



Máster Universitario en  
Sistemas Ferroviarios

# **Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control- mando y señalización en tierra**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO: 2019-2020

Master Universitario en Sistemas Ferroviarios  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI

Autor: Yésica López Méndez

Director: Ismael Ramírez Blanco

**TÍTULO:** “Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte de subsistema de control – mando y señalización en tierra”

**AUTOR:** Yésica López Méndez

Firma:



**DIRECTOR:** Ismael Ramírez Blanco

Firma:



## FICHA TÉCNICA

### APLICACIÓN DEL REGLAMENTO (UE) 2016/919 (ETI CMS) PARA EL PEDAL DE DETECCIÓN Y EL CIRCUITO DE VÍA ISLA DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PASO A NIVEL COMO PARTE DEL SUBSISTEMA DE CONTROL – MANDO Y SEÑALIZACIÓN EN TIERRA

López Méndez, Yésica

Ramírez Blanco, Ismael

Máster en Sistemas Ferroviarios / Curso 2019-2020

---

#### **RESUMEN DEL PROYECTO**

Dentro de los subsistemas que deben cumplir con la normativa europea de interoperabilidad se encuentran los equipos de vía que son necesarios para la detección del tren en el sistema de protección de pasos a nivel, teniendo que cumplir lo recogido en la ERA/ ERTMS/ 033281.

El Reglamento 2016/919/UE (ETI CMS) 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, era el que se encontraba vigente, hasta la modificación del 16 de junio de 2019, fecha en la que entra en vigor el Reglamento de Ejecución 2019/776/UE (ETI CMS) de la comisión de 16 de mayo de 2019 que modifica, entre otros, el Reglamento 2016/919/UE (ETI CMS).

Lo que implica que la referencia de aplicación, para llevar a cabo las pruebas de interoperabilidad, se ve modificada, pasando de la ERA/ERTMS/033281 “Interfaces between CCS track-side and other subsystems” Versión 3.0 a la V4.0.

En este TFM se analizarán las diferencias entre ambas normativas, ya que en la Versión 3.0 nos encontrábamos con diferentes puntos abiertos, los cuales han tenido una corrección en la nueva versión.

Hay que tener en cuenta que los subsistemas de control – mando y señalización, se dividen en:

- Subsistemas a bordo
- Subsistemas en tierra

El caso que nos ocupa, el pedal de detección y el circuito de vía, forman parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra y del ámbito de aplicación de la detección de trenes.

Con la realización de este TFM se pretende dar una visión amplia de todas las pruebas, ensayos y recogida de información necesaria para poder llevar a cabo la verificación de interoperabilidad de estos equipos.

Al hacer la comparativa entre ambas versiones, se podrá concluir si con la nueva versión siguen quedando puntos abiertos o poco concretos y cómo afecta cada cambio de versión a la validez de verificación de la interoperabilidad.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 Estado del arte.....	11
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 Cambios con impacto en la evaluación de los sistemas de detección de trenes.....	16
<b>3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS .....</b>	<b>20</b>
<b>4. MEMORIA .....</b>	<b>21</b>
4.1 Requisitos aplicables de la ETI de CMS.....	21
4.2 Fases de evaluación que son de aplicación a cada requisito .....	25
4.3 Módulos específicos de evaluación.....	27
4.4 Descripción del sistema de protección de PaN .....	30
4.4.1 Normas aplicables.....	32
4.4.2 Arquitectura física.....	32
4.4.3 Descripción de los diferentes subsistemas .....	36
4.4.3.1 Subsistema de mando.....	36
4.4.3.2 Subsistema de suministro de energía .....	36
4.4.3.3 Subsistema de red de cables.....	36
4.4.3.4 Subsistema de detección de tren .....	36
4.4.3.5 Subsistema de registro .....	38
4.4.3.6 Subsistema de monitorización .....	38
4.4.3.7 Subsistema de supervisión .....	38
4.4.3.8 Subsistema de protección.....	38
4.5 Fases de evaluación, ensayos y pruebas.....	39
4.5.1 Pruebas de diseño y operación.....	39
4.5.1.1 Distancia máxima y mínima entre ejes (punto 3.1.2 de [7]).....	39
4.5.1.2 Geometría de la rueda (punto 3.1.3 de [7]).....	40
4.5.2 Pruebas de compatibilidad electromagnética.....	42
4.6 Planificación de ensayos y pruebas.....	43
<b>5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES.....</b>	<b>46</b>
5.1 Conclusiones .....	46
5.2 Aportaciones del TFM .....	49
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	_ Esquema general PaN	7
Ilustración 2	_ Subsistemas CMS	9
Ilustración 3	_ Contador de ejes como CI	16
Ilustración 4	_ Planificación de tareas	20
Ilustración 5	_ ERA/ERTMS/033281	24
Ilustración 6	_ PaN Clase C	30
Ilustración 7	_ PaN Clase B	30
Ilustración 8	_ Esquema PaN con circuito de vía por audiofrecuencia	33
Ilustración 9	_ Esquema PaN con circuito de vía por cuenta ejes	34
Ilustración 10	_ Caja de bornas	37
Ilustración 11	_ Representación del puenteo	39
Ilustración 12	_ Distancia entre ejes y su relación entre la distancia de liberación	40
Ilustración 13	_ Vista simplificada de la rueda de ensayos	41
Ilustración 14	_ Situación de ocupación	41
Ilustración 15	_ Gálibo partes bajas	42
Ilustración 16	_ Planificación	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Comparación ETIs	15
Tabla 2.	Impacto en los sistemas de detección debido a [7]	19
Tabla 3.	Parámetros básicos ETIs	22
Tabla 4.	Anexo A ETIs	23
Tabla 5.	Índice 77 ETIs	23
Tabla 6.	Aplicación de requisitos	27
Tabla 7.	Clasificación de periféricos	35
Tabla 8.	Tipos de pruebas	39

## GLOSARIO

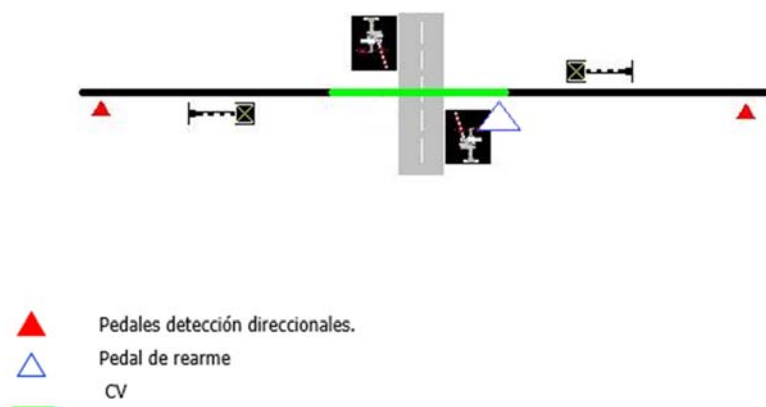
<b>Término</b>	<b>Definición</b>
TFM	Trabajo Fin de Máster
PaN	Paso a Nivel
PPNN	Pasos a Nivel
SFPN	Señal Ferroviaria de Paso a Nivel
ETI	Especificación Técnica de Interoperabilidad
CMS	Control – Mando y Señalización
ETCS	European Train Control System (Sistema Europeo de Control de Trenes)
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway ( Sistema Global para Comunicaciones móviles – Ferrocarril)
CI	Componente de Interoperabilidad
RBC	Radio Block Center ( Centro de Bloqueo por Radio)
LEU	Lineside Electronic Unit ( Unidad electrónica normalizada)
ERA	European Union Agency for Railways (Agencia Ferroviaria de la Unión Europea)
ERTMS	European Rail Traffic Management System (Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario)
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
S.L.A	Señal Luminosa y Acústica
SBA	Semibarreras Automáticas
SBE	Semibarreras Enclavadas
ca	Corriente alterna
cc	Corriente continua
RFIG	Red Ferroviaria de Interés General
RAM	Red de Ancho Métrico
AESF	Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del siguiente documento consiste en desarrollar un plan de certificación para la verificación “CE” de un sistema de detección de tren, enfocado en el pedal de detección y el circuito de vía isla, componentes ambos, del sistema de protección de pasos a nivel, como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra.

Un PaN es un cruce físico entre la línea ferroviaria y una carretera o un camino a la misma cota de nivel, permitiéndose en dicho espacio el tránsito de vehículos y personas sobre la vía férrea.

Es una instalación de seguridad sobre el cruce entre la vía ferroviaria y una carretera para ordenar el tránsito de vehículos y personas, pudiendo comprender barreras y/o señalización vertical luminosa y acústica.



*Ilustración 1 \_ Esquema general PaN*

La secuencia de funcionamiento de un PaN se describe a continuación de manera muy sencilla para un fácil concepto del mismo:

1. El tren pisa el pedal de detección (pedal de aproximación; punto de aviso)
2. Se activan las señales de carretera y las barreras se bajan
3. La SFPN da la indicación de PaN protegido
4. El tren ocupa el circuito de vía
5. El tren pisa el pedal de rearme
6. El tren libera el circuito de vía
7. Las barreras se levantan y las señales de carretera se apagan
8. La SFPN da la indicación de PaN desprotegido

A continuación se describen el pedal de detección y el circuito de vía isla de manera somera, ya que se profundiza a lo largo de todo el informe en ellos, puesto que son los equipos en los que se basa este TFM.

- **Pedal de detección** → también denominado pedal de aviso, se encuentra situado físicamente en uno de los carriles. Detecta la llegada de una circulación y en el sentido “hacia el PaN”; es decir, es un elemento de tipo puntual bidireccional.  
Se compone de dos cabezas detectoras y una unidad de vía asociada. Cada unidad de vía se identifica mediante una programación hardware con objeto de conseguir la seguridad del origen del dato enviado.  
Se instala en la vía mediante un soporte especial para evitar taladrar el carril.
- **Circuito de vía isla** → se encuentra situado físicamente a lo largo de un tramo de vía, justo en el punto del PaN. Informa de que la circulación está ocupando dicho tramo. Se utiliza para el proceso de liberación del paso y permitir la circulación de vehículos y peatones sin demora.  
Independientemente del sentido de movimiento del tren, este equipo informa de la presencia del mismo, en las inmediaciones del PaN. En general, a una distancia máxima de 75 metros a cada lado del PaN. Por tanto la longitud de este circuito de vía isla, no sobrepasa los 150m, lo que hace que en ocasiones se denomine circuito de vía corto.  
Los circuitos de vía isla de PaN, pueden ser de audiofrecuencia o por cuenta ejes.  
En el caso de circuito de vía por audiofrecuencia, este se compone de una junta emisora y otra receptora y de un pedal de rearme, compuesto por una cabeza detectora y su unidad de vía asociada.  
En el caso de circuito de vía por cuenta ejes, se compone, al igual que el pedal de aviso, de dos cabezas detectoras y una unidad de vía asociada, que se identifica mediante una programación hardware con objeto de conseguir la seguridad del origen del dato enviado.  
Tanto las cabezas del cuenta ejes como la del pedal de rearme se instalan en la vía mediante un soporte especial para evitar taladrar el carril.

Ambos forman parte del subsistema de CMS, por lo que era necesario la aplicación de [1] (ETI CMS) de la comisión de 27 de mayo de 2016, el cual queda modificado el 16 de junio de 2019, ya que a partir de esta fecha entra en vigor [2] (ETI CMS) que modifica, entre otros a [1].

Este último recoge ciertas modificaciones sobre el anterior, por lo que se debe hacer un estudio de ambos para poder llevar a cabo la verificación de interoperabilidad que nos compete. Por tanto se hará una comparativa entre un reglamento y otro atendiendo a los cambios que se recogen en [2] y el impacto que tienen sobre los sistemas de detección del tren que se pretenden verificar.

Para seguir, entender y aplicar la ETI de CMS se debe leer [3], cuyo objetivo es facilitar la aplicación de dicha ETI; esta guía que debe leerse y usarse junto con la ETI de CMS, tiene como objetivo facilitar la aplicación, proporcionar aclaraciones de ciertos conceptos y requisitos de la ETI.

En dicha guía se recoge el alcance de la ETI de CMS, que de manera visual se muestra en la siguiente ilustración:



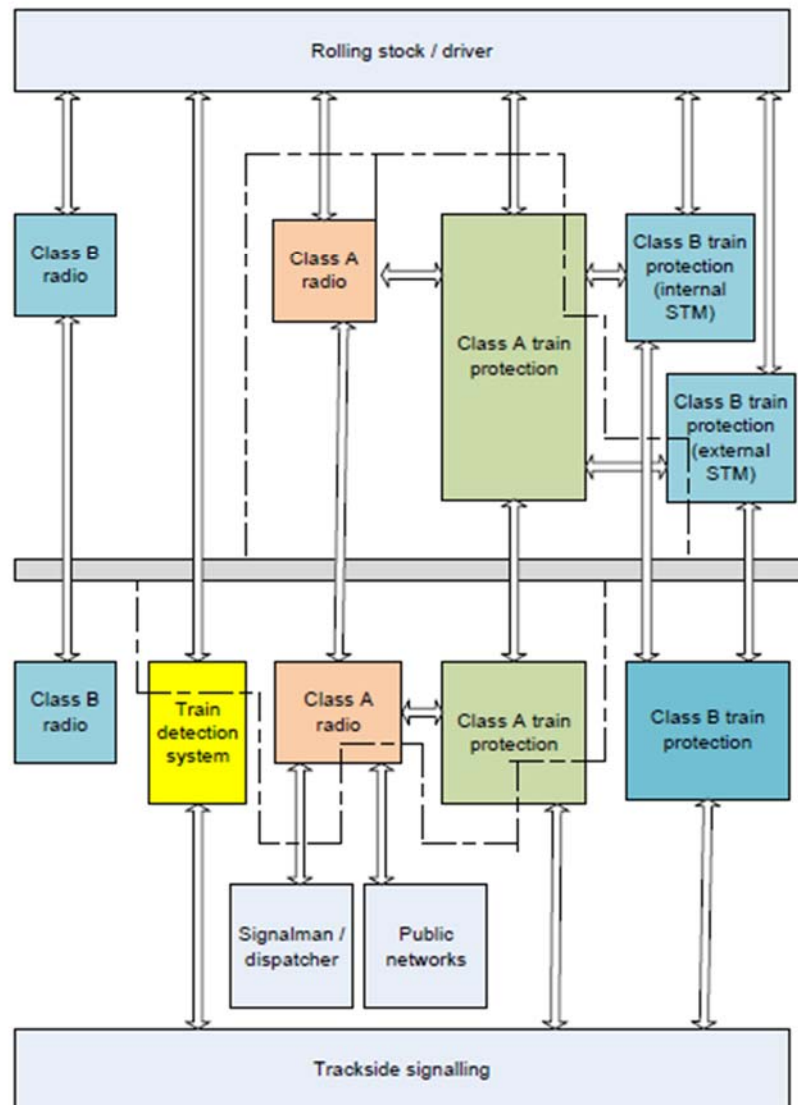


Ilustración 2 \_ Subsistemas CMS

En la imagen se muestran los subsistemas de CMS y su interfaz con el material rodante y los operadores. La línea gris horizontal separa los equipos de a bordo de los de tierra.

Los equipos que se encuentran dentro de la línea discontinua son los que se encuentran afectados por los requisitos de aplicación de la ETI. Siendo la caja “class A train porteccion” donde se encuentran recogidos tanto el pedal de detección como el circuito de vía isla.

Para poder llevar a cabo el plan de certificación se deben establecer los siguientes puntos:

- Requisitos aplicables de la normativa a certificar, en este caso la ETI de CMS
- Fases de evaluación que son de aplicación a cada requisito
- Módulos específicos de evaluación
- Descripción de los elementos del subsistema o parte del mismo
- Fases de evaluación, ensayos aplicables
- Planificación

Según indica [4], de 11 de mayo de 2019, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario que refunde [5], en su Anexo IV, apartado 2.3, los organismos notificados responsables de la verificación evaluarán el diseño, la producción y el ensayo final del subsistema y expedirán el certificado CE de verificación.

El expediente técnico que acompaña a la declaración CE de verificación deberá ser ensamblado por el solicitante, e incluir los siguientes elementos, atendiendo al contenido de [4]:

- Características técnicas relacionadas con el diseño, incluidos planos generales y de detalle en relación con la ejecución, esquemas eléctricos e hidráulicos, esquemas de los circuitos de mando-control, descripción de los sistemas informáticos y de los automatismos al nivel de detalle suficiente para documentar la verificación de conformidad efectuada, documentación sobre el funcionamiento y el mantenimiento, etc., pertinentes para el subsistema en cuestión.
- La lista de los componentes de interoperabilidad mencionados en el artículo 4, apartado 3, letra d), incorporados al subsistema.
- Los expedientes a los que se hace referencia en el artículo 15, apartado 4, compilados por cada uno de los organismos participantes en la verificación del subsistema, que deberán incluir: copias de las declaraciones CE de verificación y, cuando sea aplicable, de las declaraciones CE de idoneidad para el uso establecido para los componentes de interoperabilidad a que se refiere el artículo 4, apartado 3.
- En caso de ser necesario, de los cuadernos de cálculos correspondientes y de una copia de los informes de los ensayos y exámenes efectuados por los organismos notificados sobre la base de las especificaciones técnicas comunes.

## 1.1 *Estado del arte*

En el Anexo II de [4] se divide el sistema ferroviario en los siguientes subsistemas dentro de dos ámbitos diferentes:

1) *Ámbito de naturaleza estructural:*

- Infraestructura
- Energía
- Control-mando y señalización en tierra
- Control-mando y señalización a bordo
- Material rodante

2) *Ámbito de naturaleza funcional*

- Explotación y gestión de tráfico
- Mantenimiento
- Aplicaciones telemáticas para servicios de viajeros y transporte de mercancías

Los equipos que son objeto de análisis en este proyecto se encuentran dentro del subsistema de control-mando y señalización en tierra. En este Anexo II, estos se definen como *“todos los equipos necesarios para garantizar la seguridad, el mando y el control de la circulación de los trenes autorizados a circular por la red.”*

Es decir, los subsistemas de CMS son:

- *“las funciones que son esenciales para el control seguro del tráfico ferroviario y para su explotación, incluidas las que son necesarias en modos degradados;*
- *las interfaces;*
- *el nivel de prestaciones necesario para cumplir los requisitos esenciales.”*

Dicha Directiva en su Anexo III establece los requisitos esenciales que se deben cumplir para garantizar la interoperabilidad.

Estos requisitos esenciales los podemos dividir en requisitos generales, que se listan a continuación:

- Seguridad
- Fiabilidad y disponibilidad
- Salud
- Protección medio ambiental
- Accesibilidad

Y los requisitos específicos de cada subsistema, en el caso que nos compete los referidos al sistema de CMS, ya que no se hace distinción entre equipos en tierra y a bordo, son los siguientes:

- Seguridad \_ “*las instalaciones y operaciones de CMS que se utilicen deben permitir que los trenes circulen con un nivel de seguridad que corresponda a los objetivos fijados para la red. Los sistemas de CMS deben seguir permitiendo que circulen en condiciones plenamente seguras los trenes autorizados a circular en condiciones degradadas.*”
- Compatibilidad técnica \_ “*Toda nueva infraestructura y todo nuevo material rodante construidos o desarrollados después de la adopción de sistemas de CMS compatibles deberán estar adaptados a la utilización de dichos sistemas. Los equipos de CMS instalados en los puestos de conducción de los trenes deberán permitir una explotación normal, en las condiciones especificadas, en el sistema ferroviario.*”

Es importante tener en cuenta que dentro del Anexo I se describe la red ferroviaria que incluye dicha Directiva; por lo que atendiendo a dicho anexo, las ETI son tanto de aplicación en el sistema ferroviario de alta velocidad como en el convencional, ya sea de viajeros y/o de mercancías.

La estructura que sigue [1] se define a continuación:

- Artículo 1 → Objeto
- Artículo 2 → Ámbito de aplicación
- Artículo 3 → Puntos abiertos y casos específicos
- Artículo 4 → Proyectos en fase avanzada de desarrollo
- Artículo 5 → Notificación de información sobre la verificación de los sistemas ETCS y GSM-R en tierra
- Artículo 6 → Implementación
- Artículo 7 → Disponibilidad de productos ETCS a bordo
- Artículo 8 → Sistema de clase B
- Artículo 9 → Proyectos financiados por la UE
- Artículo 10 → Correcciones de errores
- Artículo 11 → Modificación de la ETI relativa al material rodante
- Artículo 12 → Derogación
- Artículo 13 → Disposiciones transitorias
- Artículo 14 → Entrada en vigor
- Anexo \_ Especificación técnica de interoperabilidad relativa a los subsistemas de <<control-mando y señalización>> del sistema ferroviario de la Unión Europea

En la siguiente tabla se recogen los cambios que se producen en algunos de los puntos anteriores al entrar en vigor [2]; la mayoría de ellos influyen en cualquier estudio que se lleve a cabo de esta especificación, ya que algunas de las modificaciones que se recogen en los artículos de la norma son más enfocados al ámbito administrativo que técnico.

En capítulo aparte se analizan las diferencias de los puntos técnicos de la ETI relacionados con los sistemas de detección y cómo influye en los equipos que son de estudio en este documento.

	[1]	[2]
Artículo 2	<p>1. La ETI se aplicará a todos los subsistemas nuevos, mejorados o renovados de «control-mando y señalización en tierra» y de «control-mando y señalización a bordo» descritos en los puntos 2.3 y 2.4 del anexo II de la Directiva 2008/57/CE.</p> <p>2. La ETI no se aplicará a los subsistemas existentes de «control-mando y señalización en tierra» y de «control-mando y señalización a bordo» del sistema ferroviario que ya se hubieran puesto en servicio en toda o en parte de la red ferroviaria de un Estado miembro en la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento, salvo que estén sujetos a renovación o mejora según lo estipulado en el artículo 20 de la Directiva 2008/57/CE y la sección 7 del anexo.</p> <p>3. La ETI se aplicará a las siguientes redes:</p> <p>a) la red del sistema ferroviario transeuropeo convencional definida en el punto 1.1. del anexo I de la Directiva 2008/57/CE;</p> <p>b) la red del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad definida en el punto 2.1 del anexo I de la Directiva 2008/57/CE;</p> <p>c) otras partes de la red del sistema ferroviario de la Unión, con arreglo a la ampliación del ámbito de aplicación descrita en el anexo I, punto 4, de la Directiva 2008/57/CE; y excluirá los casos contemplados en el artículo 1, apartado 3, de la misma.</p> <p>4. El ámbito de aplicación técnico y geográfico de la ETI se establecerá en los puntos 1.1 y 1.2 del anexo.</p>	<p>Se modifica como sigue:</p> <p>a) el apartado 1 se sustituye por el texto siguiente: «1.La ETI se aplicará a todos los subsistemas nuevos, mejorados o renovados de control-mando y señalización en tierra y de control-mando y señalización a bordo del sistema ferroviario definidos en los puntos 2.3 y 2.4 del anexo II de la Directiva (UE) 2016/797 del Parlamento Europeo y del Consejo (*). El punto 7.2.1a del anexo se aplicará a todos los cambios en un subsistema a bordo existente.</p> <p>(*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 (DO L 138 de 26.5.2016, p. 44).»;</p> <p>b) en el apartado 2 se suprime el texto «el artículo 20 de la Directiva 2008/57/CE y»;</p> <p>c) se suprime el apartado 3.</p>
Artículo 3	<p>1.Dentro de los seis meses siguientes a la entrada en vigor del presente Reglamento, cada Estado miembro enviará a los demás Estados miembros y a la Comisión la lista de organismos designados, de acuerdo con el artículo 17, apartado 3, de la Directiva 2008/57/CE, para realizar los procedimientos de evaluación de la conformidad y de verificación relativos a:</p> <p>a) los puntos abiertos especificados en el anexo G;</p> <p>b) los casos específicos señalados en el punto 7.6.2 del anexo;</p> <p>2. Si un Estado miembro ya ha remitido dicha información en aplicación de anteriores Decisiones de la Comisión, se considerará que ha cumplido esta obligación.</p>	<p>En el apartado 1, la referencia al «artículo 17, apartado 3, de la Directiva 2008/57/CE» se sustituye por la referencia al «artículo 14 de la Directiva (UE) 2016/797».</p>
Artículo 6	<p>1. Los proveedores y los solicitantes de autorización de puesta en servicio velarán por que todos los equipos citados en el artículo 2, apartado 1, del presente Reglamento que esté previsto utilizar en las</p>	<p>Se modifica como sigue:</p> <p>a) en el apartado 2, la referencia a los «artículos 13 y 18 de la Directiva 2008/57/CE» se sustituye por la referencia a los «artículos 10 y 15 de la Directiva (UE) 2016/797»; b) en el apartado 3, la referencia al</p>

	<p>redes citadas en el artículo 2, apartado 3, cumplan la ETI establecida en el anexo del presente Reglamento.</p> <p>2. Los organismos notificados velarán por que los certificados basados en la ETI establecida en el anexo del presente Reglamento, y concretamente en las disposiciones recogidas en el punto 6 se expidan dentro de los límites de sus competencias, determinadas en los artículos 13 y 18 de la Directiva 2008/57/CE.</p> <p>3. Las autoridades nacionales de seguridad velarán por que, dentro del ámbito de las competencias, determinadas en el artículo 16 de la Directiva 2004/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo ( 1 ), todo el equipo citado en el artículo 2 y puesto en servicio en su territorio cumpla la ETI establecida en el anexo del presente Reglamento</p> <p>4. Los Estados miembros elaborarán un plan de implementación nacional en el que describan las medidas conducentes al cumplimiento de la presente ETI, de conformidad con la sección 7 del anexo, y se establezcan los pasos que deban darse para la implementación de subsistemas de «control-mando y señalización» plenamente interoperables.</p> <p>5. Los Estados miembros enviarán sus planes de implementación nacionales a los demás Estados miembros y a la Comisión en el plazo de un año a partir de la entrada en vigor del presente Reglamento.</p>	<p>«artículo 16 de la Directiva 2004/49/CE» se sustituye por la referencia al «artículo 16 de la Directiva (UE) 2016/798 del Parlamento Europeo y del Consejo (*).</p> <p>(*) Directiva (UE) 2016/798 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, sobre la seguridad ferroviaria (DO L 138 de 26.5.2016, p. 102).».</p>
<p>Artículo 9</p>	<p>1. El ETCS se instalará en los proyectos de infraestructuras ferroviarias que reciban ayuda financiera de los fondos europeos cuando:</p> <p>1) se instale la parte de protección del tren de un subsistema CMS por primera vez, o</p> <p>2) se mejore la parte de protección del tren de un subsistema CMS que ya esté en servicio, de tal modo que la mejora modifique las funciones o las prestaciones del subsistema.</p> <p>2. La Comisión podrá conceder una excepción a la obligación establecida en los apartados anteriores cuando la señalización se renueve en tramos cortos (menos de 150 km) y discontinuos de una línea, siempre que el ETCS se instale antes de la primera de las dos fechas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— cinco años tras el final del proyecto, o</li> <li>— la fecha en que el tramo de esa línea se conecte con otra línea equipada con ETCS.</li> </ul> <p>3. El Estado miembro correspondiente deberá remitir a la Comisión dicho expediente, que contendrá un análisis económico del proyecto que demuestre que la puesta en servicio del ERTMS en la primera de las dos</p>	<p>Se modifica como sigue:</p> <p>a) en el apartado 4, la referencia al «artículo 29, apartado 1 de la Directiva 2008/57/CE» se sustituye por la referencia al «artículo 51, apartado 1, de la Directiva (UE) 2016/797»; b) en el apartado 5, la referencia a los «de los puntos 7.3.2.1, 7.3.2.2 y 7.3.2.3 de la Decisión 2012/88/UE» se sustituye por la referencia a «del artículo 2, apartado 1 del Reglamento de Ejecución (UE) 2017/6 de la Comisión (*) y del punto 7.4.1.1 del anexo del presente Reglamento.</p> <p>(*). Reglamento de Ejecución (UE) 2017/6 de la Comisión, de 5 de enero de 2017, sobre el plan de despliegue europeo del Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario (DO L 3 de 6.1.2017, p. 6).».</p>

	<p><i>fechas indicadas en el párrafo anterior, y no durante la ejecución del proyecto financiado por la UE, genera una ventaja técnica y/o económica sustancial.</i></p> <p><i>4. La Comisión estudiará el expediente, así como las medidas propuestas por el Estado miembro, e informará de sus conclusiones al Comité mencionado en el artículo 29, apartado 1, de la Directiva 2008/57/CE. En caso de que la Comisión conceda una excepción, el Estado miembro velará por que el ERTMS se instale antes de la primera de las dos fechas mencionadas en el apartado 2.</i></p> <p><i>5. Dicha excepción no impedirá la aplicación de los puntos 7.3.2.1, 7.3.2.2 y 7.3.2.3 de la Decisión 2012/88/UE,</i></p>	
Artículo 10	<p><i>Si se detectan errores que no permiten que el sistema preste un servicio normal, la Agencia publicará lo antes posible las soluciones correspondientes para corregirlos, así como la evaluación de su impacto en la compatibilidad y la estabilidad del despliegue existente del ERTMS. Dentro del plazo de un año a partir de la fecha de aplicación del presente Reglamento, la Agencia remitirá a la Comisión un dictamen técnico sobre la situación de las conclusiones registradas en la base de datos de solicitudes de cambio. La Comisión analizará el dictamen técnico con la ayuda del Comité a que se hace referencia en el artículo 29, apartado 1, de la Directiva 2008/57/CE. Tal como se indica en el artículo 7, apartado 2, de la Directiva 2008/57/CE, si los errores no justifican una revisión inmediata, la Comisión podrá recomendar que se utilice el dictamen técnico a la espera de la revisión de la ETI.</i></p>	<p><i>Se sustituye por el siguiente texto:</i></p> <p><i>Si se detectan errores que no permiten que el sistema preste un servicio normal, la Agencia determinará lo antes posible las soluciones correspondientes para corregirlos, ya sea de oficio o a instancia de la Comisión, así como la evaluación de su impacto en la compatibilidad y la estabilidad del despliegue existente del ERTMS. En tales casos, la Agencia enviará a la Comisión un dictamen sobre dichas soluciones y la evaluación. La Comisión analizará el dictamen de la Agencia con la ayuda del Comité mencionado en el artículo 51, apartado 1, de la Directiva (UE) 2016/797, y podrá recomendar que las soluciones especificadas en el dictamen de la Agencia se apliquen hasta la siguiente revisión de la ETI.</i></p>

Tabla 1. Comparación ETIs

Además de los cambios anteriores, se debe comentar también que en [2] el artículo 5 se suprime, y se incluye el artículo 11 bis sobre “Compatibilidad y futura revisión del ERTMS.”

## 2. OBJETIVOS

En [1] se indicaba que la recomendación a seguir para cumplir los distintos interfaces entre el subsistema de CMS en vía y otros subsistemas es [6], la cual se ve modificada en [2], pasando a ser utilizada la recomendación [7].

Por tanto, con este TFM se analizan los cambios recogidos en [2] que tienen impacto en la evaluación de los sistemas de detección de trenes. Se recoge de manera clara y concisa cuales son los cambios que se producen en [7] y si en esta nueva versión se cierran los distintos puntos abiertos que existían en [6].

Se pretende que este TFM sirva de guía para la aplicación directa de la ETI de CMS sin tener la necesidad de comparar ambas en futuros planes de certificación para la verificación “CE” de un sistema de detección de tren, enfocado en el pedal de detección y el circuito de vía isla de un PaN.

### 2.1 Cambios con impacto en la evaluación de los sistemas de detección de trenes

Hasta la entrada en vigor de [2], los únicos componentes de interoperabilidad (CI) en el subsistema de CMS en tierra eran:

- RBC
- Unidad radio infill
- Eurobaliza
- Eurolazo
- LEU – Eurobaliza
- LEU - Eurolazo

Desde el 16 de junio de 2019 que se empieza aplicar [2], se añade un CI más:

- Contador de ejes; además de ser una parte del subsistema CMS en tierra

7	Axle Counter	Trackside train detection systems (only parameters relevant for axle counters)	4.2.10
		Electromagnetic compatibility (only parameters relevant for axle counters)	4.2.11
		Construction of equipment	4.2.16'

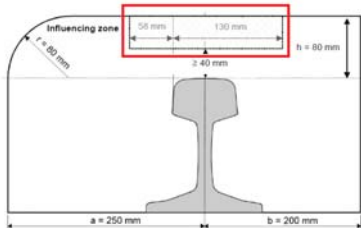
*Ilustración 3 \_ Contador de ejes como CI*

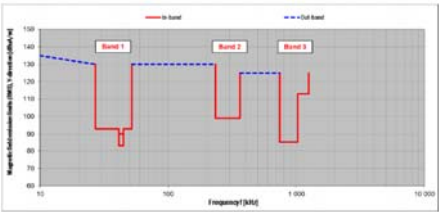
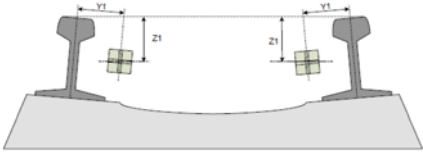
Por tanto el contador de ejes se evaluará como un CI.

A continuación se resumen, teniendo como base la nueva versión [7], los requisitos que se han actualizado y que impactan en la evaluación de sistemas de detección de trenes.



Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra

Requisito	Modificación	Impacto
3.1.2.2 – Distancia mínima entre ejes (1)	<p>Se armoniza el parámetro;</p> <p>Esta distancia dependerá de la velocidad del tren y se incorpora la tabla 2 en la que se recogen los valores mínimos de distancia entre ejes.</p>	<p>Si las pruebas ya se realizaron en v3.0: comprobar si los resultados obtenidos demuestran el cumplimiento de este requisito en v4.0.</p> <p>Si las pruebas aún no se realizaron en v3.0: revisar la especificación de las pruebas para adaptarla al requisito v4.0.</p>
3.1.3.2 – Diámetro mínimo de rueda	<p>Se armoniza el parámetro;</p> <p>Se incluye tabla 4 en la que en función de la velocidad máxima se admitirán unos diámetros de rueda, distinguiendo ruedas enterizas y ruedas de radios.</p>	<p>Si las pruebas ya se realizaron en v3.0: comprobar si los resultados obtenidos demuestran el cumplimiento de este requisito en v4.0.</p> <p>Si las pruebas aún no se realizaron en v3.0: revisar la especificación de las pruebas para adaptarla al requisito v4.0.</p>
3.1.3.5 – Espacio libre de componentes metálicos e inductivos entre ruedas	<p>Aparece una nueva área sensible de influencia en la figura 5</p> 	<p>Si las pruebas ya se realizaron en v3.0: debe repetirse la prueba con la nueva área sensible.</p> <p>Si las pruebas aún no se realizaron en v3.0: revisar la especificación de las pruebas para adaptarla al requisito v4.0.</p>

<p>3.2.1.1 – Gestión de frecuencias</p>	<p>Se modifica la frecuencia en parte de la banda 1 en el eje Y, como se ve en la figura 8</p> 	<p>Si las pruebas ya se realizaron en v3.0: comprobar si los resultados obtenidos demuestran el cumplimiento de este requisito en v4.0.</p> <p>Si las pruebas aún no se realizaron en v3.0: revisar la especificación de las pruebas para adaptarla al requisito v4.0.</p>						
<p>3.2.1.4 – Especificación de medición, pruebas y evaluación</p>	<p>Se modifica la posición del montaje de la antena, mediante la tabla 12 y la figura 12</p> <table border="1" data-bbox="817 815 1263 895"> <thead> <tr> <th></th> <th>Y1 (tolerances) [mm]</th> <th>Z1 (tolerances) [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MA centre position (10 kHz to 1.3 MHz)</td> <td>96 (-3; +3)</td> <td>73 (-5; +5)</td> </tr> </tbody> </table> 		Y1 (tolerances) [mm]	Z1 (tolerances) [mm]	MA centre position (10 kHz to 1.3 MHz)	96 (-3; +3)	73 (-5; +5)	<p>Si las pruebas ya se realizaron en v3.0: comprobar si la posición de la antena en las pruebas v3.0 también cumple con la posición de montaje definida en v4.0.</p> <p>Si las pruebas aún no se realizaron en v3.0: revisar la especificación de las pruebas para adaptarla al requisito v4.0.</p>
	Y1 (tolerances) [mm]	Z1 (tolerances) [mm]						
MA centre position (10 kHz to 1.3 MHz)	96 (-3; +3)	73 (-5; +5)						
<p>3.2.2.4 a 3.2.2.6 – 25 kV ca, 50 Hz/15 kV ca, 16,7Hz y 3 kV cc,1,5kV cc Límites de interferencia electromagnética para corriente de tracción</p>	<p>Se añaden las tablas 13, 14 y 15, y las figuras 13, 14 y 15.</p>	<p>Se incluyen estos datos para cerrar un punto abierto existente en [1].</p>						

<p>Nuevo capítulo → 4.1 _ Contador de ejes componente de interoperabilidad</p>	<p>Para la gestión de frecuencia definida en el capítulo 3.2.1 para el nivel de inmunidad del contador de eje (campo magnético), se observará un margen de al menos + 9dB dentro de la banda y + 3dB fuera de banda.</p>	<p>Si las pruebas ya se realizaron en v3.0: comprobar si los márgenes definidos en v4.0 se han respetado en las pruebas ya realizadas.</p> <p>Si las pruebas aún no se realizaron en v3.0: revisar la especificación de las pruebas para adaptarla al requisito v4.0.</p>
--	--	---

*Tabla 2. Impacto en los sistemas de detección debido a [7]*

### 3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS

Las tareas asociadas a la redacción de este trabajo se listan a continuación:

- 1) Búsqueda de toda la normativa que es de aplicación, teniendo especial cuidado a las nuevas revisiones o modificaciones que se han ido produciendo sobre las mismas en los últimos años.
- 2) Estudio de dicha normativa, prestando especial interés en la que nos ocupa, la ETI de CMS. Ya que [1] se ve modificado en cientos puntos por [2].
- 3) Recogida de información de los equipos que son objeto de este estudio, es decir de los sistemas de detección que forman parte de un PaN. Así como de información de manera global del sistema de protección de PaN.
- 4) Análisis de la información anterior y de cómo se debe aplicar la ETI a estos equipos para llevar a cabo la certificación CE de los equipos.
- 5) Redactar el TFM recogiendo todos los datos necesarios que se deben cumplir para llevar a cabo el plan de certificación atendiendo a los ensayos a los que se deben someter los equipos de detección de un PaN.
- 6) Entrega y defensa del TFM.

La planificación de estas tareas inicialmente prevista se representa a continuación:

	Feb 2020				Mar 2020				Abr 2020				May 2020				Jun 2020				Jul 2020			
ACTIVIDAD	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Búsqueda de normativa	■	■	■																					
Estudio de normativa			■	■	■																			
Recogida información equipos						■	■	■																
Análisis información equipos									■	■	■	■	■	■	■	■								
Redacción TFM													■	■	■	■	■	■	■	■				
Entrega TFM																					■			
Defensa TFM																						■	■	

*Ilustración 4 \_ Planificación de tareas*

## 4. MEMORIA

Como se indicó al inicio de este documento, los distintos puntos de los que consta el plan de certificación son:

- Requisitos aplicables de la normativa a certificar, en este caso la ETI de CMS
- Fases de evaluación que son de aplicación a cada requisito
- Módulos específicos de evaluación
- Descripción de los elementos del subsistema o parte del mismo
- Fases de evaluación, ensayos aplicables
- Planificación

A lo largo de los siguientes apartados de este capítulo se describen cada uno de los ítems anteriores. Para ello es necesario hacer el estudio del *Anexo \_ Especificación técnica de interoperabilidad relativa a los subsistemas de <<control-mando y señalización>> del sistema ferroviario de la Unión Europea*, de [1] junto con las modificaciones que haya podido sufrir en [2].

### 4.1 *Requisitos aplicables de la ETI de CMS*

El ámbito de aplicación de los subsistemas de CMS puede dividirse en las siguientes partes:

- Protección del tren
- Radiocomunicación de voz
- Radiocomunicación de datos
- Detección de trenes

Los parámetros básicos que son relevantes para cada subsistema y para cada parte se recogen en el siguiente cuadro, recogido en la ETI:

Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra

[1]			[2]		
Subsistema	Parte	Parámetros básicos	Subsistema	Pieza	Parámetros básicos
Control-mando y señalización a bordo	Protección del tren	4.2.1, 4.2.2, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.12, 4.2.14, 4.2.16	Control-mando y señalización a bordo	Protección del tren	4.2.1, 4.2.2, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.12, 4.2.14, 4.2.16, 4.2.17
	Radiocomunicación de voz	4.2.1.2, 4.2.4.1, 4.2.4.2, 4.2.5.14.2.13, 4.2.16		Radiocomunicación de voz	4.2.1.2, 4.2.4.1, 4.2.4.2, 4.2.5.1, 4.2.13, 4.2.16, 4.2.17
	Radiocomunicación de datos	4.2.1.2, 4.2.4.1, 4.2.4.3, 4.2.5.1, 4.2.6.2, 4.2.16		Radiocomunicación de datos	4.2.1.2, 4.2.4.1, 4.2.4.3, 4.2.5.1, 4.2.6.2, 4.2.16, 4.2.17
Control-mando y señalización en tierra	Protección del tren	4.2.1, 4.2.3, 4.2.5, 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.15, 4.2.16	Control-mando y señalización en tierra	Protección del tren	4.2.1, 4.2.3, 4.2.5, 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.15, 4.2.16, 4.2.17
	Radiocomunicación de voz y datos	4.2.1.2, 4.2.4, 4.2.5.1, 4.2.7, 4.2.16		Radiocomunicación de voz	4.2.1.2, 4.2.4, 4.2.5.1, 4.2.7, 4.2.16, 4.2.17
	Detección de trenes	4.2.10, 4.2.11, 4.2.16		Radiocomunicación de datos	4.2.1.2, 4.2.4, 4.2.5.1, 4.2.7, 4.2.16, 4.2.17
Detección de trenes				4.2.10, 4.2.11, 4.2.16	

Tabla 3. Parámetros básicos ETIs

El caso que nos ocupa, es el subsistema de control-mando y señalización en tierra y en la parte de detección de tren; como se puede observar en el cuadro comparativo anterior, los parámetros básicos no han sufrido modificación en la nueva ETI. Por tanto los parámetros básicos que se deben cumplir son:

- Detección de trenes → 4.2.10, 4.2.11, 4.2.16

Según lo recogido en la ETI, se define:

**4.2.10 Sistemas de detección en tierra** \_ se especifican los requisitos de interfaz entre los sistemas de detección de trenes en tierra y el material rodante.

Los requisitos que deben respetarse se recogen en el *anexo A* de la ETI, en el cual se indican las especificaciones obligatorias.

**4.2.11 Compatibilidad electromagnética entre el material rodante y los equipos de control-mando y señalización en tierra**

Los requisitos que deben respetarse se recogen en el *anexo A* de la ETI, en el cual se indican las especificaciones obligatorias.

**4.2.16 Construcción de los equipos utilizados en los subsistemas CMS** \_ se deben respetar las condiciones medioambientales especificadas en el Anexo A de la ETI.

Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra

[1]		[2]	
Referencia en el capítulo 4	Número de índice (véase el cuadro A 2)		
<b>4.2.8</b>			
4.2.8 a	11, 79, 83		
<b>4.2.9</b>			
4.2.9a	23		
<b>4.2.10</b>			
4.2.10 a	77 (punto 3.1)		
<b>4.2.11</b>			
4.2.11 a	77 (punto 3.2)		
		<b>4.2.10</b>	
		4.2.10 a	77 (punto 3.1)
		<b>4.2.11</b>	
		4.2.11 a	77 (punto 3.2)

Tabla 4. Anexo A ETIs

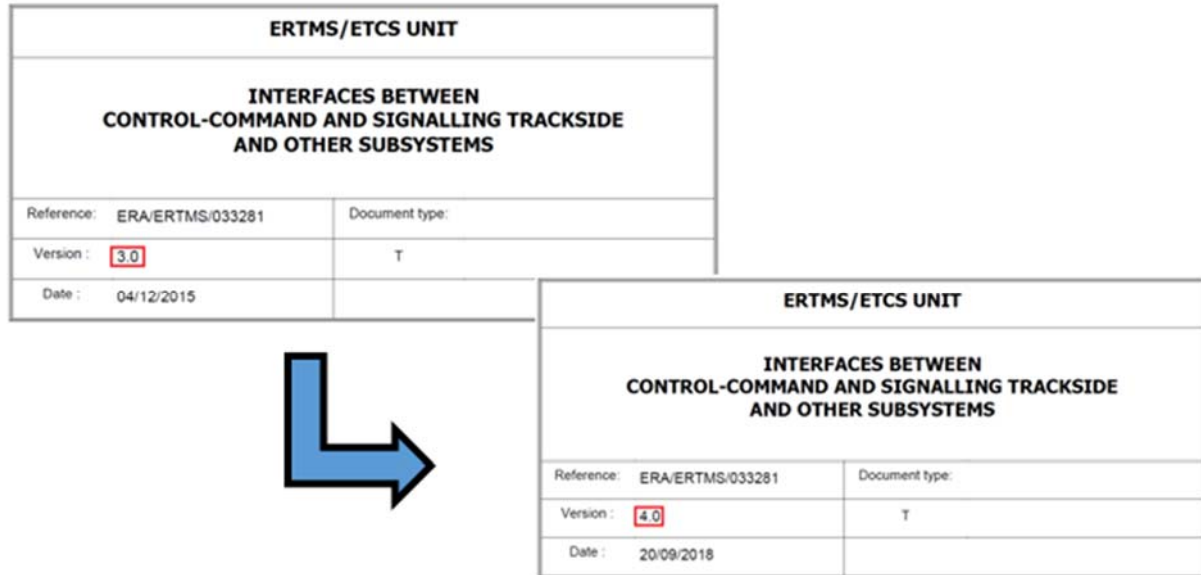
Como se muestra en el cuadro comparativo anterior, no sufre modificaciones con respecto a la antigua ETI. Por tanto siguiendo la ETI, en el cuadro A 2.1 “Lista de especificaciones obligatorias”, tenemos:

[1]					[2]				
Nº del índice	Serie de especificaciones n.º 1 (ETCS del referencial 2 y GSM-R del referencial 1)				Nº del índice	Serie de especificaciones n.º 2 (ETCS del referencial 3 Versión de Mantenimiento 1 y GSM-R del referencial 1)			
	Referencia	Nombre de la especificación	Versión	Notas		Referencia	Nombre de la especificación	Versión	Notas
77	ERA/ERTMS/033281	Interfaces between CCS track-side and other subsystems	3.0	Nota 7	77	ERA/ERTMS/033281	Interfaces between CCS track-side and other subsystems	4.0	Nota 7

Tabla 5. Índice 77 ETIs

Es en este punto, nos encontramos que en la anterior ETI se especifica como referencia de aplicación [6], mientras que en la ETI nueva es [7].

Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra



*Ilustración 5 \_ ERA/ERTMS/033281*



#### 4.2 Fases de evaluación que son de aplicación a cada requisito

Se debe tener en cuenta que los sistemas de detección de trenes destinados a ser utilizados en líneas interoperables, son:

- Contadores de ejes (con detectores de rueda electromagnéticos)
- Circuitos de vía
- Detectores de vehículos basados en lazos inductivos
- Otros sistemas de detección de tren basados en detectores de rueda (por ejemplo, para operaciones de paso a nivel)

A continuación se indican los requisitos, siguiendo [7], referidos a los elementos que nos competen en este informe, que se deben cumplir para los distintos interfaces entre el subsistema de CMS en vía y otros subsistemas y el procedimiento a llevar a cabo para poder demostrar cada uno de los mismos.

Requisito	Circuito de vía audiofrecuencia	Punto de aviso/ cuenta ejes
3.1.2 Distancias entre ejes	<i>Punto de estructura del documento</i>	
3.1.2.1 – Distancia máxima entre ejes	No aplicable, ya que el circuito de vía de PaN sólo puede instalarse de manera aislada	Aplicable, típicamente demostración mediante manual de instalación.
3.1.2.2 – Distancia mínima entre ejes (1)	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos y experiencia en servicio (en términos de velocidad).
3.1.2.3 – Distancia mínima entre ejes (2)	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante manual de instalación.
3.1.2.4 – Distancia máxima entre ejes (3)	No aplica	No aplica
3.1.2.5 – Distancia entre el final del tren y el primer eje en las nuevas líneas de alta velocidad	No aplicable, ya que el circuito de vía de PaN sólo puede instalarse de manera aislada	Aplicable, típicamente demostración mediante manual de instalación.
3.1.2.6 – Distancia entre el final del tren y el primer eje en otras líneas	Aplicable, típicamente demostración mediante manual de instalación.	Aplicable, típicamente demostración mediante manual de instalación.
3.1.3 Geometría de la rueda	<i>Punto de estructura del documento</i>	
3.1.3.1 – Ancho mínimo de la rueda	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.

3.1.3.2 – Diámetro mínimo de la rueda	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos y experiencia en servicio (en términos de velocidad).
3.1.3.3 – Espesor mínimo de la pestaña	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.
3.1.3.4 – Altura de la pestaña	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.
3.1.3.5 – Espacio libre de componentes metálicos e inductivos entre ruedas	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.
3.1.3.6 – Material de la rueda	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.
3.1.4 – Uso de areneros	Aplicable, típicamente relacionado con la condición de uso del equipo en cuanto al valor de shunt que garantiza la correcta detección.	No aplica
3.1.5 – Lubricación de la pestaña	Aplicable, típicamente relacionado con la condición de uso del equipo en cuanto al valor de shunt que garantiza la correcta detección.	No aplica
3.1.6 – Uso de bloques de freno compuesto	Aplicable, típicamente relacionado con la condición de uso del equipo en cuanto al valor de shunt que garantiza la correcta detección.	No aplica
3.1.7 – Carga del eje del vehículo y construcción metálica	No aplica	No aplica
3.1.8 – Uso de equipos de shuntado	No aplica	No aplica
3.1.9 – Impedancia entre ruedas	No aplica	No aplica
3.1.10 – Características del material rodante que influyen en la impedancia de shuntado	Aplicable, típicamente relacionado con la condición de uso del equipo en cuanto al valor de shunt que garantiza la correcta detección.	No aplica
3.2 <i>Compatibilidad electromagnética</i>	<i>Punto de estructura del documento</i>	
3.2.1 – Campos electromagnéticos	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.
3.2.2.1 – Impedancia del vehículo	No aplica	No aplica

3.2.2.2 – Corriente de tracción a la frecuencia de alimentación	Aplicable, típicamente demostración mediante experiencia en servicio (en términos de tipos de electrificación).	Aplicable, típicamente demostración mediante experiencia en servicio (en términos de tipos de electrificación).
3.2.2.4 a 3.2.2.6 – 25 kV ca, 50 Hz/15 kV ca, 16,7Hz y 3 kV cc, 1,5kV, 750V cc Límites de interferencia electromagnética para corriente de tracción	Aplicable, típicamente demostración mediante experiencia en servicio (en términos de tipos de electrificación).	Aplicable, típicamente demostración mediante experiencia en servicio (en términos de tipos de electrificación).
4.1. Contador de eje componente de interoperabilidad	No aplica	Aplicable, típicamente demostración mediante ensayos.

Tabla 6. Aplicación de requisitos

### 4.3 Módulos específicos de evaluación

En [8] de la comisión de 9 de noviembre de 2010 se identifican cada uno de los módulos para los procedimientos de evaluación de la conformidad, idoneidad para el uso y verificación CE que deben utilizarse en las ETI.

Se considerará que las declaraciones de verificación CE para un subsistema de CMS a bordo y para un subsistema de CMS en tierra, junto con los certificados de conformidad, son suficientes para garantizar que los subsistemas son compatibles en las condiciones especificadas en la presente ETI.

La aplicación de los módulos de evaluación de cada una de las ETI se encuentra definida en el apartado 6 de cada una de ellas, “*Evaluación de conformidad y/o idoneidad para el uso de componentes y verificación de los subsistemas*”. En la nueva ETI de CMS ([2]) hay una serie de modificaciones sobre la antigua ([1]) con respecto a este apartado, pero no afecta a la definición de los módulos para los subsistemas de CMS.

Por tanto el procedimiento de evaluación se realizará aplicando uno de los módulos definidos en el punto “6.3.2 *Módulos para subsistemas de control-mando y señalización*”, explicados y analizados en [9].

A continuación, se definen los módulos que son de aplicación en el análisis de la ETI que nos compete:

#### A. Subsistema de CMS a bordo

“Para verificar el subsistema de control-mando y señalización a bordo, el solicitante podrá optar por:

- 1) el procedimiento de examen de tipo (módulo SB) para la fase de diseño y desarrollo, en combinación con el procedimiento de sistema de gestión de la calidad de la producción (módulo SD) para la fase de fabricación;
- 2) el procedimiento de examen de tipo (módulo SB) para la fase de diseño y desarrollo,

*en combinación con el procedimiento de verificación de los productos (módulo SF), o  
3) el procedimiento de sistema de gestión de la calidad total con examen del diseño (módulo SH1).”*

#### **B. Subsistema en tierra**

*“Para verificar el subsistema de control-mando y señalización en tierra, el solicitante podrá optar por:*

- 1) el procedimiento de verificación por unidad (módulo SG), o*
- 2) el procedimiento de examen de tipo (módulo SB) para la fase de diseño y desarrollo, en combinación con el procedimiento de sistema de gestión de la calidad de la producción (módulo SD) para la fase de fabricación*
- 3) el procedimiento de examen de tipo (módulo SB) para la fase de diseño y desarrollo, en combinación con el procedimiento de verificación de los productos (módulo SF), o*
- 4) el procedimiento de sistema de gestión de la calidad total con examen del diseño (módulo SH1).”*

Por lo tanto, para el caso del presente documento es de aplicación el punto B. Subsistema de CMS en tierra; para realizar la verificación CE se aplicarán los siguientes módulos para cada uno de los sistemas de detección dentro del alcance del proyecto:

- Módulo SB “Examen CE de tipo” que abarca las siguientes actividades:
  - Evaluación de la conformidad basada en la documentación técnica – primera parte “diseño del tipo”
  - Evaluación de la conformidad basada en la documentación técnica \_ segunda parte “producción del tipo”
  - Redacción del informe de evaluación
  - Elaboración del expediente técnico y emisión del certificado
- Módulo SD “Verificación CE basada en el sistema de gestión de la calidad del proceso de producción”, que engloba:
  - Etapa primera (ST1): preparación de la auditoría
  - Etapa segunda (ST2): auditoría in situ
  - Redacción del informe final de evaluación y emisión de certificados.
  - Supervisión del Sistema de Gestión de la Calidad.

Para la primera etapa de verificación del módulo SD, la documentación necesaria que se debe aportar es:

- Manual del Sistema de Gestión de la organización
- Plan de Calidad relacionado con el producto a certificar
- Certificados ISO 9001 y 14001 (esta última en caso de tenerla)
- Organigrama
- Mapa de procesos

- Procesos o procedimientos relacionados con:
- Formación
- Recepción de productos o materiales
- Evaluación de Proveedores
- No Conformidades
- Control de la producción
- Calibración y equipos de medida
- Informe de la última auditoría interna y externa

Se debe tener en cuenta que ahora, según [7], el contador de ejes es un CI, además de un parte del subsistema de CMS en tierra, por tanto de manera individual, se debe evaluar como un CI, pudiendo optar por:

- 1) *“el procedimiento de examen de tipo (módulo CB) para la fase de diseño y desarrollo, en combinación con el procedimiento de sistema de gestión de la calidad de la producción (módulo CD) para la fase de producción, o*
- 2) *el procedimiento de examen de tipo (módulo CB) para la fase de diseño y desarrollo, en combinación con el procedimiento de verificación de los productos (módulo CF), o*
- 3) *el procedimiento de sistema de gestión de la calidad total con examen del diseño (módulo CH1).”*

Por lo tanto, se aplicaría el módulo CB combinado con el módulo CD.

#### 4.4 Descripción del sistema de protección de PaN

En este punto se pretende dar una visión general de un sistema de protección de PaN basándonos en [10]. Además de indicar la normativa que se debe cumplir, los distintos equipos que conforman el sistema y analizar en detalle sus elementos pertenecientes al subsistema de CMS en vía.

Atendiendo a [11], se define “un PaN como el encuentro, a la misma cota de dos vías de diferentes características, cuando una de ellas corresponde a un ferrocarril.”



*Ilustración 6 \_ PaN Clase C*



*Ilustración 7 \_ PaN Clase B*

ADIF clasifica los PPNN atendiendo al número de trenes que circulan por la vía, al trazado de la misma y al número de vehículos que la cruzan. Partiendo de [12] se tienen los siguientes tipos de PPNN:

- Clase A \_ protección con señales fijas; es la mínima protección que puede tener un PaN; para señalizarlo se tiene:
  - en vía solo se tiene un cartelón de “SILBAR” a 500m a cada lado del paso.
  - en carretera se tienen varias señales entre ellas la de “PN sin barreras”, la de “Parada Obligatoria” y la de “Adelantamiento prohibido”
- Clase B \_ protección con señales luminosas y acústicas; son los denominados S.L.; se señalizan de la siguiente manera:
  - en vía también tienen el cartelón anterior y una SFPN, que se debe activar 30 segundos antes del paso del tren, que indica al maquinista si la SLA funciona correctamente o no.
  - En carretera además de la señalización de clase A, pose un semáforo de dos luces rojas alternativamente intermitentes y de una campana o timbre.
- Clase C \_ protección con barreras, dobles semibarreras o barreras, automáticas o enclavadas, además de con señales fijas y luminosas y acústicas; podemos clasificarlos en:
  - SBA
  - SBE\_ se encuentran dentro de las señales de entrada de una estación
  - En vía tiene la misma señalización que los de Clase B
  - En carretera además de los de Clase B tenemos las barreras.
  - Las señales de carretera, sonería y semáforos, deberán activarse 45 segundos antes del paso de tren; en el caso de semibarreras dobles, serán 60 segundos.
  - Las barreras y semibarreras empezarán a bajar entre 6 y 8 segundos después de que comiencen las señales acústicas y luminosas y tardarán entre 7 y 10 segundos en bajar.
  - En las semibarreras dobles, las de salida empezarán a bajar cuando las de entrada hayan terminado de bajar.
- Clase D \_ son PPNN de la Clase A en los que la protección la hace un agente ferroviario que detiene en tráfico de carretera para que pase el tren. Solo lo hay en PPNN con velocidad máxima 40km/h.
- Clase E \_ protección con barreras o semibarreras con personal a pie de paso. Tienen la misma señalización que los de Clase B y C, con la diferencia que la protección la activa un agente ferroviario en contacto telefónico con el puesto de mando o las estaciones colaterales. La protección deberá estar activa, al menos 60 segundos antes del paso del tren. Solo está instalado en aquellos pasos en los que ya existe la Clase B o C.
- Clase F \_ protección específica para pasos de peatones y ganado. Es un paso a nivel de Clase B en los que las señales de carretera se sustituyen por señales destinadas a los peatones o al ganado. Se instalarán vallas que dificultarán el paso, haciendo que el peatón tenga que extremar la atención. Está instalada en cualquier paso destinado a peatones o ganado.

#### 4.4.1 Normas aplicables

El diseño y fabricación de un sistema de protección de PaN debe cumplir con la siguiente normativa:

- ISO 9001:2008 Sistema de gestión de la calidad
- ISO 14001:2004 Sistema de gestión ambiental
- OSHAS 18001:2007 Sistema de Gestión de seguridad y salud laboral
- EN 50121-4:2007 Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 4: Emisión e inmunidad de los aparatos de señalización y telecomunicaciones.
- EN 50125-3:2004 Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para equipos. Parte 3: Equipos para señalización y telecomunicaciones.
- EN 50126-1:2005 Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS). Parte 1: Requisitos básicos y procesos genéricos.
- EN 50128:2012 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección ferroviarios.
- EN 50129:2005 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos de señalización relacionados con la señalización.
- EN 50159:2011 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Comunicación relacionada con la seguridad en sistemas de transmisión.
- EN 61000-4-29:2002 Compatibilidad electromagnética (EMC) - Parte 4: Técnicas de prueba y medición - Sección 29: Caídas de voltaje, interrupciones cortas y variaciones de voltaje en D.C. Pruebas de inmunidad del puerto de alimentación de entrada.

#### 4.4.2 Arquitectura física

A continuación, se presentan dos esquemas generales de un sistema de protección de PaN. La única diferencia entre ellos, es que en el primer caso el circuito de vía isla es por audiofrecuencia más pedal de rearme y en el segundo por contadores de ejes.

En ambos se encuentran representados los elementos activos de un PaN necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Cada uno de ellos será analizado a lo largo de este documento describiendo sus características y funcionalidades.



Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra

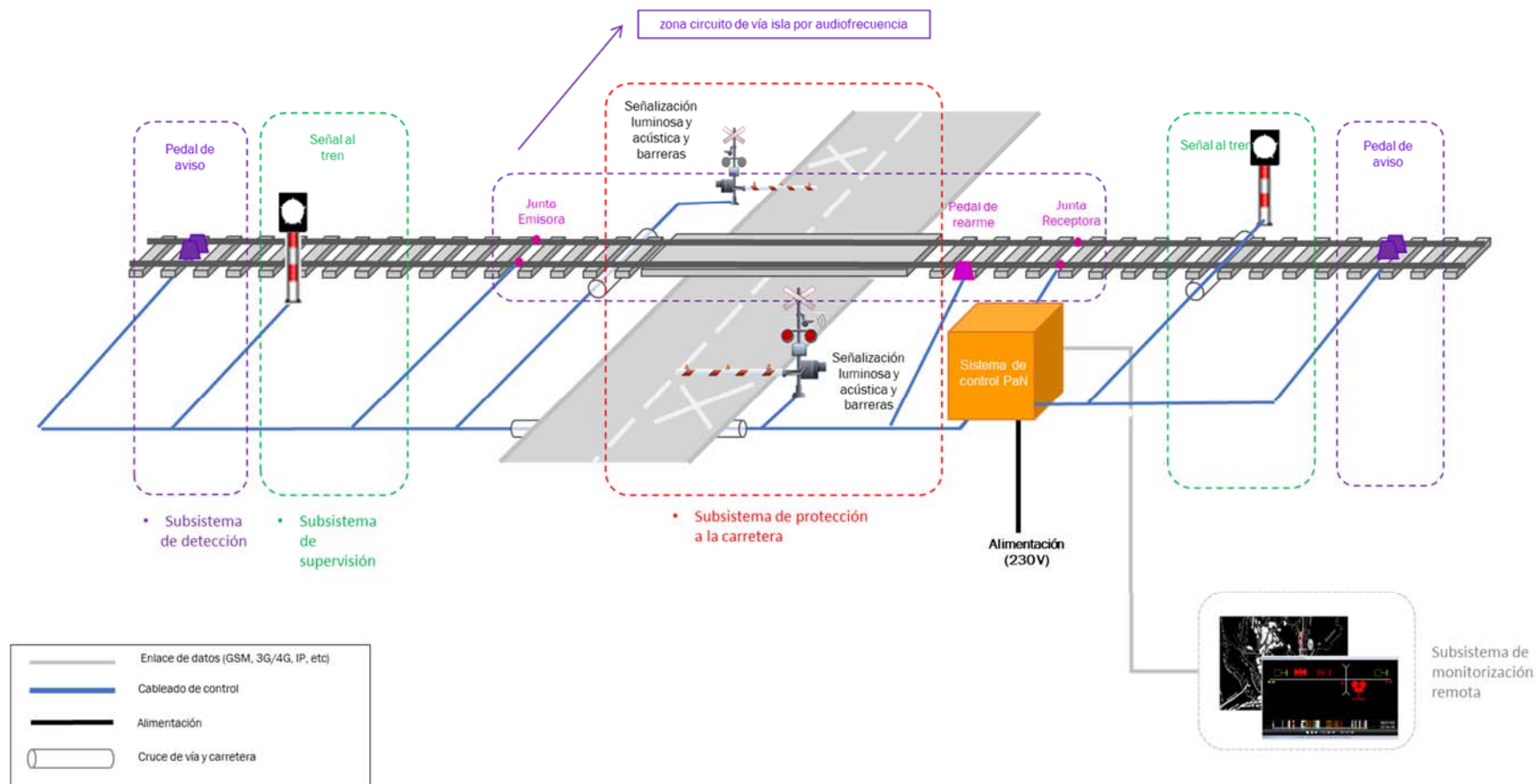


Ilustración 8 \_ Esquema PaN con circuito de vía por audiofrecuencia

Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra

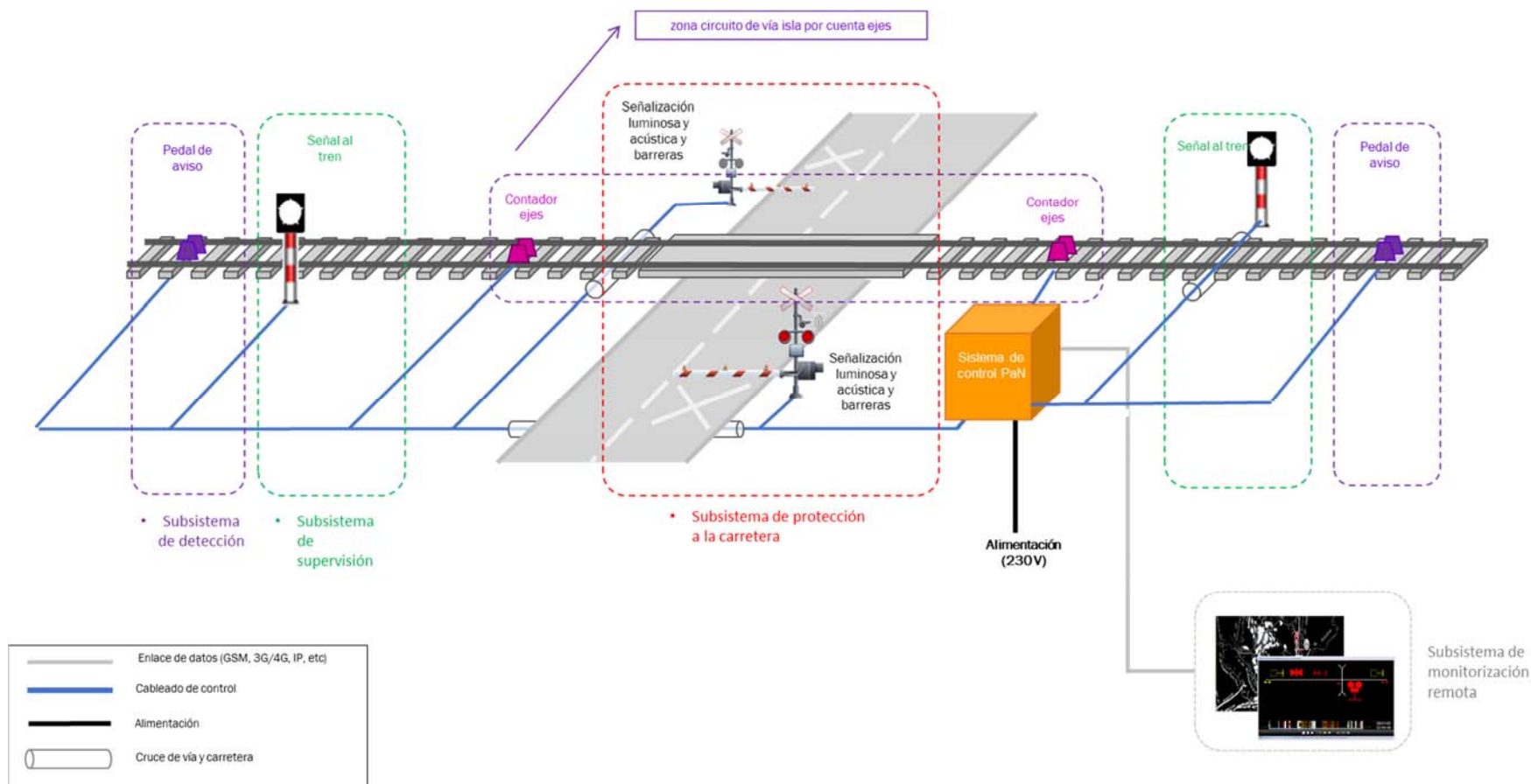


Ilustración 9 \_ Esquema PaN con circuito de vía por cuenta ejes

En el esquema anterior se pueden diferenciar los distintos subsistemas que pueden conformar un sistema de protección de PaN, atendiendo a [10]:

- Subsistema de mando
- Subsistema de suministro de energía
- Subsistema de red de cables
- Subsistema de detección del tren, formado por los pedales de los puntos de aviso y por el circuito de vía isla
- Subsistema de registro
- Subsistema de monitorización remota
- Subsistema de supervisión, formado por las señales de vía que informan al maquinista del estado de protección del PaN.
- Subsistema de protección, formado por los elementos que protegen la circulación viaria y peatonal, que pueden ser semibarreras y/o señales semafóricas a los vehículos o peatones.

Los subsistemas anteriores instalados en campo se clasifican en periféricos locales y periféricos remotos, dividiéndose como se indica:

- Periféricos locales \_ se caracterizan por estar situados en la proximidad del subsistema de mando (mando central) y su enlace se realiza mediante red de cable convencional.
- Periféricos remotos \_ se caracterizan por estar alejados del mando central y se enlazarán mediante red de cable convencional.

Periféricos	Equipos
Periféricos Locales	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ Señales de protección a la carretera, tanto vehiculares como peatonales</li> <li>_ Accionamiento de semibarreras</li> <li>_ Circuito de vía isla</li> </ul>
Periféricos Remotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ Señales informativas de PaN para el maquinista</li> <li>_ Punto de aviso</li> </ul>

*Tabla 7. Clasificación de periféricos*

#### 4.4.3 Descripción de los diferentes subsistemas

##### 4.4.3.1 Subsistema de mando

Constituirá la parte inteligente del sistema, ya que es el elemento que recibe las salidas, digitales o analógicas, de los elementos o equipos a su cargo, así como las comunicaciones de los elementos remotos que lo precisan; evalúa todas estas entradas, toma las decisiones precisas y da las órdenes pertinentes a elementos a su cargo, ya sean locales o remotos.

El subsistema de mando consta como equipo principal de un **Mando Central** situado en el propio PaN que se enlaza con los periféricos locales y con los periféricos remotos.

El mando central está alojado en un armario de control, donde se dispondrán todos sus componentes, siendo estos:

- Procesador de seguridad
- Baterías para reserva de energía.
- Bastidor de distribución y conexión de periféricos.

##### 4.4.3.2 Subsistema de suministro de energía

Dicho subsistema permitirá la alimentación eléctrica a partir de la red convencional (230Vac 50HZ) de energía.

##### 4.4.3.3 Subsistema de red de cables

El enlace entre el mando central y los diferentes periféricos se lleva a cabo mediante una red de cableado convencional para instalaciones de señalización. Estos cables deben cumplir con lo dispuesto en [13].

##### 4.4.3.4 Subsistema de detección de tren

El subsistema detector de tren está formado por pedales electromagnéticos y tiene los siguientes modos de operación según la función que desempeñe:

- **Modo Aviso.** Detectar la aproximación de un tren hacia una instalación de PaN. En este caso el subsistema detector de tren por pedales electromagnéticos se integra dentro del Punto de Aviso.
- **Modo Rearme.** Detectar el paso de un tren por un punto determinado, sin direccionalidad. En este caso el subsistema detector de tren por pedales electromagnéticos se integra dentro del pedal de rearme, formando parte del circuito de vía corto por audiofrecuencia, situado en inmediaciones del punto medio del circuito de vía.
- **Modo Cuenta-ejes.** Detectar el paso de un tren por una sección de vía determinada. En este caso el subsistema detector de tren por pedales electromagnéticos forma el circuito de vía por contadores de ejes.

Tanto el modo aviso como el modo cuenta ejes utiliza para la detección de cada eje el mismo principio físico y el mismo hardware, tanto en los detectores en carril como en la electrónica de procesamiento de las señales procedentes de la vía.

En todos los modos de operación este subsistema está formado por:

- Unidad de vía: equipo encargado de la transmisión de la señal hacia los pedales electromagnéticos direccionales y de la recepción de la señal desde las mismas. Además, se encarga de informar del paso del tren. Cada uno de estos equipos está a cargo de un conjunto de pedales electromagnéticos direccionales.
- Pedales electromagnéticos direccionales: consta de dos subconjuntos (A y B) formados a su vez por una parte emisora y otra receptora que se ensamblan en los raíles de la vía. La colocación de los dos subconjuntos uno al lado del otro, permite conocer la dirección de la circulación del tren.

Los circuitos de vía isla, como se ha comentado, pueden ser:

1. De audiofrecuencia → formado por una junta emisora y una receptora, que son elementos pasivos dispuestos en una caja de bornas cada uno de ellos, cuya función es ajustar el nivel de señal que se inyecta en la vía, en el caso de la junta emisora, y la que se recibe en el caso de la receptora. Este tipo de circuito de vía va acompañado de un pedal de rearme, que se sitúa físicamente en uno de los carriles de la vía.



*Ilustración 10 \_ Caja de bornas*

2. Por cuenta ejes → está formado por un conjunto de pedales, cuyo aspecto físico es el mismo que el de los pedales de aviso y su montaje en vía es idéntico. La única diferencia reside en el hardware de control.

El principio de funcionamiento se basa en la transmisión y recepción de señales eléctricas, convertidas en señales electromagnéticas débilmente acopladas por los pedales electromagnéticos.

La presencia de un eje entre los pedales emisor y receptor, provoca una alteración del canal, que es detectada por las unidades de vía.

Se debe tener en cuenta que cuando una rueda de un tren se interpone en el espacio comprendido entre la parte emisora y receptora del pedal electromagnético, la señal recibida por la unidad de vía se atenúa, pudiendo ser detectada su presencia. Esto se debe a que las señales electromagnéticas intercambiadas por los pedales tienen una fuerte componente magnética, siendo especialmente susceptible a la presencia de materiales ferromagnéticos.

#### *4.4.3.5 Subsistema de registro*

Se encarga de almacenar en una unidad independiente toda la información de operación y fallos del sistema. La información se almacena en memoria no volátil que podrá ser visualizada de manera local y permitiendo la monitorización remota.

#### *4.4.3.6 Subsistema de monitorización*

Sistema de gestión y monitorización de PaN. La solución planteada para este subsistema tiene una arquitectura cliente-servidor.

#### *4.4.3.7 Subsistema de supervisión*

Formado por las señales específicas al ferrocarril, que son las encargadas de informar al maquinista del estado del PaN.

#### *4.4.3.8 Subsistema de protección*

Dicho subsistema está formado por las señales a la carretera tanto vehiculares como peatonales que protegen la circulación viaria y por semibarreras, que son un impedimento físico al paso de los vehículos.

#### 4.5 Fases de evaluación, ensayos y pruebas

Atendiendo a [7], las pruebas que se deben efectuar para demostrar la interoperabilidad de los elementos, se pueden dividir en dos tipos:

- Diseño y operación
- Compatibilidad electromagnética

En la “Tabla 5. Aplicación de requisitos”, se indicaban todos los requisitos necesarios; teniendo esto en cuenta, se puede concluir que:

Tipo de prueba	Requisitos
Diseño y Operación	3.1.2.1 a 3.1.10
Compatibilidad electromagnética	3.2.1 a 3.2.2.7

Tabla 8. Tipos de pruebas

##### 4.5.1 Pruebas de diseño y operación

Todas las pruebas a las que debe ser sometido el elemento de detección de tren se pueden realizar por el propio fabricante del sistema sin la necesidad de que la evaluación se lleve a cabo por un laboratorio independiente.

##### 4.5.1.1 Distancia máxima y mínima entre ejes (punto 3.1.2 de [7])

- Distancia máxima: el sistema detector por pedales electromagnéticos trabaja con ejes independientes, de forma que la máxima distancia entre ejes no afecta a su capacidad de detección. Sí puede afectar a una instalación compuesta por dos sistemas detectores, de modo que, si la distancia entre ejes es mayor que la distancia entre sistemas detectores, se puede producir un puenteo, como se muestra en la ilustración 11.

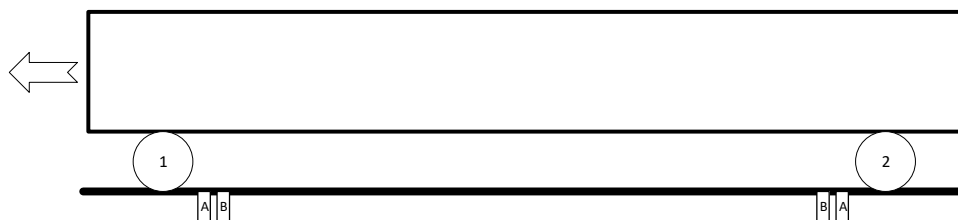


Ilustración 11 \_ Representación del puenteo

En la ilustración 11, siguiendo la dirección de la circulación marcada por la flecha, el eje 1 ha entrado y salido de la zona protegida por el sistema detector, mientras que el eje 2 no ha entrado en dicha zona.

Por tanto en el manual de instalación se debe recoger la distancia adecuada de instalación de los equipos.

- **Distancia mínima:** la distancia mínima entre ejes de un tren puede afectar al funcionamiento del equipo de detección, ya que, si están muy próximos entre sí, puede que la detección no se haga correctamente, detectando dos ejes muy próximos entre sí, como un solo eje. En la ilustración 12 se muestra el caso más restrictivo de separación de ejes, según la cual los ejes están separados la distancia mínima que define el diámetro de las ruedas y las alturas de las pestañas.

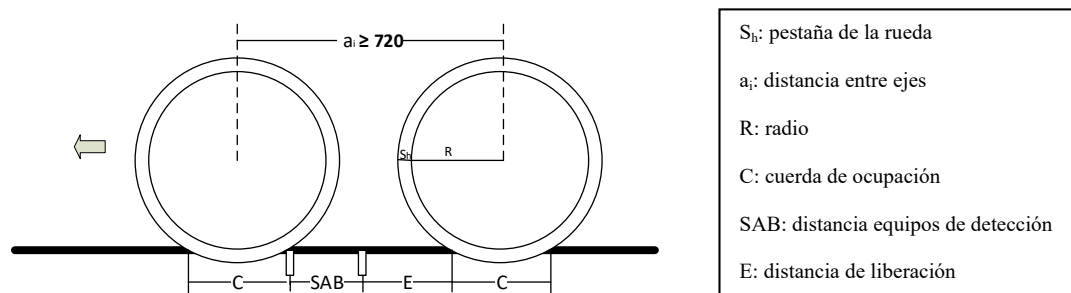


Ilustración 12 \_ Distancia entre ejes y su relación entre la distancia de liberación

Por tanto en el manual de instalación se debe recoger la distancia adecuada de instalación de los equipos.

#### 4.5.1.2 Geometría de la rueda (punto 3.1.3 de [7])

Para poder realizar las pruebas contenidas en este punto, es necesario poder disponer de diferentes tipos de rueda así como de carriles y poder simular distintas velocidades.

Otra opción, en el caso de la rueda, es utilizar la que se lo más restrictiva posible, lo que implica una rueda con los siguientes parámetros:

- Grosor de llanta:  $BR = 126\text{mm}$ .
- Diámetro:  $D = 330\text{mm}$ .
- Altura de pestaña:  $h = 27.5\text{mm}$ .
- Espesor de pestaña:  $e = 21\text{mm}$ .

El material de la rueda será de acero y su geometría, será tal y como se muestra en la ilustración 13.



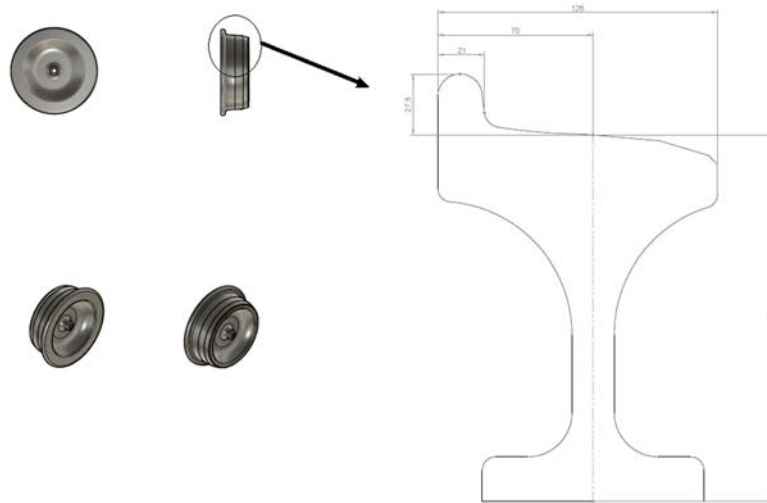


Ilustración 13 \_ Vista simplificada de la rueda de ensayos

Dicha rueda se situará entre el pedal emisor y el pedal receptor, en los puntos de intersección (1)-(A), (1)-(B), (2)-(A) y (2)-(B), tal como muestra en la ilustración 14. En esta situación, se demuestra que la ocupación está garantizada desde el inicio de la cuerda, hasta el final de ésta.

Este ensayo se deberá probar en los diferentes modos de operación definidos en el apartado 4.4.3.4

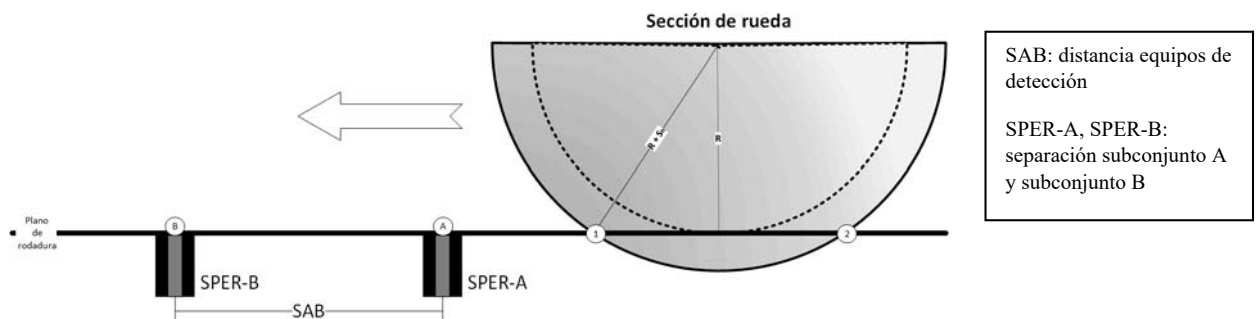
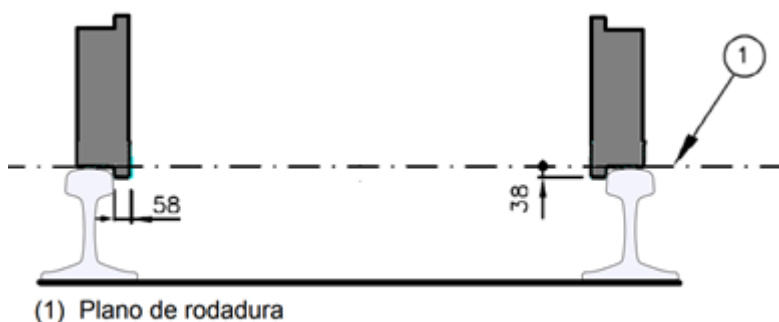


Ilustración 14 \_ Situación de ocupación

La instalación de equipos se hará independientemente de la geometría del carril, cumpliendo el gálibo definido en la siguiente ilustración, mediante los diferentes mecanismos de ajuste de los soportes en los que se instalan.



*Ilustración 15 \_ Gálibo partes bajas*

Lo expuesto hasta ahora es para poder llevar a cabo pruebas antes de instalar en campo, ya que mediante el manual de instalación y las pruebas de los equipos en servicio se determinará la validez final de cada uno de los requisitos.

#### 4.5.2 Pruebas de compatibilidad electromagnética

En el caso de estas pruebas, en fase de diseño solo se puede analizar la frecuencia de operación, y por tanto se puede decir que las frecuencias de funcionamiento de los subconjuntos A y B, emisor-receptor, están centradas en 31KHz y 37KHz respectivamente, frecuencias comprendidas en la banda 1 según punto 3.2.1.1 de la especificación.

El método de prueba del punto 3.2.1.1 no está definido ni en la versión anterior ni en la versión nueva del documento de la ERA, ni hace referencia a ninguna norma sobre ello; por tanto se puede tomar como referencia [14].

La diferencia principal es que en [6] no se estipulaba que se debían superar los valores fuera y dentro de banda especificados, y en la versión [7] se indica (sección 4.1) que se debe considerar un margen de 9 dB dentro de banda y 3 dB fuera de banda.

Según [7] es obligatorio realizar estas pruebas en laboratorio externo, independiente y homologado.

Debido a ello el fabricante del subsistema debe contratar dicho laboratorio, para lo cual estudiará las distintas alternativas y decidirá entre ellos basándose en diferentes aspectos como son:

- Mejor oferta económica presentada
- Mejor plazo de respuesta a la hora de presentar las evaluaciones correspondientes
- Experiencia demostrable y contrastada del laboratorio

#### 4.6 *Planificación de ensayos y pruebas*

A continuación, se muestra la planificación para llevar a cabo todas las pruebas necesarias recogidas en la especificación, considerándose los siguientes aspectos:

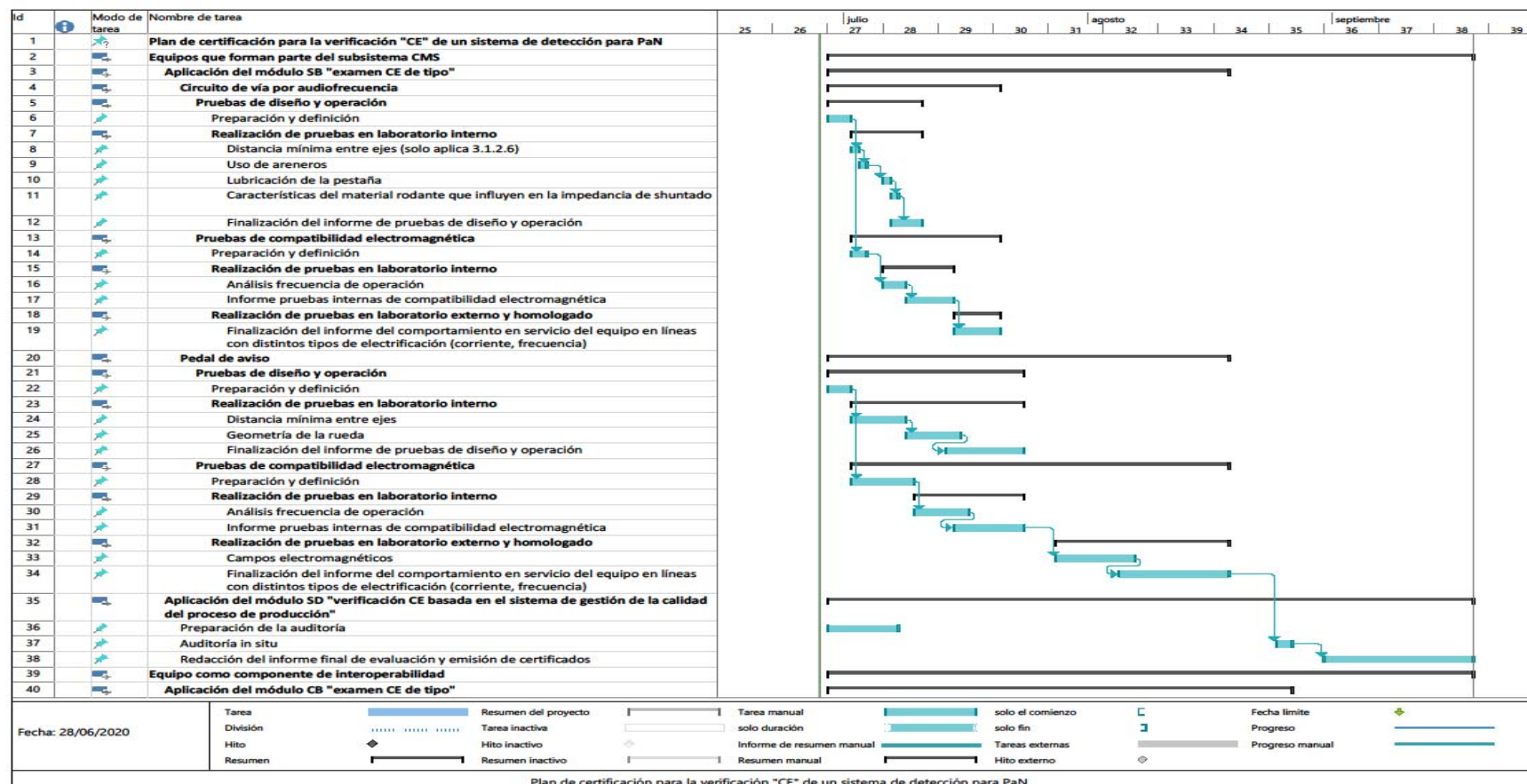
- Se ha tenido en cuenta la utilización de una sola unidad de cada equipo de pruebas para todos los ensayos, de tal forma que no se producen simultaneidades entre las diferentes pruebas o ensayos. Es decir, un circuito de vía, un pedal de aviso y un contador de ejes.
- Se han utilizado los recursos propios (laboratorio), siempre que ha sido posible, limitándose la utilización de un laboratorio externo cuando lo exige la propia ETI.

Comentar que lo recogido en la siguiente planificación, y para hacer realistas los tiempos aquí marcados, en cuanto al proceso del plan de certificación para la verificación “CE” de un sistema de detección de tren, enfocado en el pedal de detección y el circuito de vía isla de PaN, se han tenido en cuenta los ítems que se listan a continuación:

- Organismo notificador elegido
- Laboratorio para llevar a cabo las pruebas de compatibilidad electromagnética elegido
- Decididas las necesidades de tipos de rueda, carril...
- Informe de los resultados de las pruebas de diseño y operación avanzado
- Informe de los resultados de las pruebas internas de compatibilidad electromagnética avanzado
- Manual de instalación desarrollado
- Informe de experiencia en servicio y condiciones de uso realizado
- Recursos humanos y técnicos suficientes para que los equipos que se deben probar se puedan hacer de manera paralela y simultánea.

Como se observa en la planificación, el proceso completo se llevará a término en un periodo de 12 semanas.

Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra



Aplicación del Reglamento (UE) 2016/919 (ETI CMS) para el pedal de detección y el circuito de vía isla de un sistema de protección de Paso a Nivel como parte del subsistema de control-mando y señalización en tierra

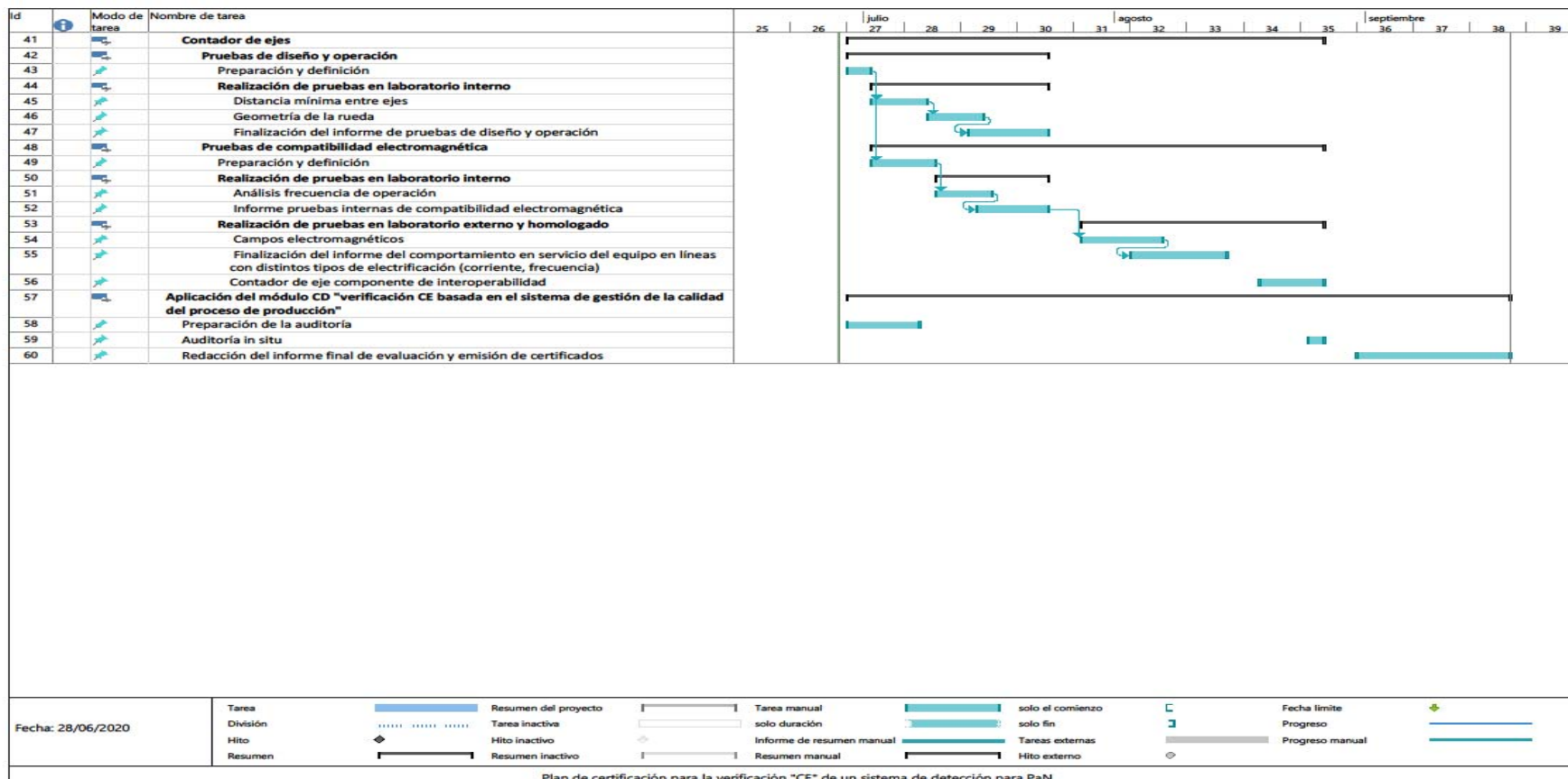


Ilustración 16 \_ Planificación

## 5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES

### 5.1 Conclusiones

La ETI de CMS tanto en su anterior versión donde se hace referencia a [6] como en la que se encuentra actualmente en vigor donde se aplica [7], no es lo suficientemente concluyente en cuanto a cómo llevar a cabo el cumplimiento de la interoperabilidad para los equipos detectores de tren. Bien es cierto, que en [7] se cierran los puntos abiertos que se encontraban en la versión anterior, tal cual se ha analizado en la “*Tabla 7. Impacto en los sistemas de detección debido a [7]*”.

Pero no se indica en ningún caso cómo se deben llevar a cabo las pruebas, solamente cuales son los valores que se deben cumplir en cada requisito que exige la especificación. Por ejemplo, en el caso de las pruebas relacionadas con la compatibilidad electromagnética, se puede tomar de referencia [14] para tener una guía de como realizar los ensayos, pero dicha norma no está referenciada en [7], por tanto no es de obligado cumplimiento.

Es decir, todas las pruebas se dejan a la interpretación de cómo realizarlas. Desde mi punto de vista, si se están exigiendo ciertos requisitos y se acotan los resultados de los mismos para su cumplimiento, se debería especificar como se deben de llevar a cabo esos ensayos, para que toda empresa que se vea obligada a cumplir la ETI para la instalación de sus equipos en la red ferroviaria europea, parta de los mismos supuestos y posean una guía de realización de los ensayos.

El indicar en la ETI lo que es obligatorio cumplir, pero no como se debe de hacer, considero que hace de, al menos esta ETI, un documento incompleto.

Por otro lado, hay ciertos requisitos recogidos en la especificación, que a mi juicio, son complicados de poder validar, ya que la demostración de los mismos es mediante la experiencia en servicio y su comportamiento en vía. Como pueden ser los siguientes:

- 3.2.2.4 a 3.2.2.6 - Límites de interferencia electromagnética para corriente de tracción:
  - 25kV en ca, 50Hz
  - 15kV en ca, 16.7Hz
  - 3kV en cc
  - 1.5kV en cc
  - 750V en cc (en España, sólo en metros y tranvías, donde no se aplica la ETI)

Si tomamos de ejemplo la red ferroviaria española para poder cumplir los requisitos anteriores y estudiar el comportamiento en servicio de los equipos de detección de tren asociado al PaN, nos encontramos, dependiendo de cada caso, los siguientes inconvenientes:

- Líneas de 25kV en ca a 50Hz: en España, este tipo de electrificación sólo se utiliza en líneas de nueva construcción, ya sean de alta velocidad o no. Desde 1978 no se autoriza el establecimiento de nuevos PPNN, y desde 1987 los cruces de carreteras u otras vías de comunicación con líneas férreas que se produzcan por el establecimiento o la modificación de cualquiera de ellas deben, en todo caso, realizarse a distinto nivel. Por tanto en este tipo de líneas, el requisito de la ETI no se puede demostrar con la experiencia en servicio por la inexistencia de PPNN en las mismas.
- Líneas de 15kV en ca a 16.7Hz: este tipo de características de electrificación ferroviaria en España no se usa.

Por tanto en el caso de España, estos requisitos, los cuales se demuestran mediante la experiencia en servicio para poder valorar su comportamiento y analizar si cumplen los parámetros de la ETI, queda reducido a líneas de 3kV en cc, red de ancho convencional, y a líneas de 1.5kV en cc, red de ancho métrico.

Es decir, poder cumplir todos los parámetros que se exigen en este punto de la ETI supone que la empresa inmersa en el proceso de certificación, necesita no sólo recursos económicos y humanos para poder llevar a cabo las pruebas, sino tener desplegado su sistema de protección de PaN en otras redes ferroviarias para así poder verificar la respuesta de sus equipos ante las interferencias electromagnéticas debidas a las corrientes de tracción.

A mediados de los años 70, existían en España alrededor de 10.000 PPNN, este número se ha ido reduciendo notablemente a lo largo de los años y en el caso de los PPNN que no se han suprimido se ha ido evolucionando en la implantación de medidas de seguridad mediante la correcta protección de los mismos. Esto ha sido posible gracias a la realización de acciones como las recogidas en [15] y [16], lo que implica que ADIF trabaja permanentemente en la mejora y supresión de PPNN, que actualmente suman algo más de 3.000 en la RFIG. Los cuales se encuentran distribuidos entre la red de ancho convencional (1.668mm) y la RAM (1.000mm), en esta última existen cerca de 1.000 PPNN.

Los PPNN que quedan en España, si no están equipados con un sistema de protección adecuado a las circunstancias de tráfico viario y ferroviario que se producen en él, se modifican para que dispongan del sistema correcto. Es decir, es solo en estos PPNN en lo que se lleva a cabo una mejora de los mismos, en donde se exige que los equipos de detección de tren asociados a un PaN sean interoperables desde la publicación de la ETI de CMS.

En los que no se realiza ninguna modificación, no es necesario demostrar la interoperabilidad. Por ejemplo en una misma línea, en la que pongamos por caso, existen 10 PPNN, y sólo uno necesite ser modificado para mejorar su sistema de protección, sólo a él se le exige que sus equipos de detección de tren sean interoperables.

Se debe tener en cuenta que un sistema de protección de PaN debe cumplir con un nivel de seguridad SIL4 en su conjunto; esta exigencia es anterior e independiente a la aparición de las especificaciones técnicas de interoperabilidad, es decir, que un sistema no sea interoperable no significa que no sea seguro.

Para poder fabricar, suministrar e instalar PPNN para ADIF, es necesario que la empresa esté homologada, y por tanto poseer la documentación que así lo acredite, la cual es necesario presentar cuando se opta por la licitación de una obra. A día de hoy, sólo 6 empresas están homologadas por ADIF para este fin. El disponer de esta homologación es independiente y anterior a todo lo relacionado con la interoperabilidad.

Lo que implica que cualquier empresa que no forme parte del grupo de las 6 homologadas, que quiera presentarse a una licitación de una obra de mejora de la seguridad en PPNN para ADIF no podrá hacerlo por muy interoperables que sean sus sistemas de detección de tren para PaN.

Además, como ya se ha comentado, los únicos PPNN existentes en España se encuentran en la red convencional y en RAM, es decir, redes ferroviarias que no son interoperables en cuanto al ancho de la línea, a los gálibos y a los sistemas de electrificación.

Por tanto, ¿tiene sentido que ADIF o la propia AESF exijan que los equipos de detección de tren de PaN sean interoperables?

Por todos es sabido, las inmensas barreras, tanto técnicas como económicas que se existen en el sector para la apertura del mercado a nuevos proveedores, ya sean de material rodante, señalización, comunicaciones, etc.

Las propias administraciones exigen a los nuevos proveedores certificaciones y homologaciones, que hacen que las empresas incurran en gastos elevados que podrían verse reducidos si no generásemos esas barreras. Todo ello por “miedo” a lo nuevo.

En este caso que nos ocupa sobre estos equipos de detección de tren y en el caso concreto de España, que es obligatorio estar homologado por ADIF, se hace incurrir en costes a las empresas, para poder cumplir la interoperabilidad de sus equipos a posteriori de su diseño y fabricación, que desde mi punto de vista no debería de suceder, por la simple razón que en las líneas en las que se instalan estos equipos, son líneas no interoperables. Y más aún cuando no se licitan más de diez contratos de mejora de la seguridad en PPNN, de manera individual, al año.



## 5.2 *Aportaciones del TFM*

Se pretende que este TFM sirva de guía para la aplicación directa de la ETI de CMS actual sin tener la necesidad de comparar con la anterior en futuros planes de certificación para la verificación “CE” de un sistema de detección de tren, enfocado en el pedal de detección y el circuito de vía isla de un PaN.

Es decir, que los organismos de evaluación y solicitantes de autorizaciones puedan utilizar este TFM como soporte para facilitarles la identificación de los requisitos que se han de cumplir y la forma en la que se deben verificar, gracias a que se ha expuesto de manera clara y concisa los cambios que se han producido entre la anterior ETI de CMS y la actual con respecto al impacto que estos tienen en la evaluación de los equipos anteriores

En primer lugar se han comparado [1] y [2], para saber cuáles son los requisitos que cambian y no tener errores a la hora de usar la nueva ETI, ya que ésta recoge qué puntos han cambiado sobre la anterior, pero no es un documento tan fácil de seguir como la antigua, porque se exponen varias especificaciones en [3] no sólo la de CMS.

Como se ha explicado a lo largo de este documento la principal modificación que hay entre las dos ETIs es el documento que se indica como referencia de aplicación, es decir, los cambios que se producen entre [6] y [7]. En la “*Tabla 2. Impacto en los sistemas de detección debido a [7]*” se exponen los cambios que hay entre una y otra, así como la resolución que se dan en la nueva versión a los puntos abiertos que nos encontrábamos en la anterior.

Atendiendo a [7] se realiza una descripción de las fases de aplicación a cada requisito, identificando si es necesario llevar a cabo la verificación de cada uno de ellos dependiendo de si se analiza el punto de aviso/ circuito de vía por cuenta ejes o el circuito de vía por audiofrecuencia.

Se han analizado los distintos módulos de evaluación para los subsistemas de control – mando y señalización, llegando a la conclusión final de cuales son aquellos que se deben aplicar en el caso que nos compete en este TFM. Lo que además ha supuesto identificar cuáles de estos módulos son de aplicación en el caso de un CI, ya que en la nueva ETI, el contador de ejes ha pasado a ser considerado como tal.

Y para poder facilitar la comprensión de las pruebas que se deben de llevar a cabo para cada requisito aplicable se han especificado como pueden realizarse las pruebas y los inconvenientes que podemos encontrar para poder validar ciertos requisitos dependiendo de la red ferroviaria en la que nos encontremos.

Por todo ello, se considera este TFM una buena herramienta para tener un concepto amplio y detallado de la ETI de CMS, y como se debe de aplicar para verificar los sistemas de detección de tren que forman parte de un sistema de protección de PaN.

La metodología de evaluación para la verificación de los requisitos aplicables al pedal de detección y al circuito de vía isla como parte del subsistema de CMS en tierra descrita en este TFM ha sido puesta en práctica en un caso real, lo que ha servido para optimizar el proceso, tanto en su duración como en la precisión de la documentación a analizar por el organismo de evaluación, lo que redundará en mejores resultados en futuras evaluaciones.

Por haberse llevado a cabo en un caso real, comentar ciertos puntos que pueden ser de utilidad para futuros planes de certificación:

- El módulo SD “Verificación CE basada en el sistema de gestión de la calidad del proceso de producción”, tiene una validez de dos años desde el día que se realiza la auditoría de calidad presencial, de forma que es necesario renovarlos periódicamente.  
El objetivo de las auditorías de supervisión es controlar, que el sistema de gestión de la calidad auditado sigue siendo aplicado correctamente mientras dure la producción del producto.  
Por tanto, se recomienda, que este punto se verifique por primera vez, cuando se haya obtenido un resultado satisfactorio del módulo SB “Examen CE de tipo”.
- El módulo SB “Examen CE de tipo”, que se centra en la evaluación de la conformidad basada en la documentación técnica, debe ser modificado siempre que se produzca alguna variación en la ETI de CMS y afecte a los resultados de las pruebas y ensayos a realizar.  
En estos casos siempre existe un periodo de convivencia para ambas ETIs, por lo que los certificados emitidos siguen siendo válidos. En la fecha en que la nueva ETI sea la única aplicable, es de obligado cumplimiento, por lo que los equipos deberán de ser certificados de nuevo.  
Esto implica que en el caso de estar certificados mediante la versión anterior, la empresa que debe certificar su equipos para su uso, necesite invertir de nuevo en recursos propios, laboratorios, y organismo evaluador para adaptar su equipos a la nueva especificación.  
En el caso que nos ocupa, las modificaciones que se han producido entre [1] y [2] y que afectan considerablemente a los requisitos técnicos a ser aplicados, los cuales quedan recogidos en [7], cierra los puntos abiertos de la versión anterior, por tanto, es de suponer que no se producirán cambios en la ETI de CMS en un largo periodo de tiempo y que por tanto sea rentable económicamente la verificación de los equipos con esta nueva versión.
- Lo expuesto en este TFM sobre como llevar a cabo los ensayos para cumplir los requisitos aplicables pueden servir para futuros planes de certificación, si bien es cierto, que en la ETI de CMS no se indica cómo realizarlos, pero lo aquí comentado es totalmente válido y aceptado.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] 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.
- [2] Reglamento de ejecución (UE) 2019/776 de la Comisión de 16 de mayo de 2019 que modifica los Reglamentos nº 321/2013, nº 1299/2014, nº 1301/2014, y nº 2016/919.
- [3] Guide for the application of the CCS TSI, 2019.
- [4] 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 (versión refundida).
- [5] Directiva 2008/57/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008.
- [6] ERA/ERTMS/033281; Version 3.0 Interfaces between control-command and signalling trackside and other subsystems, 2015.
- [7] ERA/ERTMS/033281; Version 4.0 Interfaces between control-command and signalling trackside and other subsystems, 2018.
- [8] 2010/713/UE: 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.
- [9] I. Ramírez, Apuntes de certificación en el sector ferroviario \_ MSF ICAI, 2018-2019.
- [10] ADIF, Prescripciones técnicas para la homolgación y eventual suministro e instalación de prototipo del sistema de protección clase B, C y F de Pasos a Nivel tipo ADIF, 2008.
- [11] ADIF, NAPN 6-0-1.0 Pasos a nivel. Superficies de rodadura entre carriles de vía, 2017.
- [12] Orden de 2 de agosto de 2001 por la que se desarrolla el artículo 235 del Reglamento de la Ley dOrdenación de los Transportes Terrestres, en materia de supresión y protección de pasos a nivel., 2001.
- [13] ADIF, ET 03.365.052.4 Cables multiconductores, pares y cuadretes para instalaciones de señalización y telecomunicaciones, 2017.
- [14] UNE-EN 50617:2015 Aplicaciones ferroviarias. Parámetros técnicos de los sistemas de detección de trenes para la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo.
- [15] ADIF, Plan de seguridad de pasos a nivel 2005-2012.
- [16] ADIF, Plan de supresión de pasos a nivel 2017-2024.