



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA MEJORA DE LA TRAZABILIDAD DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Mecánica

REALIZADO POR

Escrivá García, Matthias Daniel

TUTORIZADO POR

Montuori, Lina

CURSO ACADÉMICO: 2019/2020

DOC. 1 – MEMORIA DESCRIPTIVA

Agradecimientos

Debo agradecer a Lina, mi tutora, por guiarme tanto en la toma de decisiones en cuanto al tema de mi TFG como en la realización del trabajo. Ha sido una gran tutora.

También agradezco el tiempo que me ha dedicado mi tutor de la empresa Gonzalo que, a pesar de su falta de tiempo, siempre ha encontrado momentos para resolver mis dudas.

Por último, quiero agradecer a mi familia y a mis amigos por el apoyo recibido a lo largo de la realización de mi proyecto.

Acrónimos

NNTR	Notified National Technical Rules
TSI	Technical Specifications for Interoperability
ETI	Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad
NoBo	Notified Body
DeBo	Designated Body
AsBo	Risk Assessment Body
ERA	European Railway Agency
EUAR	European Union Agency for Railways
ANS	Autoridades Nacionales de Seguridad
AESF	Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria
ETCS	European Train Control System
GSM-R	Global System for Mobile Communications - Railway
CEN	Comité Europeo de Normalización

Palabras clave

Homologación, trazabilidad, verificación, certificación, interoperabilidad, autorización, ferroviario.

Resumen

De acuerdo con el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 de 4 de abril de 2018 y con arreglo a la Directiva (UE) 2016/797, los vehículos ferroviarios tienen que cumplir con las disposiciones prácticas relativas a la autorización de puesta en el mercado de un vehículo. Debido a esta necesidad, en los últimos años, las empresas operadoras junto a los fabricantes han implementado internamente procesos de homologación con el fin de reducir la duración y el coste del proceso de autorización de vehículos. Los programas informáticos (ERP, SAP, Excel, bases de datos, etc.) se han demostrado herramientas valiosas para el soporte de la gestión de las solicitudes de homologación de los vehículos ferroviarios y sus componentes. Sin embargo, a pesar de ello, aún se requieren esfuerzos importantes para la estandarización de un proceso que garantice que el tipo de vehículo siga cumpliendo los requisitos a lo largo del tiempo y que toda modificación de su diseño básico se refleje como nueva variante. En este marco, el objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es desarrollar un procedimiento de mejora para la homologación de un vehículo ferroviario y sus subsistemas de material rodante. Para el desarrollo de esta metodología se ha analizado en caso real de la empresa Stadler Rail, líder en el sector de la fabricación de vehículos ferroviarios y material rodante ferroviario. El trabajo, que será convenientemente validado con datos reales proporcionados por el equipo de Certificación y Seguridad de Stadler Rail Valencia, se centrará en el proceso de autorización de un vehículo. En primer lugar, se realizará un análisis detallado y en profundidad de los requisitos exigidos por la normativa legal vigente a nivel nacional y europeo. A continuación, se analizará el método de homologación implementado por Stadler Rail Valencia, explicando las diferentes fases de verificación interna de productos, detallando las comprobaciones y ensayos a realizar y la documentación final a presentar al Organismo Certificador. En base a dicho análisis, se identificarán las criticidades que afectan la trazabilidad del proceso y que necesitan ser corregidas. El principal resultado de este TFG será una metodología novedosa y consistente que aportará una significativa mejora al proceso de homologación de este tipo de vehículos y que proporcionará una herramienta de gran utilidad para el personal encargado de realizar de forma sistemática estas actividades.

Resum

D'acord amb el Reglament d'Execució (UE) 2018/545 del 4 d'abril de 2018 i segons la Directiva (UE) 2016/797, els vehicles ferroviaris tenen que complir amb les disposicions practiques relatives a l'autorització de la posada en mercat d'un vehicle. Degut a aquesta necessitat, en els últims anys, les empreses operadores junt amb els fabricants han implementat internament processos d'homologació amb la fi de reduir la duració i el cost del procés d'autorització de vehicles. Els programes informàtics (ERP, SAP, Excel, bases de dades, etc.) son ferramentes valuoses per a suportar la gestió de les sol·licituds d'homologació dels vehicles ferroviaris i dels seus components. No obstant, així i tot, encara es requereixen esforços importants per a l'estandardització d'un procés que garanteixi que el tipus de vehicle segueixi complint els requisits al llarg del temps i que tota modificació del seu disseny bàsic quede reflectida com una nova variant. Dins d'aquest context, l'objectiu d'aquest Treball de Final de Grau es desenvolupar un procediment de millorament per a la homologació d'un vehicle ferroviari i dels seus subsistemes de material rodant. Per al desenvolupament d'aquesta metodologia, s'ha analitzat el cas real de l'empresa Stadler Rail, líder en el sector de la fabricació de material rodant ferroviari. El treball, el qual serà convenientment validat amb dades reals proporcionades per l'equip de Certificació i Seguretat de Stadler Rail Valencia, es centrarà en el procés d'autorització d'un vehicle. Primerament, es realitzarà una anàlisi detallada i en profunditat dels requeriments exigits per la normativa legal vigent a nivell nacional i europeu. A continuació, s'analitzarà el mètode d'homologació implementat per Stadler Rail Valencia, explicant les diferents fases de verificació interna de productes, detallant les comprovacions i assajos per realitzar i la documentació final que cal presentar a l'Organisme Certificador. En base a aquesta anàlisi, s'identificaran els elements crítics que afecten la traçabilitat del procés que necessiten ser corregits. El resultat principal d'aquest TFG serà una metodologia innovadora i consistent que aportarà una millora significativa per al procés d'homologació d'aquest tipus de vehicles i que proporcionarà una ferramenta de gran utilitat per al personal encarregat de realitzar de forma sistemàtica aquestes activitats.

Summary

According to Commission Implementing Regulation (EU) 2018/545 of April 2018 and to Directive (EU) 2016/797, railway vehicles must comply with the practical arrangements related to the authorisation for placing in the market. Due to this necessity, companies that operate the vehicles together with the manufacturers have implemented internal homologation processes in order to reduce the duration and the cost of the process of vehicle authorisation. Computer programs (ERP, SAP, Excel, Databases, etc.) are important tools made to support the management of the requests for homologation of railway vehicles and its components. However, the standardisation of a method that guarantees that the vehicle type is still compliant with the requirements over time is still needed. Moreover, every modification on the basic design of the vehicle must be considered as a new variant. The aim of this Final Project is, within this context, to develop a new procedure in order to improve the homologation process of a railway vehicle and its subsystems. The real case scenario used for developing this procedure is the company Stadler Rail, which is a leader in the manufacturing of railway vehicles. This project will be validated with real data from the Certification & Safety team from Stadler Rail Valencia, and will focus on the authorization process of a vehicle. First, a detailed analysis of the mandatory requirements from legal national and European standardization will be done. Next, the homologation process implemented by Stadler Rail Valencia will be analysed, describing each phase of the verification and testing of products and the documentation that needs to be presented to the Notified Body. With this analysis done follows the identification of the critical elements that have an impact on the traceability of the process and need to be corrected. The result of this Final Project will be an innovative and consistent new methodology that will bring an important upgrade on the homologation process of these vehicles and will provide a new tool for all the individuals that need to carry out these tasks in a systematic way.

Tabla de contenido

DOC. 1 – MEMORIA DESCRIPTIVA

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Objeto del trabajo	1
1.3	Alcance y limitaciones	1
1.4	Estructura del documento.....	2
2	ESTADO DEL ARTE	3
2.1	Breve historia del ferrocarril	3
2.2	El ferrocarril en España	4
2.3	La interoperabilidad en el sector ferroviario europeo.....	6
2.4	Los vehículos ferroviarios.....	6
2.4.1	Tracción diésel.....	8
2.4.2	Tracción eléctrica	8
2.4.3	Comparación entre tracción eléctrica y tracción diésel.....	10
2.5	Evolución normativa.....	12
2.5.1	La normativa ferroviaria europea desde la década de los años 90 hasta hoy	12
2.6	Cuadro normativo actual. El Cuarto Paquete Ferroviario	14
2.6.1	Directiva (UE) 2016/797	14
2.6.2	Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545	16
3	ESTUDIO DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN	20
3.1	Obtención de la autorización de entrada en servicio	20
3.1.1	Agentes involucrados en el proceso de homologación.....	20
3.1.2	Procedimiento de obtención de la autorización de entrada en servicio	24
3.2	Sistema de trazabilidad	29
4	ANÁLISIS DE STADLER RAIL VALENCIA S.A.U.	31
4.1	Grupo Stadler	31
4.2	Stadler Rail Valencia S.A.U.	33
4.2.1	Análisis del proceso de homologación de la empresa Stadler Rail Valencia.....	34
4.2.2	Actividades del equipo de C&S.....	35
4.2.3	Análisis del sistema de trazabilidad implantado en Stadler Rail Valencia	39
5	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA	46
5.1	Caso de aplicación	46
5.2	Descripción del análisis	46
5.3	Análisis DAFO de la trazabilidad del proceso de homologación en Stadler Rail Valencia	48

5.3.1	Debilidades	48
5.3.2	Amenazas	49
5.3.3	Fortalezas	50
5.3.4	Oportunidades	50
5.3.5	Matriz DAFO	51
5.4	Análisis de las acciones CAME.....	52
5.5	Matriz de priorización	55
6	RESULTADOS	56
6.1	Resultados de la matriz de priorización	56
6.1.1	Resultado de la jerarquización	65
6.2	Mejora desarrollada.....	67
6.2.1	Implementación de la nueva mejora	69
7	CONCLUSIONES	70
8	REFERENCIAS.....	72
	ANEXO I – Cuadros 17a y 17b de la sección 7.1.2.2 de la ETI de locomotoras y coches de viajeros	77
	ANEXO II – Organismos de normalización.....	83
	ANEXO III – Manual de implementación de la nueva mejora	85
	DOC. 2 – PLIEGO DE CONDICIONES	
1	DEFINICIÓN Y ALCANCE.....	1
1.1	Objeto del pliego	1
1.2	Alcance del pliego	1
1.3	Documentos del proyecto	1
2	CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL.....	2
2.1	Condiciones generales	2
2.2	Normativa aplicable	2
2.3	Plazos de realización del proyecto	2
3	CONDICIONES PARTICULARES.....	3
3.1	Condiciones técnicas	3
3.1.1	Condiciones de los equipos durante la ejecución del proyecto.....	3
3.2	Condiciones facultativas.....	3
3.2.1	Derechos y obligaciones del contratista	3
3.2.2	Derechos y obligaciones del contratante (STAV)	4
3.3	Condiciones económicas	4
	DOC. 3 – PRESUPUESTO	
1	FORMATO DEL PRESUPUESTO	1

1.1	Estructura del presupuesto	1
1.2	Distintas fases del proyecto	1
2	PRESUPUESTO	2
2.1	Cuadros de precios	2
2.2	Precios descompuestos	3
2.3	Precios unitarios	4
2.4	Resumen del presupuesto	5

DOC. 4 – PLANOS

P1. Plano de situación de las instalaciones de Stadler Rail Valencia S.A.U.

P2. Plano de las zonas y procesos de la planta de ensamblaje de vehículos de Stadler Rail Valencia S.A.U.

Índice de figuras

Figura 1 Primer tren en España de la línea Mataró-Barcelona (1848). Fuente: https://treneando.com/ [5]	4
Figura 2 Logotipo de Renfe creado en el año 1972 Fuente: ADIF.....	5
Figura 3 Principio de funcionamiento del motor a vapor en una locomotora. Fuente: "Railway Engineering" [3].....	6
Figura 4 Clasificación de los vehículos ferroviarios según la Orden FOM/167/2015. Fuente: Orden FOM/167/2015 y elaboración propia.	7
Figura 5 Tensión de electrificación de algunos de los países europeos. Fuente: "Railway Engineering" [3].....	9
Figura 6 Comparativa entre consumo de energía anual por kilómetro de línea y costes anuales de las dos tracciones. Fuente: "Railway Engineering" [3].....	10
Figura 7 Componentes principales de una locomotora. Fuente: Stadler Rail Valencia y elaboración propia	11
Figura 8 Clasificación de los vehículos ferroviarios según el Reglamento (UE) 1302/2014. Fuente: Reglamento (UE) 1302/2014 y elaboración propia	13
Figura 9 Apartado 3 del Artículo 21 de la Directiva (UE) 2016/797. Fuente: Directiva (UE) 2016/797 y elaboración propia.....	15
Figura 10 Artículo 14, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545. Fuente: Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545	16
Figura 11 Diagrama en forma de pirámide del Artículo 15, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545. Fuente: Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 y elaboración propia.	18
Figura 12 Extracto del Cuadro 17a de la sección 7.1.2.2 de la ETI locomotoras y coches de viajeros 2019. Fuente: ETI locomotoras y coches de viajeros 2019.....	19
Figura 13 Representación esquemática de los distintos agentes y sus relaciones en el proceso de autorización de entrada en servicio de un vehículo. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 14 Logotipo de la Agencia Ferroviaria de la Unión Europea. Fuente: EUAR.....	22
Figura 15 Logotipo de la AESF. Fuente: AESF.	22
Figura 16 Logotipo de ADIF. Fuente: ADIF.	23
Figura 17 Logotipo de RENFE. Fuente: RENFE.....	23
Figura 18 Esquema básico del proceso de certificación de un producto. Fuente: elaboración propia.	25
Figura 19 Esquema de los dos tipos de verificación. Fuente: elaboración propia.....	26
Figura 20 Esquema básico de trazabilidad de un producto. Fuente: elaboración propia	29
Figura 21 Localizaciones geográficas de los distintos centros del grupo Stadler Rail a finales de 2019. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.	31
Figura 22 Organización en divisiones del grupo Stadler Rail. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.	32
Figura 23 Valores de la empresa Stadler Rail. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.	33
Figura 24 Organigrama simplificado de Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y esquema de elaboración propia	34
Figura 26 Organización para la autorización de vehículos. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.	35
Figura 27 Distribución y funciones del equipo de C&S de Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.....	36

Figura 28 Relación módulos / proyectos en Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.....	37
Figura 29 Esquema resumen de la trazabilidad de documentos actual en Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.....	40
Figura 29 Locomotora EURO6000 de la plataforma EURODUAL. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.	46
Figura 30 Diagrama esquemático del método empleado para el análisis y la implementación de una mejora en la trazabilidad del proceso de homologación.....	47
Figura 31 Diagrama básico para la identificación del tipo de modificación según el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545, Artículo 15, apartado 1.....	68
Figura 32 Intercambio de información antes de la realización del manual para la clasificación de modificaciones.....	69
Figura 33 Intercambio de información después de la realización del manual para la clasificación de modificaciones.....	69
Figura 34 Esquema de los distintos organismos de normalización presentes en los distintos ámbitos. Fuente: elaboración propia.....	84

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación entre los diferentes tipos de transmisión en locomotoras Diésel. Fuente: "Ingeniería Ferroviaria" [10]	8
Tabla 2 Tipos de organismos de certificación y evaluación y sus funciones	24
<i>Tabla 3 Resumen de los módulos de verificación CE definidos en la Decisión 2010/713/UE. Fuente: Decisión 2010/713/UE y elaboración propia.</i>	28
Tabla 4 Áreas de estudio de Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.	42
Tabla 5 Matriz de pesos	55
Tabla 6 Matriz de priorización de las debilidades	57
Tabla 7 Matriz de priorización de las amenazas	59
Tabla 8 Matriz de priorización de las fortalezas.....	61
Tabla 9 Matriz de priorización de las oportunidades.....	63
Tabla 10 Jerarquización de las acciones de corrección.....	65
Tabla 11 Jerarquización de las acciones de afrontamiento	65
Tabla 12 Jerarquización de las acciones para mantener.....	66
Tabla 13 Jerarquización de las acciones de explotación	66
Tabla 14 Resumen de las acciones que puede realizar el equipo de C&S	67

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Este trabajo nace de la necesidad del equipo de Certificación y Seguridad de Stadler Rail Valencia de introducir una mejora en la trazabilidad del proceso de homologación de material rodante ferroviario, puesto que diariamente se realizan modificaciones en la mayoría de los documentos de cada proyecto.

El equipo de Certificación y Seguridad se especializa en la homologación y los sistemas de seguridad integrados en el tren, y es el encargado de justificar a la autoridad competente que el diseño del vehículo de cada proyecto cumple con la normativa acordada. Por lo tanto, cuando se realizan modificaciones en documentos ajenos al equipo Certificación y Seguridad, este debe ser capaz de justificarlas. Stadler Rail Valencia actualmente tiene una gran cantidad de proyectos a realizar, lo cual dificulta más la trazabilidad de modificaciones, y esto hace que se pierda información más fácilmente y haga más complejo el trabajo del equipo de Certificación y Seguridad.

1.2 Objeto del trabajo

El objeto del siguiente Trabajo de Final de Grado es el desarrollo de una metodología para la mejora de la trazabilidad del proceso de homologación de vehículos ferroviarios, de acuerdo con el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 de 4 abril de 2018 y con arreglo a la Directiva (UE) 2016/797.

Para ello, es de gran importancia conocer el contexto en el que se encuentra enfocado este trabajo, así como la legislación europea y la propia de cada país o región relacionada con el material ferroviario, la cual será clave para el desarrollo de una solución para el problema de trazabilidad que existe actualmente en el proceso de homologación que se realiza en la empresa Stadler Rail Valencia.

Por lo tanto, finalidad práctica de este trabajo es proponer una alternativa sobre la trazabilidad en el proceso de homologación a Stadler Rail Valencia, con el fin de obtener una mejora que permita al grupo de Certificación y Seguridad aumentar la eficiencia de su método actual para la trazabilidad de modificaciones en vehículos existentes.

Para proponer una nueva alternativa, primero se hará una del sector ferroviario, así como de la normativa ferroviaria necesaria para la realización de la tarea del equipo de Certificación y Seguridad. Además, se hará un estudio del proceso de homologación en el sector ferroviario, así como del proceso de homologación realizado en la empresa Stadler Rail Valencia.

Para el desarrollo de una nueva metodología se realizará un análisis de las necesidades de Stadler Rail Valencia mediante el uso de los métodos explicados en la Sección 5.2.

1.3 Alcance y limitaciones

Debido a la complejidad y la amplitud del tema tratado, este trabajo se va a centrar solamente en la investigación de una metodología para la mejora de la trazabilidad en relación al trabajo que realiza el grupo de Certificación y Seguridad (C&S) de Stadler Rail Valencia. Cualquier proceso, ya sea de homologación como de cualquier otra índole, que no se encuentre relacionado directamente con el grupo de Certificación y Seguridad queda excluido del objeto de este trabajo.

Dentro del trabajo llevado a cabo por el grupo de Certificación y Seguridad, se incluyen las tareas que requieren una relación directa con las siguientes entidades:

- Organismos Legislativos
- Organismos Certificadores
- Organismos Operadores
- Otros grupos dentro del departamento de Ingeniería de Stadler Rail Valencia

Las tareas que realizan dichos organismos en respuesta a las necesidades o a las demandas del grupo de Certificación y Seguridad de Stadler Rail Valencia quedan excluidas del objeto de este trabajo.

1.4 Estructura del documento

A continuación, se presenta un resumen de la estructura empleada en el documento.

En la Sección 2, se hace un breve resumen de la historia del ferrocarril, tanto a nivel general como a nivel de España, mencionándose brevemente los años considerados clave en la evolución del sector ferroviario. También se proporcionan, de manera breve, datos a nivel técnico sobre el material rodante ferroviario. La evolución legislativa y normativa a nivel europeo, vital para la comprensión de este trabajo, así como la normativa actual, se encuentran desarrolladas a partir de la Sección 2.5

En la Sección 3, se realiza un estudio de cómo se lleva a cabo el proceso de homologación en los vehículos ferroviarios. Para ello, se identificarán los agentes involucrados en este proceso, además de profundizar en la normativa actual europea, la cual establece unos requisitos mínimos obligatorios a seguir durante el proceso de homologación.

Conocidos los distintos agentes, la legislación vigente y el procedimiento para la obtención de la autorización de entrada en servicio de un vehículo ferroviario, en la Sección 4 se hablará de cómo se adapta este proceso a la estructura organizativa de la empresa Stadler Rail Valencia, profundizando, además, en la tarea del equipo de Certificación y Seguridad, el cual se encarga de llevar a cabo el proceso de homologación.

En la Sección 5 se desarrolla la metodología de mejora, usando la metodología de investigación presentada en la Sección 1.2, mientras que en la Sección 6 se muestran y se analizan los resultados obtenidos a partir del análisis realizado en la Sección 5.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Breve historia del ferrocarril

Los ferrocarriles hicieron su aparición a principios del siglo XIX en las minas británicas. Su característica principal era la del contacto metal con metal entre la rueda y el raíl, proporcionando al vehículo ferroviario un solo grado de libertad [1].

Sin embargo, los precursores de las líneas ferroviarias actuales aparecieron mucho antes que el siglo XIX. Los movimientos de los carros o de los vagones sobre guías metálicas aparecen ilustrados en grabaciones del año 1550, encontradas en Basilea, Suiza, las cuales muestran métodos de transporte empleados en las minas de Alsacia. Además, los movimientos guiados de los carros, en general, ya eran conocidos en la época romana, tal y como se puede observar en las ranuras grabadas sobre antiguos pavimentos de piedra para facilitar y acelerar el movimiento de los carros [1].

El desarrollo de los ferrocarriles fue enormemente influenciado por la revolución industrial, la introducción del motor a vapor y la extensiva explotación de carbón y hierro en las minas. Las primeras líneas ferroviarias empezaron a operar en muchos de los países europeos alrededor de 1830. La segunda mitad del siglo XIX fue la edad dorada de la empresa ferroviaria en Europa: la red se extendió por todo el continente desde Gran Bretaña a Rusia y Turquía, mientras se producía una gran evolución desde las primeras locomotoras básicas hasta las gigantescas máquinas de vapor de finales del siglo XIX [2].

La organización de las empresas ferroviarias empezó a finales del siglo XIX y a principios del siglo XX en forma de pequeños comercios privados. La importancia estratégica de los ferrocarriles para la economía y los déficits de seguridad que empezaron a aparecer hicieron que muchos gobiernos, entre los años 1935 y 1960, nacionalizaran sus vías ferroviarias. Así, muchas de las vías pasaron a formar parte del Estado a partir de los años 50, nacionalizando el servicio, pero aumentando la inflexibilidad para mejorar y modernizar el mismo y, en consecuencia, acumulando déficits durante el período entre los años 60 y los años 80 [3].

Los desarrollos en el negocio del transporte durante los años 90 hicieron que los ferrocarriles mostraran más flexibilidad en cuanto a organización, servicio, reducción de costes, adaptación a nuevas tecnologías, explotación de sus ventajas y modernización, con el fin de aumentar la competencia de este sector [3].

Después del año 1991, se realizó un gran paso para la liberalización de las actividades ferroviarias: este fue la separación de infraestructura y operación. La responsabilidad del Estado es la de proveer una infraestructura segura y eficiente sobre la cual los operadores puedan hacer rodar sus vehículos ferroviarios, cómo no, pagando un precio por el uso de dicha infraestructura [3].

En la actualidad, el transporte ferroviario ha perdido cuota de mercado debido a la mejora de otros medios de transporte que no están limitados por una infraestructura, como en el caso del transporte aéreo o del transporte marítimo. Sin embargo, la Unión Europea, durante estos últimos años, ha estado buscando la cooperación de todos los estados miembros con el fin de crear un espacio ferroviario europeo único, eliminando barreras estatales para facilitar la entrada de nuevas empresas ferroviarias a la infraestructura [4]. Aunque este proceso está siendo lento y lleva activo desde los años noventa, se han conseguido grandes logros hasta hoy (ver Sección 2.5).

2.2 El ferrocarril en España

La primera línea de ferrocarril en nuestro país fue la que unía a Mataró con Barcelona, con una longitud de 29 kilómetros [5]. Este suceso ocurrió hace más de 170 años des de hoy y, con ello, se iniciaba en España la era de los ferrocarriles, lo cual transformó radicalmente las comunicaciones internas y tuvo un gran efecto sobre la economía, la sociedad y la política españolas [6].

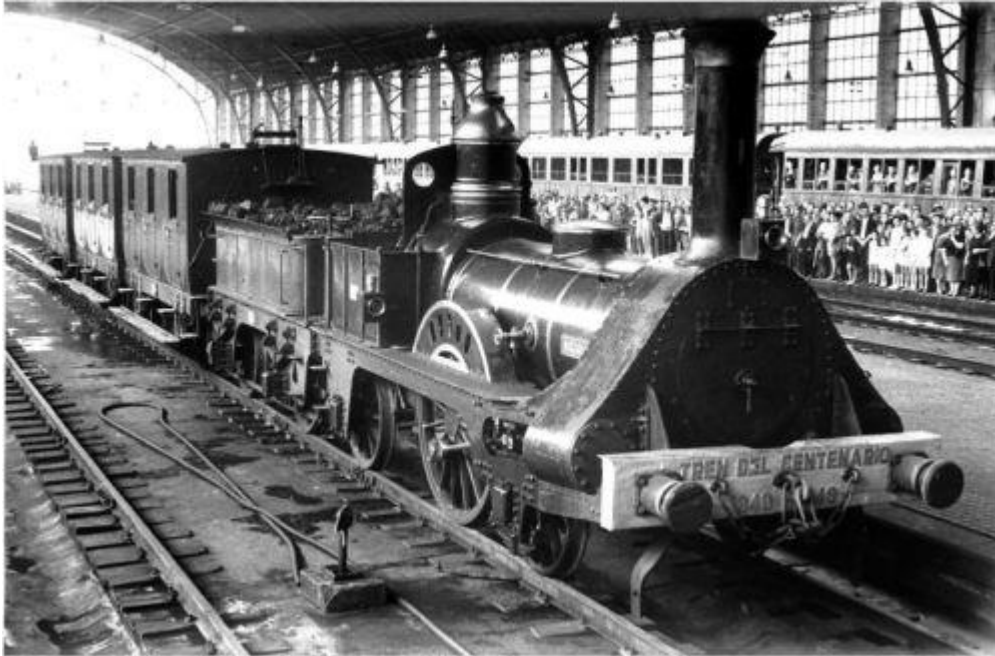


Figura 1 Primer tren en España de la línea Mataró-Barcelona (1848). Fuente: <https://treneando.com/> [5]

El desarrollo de la red ferroviaria en España llegó con mucho retraso, pues este no tuvo lugar hasta después de 1855, debido a la debilidad del capitalismo español, en la inoperancia del gobierno y en que los países más avanzados se encontraban ocupados realizando sus propias líneas [6]. En 1855, esos obstáculos desaparecieron gracias a la nueva política ferroviaria del Bienio Progresista y a que los otros países ya habían terminado sus vías y, por lo tanto, la red ferroviaria empezó a extenderse rápidamente por toda España.

En el año 1844 tuvo lugar la primera regulación de los ferrocarriles: la Real Orden de 1844. En este informe de 1844 se exponían los requisitos básicos que legalmente habían de ser exigidos a las compañías ferroviarias para iniciar las construcciones y para evitar las propuestas desmesuradas y a las intenciones especulativas de las compañías ferroviarias y, por lo tanto, proteger los intereses públicos [6]. En definitiva, establecía unos límites tanto de construcción como administrativos y económicos. Cabe destacar de este informe el hecho de que sólo admitía un ancho de vía de 1.668 mm (conocido actualmente como ancho ibérico), a diferencia del resto de Europa que admitió un ancho de vía de 1.435 mm (conocido como ancho internacional o ancho UIC).

Entre 1856 y 1920 el capital de las empresas ferroviarias se incrementó en 188 millones de pesetas aproximadamente. La mayor parte correspondió a inversores de compañías ya establecidas, destinadas a la absorción o a la fusión con otros ferrocarriles y a la construcción de nuevos tramos y ramales.

Durante el periodo de entreguerras (1918 - 1936) se produjo la institucionalización de las compañías ferroviarias, caracterizada por el control por el Estado que, según el libro sobre la historia del ferrocarril en España, elaborado por Francisco Comín Comín, Pablo Martín Aceña, Miguel Muñoz Rubio y Javier Vidal Olivares [6], se materializó en tres aspectos:

1. La utilización por el Estado de la capacidad de fijar las tarifas de las compañías ferroviarias
2. Los auxilios económicos a las empresas de ferrocarriles para hacer frente a la subida de los costes de personal
3. El compromiso adquirido por el Estado para financiar las nuevas obras y la adquisición del material para los ferrocarriles

En 1941, Renfe se creó mediante la Ley de Bases de Ordenación Ferroviaria y de los Transportes por Carretera de 24 de enero de 1941 [6], cuya finalidad esencial fue proceder al rescate de todas las compañías privadas de ancho ibérico y construir una nueva sociedad. Entre 1942 y 1949 se intentó emprender una reconstrucción de la infraestructura, pero las limitaciones económicas no permitieron desarrollar correctamente un plan. Sin embargo, entre 1942 y 1963, las inversiones aumentaron (cada año la inversión era mayor). Renfe destinó los fondos recibidos tanto a la reparación y mejora de la infraestructura como a la adquisición de nuevo material rodante [6]. Durante este periodo, la mayoría de las locomotoras eran de vapor, pero se empezaron a adquirir nuevos tipos de tracción gracias a las inversiones.

En el año 1964 se aprobó el Estatuto de Compañía, que otorgó a la red ferroviaria nacional un importante grado de autonomía [7]. Entre el 1964 y 1975, el sistema ferroviario español se modernizó, pero no lo suficiente como para evitar la gran pérdida de peso del ferrocarril como medio de transporte [7]. Entre 1975 y 1979 se produjo una notable pérdida de tráfico de trenes, teniendo esto un impacto negativo en los ingresos [7]. Pero a partir del año 1979, se tomaron una serie de iniciativas con el fin de frenar el déficit de Renfe. Así, durante este año, se firmó el primer contrato de Renfe con el Estado [7].



Figura 2 Logotipo de Renfe creado en el año 1972 Fuente: ADIF

A principios de la década de los noventa, la Comunidad Europea empezó a dar pasos definitivos para crear una red ferroviaria europea, en especial, con la aprobación de la Directiva 91/440, referida al desarrollo de los ferrocarriles comunitarios. En esta directiva, se consideraba necesario que las empresas eliminaran su dependencia estatal y que, los distintos Estados miembros (entre ellos, España, que entró oficialmente el año 1986) se ocuparan de la infraestructura, cobrando un peaje a todos aquellos que la utilizaran [7]. Todo esto junto con el Estatuto de Renfe de 1994, aprobado por el Real Decreto 121/1994, contribuyeron a un mejor desarrollo del material ferroviario en España.

La implantación de la alta velocidad ferroviaria en España se produce el 21 de abril de 1992, con la inauguración del tramo Madrid-Sevilla [6]. La red española de alta velocidad ferroviaria se ha ampliado notablemente hasta el año 2011. En la actualidad, España se ha convertido en uno de los países europeos que más ha apostado por el desarrollo de la alta velocidad. Además, a escala local, la llegada de la alta velocidad ha venido acompañada de grandes operaciones de transformación y renovación urbana, lo cual también ha incluido la introducción de espacios ferroviarios urbanos.

2.3 La interoperabilidad en el sector ferroviario europeo

Antes de explicar los vehículos ferroviarios, es importante conocer la palabra actualmente en el sector ferroviario conocida como “interoperabilidad”. La interoperabilidad se define según la AESF [4] como:

“La interoperabilidad es la capacidad del sistema ferroviario transeuropeo de permitir la circulación segura e ininterrumpida de trenes que cumplen las prestaciones requeridas para estas líneas.”

Tal y como se explica, el objetivo de la interoperabilidad es:

“(...) establecer un mínimo de armonización técnica de los distintos sistemas ferroviarios nacionales de la Unión Europea, que permita conseguir un sistema ferroviario abierto e integrado a nivel europeo.”

Así pues, podemos observar que la interoperabilidad cuando se habla del sector ferroviario europeo es un objetivo clave para el desarrollo de este ya que el material rodante ferroviario debe ser diseñado acorde a la infraestructura por la que va a circular, siendo la compatibilidad de los vehículos con las infraestructuras una de las principales barreras contra el desarrollo del sector del ferrocarril.

2.4 Los vehículos ferroviarios

El desarrollo y extensión de las vías férreas fueron debidos principalmente a la revolución industrial generada por la introducción del vapor. Es por eso que este fue el primer medio que se usó para generar tracción en las locomotoras.

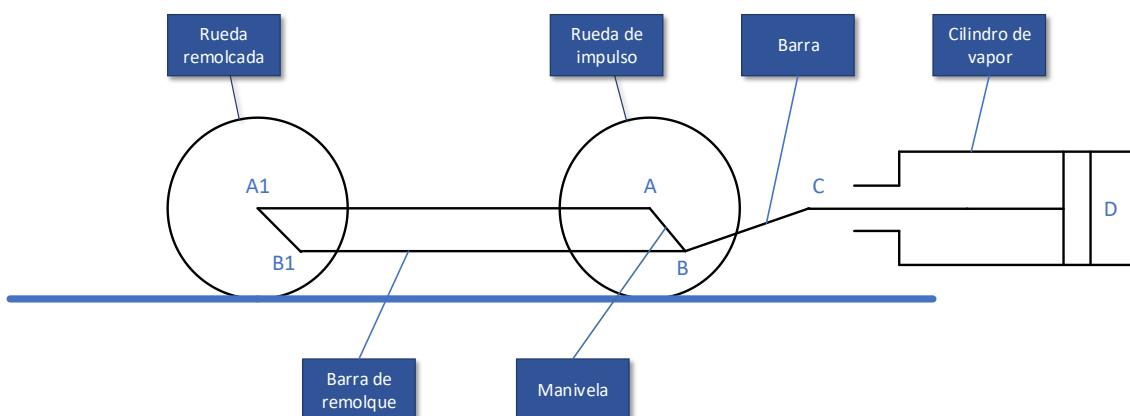


Figura 3 Principio de funcionamiento del motor a vapor en una locomotora. Fuente: “Railway Engineering” [3]

Pero ¿qué es exactamente una locomotora? Según la “Especificación Técnica de Interoperabilidad para el subsistema de material rodante ‘locomotoras y material rodante de viajeros’ publicada en el Reglamento 1302/2014 de la Comisión Europea”, define la locomotora o unidades de tracción térmica o eléctrica como:

“(...) un vehículo de tracción (o una combinación de varios vehículos) que no está destinada a transportar carga útil que puede desacoplarse de un tren en condiciones normales de servicio y circular de manera independiente.”

Además, la Orden FOM/167/2015 las define como:

“Vehículo ferroviario que, por medio de tracción térmica o eléctrica, es capaz de desplazarse por sí mismo y cuya principal función es remolcar a otros vehículos ferroviarios. Se incluyen en esta definición, entre otras, las locomotoras de línea, de trabajos en vía y los tractores de maniobras”

Sin embargo, la evolución del sector ferroviario ha hecho que aparezcan otros tipos de vehículos. En general, estos vehículos se conocen como “material rodante ferroviario”. Según la Orden FOM/167/2015 [8] de 6 de febrero, por la que se regulan las condiciones para la entrada en servicio de subsistemas de carácter estructural, líneas y vehículos ferroviarios, el material rodante ferroviario se puede clasificar tal y como se indica en la Figura 4. Esta Orden está basada en la Directiva 2008/57/CE [9] de 17 de junio de 2008, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad.

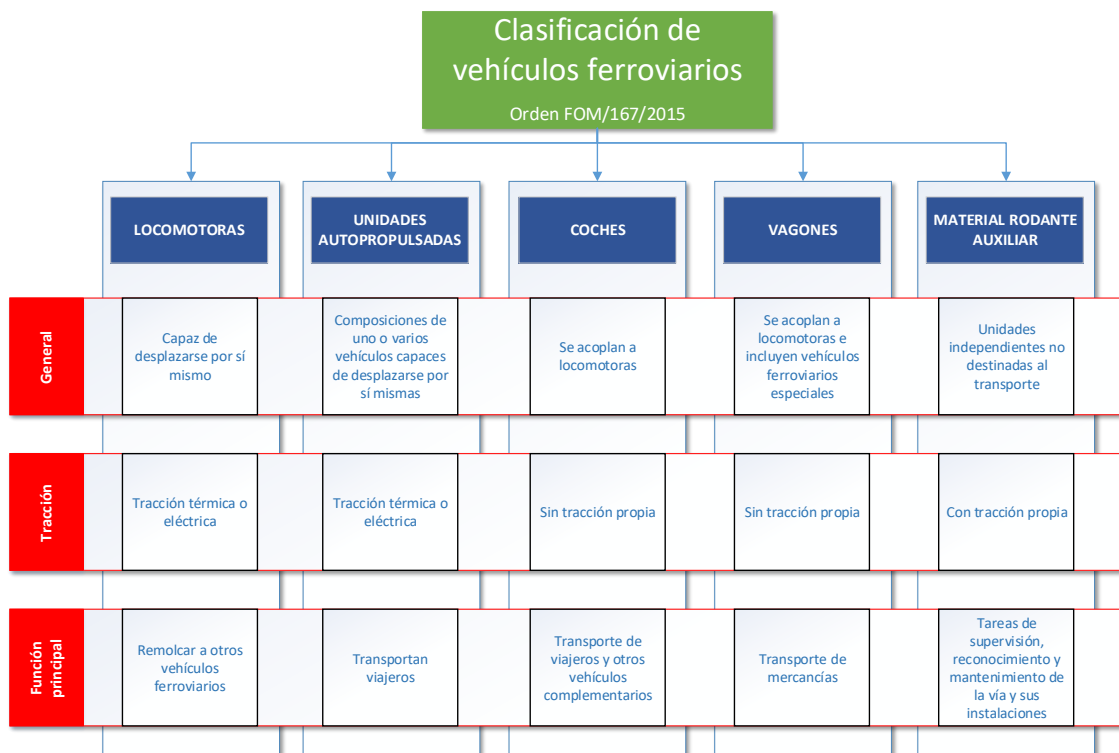


Figura 4 Clasificación de los vehículos ferroviarios según la Orden FOM/167/2015. Fuente: Orden FOM/167/2015 y elaboración propia.

Esta clasificación realizada en el Artículo 12 de la Orden, se utiliza para facilitar el proceso de autorización del material rodante ferroviario para su entrada en servicio, debido a su complejidad.

Actualmente, la tracción a vapor se ha quedado anticuada debido a su eficiencia tan baja y su gran volumen [10], entre otros, quedando así los medios de tracción más efectivos hoy en día: el diésel y el eléctrico. Es por eso que vamos a profundizar brevemente en estos tipos, dejando de lado los medios que ya no se utilizan o son utilizados mínimamente.

2.4.1 Tracción diésel

La tracción diésel en los trenes fue introducida poco antes de la Segunda Guerra Mundial, pero fue desarrollada sistemáticamente después de la Guerra. Las locomotoras diésel funcionan gracias a un motor de combustión interna diésel, el cual actúa como generador de electricidad necesaria para la operación del vehículo, que se transmite en forma de par mecánico a los ejes motrices [3].

En comparación con la tracción a vapor, la tracción diésel ofrece una eficiencia mucho mayor, un coste de operación mucho menor, unas prestaciones mucho más altas en cuanto a potencia y velocidad, mayor confort para los pasajeros y un trabajo menos pesado para el conductor.

A lo largo del siglo XX, el desarrollo tecnológico del sector ferroviario ha permitido una gran mejora de los motores diésel, haciéndolos cada vez menos pesados, fabricados con materiales más resistentes y con una gran mejora en cuanto a calidad. Además, también se han diseñado distintos tipos de transmisión de la energía del motor diésel a los ejes. En la Tabla 1 se puede observar, en resumen, una clasificación de las locomotoras diésel según el tipo de transmisión que utilizan.

	Diésel Mecánica	Diésel Eléctrica	Diésel Hidráulica
Año y lugar	1912, Suiza	1925, Estados Unidos	1935, Alemania
Volumen	Menor volumen, restricción de disposición	Mayor volumen, flexibilidad de disposición	Menor volumen, restricción de disposición
Rendimiento	≈ 90%	≈ 86%	84 – 98,5%
Coste	Bajo pero menor comodidad	Alto	Alto
Pérdidas	Rozamientos entre componentes mecánicos	Eléctricas	Fugas y pérdidas de calor en el aceite.
Arranque	Tensiones altas	No necesita la potencia máxima del motor diésel	Necesita la potencia máxima del motor diésel

Tabla 1 Comparación entre los diferentes tipos de transmisión en locomotoras Diésel. Fuente: "Ingeniería Ferroviaria" [10]

No existe una clara ventaja de una de las transmisiones sobre las otras [10]. No obstante, actualmente, la mayoría de las locomotoras usan la transmisión eléctrica debido, probablemente, a que este tipo de transmisión permite mucha variabilidad en cuanto a disposición de los equipos, consiguiendo distribuciones cada vez más optimizadas, siendo este método el que más ha avanzado en los últimos años [10].

2.4.2 Tracción eléctrica

En contraste con la tracción diésel, donde la energía requerida para mover el tren es generada en el motor diésel de la propia locomotora, la energía que se necesita en la tracción eléctrica se recibe directamente a través de un "subsistema" ajeno al vehículo ferroviario. Este subsistema consta de dos elementos principales:

- Subestaciones, donde se adapta la tensión recibida a la de admisión de los vehículos que van a circular en la infraestructura (reduciendo la tensión, realizando un cambio de CA-CC o modificando la frecuencia de la corriente alterna).

- Catenarias y raíles conductores, que sirven para dirigir la electricidad desde las subestaciones hasta el material rodante ferroviario eléctrico (cuando solo existe una línea de catenaria o de raíl conductor, el retorno de corriente se realiza a través de los raíles).

La desventaja principal de la tracción eléctrica es el alto coste económico de la electrificación de las largas líneas ferroviarias [11].

2.4.2.1 Barreras contra la interoperabilidad del vehículo de tracción eléctrica

Uno de los problemas que ha surgido a la hora de extender el uso de la tracción eléctrica es que cada país, cuando surgió este tipo de tracción, utilizó en sus vías una tensión de electrificación diferente. Así pues, hay muchas variedades que actúan como barrera contra la interoperabilidad del vehículo [3].

Para la tracción de corriente continua, las tensiones más utilizadas son las de 750 kV (utilizada principalmente para los sistemas con raíles conductores), 1,5 kV y 3 kV. La corriente continua no es la más adecuada debido a la poca eficiencia en cuanto a transmisión de potencia [11]. Sin embargo, la corriente alterna dispone de una eficiencia superior [11]. Los voltajes más usados con este tipo de corriente son los de 15 kV (con frecuencia de 16,7 Hz) y 25 kV (con frecuencia de 50 Hz).

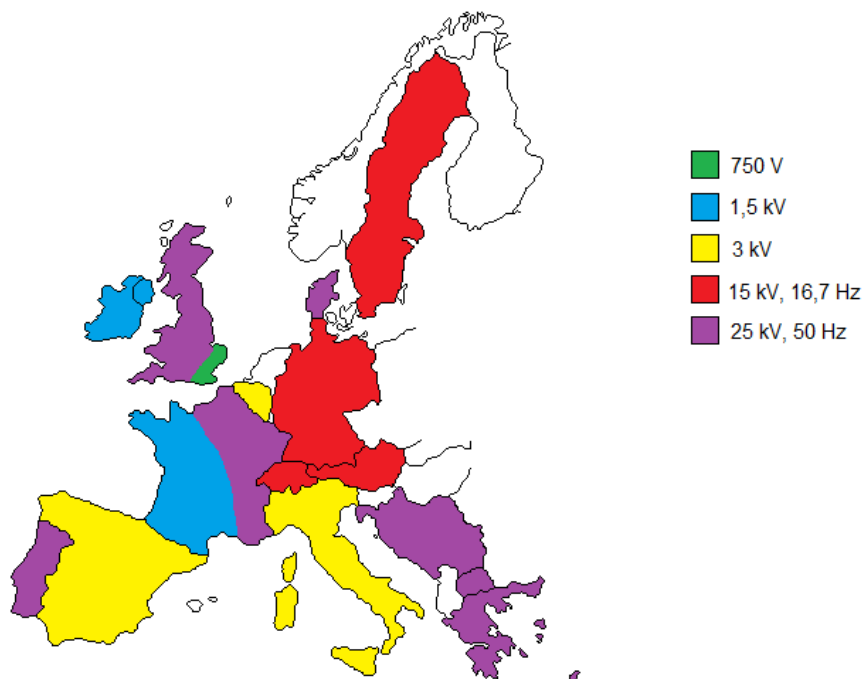


Figura 5 Tensión de electrificación de algunos de los países europeos. Fuente: "Railway Engineering" [3]

2.4.2.2 Motores de tracción eléctricos

Actualmente, los motores eléctricos más utilizados son los de corriente alterna trifásica [11], debido a su alta eficiencia y menor necesidad de mantenimiento. Además, el tipo de corriente eléctrica que necesita el motor es independiente del tipo de corriente proporcionada por la catenaria o por el raíl conductor, con lo que una locomotora eléctrica puede funcionar en cualquier red siempre y cuando se utilicen los transformadores adecuados.

Otros motores utilizados son el motor de tracción monofásico reostático DC (fue el motor de la primera locomotora eléctrica presentado por Werner von Siemens en Berlín en el año 1879), el motor de tracción monofásico Chopper DC y el motor de tracción monofásico AC.

2.4.3 Comparación entre tracción eléctrica y tracción diésel

En la Figura 6 se muestra un gráfico que compara el consumo de energía anual por kilómetro de línea (eje de abscisas) y los costes anuales (eje de ordenadas) de las tracciones eléctrica (línea continua) y diésel (línea discontinua).

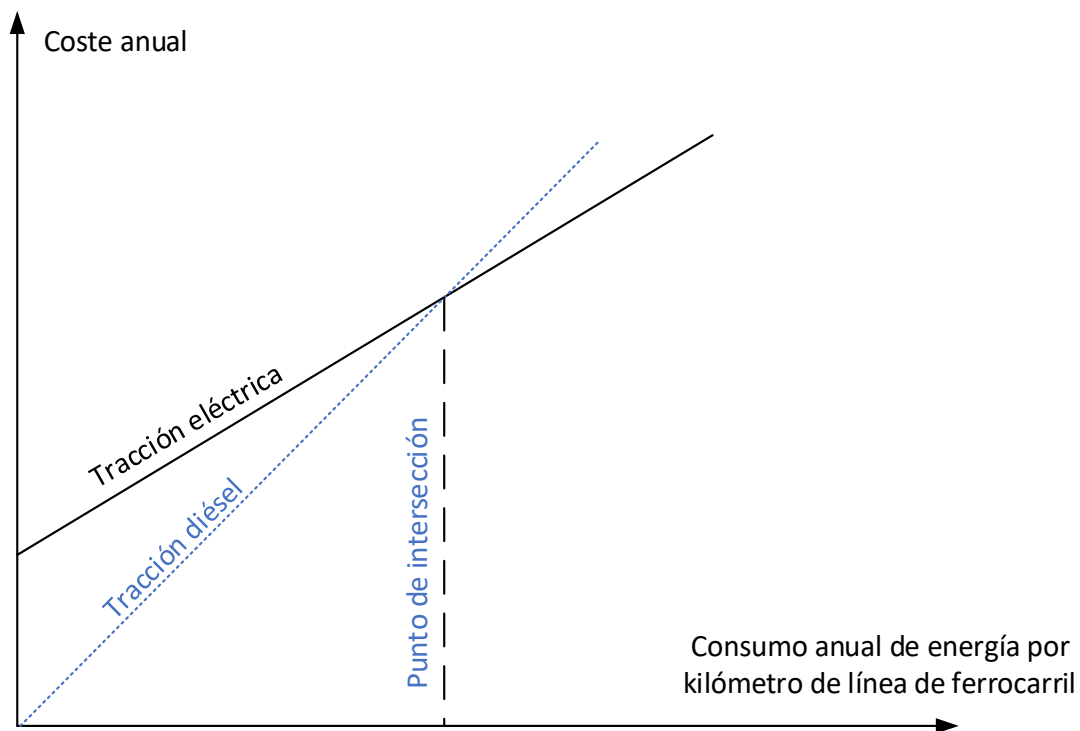


Figura 6 Comparativa entre consumo de energía anual por kilómetro de línea y costes anuales de las dos tracciones.
Fuente: "Railway Engineering" [3]

Tal y como se puede observar, para costes más bajos, la energía que consume la tracción diésel es más baja, mientras que la tracción eléctrica consume más. En cambio, para costes más altos, la tracción eléctrica consume menos energía que la tracción diésel. El límite entre estos dos casos se encuentra en la intersección entre las dos rectas. Esto, en resumen, significa que la tracción eléctrica es más barata que la tracción diésel cuando se trata de recorridos largos, mientras que, para recorridos cortos, la mejor opción es la tracción diésel.

A pesar de que las locomotoras eléctricas son las más eficientes, actualmente el método de tracción más utilizado es el diésel, debido a que no todas las líneas están electrificadas todavía y aún hoy no se ha normalizado una tensión de alimentación eléctrica.

Stadler Rail Valencia ha proporcionado para este proyecto la Figura 7. En esta figura, se pueden ver los distintos componentes y su disposición de la locomotora EURODUAL, que puede funcionar tanto en modo diésel como en modo eléctrico.

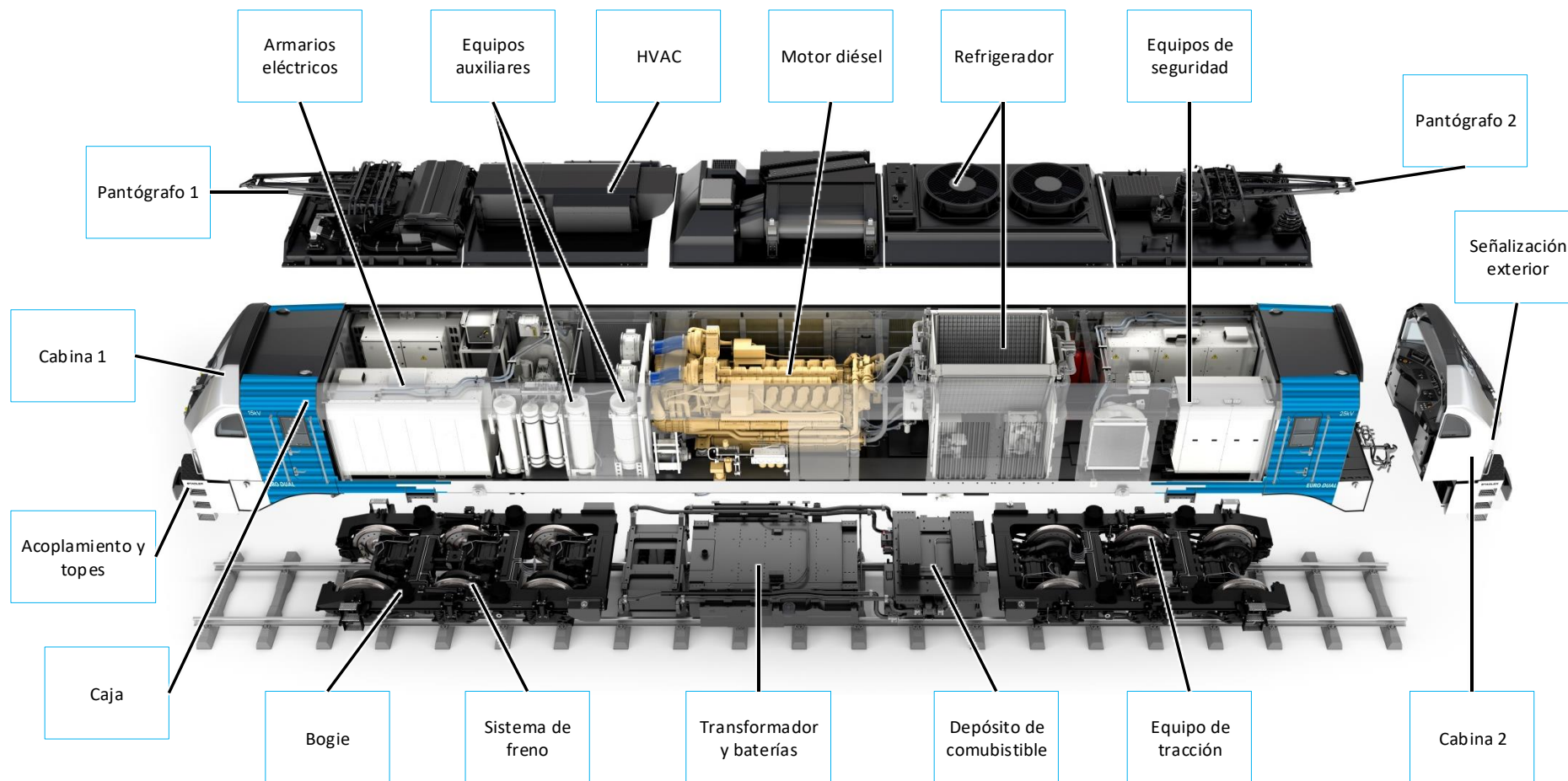


Figura 7 Componentes principales de una locomotora. Fuente: Stadler Rail Valencia y elaboración propia

2.5 Evolución normativa

2.5.1 La normativa ferroviaria europea desde la década de los años 90 hasta hoy

Tal y como se ha hablado en la Sección 2.1, en el año 1991 empezó la liberalización del sector ferroviario, proceso que se ha gestionado en dos partes: operadores privados y gestores de infraestructura. Es a partir de este momento en el que se empieza a hablar del tema de interoperabilidad. Durante esta década, se empezó con los acuerdos bilaterales entre países (conocidos como *cross-acceptance agreements* en inglés y como acuerdos de “aceptación mutua” en castellano). Según la norma UNE-EN 50129 [12] del año 2005, la aceptación mutua se describe en la Sección 3 de la siguiente manera:

“aceptación mutua: Estado que alcanza un producto cuando es aceptado por una autoridad siguiendo las normas europeas pertinentes y es aceptable por otras autoridades sin necesidad de ser evaluado de nuevo.”

En la década de los 90, se crearon las primeras líneas de alta velocidad y, con ello, en 1996 se creó la primera Directiva sobre interoperabilidad, la 96/48/EC [13]. Como la alta velocidad era algo nuevo en esa época, el objetivo era aplicar las normas sobre interoperabilidad desde el principio para evitar los problemas que a día de hoy siguen existiendo en el resto de material rodante ferroviario, identificado en las Directivas 2001/16/EC [14] y en la Directiva 2004/50/CE [15] como “sistema ferroviario transeuropeo convencional”. Por lo tanto, la primera ETI europea (Especificación Técnica de Interoperabilidad) oficial (conocida en inglés como TSI) fue creada en 2002 con la Decisión 2002/735/CE [16], y sirvió para establecer las especificaciones técnicas sobre el llamado “subsistema de material rodante del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad”.

Aun así, todavía faltaba por solucionar el problema de interoperabilidad del sistema ferroviario convencional. Para ello, primero se creó la Directiva 2001/16/EC [14], que hablaba únicamente del sistema ferroviario convencional. En 2004 se emitía la Directiva 2004/50/CE [15], en la que se recogían modificaciones para tanto la Directiva 96/48/CE como la Directiva 2001/16/EC, pero aun diferenciando los dos sistemas ferroviarios. Sin embargo, con la Directiva 2008/57/EC [9] se reúnen las Directivas [13], [14] y [15] en un único texto, por la siguiente razón citada en el mismo documento:

“(…) Dado que se van a introducir nuevas modificaciones, conviene, por razones de claridad, proceder a la refundición de dichas Directivas y, con fines de simplificación, reunir sus disposiciones en un texto único”.

Con esto, ya se empezaba con la intención de reunir en un mismo documento especificaciones técnicas para ambos sistemas, sin necesidad de diferenciar entre “alta velocidad” y “convencional”.

La primera ETI europea realizada únicamente para el sistema convencional fue emitida en el año 2011. Se trataba de la Decisión 2011/291/EU [17], en la que se recogían un conjunto de especificaciones técnicas para lo que identificaba como “locomotoras y material rodante de viajeros”, haciendo todavía énfasis en el llamado “sistema ferroviario transeuropeo convencional”.

No fue hasta el año 2014 que se creó la primera ETI de locomotoras y coches de viajeros, válida tanto para alta velocidad como para los sistemas convencionales. Se trataba del Reglamento (UE) 1302/2014 de la Comisión [18], el cual derogaba tanto la Decisión 2008/232/CE [19] (última actualización de la ETI para alta velocidad) como la Decisión 2011/291/EU (ETI para sistemas convencionales). Para más información sobre este Reglamento, ver Sección 2.5.1.1.

En el año 2016, se emite la Directiva (UE) 2016/797 [20], que es la más reciente y, por lo tanto, se detallará en la Sección 2.6 de Cuadro normativo actual.

2.5.1.1 Reglamento (UE) 1302/2014

Este Reglamento fue un gran avance, puesto que logró juntar en un mismo documento especificaciones técnicas tanto para vehículos de alta velocidad como para vehículos convencionales. Así, cabe destacar el punto 2.3.1. de este Reglamento, en el que se definen los tipos de material rodante, basados en la sección 1.2 del anexo I de la Directiva 2008/57/CE. En la Figura 8 se presenta un resumen de los tipos de material rodante identificados en el Reglamento, así como una breve descripción de sus características.

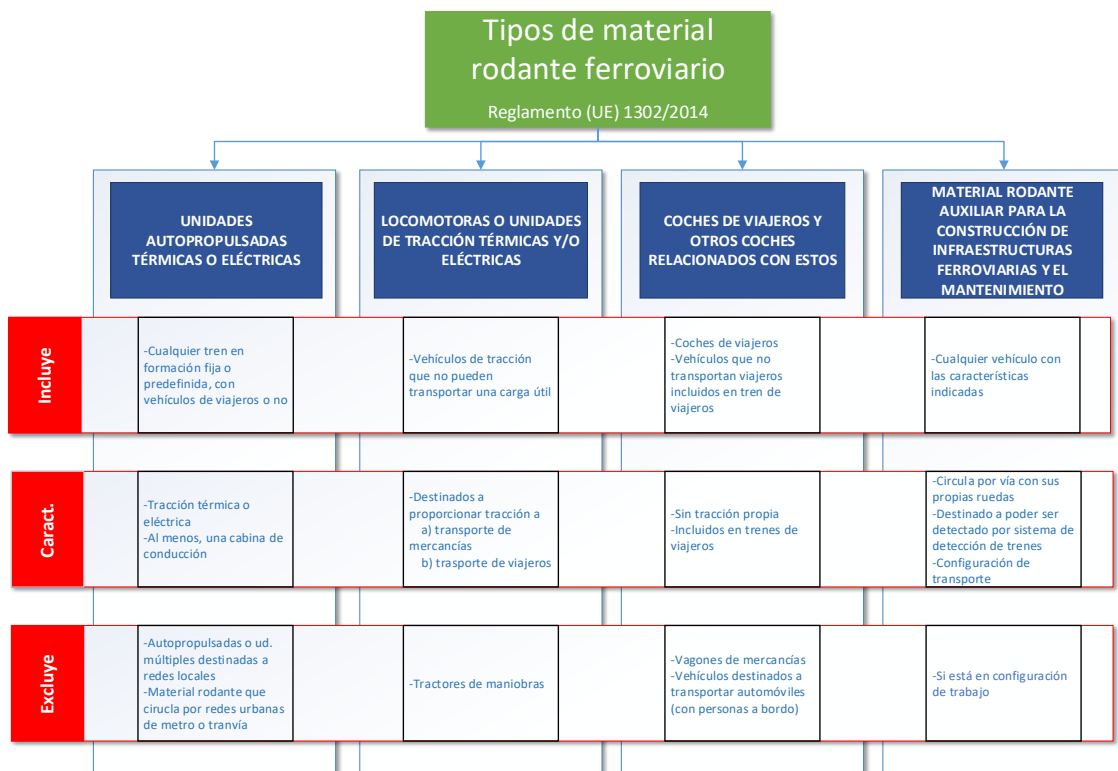


Figura 8 Clasificación de los vehículos ferroviarios según el Reglamento (UE) 1302/2014. Fuente: Reglamento (UE) 1302/2014 y elaboración propia

Además, la sección 2.3.3. del mismo Reglamento incluye una explicación sobre la velocidad máxima del material rodante. Según esta sección:

“(...) se considera que la velocidad máxima de diseño del material rodante será inferior o igual a 350 km/h”.

También incluye una explicación del procedimiento para el caso en el que el vehículo tenga una velocidad máxima superior a 350 km/h. Dicho caso no se suele dar muy frecuentemente en la realidad, pero para el caso en el que se diese, este Reglamento dispone de un procedimiento para la adaptación de la autorización de estos vehículos a las ETI.

2.6 Cuadro normativo actual. El Cuarto Paquete Ferroviario

En el año 2016, se introduce lo que se conoce actualmente como Cuarto Paquete Ferroviario. Hasta ese momento, la autorización de los vehículos ferroviarios en cada país era la responsabilidad de las correspondientes autoridades nacionales de cada Estado. En la nueva Directiva (UE) 2016/797, se identifican por primera vez las llamadas “áreas de uso” y se posibilita la emisión de una única autorización por área de uso, la cual puede incluir uno o más Estados miembros de la Unión Europea.

En el cuarto paquete ferroviario, generalmente, la ERA debe actuar como autoridad responsable de la autorización de los vehículos en sus correspondientes áreas de uso. Sin embargo, tal y como se describe en el Artículo 21(8) de la Directiva (UE) 2016/797:

“Cuando el área de uso esté limitada a una o varias redes que se encuentren únicamente en un Estado miembro, la autoridad nacional de seguridad de ese Estado miembro podrá, bajo su propia responsabilidad, y cuando así lo pida el solicitante, expedir la autorización de puesta en el mercado del vehículo. (...)”

Es decir, si el vehículo sólo va a circular por un Estado, la correspondiente ANS puede ocuparse de la autorización del vehículo, en cuyo caso, tal y como dice el mismo Artículo, asumirá plena responsabilidad de las autorizaciones que expida. Esto ocurre frecuentemente en casos de tranvías o metros que sólo van a circular en una ciudad específica, en cuyo caso las ETI no son aplicables y, por lo tanto, para la realización del proyecto se debe autorizar el vehículo en base a las normas nacionales y/o locales. Evidentemente, dentro de esta Directiva se establecen también una serie de restricciones, procesos y responsabilidades que debe tomar la respectiva ANS con el fin de autorizar el vehículo.

Las normas que forman parte de este cuarto paquete ferroviario y en las que va a ser necesario basarse para la realización de este trabajo son las siguientes:

- **Directiva (UE) 2016/797** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Unión Europea (ya mencionada).
- **Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545** de la Comisión, de 4 de abril de 2018, por el que se establecen las disposiciones prácticas relativas a la autorización de vehículos ferroviarios y al proceso de autorización de tipo de vehículos ferroviarios con arreglo a la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo [21].

A continuación, en las Secciones 2.6.1 y 2.6.2, se explicarán con profundidad los Artículos de las dos normativas necesarios para la realización de este trabajo.

2.6.1 Directiva (UE) 2016/797

En esta Directiva se encuentran dos Artículos a los cuales se hace referencia varias veces en el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545: el Artículo 21 y el Artículo 24.

2.6.1.1 Autorización de puesta en el mercado de vehículos (Art.21 Directiva UE 2016/797)

En el Artículo 21 de la Directiva (UE) 2016/797 se habla de la autorización de puesta en el mercado de vehículos. En este se definen tanto las responsabilidades del solicitante como las de las ANS o de la ERA, así como los distintos procesos a seguir y el contenido de las autorizaciones de puesta en el mercado.

En el apartado 3 de este Artículo, se especifican las pruebas documentales a aportar junto con la solicitud de autorización de puesta en mercado del vehículo o del tipo de vehículo. En la Figura 9 se muestran los distintos puntos del apartado 3 citados tal y como se explican en la propia Directiva.

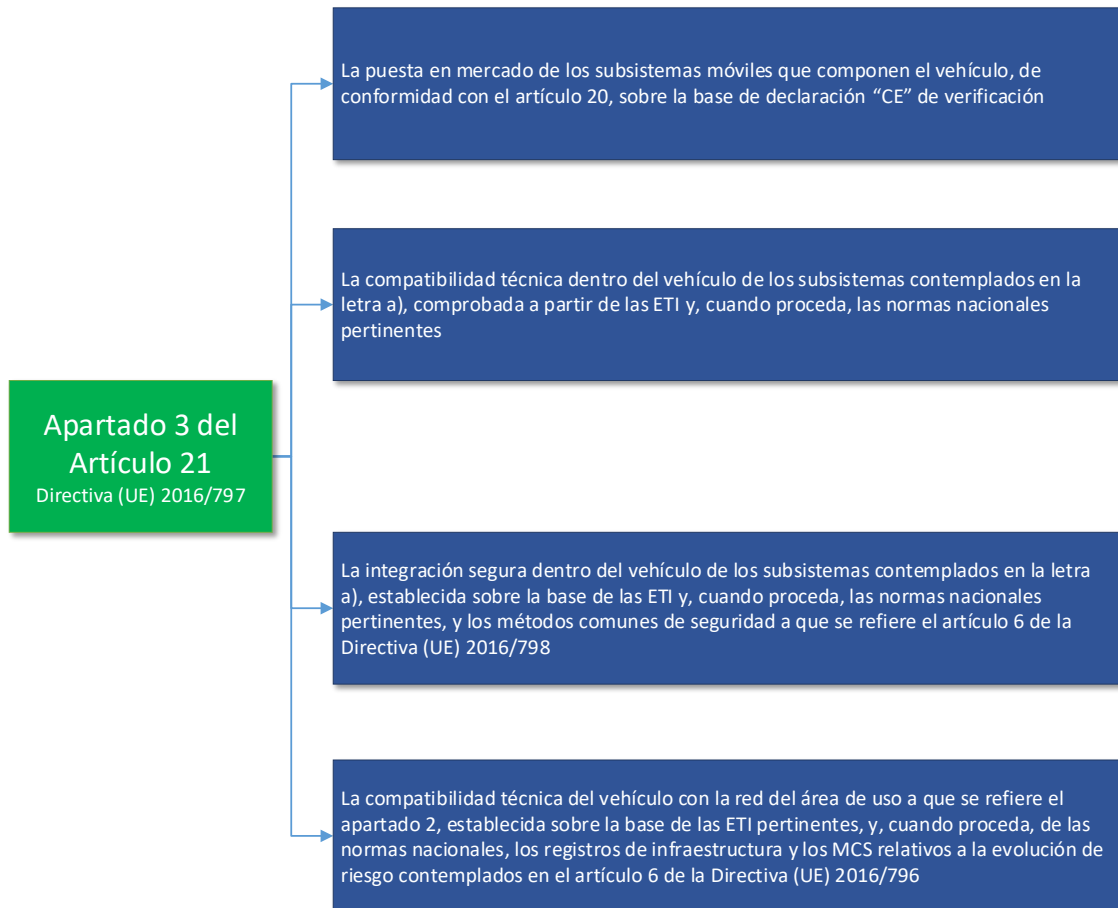


Figura 9 Apartado 3 del Artículo 21 de la Directiva (UE) 2016/797. Fuente: Directiva (UE) 2016/797 y elaboración propia

En el apartado 1 de este Artículo, se especifica:

“El solicitante solo podrá poner un vehículo en el mercado después de haber obtenido la autorización de puesta en el mercado del vehículo expedida por la Agencia de acuerdo con lo dispuesto en los apartados 5, 6 y 7, o por la autoridad nacional de seguridad de conformidad con el apartado 8”

Además, en el apartado 12 del mismo Artículo, se especifican las condiciones en las que sería necesaria una nueva autorización de puesta en el mercado de vehículos en caso de renovación o rehabilitación de los vehículos existentes que ya están autorizados.

2.6.1.2 Autorización de tipos de vehículo (Art. 24 Directiva UE 2016/797)

En este Artículo, se habla de la autorización de tipos de vehículo, que es clave para la realización de este trabajo. Este Artículo se compone de 7 apartados. En el Artículo 14 del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545, se hace referencia al apartado número 3 de este Artículo de la Directiva, donde se especifica:

“En caso de modificación de las disposiciones pertinentes de las ETI o de las normas nacionales que hubieran servido de base para la expedición de la autorización de un tipo de vehículo, la ETI o la norma nacional determinará si la autorización de tipo de vehículo ya concedida sigue siendo válida o debe renovarse. Si es preciso renovar la autorización, las comprobaciones efectuadas por la Agencia o por una autoridad nacional de seguridad solo podrán referirse a las normas modificadas.”

2.6.2 Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545

El Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 fue expedido por la ERA en el año 2018, en base a la Directiva 2016/797, con el fin de generar un documento que especificara los procedimientos a realizar a la hora de autorizar un vehículo ferroviario.

En este Reglamento se identifica la autorización pertinente de un vehículo para cada caso. En la Figura 10 se presenta un esquema resumen de los distintos tipos de autorización según el Artículo 14, apartado 1, de este Reglamento de Ejecución.

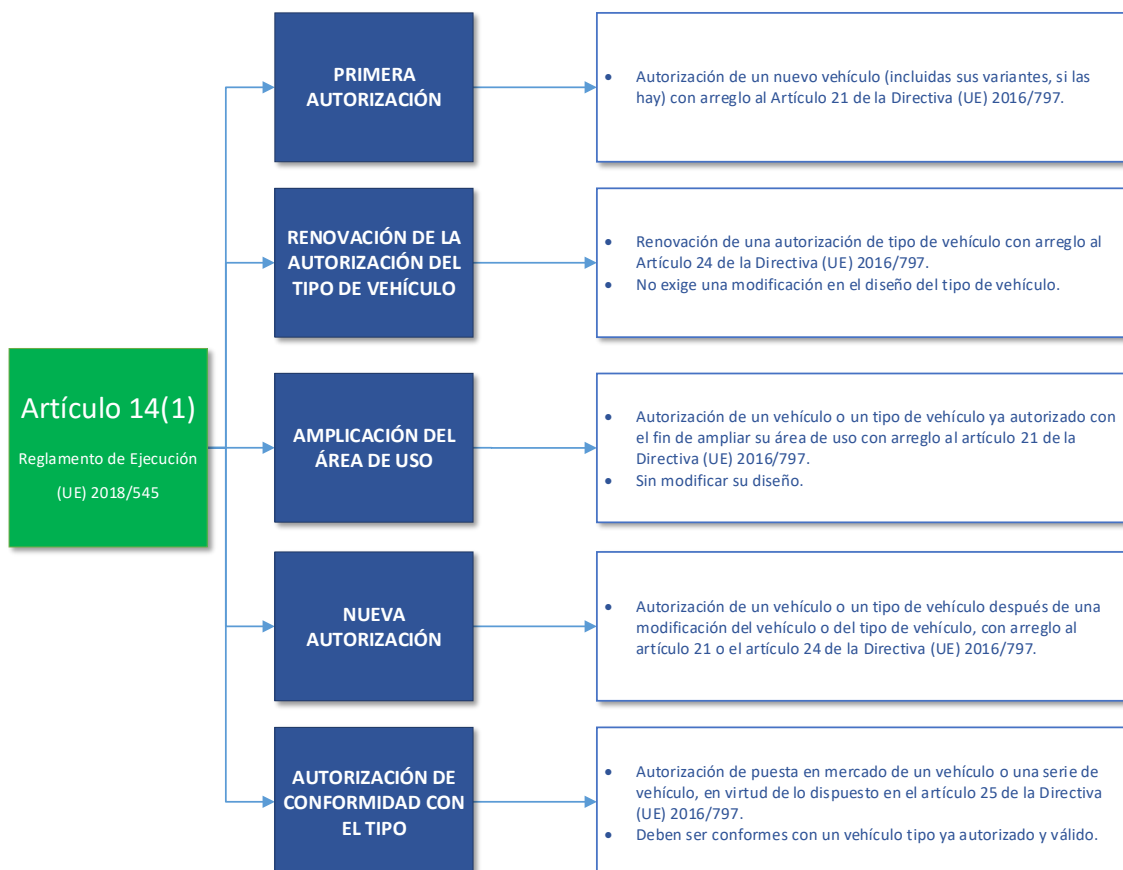


Figura 10 Artículo 14, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545. Fuente: Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545

Además, en el Artículo 15 de este Reglamento, se habla de “Modificaciones de un tipo de vehículo ya autorizado”. Este Artículo define la clasificación de las modificaciones en los tipos de vehículos, un tema clave para la mejora de la trazabilidad en el proceso de homologación.

En la Figura 11 se presenta un diagrama en forma de pirámide sobre la clasificación de las modificaciones según el Artículo 15, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545.



Figura 11 Diagrama en forma de pirámide del Artículo 15, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545. Fuente: Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 y elaboración propia.

Las características básicas de diseño que se mencionan en el Artículo 15, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 se explican en más detalle en la versión de la ETI de locomotoras y coches de viajeros de 2019 [22], que es la versión más reciente. Más concretamente, en la sección 7.1.2.2, donde se introducen unas normas para gestionar cambios en el material rodante y el tipo de material rodante, con la ayuda de los cuadros 17a y 17b¹. Estos elementos que se clasifican como “características básicas de diseño”² provienen del conjunto de requisitos técnicos mencionados por la misma ETI en el apartado 4.2.

El cuadro 17a expone los posibles cambios en las características básicas de diseño relacionadas con algunas cláusulas de la ETI, clasificándolos, tal y como se expone en el Artículo 15, según las categorías 1(c) y 1(d) (ver Figura 12).

Requisito técnico de la ETI LOC&PAS (Sección 4.2)	Elemento considerado como característica básica de diseño	Modificación considerada como tipo 1(c)	Modificación considerada como tipo 1(d)
1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.3.1 Gálibo	Contorno de referencia	No procede	Cambio del contorno de referencia que cumple el vehículo
	Radio mínimo de curva vertical convexa admisible	El cambio en el radio mínimo de curva vertical convexa admisible con el que el vehículo es compatible de más de un 10 %	No procede
	Radio mínimo de curva vertical cóncava admisible	El cambio en el radio mínimo de curva vertical cóncava admisible con el que el vehículo es compatible de más de un 10 %	No procede

Figura 12 Extracto del Cuadro 17a de la sección 7.1.2.2 de la ETI locomotoras y coches de viajeros 2019. Fuente: ETI locomotoras y coches de viajeros 2019

¹ El cuadro 17b hace referencia a la ETI de personas con movilidad reducida [35].

² Los cuadros 17a y 17b completos se pueden ver en el ANEXO I – Cuadros 17a y 17b de la sección 7.1.2.2 de la ETI de locomotoras y coches de viajeros

3 ESTUDIO DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN

3.1 Obtención de la autorización de entrada en servicio

Primero, es necesario hacer una distinción entre el concepto de “puesta en mercado” y el de “entrada en servicio”. Según el Artículo 2 de la Directiva (UE) 2016/797, definición número 19, la se define como “entrada en servicio”:

“...el conjunto de operaciones para las que un subsistema pasa a estar en servicio operativo.”

En el mismo artículo, también se encuentra disponible la definición de “puesta en mercado”:

“...primera puesta a disposición en el mercado de la Unión, en estado de funcionamiento nominal, de un componente de interoperabilidad, de un subsistema o de un vehículo.”

Este último término se introdujo por primera vez en esta Directiva, en el denominado cuarto paquete ferroviario, mencionado anteriormente en la Sección 2.6.

En definitiva, la puesta en servicio, no implica la puesta en el mercado. Por ejemplo, la autorización de un cambio realizado en un vehículo que ya se encuentra en el mercado, exigirá una autorización de entrada en servicio porque el vehículo ya se ha puesto a disposición en el mercado de la Unión Europea anteriormente.

3.1.1 Agentes involucrados en el proceso de homologación

Antes de profundizar en la descripción del proceso, primero es necesario conocer los distintos agentes involucrados en el proceso de homologación, vitales para la obtención de los todos los certificados necesarios.

En la Figura 13 se muestran de manera esquemática los distintos agentes que intervienen en el proceso de autorización para la puesta en servicio y las relaciones que hay entre ellos. En las siguientes secciones, se definen los agentes que aparecen en este esquema.



Figura 13 Representación esquemática de los distintos agentes y sus relaciones en el proceso de autorización de entrada en servicio de un vehículo. Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.1 Agencia Ferroviaria de la Unión Europea

La Agencia Ferroviaria de la Unión Europea (en inglés *European Union Agency for Railways*), conocida como “ERA”, es el organismo ferroviario más importante de la Unión Europea. La ERA es el organismo que introdujo el tema de interoperabilidad y la encargada de la redacción de las ETI, así como de las Directivas y los Reglamentos sobre interoperabilidad.



Figura 14 Logotipo de la Agencia Ferroviaria de la Unión Europea. Fuente: EUAR.

A través de la “*One-Stop Shop*” o “*Ventanilla única*”, otorga las autorizaciones de entrada en servicio a nivel europeo, tal y como se indica en el Artículo 24, apartado 1, de la Directiva (UE) 2016/797, que hace referencia al Artículo 12 del Reglamento (UE) 2016/796 [23], el cual habla de este sistema. Esta nueva regulación fue implantada recientemente en España, pues como indica en el apartado 3 de este Artículo 12:

“La ventanilla única estará en funcionamiento a más tardar el 16 de junio de 2019.”

La ERA también se encarga actuar como asesora para los distintos grupos afectados por los documentos normativos emitidos por la misma, dirigiendo recomendaciones a las autoridades, emitiendo dictámenes, elaborando informes de auditorías, así como otros documentos de carácter no vinculante que ayuden a la comprensión y a la aplicación de la legislación, tal y como se indica en el Artículo 4 del Reglamento (UE) 2016/796.

3.1.1.2 Autoridad Nacional de Seguridad

La Autoridad Nacional de Seguridad (ANS) es la propia de cada Estado miembro, responsable de la seguridad ferroviaria. Es la encargada de otorgar la correspondiente autorización en caso de que se acuda a esta en sustitución de la ERA, tal y como se indica en el Artículo 21(8) de la Directiva (UE) 2016/797 (ver Sección 2.6).

En el caso de España, la Autoridad Nacional de Seguridad es la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF).



Figura 15 Logotipo de la AESF. Fuente: AESF.

3.1.1.3 Gestor de Infraestructura

La misión del gestor de Infraestructura es la de construir, gestionar y proporcionar el mantenimiento adecuado a la infraestructura ferroviaria que se encuentra bajo su control. Esto incluye también la instalación y la gestión de los subsistemas de control-mando y señalización (CMS) en tierra [24].

En el caso de España, el gestor de Infraestructura principal es el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF).



Figura 16 Logotipo de ADIF. Fuente: ADIF.

3.1.1.4 Empresa operadora del material rodante

La empresa operadora del material rodante, también conocido como operador, es la que se encarga de la explotación del material rodante ferroviario construido por el fabricante (ver Sección 3.1.1.5) sobre la infraestructura en la que está destinada a circular, controlada por el gestor de Infraestructura.

Actualmente, en el caso de España, el operador principal es RENFE, encargado de ofrecer servicio de transporte tanto a viajeros como a mercancías. Cabe destacar que, para este año 2020 se pretende liberalizar el servicio nacional de viajeros, tras la aprobación del cuarto paquete ferroviario [25].



Figura 17 Logotipo de RENFE. Fuente: RENFE.

3.1.1.5 Fabricante de material rodante

Es el encargado de la producir el material rodante ferroviario, así como las modificaciones correspondientes necesarias para adaptar el vehículo a las exigencias del cliente junto con las de la normativa aplicable (ETI o NNTR).

Entre los fabricantes de material rodante ferroviario en España destacan los siguientes:

- Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) S.A.
- Alstom Transporte S.A.
- Patentes Talgo S.L.U.
- Bombardier Transportation S.L.
- Stadler Rail Valencia S.A.U.

3.1.1.6 Organismos de certificación y evaluación

Los organismos de certificación y evaluación son los encargados de evaluar cada uno de los subsistemas [18] de un vehículo ferroviario y de emitir los correspondientes certificados o los informes de evaluación.

Para entender mejor el proceso, la es necesario saber distinguir los siguientes organismos presentes a la hora de realizar el proceso de homologación, explicados en la Tabla 2.

	Función
Organismo Notificado (NoBo)	Es un organismo independiente (una empresa privada, normalmente) autorizado para realizar el proceso de verificación CE de los requisitos de interoperabilidad indicados en las correspondientes ETI.
Organismo Designado (DeBo)	Es un organismo independiente (una empresa privada, normalmente) autorizado para realizar el proceso de verificación de los subsistemas en los casos de aplicación de las normas nacionales de cada Estado.
Organismo de Evaluación de la seguridad³ (AsBo)	Es un organismo independiente (una empresa privada, normalmente) autorizado a realizar el análisis y la evaluación del riesgo según el Reglamento de Ejecución 402/2013 [26].

Tabla 2 Tipos de organismos de certificación y evaluación y sus funciones.

3.1.2 Procedimiento de obtención de la autorización de entrada en servicio

Tal y como se ha indicado en la Sección 2.6, las regulaciones actuales para la obtención de la autorización de entrada en servicio son el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 junto con la Directiva (UE) 2016/797, que pertenecen al Cuarto Paquete Ferroviario. En estas regulaciones se marcan las pautas a seguir para realizar el procedimiento de autorización de entrada en servicio.

Para el caso de España, se debe seguir la Orden FOM/167/2015 que, tal y como se indica en el Artículo 1, se encarga de establecer requisitos que deben reunir los distintos subsistemas de carácter estructural para poder ser puestos en servicio en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), así como de la regulación del proceso de entrada en servicio. Esta Orden también habla de la implementación de las llamadas Instrucciones Ferroviarias en España que, tal y como se indica en el Artículo 2:

“Instrucciones Ferroviarias (IF): Conjunto de especificaciones técnicas, que complementan a las ETI y que incluyen, entre otras, las exigencias a nivel nacional necesarias para cubrir los requisitos esenciales definidos en el anexo III del Real Decreto 1434/2010⁴, de 5 de noviembre, y que debe cumplir todo subsistema de carácter estructural para poder obtener la autorización de entrada en servicio.”

Hasta que no se aprueben las IF, las ETI y a las ETH (Especificaciones Técnicas de Homologación) se consideran como la normativa aplicable para la puesta en servicio de vehículos interoperables en España.

3.1.2.1 El proceso de homologación

Para entender mejor el proceso que se lleva a cabo para homologar un vehículo ferroviario, es necesario conocer el significado de la palabra “homologación”. La página de AEC [27] define la homologación como:

“(…) es la verificación del cumplimiento de determinadas especificaciones o características por parte de una autoridad oficial.”

A continuación, en la Figura 18 se presenta un esquema básico del proceso de homologación aplicado a un vehículo ferroviario.

³Este organismo no forma parte del proceso de certificación, pero sí del de verificación de la seguridad, importante también para el equipo de Certification & Safety de Stadler Rail Valencia (ver Sección 4.2.2).

⁴ Ver referencia [54].

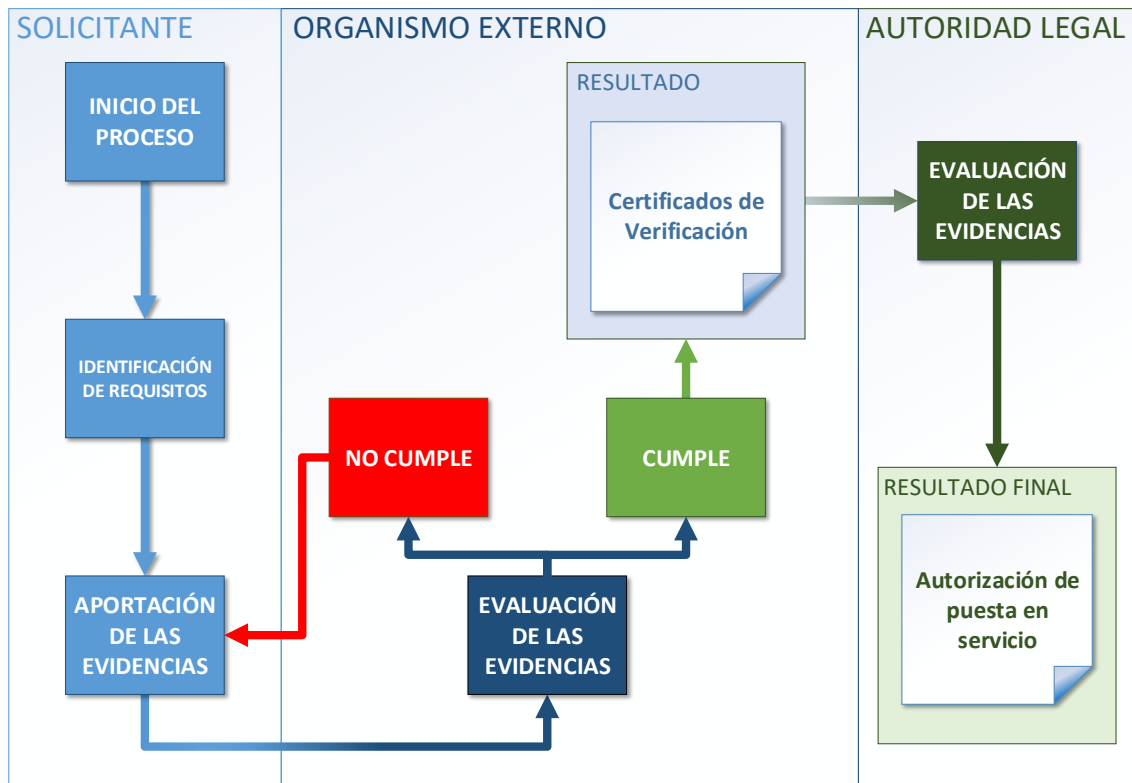


Figura 18 Esquema básico del proceso de certificación de un producto. Fuente: elaboración propia.

Tal y como se puede observar en el esquema el proceso básico de homologación de un producto consta de las siguientes fases:

1. El solicitante⁵ debe basarse en unos requisitos⁶ identificados en las normativas aplicables (ETI o NNTR) al producto (requisitos de infraestructura, cliente, autoridad correspondiente, etc.).
2. A continuación, el solicitante aporta evidencias de que dichos requisitos se cumplen.
3. Estas evidencias (documentos, ensayos, acreditaciones...) deben ser evaluadas por un organismo externo (independiente del solicitante).
4. Este organismo externo (acreditado), en base a las evidencias, decide si el producto cumple con los requisitos o no.
5. En el caso en el que no cumple, el solicitante debe modificar sus evidencias y volver a aportarlas para una nueva evaluación.
6. En el caso en el que cumple, el organismo externo emite certificados de conformidad con los requisitos (ver Sección 3.1.2.2) que acreditan que el producto del solicitante cumple con las normativas aplicables.
7. Las evidencias y los certificados correspondientes se envían a la autoridad legal correspondiente para ser evaluados.
8. La autoridad legal emite la autorización de puesta en servicio del vehículo que cumple con todos los requisitos. Este es el resultado final del proceso de homologación.

⁵ Se refiere al fabricante de material rodante ferroviario que solicita la autorización de su producto.

⁶ Estos requisitos pueden hacer referencia a normas nacionales, normas internacionales e incluso normas en nombre de otros organismos como los relacionados con la Unión Europea. Para más información, ver ANEXO II – Organismos de normalización.

3.1.2.2 Proceso de Verificación

En el sector ferroviario, cuando se habla de “Evaluación de conformidad”, se habla de “Verificación”. Según el Artículo 2 de la Directiva (UE) 2016/797, la evaluación de conformidad se define como:

“(...) el proceso por el que se demuestra que se han cumplido los requisitos específicos para un producto, proceso, servicio, subsistema, persona u organismo (...)”

En la Figura 19 se muestra un esquema de resumen de los dos tipos de verificación que existen en el sector ferroviario según si vehículo va a circular en infraestructura interoperable o no. Además, se incluyen los documentos a aportar con el fin de realizar dichas verificaciones.

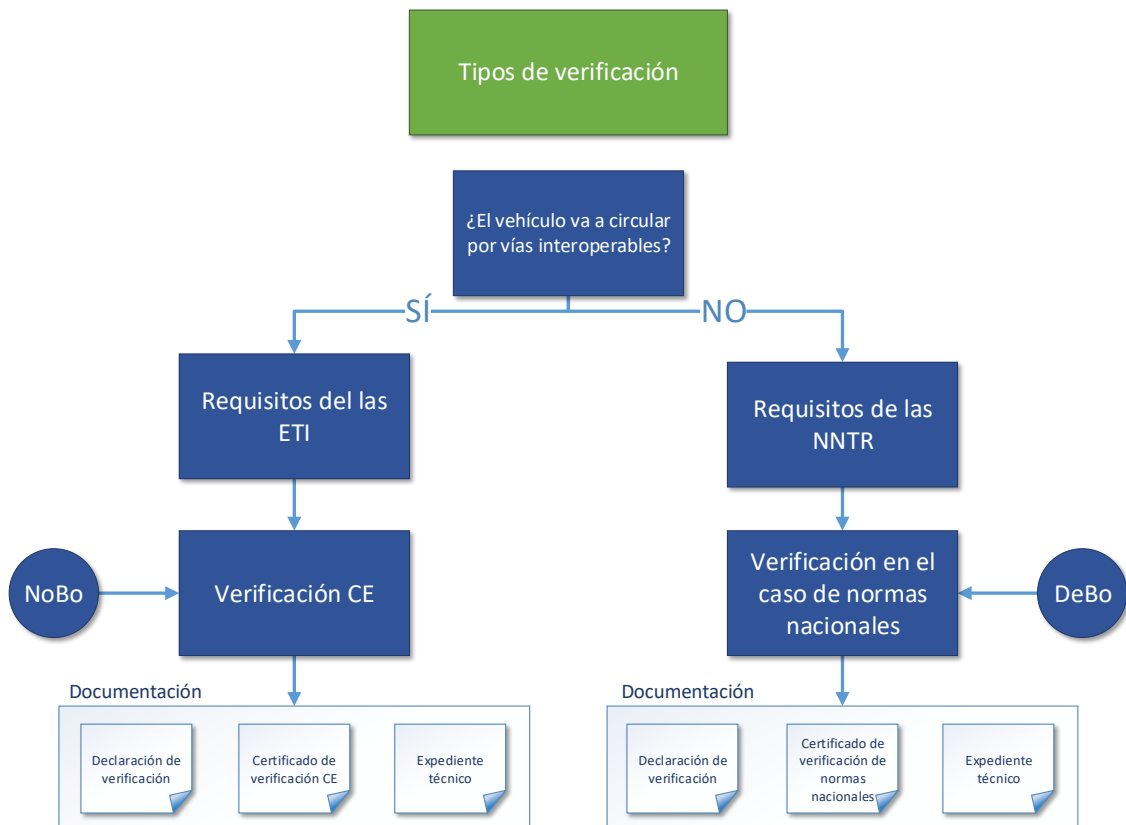


Figura 19 Esquema de los dos tipos de verificación. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen con más detalle los dos tipos de verificación mencionados:

- **Verificación CE:** realizada por el NoBo, el cual comprueba y certifica de conformidad con la normativa de la Unión Europea que un subsistema es conforme con las ETI correspondientes y con otras directivas aplicables. La Directiva (UE) 2016/797 establece un procedimiento para la declaración de verificación CE en el Artículo 15.
- **Verificación en el caso de normas nacionales:** realizada por el DeBo, el cual comprueba y certifica que un subsistema es conforme con las NNTR correspondientes.

El resultado de estas verificaciones son los documentos que han de aportarse a la correspondiente autoridad de seguridad con el fin de recibir la autorización de entrada en servicio. Estos documentos se describen con detalle a continuación:

- **Certificado de verificación:** documento emitido por el NoBo o por el DeBo, como resultado positivo de la verificación CE (ETI) o de la verificación en el caso de normas nacionales (NNTR), respectivamente.
- **Declaración de verificación:** documento emitido por propio fabricante de material rodante que sirve para afirmar que su vehículo cumple con todos los requisitos aplicable (ya sean las ETI o las NNTR) cuyo procedimiento está establecido en el Artículo 15 de la Directiva (UE) 2016/797.
- **Expediente Técnico:** se trata de un documento, que debe emitir tanto el NoBo o el DeBo como el fabricante de material rodante, en el que se reúne, con arreglo al Artículo 15(4) de la Directiva (UE) 2016/797 toda la información relacionada con las características del subsistema evaluado; todos los elementos que prueban la conformidad de los componentes de interoperabilidad, en el caso en el que los haya; las condiciones y limitaciones de uso; y las instrucciones de conservación, de observación, de reglaje y de mantenimiento.

Por último, en la Decisión 2010/713/UE [28], se definen una serie de módulos en los que se estructura la verificación CE de los subsistemas ferroviarios. Es el texto de referencia para los procedimientos de verificación de las ETI que debe realizar el NoBo.

En la sección 6.2.2 de la ETI de locomotoras y pasajeros (así como en las Instrucciones Ferroviarias), se da a elegir al solicitante una de las siguientes combinaciones de módulos:

- Módulo SB (Examen CE de tipo) y módulo SD (Verificación CE basada en el sistema de gestión de la calidad del proceso de producción)
- Módulo SB y módulo SF (Verificación CE basada en la verificación de los productos)
- Módulo SH1 (Verificación CE basada en un sistema de gestión de la calidad total más examen de diseño)

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los módulos (ya definidos en la Decisión 2010/713/UE) con el fin de entender estas combinaciones.

	Tipo de verificación	Descripción	Documentación obtenida
Módulo SB	Parcial. Complementa a SD o a SF	-Evaluación de la adecuación del diseño técnico del subsistema. -Examen de una muestra del subsistema completo (producción).	-Certificado de examen de tipo
Módulo SD	Parcial. Requiere SB	-Evaluación del sistema de gestión de la calidad en producción, comprobando que cumple positivamente los aspectos indicados mediante documentos y auditorías.	-Certificado de aprobación del sistema de gestión de la calidad. -Certificado de verificación. -Declaración de verificación.
Módulo SF	Parcial. Requiere SB	-Evaluación mediante exámenes y ensayos de la conformidad del subsistema con los requisitos de las ETI.	-Informes de exámenes y de ensayos. -Certificado de verificación. -Declaración de verificación.
Módulo SH1	Completa	-Evaluación del sistema de gestión de la calidad en producción. -Evaluación de la adecuación del diseño técnico del subsistema.	-Certificado de aprobación del sistema de gestión de la calidad. -Certificado de examen de diseño. -Certificado de verificación. -Declaración de verificación.

Notas:

-Los documentos marcados con color azul son los que debe emitir el solicitante de los módulos. El resto deben ser emitidos por el organismo notificado.

-Las ETI no especifican el uso del módulo SG (indicado en Decisión 2010/713/UE) para el caso del **material rodante ferroviario**, por lo que este módulo queda fuera del objeto de este trabajo.

-Tanto el organismo notificado como el solicitante también deberán emitir, al final del proceso, el Expediente Técnico exigido por la Directiva (UE) 2016/797.

Tabla 3 Resumen de los módulos de verificación CE definidos en la Decisión 2010/713/UE. Fuente: Decisión 2010/713/UE y elaboración propia.

3.2 Sistema de trazabilidad

Toda empresa requiere un sistema de trazabilidad en sus productos o servicios. Pero, ¿de qué se trata realmente la trazabilidad? Según la familia de normas ISO 9000 [29], la trazabilidad se define como:

“(...) aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado a través de herramientas determinadas (...)”

En definitiva, tener un sistema de trazabilidad significa disponer de un conjunto de métodos y herramientas con el fin de identificar el origen y las distintas etapas de un producto a lo largo del proceso de producción.



Figura 20 Esquema básico de trazabilidad de un producto. Fuente: elaboración propia

Así como es necesario tener un sistema de trazabilidad de un producto, también es necesaria la trazabilidad en cada uno de los procesos⁷ que se siguen para generar dicho producto. En una empresa, la trazabilidad es importante ya que ayuda a identificar puntos críticos en el proceso [30], ayudando así a solventar cualquier problema que pueda ocurrir de la manera más eficiente posible.

Al utilizar un sistema de trazabilidad para cada proceso, se reduce la probabilidad de que ocurran problemas (manipulación incorrecta, uso incorrecto de materiales, diseño pobre, etc.), aumentando, así, la calidad del producto o del servicio que ofrece la empresa.

⁷ Se refiere a procesos de cualquier índole presentes en una empresa: procesos de diseño, de producción, de homologación, de calidad, etc.

Sin embargo, no sólo esto es beneficioso para la empresa. Además, para los clientes y/o los consumidores, esto es una fuente de confianza [30] a la hora de adquirir los productos o servicios de la empresa, sobre todo cuando se trata de flujos de mercancías nacionales e internacionales.

Hoy en día, los sistemas de trazabilidad se consiguen mayoritariamente gracias a herramientas informáticas o *software*, capaces de reunir todos los datos y procesarlos [30]. En general, un *software* de procesamiento de datos realiza las siguientes tres funciones principales:

1. **Recopilar** y almacenar de manera coherente la información
2. **Estructurar** los datos de manera que sea posible su explotación
3. **Relacionar** los dispositivos y los distintos agentes involucrados en el proceso

4 ANÁLISIS DE STADLER RAIL VALENCIA S.A.U.

El presente trabajo se centrará en el análisis de la trazabilidad del proceso homologación llevado a cabo por Stadler Rail Valencia (una empresa que pertenece al grupo Stadler), junto con los organismos de homologación y evaluación correspondientes, descritos en la Sección 3.1.1.6. Esta empresa se encarga de diseñar, obtener la autorización de puesta en servicio y fabricar el material rodante ferroviario.

4.1 Grupo Stadler

Stadler Rail es una empresa suiza que fabrica material rodante ferroviario a nivel mundial, fundada en el año 1942. Se trata de una sociedad anónima de capital abierto desde el 12 de abril de 2019, fecha en la que salió exitosamente en la bolsa suiza. Se encuentra presente en muchos países de todo el mundo (Figura 21) y al final del año 2019 contaba con 7 centros de producción y 5 centros de componentes.



Figura 21 Localizaciones geográficas de los distintos centros del grupo Stadler Rail a finales de 2019. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.

A finales del año 2017, Stadler contaba con más de 7.600 empleados [31], número que sigue subiendo llegando actualmente a aproximadamente 10.500 empleados [32]. La estructura organizativa de Stadler Rail a nivel mundial se encuentra descrita en la Figura 22, donde se puede observar que se organiza en 6 divisiones.



Figura 22 Organización en divisiones del grupo Stadler Rail. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.

Stadler Rail se especializa en la construcción de locomotoras y trenes de viajeros, tanto urbanos como interurbanos y sus productos se clasifican en 6 grupos:

- Alta velocidad
- Intercity
- Trenes regionales
- Transporte urbano
- Locomotoras
- Vehículos a medida

En InnoTrans 2016 [33], presentó su primer tren de alta velocidad en Berlín conocido como EC250, diseñado sobre la plataforma SMILE [34]. Recientemente, en diciembre de 2019, Stadler ha ganado una oferta propuesta por ADIF [35], que encarga locomotoras de maniobras, que supervisarán y mantendrán las vías pertenecientes al gestor de infraestructura ferroviaria española.

Los vehículos diseñados por Stadler Rail ofrecen un rápido desarrollo, costes reducidos de operación y, sobre todo, una gran flexibilidad. Además, todos los vehículos ofrecen un grado alto de personalización, siendo posible, también, la realización de vehículos a medida. La Figura 23 muestra un esquema de los 6 valores principales de la Stadler Rail como empresa ferroviaria.

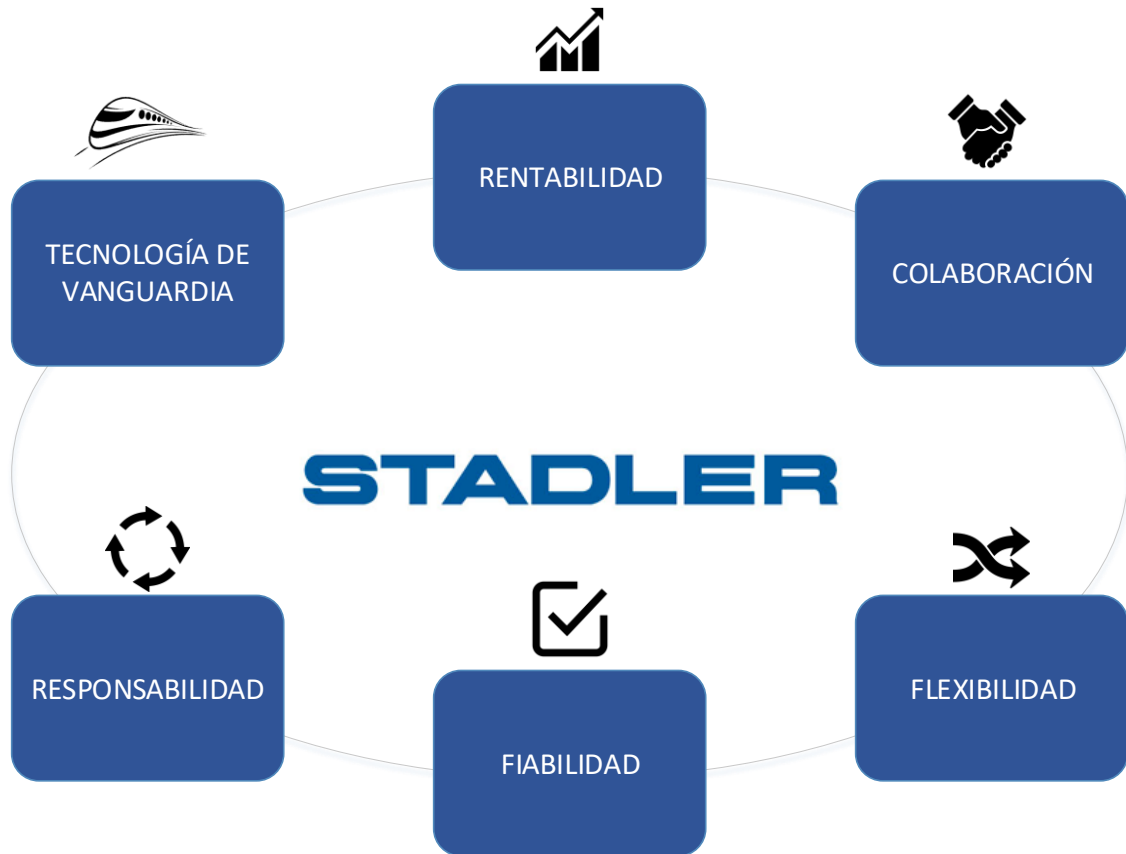


Figura 23 Valores de la empresa Stadler Rail. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.

4.2 Stadler Rail Valencia S.A.U.

En el año 2015, Stadler Rail compra el negocio de locomotoras de la empresa Vossloh en Valencia [36], España. Este centro de Stadler Rail, a partir del 1 de enero de 2016, pasa a formar parte de la división española de la empresa. Stadler Rail Valencia es un centro capaz de cubrir todos los procesos para la fabricación de una locomotora. Incluye un área de Ingeniería y desarrollo de producto, una fábrica donde se producen todos los vehículos, un área de inspección y calidad, trabajos de postventa y mantenimiento e incluso zonas para realizar ensayos⁸.

En la Figura 24, se observa dónde se encuentra organizativamente el equipo de Certificación y Seguridad (llamado, en Stadler Rail Valencia, Certification & Safety, o C&S), el cual forma parte del grupo de Approvals & Validation, y que trabaja en paralelo junto con los equipos de Validación con el fin de conseguir las autorizaciones de puesta en servicio de los vehículos (ver Sección 4.2.2 para conocer las actividades del equipo de C&S).

⁸ A pesar de esto, no todos los ensayos que se deben realizar para la autorización del vehículo pueden ser realizados en las instalaciones de Stadler Rail Valencia.

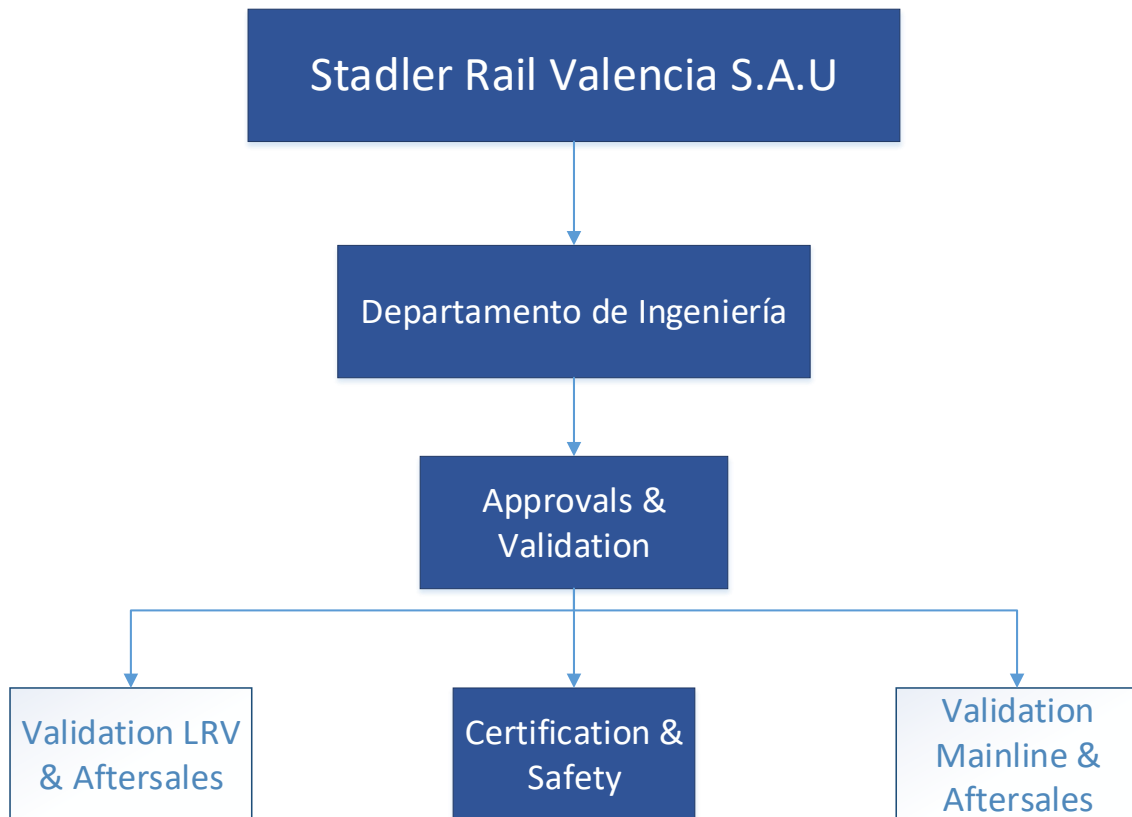


Figura 24 Organigrama simplificado de Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y esquema de elaboración propia

Stadler Rail Valencia se especializa en el diseño y fabricación de locomotoras, locomotoras de maniobras y vehículos urbanos. La mayoría de las locomotoras se realizan en la plataforma EURODUAL, que es la base de la locomotora EURO6000 de Stadler Rail Valencia, la cual va a ser objeto del presente trabajo para la implantación de la nueva metodología del proceso de homologación (ver Sección 5.1).

Stadler Rail Valencia de acuerdo a su sistema de calidad interno es una empresa certificada de acuerdo a las siguientes normativas de calidad:

- Certificado de conformidad: Sistema de gestión de calidad según ISO 9001 [37]
- Certificado de conformidad: Sistema de gestión medioambiental según ISO 14001 [38]
- Certificado: Sistema de gestión según normas de certificación IRIS (2017), basado en ISO/TS 22163 [39]
- Certificado: Sistema de gestión según OHSAS 18001 (Gestión de la Seguridad y Salud Laboral) [40]

4.2.1 Análisis del proceso de homologación de la empresa Stadler Rail Valencia

En Stadler Rail Valencia, las actividades para la obtención de la autorización de entrada en servicio se encomiendan al área de Soporte de producto final dentro del departamento de Ingeniería. Stadler Rail Valencia propone la siguiente estructura encargada de la aprobación de los vehículos:

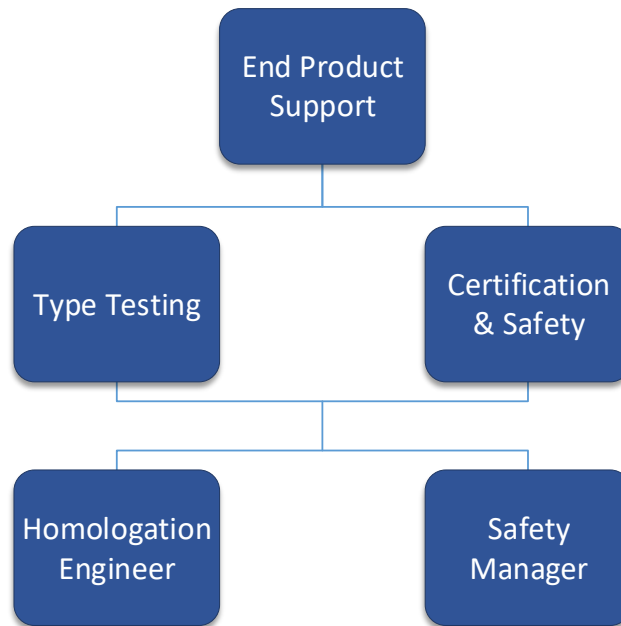


Figura 25 Organización para la autorización de vehículos. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.

Tal y como se puede observar en la Figura 25, el grupo de Certificación y Seguridad trabaja con los grupos de Ensayos de tipo (*Type Testing*) e informa cada día al responsable de Soporte de Producto Final (*End Product Support*) para garantizar una adecuada coordinación entre las distintas actividades necesarias para la aprobación del vehículo.

La función de cada miembro en los proyectos se describe con detalle a continuación:

- **Responsable de Certificación y Seguridad:** es el punto de contacto principal con las ANS, los NoBo, los DeBo y los AsBo, y se encarga de supervisar los aspectos esenciales de las aprobaciones, coordinando el trabajo del Ingeniero de Homologación y del Ingeniero de Seguridad.
- **Ingeniero de Homologación:** es el punto de contacto designado para la justificación diaria de las presentaciones de diseño con los NoBo y los DeBo, y lleva las listas de control cláusula por cláusula completas con referencia a las ETI y las NNTR aplicables.
- **Ingeniero de Seguridad:** se ocupa del trabajo CSM-REA [26], para lo cual diseña un plan de seguridad y completa el registro de peligros y el análisis de riesgos para cada proyecto.

4.2.2 Actividades del equipo de C&S

A continuación, en la Figura 26, se muestra un cuadro con las distintas ramas en las que se divide el equipo de C&S.

Equipo de Certificación y Seguridad

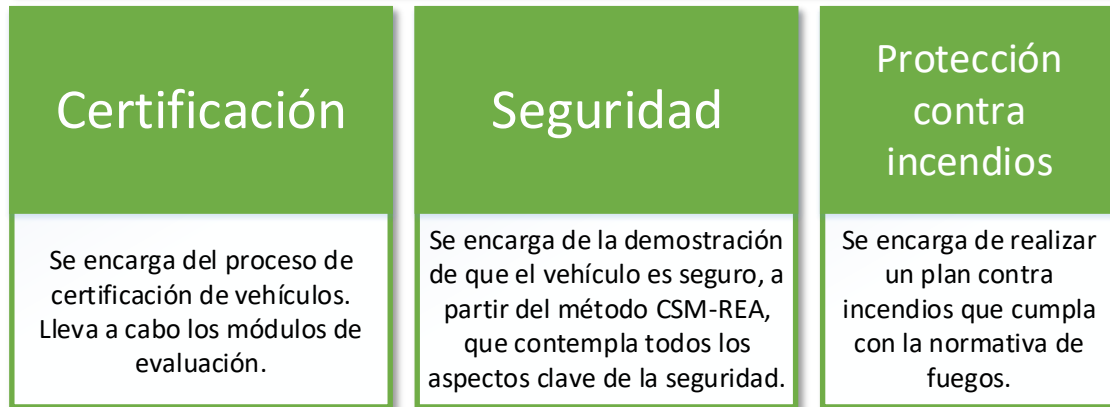


Figura 26 Distribución y funciones del equipo de C&S de Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia

Tal y como indica su nombre, el equipo se divide en dos ramas principales: la de Certificación y la de Seguridad. Además, también se encarga del tema de la protección contra incendios en todos los proyectos.

La rama de Certificación y la rama de Seguridad tienen un mismo objetivo: el de dar evidencias del cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad. No obstante, la legislación aplicable y los métodos realizados son diferentes. Las actividades de los distintos ingenieros de cada rama están descritas en la Sección 4.2.1. Para la rama de certificación, estaríamos hablando de un ingeniero de homologación, mientras que, para la rama de seguridad y la rama de protección contra incendios, estaríamos hablando de un ingeniero de seguridad.

4.2.2.1 Verificación de los vehículos ferroviarios en el equipo de C&S

En Stadler Rail Valencia, el equipo de C&S recurre a la combinación de módulos especificados en las ETI (ver Sección 3.1.2.2) según el tipo de proyecto que se va a realizar. En la Figura 27 se muestra una relación entre la combinación de módulos y los tipos de proyectos para los que generalmente se usan en Stadler Rail Valencia.

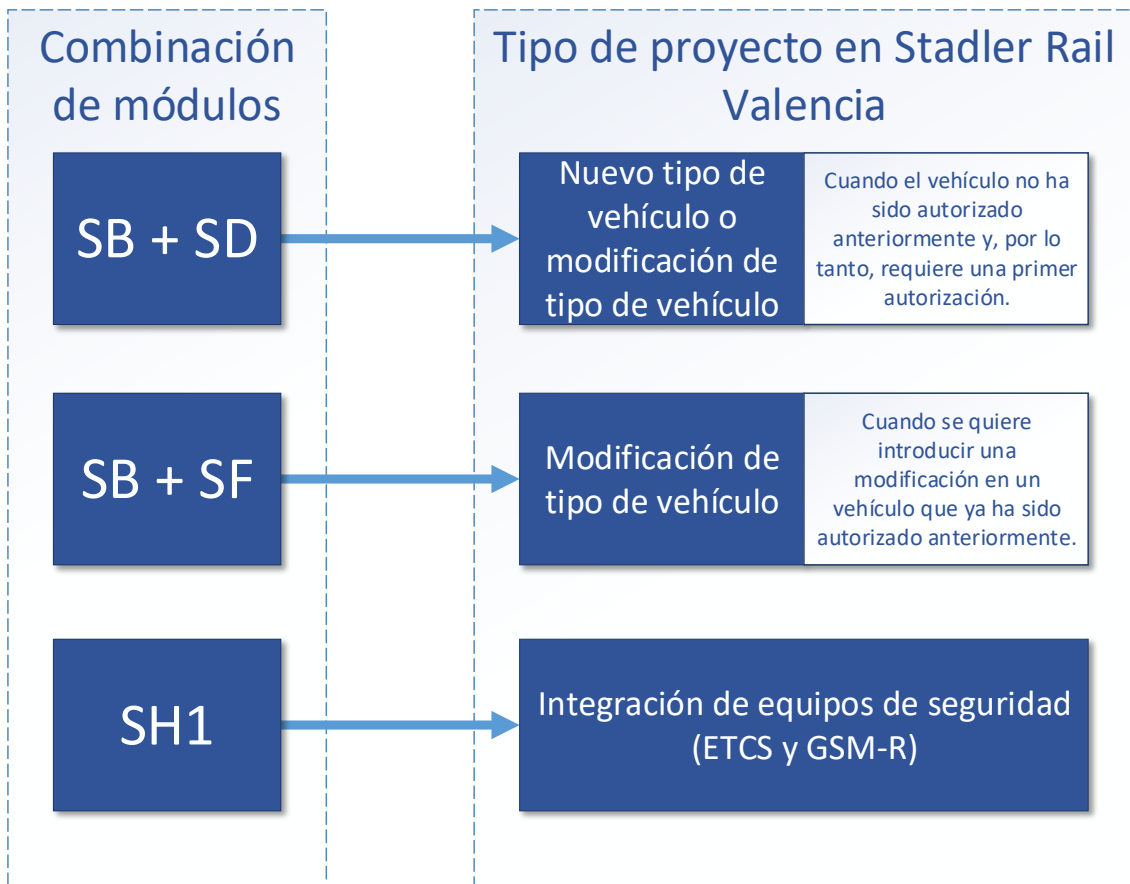


Figura 27 Relación módulos / proyectos en Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia.

A continuación, se van a describir las actividades relacionadas con el equipo de C&S en cada uno de los módulos descritos (en la Tabla 3 se describen estos módulos en general, sin aplicarlos a la estructura organizativa de Stadler Rail Valencia).

4.2.2.1.1 Módulo SB

El proceso de evaluación de la conformidad requiere que Stadler Rail Valencia presente información de diseño que demuestre el cumplimiento de cada cláusula de las ETI y NNTR aplicables.

El Módulo SB requiere que los NoBo y DeBo verifiquen el diseño del vehículo cumple con cada cláusula de las ETI y NNTR aplicables. Stadler Rail Valencia elabora una lista de control en blanco, cláusula por cláusula, para cada ETI y NNTR aplicable, incluyendo la información necesaria para demostrar el cumplimiento, y presenta un resumen escrito de la metodología prevista y la información necesaria para demostrar el cumplimiento en cada lista de control.

Más adelante, Stadler Rail Valencia entrega listas de control cláusula por cláusula completas que:

- Declaran que se ha logrado el cumplimiento
- Explican cómo se ha conseguido dicho cumplimiento
- Hacen referencia a información complementaria (informes, cálculos, planos...)
- Aportan certificación válida y la declaración de conformidad para los componentes de interoperabilidad definidos en las ETI y válidos para el área de uso del vehículo.

La documentación complementaria necesaria para demostrar el cumplimiento con los requisitos incluye ensayos realizados en vía.

Cuando el cumplimiento se demuestra de modo satisfactorio, el NoBo considera las evidencias de diseño como definitivas e idóneas para la certificación e inclusión en el dossier técnico.

El NoBo lleva a cabo una inspección de tipo de vehículo completado en la planta de fabricación de Stadler Rail Valencia. La inspección de tipo se realiza de manera estructurada y se efectúa al mismo tiempo que el módulo SD (ver Sección 4.2.2.1.2)

4.2.2.1.2 Módulo SD

La evaluación de la conformidad del sistema de gestión de la calidad en producción se realiza con arreglo al Módulo SD de las ETI aplicables. Para realizar este módulo, se establece un programa de auditorías de plantas de fabricación en las instalaciones de Stadler Rail Valencia, situadas en Albuixech (Valencia, España) [41].

En los últimos años, Stadler Rail Valencia ha trabajado en un programa de auditorías basado en riesgos centrado en las auditorías realizadas en anteriores proyectos de referencia conformes con las ETI (EURO4000, EUROLight, UKLight, UKDUAL, EURODUAL) y en su Certificación IRIS [39] existente, con el fin de reducir las evaluaciones adicionales necesarias para las distintas unidades y minimizar los riesgos.

Para lograr un resultado positivo en las auditorías de evaluación de la producción, el equipo de C&S colabora estrechamente con todos los departamentos, y en especial con el departamento de Calidad, para que los requisitos necesarios para la aprobación del vehículo sean transferidos a los objetivos de calidad del proyecto, los planes de exámenes y ensayos, las actividades de control de proveedores, etc., según convenga.

4.2.2.1.3 Módulo SF

El proceso de evaluación de la conformidad requiere que Stadler Rail Valencia realice los ensayos y controles que establece las cláusulas de la ETI o las NNTR correspondientes. Esto incluye tanto ensayos estáticos como ensayos dinámicos. La verificación de este módulo demuestra que una modificación realizada sobre un tipo de vehículo ya autorizado cumple con los requisitos de la normativa aplicable.

Para ello, el equipo de C&S colabora ampliamente con el equipo de Validación, con el fin de obtener los informes favorables de los ensayos estáticos y, así, poder obtener la autorización provisional de circulación (para esto, es muy importante la rama de Seguridad) y realizar los ensayos dinámicos en las vías por las que el vehículo modificado va a circular.

Los informes favorables de los ensayos estáticos y de los ensayos dinámicos, serán emitidos por el NoBo y por el DeBo, respectivamente. Así pues, el NoBo realizará una serie de auditorías e inspecciones de los ensayos estáticos realizados en las propias instalaciones de Stadler Rail Valencia, mientras que el DeBo se encargará de realizar los ensayos dinámicos en las vías en las que va a circular el vehículo.

4.2.2.1.4 Módulo SH1

De conformidad con el apartado 6.3.2 de las ETI CMS [24], Stadler Rail Valencia aplica el módulo SH1 para la verificación de los sistemas ETCS a bordo y GSM-R. Esto incluye verificación por un NoBo de todo el sistema de gestión de la calidad con el procedimiento de examen de diseño. La verificación demuestra que el subsistema de control-mando y señalización a bordo, que integra ETCS y GSM-R, cumple los parámetros básicos de las ETI CMS cuando es integrado en el vehículo.

En este módulo, se demuestra la funcionalidad y las prestaciones de los componentes de interoperabilidad mediante Declaraciones de conformidad CE. No necesitan verificaciones adicionales por Stadler o el NoBo para la integración de los componentes de interoperabilidad.

Stadler Rail Valencia genera las pruebas necesarias sobre integración del ETCS de a bordo en los vehículos. Estas pruebas se complementan con procesos de ingeniería y diseño Stadler, con arreglo al sistema de gestión de la calidad certificado. Este incorpora la gestión de requisitos mediante la aplicación de planes de seguridad y calidad para el proyecto y el uso de herramientas apropiadas que permiten trabajar con la matriz de trazabilidad de requisitos.

El NoBo efectúa una evaluación en la que se valora la documentación de diseño presentada, así como una serie de auditorías e inspecciones de ensayos encaminadas a verificar el cumplimiento de las ETI CMS. Las auditorías se realizan en instalaciones del proveedor de ETCS, además de una auditoría de instalación en la planta de Stadler Rail Valencia, situada en Albuixech (Valencia, España).

4.2.3 Análisis del sistema de trazabilidad implantado en Stadler Rail Valencia

Actualmente, el grupo Stadler Rail Valencia lleva a cabo una serie de procedimientos para realizar la autorización de los vehículos que diseña y fabrica. A lo largo de un proyecto, las modificaciones en el diseño del vehículo, así como de sus piezas y documentos relacionados son muy frecuentes, por lo que es muy importante que la empresa tenga un sistema de trazabilidad implantado.

En la Figura 28 se muestra un esquema resumen de la trazabilidad de documentos en Stadler Rail Valencia. En Stadler Rail Valencia se usa un sistema propio de códigos y versiones y áreas, así como un conjunto de herramientas de soporte informáticas para trazar tanto los documentos como los requisitos en el proceso de autorización. Todo esto se explica en las Secciones 4.2.3.1, 4.2.3.2 y 4.2.3.3.

Esquema de la trazabilidad de documentos actual de Stadler Rail Valencia

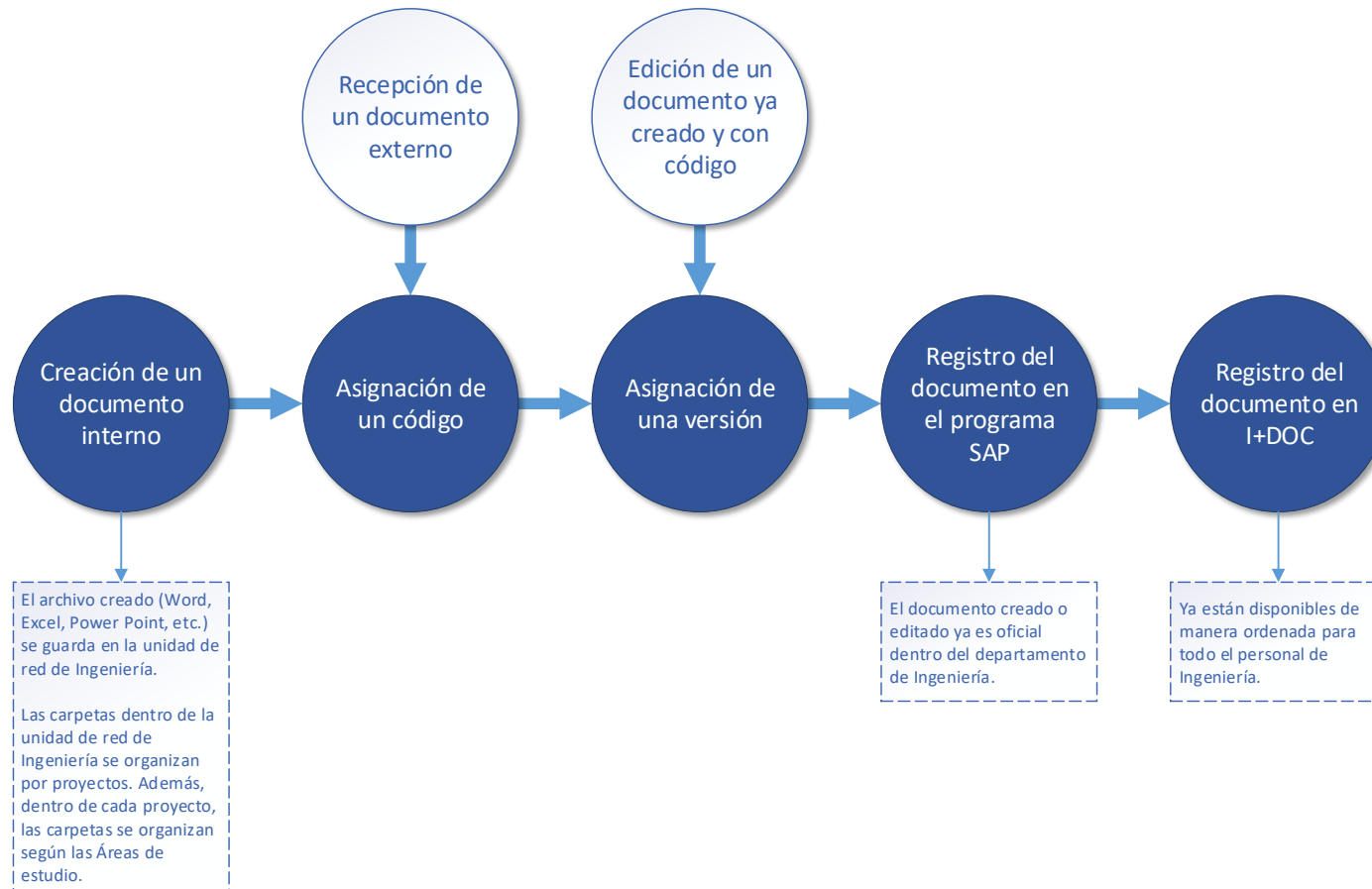


Figura 28 Esquema resumen de la trazabilidad de documentos actual en Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U. y elaboración propia

4.2.3.1 Sistema de códigos y versiones del departamento de Ingeniería

Stadler Rail Valencia usa un sistema de códigos propios con el fin de identificar los documentos, tanto internos como externos. En cuanto a documentos internos, el departamento de Ingeniería dispone de un código específico para todos los documentos que genera (planos, esquemas, documentos escritos, hojas de cálculo, etc.). La estructura de este código se presenta a continuación:

BBXXX **XXX** **XX** **XXX** **_XX**

Donde:

- **Negro:** código de letras propio de Ingeniería.
- **Azul:** código numérico que representa el proyecto.
- **Rojo:** código numérico que representa el grupo que genera el documento (este código no es fijo y varía según el proyecto)
- **Verde:** código numérico que representa el Área de estudio a la que pertenece el documento.
- **Naranja:** número de documento (001, 002, 003, 004...).
- **Gris:** versión del documento. La versión inicial se denomina "--" y, a continuación, se sigue un orden alfabético para las siguientes versiones (A0, B0, C0, D0, E0...).

Al primer documento creado para un proyecto se le conoce como la "hoja 0", y tiene el código BBXXX00000000_--. Este es un plano general del vehículo diseñado, del cual cuelgan el resto de los documentos creados para el proyecto.

Para los documentos externos (de proveedores, clientes, NoBo, DeBo, etc.), la codificación original se conserva, pero estos documentos también se guardan en el programa SAP (ver Sección 4.2.3.3.1.1), el cual les asigna un código con la siguiente estructura:

XXXXXXXX **_XX**

Donde:

- **Naranja:** número de documento.
- **Gris:** versión del documento (00, 01, 02, 03...)

Por último, todos los documentos creados (documentos de texto, planos, hojas de cálculo, etc.) en el departamento de Ingeniería deben incorporar en su contenido un **cuadro de revisiones** indicando los siguientes datos:

- Versión del documento
- Fecha de creación de la nueva versión
- Cambios realizados respecto a la versión anterior (si se trata de la primera emisión del documento, se indicará en este apartado)
- Persona que lo ha creado
- Persona que lo ha revisado
- Persona que lo ha aprobado para su emisión

4.2.3.2 Sistema de Áreas de estudio del departamento de Ingeniería

Para mejorar la trazabilidad del proceso y, así, facilitar el proceso de homologación, Stadler Rail Valencia organiza la documentación y la revisión de los requisitos de cada proyecto en “Áreas de estudio”. De esta manera, se optimiza la organización de la información de diseño y del proceso de homologación, dividiéndola en áreas. Este se trata de un proceso interno de Stadler Rail Valencia.

Se definen como “Áreas de estudio” a las distintas zonas de trabajo en las que se realizan los procedimientos necesarios para diseñar, ensayar y aprobar cada componente del vehículo. Cada Área de estudio reúne todos los documentos relacionados con un mismo componente general que realiza una función en el vehículo (planos de las piezas, certificados, documentos de homologación, etc.). Además, muchas de las Áreas de estudio se refieren a funcionalidades del propio vehículo, integradas por una serie de componentes que contribuyen al funcionamiento esperado del vehículo en cada aspecto.

En la Tabla 4 se muestran tanto las Áreas de estudio que existen actualmente, así como una breve descripción de qué documentos están relacionados con estas.

Tabla 4 Áreas de estudio de Stadler Rail Valencia. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.

N.º	Área de estudio	Descripción
00	Vehículo completo	Esta Área reúne todos los documentos de carácter general que no se corresponden con ninguna de las otras Áreas.
01	Comportamiento dinámico	Esta Área reúne los documentos relacionados con el comportamiento del vehículo en funcionamiento, tanto en línea recta como en curva.
02	Estructura de caja del vehículo	Esta Área reúne los documentos relacionados con la estructura de la caja del vehículo, encargada de proporcionar rigidez y de cargar con todos los elementos unidos a esta.
03	Topes y órganos de tracción	Esta Área reúne los documentos relacionados con los topes y los órganos que funcionan para remolcar otros vehículos o coches.
04	Bogies	Esta Área reúne los documentos relacionados con los sistemas de rodadura completos de los vehículos, incluyendo todos los elementos incorporados en su estructura, así como el montaje de los ejes montados en esta.
05	Ejes montados	Esta Área reúne los documentos relacionados con los ejes completos montados en los bogies, encargados de realizar el contacto y mover el vehículo sobre la infraestructura.
06	Frenos	Esta Área reúne los documentos relacionados con todos los sistemas relacionados con los frenos del vehículo.
07	Sistemas que requieren supervisión especial	Esta Área reúne los documentos relacionados con otros sistemas especiales implementados sobre los vehículos, que no forman parte de ninguna de las otras Áreas de estudio. Estos sistemas dependen del vehículo en el que se van a instalar y de sus requisitos.

08	Pantógrafo	Esta Área reúne los documentos relacionados con las estructuras localizadas sobre el vehículo o debajo del vehículo, los cuales toman corriente de una catenaria o de un tercer raíl.
09	Ventanas	Esta Área reúne los documentos relacionados con todas las ventanas del vehículo, incluyendo las interiores e incluso las localizadas en las cabinas, como el parabrisas y todos los elementos que forman parte de este.
10	Puertas	Esta Área reúne los documentos relacionados con las puertas del vehículo, así como los sistemas de control de puertas, sensores, luces de salida de emergencia, etc.
11	Intercomunicación	Esta Área reúne los documentos relacionados con todos los sistemas relacionados con la unión entre coches y locomotoras que permiten el paso de los viajeros y de la tripulación a entre ellos.
12	Abastecimiento de energía y CEM	Esta Área reúne los documentos relacionados con las instalaciones eléctricas del vehículo, así como su Compatibilidad Electromagnética con el entorno.
13	Seguridad funcional	Esta Área reúne los documentos relacionados con los sistemas de seguridad incorporados en el vehículo como los sistemas CSM, sistemas de arenado, luces, etc.
14	Sistema de agua	Esta Área reúne los documentos relacionados con todos los sistemas que incorporen agua en su uso (lavabos e inodoros).
15	Protección ambiental	Esta Área reúne los documentos relacionados con los sistemas utilizados para el control de emisiones o de protección del ambiente en caso de algún percance.
16	Protección contra incendios	Esta Área reúne los documentos relacionados con los sistemas de seguridad asociados con las normas de fuegos.
17	Seguridad laboral	Esta Área reúne los documentos relacionados con los sistemas de protección de la tripulación del vehículo ferroviario, para que puedan desarrollar su trabajo con total seguridad.
18	Gálibo	Esta Área reúne los documentos relacionados con el contorno de referencia del vehículo, así como otros aspectos como la inscripción en las curvas del vehículo.
19	Equipamiento de seguridad	Esta Área reúne los documentos relacionados con cualquier equipo de seguridad presente dentro del vehículo, el cual pueda ser utilizado independientemente del funcionamiento del vehículo, tanto por los pasajeros como por la tripulación, sin incluir el equipo de protección contra incendios.
23	Marcaciones e inscripciones	Esta Área reúne los documentos relacionados con todas las marcaciones e inscripciones localizados tanto en el interior como en el exterior del vehículo.
24	Soldadura	Esta Área reúne los documentos relacionados con los sistemas de soldadura empleados para ensamblar los distintos componentes.

4.2.3.3 Herramientas para la gestión de la trazabilidad en Stadler Rail Valencia

El sistema de trazabilidad de Stadler Rail Valencia incluye el uso de unas herramientas informáticas de gestión. Estas sirven tanto para la trazabilidad general en el departamento de Ingeniería como para el proceso de homologación de un vehículo. Así, tenemos dos tipos de herramientas relacionadas con el proceso de homologación: las herramientas de gestión documental y las herramientas de gestión de requisitos técnicos.

4.2.3.3.1 Herramientas de gestión documental

Las herramientas de gestión documental sirven para organizar todos los documentos según un criterio diseñado y adaptado a Stadler Rail Valencia. Estas herramientas son de vital importancia en el proceso de homologación puesto que ayudan a que los documentos sean fácilmente trazables por parte del equipo de C&S cuando se necesite justificar el cumplimiento de los requisitos técnicos. En Stadler Rail Valencia, se usan dos de estas herramientas: el programa SAP y el programa I+DOC.

4.2.3.3.1.1 Programa SAP

Con el fin de gestionar adecuadamente todos y cada uno de los recursos documentales, Stadler Rail Valencia utiliza el programa SAP (Sistemas, Aplicaciones, Productos en el Procesamiento de Datos). Se trata de un sistema ERP (Planificación de Recursos Empresariales) con diferentes módulos de acuerdo con las exigencias de una empresa Stadler.

Cuando un documento es creado, revisado y aprobado oficialmente, este debe guardarse en el programa SAP. Este programa, le asigna un código dependiendo del tipo de documento que es (documento interno o documento externo a la empresa), código con el que, a partir de ese momento, el documento es identificado.

Los documentos de Ingeniería dentro del programa SAP están organizados siguiendo una estructura de “padres e hijos”. Esto significa que, de los documentos más generales, se cuelgan documentos más específicos relacionados con los documentos de los que están colgados. Así, pues, del plano general del vehículo colgarán los planos de las piezas que componen dicho vehículo.

El programa SAP es de acceso limitado. En el departamento de Ingeniería, sólo se permite el acceso a específicos usuarios encargados de organizar la documentación y al equipo de C&S para guardar documentos relacionados con la homologación de los vehículos. Cuando un documento es creado o editado por un empleado de Ingeniería, este debe enviar el documento con su respectivo código a la persona encargada de guardar los archivos en SAP.

4.2.3.3.1.2 Programa I+DOC

Se trata de un programa de gestión documental, proporcionado por SCN Sistemas, basado en la plataforma de Gestión de Contenidos Empresariales IDoC [42]. Es especialmente útil para el departamento de Ingeniería. Este programa organiza de manera más visual los documentos de acuerdo con la misma estructura que la del programa SAP. Este programa es de acceso libre, es decir, cualquiera de los integrantes del departamento de Ingeniería puede acceder y ver los documentos, así como todas sus versiones. Sin embargo, sólo unas pocas personas tienen permiso para guardar, editar o eliminar los documentos que se encuentran en I+DOC.

Cualquier documento que se encuentre en el programa SAP, debe ser añadido al programa I+DOC, con el fin de que todos los integrantes del departamento de Ingeniería puedan acceder a la información organizada.

4.2.3.3.2 Herramientas de gestión de requisitos técnicos

Las herramientas de gestión de requisitos técnicos sirven para organizar y analizar todos y cada uno de los requisitos técnicos definidos por las distintas normas técnicas a seguir de cada proyecto, siguiendo un criterio adaptado a Stadler Rail Valencia. En esta empresa se utiliza solamente un programa de gestión de requisitos, conocido como DOORS.

4.2.3.3.2.1 IBM Rational - DOORS®

Se trata de una herramienta de la que dispone Stadler Rail Valencia, diseñada por IBM [43], con la cual se gestionan los distintos requisitos técnicos de cada proyecto. El programa DOORS permite un seguimiento más exhaustivo de los distintos requisitos que aplican a cada uno de los proyectos.

En este programa, las normas se introducen y se desglosan, con el fin de asignar cada requisito a lo que se conoce como “Sistemas” en el programa. Estos sistemas no son más que las distintas Áreas de estudio del departamento de Ingeniería (ver sección 4.2.3.2). Además, en el propio programa se puede incluir, para cada requisito, información sobre los documentos que teóricamente se deben de entregar con el fin de justificar el cumplimiento con el requisito. Esta herramienta permite al equipo de C&S comprobar que el resto de los equipos encargados de diseñar el vehículo están realizando su trabajo teniendo en cuenta los requisitos adecuados para cada proyecto. En definitiva, ofrece una gran trazabilidad en cuanto a requisitos aplicables, lo cual permite asegurar que el tren se diseña y se comprueba según la normativa aplicable a cada proyecto.

5 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA

En este trabajo se pretende desarrollar una nueva metodología que mejore la trazabilidad del proceso de homologación actual llevado a cabo en la empresa Stadler Rail Valencia. Esta empresa dispone de un sistema de trazabilidad propio (ver Sección 4.2.3), pero no incluye todos los aspectos necesarios para facilitar el trabajo del equipo de C&S en cuanto al proceso de homologación de un vehículo.

Para ello, se hará primero un análisis mediante el uso de los siguientes métodos:

- Análisis DAFO
- Acciones CAME
- Matriz de priorización de las acciones
- Propuesta de mejora

5.1 Caso de aplicación

La nueva metodología de mejora desarrollada se aplicará al caso de la locomotora EURO6000 (ver Figura 29), diseñada por la empresa Stadler Rail Valencia. Esta se trata de una locomotora basada en la plataforma EURODUAL y destinada a circular en 3 países diferentes: Francia, España y Luxemburgo.

Este nuevo tipo de vehículo será autorizado para su puesta en servicio según el cuadro normativo indicado en la Sección 2.6, es decir, será diseñada en base a las ETI y, por lo tanto, se trata de un vehículo interoperable en el ámbito europeo.



Figura 29 Locomotora EURO6000 de la plataforma EURODUAL. Fuente: Stadler Rail Valencia S.A.U.

5.2 Descripción del análisis

Tal y como se ha indicado anteriormente, para desarrollar un nuevo método de mejora se va a realizar, primero, un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la empresa. A continuación, se desarrollarán un conjunto de acciones para corregir, afrontar, mantener y explotar los aspectos detectados en el análisis DAFO.

Por último, se hará una matriz de priorización de barreras, con el fin de jerarquizar las acciones CAME desarrolladas y poder seleccionar una de ellas como una propuesta de mejora para el proceso de homologación, teniendo en cuenta también el responsable de esta acción. El nivel de prioridad se asignará en base a una matriz de peso que clasificará la importancia de cada debilidad, amenaza, fortaleza y oportunidad, así como la dificultad de realización de cada acción CAME desarrollada. En la Figura 30 se presenta un diagrama del método de análisis descrito.

Diagrama del método de análisis para la propuesta de una mejora

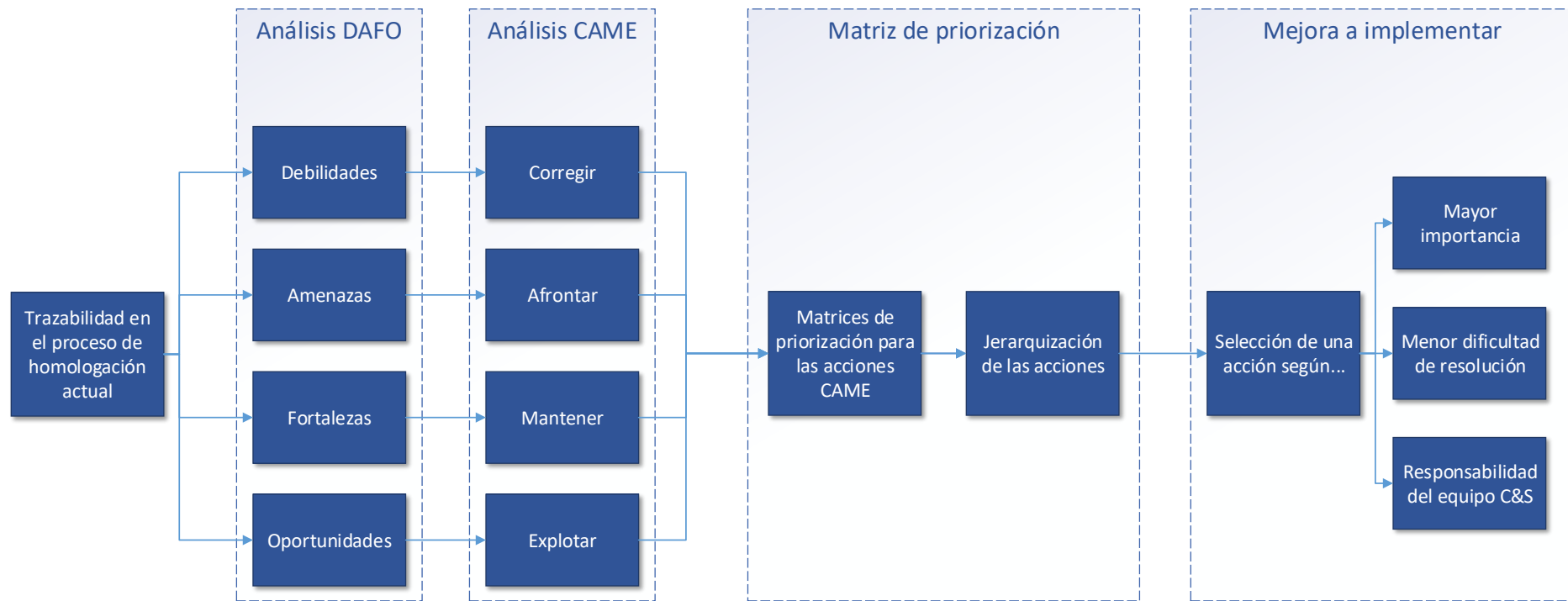


Figura 30 Diagrama esquemático del método empleado para el análisis y la implementación de una mejora en la trazabilidad del proceso de homologación

5.3 Análisis DAFO de la trazabilidad del proceso de homologación en Stadler Rail Valencia

A continuación, se procede a hacer un análisis DAFO para detectar las debilidades y las amenazas del procedimiento de trazabilidad, así como las fortalezas y las oportunidades del mismo.

5.3.1 Debilidades

En total, se han detectado 4 debilidades en la trazabilidad del proceso de homologación de Stadler Rail Valencia.

Debilidad 1. Muchos departamentos involucrados en el proceso de homologación

Stadler Rail Valencia dispone de muchos departamentos que crean documentos, pero no todos estos documentos son monitorizados ni organizados inmediatamente mediante las herramientas para la gestión de la trazabilidad utilizadas en Stadler Rail Valencia (ver Sección 4.2.3.3)

En algunos de los documentos, el sistema de trazabilidad de Stadler Rail Valencia es aplicado en fases del proyecto muy desarrolladas, en las que esos documentos deberían estar ya identificados anteriormente. Esto es debido a que hay mucho personal trabajando y es difícil controlar que todas las personas usen correctamente las herramientas de gestión de trazabilidad.

Debilidad 2. Modificaciones documentales no trazadas sistemáticamente para ver si afectan al proceso de homologación

No se trazan sistemáticamente las modificaciones documentales o de diseño para comprobar si estas afectan a la homologación, lo cual hace que el equipo de C&S tenga que hacer estas comprobaciones a la hora de emitir oficialmente los documentos al cliente o a los NoBo o DeBo. Esto puede resultar en mucho más trabajo si no se conoce la naturaleza de la modificación y se debe contactar con otros equipos para obtener más información.

Así como todos los documentos y la información en Stadler Rail Valencia, todos los equipos del departamento de Ingeniería deberían trazar y notificar todas las modificaciones, ya sean importantes como menores. Para ello, por ejemplo, cada ingeniero podría, no sólo cambiar la versión del documento, además notificar al equipo de C&S o incluir información suficiente sobre la modificación con el fin de que el equipo C&S pueda ofrecer una explicación clara sobre el cambio realizado a las autoridades correspondientes o al cliente del proyecto.

Debilidad 3. Falta de rigor en la aplicación de la normativa europea para clasificar las modificaciones en el diseño

No se utiliza el Reglamento (UE) 2018/545 Art. 15(1) para clasificar las modificaciones según el criterio establecido por la ERA a la hora de decidir si la modificación requiere una nueva autorización o no, y en el caso de que no, si requiere nuevos certificados emitidos por organismos externos.

Debilidad 4. Escaso uso de las herramientas informáticas de trazabilidad documental

Las herramientas de soporte informáticas no son utilizadas sistemáticamente por parte de todos los grupos en todos los proyectos. Esto hace que no todos los documentos estén organizados de la misma manera o se encuentren guardados dentro del sistema ERP. En consecuencia, el equipo de C&S debe trabajar más, buscando los orígenes de cada documento, lo cual requiere el contacto con otros grupos de Stadler Rail Valencia.

5.3.2 Amenazas

En total, se han detectado 5 amenazas.

Amenaza 1. Larga duración del proceso de homologación

La autorización de puesta en servicio de un vehículo necesita muchos años de trabajo para ser obtenida. Esto tiene un impacto en la trazabilidad ya que muchos de los documentos creados no son leídos ni editados en mucho tiempo, lo cual hace que se pierda información si no se monitorizan ni se organizan correctamente.

Amenaza 2. Imprevisible y gran cantidad de documentos a gestionar

Para obtener la autorización de puesta en servicio de un vehículo se necesitan una gran cantidad de documentos de justificación del cumplimiento con requisitos y de certificados emitidos por organismos externos para comprobar la conformidad del vehículo con dichos requisitos. Además, se exige la realización de ensayos con sus correspondientes informes y verificaciones de conformidad.

Amenaza 3. Agentes externos a la empresa involucrados en el proceso de homologación

Stadler Rail Valencia depende de organismos externos para la emisión de certificados. Esto significa que no sólo se debe conseguir la conformidad con el cliente, además, un organismo externo debe emitir certificados de verificación que aleguen que todos los requisitos se cumplen mientras que la autoridad competente para cada proyecto también comprueba en paralelo que sus requisitos se cumplen. Esto hace que un sistema de trazabilidad sea más importante ya que la empresa debe comunicarse constantemente con estos agentes externos.

Amenaza 4. Complejidad del proceso debido la operación de los vehículos en cada vez más países

La autorización de puesta en servicio de un vehículo depende de la(s) infraestructura(s) destino. Hoy en día, a pesar del desarrollo de la interoperabilidad, sigue habiendo mucha variedad de infraestructuras que, en particular, disponen de distintos sistemas CMS entre la vía y el vehículo, lo que significa que los sistemas instalados a bordo deben cumplir con los requisitos de cada infraestructura por la que el tren va a circular, haciendo el proceso de homologación sea más complejo y largo, lo cual hace necesario el uso de un sistema de trazabilidad.

Amenaza 5. Frecuentes cambios legislativos

Los cambios en la legislación conllevan a la adaptación del diseño del vehículo a los distintos requisitos exigidos por las autoridades competentes. Esto afecta al proceso de homologación por lo que Stadler Rail Valencia debe poner especial atención a las modificaciones que se realizan en la legislación aplicable a cada proyecto.

5.3.3 Fortalezas

En total, se han detectado 4 fortalezas.

Fortaleza 1. Muchos años de experiencia homologando vehículos

Stadler Rail Valencia dispone de años de experiencia homologando vehículos en un amplio rango de países, lo cual genera confianza y proporciona facilidades a la hora de obtener la autorización de puesta en servicio, puesto que el proceso de homologación y el sistema de trazabilidad realizados en la empresa actualmente han sido mejorados notablemente a lo largo de los años.

Fortaleza 2. Suscripción al CEN

Stadler Rail Valencia dispone de una suscripción al Comité Europeo de Normalización, el cual proporciona todas las normas de aplicaciones ferroviarias actualizadas a la última versión a Stadler Rail Valencia, así como un seguimiento de las modificaciones que se realizan.

Fortaleza 3. Capaz de realizar el proceso de homologación de manera independiente

Stadler Rail Valencia es una empresa independiente, lo cual hace que sea capaz de realizar todo el proceso de homologación sin depender de otras sucursales o de otras divisiones de Stadler Rail. Esto facilita el proceso de obtención de la autorización de puesta en servicio puesto que la mayoría de proyectos se asignan solamente a una sucursal, aumentando así la trazabilidad.

Fortaleza 4. Disposición de personal con experiencia en homologación y en el sector ferroviario

Stadler Rail Valencia dispone de ingenieros de homologación con muchos años de experiencia, tanto en el sector ferroviario como en la parte de homologación, lo cual facilita el proceso y hace que se reduzca el tiempo necesario para la realización de su trabajo.

5.3.4 Oportunidades

En total, se han detectado 4 oportunidades.

Oportunidad 1. Desarrollo de la interoperabilidad europea

En los últimos años se ha ido desarrollando la interoperabilidad del sector ferroviario en el mercado europeo, lo cual facilita enormemente el proceso de obtención de la autorización de puesta en servicio, sobre todo cuando se trata de vehículos diseñados para circular en varios Estados miembros de la Unión Europea. Al facilitar el proceso, se reduce la cantidad de documentos a presentar a las autoridades competentes y se reduce considerablemente el tiempo que requiere la obtención de la autorización de puesta en servicio, lo cual mejora la trazabilidad.

Además, las propias ETI proporcionan unos requisitos técnicos que pueden ser útiles no sólo para el ámbito europeo, puesto que estas ETI son el fruto de años de experiencia y trabajo siendo mejoradas para incluir todos los requisitos necesarios para que un vehículo ferroviario sea diseñado correctamente desde el principio.

Oportunidad 2. Alta capacidad económica

Stadler Rail Valencia dispone de recursos económicos suficientes para realizar, junto al proceso para la obtención de la autorización de puesta en servicio, el proceso de obtención de autorización de puesta en el mercado, lo cual le permite participar en más ofertas y ganar experiencia, a partir de la que se introducen mejoras en el proceso de homologación, así como en el sistema de trazabilidad.

Oportunidad 3. Desarrollo de la normalización ferroviaria

La normalización ferroviaria cada vez está más desarrollada. La normativa toca un amplio rango de temas, no sólo el relacionado con el diseño, proporcionando mucha facilidad al proceso de obtención de la autorización de puesta en servicio. Con una normativa más desarrollada, se reduce la cantidad de documentos a presentar durante el proceso de homologación, así como el tiempo requerido para completar el proceso, mejorando notablemente la trazabilidad. A partir de la información proporcionada a través de la experiencia, la normativa cada vez se adapta más a las necesidades actuales.

Oportunidad 4. Herramientas informáticas adaptadas

Stadler Rail Valencia dispone de un sistema ERP y de otras herramientas informáticas para gestionar el proceso de homologación mejorando su trazabilidad, lo cual hace que todos los documentos y certificados necesarios para obtener la autorización de puesta en servicio estén organizados y sea fácil trazar estos documentos y sus orígenes.

5.3.5 Matriz DAFO

A continuación, se muestra la matriz de análisis DAFO la trazabilidad del proceso de homologación en Stadler Rail Valencia.

Análisis interno	Debilidades	Fortalezas
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muchos departamentos involucrados en el proceso de homologación 2. Modificaciones documentales no trazadas sistemáticamente para ver si afectan al proceso de homologación 3. Falta de rigor en la aplicación de la normativa para clasificar las modificaciones en el diseño 4. Escaso uso de las herramientas informáticas de trazabilidad documental 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muchos años de experiencia autorizando vehículos 2. Suscripción al CEN 3. Capaz de realizar el proceso de homologación de manera independiente 4. Disposición de personal con experiencia en homologación y en el sector ferroviario
Análisis externo	Amenazas	Oportunidades
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Larga duración del proceso de homologación 2. Imprevisible y gran cantidad de documentos a gestionar 3. Agentes externos a la empresa involucrados en el proceso de homologación 4. Complejidad del proceso debido a la operación de los vehículos en cada vez más países. 5. Frecuentes cambios legislativos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de la interoperabilidad europea. 2. Alta capacidad económica 3. Desarrollo de la normalización ferroviaria 4. Herramientas informáticas adaptadas

5.4 Análisis de las acciones CAME

A continuación, con respecto al análisis DAFO realizado en la Sección 5.3, se procede deducir unas acciones CAME (Corregir, Afrontar, Mantener y Explotar) para cada debilidad, amenaza, fortaleza y oportunidad.

Corregir las debilidades	
Debilidad 1	Muchos departamentos involucrados en el proceso de homologación.
Acciones para corregir la debilidad	<p>Acción D1.1: fomentar el uso correcto de las herramientas que contribuyen a la trazabilidad de la información en Stadler Rail Valencia (SAP, DOORS, I+DOC, códigos y versiones, etc.).</p> <p>Acción D1.2: diseño de un proceso que obligue al personal de Ingeniería a organizar los documentos correctamente desde el momento en el que se crean.</p> <p>Acción D1.3: realización de reuniones semanales/mensuales para comprobar que toda la información que se ha generado o modificado se ha organizado correctamente y es trazable según el sistema de Stadler Rail Valencia.</p>
Debilidad 2	Modificaciones documentales no trazadas sistemáticamente para ver si afectan al proceso de homologación.
Acciones para corregir la debilidad	<p>Acción D2.1: diseño de un proceso que obligue al personal de Ingeniería a trazar las modificaciones que se hacen en los documentos creados, incluyendo siempre todo tipo de información útil para que el personal de otros grupos pueda entender el cambio realizado.</p> <p>Acción D2.2: realización de reuniones semanales o mensuales para promover la comunicación entre grupos.</p>
Debilidad 3	Falta de rigor en la aplicación de la normativa para clasificar las modificaciones en el diseño
Acciones para corregir la debilidad	<p>Acción D3.1: diseño de una guía/manual sobre cómo clasificar un cambio realizado según el Reglamento (UE) 2018/545 Art. 15(1) con el fin de que sea usado por personal ajeno al equipo de C&S.</p> <p>Acción D3.2: diseño de un proceso para que el equipo de C&S clasifique los cambios que se realizan en los documentos según el Reglamento (UE) 2018/545 Art. 15(1).</p>
Debilidad 4	Escaso uso de las herramientas informáticas de trazabilidad documental.
Acciones para corregir la debilidad	<p>Acción D4.1: fomentar el uso correcto de las herramientas que contribuyen a la trazabilidad de la información en Stadler Rail Valencia mediante el diseño de procesos a seguir a la hora de generar o modificar documentos.</p> <p>Acción D4.2: realización de reuniones semanales/mensuales para comprobar que toda la información generada o modificada se ha guardado en los programas correspondientes y se ha usado el <i>software</i> requerido para cada acción según el proceso de trazabilidad de Stadler Rail Valencia.</p>
Afrontar las amenazas	
Amenaza 1	Larga duración del proceso de homologación.
Acciones para afrontar la amenaza	<p>Acción A1.1: mejora progresiva del proceso interno de Stadler Rail Valencia, en base a la experiencia, con el fin de acortar el tiempo requerido.</p> <p>Acción A1.2: creación de plantillas a seguir para la realización de documentos con el fin de evitar crear documentos desde 0, puesto que algunos de estos son muy parecidos entre proyectos debido a la similitud en el proceso de homologación.</p>

Amenaza 2	Imprevisible y gran cantidad de documentos a gestionar.
Acciones para afrontar la amenaza	<p>Acción A2.1: creación de plantillas a seguir para la realización de documentos con el fin de evitar crear documentos desde 0 y, así, evitar errores en los documentos.</p> <p>Acción A2.2: diseño de un proceso de trazabilidad con el fin de mantener monitorizados y organizados todos los documentos creados y recibidos.</p>
Amenaza 3	Agentes externos a la empresa involucrados en el proceso de homologación.
Acciones para afrontar la amenaza	Acción A3.1: obtención de certificados de calidad internacionales con el fin de generar confianza y, además, reducir la cantidad de certificados a emitir o de trabajos a realizar por parte de los organismos de acreditación externos.
Amenaza 4	Complejidad del proceso debido a la operación de los vehículos en cada vez más países.
Acciones para afrontar la amenaza	<p>Acción A4.1: monitorización día a día de las actualizaciones en todas las normativas mediante la suscripción al CEN, puesto que algunas de las normativas contienen información sobre las infraestructuras existentes o sobre pasos a seguir a la hora de adaptar un vehículo ferroviario a una infraestructura.</p> <p>Acción A4.2: obtención de experiencia en el mercado ferroviario, lo cual ayuda a conocer mejor todas y cada una de las posibles situaciones para resolver los problemas que se planteen.</p> <p>Acción A4.3: centrarse en el mercado europeo o participar en todas las ofertas que se realizan en Europa ayuda a conocer las infraestructuras de Europa y a ser capaz de dar soluciones en el caso en el que se deba realizar un proyecto en uno o varios Estados de la Unión Europea.</p>
Amenaza 5	Frecuentes cambios legislativos.
Acciones para afrontar la amenaza	<p>Acción A5.1: monitorización día a día de las actualizaciones en todas las normativas mediante la suscripción al CEN.</p> <p>Acción A5.2: contribución basada en la propia experiencia con el objetivo de completar las normativas que existen actualmente y, así, evitar lo máximo posible los cambios en los requisitos.</p> <p>Acción A5.3: reuniones periódicas (mensuales o trimestrales) con el fin de mantener informado a todo el personal de Ingeniería sobre lo último en legislación vigente para cada proyecto.</p>
Mantener las fortalezas	
Fortaleza 1	Muchos años de experiencia homologando vehículos.
Acciones para mantener la fortaleza	<p>Acción F1.1: transmisión de la experiencia a los nuevos empleados con el fin de mantener o mejorar la eficiencia global de Stadler Rail Valencia en el proceso de homologación.</p> <p>Acción F1.2: transmisión de la experiencia a otros organismos como la ERA con el fin de contribuir al desarrollo del sector ferroviario.</p>
Fortaleza 2	Suscripción al CEN.
Acciones para mantener la fortaleza	Acción F2.1: participación en los eventos y las reuniones del CEN con el fin de aportar información y tener voz y voto a la hora de generar o modificar normativas.
Fortaleza 3	Capaz de realizar el proceso de homologación de manera independiente.
Acciones para mantener la fortaleza	Acción F3.1: desarrollo y expansión de la empresa, así como de sus instalaciones, con el fin de obtener más personal y que el proceso de homologación sea más rápido y eficiente.

	Acción F3.2: contratación de becarios en Ingeniería con el fin de proveer asistencia a los ingenieros de homologación en el largo proceso de homologación.
Fortaleza 4	Disposición de personal con experiencia en homologación y en el sector ferroviario.
Acciones para mantener la fortaleza	<p>Acción F4.1: trabajar para mantener al personal con experiencia en la empresa.</p> <p>Acción F4.2: maximizar la comunicación entre el personal con más <i>know-how</i> y el personal con menos experiencia con el fin de formar correctamente a todos los empleados y aumentar la eficiencia del proceso de homologación.</p> <p>Acción F4.3: contratación de becarios en Ingeniería con el fin de reforzar el conocimiento de las nuevas generaciones de ingenieros y ofrecerles nuevas oportunidades.</p>
Explotar las oportunidades	
Oportunidad 1	Desarrollo de la interoperabilidad europea.
Acciones para explotar la oportunidad	<p>Acción O1.1: participación en todas las ofertas que se realizan en el mercado europeo.</p> <p>Acción O1.2: realización de ofertas que superen en todos los aspectos las de otras empresas ferroviarias que compiten.</p> <p>Acción O1.3: propuesta de ofertas muy económicas (al tratarse de una fábrica en España, el coste de los proyectos es mucho menor que, por ejemplo, en Suiza).</p> <p>Acción O1.4: contribución al desarrollo de plantillas documentales o de procesos con el fin de facilitar el proceso de homologación a nivel europeo.</p> <p>Acción O1.5: envío de propuestas de mejora a la ERA en relación a los nuevos métodos introducidos con el fin de generar confianza y contribuir a la buena relación y comunicación con este organismo, vital para el proceso de homologación a nivel europeo.</p>
Oportunidad 2	Alta capacidad económica.
Acciones para explotar la oportunidad	<p>Acción O2.1: participación en las ofertas de nuevos vehículos, tanto a nivel europeo como a nivel internacional.</p> <p>Acción O2.2: generación de confianza en el mercado con el fin de que los clientes recurran a Stadler Rail Valencia cuando se necesite una autorización de puesta en el mercado.</p>
Oportunidad 3	Desarrollo de la normalización ferroviaria.
Acciones para explotar la oportunidad	<p>Acción O3.1: participación activa en los eventos del CEN con el fin de tener voz y voto en la creación y edición de normativa.</p> <p>Acción O3.2: transmisión de la experiencia como empresa ferroviaria con el fin de contribuir al desarrollo de la normalización ferroviaria.</p>
Oportunidad 4	Herramientas informáticas adaptadas.
Acciones para explotar la oportunidad	<p>Acción O4.1: uso del sistema ERP personalizado, adaptándolo lo mejor posible a la manera de trabajar de Stadler Rail Valencia, con el fin de mejorar el sistema de trazabilidad y destacar sobre las otras empresas.</p> <p>Acción O4.2: conseguir un uso correcto del sistema ERP personalizado por parte de todo el personal con el fin de mantener un proceso estructurado correctamente y que sea seguido por todos los trabajadores.</p> <p>Acción O4.3: mejora del sistema en base a la experiencia de la empresa.</p>

5.5 Matriz de priorización

Para jerarquizar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades resultantes del diagnóstico llevado a cabo sobre el proceso de trazabilidad de Stadler se utiliza una matriz de priorización [44]. A través de la matriz de priorización se consigue determinar cuál es entre las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades:

- la más fácil de resolver y que tiene el mayor impacto sobre el proceso de trazabilidad.

Para realizar la jerarquización, se asignarán a las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades diferentes niveles de **impacto sobre la trazabilidad** (más crítico y menos crítico), mientras que a cada acción CAME se le asignará un nivel de **dificultad** (más fácil o menos fácil de resolver), tal y como se muestra en la matriz de pesos (Tabla 5). La asignación de los diferentes pesos se llevará a cabo teniendo en cuenta el análisis del proceso de homologación desarrollado en el presente trabajo y las opiniones y los consejos de los integrantes del equipo de C&S de Stadler Rail Valencia.

Impacto	5	Muy alta	5	10	15	20	25
	4	Alta	4	8	12	16	20
	3	Media	3	6	9	12	15
	2	Baja	2	4	6	8	10
	1	Muy baja	1	2	3	4	5
Matriz de pesos			Muy difícil	Difícil	Media	Fácil	Muy fácil
			1	2	3	4	5
			Dificultad de resolución				

Tabla 5 Matriz de pesos

Una vez definida la matriz de pesos se procede a construir la matriz de priorización.

En esta matriz, cada problema detectado en el análisis DAFO se clasificará según los tipos siguientes:

- *Know-how*: aspecto relacionado con los conocimientos de los empleados de Ingeniería de Stadler Rail Valencia.
- Técnico: aspecto relacionado con la tecnología usada.
- Económico: aspecto relacionado con el coste económico o con la capacidad económica.
- Legislativo: aspecto relacionado con los distintos marcos legales.
- Organizativo: aspecto relacionado con la metodología organizativa usada.

Además, para cada acción CAME se identificará el responsable de su realización. En este caso, los responsables pueden ser los siguientes:

- Equipo de C&S (**parte interesada**)
- Grupo de Approvals & Validation
- Encargados de cada grupo
- Encargado de Ingeniería
- Departamento de Ingeniería
- Stadler Rail Valencia

Las matrices de priorización resultantes del análisis junto con los resultados de la jerarquización se encuentran en la Sección 6.1

6 RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis desarrollado en la Sección 5, incluyendo:

- Matriz de priorización y jerarquización
- Mejora desarrollada a partir del análisis junto con su implementación

6.1 Resultados de la matriz de priorización

A continuación, se presentan las diferentes matrices de priorización obtenidas para las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades detectadas (Tabla 6-Tabla 9).

Tabla 6 Matriz de priorización de las debilidades

Análisis de las debilidades	Tipo	Impacto	Acciones de corrección	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
1. Muchos departamentos involucrados en el proceso de homologación.	Organizativo	Alto	Acción D1.1: fomentar el uso correcto de las herramientas que contribuyen a la trazabilidad de la información en Stadler Rail Valencia (SAP, DOORS, I+DOC, códigos y versiones, etc.)	Fácil	Encargados de cada grupo	16
			Acción D1.2: diseño de un proceso que obligue al personal de Ingeniería a organizar los documentos correctamente desde el momento en el que se crean.	Difícil	Encargado de Ingeniería	8
			Acción D1.3: realización de reuniones semanales/mensuales para comprobar que toda la información que se ha generado o modificado se ha organizado correctamente y es trazable según el sistema de Stadler Rail Valencia.	Fácil	Encargados de cada grupo	16
2. Modificaciones documentales no trazadas sistemáticamente para ver si afectan al proceso de homologación.	Organizativo	Muy alto	Acción D2.1: diseño de un proceso que obligue al personal de Ingeniería a trazar las modificaciones que se hacen en los documentos creados, incluyendo siempre todo tipo de información útil para que el personal de otros grupos pueda entender el cambio realizado.	Difícil	Equipo de C&S	10
			Acción D2.2: realización de reuniones semanales o mensuales para promover la comunicación entre grupos.	Fácil	Encargados de cada grupo	20

Análisis de las debilidades	Tipo	Impacto	Acciones de corrección	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
3. Falta de rigor en la aplicación de la normativa para clasificar las modificaciones en el diseño	Organizativo	Muy alto	Acción D3.1: diseño de una guía/manual sobre cómo clasificar un cambio realizado según el Reglamento (UE) 2018/545 Art. 15(1) con el fin de que sea usado por personal ajeno al equipo de C&S.	Media	Equipo de C&S	15
			Acción D3.2: diseño de un proceso para que el equipo de C&S clasifique los cambios que se realizan en los documentos según el Reglamento (UE) 2018/545 Art. 15(1).	Difícil	Equipo de C&S	10
4. Escaso uso de las herramientas informáticas de trazabilidad documental.	Organizativo	Alto	Acción D4.1: fomentar el uso correcto de las herramientas que contribuyen a la trazabilidad de la información en Stadler Rail Valencia mediante el diseño de procesos a seguir a la hora de generar o modificar documentos.	Fácil	Encargados de cada grupo	16
			Acción D4.2: realización de reuniones semanales/mensuales para comprobar que toda la información generada o modificada se ha guardado en los programas correspondientes y se ha usado el <i>software</i> requerido para cada acción según el proceso de trazabilidad de Stadler Rail Valencia.	Fácil	Encargados de cada grupo	16

Tabla 7 Matriz de priorización de las amenazas

Análisis de las amenazas	Tipo	Impacto	Acciones de afrontamiento	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
1. Larga duración del proceso de homologación.	Legislativo	Muy alto	Acción A1.1: mejora progresiva del proceso interno de Stadler Rail Valencia, en base a la experiencia, con el fin de acortar el tiempo requerido.	Fácil	Grupo de Approvals & Validation	20
			Acción A1.2: creación de plantillas a seguir para la realización de documentos con el fin de evitar crear documentos des de 0, puesto que algunos de estos son muy parecidos entre proyectos debido a la similitud en el proceso de homologación.	Media	Grupo de Approvals & Validation	15
2. Imprevisible y gran cantidad de documentos a gestionar.	Organizativo	Muy alto	Acción A2.1: creación de plantillas a seguir para la realización de documentos con el fin de evitar crear documentos des de 0 y, así, evitar errores en los documentos.	Media	Grupo de Approvals & Validation	15
			Acción A2.2: diseño de un proceso de trazabilidad con el fin de mantener monitorizados y organizados todos los documentos creados y recibidos.	Difícil	Grupo de Approvals & Validation	10
3. Agentes externos a la empresa involucrados en el proceso de homologación.	Legislativo	Alto	Acción A3.1: obtención de certificados de calidad internacionales con el fin de generar confianza y, además, reducir la cantidad de certificados a emitir o de trabajos a realizar por parte de los organismos de acreditación externos.	Media	Stadler Rail Valencia	12

Análisis de las amenazas	Tipo	Impacto	Acciones de afrontamiento	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
4. Complejidad del proceso debido la operación de los vehículos en cada vez más países.	Legislativo	Medio	Acción A4.1: monitorización día a día de las actualizaciones en todas las normativas mediante la suscripción al CEN, puesto que algunas de las normativas contienen información sobre las infraestructuras existentes o sobre pasos a seguir a la hora de adaptar un vehículo ferroviario a una infraestructura.	Fácil	Equipo de C&S	12
			Acción A4.2: obtención de experiencia en el mercado ferroviario, lo cual ayuda a conocer mejor todas y cada una de las posibles situaciones para resolver los problemas que se planteen.	Media	Grupo de Approvals & Validation	9
			Acción A4.3: centrarse en el mercado europeo o participar en todas las ofertas que se realizan en Europa ayuda a conocer las infraestructuras de Europa y a ser capaz de dar soluciones en el caso en el que se deba realizar un proyecto en uno o varios Estados de la Unión Europea.	Difícil	Stadler Rail Valencia	6
5. Frecuentes cambios legislativos.	Legislativo	Medio	Acción A5.1: monitorización día a día de las actualizaciones en todas las normativas mediante la suscripción al CEN.	Fácil	Equipo de C&S	12
			Acción A5.2: contribución basada en la propia experiencia con el objetivo de completar las normativas que existen actualmente y, así, evitar lo máximo posible los cambios en los requisitos.	Fácil	Departamento de Ingeniería	12
			Acción A5.3: reuniones periódicas (mensuales o trimestrales) con el fin de mantener informado a todo el personal de Ingeniería sobre lo último en legislación vigente para cada proyecto.	Fácil	Encargados de cada grupo	12

Tabla 8 Matriz de priorización de las fortalezas

Análisis de las fortalezas	Tipo	Impacto	Acciones para mantener	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
1. Muchos años de experiencia homologando vehículos.	Know-how	Alto	Acción F1.1: transmisión de la experiencia a los nuevos empleados con el fin de mantener o mejorar la eficiencia global de Stadler Rail Valencia en el proceso de homologación.	Muy fácil	Grupo de Approvals & Validation	20
			Acción F1.2: transmisión de la experiencia a otros organismos como la ERA con el fin de contribuir al desarrollo del sector ferroviario.	Muy fácil	Grupo de Approvals & Validation	20
2. Suscripción al CEN.	Legislativo	Medio	Acción F2.1: participación en los eventos y las reuniones del CEN con el fin de aportar información y tener voz y voto a la hora de generar o modificar normativas.	Fácil	Encargados de cada grupo	12
3. Capaz de realizar el proceso de homologación de manera independiente.	Económico	Alto	Acción F3.1: desarrollo y expansión de la empresa, así como de sus instalaciones, con el fin de obtener más personal y que el proceso de homologación sea más rápido y eficiente.	Difícil	Stadler Rail Valencia	8
			Acción F3.2: contratación de becarios en Ingeniería con el fin de proveer asistencia a los ingenieros de homologación en el largo proceso de homologación.	Fácil	Grupo de Approvals & Validation	16

Análisis de las fortalezas	Tipo	Impacto	Acciones para mantener	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
4. Disposición de personal con experiencia en homologación y en el sector ferroviario.	<i>Know-how</i>	Medio	Acción F4.1: trabajar para mantener al personal con experiencia en la empresa.	Media	Encargado de Ingeniería	9
			Acción F4.2: maximizar la comunicación entre el personal con más <i>know-how</i> y el personal con menos experiencia con el fin de formar correctamente a todos los empleados y aumentar la eficiencia del proceso de homologación.	Fácil	Grupo de Approvals & Validation	12
			Acción F4.3: contratación de becarios en Ingeniería con el fin de reforzar el conocimiento de las nuevas generaciones de ingenieros y ofrecerles nuevas oportunidades.	Fácil	Grupo de Approvals & Validation	12

Tabla 9 Matriz de priorización de las oportunidades

Análisis de las oportunidades	Tipo	Impacto	Acciones de explotación	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
1. Desarrollo de la interoperabilidad europea.	Legislativo	Medio	Acción O1.1: participación en todas las ofertas que se realizan en el mercado europeo.	Media	Stadler Rail Valencia	9
			Acción O1.2: realización de ofertas que superen en todos los aspectos las de otras empresas ferroviarias que compiten.	Difícil	Stadler Rail Valencia	6
			Acción O1.3: propuesta de ofertas muy económicas (al tratarse de una fábrica en España, el coste de los proyectos es mucho menor que, por ejemplo, en Suiza).	Fácil	Stadler Rail Valencia	12
			Acción O1.4: contribución al desarrollo de plantillas documentales o de procesos con el fin de facilitar el proceso de homologación a nivel europeo.	Media	Grupo de Approvals & Validation	9
			Acción O1.5: envío de propuestas de mejora a la ERA en relación a los nuevos métodos introducidos con el fin de generar confianza y contribuir a la buena relación y comunicación con este organismo, vital para el proceso de homologación a nivel europeo.	Fácil	Equipo de C&S	12
2. Alta capacidad económica	Económico	Bajo	Acción O2.1: participación en las ofertas de nuevos vehículos, tanto a nivel europeo como a nivel internacional.	Media	Stadler Rail Valencia	6
			Acción O2.2: generación de confianza en el mercado con el fin de que los clientes recurran a Stadler Rail Valencia cuando se necesite una autorización de puesta en el mercado.	Difícil	Stadler Rail Valencia	4

Análisis de las oportunidades	Tipo	Impacto	Acciones de explotación	Dificultad de la acción	Responsable	Nivel de prioridad
3. Desarrollo de la normalización ferroviaria	Legislativo	Bajo	Acción O3.1: participación activa en los eventos del CEN con el fin de tener voz y voto en la creación y edición de normativa.	Muy fácil	Encargados de cada grupo	10
			Acción O3.2: transmisión de la experiencia como empresa ferroviaria con el fin de contribuir al desarrollo de la normalización ferroviaria.	Fácil	Departamento de Ingeniería	8
4. Herramientas informáticas adaptadas	Organizativo	Alto	Acción O4.1: uso del sistema ERP personalizado, adaptándolo lo mejor posible a la manera de trabajar de Stadler Rail Valencia, con el fin de mejorar el sistema de trazabilidad y destacar sobre las otras empresas.	Media	Departamento de Ingeniería	12
			Acción O4.2: conseguir un uso correcto del sistema ERP personalizado por parte de todo el personal con el fin de mantener un proceso estructurado correctamente y que sea seguido por todos los trabajadores.	Media	Departamento de Ingeniería	12
			Acción O4.3: mejora del sistema en base a la experiencia de la empresa.	Media	Departamento de Ingeniería	12

6.1.1 Resultado de la jerarquización

En las siguientes tablas se ordena según el nivel de prioridad (de mayor a menor importancia) de cada una de las acciones CAME clasificadas en las distintas matrices de prioridad generadas anteriormente.

Acciones de corrección	Responsable	Nivel de prioridad
Acción D2.2	Encargados de cada grupo	20
Acción D1.1	Encargados de cada grupo	16
Acción D1.3	Encargados de cada grupo	16
Acción D4.1	Encargados de cada grupo	16
Acción D4.2	Encargados de cada grupo	16
Acción D3.1	Equipo de C&S	15
Acción D2.1	Equipo de C&S	10
Acción D3.2	Equipo de C&S	10
Acción D1.2	Encargados de Ingeniería	8

Tabla 10 Jerarquización de las acciones de corrección

Todas las debilidades detectadas son de tipo organizativo. Tal y como se observa en la Tabla 10, las acciones con un nivel de prioridad más alto dependen directamente de los encargados de cada grupo que integra el departamento de Ingeniería. En gran parte, estas acciones consisten en la realización de reuniones y en el diseño de nuevos procesos a seguir en el departamento de Ingeniería.

Acciones de afrontamiento	Responsable	Nivel de prioridad
Acción A1.1	Grupo de Approvals & Validation	20
Acción A1.2	Grupo de Approvals & Validation	15
Acción A2.1	Grupo de Approvals & Validation	15
Acción A3.1	Stadler Rail Valencia	12
Acción A4.1	Equipo de C&S	12
Acción A5.1	Equipo de C&S	12
Acción A5.2	Departamento de Ingeniería	12
Acción A5.3	Encargados de cada grupo	12
Acción A2.2	Grupo de Approvals & Validation	10
Acción A4.2	Grupo de Approvals & Validation	9
Acción A4.3	Stadler Rail Valencia	6

Tabla 11 Jerarquización de las acciones de afrontamiento

La mayoría de las amenazas son de tipo legislativo. La Tabla 11 demuestra que las acciones más prioritarias deben llevarse a cabo por el grupo de Approvals & Validation en todo su conjunto, incluyendo las 3 ramas en las que este se divide. Estas acciones consisten en el uso de la experiencia para la mejora de los procesos llevados a cabo y el diseño de plantillas para aumentar la eficiencia del proceso y que este tenga una mayor trazabilidad.

Acciones para mantener	Responsable	Nivel de prioridad
Acción F1.1	Stadler Rail Valencia	20
Acción F1.2	Encargado de Ingeniería	20
Acción F3.2	Grupo de Approvals & Validation	16
Acción F2.1	Grupo de Approvals & Validation	12
Acción F4.2	Grupo de Approvals & Validation	12
Acción F4.3	Encargados de cada grupo	12
Acción F4.1	Grupo de Approvals & Validation	9
Acción F3.1	Grupo de Approvals & Validation	8

Tabla 12 Jerarquización de las acciones para mantener

Las mayores fortalezas de Stadler Rail Valencia en cuanto a su trazabilidad en el proceso de homologación son debidas principalmente al alto *know-how* de sus empleados, generado gracias a la alta experiencia de la empresa en el sector ferroviario, y a su alta capacidad económica que le permite invertir en la contratación de becarios, lo cual no sólo es mano de obra útil durante su estancia en prácticas, además facilita su incorporación como nuevo personal en la empresa debido a la experiencia proporcionada por el personal con más *know-how*.

Acciones de explotación	Responsable	Nivel de prioridad
Acción O1.3	Stadler Rail Valencia	12
Acción O1.5	Equipo de C&S	12
Acción O4.1	Departamento de Ingeniería	12
Acción O4.2	Departamento de Ingeniería	12
Acción O4.3	Departamento de Ingeniería	12
Acción O3.1	Encargados de cada grupo	10
Acción O1.1	Stadler Rail Valencia	9
Acción O1.4	Grupo de Approvals & Validation	9
Acción O3.2	Departamento de Ingeniería	8
Acción O1.2	Stadler Rail Valencia	6
Acción O2.1	Stadler Rail Valencia	6
Acción O2.2	Stadler Rail Valencia	4

Tabla 13 Jerarquización de las acciones de explotación

Los tipos de oportunidades detectados son bastante variados, pero las acciones más prioritarias se hacen en base a oportunidades de tipo legislativo y de tipo organizativo. Las acciones de explotación para las oportunidades de tipo legislativo se resumen en aprovechar el desarrollo de la interoperabilidad ferroviaria europea. Las oportunidades de tipo organizativo se explotan mediante el uso más eficiente del sistema ERP diseñado a medida para Stadler Rail Valencia.

Sin embargo, el presente trabajo se centra en las acciones que puede realizar el equipo de C&S, puesto que es la **parte interesada** en el desarrollo de una nueva metodología a implementar. Así, del análisis realizado en las distintas matrices de priorización, se procede a seleccionar las acciones que toman como responsable únicamente al equipo de C&S (Tabla 14).

Análisis DAFO	Tipo	Impacto	Acciones CAME	Dificultad de la acción	Nivel de prioridad
Debilidad 3	Organizativo	Muy alto	Acción D3.1	Media	15
Amenaza 4	Legislativo	Bajo	Acción A4.1	Fácil	12
Amenaza 5	Legislativo	Bajo	Acción A5.1	Fácil	12
Oportunidad 1	Legislativo	Medio	Acción O1.5	Fácil	12
Debilidad 2	Organizativo	Muy alto	Acción D2.1	Difícil	10
Debilidad 3	Organizativo	Muy alto	Acción D3.2	Difícil	10

Tabla 14 Resumen de las acciones que puede realizar el equipo de C&S

En definitiva y, según el nivel de impacto en el proceso de homologación, la nueva mejora se centrará en la **Acción D3.1** para la **Debilidad 3** (ver Sección 5.3.1 para más detalles sobre esta debilidad), ya que es una acción que el equipo de C&S es capaz de llevar a cabo, para una debilidad de importancia muy alta, y es la que menor dificultad presenta a la hora de ser introducida e implantada.

6.2 Mejora desarrollada

La mejora desarrollada a partir del análisis (en el que ha quedado como prioritaria la Acción D3.1) consiste en la introducción de un nuevo criterio a seguir para clasificar las modificaciones de diseño realizadas durante el desarrollo del proyecto de la locomotora interoperable EURO6000. Esta clasificación se hace según la normativa europea aplicable, en específico, según el Artículo 15, apartado 1, del Reglamento (UE) 2018/545 (ver Sección 2.6.2 para más información sobre este Reglamento y Figura 11 para más detalles sobre la clasificación realizada en el Artículo 15, apartado 1 del mismo).

Así pues, este criterio se resume en el diagrama de la Figura 31.

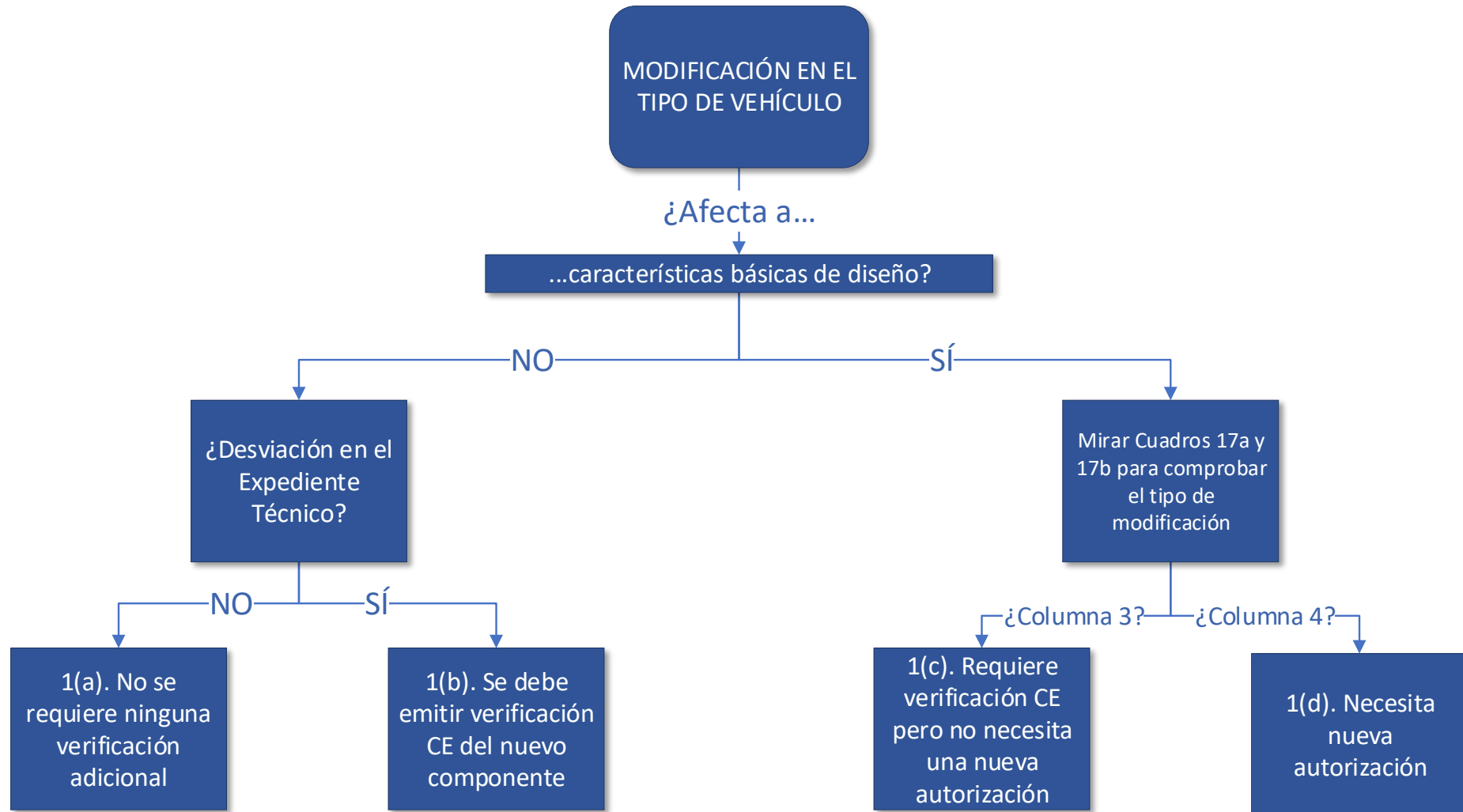


Figura 31 Diagrama básico para la identificación del tipo de modificación según el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545, Artículo 15, apartado 1

Esta mejora no sólo facilita el trabajo del equipo de C&S durante el desarrollo del proyecto de la EURO6000, además mejora la trazabilidad ya que se reduce la cantidad de agentes presentes a la hora de manejar información acerca de una modificación de diseño, tal y como se explica mediante la Figura 32 y la Figura 33. En esta última se puede observar cómo el diagrama se ha simplificado mucho más con respecto al de la Figura 32.

Antes de la implementación del nuevo criterio

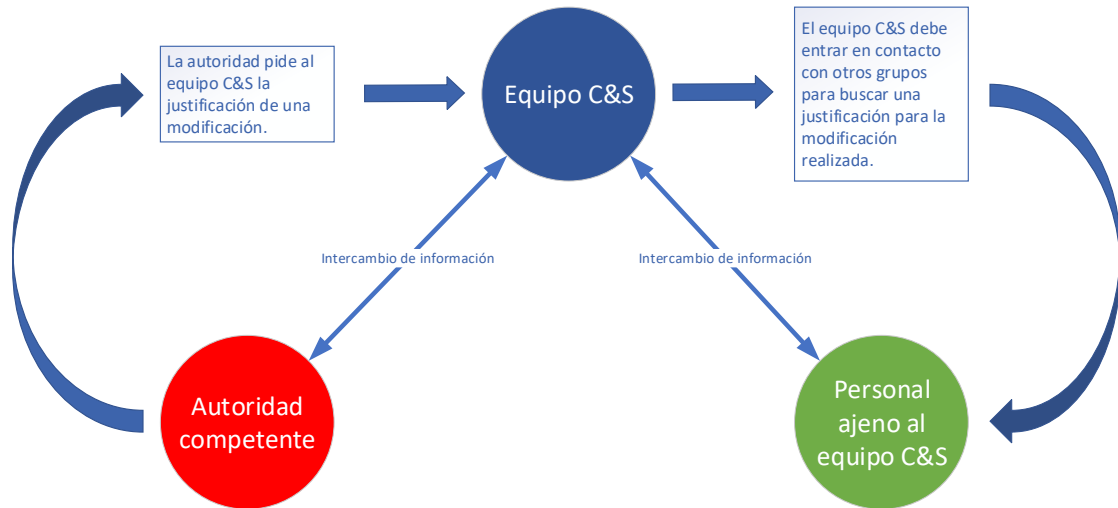


Figura 32 Intercambio de información antes de la realización del manual para la clasificación de modificaciones

Después de la implementación del nuevo criterio

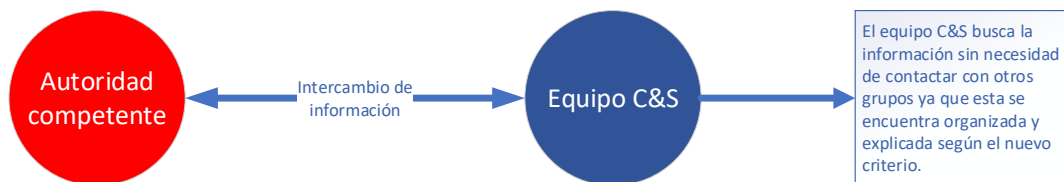


Figura 33 Intercambio de información después de la realización del manual para la clasificación de modificaciones

Cabe destacar que este criterio es aplicable únicamente a nuevos tipos de vehículos que deban ser o han sido autorizados de acuerdo a la normativa europea de interoperabilidad, es decir, de acuerdo con el cuadro normativo descrito en la Sección 2.6.

6.2.1 Implementación de la nueva mejora

Con el fin de poner en servicio este criterio en el caso real de aplicación, se ha procedido a redactar un manual destinado a todo el personal de Ingeniería ajeno al equipo de C&S, aplicable al proyecto de la locomotora EURO6000. El manual generado a partir del nuevo criterio explica de manera sencilla y visual los pasos a seguir cuando se realiza una modificación en el diseño de un vehículo, incluyendo la clasificación necesaria de esta modificación según la normativa europea de interoperabilidad (ver ANEXO III – Manual de implementación de la nueva mejora).

El manual excluye de su objeto cualquier modificación realizada en las instrucciones de conservación, de observación, de reglaje y de mantenimiento del vehículo. Además, se ha diseñado de manera que sea lo más sencillo posible y que no tenga un gran impacto en el trabajo realizado por el resto de personal del departamento de Ingeniería.

7 CONCLUSIONES

Durante la estancia como alumno en práctica y mediante el análisis de la trazabilidad del proceso de homologación en Stadler Rail Valencia se han podido observar con detalle los principales problemas presentes actualmente en la empresa.

A partir del análisis de la trazabilidad usando los métodos descritos en la Sección 5.2, se han podido detectar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de esta, para así poder desarrollar una serie de acciones para corregir, afrontar, mantener y explotar. El análisis realizado ha resaltado que la trazabilidad del proceso de homologación de un vehículo ferroviario resulta ser altamente influenciada por los siguientes factores de una estructura empresarial:

- Factores organizativos
- Factores legislativos

Sin embargo, a través de la matriz de priorización, se ha podido ver que la mayoría de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades no pueden ser gestionadas solamente por el equipo de C&S y requieren la participación de todo el departamento de Ingeniería. Gracias al análisis exhaustivo proporcionado a través de la jerarquización se han podido filtrar las acciones para detectar aquellas que pueden ser introducidas por el equipo de C&S. Entre estas se ha identificado la más urgente y fácil de resolver: la Acción D3.1 de corrección de la Debilidad 3.

El desarrollo de esta acción ha permitido la introducción de un nuevo criterio de clasificación según el Artículo 15, apartado 1, del Reglamento (UE) 2018/545, el cual es implementado al caso de aplicación real a través del diseño de un manual dirigido a todo el personal de Ingeniería ajeno al equipo C&S.

En resumen, la nueva metodología de mejora se divide fundamentalmente en dos partes:

- **Introducción** del nuevo criterio de clasificación
- **Implementación** del nuevo criterio mediante el diseño de un manual

El seguimiento del manual hace que las modificaciones realizadas diariamente en los documentos puedan ser trazadas fácilmente por el equipo de C&S, haciendo que se proporcione la información suficiente desde el principio del desarrollo de cada documento. En resumen, la introducción del nuevo criterio de clasificación de las modificaciones de diseño junto con el manual simplifica el proceso de trazabilidad aplicado al diseño de la locomotora EURO6000, aumentando la capacidad del equipo de C&S y mejorando la eficiencia del proceso de homologación.

En cuanto a los factores organizativos, a pesar de que Stadler Rail Valencia cuenta con todas las herramientas a disposición para generar una buena trazabilidad, la gran cantidad de personal presente en el departamento de Ingeniería dificulta la organización. No todas las personas organizan los documentos correctamente según el sistema de trazabilidad establecido en Stadler Rail Valencia. Además, la notable carga de trabajo a la cual se enfrenta día a día Stadler Rail Valencia dificulta la trazabilidad del proceso de homologación.

En cuanto a los factores legislativos, tal y como se ha podido observar en el análisis y en los resultados, la mayoría de los aspectos de tipo legislativo son amenazas. Así pues, el impacto de la legislación en el proceso de homologación introduce amenazas como los cambios legislativos, la diversidad de normas a seguir según el cliente o la autoridad competente, el establecimiento de un proceso a seguir que requiere mucho tiempo para ser realizado y la necesidad de organismos externos a la empresa para validar los diseños.

En definitiva, la información obtenida mediante el análisis de los factores legislativos presentes en el proceso de homologación (Sección 5.3), así como la identificación del cuadro normativo actual (Sección 2.6), han permitido resaltar las **barreras presentes** en el proceso de trazabilidad generadas por la legislación vigente y se resumen en:

- Larga duración del proceso
- Normativa aplicable al proyecto
- Implicación de agentes externos
- Gran cantidad de requisitos especificados por la normativa técnica
- Cambios en la legislación vigente

Sin embargo, pese a que las barreras generadas por los factores legislativos son inevitables, el análisis de la evolución normativa a nivel europeo, junto con el desarrollo de la interoperabilidad ferroviaria muestran una clara tendencia hacia la unificación del sector ferroviario en el ámbito europeo, lo cual permitirá en el futuro minimizar el impacto de la legislación sobre el proceso de homologación de los vehículos.

8 REFERENCIAS

- [1] J. Villaronte Fernández-Villa, Tecnología e ingeniería ferroviaria. Tecnología de la vía, Collado Villalba, Madrid: Delta, 2009.
- [2] J. Llop Bayo y F. Martínez Signes, Locomotoras, vapor e ingeniería industrial, Valencia: Editorial UPV, 2008.
- [3] V. Profilidis, Railway Engineering, Inglaterra: Ashgate Publishing, 2000.
- [4] AESF, «Interoperabilidad,» [En línea]. Available: <https://www.seguridadferroviaria.es/actividades/interoperabilidad>.
- [5] Treneando.com, «El tren que rememora el centenario,» 2017. [En línea]. Available: <https://treneando.com/2017/10/28/el-tren-que-rememora-el-centenario/>.
- [6] F. Comín Comín, P. Martín Aceña, M. Muñoz Rubio y J. Vidal Olivares, 150 Años de Historia de los Ferrocarriles Españoles, España: Anaya, 1998.
- [7] España Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Historia del ferrocarril en España 1843-1992, Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1991.
- [8] Boletín Oficial del Estado Agencia Estatal, «Orden FOM/167/2015, de 6 de febrero, por la que se regulan las condiciones para la entrada en servicio de subsistemas de carácter estructural, líneas y vehículos ferroviarios, BOE-A-2015-1234.,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/o/2015/02/06/fom167/con>.
- [9] EUAR, «Directiva 2008/57/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0057&from=ES>.
- [10] F. J. González Fernández, Ingeniería Ferroviaria, 2ª ed. act. y ampl., Madrid: UNED, 2011.
- [11] M. Carmona Suárez y J. Montesinos Ortuño, Sistemas de alimentación a la tracción ferroviaria, Madrid: Formarail, 2013.
- [12] AENOR, UNE-EN 50129 - Aplicaciones ferroviarias - Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización, 2005.
- [13] EUAR, «Directiva 96/48/EC del Consejo, de 23 de julio de 1996, relative a la interoperabilidad del Sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l24095&from=EN>.

- [14] EUAR, «Directiva 2001/16/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de marzo de 2001 relativa a la interoperabilidad del Sistema ferroviario transeuropeo convencional,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0016&from=EN>.
- [15] EUAR, «Directiva 2004/50/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por la que se modifica la Directiva 96/48/CE del Consejo relativo a la interoperabilidad del Sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad y la Directiva 2001/16/CE(...),» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0050&from=EN>.
- [16] EUAR, «Decisión de la Comisión, de 30 de mayo de 2002, sobre la especificación técnica de interoperabilidad (ETI) relativa al subsistema "Material Rodante" del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad mencionado en el apartado 1 del artículo 6 de (...),» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D0735&from=ES>.
- [17] EUAR, «Decisión de la Comisión de 26 de abril de 2011 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema material rodante "locomotoras y material rodante de viajeros" del sistema ferroviario transuropeo convencional,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011D0291&from=EN>.
- [18] EUAR, «Reglamento (UE) nº 1302/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante "locomotoras y material rodante de viajeros" del sistema ferroviario en la Unión Europea,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1302&from=EN>.
- [19] EUAR, «Decisión de la Comisión 2008/232/CE de 21 de febrero de 2008 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema material rodante del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008D0232&from=EN>.
- [20] EUAR, «Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Unión Europea,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0797&from=es>.
- [21] EUAR, «Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545 de la Comisión, de 4 de abril de 2018, por el que se establecen las disposiciones prácticas relativas a la autorización de vehículos ferroviarios y al proceso de autorización de tipo de vehículos ferroviarios con(...),» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0545&from=EN>.

- [22] EUAR, «Reglamento (UE) Nº 1302/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014. Modificado por Reglamento (UE) 2016/919 de la Comisión, por Reglamento de Ejecución (UE) 2018/868 de la Comisión y por Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014R1302-20190616&from=EN>.
- [23] EUAR, «Reglamento (UE) 2016/796 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, relative a la Agencia Ferroviaria de la Unión Europea y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 881/2004.,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0796&from=EN>.
- [24] EUAR, «Reglamento (UE) 2016/919 de la Comisión, de 27 de mayo de 2016, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a los subsistemas de “control-mando y señalización” del sistema ferroviario de la Unión Europea,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0919&from=ES>.
- [25] C. González Fortes y C. Yañez Cañas, «Liberalización del sector ferroviario en España: situación actual, expectativas y retos.,» 14 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.expansion.com/juridico/opinion/2019/12/14/5df3c9c6e5fdeaad048b474c.html>.
- [26] EUAR, «Reglamento de Ejecución (UE) nº 402/2013 de la Comisión, de 30 de abril de 2013, relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 352/2009,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0402&from=en>.
- [27] «AEC (Asociación Española para la Calidad).,» [En línea]. Available: <https://www.aec.es/>.
- [28] EUAR, «Decisión de la Comisión, de 9 de noviembre de 2010, sobre los módulos para los procedimientos de evaluación de la conformidad, idoneidad para el uso y verificación CE que deben utilizarse en las especificaciones técnicas de interoperabilidad (...),» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0713&from=ES>.
- [29] International Organization for Standardization, *ISO 9000 family - Quality Management*, 2015.
- [30] MECALUX ESMENA, «La importancia de la trazabilidad en logística,» 14 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.mecalux.es/blog/trazabilidad-logistica>.
- [31] Stadler Rail, «Headcount at Stadler grows to over 7,600,» 15 Junio 2018. [En línea]. Available: https://www.stadlerrail.com/media/pdf/2018_0615_media_release_annual_media_conference_en_without_link.pdf.

- [32] Stadler Rail, «Home – Stadler Rail,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.stadlerrail.com/>.
- [33] Rail Color News, «[EU] Stadler Rail is making its mark at InnoTrans 2016,» 27 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://railcolornews.com/2016/07/27/eu-stadler-is-making-its-mark-at-innotrans/>.
- [34] Stadler Rail, «Electric high speed multiple unit SMILE,» [En línea]. Available: https://www.stadlerrail.com/media/pdf/smile_sbbe.pdf.
- [35] J.B., «Stadler ampliará su planta tras ganar contratos de Adif y en el exterior,» 25 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.levante-emv.com/economia/2019/12/26/stadler-ampliara-planta-ganar-contratos/1959780.html>.
- [36] D. Bravo, «Stadler compra la fábrica de trenes de Vossloh en España por 172 millones de euros,» 4 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.expansion.com/empresas/transporte/2015/11/04/5639b97122601d9b658b45ee.html>.
- [37] Lloyd's Register LRQA, «Valencia: ISO9001,» [En línea]. Available: https://www.stadlerrail.com/certifications/stav/ISO9001_EN.pdf.
- [38] Lloyd's Register LRQA, «Valencia: ISO14001,» [En línea]. Available: https://www.stadlerrail.com/certifications/stav/ISO14001_ES.pdf.
- [39] Lloyd's Register LRQA, «Valencia: ISO22163,» [En línea]. Available: https://www.stadlerrail.com/certifications/stav/ISO22163_EN.pdf.
- [40] TÜV NORD, «Valencia: OHSAS18001,» [En línea]. Available: https://www.stadlerrail.com/certifications/stav/OHSAS18001_ES.pdf.
- [41] Stadler Rail, «Instalaciones de Stadler Rail Valencia S.A.U., Valencia, España,» [En línea]. Available: <https://www.stadlerrail.com/es/sobre-nosotros/centros/stadler-valencia-su/179/>.
- [42] SCN, «Soluciones - SCN Sistemas,» [En línea]. Available: <http://www.scnsistemas.com/productos/idoc/>.
- [43] IBM, «Web oficial de IBM,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/es-es>.
- [44] M. Alcázar-Ortega, C. Calpe, T. Theisen y J. F. Carbonell-Carretero, «Methodology for the identification, evaluation and prioritization of market handicaps which prevent the implementation of Demand Response: Application to European electricity markets. Energy Policy. 86:529-543.,» [En línea]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.006>.

- [45] EUAR, «Reglamento (UE) nº 1300/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la accesibilidad del sistema,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014R1300-20190616&from=EN>.
- [46] Boletín Oficial del Estado Agencia Estatal, «Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre, sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de la Red Ferroviaria de interés general,» 6 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2010/11/06/pdfs/BOE-A-2010-17037.pdf>.

ANEXO I – Cuadros 17a y 17b de la sección 7.1.2.2 de la ETI de locomotoras y coches de viajeros

Cuadro 17a

1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.2.2.3 Enganche final	Tipo de enganche final	Cambio del tipo de enganche final	No procede
4.2.2.10 Condiciones de carga y masa 4.2.3.2.1 Parámetro de carga por eje	Masa de diseño en condiciones de operación	Cambio en cualquiera de las características básicas de diseño correspondientes que da lugar a un cambio en las categorías de líneas con las que el vehículo es compatible	No procede
Masa de diseño bajo carga útil normal			
Masa de diseño bajo carga útil excepcional			
Velocidad máxima de diseño (km/h)			
Carga estática por eje en condiciones de operación			
Carga estática por eje bajo carga útil excepcional			
Longitud del vehículo			
Carga estática por eje bajo carga útil normal			
Posición de los ejes a lo largo de la unidad (distancia entre ejes)			
	Masa total del vehículo (para cada vehículo de la unidad),	Cambio en cualquiera de las características básicas de diseño correspondientes que da lugar a un cambio en las categorías de líneas con las que el vehículo es compatible	Cambio de más del $\pm 10\%$
	Masa por rueda	Cambio en cualquiera de las características básicas de diseño correspondientes que da lugar a un cambio en las categorías de líneas con las que el vehículo es compatible, o Cambio de más del $\pm 10\%$	No procede

1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.3.1 Gálibo	Contorno de referencia	No procede	Cambio del contorno de referencia que cumple el vehículo
	Radio mínimo de curva vertical convexa admisible	El cambio en el radio mínimo de curva vertical convexa admisible con el que el vehículo es compatible de más de un 10 %	No procede
	Radio mínimo de curva vertical cóncava admisible	El cambio en el radio mínimo de curva vertical cóncava admisible con el que el vehículo es compatible de más de un 10 %	No procede
4.2.3.3.1 Características del material rodante para la compatibilidad con los sistemas de detección de trenes	Compatibilidad con los sistemas de detección de trenes	No procede	Cambio de la compatibilidad declarada con uno o varios de los tres siguientes sistemas de detección de trenes: — Circuitos de vía — Contadores de ejes — Circuitos de isla
4.2.3.3.2 Monitorización del estado de los rodamientos de los ejes	Sistemas de detección a bordo	Instalación de sistemas de detección a bordo	Eliminación del sistema de detección a bordo declarado
4.2.3.4. Comportamiento dinámico del material rodante	Combinación de la velocidad máxima y la insuficiencia de peralte máxima para la que el vehículo fue evaluado	No procede	Aumento de la velocidad máxima de más de 15 km/h o cambio de más del ± 10 % en la insuficiencia de peralte máxima permitida
	Inclinación del carril	No procede	Cambio de inclinaciones del carril que cumple el vehículo (*)
4.2.3.5.2.1. Características mecánicas y geométricas de los ejes montados	Ancho de vía del eje montado	No procede	Cambio del ancho de vía con el que el eje montado es compatible
4.2.3.5.2.2 Características de las ruedas	Diámetro mínimo exigido de la rueda en servicio	Cambio del diámetro mínimo exigido en servicio de más de ± 10 mm	No procede
4.2.3.5.2.3 Sistemas automáticos de cambio de ancho	Instalación de cambio del ancho del eje montado	Cambio en el vehículo dirigido a un cambio en las instalaciones de cambio con las que el eje montado es compatible	Cambio del ancho de vía con el que el eje montado es compatible

1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.3.6. Radio mínimo de curva	Radio mínimo de la alineación circular admisible	Aumento del radio mínimo de la alineación circular de más de 5 m	No procede
4.2.4.5.1 Prestaciones de frenado: requisitos generales	Deceleración media máxima	Cambio de más del $\pm 10\%$ en la deceleración media máxima de frenado	No procede
4.2.4.5.2 Rendimiento del frenado: frenado de emergencia	Distancia de parada y perfil de deceleración para cada condición de carga por velocidad máxima de diseño.	Cambio de distancia de parada de más del $\pm 10\%$ <i>Nota:</i> También podrán utilizarse el porcentaje de peso-freno (también denominado «lambda» o «porcentaje de la masa frenada») y la masa frenada, y pueden obtenerse (directamente o mediante la distancia de parada) mediante cálculo a partir de los perfiles de deceleración. El cambio permitido es el mismo ($\pm 10\%$).	No procede
4.2.4.5.3 Rendimiento de frenado: frenado de servicio	Distancia de parada y deceleración máxima para la condición de carga «masa de diseño bajo carga útil normal» a la velocidad máxima de diseño	Cambio de distancia de parada de más del $\pm 10\%$	No procede
4.2.4.5.4 Rendimiento de frenado: capacidad térmica	Capacidad máxima de energía térmica del freno o Capacidad térmica en términos de gradiente máximo de la línea, longitud asociada y velocidad de servicio	No procede Cambio de gradiente máximo, longitud asociada o velocidad de servicio para la que está diseñado el sistema de frenado en relación con la capacidad de energía térmica del freno	Cambio de la energía térmica máxima del freno $\geq 10\%$
4.2.4.5.5 Rendimiento de frenado: freno de estacionamiento	Gradiente máximo sobre la que se mantiene inmovilizada la unidad exclusivamente con el freno (si el vehículo va equipado con uno)	Cambio de gradiente máximo declarada de más del $\pm 10\%$	No procede
4.2.4.6.2. Sistema de protección antideslizamiento de las ruedas	Sistema de protección antideslizamiento de las ruedas	No procede	Instalación/Eliminación de la función WSP

1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.4.8.2 Freno de vía magnético	Freno de vía magnético	No procede	Instalación/Eliminación de la función de freno de vía magnético
	Posibilidad de impedir la utilización del freno de vía magnético	No procede	Instalación/Eliminación del control del frenado que permite activar y desactivar el freno de vía magnético
4.2.4.8.3 Freno de Foucault	Freno de Foucault	No procede	Instalación/Eliminación de la función del freno de Foucault
	Posibilidad de impedir la utilización del freno de Foucault	No procede	Instalación/Eliminación del control del frenado que permite activar y desactivar el freno de Foucault
4.2.6.1.1 Temperatura	Intervalo térmico	Cambio del intervalo térmico (T1, T2, T3)	No procede
4.2.6.1.2 Nieve, hielo y granizo	Condiciones de nieve, hielo y granizo	Cambio del intervalo seleccionado de «nieve, hielo y granizo» (nominal o grave)	No procede
4.2.8.2.2 Funcionamiento dentro de los márgenes de tensión y frecuencia	Sistema de alimentación eléctrica (tensión y frecuencia)	No procede	Cambio del voltaje o frecuencia del sistema de suministro de energía (CA 25kV-50Hz, CA 15kV-16,7Hz, CC 3kV, CC 1,5kV, CC 750V, tercer carril, otros)
4.2.8.2.3 Freno de recuperación con retorno de energía a la línea aérea de contacto	Frenado de recuperación	No procede	Instalación/Eliminación de la función de frenado de recuperación
	Posibilidad de impedir el uso del freno de recuperación, si está instalado	Instalación/Eliminación de la posibilidad de impedir el uso del freno de recuperación	No procede
4.2.8.2.4 Potencia máxima y corriente de la línea aérea de contacto	<i>Aplicable solo a unidades eléctricas con potencia superior a 2 MW:</i> Función de limitación de la corriente o la potencia	Función de limitación de la corriente o la potencia instalada/eliminada	No procede
4.2.8.2.5 Corriente máxima en reposo para sistemas de corriente continua	Corriente máxima en reposo por pantógrafo para cada sistema de corriente continua con que va equipado el vehículo	Cambio del valor de corriente máxima de alrededor de 50 A sin superar el límite establecido en la ETI	No procede

1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.8.2.9.1.1 Altura de la interacción con los hilos de contacto (nivel de material rodante)	Altura de la interacción de pantógrafo con los hilos de contacto (sobre la cabeza del carril)	Cambio de la altura de la interacción que permite o deja de permitir el contacto mecánico con uno de los hilos de contacto a alturas por encima del nivel del carril entre: 4 800 mm y 6 500 mm 4 500 mm y 6 500 mm 5 550 mm y 6 800 mm 5 600 mm y 6 600 mm	No procede
4.2.8.2.9.2 Geometría del arco del pantógrafo (nivel de CI)	Geometría del arco del pantógrafo	No procede	Cambio de la geometría del arco del pantógrafo a uno de los tipos definidos en las cláusulas 4.2.8.2.9.2.1, 4.2.8.2.9.2.2 o 4.2.8.2.9.2.3, o de uno de los mismos
4.2.8.2.9.4.2 Material del frotador	Material del frotador	Nuevo frotador según el punto 3 de la cláusula 4.2.8.2.9.4.2	No procede
4.2.8.2.9.6 Fuerza de contacto y comportamiento dinámico del pantógrafo	Curva de fuerza de contacto media	Cambio que requiere una nueva evaluación del comportamiento dinámico del pantógrafo.	No procede
4.2.8.2.9.7 Disposición de los pantógrafos (nivel material rodante)	Número de pantógrafos y distancia más corta entre dos pantógrafos	No procede	En caso de que el espacio entre dos pantógrafos consecutivos en formaciones fijas o predefinidas de la unidad evaluada se vea reducido por la eliminación de un vehículo
4.2.8.2.9.10 Bajada del pantógrafo (nivel de material rodante)	Dispositivo de descenso automático (DDA)	Función de dispositivo de descenso automático (DDA) instalada/eliminada	No procede
4.2.10.1. Aspectos generales y categorías	Categoría de seguridad contra incendios	No procede	Cambio de categoría de seguridad contra incendios
4.2.12.2. Documentación general: número de unidades en explotación múltiple	Número máximo de composiciones o locomotoras acopladas en múltiple	No procede	Cambio de número máximo permitido de composiciones o locomotoras acopladas en múltiple
4.2.12.2. Documentación general: número de vehículos en una unidad	Únicamente para formaciones fijas: Vehículos que componen la formación fija	No procede	Cambio del número de vehículos que componen la formación fija

(*) Se considera que el material rodante que cumple una de las condiciones siguientes es compatible con todas las inclinaciones del carril:

- Material rodante evaluado con arreglo a EN 14363:2016
- Material rodante evaluado con arreglo a EN 14363: 2005 (modificada o no modificada por ERA/TD/2012-17/INT) o UIC 518:2009, con el resultado de que no hay restricciones a una inclinación de carril
- Material rodante evaluado con arreglo a EN 14363:2005 (modificada o no modificada por ERA/TD/2012-17/INT) o UIC 518:2009, con el resultado de que hay una restricción a una inclinación de carril y una nueva evaluación de las condiciones del ensayo de contacto rueda-carril, sobre la base de perfiles reales de ruedas y carriles, y el ancho de vía medido muestra que se cumplen los requisitos sobre las condiciones de contacto rueda-carril de la norma EN 14363:2016.

Cuadro 17b (cláusula de la ETI de personas con movilidad reducida)

1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.2.11. Posición del escalón para entrar y salir del vehículo	Alturas de los andenes para las que el vehículo está diseñado	No procede	Cambio de altura de los andenes para las que el vehículo está diseñado

ANEXO II – Organismos de normalización

En este Anexo se mencionan los distintos organismos de normalización, tanto a nivel de España como a nivel europeo y a nivel mundial. Esta información es adicional y sirve para comprender mejor el funcionamiento de la normativa técnica, la cual es de gran importancia en este trabajo.

La Figura 34 muestra esquemáticamente los distintos organismos de normalización, así como la nomenclatura de la normativa que generan, además de información del ámbito por el que se mueve esta normativa.

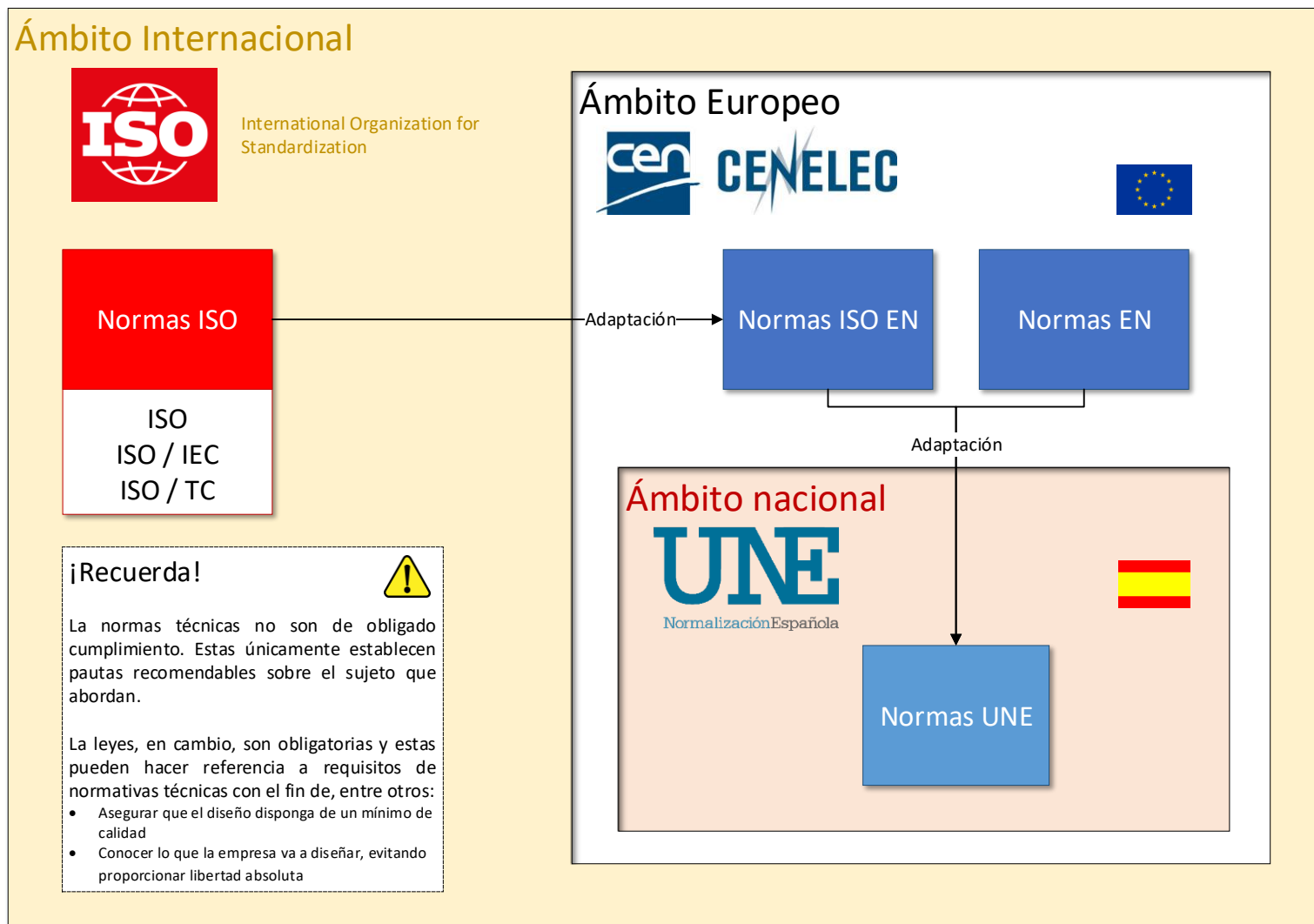


Figura 34 Esquema de los distintos organismos de normalización presentes en los distintos ámbitos. Fuente: elaboración propia

ANEXO III – Manual de implementación de la nueva mejora

STADLER



MANUAL DEL USUARIO

Para la gestión de modificaciones de diseño
en la locomotora interoperable EURO6000

Ver. 2020

ACRÓNIMOS

ETI	Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad
LOC&PAS	Locomotoras y material rodante de viajeros
PRM	Personas de Movilidad Reducida
C&S	Certificación y Seguridad

PALABRAS CLAVE

Componentes de interoperabilidad, certificados de verificación CE, clasificación, modificación, trazabilidad, modificación.

RESUMEN

La homologación de un vehículo ferroviario es un proceso muy complejo que requiere una estrategia adaptable con el fin de cumplir con los requisitos de la normativa aplicable a cada proyecto. Es por eso que la trazabilidad juega un papel muy importante, tanto en el proceso de homologación como a nivel general en la empresa.

Este manual tiene como objetivo mejorar la trazabilidad del proceso de homologación en Stadler Rail Valencia, un proceso muy importante a la hora de poner en servicio el material rodante diseñado y fabricado en las instalaciones de Stadler Rail Valencia. El manual va dirigido a cualquier persona del departamento de Ingeniería ajena al equipo de Certificación y Seguridad y está destinado para su uso en el proyecto de la locomotora interoperable EURO6000. Para conseguir el fin al que está destinado este manual, este propone una serie de pasos a seguir para clasificar las modificaciones de diseño realizadas según el Artículo 15, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545, así como incluir información sobre estas modificaciones. De esta manera, se facilita la trazabilidad de la información y el trabajo del equipo C&S, encargado de proporcionar las justificaciones necesarias a las autoridades competentes para obtener las respectivas autorizaciones de puesta en servicio del vehículo. Además, se incluye información sobre los distintos sistemas de trazabilidad de documentos implantados en Stadler Rail Valencia, los cuales son utilizados en muchos de los pasos indicados en este manual.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1	¿QUÉ ES EL EXPEDIENTE TÉCNICO?.....	7
1.2	¿QUÉ ES UN COMPONENTE DE INTEROPERABILIDAD?	7
1.3	¿QUÉ ES UN CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN CE?.....	7
1.4	¿CUÁNDO SE NECESITA UN CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN CE?	7
1.5	¿QUÉ CONTIENEN LOS CUADROS 17A Y 17B?	7
1.6	RESUMEN	8
2	MODIFICACIONES 1(A) Y 1(B).....	9
2.1	MODIFICACIONES TIPO 1(A): PASOS A SEGUIR.....	9
2.2	MODIFICACIONES TIPO 1(B): PASOS A SEGUIR.....	9
3	MODIFICACIONES 1(C) Y 1(D).....	10
3.1	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE DISEÑO.....	10
3.2	MODIFICACIONES TIPO 1(C): PASOS A SEGUIR	11
3.3	MODIFICACIONES TIPO 1(D).....	12
4	CASOS DE MODIFICACIONES.....	13
4.1	CASO 1 – TIPO 1(C) NO PROCEDE.....	13
4.2	CASO 2 – TIPO 1(D) NO PROCEDE	13
4.3	CASO 3 – AMBOS TIPOS PROCEDEN.....	14
4.4	EJEMPLOS DE MODIFICACIONES DE CADA TIPO	14
5	TRAZABILIDAD EN STADLER RAIL VALENCIA	15
5.1	CÓDIGOS Y VERSIONES.....	17
5.2	CUADRO DE REVISIONES	17
5.3	PROGRAMA SAP	18
5.4	PROGRAMA I+DOC.....	18
5.5	ÁREAS DE ESTUDIO.....	19

1 INTRODUCCIÓN


Este manual sirve como guía para la gestión de **las modificaciones de diseño realizadas en vehículos ferroviarios interoperables**, es decir, que cumplen con las ETI (Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad) y va dirigido a todo aquel usuario del departamento de Ingeniería de Stadler Rail Valencia que no forme parte del equipo de C&S. En concreto, este manual se aplicará al proyecto de la locomotora EURO6000, la cual se trata de un nuevo tipo de vehículo diseñado a partir de la plataforma EURODUAL.

Las modificaciones realizadas sobre un vehículo ferroviario ya autorizado se deben clasificar según el Artículo 15, apartado 1, del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545, con el fin de identificar qué tipo de modificación se han realizado.

El objetivo principal de este manual es el de proporcionar la ayuda suficiente para que todo el personal de Ingeniería se encargue de añadir información de esta índole cuando se realicen modificaciones en el diseño del vehículo, con el fin de mejorar la trazabilidad del proceso de homologación y obtener la autorización de puesta en servicio de los vehículos de una manera más eficiente.

Además, este manual propone una metodología para clasificar información sobre modificaciones de diseño que es también útil durante la fase de diseño de un vehículo interoperable que todavía no ha sido autorizado, puesto que diariamente se modifican documentos que ya han sido enviados a la autoridad competente para ser evaluados durante el proceso de homologación.

Antes de empezar, para entender mejor cómo se clasifican las modificaciones de tipo de vehículo según el Reglamento mencionado, se muestra un diagrama **[ver Figura 1 más adelante]** en el que se guía al usuario para averiguar a qué categoría pertenece la modificación de diseño que se ha realizado. Además, se explican los conceptos básicos presentes en el diagrama, cuya comprensión es vital para poder realizar la gestión de las modificaciones adecuadamente **[ver 1.1-1.6 más adelante]**

 **IMPORTANTE:** este manual se centra solamente en las modificaciones de diseño, por lo que no incluye en su objeto las modificaciones realizadas en las instrucciones de conservación, de observación, de reglaje y de mantenimiento del vehículo.

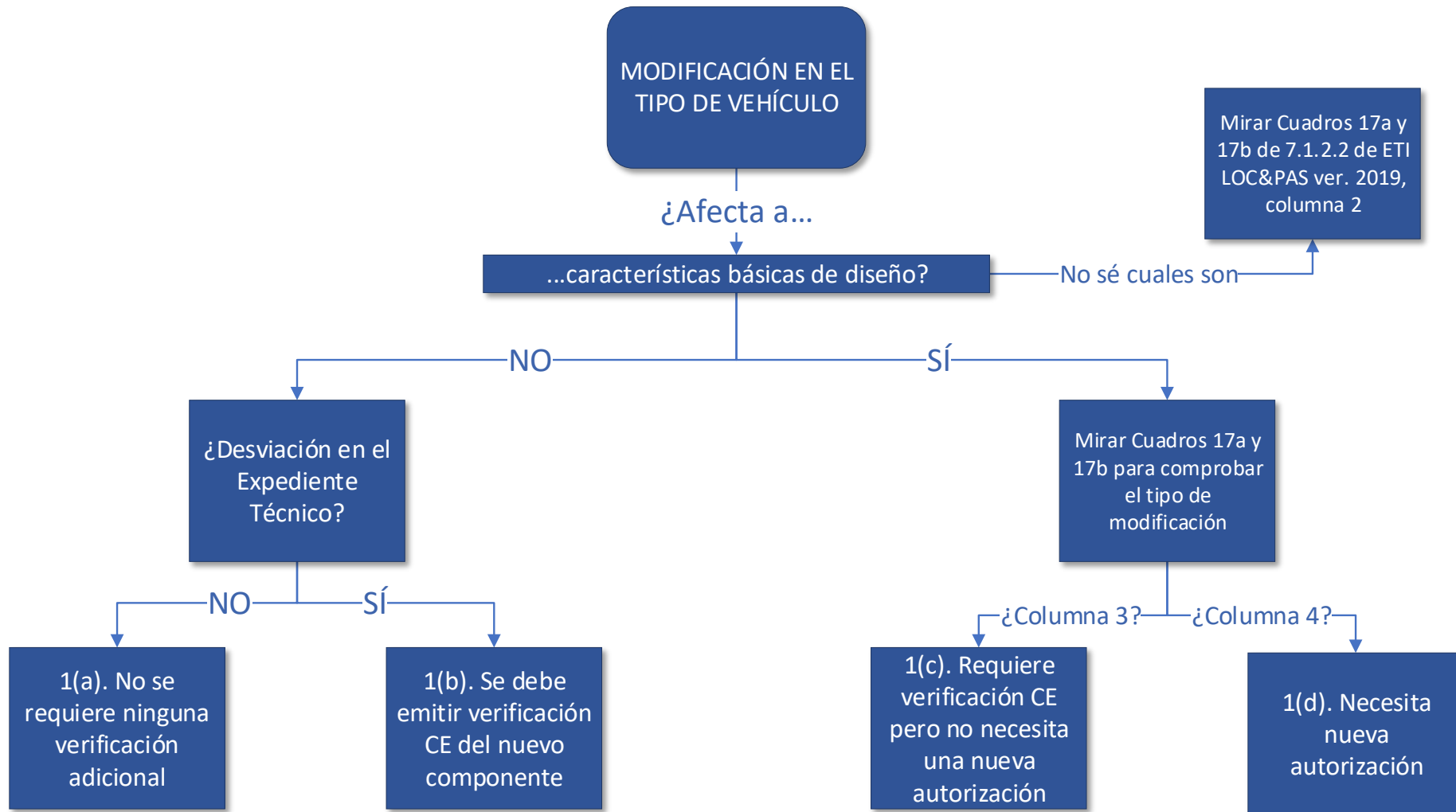


Figura 1 Diagrama básico para la identificación del tipo de modificación según el Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545

1.1 ¿QUÉ ES EL EXPEDIENTE TÉCNICO?

Se trata de un conjunto de documentos en el que se reúne, toda la información relacionada con las características del subsistema evaluado:

- todos los elementos que prueban la conformidad de los **componentes de interoperabilidad**;
- las condiciones y limitaciones de uso;
- y las instrucciones de conservación, de observación, de reglaje y de mantenimiento

1.2 ¿QUÉ ES UN COMPONENTE DE INTEROPERABILIDAD?

Un componente de interoperabilidad es cualquiera parte del vehículo a autorizar que contiene requisitos técnicos en la Sección 4.2 de la ETI LOC&PAS ver. 2019 o de la ETI PRM ver. 2019 y que requiere un **certificado de verificación CE** para ser autorizado.

1.3 ¿QUÉ ES UN CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN CE?

Realizado por el NoBo, un certificado de verificación CE comprueba y certifica un elemento de conformidad con la normativa de la Unión Europea que un subsistema es conforme con las ETI correspondientes y con otras directivas aplicables.


Pero, ¿y si el elemento me lo proporciona un suministrador ajeno a Stadler Rail Valencia? El propio suministrador debe adjuntar los certificados correspondientes, evaluados por su propio NoBo, junto con el elemento proporcionado.

1.4 ¿CUÁNDO SE NECESITA UN CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN CE?

Si el elemento (nuevo o modificado) contiene requisito(s) técnico(s) identificados en la Sección 4.2 de la ETI LOC&PAS ver. 2019 o de la ETI PRM ver. 2019, este necesitará un nuevo certificado de verificación CE.

1.5 ¿QUÉ CONTIENEN LOS CUADROS 17A Y 17B?

Los **Cuadros 17a y 17b** relacionan los requisitos técnicos de la ETI LOC&PAS y de la ETI PRM (reunidos de la Sección 4.2 de ambas) que son considerados como “características básicas de diseño” (columnas 1 y 2) con los tipos de modificación 1c (columna 3) o 1d (columna 4) según el cambio que se haya realizado.

 **IMPORTANTE:** la modificación de cualquiera de las características básicas de diseño produce siempre una desviación en el Expediente Técnico.

1.6 RESUMEN

Conocidos todos los conceptos presentes a la hora de realizar una modificación de diseño en el vehículo, se muestra en el siguiente diagrama [ver **Figura 2 más adelante**] un resumen de cómo identificar cada modificación de una manera sencilla.

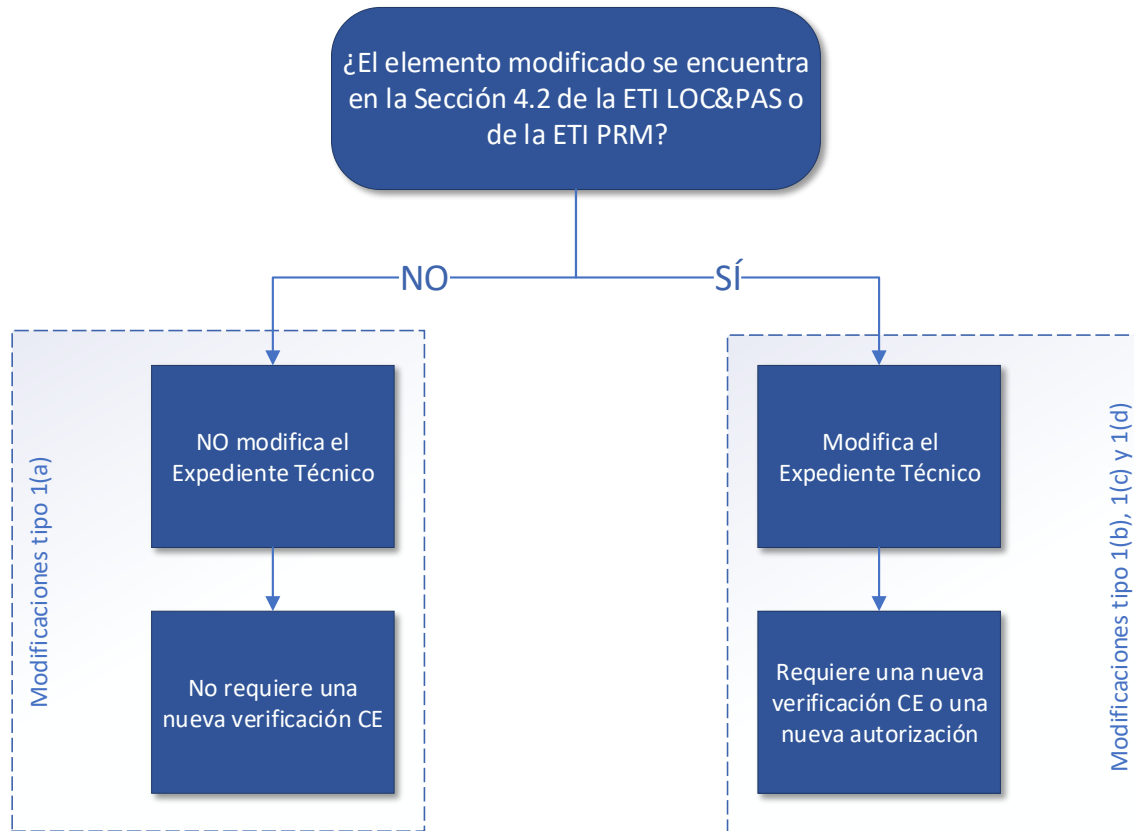


Figura 2 Resumen de la clasificación de las modificaciones

2 MODIFICACIONES 1(A) Y 1(B)

2.1 MODIFICACIONES TIPO 1(A): PASOS A SEGUIR

- 1

Añadir tipo de modificación en el cuadro de revisiones y cambio de versión del documento

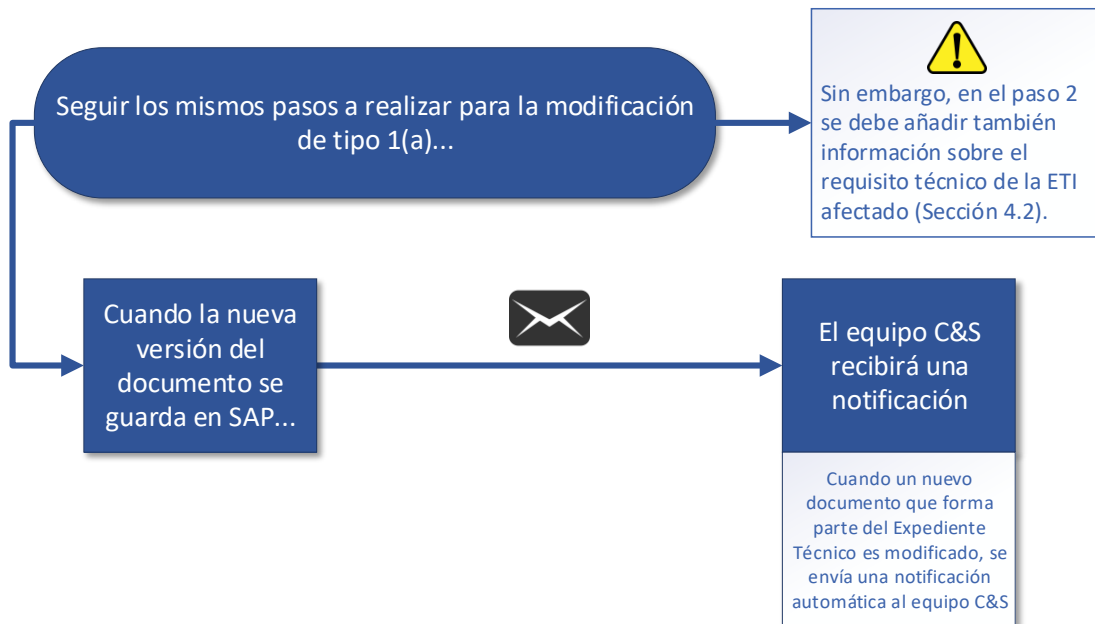
- 2

Incluir información técnica sobre la modificación en el cuadro de revisiones

- 3

Enviar al encargado de guardar la información en SAP cuando el documento haya sido revisado y aprobado

2.2 MODIFICACIONES TIPO 1(B): PASOS A SEGUIR



⚠ IMPORTANTE: utilizar las herramientas de gestión documental [ver 5 TRAZABILIDAD EN STADLER RAIL VALENCIA más adelante], de las que Stadler Rail Valencia dispone, tienen un gran impacto positivo en la trazabilidad de toda la información que se genera diariamente.

3 MODIFICACIONES 1(C) Y 1(D)

3.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE DISEÑO

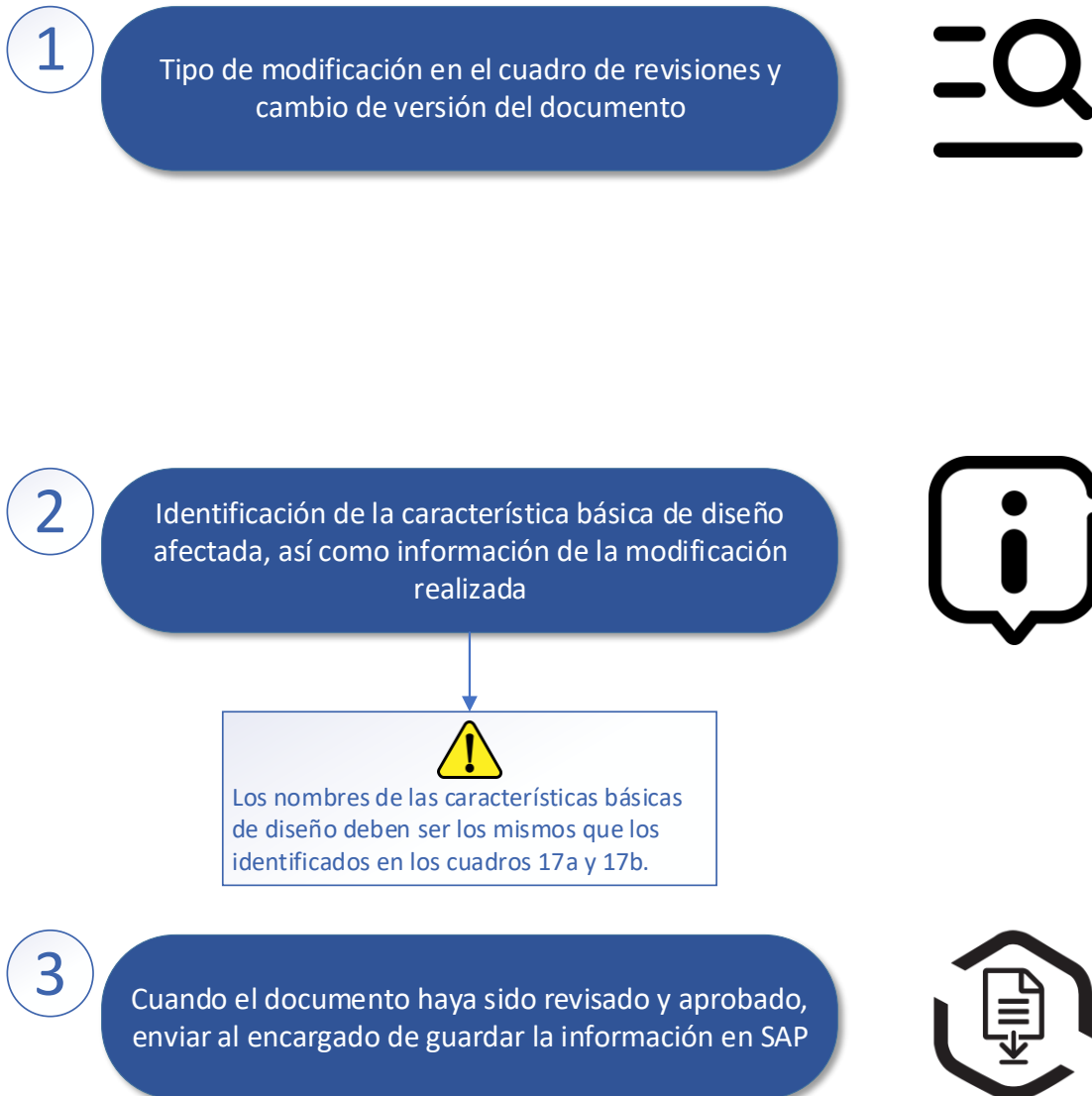
A continuación, se muestran extractos del cuadro 17a de la ETI LOC&PAS, indicando qué identifica cada columna.

Requisito técnico de la ETI LOC&PAS (Sección 4.2)	Elemento considerado como característica básica de diseño	Modificación considerada como tipo 1(c)	Modificación considerada como tipo 1(d)
1. Cláusula de la ETI	2. Características básicas de diseño relacionadas	3. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y no clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797	4. Cambios que inciden en las características básicas de diseño y clasificados según el artículo 21, apartado 12, letra a), de la Directiva (UE) 2016/797
4.2.3.1 Gálibo	Contorno de referencia	No procede	Cambio del contorno de referencia que cumple el vehículo
	Radio mínimo de curva vertical convexa admisible	El cambio en el radio mínimo de curva vertical convexa admisible con el que el vehículo es compatible de más de un 10 %	No procede
	Radio mínimo de curva vertical cóncava admisible	El cambio en el radio mínimo de curva vertical cóncava admisible con el que el vehículo es compatible de más de un 10 %	No procede
4.2.3.5.2.3 Sistemas automáticos de cambio de ancho	Instalación de cambio del ancho del eje montado	Cambio en el vehículo dirigido a un cambio en las instalaciones de cambio con las que el eje montado es compatible	Cambio del ancho de vía con el que el eje montado es compatible

Figura 3 Extractos del cuadro 17a de la ETI LOC&PAS con columnas identificadas

⚠ IMPORTANTE: el texto “No procede” sirve para indicar que una modificación en la característica básica de diseño correspondiente no puede pertenecer nunca al tipo de modificación marcado con este texto.

3.2 MODIFICACIONES TIPO 1(C): PASOS A SEGUIR



Dentro del cuadro de revisiones, cualquier información asociada con la clasificación de la modificación, así como la información técnica, debe incorporarse en la columna de “descripción” [ver 5.2 CUADRO DE REVISIONES más adelante].

⚠ IMPORTANTE: la información incluida sobre las modificaciones debe incorporar, siempre que sea posible, descripciones haciendo referencia a las ETI. Esto ayuda a que la información proporcionada por un grupo sea de fácil comprensión para el resto de grupos del departamento de Ingeniería y, como gracias a esto, se mejora la trazabilidad.

3.3 MODIFICACIONES TIPO 1(D)

Al tener un gran impacto sobre el diseño del vehículo, estas modificaciones suelen conocerse con anticipación ya que se realizan a petición del cliente o de la autoridad competente. Además, las modificaciones de tipo 1(d) son las realizadas sobre las plataformas para generar nuevos tipos de vehículos en base al prototipo [ver Figura 4 más adelante], introduciendo grandes cambios en el diseño para adaptarlos a las exigencias del cliente. Este es el caso de la locomotora EURO6000, la cual se ha diseñado en base a la locomotora prototipo EURODUAL.

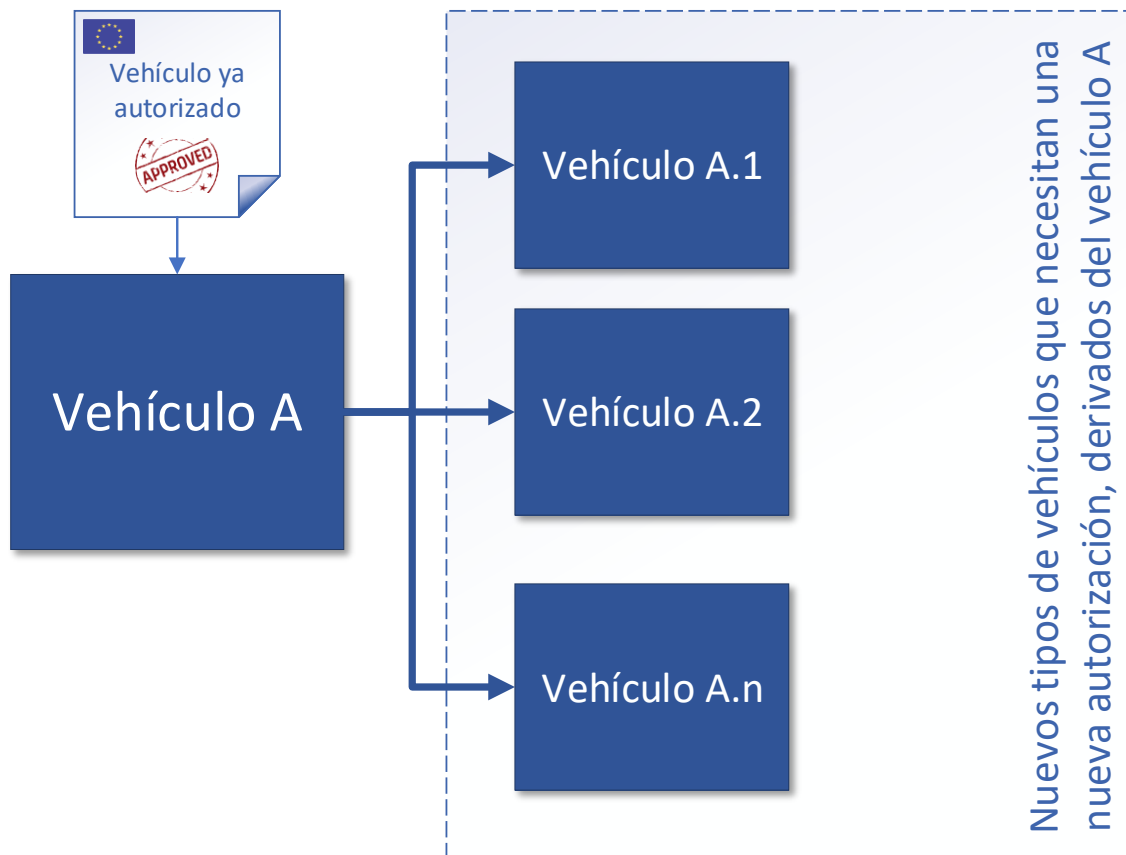


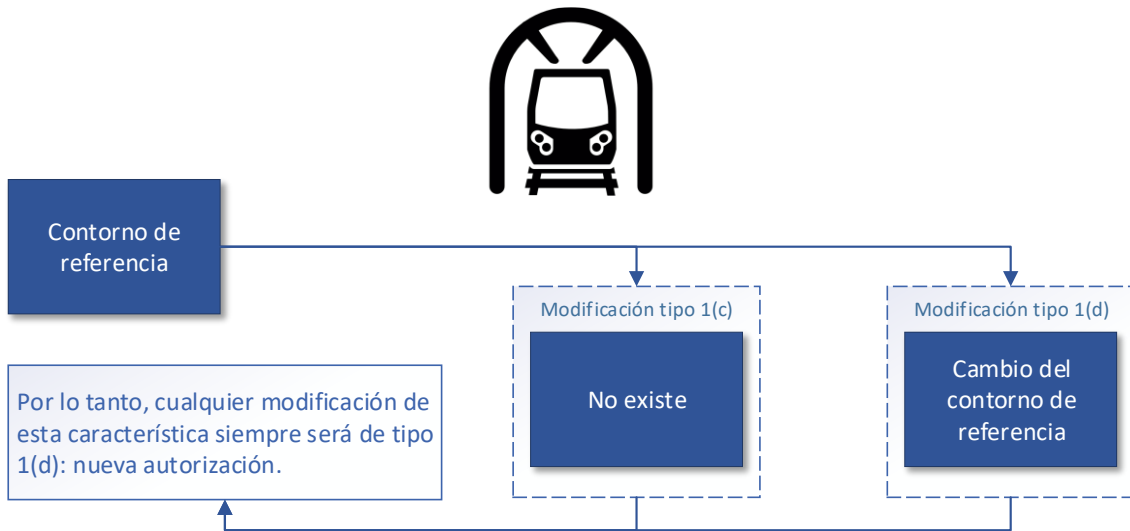
Figura 4 Diagrama básico del diseño de tipos de vehículo a partir de un vehículo prototipo

En el caso de tener que realizar una modificación de tipo 1(d) **durante la fase de diseño** del vehículo, los cambios en los distintos documentos afectados se deberán realizar de la misma manera que en el caso de una modificación 1(c), indicando siempre las modificaciones realizadas, así como las características básicas de diseño, usando las mismas palabras que en los cuadros 17a y 17b de la ETI LOC&PAS.

4 CASOS DE MODIFICACIONES

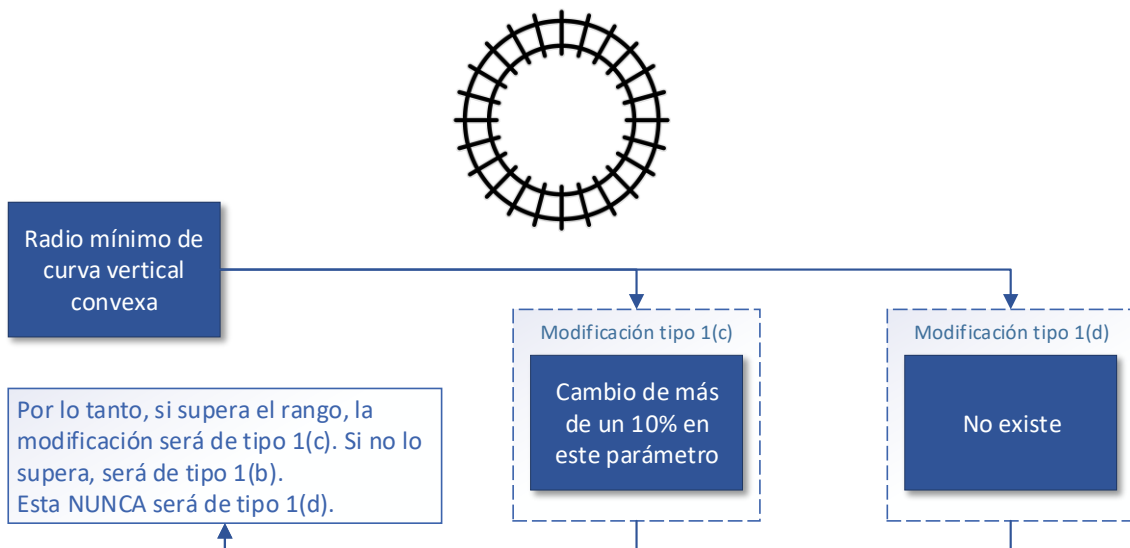
En esta sección, se indican, mediante ejemplos, los posibles casos de modificaciones sobre las características básicas de diseño con ejemplos aplicables a cada situación. Además, se identifican ejemplos de modificaciones indicando a qué tipo pertenecen [ver 4.4 EJEMPLOS DE MODIFICACIONES DE CADA TIPO más adelante].

4.1 CASO 1 – TIPO 1(C) NO PROCEDE



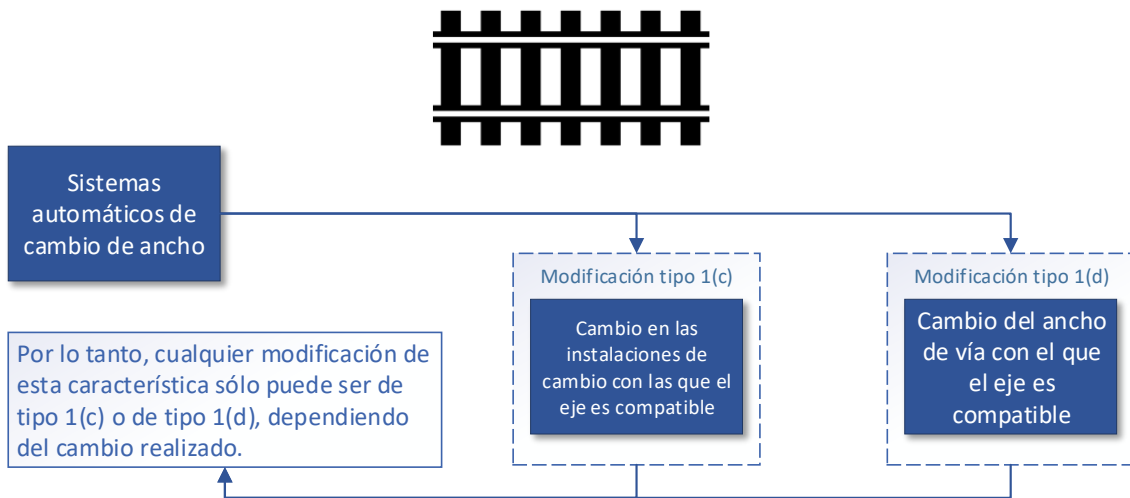
⚠ IMPORTANTE: la característica y las modificaciones indicadas en el ejemplo pertenecen a las identificadas en el cuadro 17a de la Sección 7.1.2.2 de la ETI LOC&PAS.

4.2 CASO 2 – TIPO 1(D) NO PROCEDE



⚠ IMPORTANTE: la característica y las modificaciones indicadas en el ejemplo pertenecen a las identificadas en el cuadro 17a de la Sección 7.1.2.2 de la ETI LOC&PAS.

4.3 CASO 3 – AMBOS TIPOS PROCEDEN



⚠ IMPORTANTE: la característica y las modificaciones indicadas en el ejemplo pertenecen a las identificadas en el cuadro 17a de la Sección 7.1.2.2 de la ETI LOC&PAS.

4.4 EJEMPLOS DE MODIFICACIONES DE CADA TIPO

Tabla 1 Ejemplos de posibles modificaciones clasificadas según los tipos del Art. 15(1) del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545

Modificaciones tipo 1(a)	Modificaciones tipo 1(b)	Modificaciones tipo 1(c)	Modificaciones tipo 1(d)
<ul style="list-style-type: none"> • Tornillos • Placas • Arandelas • Bridas • Sujeción de cables • Longitud de cables • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parabrisas • Luces exteriores • Bocinas • Asiento maquinista • Puertas • Ventanas laterales • Asientos de pasajeros • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del tipo de enganche final • Instalación de sistemas de detección a bordo • Cambio de más del ±10% en la deceleración media máxima de frenada • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios del contorno de referencia que cumple el vehículo • Eliminación del sistema de detección a bordo declarado • Cambio de ancho de vía con el que el eje montado es compatible • Etc.

⚠ IMPORTANTE: las posibles modificaciones del diseño de un vehículo ferroviario contienen, pero no se limitan a, los elementos mencionados en la Tabla 1.

5 TRAZABILIDAD EN STADLER RAIL VALENCIA

Stadler Rail Valencia dispone de muchas herramientas que ayudan a la trazabilidad de toda la información generada diariamente, por lo que es importante utilizar estas herramientas inmediatamente después de crear o editar documentos.

Esta sección sirve como orientación a todo el personal para conocer mejor los distintos sistemas de gestión documental implantados en Stadler Rail Valencia, mencionados en los distintos pasos a seguir para la gestión de las modificaciones de diseño en este manual.

A continuación, se muestra un esquema sencillo de la trazabilidad de documentos internos en Stadler Rail Valencia **[ver Figura 5 más adelante]**. Además, se explican con detalle cada uno de los elementos presentes en este esquema **[ver 5.1-5.5 más adelante]**.

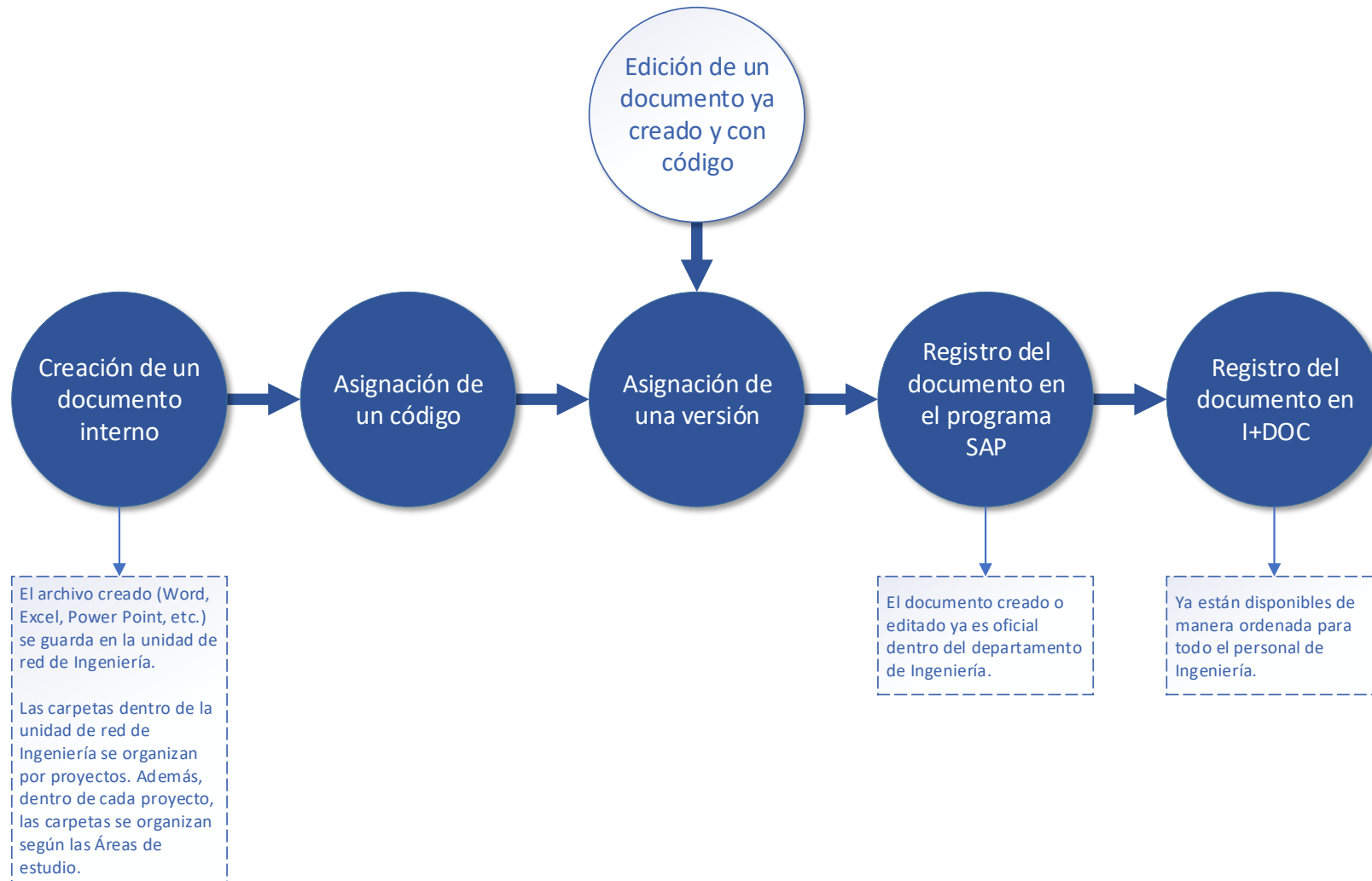


Figura 5 Esquema de la trazabilidad de documentos internos actual en Stadler Rail Valencia

5.1 CÓDIGOS Y VERSIONES

Los documentos internos creados por el personal del departamento de Ingeniería se identifican mediante un código con la siguiente estructura:

BB XXX XXX XX XXX_XX

Donde:

- **Negro:** código de letras propio de Ingeniería.
- **Azul:** código numérico que representa el proyecto.
- **Rojo:** código numérico que representa el grupo que genera el documento (este código no es fijo y varía según el proyecto)
- **Verde:** código numérico que representa el Área de estudio a la que pertenece el documento.
- **Naranja:** número de documento (001, 002, 003, 004...).
- **Gris:** versión del documento. La versión inicial se denomina "--" y, a continuación, se sigue un orden alfabético para las siguientes versiones (A0, B0, C0, D0, E0...).

Al primer documento creado para un proyecto se le conoce como la "hoja 0", y tiene el código BBXXX00000000_--. Este es un plano general del vehículo diseñado, del cual cuelgan el resto de los documentos creados para el proyecto.

5.2 CUADRO DE REVISIONES

El cuadro de revisiones es de uso obligatorio en todos los documentos, y se debe incluir en la página siguiente a la portada del documento. Este tiene la siguiente estructura:

Tabla 2 Estructura de un cuadro de revisiones de Stadler Rail Valencia

Versión	Fecha	Descripción	Creado	Revisado	Aprobado
Versión del documento (--, A0, B0, C0, D0...)	DD/MM/AA	Cambios respecto a la versión anterior (si es el primer documento, se indica en esta columna)	N. Apellido	N. Apellido	N. Apellido

5.3 PROGRAMA SAP

Un programa SAP (Sistemas, Aplicaciones, Productos en el Procesamiento de Datos) es un sistema ERP (Planificación de Recursos Empresariales) que contiene distintos módulos adaptados a la empresa a la que está destinado.

Cuando un documento es creado, revisado y aprobado oficialmente, este debe guardarse en el programa SAP. Los documentos del departamento de Ingeniería dentro de SAP están organizados según una estructura de “padres e hijos”. Esto significa que, de los documentos más generales, se cuelgan documentos más específicos relacionados.

⚠ IMPORTANTE: Este programa es de acceso limitado. Cuando un documento es creado o editado por un miembro del Ingeniería, este debe enviar el documento con su respectivo código y su versión a la persona encargada de guardar los archivos en SAP.

5.4 PROGRAMA I+DOC

Se trata de un programa de gestión documental, útil para el departamento de Ingeniería ya que organiza de manera más visual, y accesible a todo el personal, los documentos de acuerdo a la misma estructura de “padres e hijos” de SAP.

Cualquier persona en el departamento de Ingeniería tiene permiso para visualizar y descargar archivos guardados en este programa, pero, al igual que en SAP, sólo unas pocas personas pueden guardar, editar o eliminar documentos.

⚠ IMPORTANTE: para que un documento se incluya en I+DOC, primero debe guardarse en SAP, por lo que es importante enviar el archivo para que sea guardado en SAP inmediatamente después de que este haya sido aprobado.

5.5 ÁREAS DE ESTUDIO

Se definen como “Áreas de estudio” a las distintas zonas de trabajo en las que se realizan los procedimientos necesarios para diseñar, ensayar y aprobar cada componente del vehículo. Cada Área de estudio reúne todos los documentos relacionados con un mismo componente general que realiza una función en el vehículo (planos de las piezas, certificados, documentos de homologación, etc.). A continuación, se identifican todas las Áreas de estudio existentes en Stadler Rail Valencia, junto con su código numérico [ver **Tabla 3**].

Tabla 3 Áreas de estudio de Stadler Rail Valencia

ID	Área de estudio
00	Vehículo completo
01	Comportamiento dinámico
02	Estructura de caja del vehículo
03	Topes y órganos de tracción
04	Bogies
05	Ejes montados
06	Frenos
07	Sistemas que requieren supervisión especial
08	Pantógrafo
09	Ventanas
10	Puertas
11	Intercomunicación
12	Abastecimiento de energía y CEM
13	Seguridad funcional
14	Sistema de agua
15	Protección ambiental
16	Protección contra incendios
17	Seguridad laboral
18	Gálibo
19	Equipamiento de seguridad
23	Marcaciones e inscripciones
24	Soldadura

DOC. 2 – PLIEGO DE CONDICIONES

1 DEFINICIÓN Y ALCANCE

1.1 Objeto del pliego

El objeto de este pliego es fijar las condiciones mínimas que se deben cumplir para la realización del proyecto de desarrollo de una metodología para la mejora de la trazabilidad del proceso de homologación de vehículos ferroviarios en Stadler Rail Valencia S.A.U. (de ahora en adelante, "STAV").

1.2 Alcance del pliego

Queda fuera del alcance de este documento cualquier metodología de mejora que no implique como responsable de su introducción al equipo de Certificación y Seguridad (de ahora en adelante, "equipo de C&S") del departamento de Ingeniería de STAV. Es decir, la introducción de este nuevo método en la empresa se encontrará únicamente dentro de las capacidades del equipo de C&S.

El ámbito de aplicación de este documento queda restringido a la metodología de investigación empleada, así como a las herramientas utilizadas para realizar la investigación de manera adecuada y para diseñar un modo de implementación del método de mejora en la empresa STAV. Dicho método de mejor podrá implicar tanto al equipo de C&S como al resto de grupos del departamento de Ingeniería.

En definitiva, para la realización del proyecto se involucrará a la empresa STAV de la siguiente manera:

Responsabilidad de introducción del nuevo método de mejora diseñado	Equipo de C&S
Implicación del nuevo método de mejora diseñado	Departamento de Ingeniería

La implementación real de la nueva mejora dentro del departamento de Ingeniería queda fuera del alcance de este documento, siendo responsable de esta acción la empresa STAV.

1.3 Documentos del proyecto

El presente proyecto consta de los documentos indicados a continuación:

- Doc. 1 – Memoria descriptiva (+ Anexos)
- Doc. 2 – Pliego de condiciones
- Doc. 3 – Presupuesto
- Doc. 4 – Planos

En caso de necesitar información adicional, esta se proporcionará a petición de la empresa solicitante (STAV), siempre y cuando sea necesaria para el correcto desarrollo del proyecto.

2 CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

2.1 Condiciones generales

Cláusula 1 La nueva metodología de mejora de la trazabilidad se aplicará exclusivamente al proyecto de la **locomotora EURO6000** que se va a llevar a cabo en la empresa STAV, la cual tiene como objetivo la obtención de la autorización de puesta en servicio en base a la normativa europea de interoperabilidad.

Cláusula 2 Con su debida correspondencia, se podrán adoptar distintas soluciones a las exigidas en este documento, siempre y cuando se justifique adecuadamente y no implique una disminución de los requisitos mínimos identificados en el presente documento.

Cláusula 3 Cualquier aplicación de la nueva metodología de mejora fuera del ámbito del proyecto de la locomotora interoperable EURO6000 de STAV queda prohibida.

2.2 Normativa aplicable

Cláusula 4 La normativa aplicable para este proyecto se encuentra dentro del conocido como Cuarto Paquete Ferroviario. En particular, el proyecto se realizará acorde a los dos siguientes documentos de ámbito europeo, emitidos por la EUAR (Agencia Ferroviaria de la Unión Europea):

- **Directiva (UE) 2016/797** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Unión Europea.
- **Reglamento de Ejecución (UE) 2018/545** de la Comisión, de 4 de abril de 2018, por el que se establecen las disposiciones prácticas relativas a la autorización de vehículos ferroviarios y al proceso de autorización de tipo de vehículos ferroviarios con arreglo a la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- **Reglamento (UE) nº 1302/2014** de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante “locomotoras y material rodante de viajeros” del sistema ferroviario en la Unión Europea.

Cabe destacar que, cualquier otra normativa a la que se haga referencia dentro de los documentos indicados anteriormente, siempre y cuando corresponda, deberá ser aplicada obligatoriamente del mismo modo en el que se aplican las cláusulas de dichos documentos.

Cláusula 5 Así como el desarrollo de este proyecto debe realizarse acorde a la normativa indicada en la Cláusula 4, también así lo debe hacer el proyecto EURO6000 de STAV. En el caso de que la locomotora EURO6000 deje de seguir la normativa indicada, este vehículo quedará fuera del ámbito de aplicación de la nueva metodología de mejora realizada.

2.3 Plazos de realización del proyecto

Cláusula 6 El proyecto se realizará en el plazo de 30 días naturales des de la adjudicación del proyecto al contratista.

Cláusula 7 Se realizarán reuniones semanales mediante métodos telemáticos, con fecha y hora a acordar entre las dos partes, des del inicio del proyecto con el fin de obtener la información que se considere apropiada para el correcto desarrollo del proyecto.

3 CONDICIONES PARTICULARES

3.1 Condiciones técnicas

Cláusula 8 Las condiciones de ejecución del proyecto serán óptimas y no supondrán un problema técnico ni de salud para los empleados.

Cláusula 9 El proyecto se realizará en un lugar de trabajo (oficina) con las disposiciones mínimas de seguridad y salud dispuestas en el Real Decreto 486/1997 de 14 de abril.

Cláusula 10 El edificio donde se realizarán todas las acciones con el fin de completar el presente proyecto con éxito cumple con el Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.

En concreto, el edificio también cumplirá con los requisitos identificados en el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad de febrero de 2010, modificado por las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre
- Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo
- Orden VIV/984/2009 de 15 de abril (BOE 23-abril-2009)
- Corrección de errores y erratas de la orden VIV/984/2009 de 15 de abril
- Real Decreto 173/2010 de 19 de febrero
- Sentencia del TS de 4/5/2010

Cláusula 11 Por último, el edificio también cumple con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio.

3.1.1 Condiciones de los equipos durante la ejecución del proyecto

Cláusula 12 Los equipos que se utilizaran, así como su mantenimiento, cumplen con el Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio.

Cláusula 13 Todos los equipos eléctricos presentes en el edificio cumplen con el Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, el cual establece unas disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Cláusula 14 Todas las sillas que forman parte de un sitio de trabajo en la oficina han sido desarrolladas según la normativa técnica ISO/DIS 24496 (edición 2), sobre métodos para la determinación de dimensiones de estas. Las mesas y los escritorios se han desarrollado según la norma técnica ISO 21016:2007, por lo que son perfectamente estables.

3.2 Condiciones facultativas

3.2.1 Derechos y obligaciones del contratista

Cláusula 15 Derecho a recibir los pagos acordados en las fechas comprometidas.

Cláusula 16 Derecho a recibir una compensación económica por todos los trabajos que se realicen y no se especifiquen dentro de los documentos del proyecto, siempre y cuando sean necesarios para el correcto desarrollo del proyecto.

Cláusula 17 Obligación de conocer la normativa aplicable al proyecto.

Cláusula 18 Obligación de conocer el proyecto, incluyendo todas y cada una de las partes que lo componen.

Cláusula 19 Obligación de cumplir todos los plazos acordados.

Cláusula 20 Obligación de disponer de los medios auxiliares que fueran necesarios para garantizar el desarrollo correcto del proyecto.

Cláusula 21 Obligación de realizar los actos de comunicación con la empresa que sean necesarios para el desarrollo correcto del proyecto.

3.2.2 Derechos y obligaciones del contratante (STAV)

- Cláusula 22 Derecho a recibir los resultados del proyecto en los plazos acordados.
- Cláusula 23 Derecho a limitar la cantidad de información proporcionada al contratista, siempre y cuando no sea esencial para el correcto desarrollo del proyecto.
- Cláusula 24 Derecho a reducir de manera adecuada el pago si el contratista no cumple con los plazos acordados.
- Cláusula 25 Obligación de responder a los actos de comunicación solicitados por el contratista necesarios para el correcto desarrollo del proyecto, con la frecuencia solicitada en la Cláusula 7.
- Cláusula 26 Obligación de proporcionar la información necesaria sobre la empresa y sus procesos, necesaria para el correcto desarrollo del proyecto.
- Cláusula 27 Obligación de aplicar la nueva metodología desarrollada únicamente al vehículo de la empresa al que está destinada.

3.3 Condiciones económicas

- Cláusula 28 El abono al contratista se realizará en dos partes. La primera parte será un 70% del presupuesto total antes de empezar el proyecto, y el 30% restante se proporcionará cuando el proyecto haya sido terminado en el plazo acordado en la Cláusula 6.
- Cláusula 29 La reducción del 30% restante del pago, en caso de que el contratista no cumpla con el plazo acordado en la Cláusula 6, se acordará entre las dos partes involucradas.
- Cláusula 30 Se considerarán para todos los elementos unos costes directos complementarios del 3%.
- Cláusula 31 Para el presupuesto total, se tendrán en cuenta un 13% de gastos generales y un 6% de beneficio industrial.

DOC. 3 – PRESUPUESTO

1 FORMATO DEL PRESUPUESTO

El siguiente presupuesto reúne los costes aproximados de la realización del proyecto de desarrollo de una metodología de mejora de la trazabilidad del proceso de homologación en la empresa Stadler Rail Valencia S.A.U. Este incluye los costes desde el proceso de análisis hasta el diseño de un modo de implementación de la mejora desarrollada.

1.1 Estructura del presupuesto

En este presupuesto se valorarán los costes del proyecto siguiendo la estructura indicada a continuación:

1. **Cuadros de precios:** en los que se describen los precios de cada recurso junto con su correspondiente código.
2. **Precios descompuestos:** donde se organizan los distintos recursos, unidades y precios en capítulos y según las distintas fases del proyecto.
3. **Precios unitarios:** donde se muestra un resumen del coste de cada fase, sin descomponer los precios.
4. **Resumen del presupuesto:** donde se suman todos los precios de cada fase para calcular el presupuesto de ejecución material y, además, el presupuesto de ejecución por contrata.

Para la realización de este presupuesto, se han tomado como referencia el visualizador de precios del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), en Valencia el año 2019. Además, la información de los precios de las licencias de *software* ha sido proporcionada por Stadler Rail Valencia S.A.U.

1.2 Distintas fases del proyecto

Este presupuesto se dividirá en 2 capítulos. El primer capítulo se dividirá en 5 fases, las cuales se corresponden con las distintas etapas de realización del proyecto. En el segundo capítulo se muestran los costes de instalación y mantenimiento de los equipos informáticos utilizados. Los distintos capítulos y sus fases se indican a continuación:

- a) Capítulo I – Investigación
 1. Recopilación de información
 2. Análisis de la empresa
 3. Procesado de la información
 4. Desarrollo de una metodología
 5. Diseño del modo de implementación
- b) Capítulo II – Equipos informáticos
 1. Instalación y mantenimiento de los equipos informáticos

La incorporación de la nueva metodología al caso real de la empresa no se encuentra dentro del alcance de este presupuesto, pues esto es responsabilidad de Stadler Rail Valencia.

2 PRESUPUESTO

A continuación, se muestra el presupuesto aproximado para la realización del proyecto de mejora de trazabilidad del proceso de homologación de Stadler Rail Valencia.

2.1 Cuadros de precios

Tabla 15 Cuadro de precios de la mano de obra

Cuadro de precios A - Mano de obra				
N.º	Código	Descripción	Rendimiento (h)	Importe (€)
A.1	MOOE.2a	Ingeniero Técnico	1	28,81
A.2	MOOL.9a	Oficial 2ª telecomunicaciones	1	19,75

Tabla 16 Cuadro de precios de los equipos y el *software* utilizados

Cuadro de precios B - Equipos y <i>software</i>				
N.º	Código	Descripción	Rendimiento (u)	Importe (€)
B.1	PSMO15a	Ordenador de sobremesa procesador i5	1	455,00
B.2	PGNA13a	Monitor led 20"	1	120,00
B.3	LIC02	Licencia de producto: Windows 10 Pro	1	259,00
B.4	LIC01	Licencia de producto: Office Profesional Plus2019	1	579,00

2.2 Precios descompuestos

CAPÍTULO I - INVESTIGACIÓN

En este capítulo se definen los precios descompuestos de las distintas fases para la realización del proyecto, incluyendo recopilación, análisis y procesado de la información, así como desarrollo de una nueva metodología y el diseño de un modo de implementar la mejora en la empresa.

N.º	Código	Uds.	Descripción	Rend.	Precio unitario	Importe (€)
-----	--------	------	-------------	-------	-----------------	-------------

FASE 1 – RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta fase se definen los precios de la recopilación de información perteneciente al Estado del Arte del proyecto (historia, datos técnicos, evolución normativa y normativa actual en el para vehículos ferroviarios), al proceso de homologación presente actualmente para los vehículos ferroviarios, a la empresa y al proceso de homologación de vehículos ferroviarios aplicado a la estructura organizativa de la empresa.

A.1	MOOE.2a	h	Ingeniero Técnico	50	28,81	1440,50
	CDC	%	Costes directos complementarios	0,03	1440,50	43,22
Total FASE 1:						1483,72

FASE 2 – ANÁLISIS DE LA EMPRESA

En esta fase se definen los precios del análisis de la trazabilidad del proceso de homologación de la empresa Stadler Rail Valencia S.A.U. Esto incluye todo el proceso de detección de los aspectos que afectan a la trazabilidad e investigación de posibles acciones a tomar con respecto a dichos aspectos.

A.1	MOOE.2a	h	Ingeniero Técnico	70	28,81	2016,70
	CDC	%	Costes directos complementarios	0,03	2016,70	60,50
Total FASE 2:						2077,20

FASE 3 – PROCESADO DE LA INFORMACIÓN

En esta fase se definen los precios del procesado de los datos obtenidos mediante el análisis de la trazabilidad del proceso de homologación de Stadler Rail Valencia S.A.U., con el fin de jerarquizar los distintos aspectos y acciones y elegir la solución de menor dificultad y que más impacto tenga sobre la trazabilidad del proceso de homologación.

A.1	MOOE.2a	h	Ingeniero Técnico	60	28,81	1728,60
	CDC	%	Costes directos complementarios	0,03	1728,60	51,86
Total FASE 3:						1780,46

FASE 4 – DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA

En esta fase se definen los precios del desarrollo de una metodología de mejora de la trazabilidad del proceso de homologación en base al análisis de Stadler Rail Valencia S.A.U. y el procesado de la información.

A.1	MOOE.2a	h	Ingeniero Técnico	60	28,81	1728,60
	CDC	%	Costes directos complementarios	0,03	1728,60	51,86
Total FASE 4:						1780,46

FASE 5 – DISEÑO DEL MODO DE IMPLEMENTACIÓN

En esta fase se definen los precios del diseño de un modo de implementar la mejora desarrollada en la empresa Stadler Rail Valencia, con el fin de que la nueva metodología desarrollada pueda ser aplicada al caso real.

A.1	MOOE.2a	h	Ingeniero Técnico	60	28,81	1728,60
	CDC	%	Costes directos complementarios	0,03	1728,60	51,86
Total FASE 5:						1780,46

CAPÍTULO II – EQUIPOS INFORMÁTICOS

Este capítulo incluye los costes de los equipos informáticos involucrados en la realización del proyecto de mejora de trazabilidad, esenciales para que este proyecto pueda ser llevado a cabo.

N.º	Código	Uds.	Descripción	Rend.	Precio unitario	Importe (€)
-----	--------	------	-------------	-------	-----------------	-------------

Instalación y mantenimiento de los equipos informáticos

Incluye el precio de la instalación de los equipos informáticos (ordenador y *software*) así como el mantenimiento de estos para asegurar su correcto funcionamiento durante la elaboración del proyecto.

B.1	PSMO15a	u	Ordenador de sobremesa procesador i5	1	455,00	455,00
B.2	PGNA13a	u	Monitor led 20"	1	120,00	120,00
B.3	LIC02	u	Licencia de producto: Windows 10 Pro	1	259,00	259,00
B.4	LIC01	u	Licencia de producto: Office Profesional Plus2019	1	579,00	579,00
A.2	MOOL.9a	h	Oficial 2ª telecomunicaciones	10	19,75	197,5
	CDC	%	Costes directos complementarios	0,03	1472,25	44,17
Total:						1654,67

2.3 Precios unitarios

CAPÍTULO I - INVESTIGACIÓN

En este capítulo se definen los precios descompuestos de las distintas fases para la realización el proyecto, incluyendo recopilación, análisis y procesado de la información, así como desarrollo de una nueva metodología y el diseño de un modo de implementar la mejora en la empresa.

N.º	Código	Uds.	Descripción	Rend.	Precio unitario	Importe (€)
-----	--------	------	-------------	-------	-----------------	-------------

1.1	FASE1	u	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	1	1483,72	1483,72
1.2	FASE2	u	ANÁLISIS DE LA EMPRESA	1	2077,20	2077,20
1.3	FASE3	u	PROCESADO DE LA INFORMACIÓN	1	1780,46	1780,46
1.4	FASE4	u	DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA	1	1780,46	1780,46
1.5	FASE5	u	DISEÑO DEL MODO DE IMPLEMENTACIÓN	1	1780,46	1780,46
Total Capítulo I:						8902,3

CAPÍTULO II – EQUIPOS INFORMÁTICOS

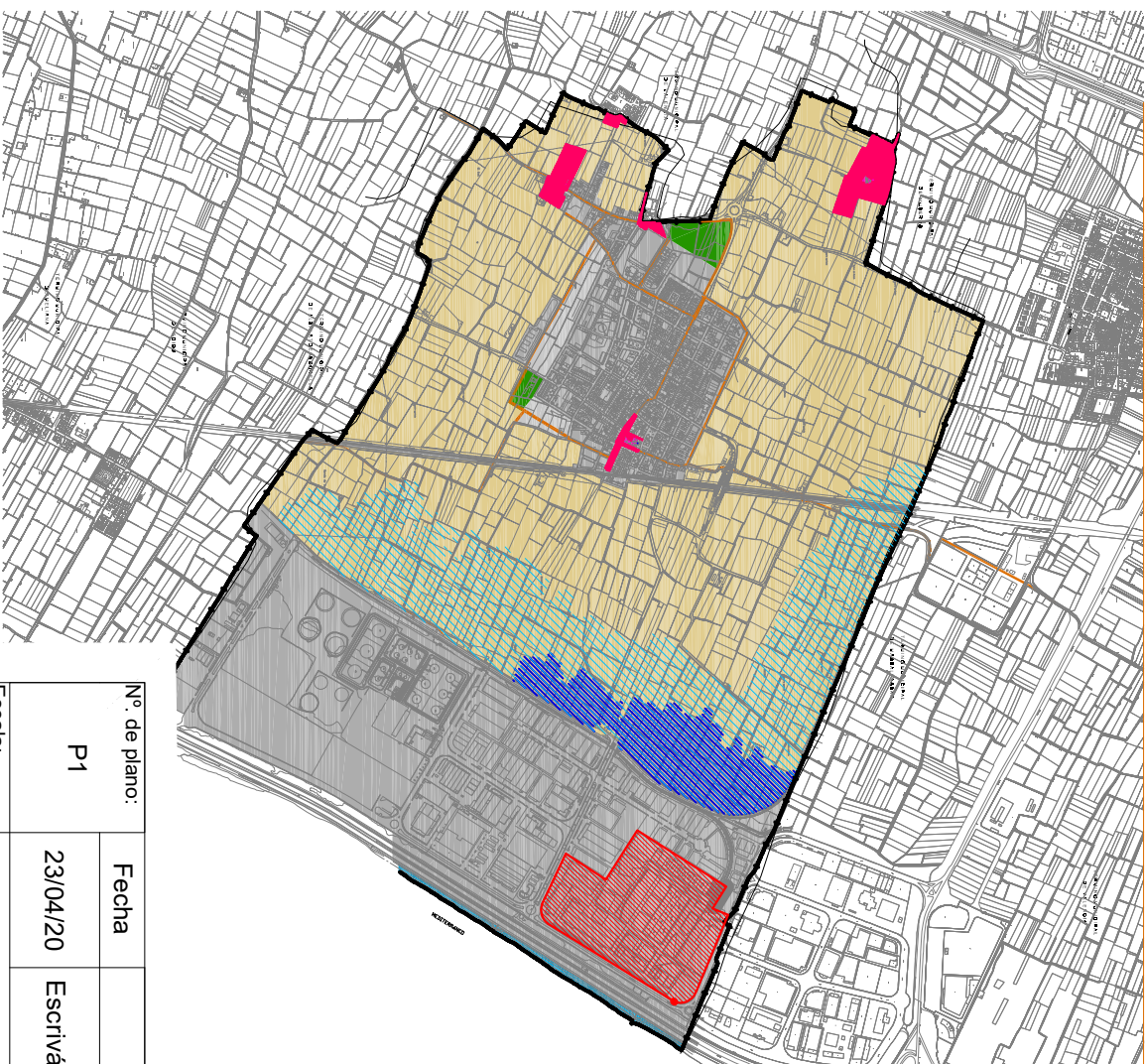
Este capítulo incluye los costes de los equipos informáticos involucrados en la realización del proyecto de mejora de trazabilidad, esenciales para que este proyecto pueda ser llevado a cabo.

N.º	Código	Uds.	Descripción	Rend.	Precio unitario	Importe (€)
2.1	EQU1	u	Instalación y mantenimiento de los equipos informáticos	1	1654,67	1654,67
Total Capítulo II:						1654,67

2.4 Resumen del presupuesto

PRESUPUESTO TOTAL	
Capítulo I. Investigación	8902,3 €
Capítulo II. Equipos informáticos	1654,67 €
Presupuesto de ejecución material	10556,97 €
13% de gastos generales	1372,41 €
6% de beneficio industrial	633,42 €
21% de IVA	2216,96 €
Presupuesto de ejecución por contrata (IVA incluido)	14779,76 €

DOC. 4 – PLANOS



LEYENDA

— + — LIMITE DE TERMINO MUNICIPAL

INFRAESTRUCTURA VERDE

- AREAS AGRICOLAS
- ESPACIOS DE LA ZONA MARINA
- AREAS SOMETIDAS A RIESGOS: PELIGROSIDAD POR INUNDACION
- AREAS SOMETIDAS A RIESGOS: ZONA DE FLUJO PREFERENTE
- ELEMENTOS DE ELEVADO VALOR CULTURAL
- ENTORNOS DE PROTECCION DE ELEMENTOS DE ELEVADO VALOR CULTURAL
- PARQUE PUBLICO
- ELEMENTOS DE CONECTIVIDAD TERRITORIAL
- SUELO URBANIZADO
- NUEVOS DESARROLLOS
- STADLER RAIL VALENCIA S.A.U.

Nº de plano: P1	Fecha	Nombre
	23/04/20	Escrivá García, Matthias Daniel

Escala:

1:5000

Plano de situación de las instalaciones de Stadler
Rail Valencia S.A.U.

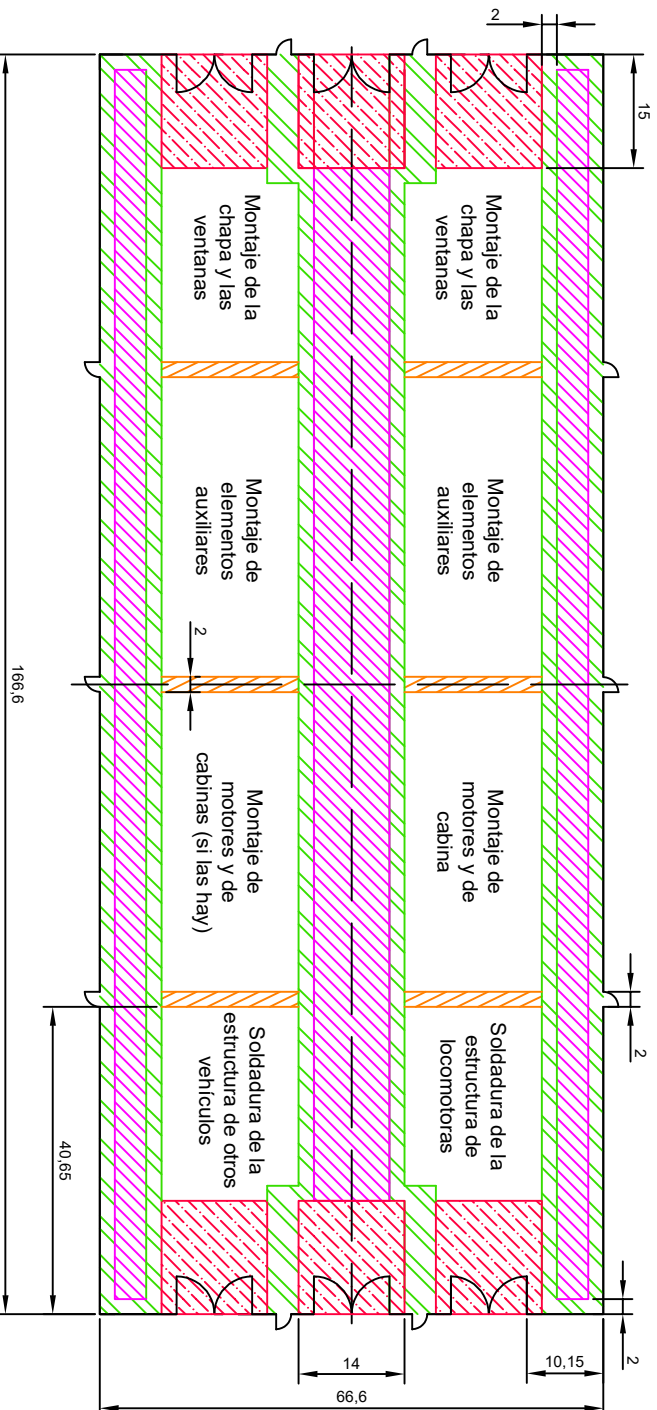
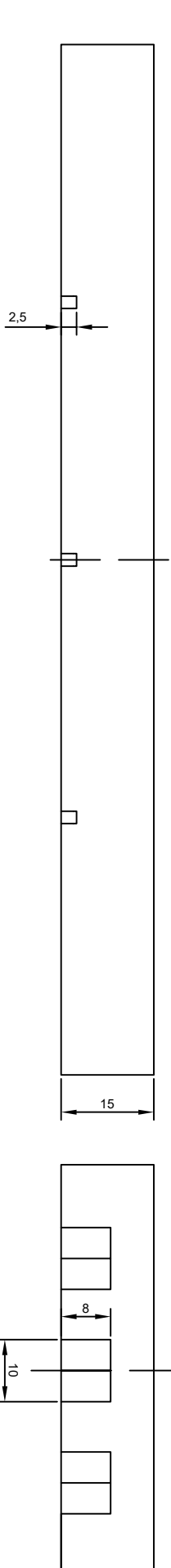
STADLER







UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Leyenda

-  Zonas de entrada de material
-  Zonas de paso seguras
-  Zonas de descarga de material
-  Zonas de paso con peligro

Los objetos mostrados en las distintas representaciones son una aproximación a la realidad. Las distintas fases de ensamble de los vehículos son hipotéticas y están basadas en la experiencia obtenida del representante, podrían diferir de la realidad.

STADLER

Nº de plano:	Fecha	Nombre
	P2	04/05/20

Plano de las zonas y procesos de la planta de ensamblaje de vehículos de Stadler Rail Valencia S.A.U.

Escala:
1:1000



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño