

**DOCUMENTACIÓN TÉCNICA SISTEMAS DE DETECCIÓN DE TREN
EN RED DE ANCHO MÉTRICO**

VALORES LÍMITE DE COMPATIBILIDAD Y EXCEPCIONES

Referencia:

Versión: 1.1

Fecha: 30/06/2026

Documento:

T

	Editado	Revisado	Aprobado
Nombre	CGF	FJAM	JADL
Cargo	Técnico de señalización	Gerente de Área de Ingeniería y Mantenimiento de Instalaciones	Subdirector de Instalaciones

Historia

Versión	Fecha	Sección	Modificación/descripción	Autor
1.0	29/06/2026	Todo	Redacción	SDI
1.1	30/06/2026	Todo	Descripción normativa	SDI

ÍNDICE**PÁGINA**

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ALCANCE	1
3.- PARÁMETROS.....	3
3.1.-DISEÑO Y OPERACIÓN DE VEHÍCULOS	3
3.1.1.- DEFINICIONES	3
3.1.2.- DISTANCIA ENTRE EJES	5
3.1.2.1.- Distancia máxima entre ejes.....	5
3.1.2.2.- Distancia mínima entre ejes	5
3.1.2.3.- Distancia mínima entre el primer y el último eje	5
3.1.2.4.- Distancias entre el final del tren y el primer eje.....	5
3.1.3.- GEOMETRÍA DE LA RUEDA.....	5
3.1.3.1.- Anchura mínima de la llanta.....	5
3.1.3.2.- Diámetro mínimo de la rueda.....	6
3.1.3.3.- Espesor mínimo de la pestaña	6
3.1.3.4.- Altura de la pestaña	6
3.1.3.5.- Componentes metálicos e inductivos entre ruedas	6
3.1.3.6.- Material de la rueda	7
3.1.4.- USO DE EQUIPOS DE ARENADO	7
3.1.5.- LUBRICACIÓN DE PESTAÑAS.....	7
3.1.6.- USO DE ZAPATAS DE FRENO DE MATERIAL COMPUESTO.....	7
3.1.7.- CARGA POR EJE DEL VEHÍCULO Y CONSTRUCCIÓN METÁLICA	7
3.1.7.1.- Carga por eje del vehículo	7
3.1.7.2.- Construcción metálica del vehículo	7
3.1.8.- IMPEDANCIA ENTRE RUEDAS	8
3.2.-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	8
3.2.1.- CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	8
3.2.1.1.- Gestión de frecuencias	8
3.2.1.2.- Límites de emisiones de vehículos y parámetros de evaluación.....	8
3.2.1.3.- Evaluación de las superaciones de los límites	9
3.2.1.4.- Especificación de medición, prueba y evaluación	9
3.2.2.- INTERFERENCIA CONDUCTIDA	10

1.-INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las características técnicas y funcionales de los sistemas de detección de tren instalados en la Red de Ancho Métrico (RAM) de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), con el fin de garantizar su compatibilidad con el material rodante dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

Para su elaboración, se ha realizado un análisis comparativo entre los requisitos técnicos definidos por los fabricantes de los sistemas de detección de tren, necesarios para el correcto funcionamiento de sus equipos, y las características exigidas al material rodante en la *Especificación Técnica de Material Rodante Ferroviario de Ancho Métrico* (ETM) y en la *Norma Básica de Seguridad del Material* (NBSM), considerando asimismo las particularidades derivadas de sus respectivas normas de referencia.

Los modelos identificados como parcialmente compatibles se consideran casos excepcionales dentro de la RAM. En consecuencia, la autorización de circulación sobre los sistemas de detección afectados quedará supeditada al cumplimiento, por parte del material rodante (MR), de los requisitos adicionales que se establezcan o, en su caso, de cualquier otra solución específica determinada por el Administrador de la Infraestructura.

Este documento constituye, por tanto, una guía técnica de carácter comparativo destinada a facilitar el análisis de compatibilidad del material rodante con los sistemas de detección del tren. La información contenida en él tiene carácter exclusivamente orientativo y no sustituye, en ningún caso, el marco normativo vigente.

2.-ALCANCE

El presente informe se aplica a los sistemas de detección de tren existentes en la RAM de la RFIG.

Se han considerado tanto los sistemas de detección de tren destinados a determinar la ocupación y liberación de las secciones de vía por el material rodante (circuitos de vía y contadores de ejes), como aquellos integrados en los sistemas de protección de pasos a nivel, tales como los pedales de anuncio y rearme, así como los circuitos de vía de isla asociados a dichas instalaciones de seguridad.

A modo de resumen se incorporan dos tablas con los parámetros a tener en cuenta y la compatibilidad, total o parcial, entre sus prestaciones y las especificaciones impuestas por la normativa vigente. Para facilitar la aplicación del documento y la trazabilidad de la información, se ha adoptado la misma estructura y numeración de parámetros que el documento de interfaz de EUAR (ERA/ERTMS/033281 v5.1).

En una primera tabla (*Tabla 01*) se presentará los sistemas en despliegue o en previsión de instalación, con una inminente aplicación en la RAM. La *Tabla 01bis* consta de los dispositivos en funcionamiento actualmente.

Tabla 01

TECNOLOGÍA	Sistema	SdT	Distancias entre ejes				Geometría de la rueda						Otros parámetros					EMC	
			3.1.2.1	3.1.2.2	3.1.2.3	3.1.2.4	3.1.3.1	3.1.3.2	3.1.3.3	3.1.3.4	3.1.3.5	3.1.3.6	3.1.4	3.1.5	3.1.6	3.1.7	3.1.8	3.2.1	3.2.2
SIEMENS	TCM100	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
ALSTOM	STDS	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
	ET400	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
HITACHI	TTC	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
SIEMENS	ZPD43/ZPD431	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	

Tabla 01bis

TECNOLOGÍA	Sistema	SdT	Distancias entre ejes				Geometría de la rueda						Otros parámetros					EMC	
			3.1.2.1	3.1.2.2	3.1.2.3	3.1.2.4	3.1.3.1	3.1.3.2	3.1.3.3	3.1.3.4	3.1.3.5	3.1.3.6	3.1.4	3.1.5	3.1.6	3.1.7	3.1.8	3.2.1	3.2.2
SIEMENS	FTGs	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
ALSTOM	DIGICODE	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
ELECTRANS	ME3015	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
	ME3047	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
	ME3091/ ME5091/ ME3191	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
ICF	TC900	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
	SDE900	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
HITACHI	Zp30K/Zp30H	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
	Zp30 C	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
FRAUSCHER	RSR 180	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
	RSR 123	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
ELECTRANS	ERD 214	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
SIEMENS	FS3000	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
ALSTOM	Corr. Continua	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
TODAS	50 Hz	CdV	✓		✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
ELECTRANS	DEF-87-CE	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
FRAUSCHER	RSR 122	CdE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	

CdV	Circuito de Vía
CdE	Detector del contador de ejes (sensor de rueda + electrónica de detección)
✓	Compatible según la normativa vigente para MR de ancho métrico
✓	Compatible parcialmente según normativa vigente para MR de ancho métrico. Requisitos adicionales para casos particulares
✓	Informe intermedio favorable. En espera de certificación
	No es relevante para este sistema

3.- PARÁMETROS

3.1.- DISEÑO Y OPERACIÓN DE VEHÍCULOS

Para alcanzar las conclusiones del estudio de compatibilidad de los sistemas de detección de tren de la RAM y el MR mostrados en el presente informe, se ha tenido en consideración la documentación aportada por los fabricantes de los distintos dispositivos en sus especificaciones de funcionamiento y sus certificaciones, frente a la referencia normativa marcada por la Resolución de 5 de noviembre de 2015, de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria, por la que se publican la “Especificación Técnica de material rodante de ancho métrico y la Norma Básica de Seguridad del Material”.

3.1.1.- Definiciones

Para la definición de las dimensiones longitudinales del vehículo, se aplica la figura 1 (que muestra un ejemplo de un vehículo de tres ejes y dos bogies), donde:

a_i = distancia entre los ejes siguientes, donde $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$, donde n es el número total de ejes del vehículo

b_x = distancia desde el primer eje (b_1) o el último eje (b_2) hasta el extremo más cercano del vehículo, es decir, el tope/morro más cercano

L = longitud total del vehículo

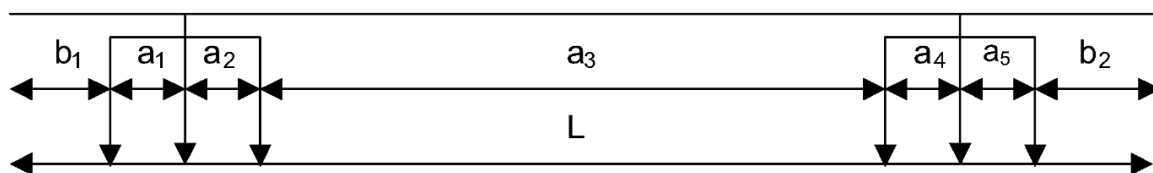


Figura 1: Dimensiones longitudinales del vehículo

Si hay más vehículos conectados, las características indicadas en el resto de esta sección 3.1 y relacionadas con a_i se aplican a la distancia relevante de los ejes que pertenecen a cada vehículo individualmente, mientras que las características relacionadas con b_i solo se aplican a los dos extremos de la composición completa.

Para la definición de las dimensiones de las ruedas se aplica la Figura 2, donde:

D = diámetro de la rueda

B_R = anchura de la llanta

S_d = espesor de la pestaña medido en la línea 10 mm por encima de la banda de rodadura

S_h = altura de la pestaña

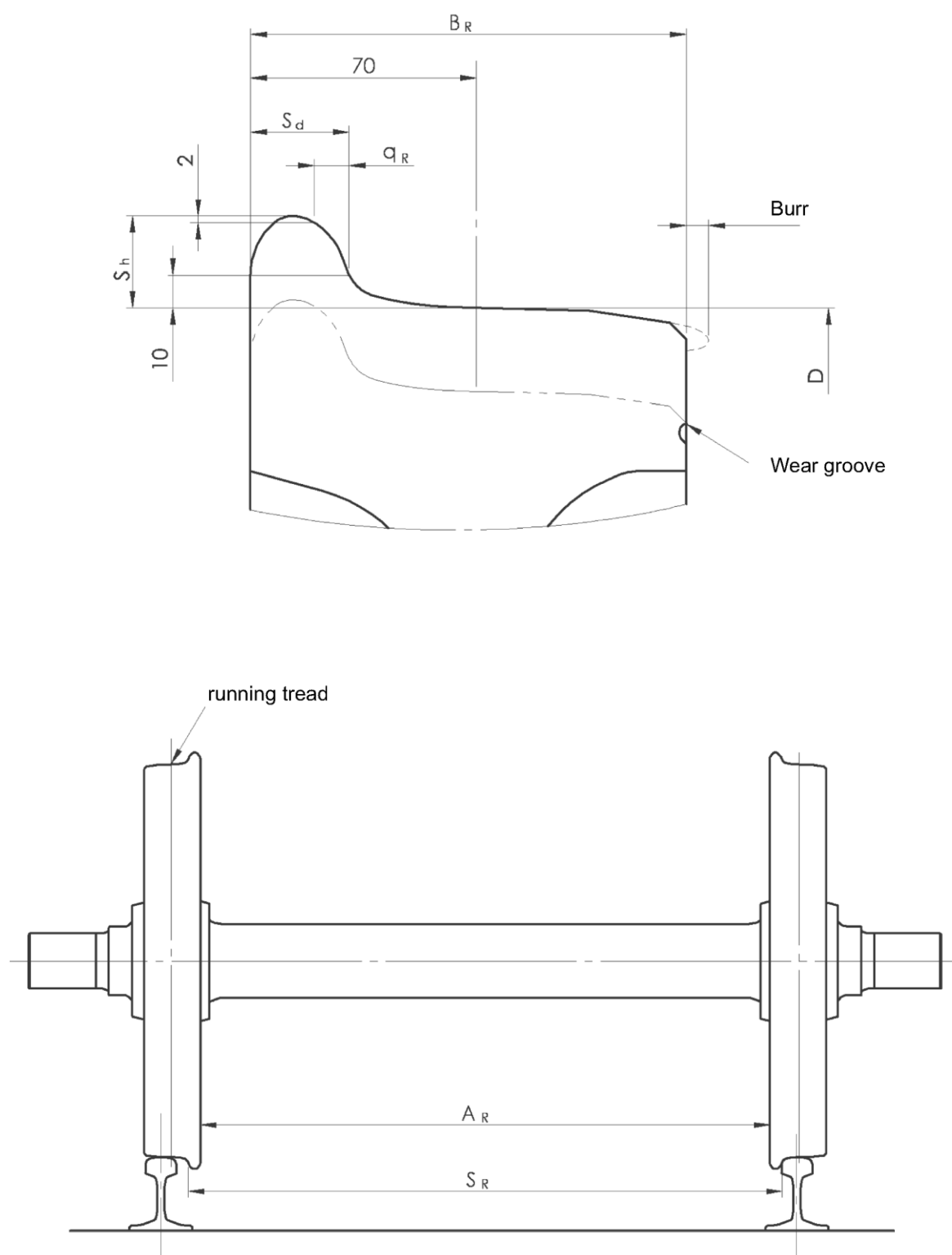


Figura 2: Dimensiones de la rueda y del juego de ruedas

Los valores indicados en los párrafos siguientes son valores límite absolutos, incluidas las tolerancias de medición.

El término juego de ruedas se aplica a cualquier par de ruedas opuestas, incluso aquellas que no están conectadas por un eje común. Excepto donde se indique, se supone que los conjuntos de juegos de ruedas tienen centros de rueda continuos y no tienen ruedas de radios. Cualquier referencia a los juegos de ruedas se refiere al centro de las ruedas.

3.1.2.-Distancia entre ejes

Todas las condiciones de compatibilidad que se enumeran a continuación se establecen de conformidad con los parámetros definidos en la normativa vigente aplicable al material rodante de Ancho Métrico. En consecuencia, dichos requisitos se considerarán satisfechos para aquellos vehículos que cumplan con la Norma Básica de Seguridad del Material (NBSM), en particular con las características geométricas de referencia establecidas en su Anexo III.

3.1.2.1.-DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EJES

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la distancia a_i (Figura 1) deberá no exceder de 20000 mm. Esta longitud corresponde al valor de compatibilidad certificado por los fabricantes de los sistemas de detección de tren.

3.1.2.2.-DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EJES

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la distancia a_i (Figura 1) deberá ser igual o superior a 720 mm para velocidades menores o iguales a 100 km/h, valor correspondiente al límite de compatibilidad certificado por los fabricantes de los sistemas de detección. Para velocidades superiores a 100 km/h, el valor mínimo a_i exigido para el material rodante será el obtenido mediante la expresión $a_i \geq \text{“velocidad} \cdot 7,2\text{”}$.

3.1.2.3.-DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EL PRIMER Y EL ÚLTIMO EJE

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la magnitud $L - (b_1 + b_2)$ (Figura 1) deberá ser igual o inferior a 3000 mm, valor correspondiente al límite de compatibilidad certificado por los fabricantes de los sistemas de detección de tren. Se considera caso de excepcionalidad la compatibilidad con el sistema **FS3000**, cuyo valor límite para el material rodante se establece en $L - (b_1 + b_2) \leq 4000$ mm.

3.1.2.4.-DISTANCIAS ENTRE EL FINAL DEL TREN Y EL PRIMER EJE

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la distancia b_i (Figura 1) deberá no exceder de 4200 mm, valor que corresponde al límite de compatibilidad certificado por los sistemas de detección de tren.

3.1.3.-Geometría de la rueda

3.1.3.1.-ANCHURA MÍNIMA DE LA LLANTA

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), el ancho de la llanta de las ruedas deberá estar comprendido entre 133 mm y 145 mm, ambos inclusive. Este intervalo corresponde al rango de compatibilidad certificado por los fabricantes de los sistemas de detección de tren.

Se considerará que este requisito queda satisfecho para aquellos vehículos conformes con la Especificación Técnica de Material (ETM), en particular con lo establecido en su epígrafe 3.1.4.3, en la medida en que dicha especificación exige que las ruedas se fabriquen conforme a la UIC 510-2 y a la UNE-EN 13715, las cuales establecen una anchura nominal de llanta de 135 mm (admitiéndose 133 mm en caso de reperfilado) o 140 mm, valores que se encuentran dentro del intervalo de compatibilidad anteriormente definido.

3.1.3.2.-DIÁMETRO MÍNIMO DE LA RUEDA

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), el diámetro mínimo de rueda deberá ser igual o superior a 330 mm para velocidades menores o iguales a 100 km/h, valor que corresponde al límite de compatibilidad certificado por los fabricantes de los sistemas de detección de tren y alineado con lo exigido en la normativa vigente (ETM).

Para velocidades superiores a 100 km/h, el diámetro de rueda exigido deberá ser igual o superior al valor obtenido mediante la expresión “ $150 + velocidad \cdot 1,8$ ”, condición que define el umbral de compatibilidad del material rodante con los sistemas de detección.

3.1.3.3.-ESPESOR MÍNIMO DE LA PESTAÑA

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), el espesor de pestaña de rueda (S_d) deberá estar dentro del rango marcado por la normativa vigente.

La condición de la ETM (epígrafe 3.1.4.3) impone que *las ruedas deberán fabricarse conforme* a la ficha UIC 510-2 y la UNE-EN 13715. Estas normativas exigen un espesor de pestaña de rueda (S_d) mínimo de 28,5 mm (UNE-EN 13715) y máximo de 33 mm (ficha UIC 510-2), encontrándose ese rango dentro de los parámetros funcionales de los sistemas de detección de tren actuales.

3.1.3.4.-ALTURA DE LA PESTAÑA

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la altura de pestaña de rueda (S_h) deberá cumplir los valores establecidos por la ETM (epígrafe 3.1.4.3), que establece que las ruedas deberán fabricarse conforme a la ficha UIC 510-2 y a la norma UNE-EN 13715. Debiendo ser el valor de la altura de pestaña de rueda (S_h) de:

Tabla 02

Diámetro de la rueda D [mm]	Altura de la pestaña S_h [mm]
$330 \leq D \leq 630$	32
$630 < D \leq 760$	30
$760 < D \leq 1000$	28

3.1.3.5.-COMPONENTES METÁLICOS E INDUCTIVOS ENTRE RUEDAS

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), *“El material rodante no debe tener piezas metálicas (a excepción de las llantas y pestañas de las ruedas) en la zona de sensibilidad de los pedales electrónicos, conforme a la norma UNE-EN 50238”* (epígrafe 3.1.7.2 de la ETM).

3.1.3.6.-MATERIAL DE LA RUEDA

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), el material de las ruedas de los vehículos deberá ser conforme establece la norma UNE-EN 13262 (epígrafe 3.1.4.3 de la ETM).

3.1.4.-Uso de equipos de arenado

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), el material rodante dispondrá de equipos de arenado conforme establece la ETM.

3.1.5.-Lubricación de pestañas

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), el sistema lubricador de pestañas deberá garantizar la condición impuesta por el epígrafe 3.1.6 de la ETM: *“Después de la lubricación, la zona de contacto entre la banda de rodadura y el carril no debe quedar contaminada”*.

3.1.6.-Uso de zapatas de freno de material compuesto

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), las características de los materiales de fricción empleados en el sistema de frenado deberán cumplir los requisitos establecidos por la normativa vigente.

La condición impuesta por la ETM (epígrafe 6.8.1) establece las prescripciones de la ficha UIC 544-1. Este requisito presupone la conformidad con la norma EN 16452:2016 en lo relativo al uso de zapatas de freno adecuadas para evitar la generación de una película aislante entre la rueda y el carril que incremente la resistencia eléctrica de contacto y el consiguiente riesgo de falta de detección de trenes en vías equipadas con circuitos de vía.

3.1.7.-Carga por eje del vehículo y construcción metálica

3.1.7.1.-CARGA POR EJE DEL VEHÍCULO

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la carga por eje deberá estar dentro de los valores impuestos por la normativa vigente.

La condición impuesta por la ETM establece que dicho valor deberá ser compatible con la línea por la que se vaya a circular. Asimismo, los ejes montados deberán fabricarse conforme a la norma UNE-EN 13260. Esta norma exige en su epígrafe 11.1 una carga mínima de 3,5 t por eje para vehículos de cuatro o más ejes, encontrándose dicho valor dentro de los parámetros funcionales de los sistemas de detección de tren actuales.

3.1.7.2.-CONSTRUCCIÓN METÁLICA DEL VEHÍCULO

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), *“El material rodante no debe tener piezas metálicas (a excepción de las llantas y pestañas de las ruedas) en la zona de sensibilidad de los pedales electrónicos, conforme a la norma UNE-EN 50238”* (epígrafe 3.1.7.2 de la ETM).

3.1.8.-Impedancia entre ruedas

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), la resistencia eléctrica de cada eje montado, medida entre los ejes de las dos ruedas, no tiene que superar 0,01 Ω .

La condición impuesta por la ETM establece dicho valor derivado del cumplimiento con el epígrafe 4.2.3.de la norma UNE-EN 13260.

3.2.-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La condición impuesta por la ETM, en su epígrafe 4.3.2, vincula dichos parámetros a la UNE-EN 50238, permitiendo tomar como valores de referencia para la compatibilidad con los sistemas de detección de tren los marcados por el documento de interfaz ERA/ERTMS/033281 v5.1.

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), los límites de emisión de campos electromagnéticos y de corrientes de interferencia generados por el material rodante serán los indicados por dicho documento de interfaz, teniendo en cuenta las excepciones de los sistemas expuestos a continuación:

3.2.1.-CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

3.2.1.1.-GESTIÓN DE FRECUENCIAS

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), los límites de emisión de campos electromagnéticos generados por el material rodante serán los indicados por el documento de interfaz ERA/ERTMS/033281 v5.1, a excepción de la compatibilidad con los sistemas **RSR122** y **DEF-87-CE**, para los que se impone el cumplimiento de los siguientes límites:

3.2.1.2.-LÍMITES DE EMISIONES DE VEHÍCULOS Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas detectores de rueda **RSR122**, los límites de emisión de campos electromagnéticos generados por el material rodante deberán ser:

Tabla 03

Tipo	Gama de frecuencias definida por la frecuencia central [kHz]	Límite de emisión Eje X [dB μ A/m] (RMS)	Límite de emisión Eje Y [dB μ A/m] (RMS)	Límite de emisión Eje Z [dB μ A/m] (RMS)	Método de evaluación	Orden del filtro (Butterworth) y ancho de banda de 3 dB	Parámetros de evaluación
Banda 3 (RSR122 SYS1)	1115 al 1145	99.7	78.6	61.7	BP	4º orden 6,0 kHz	20 % de solapamiento (puntos de 3 dB) Tiempo de integración: 2 ms
Banda 3 (RSR122 SYS1)	De 1020 a 1050	99.8	78.3	61.8	BP	4º orden 6,0 kHz	20 % de solapamiento (puntos de 3 dB) Tiempo de integración: 2 ms

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas detectores de rueda **DEF-87-CE**, los límites de emisión de campos electromagnéticos generados por el material rodante deberán ser:

Tabla 04

Tipo	Gama de frecuencias definida por la frecuencia central [kHz]	Límite de emisión Eje X [dBμA/m] (RMS)	Límite de emisión Eje Y [dBμA/m] (RMS)	Límite de emisión Eje Z [dBμA/m] (RMS)	Método de evaluación	Orden del filtro (Butterworth) y ancho de banda de 3 dB estimado	Parámetros de evaluación estimados
Banda 1	27 a 41.2 44.8 a 52	93	93	93	BP	4º orden 300 Hz	20 % de solapamiento (puntos de 3 dB) Tiempo de integración: 1 ms

El resto de las bandas de frecuencia deberán cumplir los límites establecidos en el documento ERA/ERTMS/033281 v5.1. Asimismo, deberá aportarse evidencia suficiente que demuestre, con un nivel de confianza adecuado, que se cumplen dichos límites sabiendo que su estimación fue realizada sin considerar la condición establecida en el apartado 4.1 del documento de interfaz, relativa a la aplicación de márgenes adicionales de +9 dB para inmunidad en banda y de +3 dB para fuera de banda.

3.2.1.3.-EVALUACIÓN DE LAS SUPERACIONES DE LOS LÍMITES

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas detectores de rueda **RSR122**, los valores a tener en cuenta deberán ser:

Tabla 05

Rango de frecuencia	Dirección del campo	Aumento de los límites del campo magnético para un tiempo de integración reducido de $0,5 \times T_{int}$ [dB]	Aumento de los límites de campo magnético para un tiempo de integración reducido de $0,25 \times T_{int}$ [dB]
De 27 a 52 kHz	X	2	6
De 27 a 52 kHz	Y, Z	6	12
De 234 a 287 kHz	X, Y, Z	6	12
De 287 a 363 kHz	X, Y, Z	3	6
De 740 a 1026 kHz	X, Y, Z	6	12
De 1020 a 1050 kHz	X, Y, Z	6	12
De 1115 a 1145 kHz	X, Y, Z	6	12

3.2.1.4.-ESPECIFICACIÓN DE MEDICIÓN, PRUEBA Y EVALUACIÓN

Los ensayos para la adquisición de los valores indicados deberán haber sido realizados siguiendo las especificaciones y parámetros establecidos en la norma EN 50728.

3.2.2.-INTERFERENCIA CONDUCTIDA

Para garantizar la compatibilidad con los sistemas de detección de tren de la Red de Ancho Métrico (RAM) integrados en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), los límites de corriente de interferencia transmitida por el material rodante serán los indicados por el documento de interfaz ERA/ERTMS/033281 v5.1, a excepción de la compatibilidad con los **circuitos de vía FS3000, corriente continua**, y todos los circuitos de vía basados en circuitos eléctricos de **50 Hz**, para los que se impone el cumplimiento de los siguientes límites:

FS 3000

Para garantizar la compatibilidad con los circuitos de vía **FS3000**, los límites de corriente de interferencia transmitida por el material rodante deberán ser:

Tabla 06

Rango de frecuencias	Límite de corriente de interferencia [valor rms]	Método de evaluación	Parámetros de evaluación
4080 Hz	0.66 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 4080 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
4320 Hz	0.59 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 4320 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
4560 Hz	0.52 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 4560 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.

Rango de frecuencias	Límite de corriente de interferencia [valor rms]	Método de evaluación	Parámetros de evaluación
5040 Hz	0.66 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 5040 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
5280 Hz	0.34 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 5280 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
5520 Hz	0.32 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 5520 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
6000 Hz	0.31 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 6000 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.

Rango de frecuencias	Límite de corriente de interferencia [valor rms]	Método de evaluación	Parámetros de evaluación
6480 Hz	0.28 A	Filtro paso banda	• Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 6480 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 • Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% • Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
6720 Hz	0.27 A	Filtro paso banda	• Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 6720 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 • Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% • Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.
7200 Hz	0.26 A	Filtro paso banda	• Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 7200 Hz Ancho de banda 3dB: 124 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 • Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1s. Superposición: min 50% • Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 0.016 s. Tiempo mínimo entre dos superaciones: 0.514 s.

CORRIENTE CONTINUA

La excepcionalidad de estos sistemas de detección de tren hace que no se tengan valores de referencia en cuanto a compatibilidad electromagnética. Su ubicación en la línea de RAM sin electrificar Cartagena-Los Nietos está muy localizada, debiendo analizar la compatibilidad del MR de forma particular con el Administrador de la infraestructura.

CIRCUITOS DE VÍA DE 50 HZ

Para garantizar la compatibilidad con estos circuitos de vía, los límites de corriente de interferencia transmitida por el material rodante deberán ser:

Tabla 07

Rango de frecuencias	Límite de corriente de interferencia [valor rms]	Método de evaluación	Parámetros de evaluación
50 Hz	1.5 A	Filtro paso banda	- Características del filtro PB: Centro del rango de frecuencias: 50 Hz Ancho de banda 3dB: 2 Hz Butterworth, orden 2· N= 6 - Cálculo RMS: Tiempo de integración: 1 s. Superposición: min 50% - Criterio de evaluación: Tiempo máximo de superación: 2 s.

Es recomendable la aplicación también el criterio contenido en la Orden TMA 576-2020 para el resto de la RFIG: *“el material rodante de tracción eléctrica que circula por líneas con corriente continua equipadas con circuitos de vía de 50 Hz dispondrá de un detector de 50 Hz que actuará sobre el sistema de tracción y sobre el convertidor de servicios auxiliares cuando detecte, durante más de 2 segundos, un nivel de intensidad superior al indicado. La actuación del detector servirá para mitigar el paso de estas corrientes armónicas. El filtro equipado por el detector tendrá un ancho de banda máximo de ± 2 Hz”.*

Este aspecto ha sido incorporado a la INSTRUCCIÓN FERROVIARIA: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIAL RODANTE FERROVIARIO DE ANCHO MÉTRICO (IF MRAM) pendiente de aprobación. Una vez aprobada será actualizado este documento respecto a dicha instrucción.