



# Desgaste ondulatorio de carriles ferroviarios

<b>Apellidos, nombre</b>	Villalba Sanchis, Ignacio (igvilsan@cam.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València



## 1 Resumen de ideas clave

En este artículo se presenta el concepto de desgaste ondulatorio en carriles ferroviarios y los mecanismos que generan su aparición. Para profundizar sobre el fenómeno, no sólo se van a describir los aspectos dinámicos, sino que se hará énfasis en los aspectos metalúrgicos, pues en los últimos años se ha reconocido el alto grado de responsabilidad que tiene el material en este fenómeno.

## 2 Introducción

El carril se conforma como es el elemento más crítico de la infraestructura ferroviaria, pues es aquel que soporta directamente las cargas debidas al paso de los ejes de un vehículo ferroviario. La fuerza generada entre rueda y carril junto con la importante presión que se desarrolla debido a la reducida superficie de contacto pueden, en algunas situaciones, producir un desgaste y alteración de la superficie de los carriles. Estas condiciones favorecen, a su vez, la aparición de una gran variedad de defectos de diversa naturaleza: deformaciones, desgastes, endurecimiento del material, fisuras, roturas, etc.

De entre todos los posibles defectos, el desgaste ondulatorio es aquella patología que se genera sobre la cabeza del carril y que se caracteriza por generar una geometría o desgaste con forma ondulatoria que varía desde unos pocos centímetros hasta más de 2 metros.

Este defecto aparece en aquellas zonas donde los vehículos circulan de forma sinuosa, especialmente en rectas y curvas de radio elevado, y se identifica visualmente por la presencia sobre la superficie del carril de zonas brillantes (picos) y zonas oscuras (valles), como resultado de las diferentes tasas de desgaste. La consecuencia más inmediata es el aumento del ruido de rodadura, además de afectar negativamente tanto al carril como al vehículo ferroviario. Además, esta irregularidad afecta al confort del viajero, lo que obliga a intervenir y mantener el carril en todas aquellas zonas de desgaste ondulatorio detectado que sobrepasen el límite establecido por cada explotación (López Pita, 2006).

Seguidamente, se analizan los diferentes tipos de desgaste ondulatorio y los mecanismos que favorecen su aparición.

Finalmente, se identifican las posibles medidas a adoptar para reducir y eliminar el desgaste ondulatorio.

## 3 Objetivos

Una vez que el alumnado se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Identificar los diferentes tipos de desgaste ondulatorio en carriles ferroviarios.
- Determinar qué tipo de actividades de reparación y mantenimiento son necesarias en función de los deterioros presentes en la vía.

## 4 Desgaste ondulatorio

Con el objetivo de entender de forma adecuada las diferentes categorías de deterioros que se presentan en los carriles ferroviarios, es necesario que recuerdes qué es el carril y de cual es su composición.

En efecto, los carriles empleados en el ferrocarril se generan por laminación del acero en bruto, obteniéndose barras con el perfil requerido que se cortan en tramos de 18 a 288 m. Los compuestos principales que forman el acero de los carriles son el hierro, carbono, silicio, azufre, fósforo, arsénico y otros minerales e impurezas.

Es pues importante destacar que el proceso de fabricación, solidificación, tamaño del perfil de laminación, número de pasadas, condiciones de enfriamiento y de enderezado de los carriles determinan, en gran medida, la calidad metalúrgica del carril.

Dicho esto, el denominado desgaste ondulatorio es una patología que surge en gran parte de las vías férreas, siendo un problema que ha sido estudiado por los ingenieros ferroviarios desde hace más de cien años. Este defecto se manifiesta como una ondulación en la superficie de rodadura de los carriles, que produce un aumento de la dinámica vibratoria asociada a las masas no suspendidas y a la vía.



En toda Europa se gastan alrededor de 60 millones de euros al año en tratamientos para corregir y reparar carriles con problemas de desgaste ondulatorio (Informe Comisión Europea de Ferrocarriles 2011).

Si bien la tipología que presenta este defecto es variada y sus causas pueden ser diversas, sus características ondulatorias son relativamente constantes, por lo que se clasifica atendiendo al concepto de longitud de onda. En este sentido, la Dirección Técnica de Renfe (N.R.V. 7-5-2.1) clasifica al desgaste ondulatorio en onda muy corta (3-6 cm), onda corta (6-25 cm), onda media (30- 60 cm) y onda larga (>60 cm).

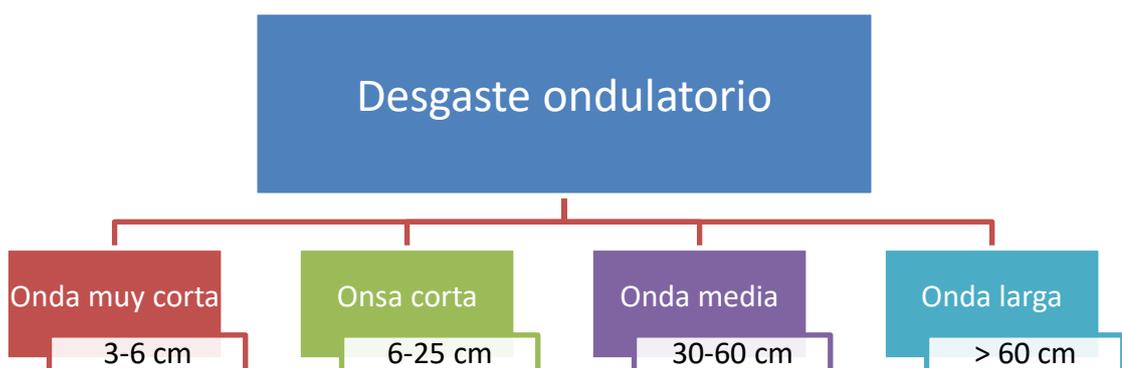


Grafico 1. Esquema de clasificación de desgaste ondulatorio, según la longitud de onda.

A pesar de que todavía no conoces las diferentes tipologías de deterioros, es hora de identificar daños en un carril ferroviario de tu municipio o ciudad si existe. Para ello, sigue los siguientes pasos



1. Fíjate en los carriles del tranvía o cercanías.
2. Identifica diferentes tipos de daños que veas en su superficie.
3. Intenta clasificar dichos deterioros en las categorías enumeradas anteriormente.

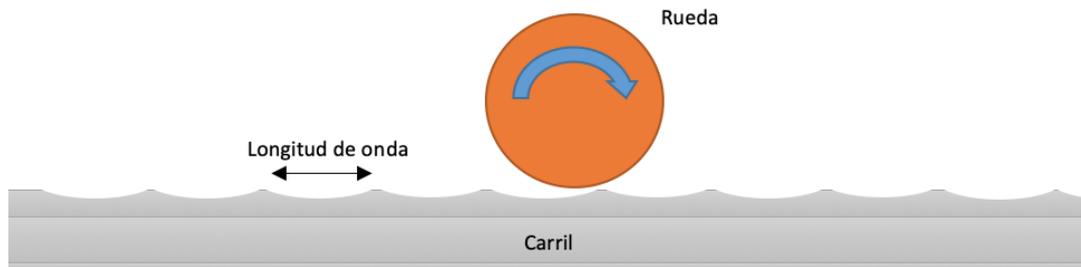


Grafico 2. Esquema de desgaste ondulatorio en carril.

A continuación, se describen algunos de los desgastes ondulatorios observados y clasificados según Grassie y Kalousek.

#### 4.1 El desgaste Heavy Haul

Este tipo de defecto aparece principalmente en carriles por los que circulan trenes de mercancías con elevadas cargas por eje (superiores a 22 toneladas) y a velocidades bajas. Presenta longitudes de onda largas, en el rango de 200 a 300 mm, y se propaga desde soldaduras, juntas de vía u otras irregularidades discretas de la cabeza del carril.

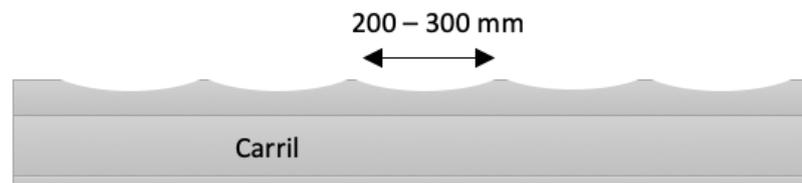


Grafico 3. Representación desgaste heavy haul.

El defecto Heavy Haul se forma tanto en rectas como en el carril exterior en curvas, aunque también se ha observado en el carril interior en curvas con exceso de peralte en vías por las que circulan tanto trenes de mercancías como de pasajeros, con cargas por eje inferiores.

## 4.2 El desgaste Light Rail

El desgaste Light Rail presenta muchas similitudes con el tipo anterior o heavy haul. Se caracteriza por presentar una longitud de onda larga comprendida entre 500 y 1.500 mm, ser medible tanto en la cabeza como en el pie del carril y por propagarse a partir de soldaduras.

La diferencia fundamental con el tipo anterior es que el mecanismo de daño de la es la flexión plástica del carril, lo que puede afectar a carriles con masas unitarias bajas, inferiores a 54 kg/m.

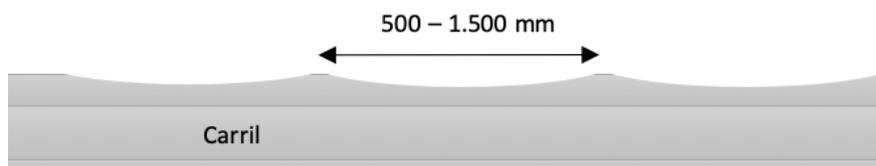


Grafico 4. Representación desgaste light rail.

## 4.3 El desgaste Booted sleeper

El desgaste denominado Booted Sleeper aparece, generalmente, en vías de metro en las que las traviesas de hormigón monobloque o bi-bloque se disponen sobre suelas elásticas que reducen las vibraciones. Este desgaste se ha detectado principalmente en el carril bajo, con longitudes de onda en torno a 50 mm en curvas pronunciadas.

## 4.4 El desgaste Rutting

El desgaste denominado Rutting surge principalmente en el carril interior en curvas de radio reducido y en tramos rectos, cuando se produce una tracción o frenada importante. Por ello, se genera en aquellas condiciones en las que la relación entre la fuerza tangencial y la normal se encuentra cerca del límite de fricción.

## 4.5 El desgaste Roaring Rail

Este tipo de desgaste posee una longitud de onda más pequeña (denominado roaring rails por el ruido de rodadura que produce), y aparece en vías rectas y en el carril exterior de curvas de elevado radio por las que circulan vehículos con bajas cargas por eje (inferiores a 20 t).



Ahora que ya conoces los distintos tipos de desgaste ondulatorio que pueden originarse en los carriles ferroviarios, ya sabrás identificar qué tipologías detectaste durante tu observación de los carriles. ¿Les asignaste la categoría adecuada?

## 5 Rehabilitación y mantenimiento del desgaste ondulatorio

Uno de las medidas más utilizadas para reparar carriles con programas de desgaste ondulatorio es el empleo de trenes amoladores. Con esta operación es posible reparar los defectos de los carriles. Para ello, el tren amolador utiliza sus muelas para limar la superficie del carril, manteniendo el perfil correcto de la cabeza y mejorando el contacto rueda-carril. Para ello los trenes amoladores cuenta con avanzados equipos informáticos y sensores que permiten realizar con precisión la operación.



*Grafico 5. Imagen de muelas presentes en tren amolador.*

Para finalizar, cabe decir que esta actividad también puede llevarse a cabo en carriles nuevos para quitar la película de laminado o para que las juntas recién soldadas no presenten ninguna discontinuidad.

## 6 Cierre

A lo largo del presente objeto de aprendizaje hemos presentado el fenómeno del desgaste ondulatorio en carriles, el cual se presenta como ondulaciones en la superficie de rodadura de los carriles.

Tras esto, se han clasificado atendiendo a su tipología, lo que ha dado lugar a varios defectos atendiendo a su longitud de onda, lugar de aparición, causas probables, etc.

Por todo, ello la tarea de identificación de daños en los carriles es crucial en la gestión y mantenimiento de cualquier red ferroviaria, tanto por su repercusión en términos de confort y desgaste de materiales como de costes de reparación.

Para finalizar, recuerda que, si bien se trata de un problema que ha sido analizado desde hace décadas, hasta el momento no existe una explicación completa y fehaciente de las causas y condicionantes, quedando todavía pendiente de resolver.



Ahora que ya tienes un importante conocimiento en cuanto al desgaste ondulatorio en carriles, ¿quieres ver un tren amolador en acción?

Para ello, visualiza el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/f2quMXvTP2s>

## 7 Bibliografía

Comisión Europea de Ferrocarriles (2011). Informe económico y de actividad 2010. Madrid.

López Pita, A. (2006). Infraestructuras Ferroviarias. Universidad Politécnica de Catalunya.

Mantenimiento de Infraestructuras Renfe N.R.V. 7-5-2.1 (1993). Conservación de la vía. Amolado de las superficies activas del carril en vía. Dirección Técnica/Jefatura de vía.

S.L. Grassie, J. Kalousek, Rail corrugation: characteristics, causes and treatments, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit 207 (1993) 57-68.

S.L. Grassie, J.A. Elkins, Rail corrugation on north American transit systems, Vehicle System Dynamics 28 (1998) 5-17.

S.L. Grassie, Rail corrugation: advances in measurement, understanding and treatment, Wear 258 (2005) 1224-1234.