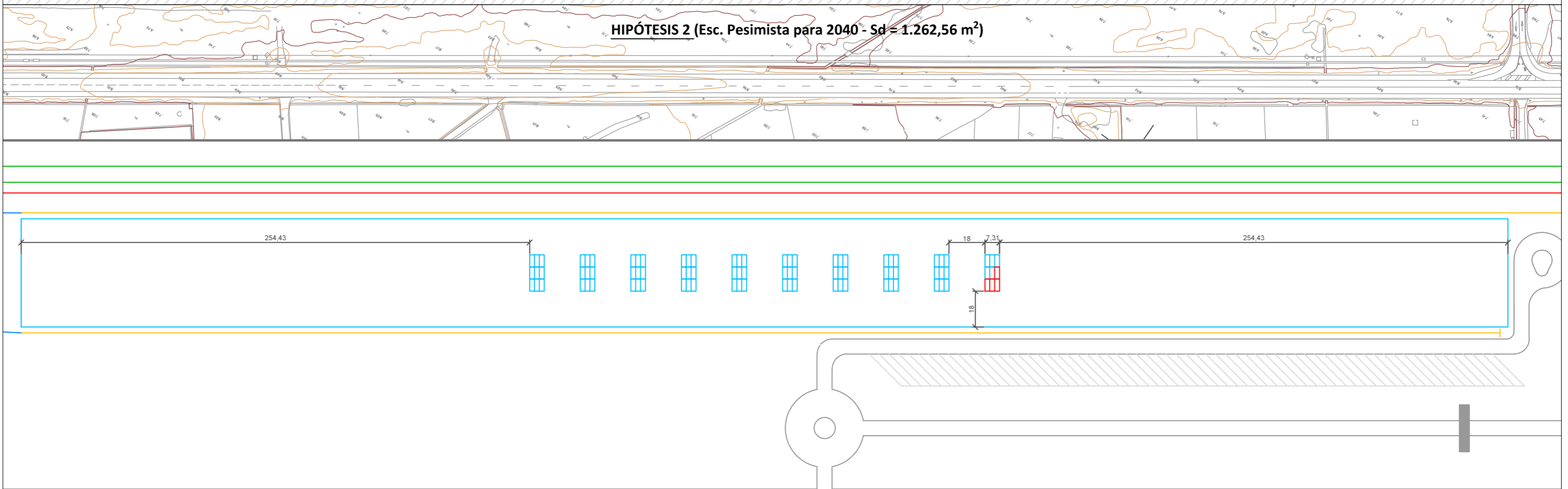
Número de plano

2.2 (página 5 de 5)

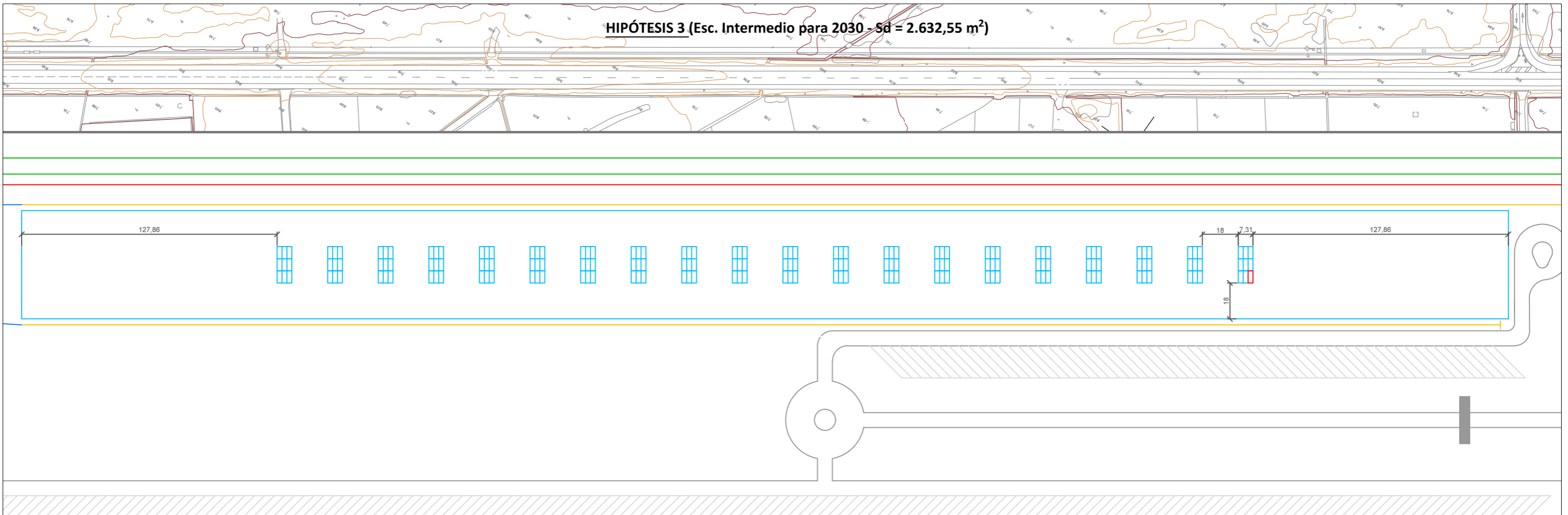
**HIPÓTESIS 1 (Esc. Pesimista para 2030 - Sd = 873,00 m<sup>2</sup>)**



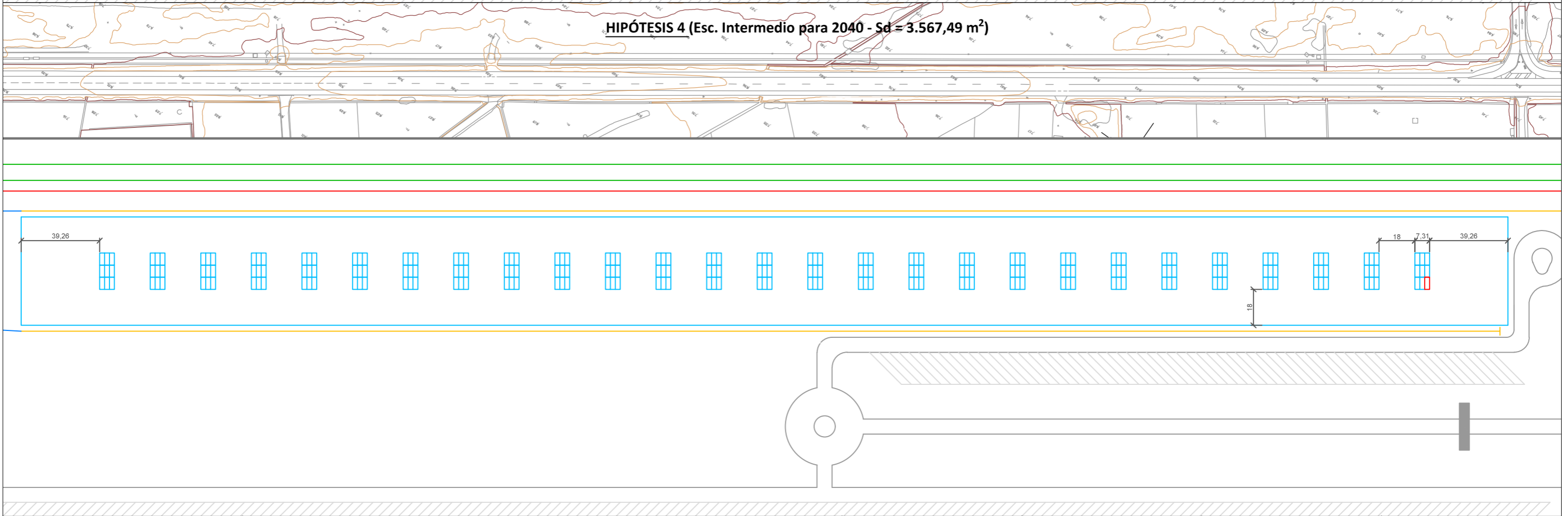
**HIPÓTESIS 2 (Esc. Pesimista para 2040 - Sd = 1.262,56 m<sup>2</sup>)**

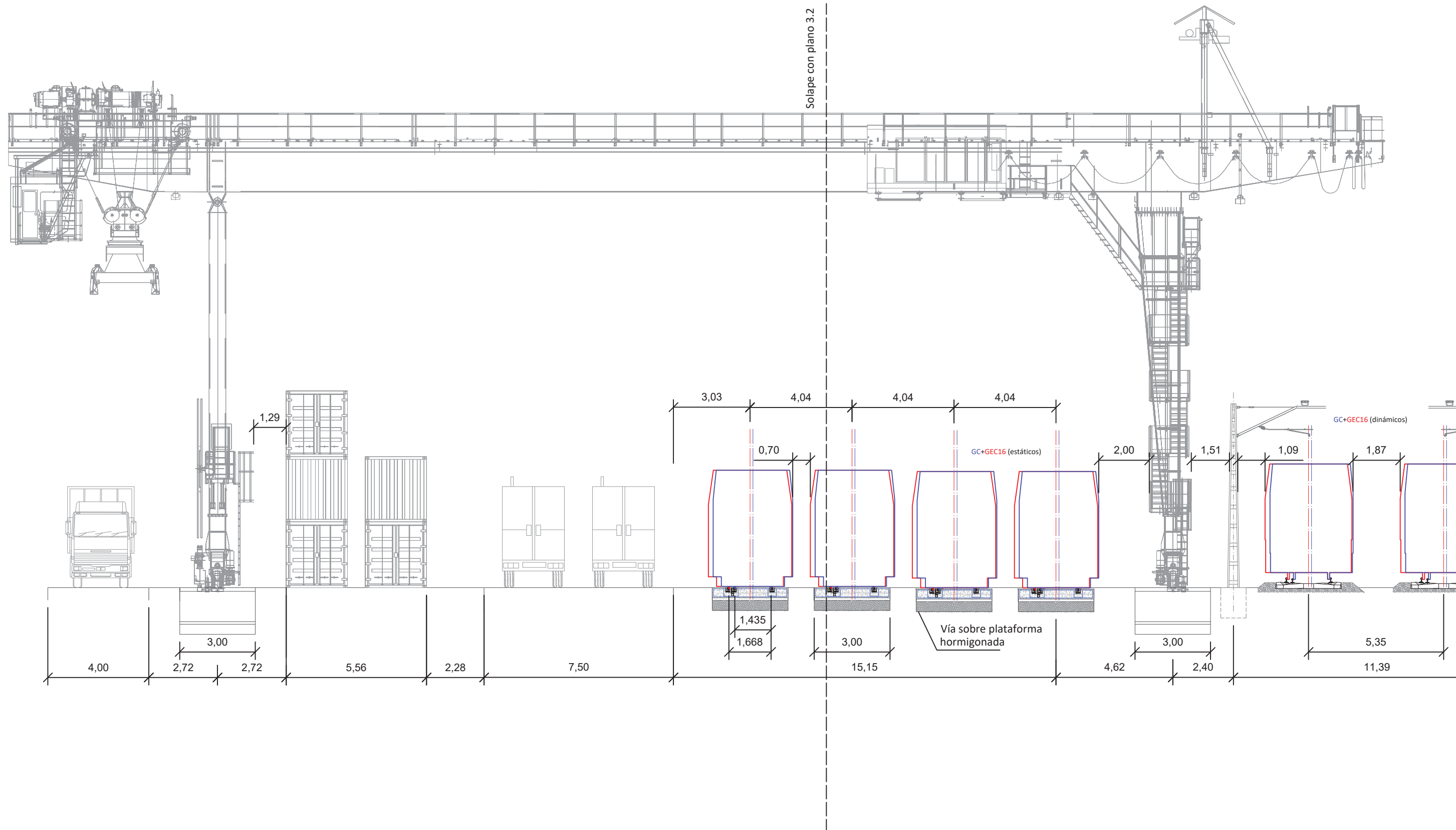


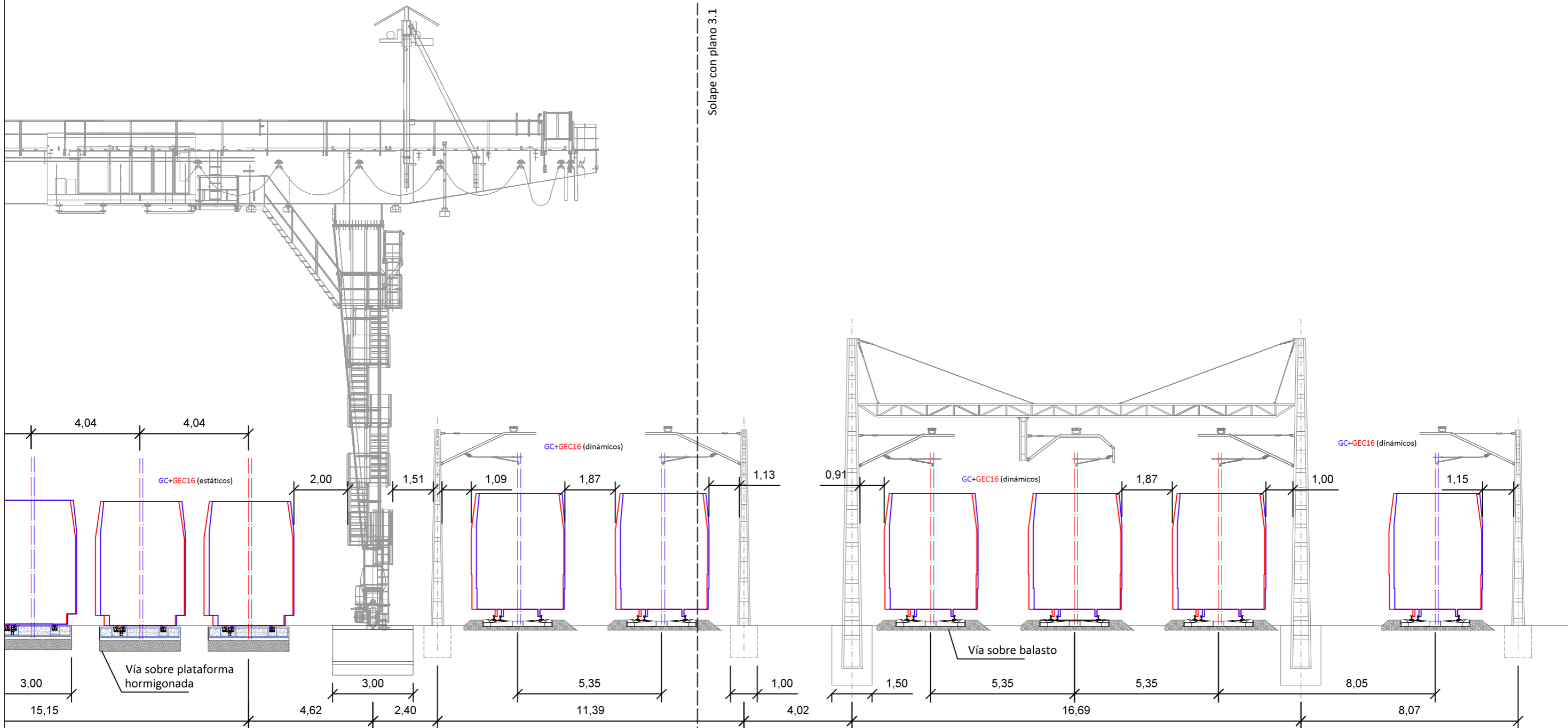
HIPÓTESIS 3 (Esc. Intermedio para 2030 -  $S_d = 2.632,55 \text{ m}^2$ )



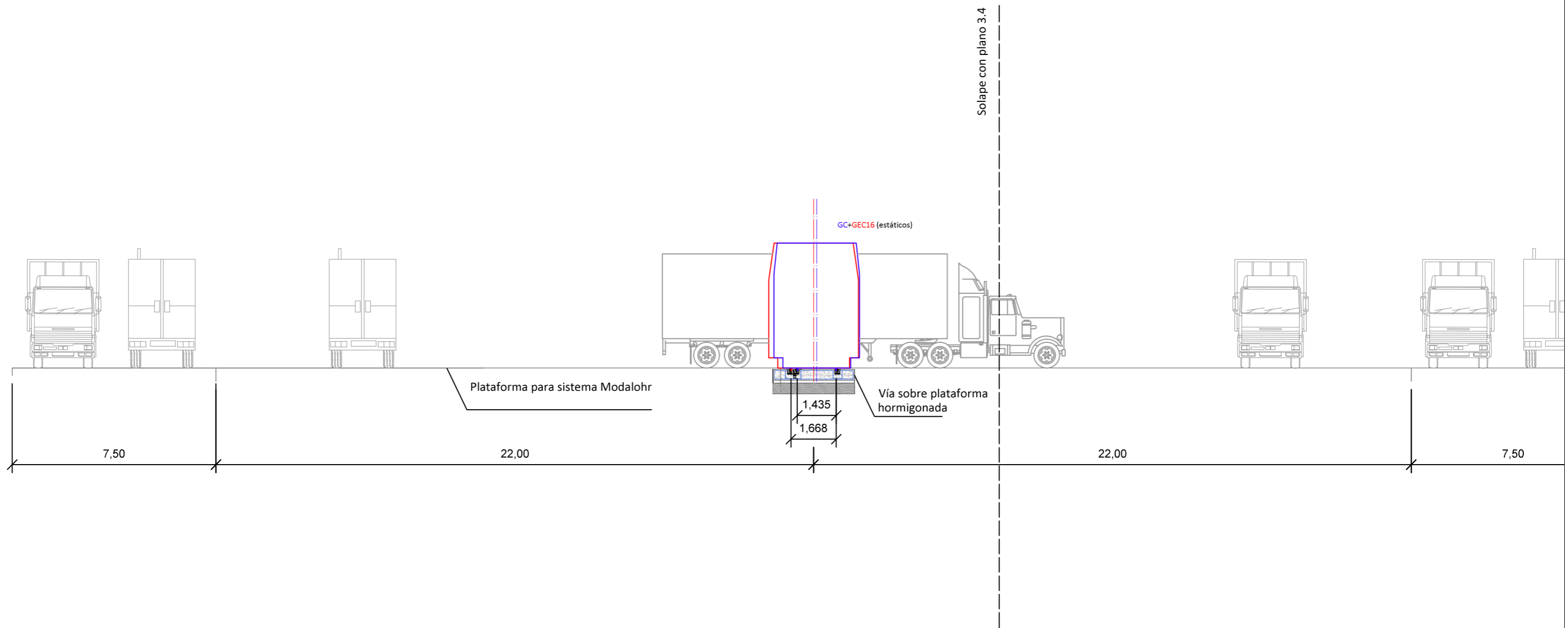
HIPÓTESIS 4 (Esc. Intermedio para 2040 -  $S_d = 3.567,49 \text{ m}^2$ )

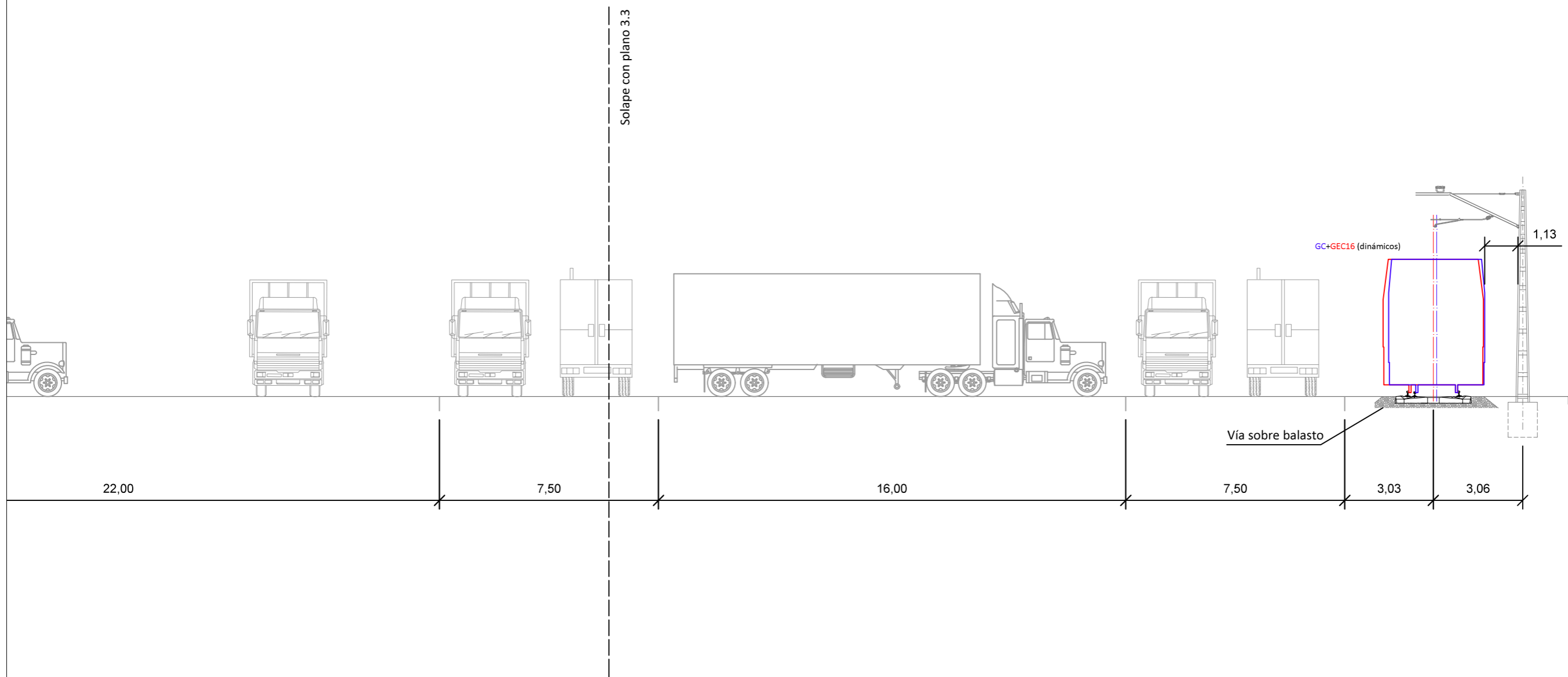


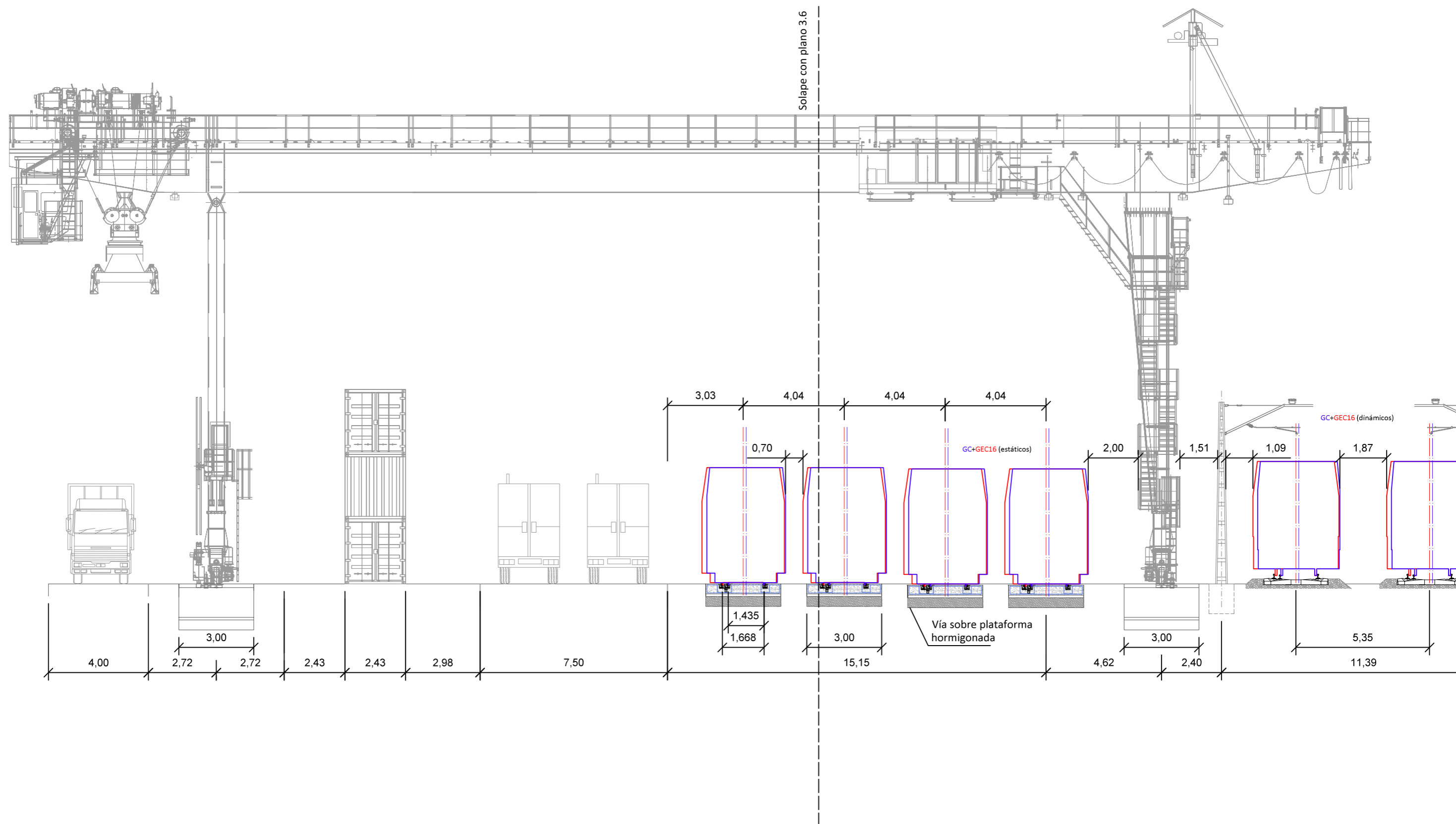


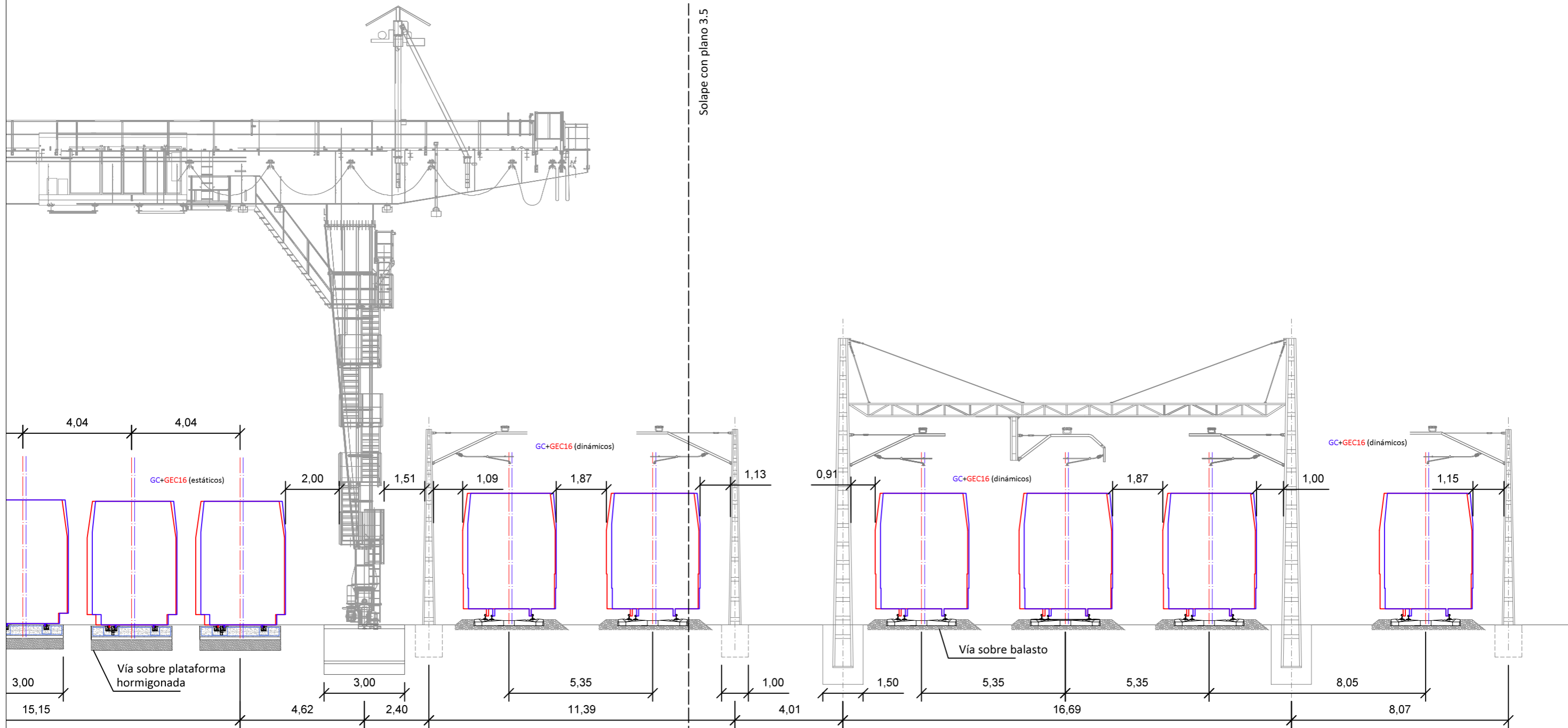


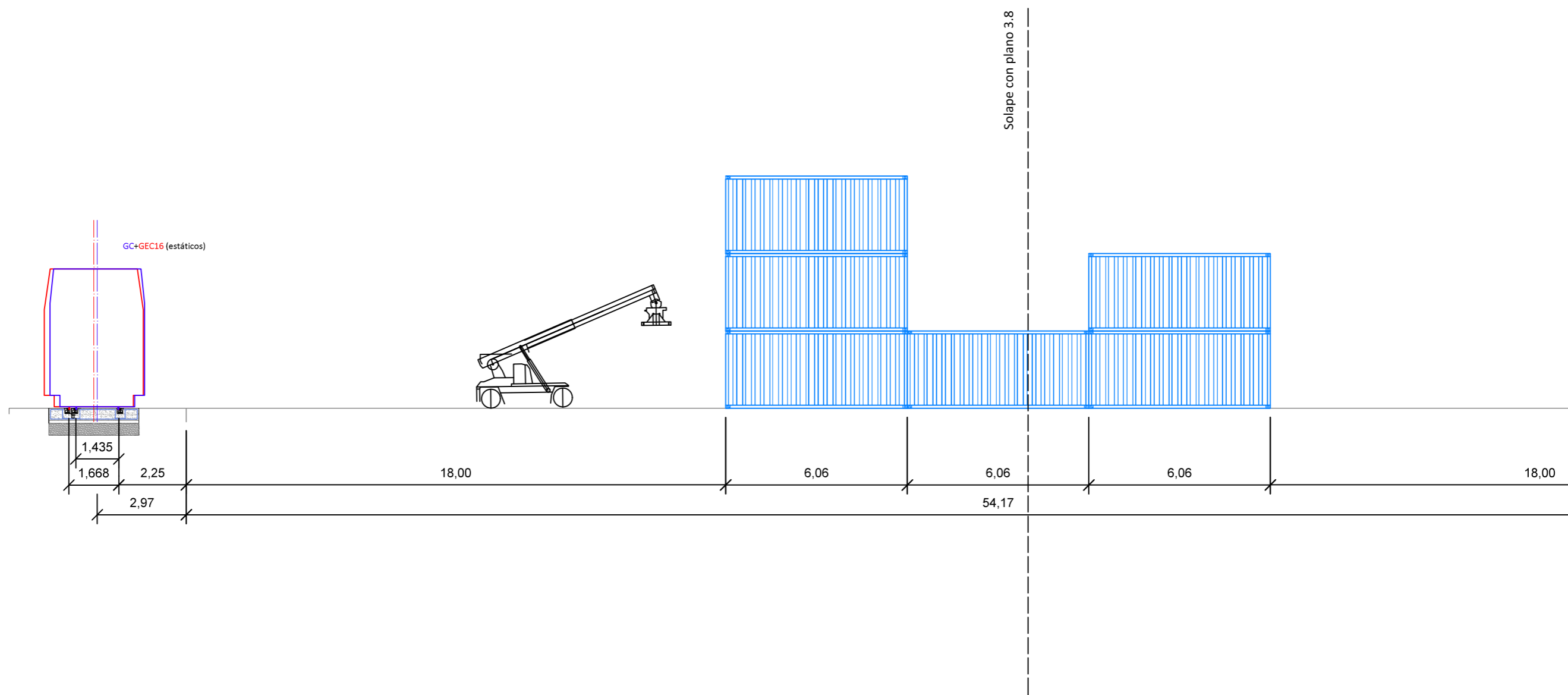


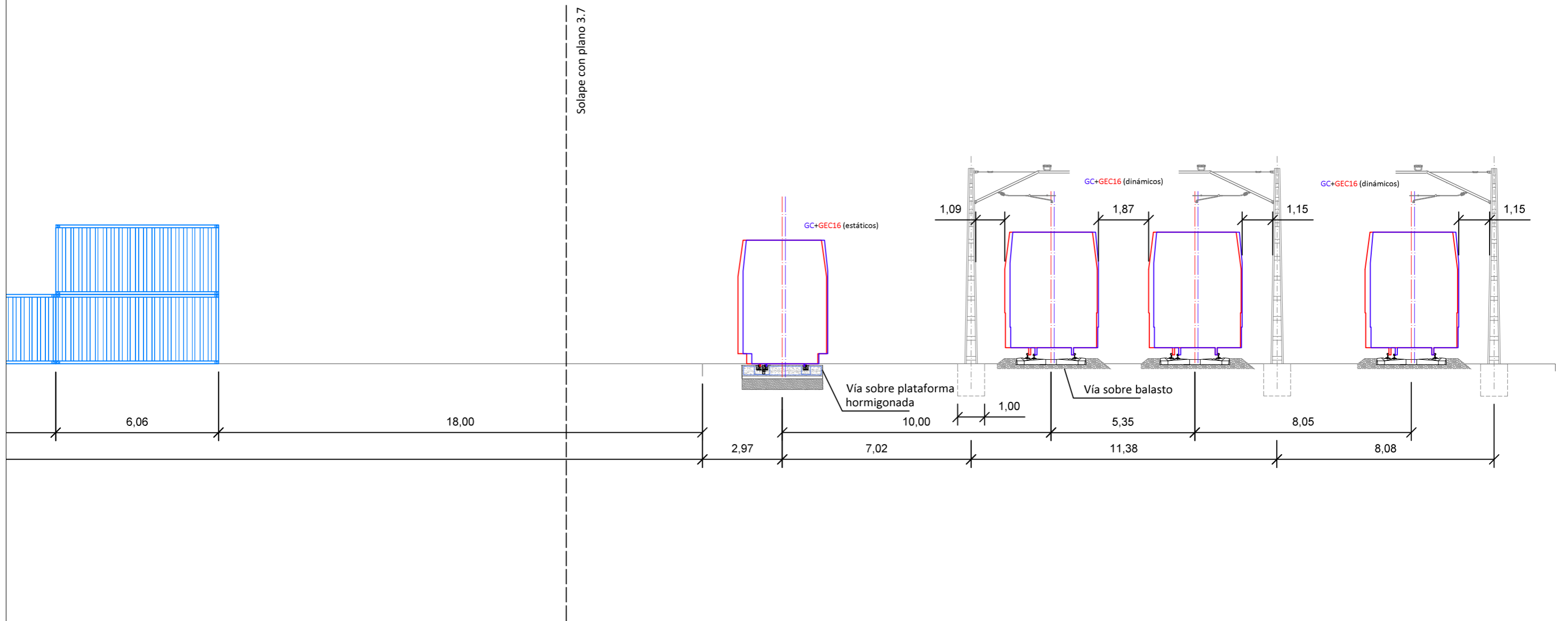












## ANEJO 2. Características técnicas de las TIF de Adif

- Córdoba Mercancías

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	5	593	2.760	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	2	650	1.285			
	Vías de apartado	29	1.160	15.264			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	27	680	13.459			
	Vías mantenimiento	2	200	345			
	Vías lavado y limpieza	1	280	280			
	Vías suministro de combustible	2	145	195			
	Vías punto de carga	2	1.160	1.305			

- Huelva Mercancías

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	3	1.484	2.651	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	10	675	5.873			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	9	675	5.373			
	Vías mantenimiento	1	290	290			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	5	500	2.060			

- San Roque

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	3	847	2.267	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	2	644	1.164			
	Vías de apartado	2	977	1.674			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	-	-	-			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- Sevilla La Negrilla

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	2	498	996	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	4	400	1.600			
	Vías de apartado	6	400	2.055			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	4	400	1.420			
	Vías mantenimiento	2	60	120			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	8	350	2.390			

- Sevilla Majarabique

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	2	655	1.219	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	10	570	5.116			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	10	570	5.116			
	Vías mantenimiento	1	150	150			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	2	325	625			

- Grisén

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	2	570	960	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	4	705	2.050			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	4	705	2.050			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- Zaragoza Arrabal

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	3	515	1.170	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	13	625	4.927			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	9	405	2.532			
	Vías mantenimiento	1	260	260			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	65	65			
	Vías punto de carga	4	260	850			

- Zaragoza Plaza

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	9	855	6.625	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	6	835	4.745			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	15	840	8.925			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	14	840	9.940			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	125	125			
	Vías punto de carga	-	-	-			



- Madrid Abroñigal / Santa Catalina

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	4	739	2.315	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	14	565	6.506			
	Vías de apartado	13	565	5.068			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	13	565	5.068			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	223	373			
Vías punto de carga	2	223	373				

- Vicálvaro Mercancías

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	10	720	5.800	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	2	790	1.470			
	Vías de apartado	19	767	10.551			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	17	767	10.451			
	Vías mantenimiento	2	50	100			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	30	60			
Vías punto de carga	-	-	-				

- Complejo Villaverde

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	4	480	1.880	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	14	469	4.306			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	13	469	4.246			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
Vías punto de carga	-	-	-				

- Noáin

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	1	589	589	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	2	450	900			
	Vías de apartado	15	650	7.240			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	15	650	7.240			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
Vías punto de carga	7	650	2.900				

- Sagunto Mercancías

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	4	400	1.500	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	4	698	2.074			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	4	698	2.074			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- Silla Mercancías

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	3	560	1.603	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	15	513	6.285			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	-	-	-			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	-	-	-			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	50	100			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- Valencia Fuente de San Luís

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	2	779	1.546	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	2	527	870			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	22	822	12.320			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	19	634	9.952			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	50	100			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- León Mercancías

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso por ferrocarril	Vías de Recepción y Expedición	4	910	2.319	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	1	680	680			
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de apartado	32	910	13.155			
	Vías de apartado larga duración	5	427	1.543			
	Vías de formación y maniobra	27	910	11.612			
	Vías mantenimiento	1	280	280			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- **Miranda de Ebro Mercancías**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	6	831	4.011	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	14	500	5.725			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	14	500	5.725			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- **Complejo Valladolid**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	5	387	1.764	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	23	550	8.698			
	Vías de apartado larga duración	5	550	1.858			
	Vías de formación y maniobra	26	550	10.127			
	Vías mantenimiento	4	510	1.877			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	350	350			
	Vías punto de carga	8	510	3.277			

- **Venta de Baños**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	16	935	9.024	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	16	551	6.135			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	15	551	5.799			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	20	20			
	Vías punto de carga	1	336	336			

- **Villafría**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	3	785	2.034	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	2	467	897			
	Vías de apartado	3	574	1.583			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	11	890	6.012			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	2	454	739			

- **Muriedas**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	550	1.100	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	10	610	4.814			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	9	610	4.358			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	1	456	456			

- **Barcelona Can Tunis**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	14	750	7.535	3 kV CC	Ibérico/UIC/Mixto	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	3	610	1.645			
	Vías de apartado	28	772	9.555			
	Vías de apartado larga duración	1	590	590			
	Vías de formación y maniobra	24	592	7.027			
	Vías mantenimiento	4	260	790			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
		Vías punto de carga	3	570	1.120		

- **Barcelona Morrot**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	515	955	3 kV CC	Ibérico / Mixto	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	10	615	4.990			
	Vías de apartado	5	145	595			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	4	145	455			
	Vías mantenimiento	2	280	495			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	50	100			
		Vías punto de carga	-	-	-		

- **Castellbisbal**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	280	450	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	-	-	-			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	-	-	-			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
		Vías punto de carga	-	-	-		

- **Constantí**

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	2	540	1.045	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	5	445	2.035			
	Vías de apartado	3	90	180			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	3	90	180			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- **Granollers Mercancías**

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	3	615	1.645	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	4	460	1.710			
	Vías de apartado	2	250	330			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	-	-	-			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- **La Llagosta**

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	1	565	565	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	2	565	1.130			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	2	565	1.130			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	8	305	2.370			

- **Martorell – SEAT**

Acceso por ferrocarril		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías de Recepción y Expedición	2	715	1.350	3 kV CC	Ibérico	No
	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	6	835	3.757			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	6	835	3.757			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- **Portbou – Cerbère**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	9	505	3.660	3 kV CC	Ibérico / UIC	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	6	360	1.990			
	Vías de apartado	21	540	6.371			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	15	540	3.995			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	5	413	1.372			
	Vías punto de carga	4	413	1.608			

- **Tarragona Mercaderies**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	6	570	2.645	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	3	375	975			
	Vías de apartado	18	520	6.875			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	17	520	6.440			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	325	375			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- **A Coruña – San Diego**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	446	848	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	13	542	3.583			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	13	542	3.583			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	4	523	1.320			

- **Vigo Guixar**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	11	487	3.348	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	6	475	2.550			
	Vías de apartado	5	461	1.669			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	5	461	1.669			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	1	320	320			

- **Monforte de Lemos**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	436	872	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	16	750	5.850			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	15	750	5.100			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	2	240	290			
	Vías punto de carga	2	750	1.500			

- **Bilbao Mercancías**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	1	731	731	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	6	492	2.783			
	Vías de apartado	11	737	5.586			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	7	737	3.846			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	25	25			
	Vías punto de carga	2	482	840			

- **Irún Mercancías**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	10	825	4.575	3 kV CC	Ibérico/UIC	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	6	483	2.634			
	Vías de apartado	28	460	10.493			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	25	460	9.449			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	1	415	415			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	7	425	2.583			

- **Júndiz**

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	740	1.480	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	2	518	1.008			
	Vías de apartado	6	572	3.153			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	4	572	2.098			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	4	565	2.063			

- Lezo / Pasaia

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	4	1.337	4.198	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	6	680	2.635			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	5	507	1.955			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	-	-	-			
	Vías punto de carga	-	-	-			

- Murcia Mercancías

		Nº vías	Longitud máxima (m)	Longitud total (m)	Electrificación	Ancho	ERTMS
<b>Acceso por ferrocarril</b>	<b>Vías de Recepción y Expedición</b>	2	1.087	1.892	3 kV CC	Ibérico	No
Acceso a las instalaciones de servicio	Vías intermodales	-	-	-			
	Vías de apartado	9	655	4.249			
	Vías de apartado larga duración	-	-	-			
	Vías de formación y maniobra	11	655	4.671			
	Vías mantenimiento	-	-	-			
	Vías lavado y limpieza	-	-	-			
	Vías suministro de combustible	1	50	50			
	Vías punto de carga	1	440	760			



### ANEJO 3. Especificaciones técnicas de los vagones portacontenedores de Renfe Mercancías

- **MC/MCE**

<b>MC/MCE</b>	
<b>Características generales</b>	
<b>Internacional</b>	22714428401-4 a 728-0 / 41711428001-9 a 200-7
<b>Carga Media Máxima (t)</b>	27,85-27,6 / 28,8
<b>Tara Media (t)</b>	12,15-12,4 / 11,2
<b>Peso por eje (t)</b>	20
<b>Freno</b>	Aire comprimido
<b>Velocidad (km/h)</b>	100
<b>Long. Entre topes (m)</b>	13,86
<b>Altura apoyo contenedores (m)</b>	1,23
<b>Empate (m)</b>	8,00
<b>Dimensiones interiores</b>	
<b>Largo (m)</b>	12,5
<b>Ancho (m)</b>	2,77
<b>Superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>	27,00
<b>Capacidad /Distribución de contenedores</b>	
	2 x 20'
	1 x 40'
	1 x 30'
	1 x 20' (centrado o no centrado)

- **MMC/MMC1**

<b>MMC/MMC1</b>	
<b>Características generales</b>	
<b>Internacional</b>	81714540000-5 a 397-5 / 32714542000-3 a 249-6
<b>Carga Media Máxima (t)</b>	58-60 / 61
<b>Tara Media (t)</b>	21-20 / 19
<b>Peso por eje (t)</b>	-
<b>Freno</b>	Aire comprimido
<b>Velocidad (km/h)</b>	100
<b>Long. Entre topes (m)</b>	19,90
<b>Altura apoyo contenedores (m)</b>	1,21
<b>Empate (m)</b>	14,60
<b>Dimensiones interiores</b>	
<b>Largo (m)</b>	18,66
<b>Ancho (m)</b>	2,10
<b>Superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>	39,00
<b>Capacidad /Distribución de contenedores</b>	
	3 x 20'
	2 x 40' – 20'
	2 x 30'
	2 x 20' – 30'
	2 x 20'
	1 x 45'
	1 x 40'

- **MC3**

<b>MC3</b>	
<b>Características generales</b>	
<b>Internacional</b>	22714433000-7 a 099-9 / 22714433100-5 a 799-4
<b>Carga Máxima (t)</b>	32,5 / 33
<b>Tara Media (t)</b>	12,5 / 12
<b>Peso por eje (t)</b>	22,5
<b>Freno</b>	Aire comprimido
<b>Velocidad (km/h)</b>	120
<b>Long. Entre topes (m)</b>	13,86
<b>Altura apoyo contenedores (m)</b>	1,18
<b>Empate (m)</b>	9,00
<b>Dimensiones interiores</b>	
<b>Largo (m)</b>	12,62
<b>Ancho (m)</b>	2,77
<b>Superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>	-
<b>Capacidad /Distribución de contenedores</b>	
	2 x 20'
	1 x 40'
	1 x 30' (centrado o no centrado)
	1 x 20' (centrado o no centrado)

- **MMC3E/MMC2**

<b>MMC3E/MMC2</b>	
<b>Características generales</b>	
<b>Internacional</b>	81714549000-6 a 098-0 / 36714570011-1 a 938-5 / 32714570000-8 a 975-1
<b>Carga Media Máxima (t)</b>	60 / 60,2
<b>Tara Media (t)</b>	20 / 19,8
<b>Peso por eje (t)</b>	-
<b>Freno</b>	Aire comprimido
<b>Velocidad (km/h)</b>	120
<b>Long. Entre topes (m)</b>	19,90
<b>Altura apoyo contenedores (m)</b>	1,21
<b>Empate (m)</b>	14,60
<b>Dimensiones interiores</b>	
<b>Largo (m)</b>	18,66
<b>Ancho (m)</b>	2,10
<b>Superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>	39,00
<b>Capacidad /Distribución de contenedores</b>	
	3 x 20'
	2 x 40' – 20'
	2 x 30'
	2 x 20' – 30'
	2 x 20'
	1 x 45'
	1 x 40'

- MC4E

MC4E	
Características generales	
Internacional	22714433800-0 a 956-0 / 22714439001-9 a 130-6
Carga Máxima (t)	32,2
Tara Media (t)	12,8
Peso por eje (t)	22,5
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	120
Long. Entre topes (m)	15,08
Altura apoyo contenedores (m)	1,175
Empate (m)	9,00
Dimensiones interiores	
Largo (m)	13,84
Ancho (m)	2,60
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	-
Capacidad /Distribución de contenedores	
	2 x 20'
	1 x 45'
	1 x 40'
	1 x 30' (centrado o no centrado)
	1 x 20' (centrado o no centrado)

- MMC3E

MMC3E	
Características generales	
Internacional	32714252001-1 a 150-6
Carga Máxima (t)	70,3
Tara Media (t)	19,7
Peso por eje (t)	-
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	100
Long. Entre topes (m)	19,74
Altura apoyo contenedores (m)	1,155
Empate (m)	14,2
Dimensiones interiores	
Largo (m)	18,50
Ancho (m)	2,40
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	44,00
Capacidad /Distribución de contenedores	
	3 x 20'
	2 x 40' – 20'
	2 x 30'
	2 x 20' – 30'
	2 x 20'
	1 x 45'
	1 x 40'

- MCI

MCI	
<b>Características generales</b>	
Internacional	24714433800-8 a 999-8
Carga Máxima (t)	33,0/32,5
Tara Media (t)	12,0/12,5
Peso por eje (t)	22,50
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	120
Long. Entre topes (m)	13,86
Altura apoyo contenedores (m)	1,175
Empate (m)	9,00
<b>Dimensiones interiores</b>	
Largo (m)	12,62
Ancho (m)	2,77
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	-
<b>Capacidad /Distribución de contenedores</b>	
2 x 20'	
1 x 40'	
1 x 30' (centrado o no centrado)	
1 x 20' (centrado o no centrado)	

- MMMC1

MMMC1	
<b>Características generales</b>	
Internacional	81714566000-4 a 199-4
Carga Máxima (t)	93,00
Tara Media (t)	27,00
Peso por eje (t)	-
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	120
Long. Entre topes (m)	27,10
Altura apoyo contenedores (m)	1,18
Empate (m)	10,70
<b>Dimensiones interiores</b>	
Largo (m)	25,860
Ancho (m)	2,720
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	-
<b>Capacidad /Distribución de contenedores</b>	
4 x 20'	
3 x 20' – 20' – 40'	
3 x 20' – 20' – 35'	
3 x 20' – 20' – 30'	
2 x 40'	
2 x 35'	
2 x 30'	

ANEJO 4. Especificaciones técnicas de los vagones para automóviles de Renfe  
Mercancías

## • MA5

MA5	
Características generales	
Internacional	22714352086-3 a 110-1/26714352001-8 a 109-9/26714370000-8/4174352055-5 a 065-4/45714352039-5 a 094-0
Carga Media Máxima (t)	21,5 / 22,0
Tara Media (t)	27,70
Peso por eje (t)	12,30
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	100
Long. entre topes (m)	27,00
Altura máxima (m)	3,61
Altura pasarelas (m)	1,22 / 2,81
Empate (m)	8,62
Dimensiones interiores	
Largo piso inf. (m)	25,68
Largo piso sup. (m)	26,52
Ancho (m)	2,75
Altura piso (m)	1,22

## • MA6

MA6	
Características generales	
Internacional	41714352200•7 a 300-5/45112906003•6/45712934003-2 a 090•9
Carga Media Máxima (t)	16,00
Tara Media (t)	23,30
Peso por eje (t)	20,00
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	100
Long. entre topes (m)	21,60
Altura máxima (m)	4,03
Altura piso (m)	1,22 / 2,81
Empate (m)	2x5,70
Dimensiones interiores	
Largo (m)	21,22
Ancho (m)	2,35
Altura pasarela (m)	1,23
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	49,80

- **MA7**

<b>MA7</b>	
<b>Características generales</b>	
Internacional	227143700000 / 99
Carga Media Máxima (t)	22,00
Tara Media (t)	38,00
Peso por eje (t)	20,00
Freno	Freno aire comprimido UIC
Velocidad (km/h)	100
Long. entre topes (m)	31,0
<b>Dimensiones interiores</b>	
Superficie inferior (m <sup>2</sup> )	72,57
Superficie superior (m <sup>2</sup> )	69,43
Longitud útil inferior (m)	29,79
Longitud útil superior (m)	30,52

- **MAA**

<b>MAA</b>	
<b>Características generales</b>	
Internacional	52719870013•2 a 098•3
Carga Media Máxima (t)	15,0
Tara Media (t)	25,0
Peso por eje (t)	10,0
Freno	Aire comprimido
Velocidad (km/h)	160
Long. entre topes (m)	26,4
Altura máxima (m)	3,48
Altura pasarelas (m)	1,11 y 2,86
Empate (m)	19,00
<b>Dimensiones interiores</b>	
Largo piso inf. (m)	25,50
Largo piso sup. (m)	25,80
Ancho (m)	2,81
Altura piso (m)	0,91
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	65,26 por piso

## ANEJO 5. Relación del TFM con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

**Relación del TFG/TFM “Estudio y análisis de criterios de diseño de terminales intermodales ferroviarias. Aplicación a la terminal intermodal de Parc Sagunt II” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.**

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

<b>Objetivos de Desarrollo Sostenibles</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>No Procede</b>
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				<b>X</b>
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				<b>X</b>
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				<b>X</b>
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				<b>X</b>
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				<b>X</b>
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>			<b>X</b>	
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>		<b>X</b>		
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>	<b>X</b>			
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>	<b>X</b>			
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>		<b>X</b>		
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>	<b>X</b>			
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>		<b>X</b>		
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>	<b>X</b>			
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>			<b>X</b>	
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>		<b>X</b>		
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				<b>X</b>
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>				<b>X</b>

Descripción de la alineación del TFG/M con los ODS con un grado de relación más alto.



Los 4 principales Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) directamente vinculados con la consecución de este Trabajo de Fin de Máster son los siguientes: **Trabajo decente y crecimiento económico; Industria, innovación e infraestructuras; Ciudades y comunidades sostenibles; y Acción por el clima.**

Así, el primero de ellos, se relaciona con el diseño y construcción de terminales intermodales ferroviarias a través de sus primeras 4 metas, pues una red de mercancías por ferrocarril óptima permite mantener un **crecimiento** per cápita de conformidad con las circunstancias nacionales. Además, posibilita un crecimiento de la productividad económica, a través de la diversificación (no centrándose únicamente en el transporte por carretera), la modernización tecnológica (a través de estudios de este tipo) y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores de gran valor añadido. Asimismo, la construcción de este tipo de terminales permite la creación de nuevas empresas vinculadas al sector logístico (especialmente relacionado con el ferrocarril) y la estimulación de la contratación de trabajadores (tanto formados como no formados). Finalmente, a través de estas terminales se desvincula el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, pues el ferrocarril es un medio de transporte más sostenible.

El segundo objetivo, **Industria, innovación e infraestructuras**, es el que mayor relación tiene con el ámbito de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y concretamente con el de la consecución de este TFM. Así, tiene una relación directa con las 5 metas enunciadas por la ONU. La primera de ellas está relacionada con el desarrollo de infraestructuras (en este caso ferroviarias) fiables, sostenibles, resilientes y de calidad para impulsar el desarrollo económico (ODS anterior) y el bienestar humano. La segunda está relacionada con la industrialización de todas aquellas zonas en las que se localiza una terminal de este tipo, teniendo el 2030 como meta para aumentar significativamente la contribución de la industria al empleo (en este caso de Parc Sagunt II y de toda esta región valenciana). Finalmente, cabe destacar la meta vinculada a la modernización de la infraestructura, empleando para ello tecnologías y procesos industriales limpios (el transporte de mercancías por ferrocarril es de los más eficientes a la hora de emitir gases de efecto invernadero).

El siguiente ODS está directamente relacionado con las **ciudades** y con la localización de este tipo de terminales en las inmediaciones de las mismas se consigue reducir el impacto ambiental negativo per cápita. Así, con una correcta planificación (que es uno de los objetivos de este TFM) se puede conseguir optimizar los desplazamientos de Última Milla que generan contaminación y una mala calidad del aire de las ciudades, principales nodos de atracción del transporte de mercancías.

Finalmente, en **acción por el clima**, a través de la planificación y construcción de este tipo de infraestructuras se consigue fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales. Además, tal como se ha comentado con anterioridad, al impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril, se consigue reducir la contribución del transporte a la generación de emisiones (sobre todo las directamente vinculadas al cambio climático).

Cabe destacar otros ODS como **energía asequible y no contaminante** (a través de la electrificación de este tipo de infraestructuras), **reducción de las desigualdades** entre unas regiones y otras a través de la localización de este tipo de nodos logísticos; **producción y consumos responsables; y vida de ecosistemas terrestres**, pues la elección del ferrocarril en lugar de la carretera contribuye a un menor impacto del cambio climático y, por lo tanto, de una mejora en la vida de especies animales y vegetales y de sus correspondientes ecosistemas.