



Universidad
Politécnica
de Cartagena

FERROCARRILES



Curso 2024/2025

4º Grado Ingeniería Civil

Profesora: Pilar Jiménez Gómez

E-mail: pilar.jimenez@upct.es



Índice

**Bloque 1.
Sección transversal ferroviaria.**

**Bloque 2.
Geometría de la vía. Trazado**

**Bloque 3
Comportamiento mecánico de la vía**

**Bloque 4.
Calidad y mantenimiento**

**Bloque 5.
Instalaciones**



Índice

1. Introducción

2. El material móvil

3. La vía ferroviaria

3.1 El carril

3.2 La continuidad de la vía

3.3 La traviesa

3.4 Las sujeciones

3.5 El balasto. Capas de asiento



3

La vía ferroviaria

1. Características de la vía
2. Tipos de vía
3. Parámetros geométricos
4. Interrelación vía - material



1. Características de la vía

1.- Contacto acero – acero en la rodadura

- Ventajas:
 - ✓ Débil resistencia al avance
 - ✓ Elevada capacidad portante (20 – 22,5 tn / eje)
 - ✓ Desgaste muy débil, menos gastos de mantenimiento
- Inconvenientes:
 - ✓ Débil adherencia
 - ✓ Limitación de pendientes de traza
 - ✓ Contacto rígido
 - ✓ Valor elevado de la relación tara/carga

2.- Flexibilidad

3.- Continuidad geométrica

4.- Robustez

5.- Inclinación lateral del carril (1:20)

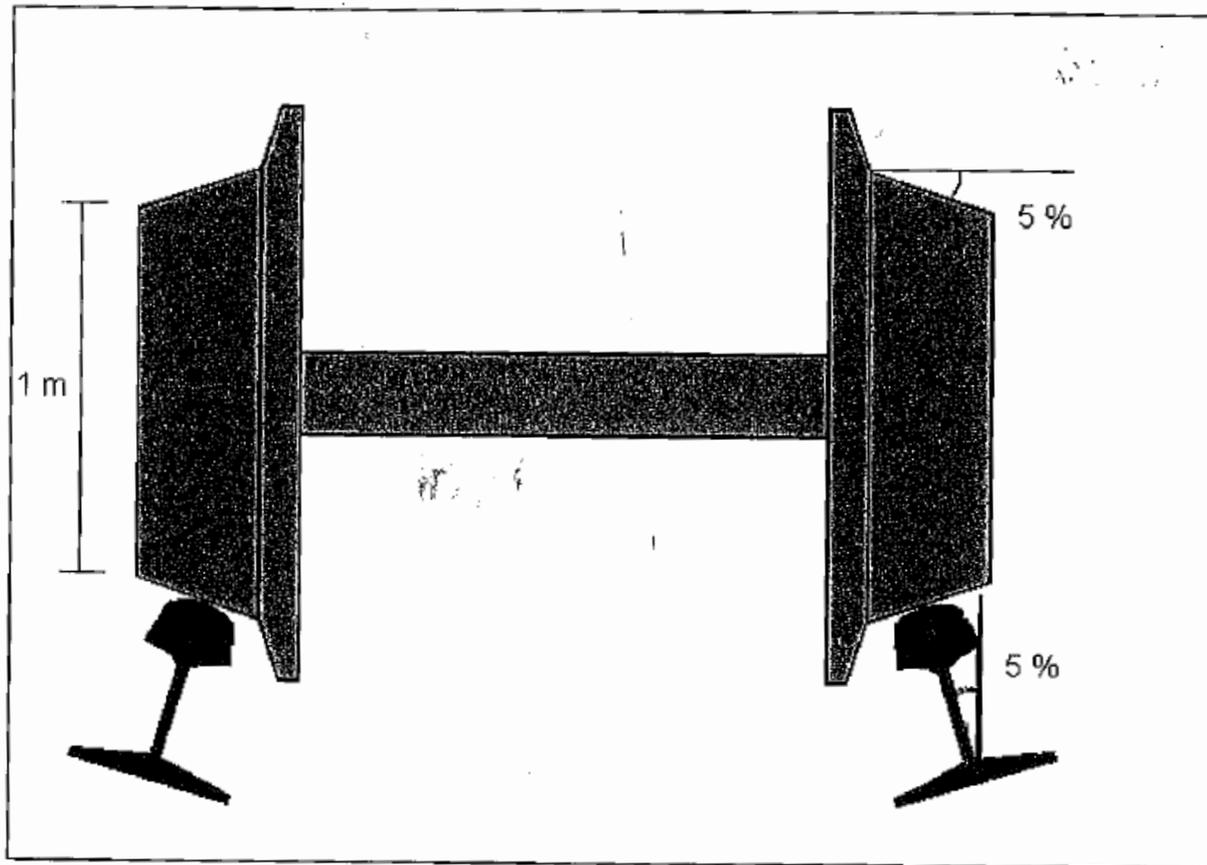
Clasificación de cargas de la UIC

Clase A	16 tn/eje
Clase B	18 tn/eje
Clase C	20 tn/eje
Clase D	22,5 tn/eje



1. Características de la vía

5.- Inclinación lateral del carril (1:20)



Fuente: Ingeniería de Ferrocarriles. Francisco Javier Calvo Poyo, José Lorente Gutiérrez, Rafael Jurado Piña, Juan de Oña López. Editorial Técnica Avicam. Granada. 2015.



2. Tipos de vía

Vía en balasto



Fuente: <http://www.plasser.es/es/maquinas-sistemas/regulacion-perfilado-balasto.html>

Vía en placa



Fuente: <http://www.milianquilezconstrucciones.es/noticia.php?id=6>



3. Parámetros geométricos

- Ancho de vía
- Alabeo
- Alineación
- Nivelación longitudinal
- Nivelación transversal



3. Parámetros geométricos

- **Ancho de vía**

Distancia entre caras activas (internas) de los carriles, medida a 14 mm de la zona de rodadura



Fuente: López Pita, A. 2006. Infraestructuras ferroviarias. Ediciones UPC.

- **España**

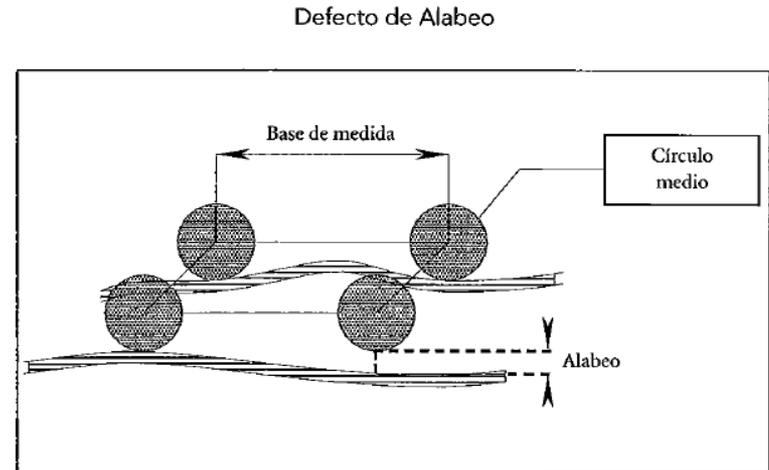
- ❑ Ancho “RENFE” 1668 mm
- ❑ Ancho UIC 1435 mm
- ❑ Vía estrecha 1000 mm
(FEVE)



3. Parámetros geométricos

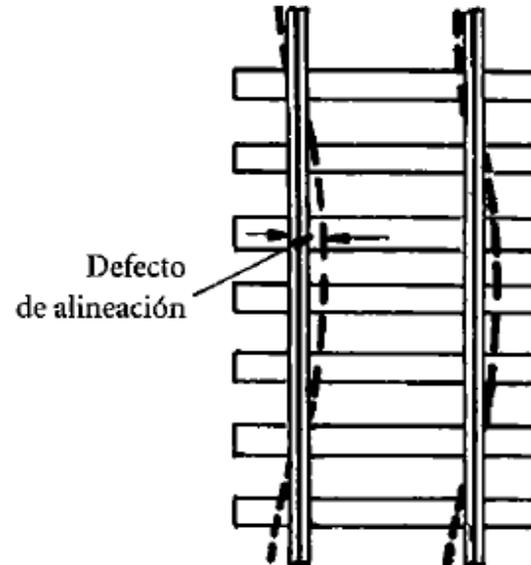
- **Alabeo**

Parámetro que representa la distancia existente entre un punto de la vía (P) y el plano formado por otros tres puntos (ABC)



- **Alineación**

Parámetro que, para cada hilo de carril, representa la distancia en planta respecto de la alineación teórica

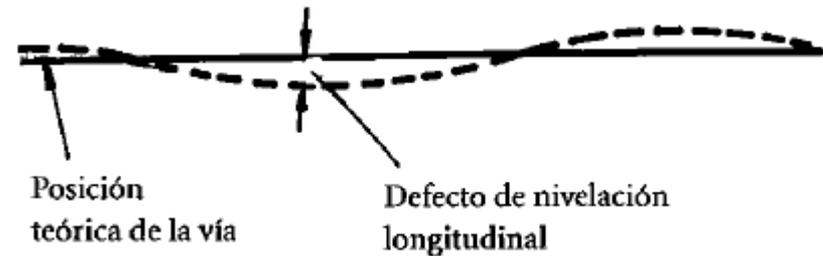




3. Parámetros geométricos

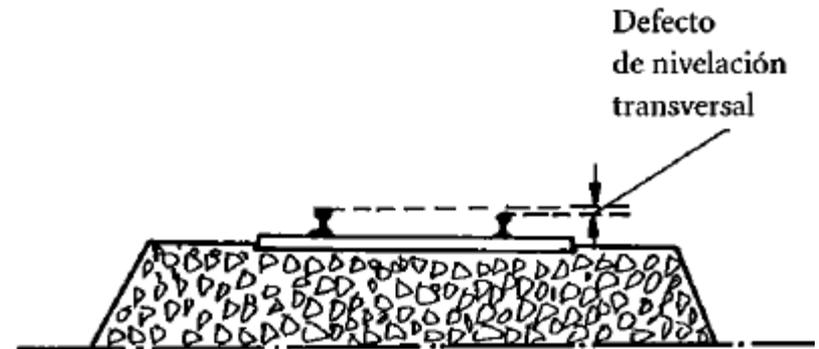
- **Nivelación longitudinal**

Parámetro que define las variaciones de cota de la superficie de rodadura de cada hilo de carril, respecto a un plano de comparación.



- **Nivelación transversal**

Parámetro que establece la diferencia de cota existente entre las superficies de rodadura de los hilos de carril en una sección normal al eje de la vía.





4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



4.1. Ancho de vía

Distancia entre caras activas (internas) de los carriles, medida a 14 mm de la zona de rodadura



Fuente: López Pita, A. 2006. *Infraestructuras ferroviarias*. Ediciones UPC.

- España
 - Ancho “RENFE” 1668 mm
 - Ancho UIC 1435 mm
 - Vía estrecha 1000 mm
(FEVE)



4.1. Ancho de vía





4.1. Ancho de vía

Ventajas vía estrecha

- ✓ Curvas de menor radio
- ✓ Menor anchura de la plataforma
- ✓ Ahorro en capas de asiento y traviesas
- ✓ Ahorro en túneles, puentes y obras de fábrica
- ✓ Mayor economía en material móvil (por su gálibo)

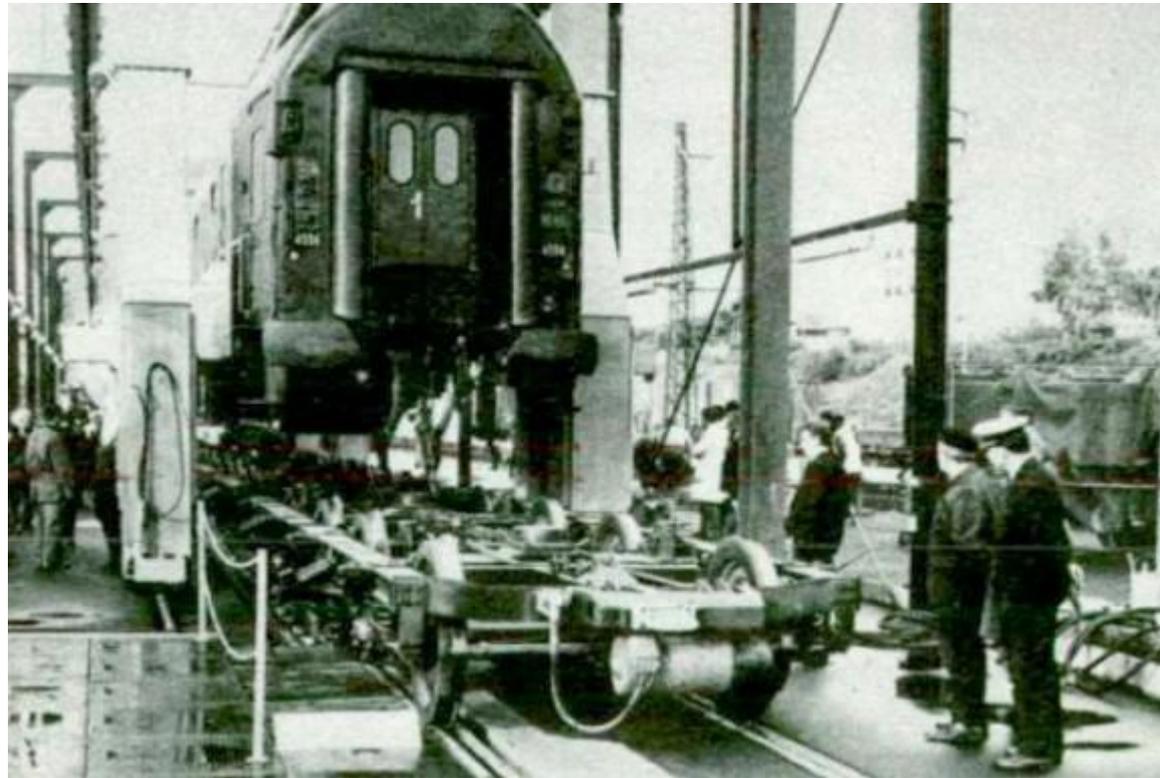
Desventajas vía estrecha

- ✓ Menor capacidad de tráfico
- ✓ Menor estabilidad de los vehículos → menor velocidad
- ✓ Dificultad de conexión con la red ferroviaria predominante del país



4.1. Soluciones al problema de distintos anchos de vía

1. Transbordo de viajeros y mercancías
2. Vía de dos anchos
3. Material remolcado con ejes o bogíes intercambiables



Grúas hidráulicas en Hendaya para cambio de bogies (Foto: revista Vía Libre obtenida de <https://kilometro160.com/2016/12/08/talgo-trenhotel-francisco-de-goya/>)



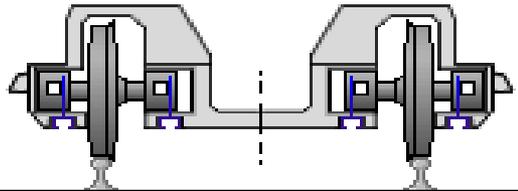
4.1. Soluciones al problema de distintos anchos de vía

1. Transbordo de viajeros y mercancías
2. Vía de dos anchos
3. Material remolcado con ejes o bogíes intercambiables
4. Trenes con ejes de rodadura desplazable (RD)

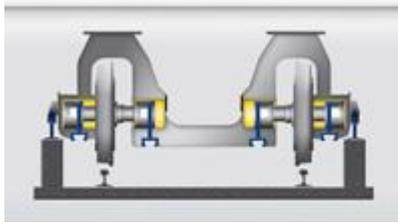


Ejes de rodadura desplazable (RD) - TALGO

Fuente:
www.talgo.com



Talgo
RD

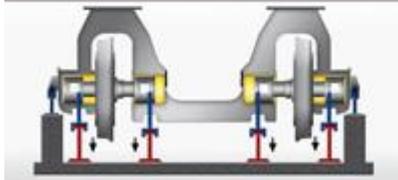


FASES

El proceso de cambio se realiza en cinco fases al pasar cada eje por una instalación especial montada entre las vías de distinto ancho.

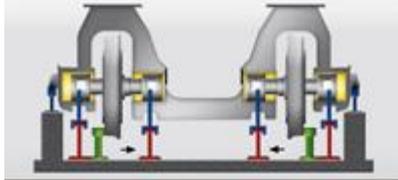
PRIMERA FASE

Los patines de que está dotado el marco del "bogie" entran en contacto con unas guía de la instalación de cambio y deslizan sobre ellas. Las ruedas quedan liberadas de su carga.



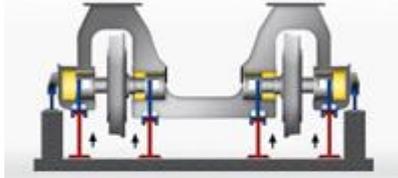
SEGUNDA FASE

Los pies de los cerrojos que bloquean lateralmente los conjuntos de ruedas se introducen en unas guías con perfil en T de la instalación de cambio y descienden, a medida que el tren avanza, obligados por el original perfil longitudinal de estas guías. Los conjuntos de ruedas quedan desenclavados y libres de moverse lateralmente.



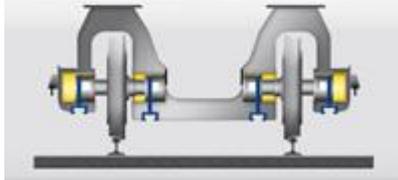
TERCERA FASE

Los conjuntos de ruedas se desplazan transversalmente hasta su nueva posición obligados por unas guías en forma de cajón.



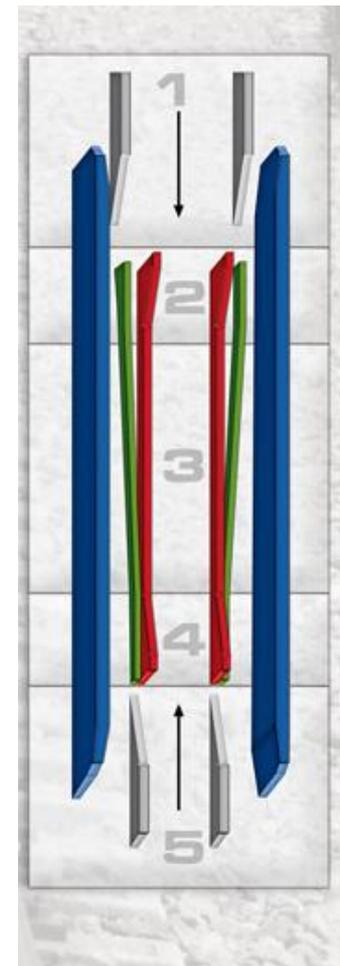
CUARTA FASE

Los cerrojos vuelven a ascender y los conjuntos de ruedas quedan enclavados en su nueva posición.



QUINTA FASE

Las ruedas vuelven a entrar en contacto con la nueva vía y comienzan a rodar tomando la carga del tren.





Ejes de rodadura desplazable (RD) - TALGO



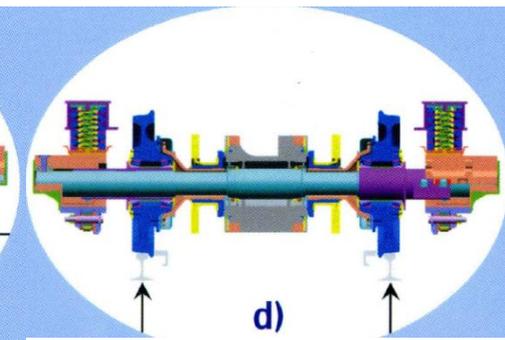
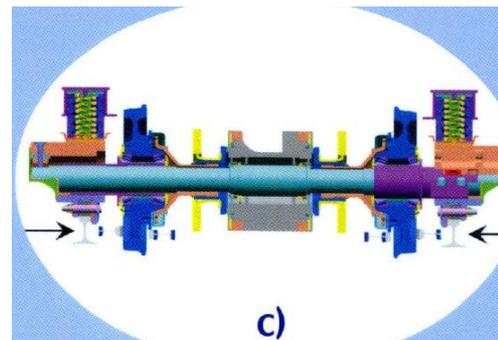
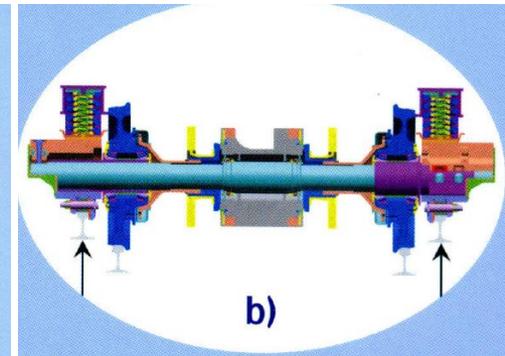
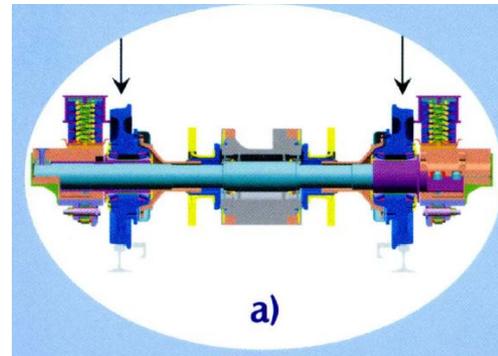
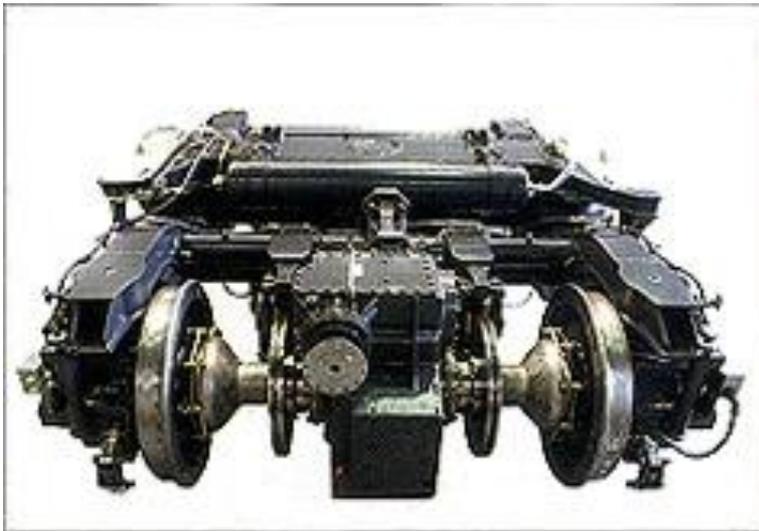


Ejes de rodadura desplazable (RD) - CAF

Sistema BRAVA

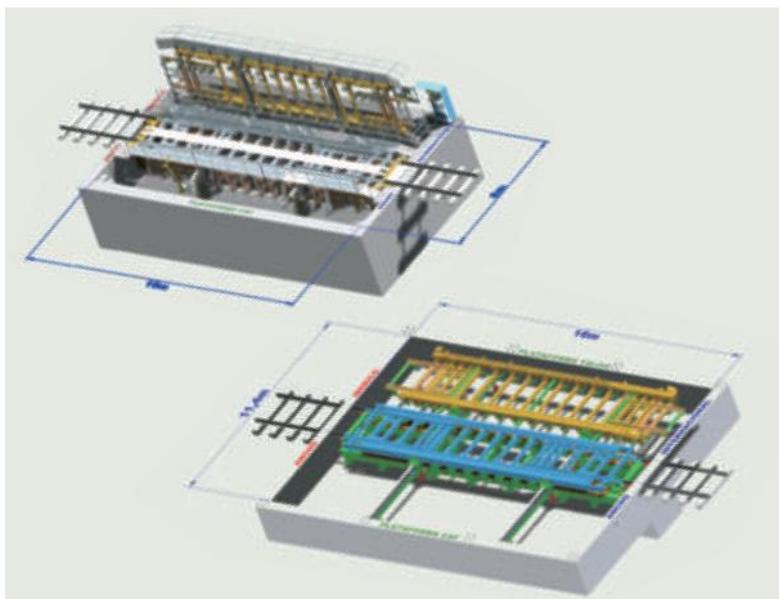
(Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado)

www.caf.net





Ejes de rodadura desplazable: Intercambiadores duales



(Roda de Bará)



Intercambiador dual Roda de Bará





Intercambiador dual Antequera



Fuente : http://www.adif.es/es_ES/ocio_y_cultura/fichas_informativas/ficha_informativa_00034.shtml

MAPA 14

ANCHO DE VÍA Y CAMBIADORES



Fuente: Declaración sobre la red. ADIF. 2016



ANCHOS DE VÍA Y CAMBIADORES EN ESPAÑA

TRACK GAUGES AND CHANGERS IN SPAIN



ANCHO DE VÍA TRACK GAUGE

ANCHO INTERNACIONAL 1.435 mm
INTERNATIONAL GAUGE 1.435 mm

- ELECTRIFICADA A 25 KV
ELECTRIFIED AT 25 KV
- ELECTRIFICADA A 1,5 KV
ELECTRIFIED AT 1,5 KV

ANCHO IBÉRICO 1.668 mm
IBERIAN GAUGE 1.668 mm

- ELECTRIFICADA A 25 KV
ELECTRIFIED AT 25 KV
- ELECTRIFICADA A 3 KV
ELECTRIFIED AT 3 KV
- SIN ELECTRIFICAR
WITHOUT ELECTRIFY

ANCHO MIXTO (1.668 - 1.435 mm)
MIXED GAUGE (1.668 - 1.435 mm)

- ELECTRIFICADA A 25 KV
ELECTRIFIED AT 25 KV
- ELECTRIFICADA A 3 KV
ELECTRIFIED AT 3 KV

ANCHO MÉTRICO 1.000 mm
METRIC GAUGE 1.000 mm

- ELECTRIFICADA A 1,5 KV
ELECTRIFIED AT 1,5 KV
- SIN ELECTRIFICAR
WITHOUT ELECTRIFY

CAMBIADOR DE ANCHO VIAJEROS PASSENGER GAUGE CHANGER

TALGO - 1 GENERACIÓN
TALGO - 1 GENERATION

TALGO - 2 GENERACIÓN
TALGO - 2 GENERATION

CAF - 2 GENERACIÓN
CAF - 2 GENERATION

TCSR1 - VERTICAL - 3G
TCSR1 - VERTICAL - 3G

TCSR2 - HORIZONTAL - 3G
TCSR2 - HORIZONTAL - 3G

TCSR3 - 3G PLATAFORMA ÚNICA
TCSR3 - 3G SINGLE PLATFORM

CAMBIADOR DE ANCHO MERCANCÍAS FREIGHTS GAUGE CHANGER

CAMBIADOR DE EJES MECÁNICO
MECHANIC AXLES CHANGER

CAMBIADOR DE ANCHO AUTOMÁTICO
AUTOMATIC GAUGE CHANGER

VELOCIDAD MÁXIMA MAXIMUM SPEED

- > 250 km/h
- 200 - 250 km/h
- < 200 km/h

Fuente: Historia de la innovación del ancho de vía en España. Vía Libre. 2021



Mercancías



EJE OGI

SISTEMA DE CAMBIO AUTOMÁTICO
DE ANCHO DE VÍA PARA TRENES DE MERCANCÍAS

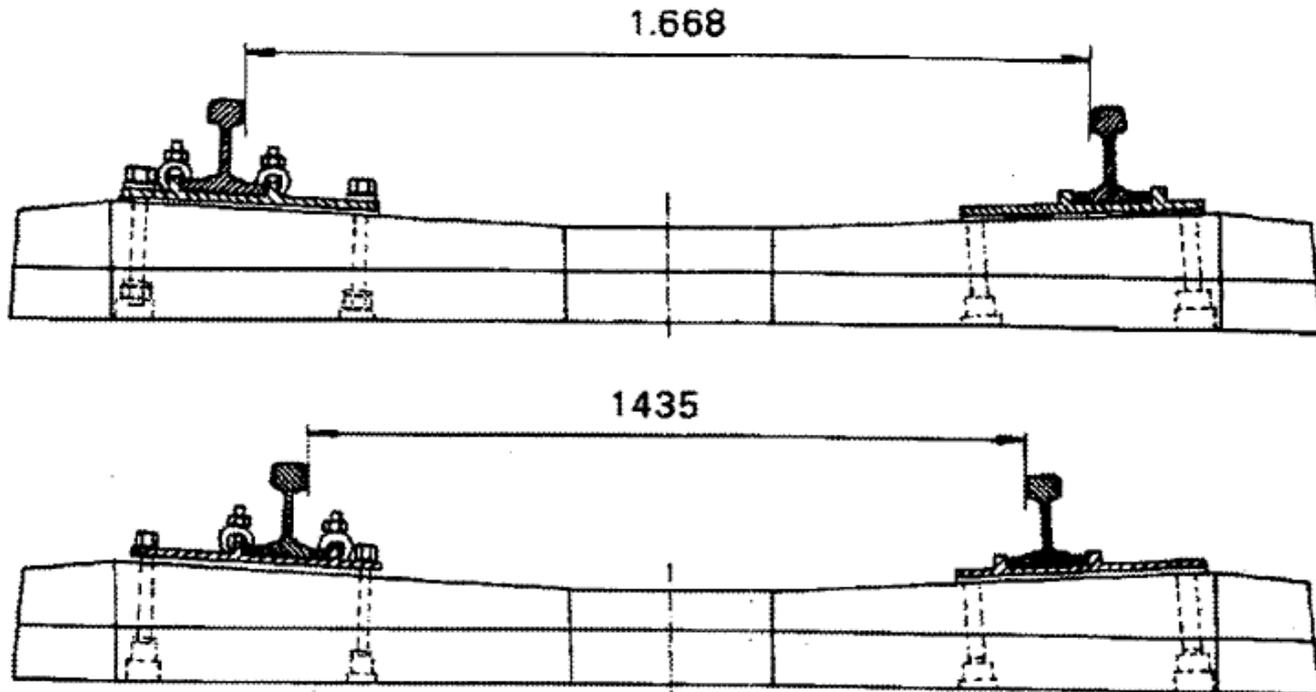


<http://www.azvi.es/wp-content/uploads/Ponencia-Eje-OGI.pdf>



4.1. Soluciones al problema de distintos anchos de vía

1. Transbordo de viajeros y mercancías
2. Vía de dos anchos
3. Material remolcado con ejes o bogíes intercambiables
4. Trenes con ejes de rodadura desplazable (RD)
5. Traviesa polivalente





4.1. Soluciones al problema de distintos anchos de vía

1. Transbordo de viajeros y mercancías
2. Vía de dos anchos
3. Material remolcado con ejes o bogíes intercambiables
4. Trenes con ejes de rodadura desplazable (RD)
5. Traviesa polivalente
6. Vía con tres carriles





4.1. Soluciones al problema de distintos anchos de vía

Vía de tres anchos



Puerto de Barcelona. Terminal de TERCAT
Fuente: Blog Rueda y carril



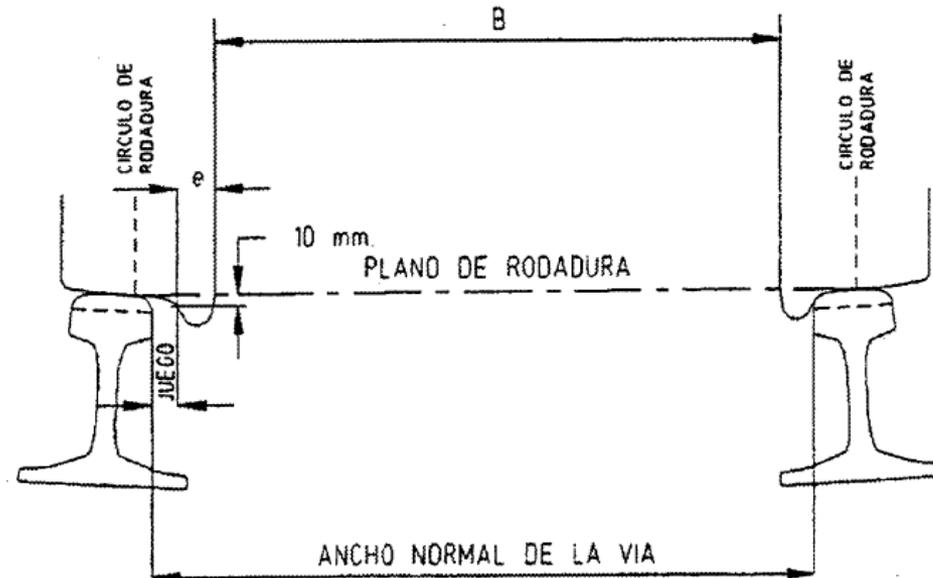
4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



4.2. Juego de vía (j)

Diferencia entre el ancho de vía y la distancia entre las caras interiores de las pestañas, medida a 10 mm por debajo del plano de rodadura.



Ejemplo UIC:

$G=1435$ mm

$D=1426$ mm

$j = 9$ mm

Necesidad:

- Disminuir el ruido (rozamiento carril-pestaña)
- Evitar riesgo de descarrilamiento
- Permitir la inscripción en curvas



4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



4.3. Sobreancho en curvas

Necesidad

- La inscripción se ve dificultada en curvas de radio pequeño

Motivo

- Rigidez del bastidor
- Ruedas caladas al fuste o cuerpo del eje

Consecuencia

- Crear ancho suplementario a la vía

Sobreancho: formulas empíricas

$$S_G = \frac{6}{R} - 0,012; \quad S_G = \frac{(100-R)^2}{27.000}$$

Sobreancho de vía en alineaciones curvas (España)

300 > R > 250	1673 mm
250 > R > 200	1678 mm
200 > R > 150	1683 mm
150 > R > 100	1688 mm



4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálibos
- 8) Entrevía y entreeje



4.4. Formas de las llantas

Recorrido rueda interior

$$L_i = \alpha(R - e)$$

Recorrido rueda exterior

$$L_e = \alpha(R + e)$$



Deslizamiento lateral



Desgaste de la rueda y el carril

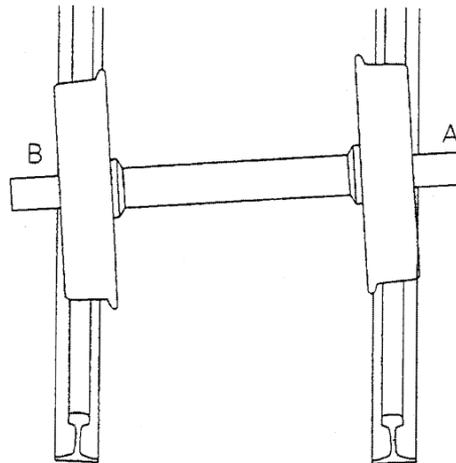


Llanta cónica
evita tendencia al descarrilamiento



4.4. Formas de las llantas

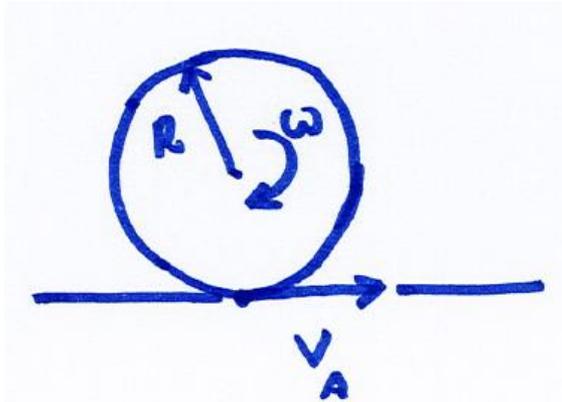
- Se facilita la inscripción en las curvas
- Completa el guiado de los ejes en la alineación recta





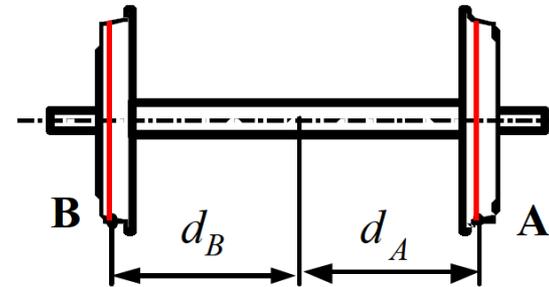
4.4. Formas de las llantas

• Razonamiento matemático



Condiciones iniciales:

- La velocidad angular (w) es igual para ambas ruedas
- El radio de la rueda A (R_a) es mayor que el radio de la rueda B (R_b)



$$w_a = \frac{V_a}{R_a}$$

$$w_a = \frac{D_a}{R_a \cdot t}$$

$$w_b = \frac{V_b}{R_b}$$

$$w_b = \frac{D_b}{R_b \cdot t}$$

$$w_a = w_b$$

$$\frac{D_a}{D_b} = \frac{R_a}{R_b} > 1$$

$$D_a > D_b$$

$$V = \frac{L}{t}$$

La rueda A se adelanta



4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



4.5. Movimiento de lazo

- Movimiento sinusoidal

$$\text{eje} : \lambda = 2 \pi \sqrt{\frac{e r}{\gamma}}$$

$$\text{bogie} : \lambda = 2 \pi \sqrt{r \frac{(s^2 + e^2)}{\gamma e}}$$

S: empate del bogie

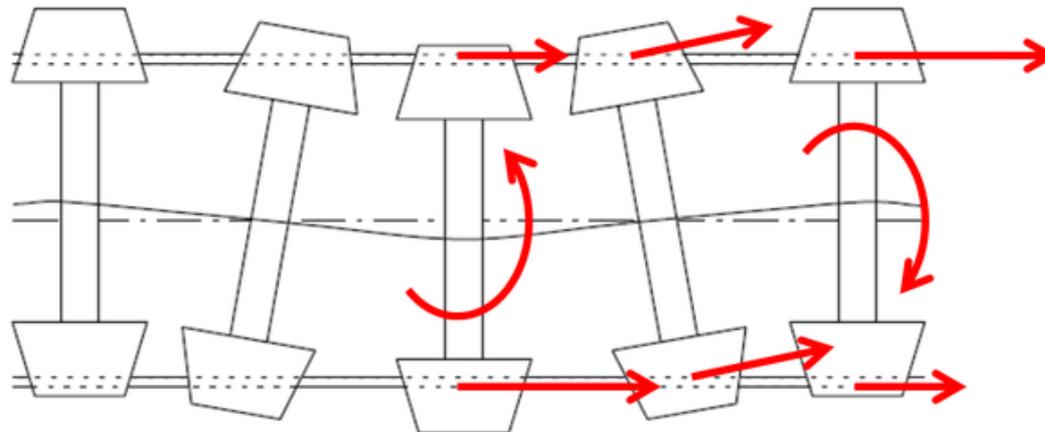
RENFE

$$e = 0.875 \text{ m}$$

$$r = 0.5 \text{ m}$$

$$\gamma = 0.05$$

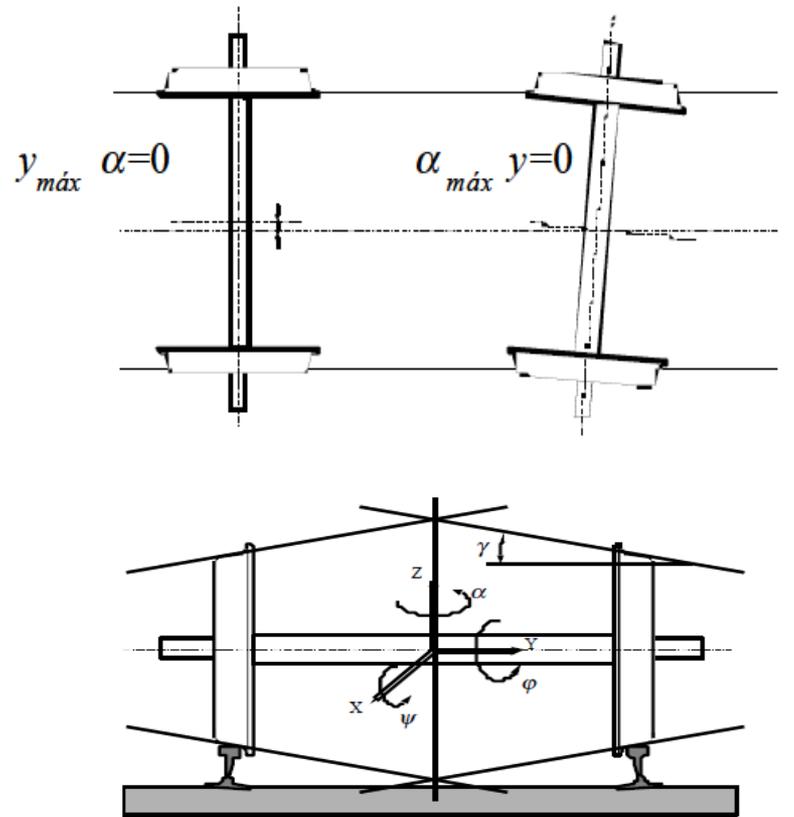
$$\lambda = 18.5 \text{ m}$$





4.5. Movimiento de lazo

- **Movimiento sinusoidal:**
movimiento lateral + giro respecto al eje vertical





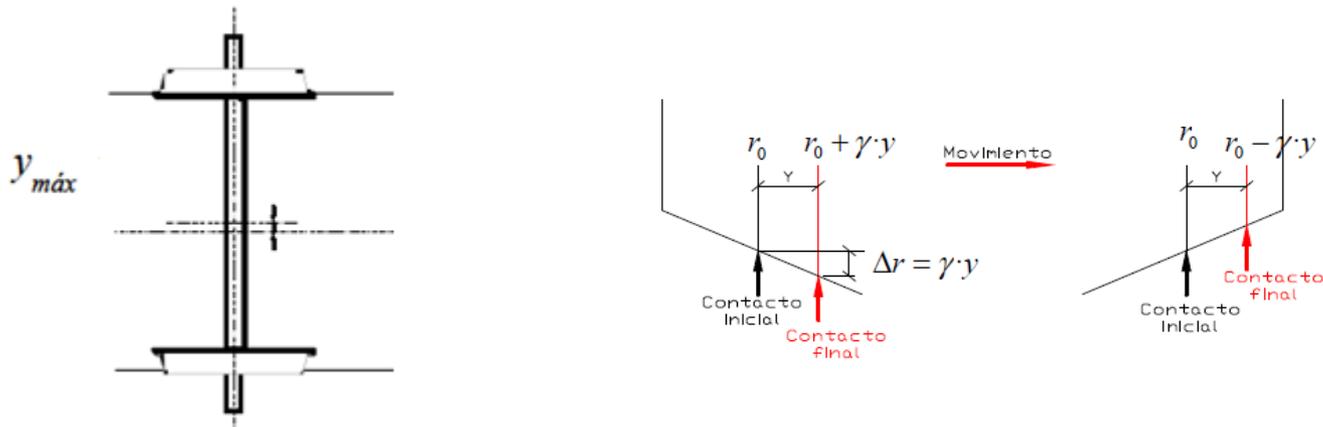
4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



4.6. Deslizamiento en curvas

No hay deslizamiento en curvas si éstas tienen un radio suficientemente grande, tal que el eje se desplaza de manera perfecta hacia el carril exterior, por tanto el radio de rodadura de la llanta exterior aumenta y el de la interior disminuye (no necesitamos sobreaño en curvas)



$$\Delta L = L_{ext} - L_{int} = \alpha(R + e) - \alpha(r - e) = \alpha 2e$$



4.6. Deslizamiento en curvas

Esta condición se cumple para radios que cumplen la siguiente expresión:

$$R \geq \frac{e \cdot r_0}{\gamma \cdot y}$$

R: radio de la curva que sin sobreancho permite la rodadura perfecta

e: semiancho de vía (0.875 m)

r₀: radio de la rueda (0.5 m)

γ: inclinación del carril (0.05)

y: desplazamiento transversal de la rueda, como máximo j/2 (0.009/2)

RENFE: R_{min} ~ 1931 m

Vía estrecha: R_{min} ~ 500 m



4. Interrelación vía - material

- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



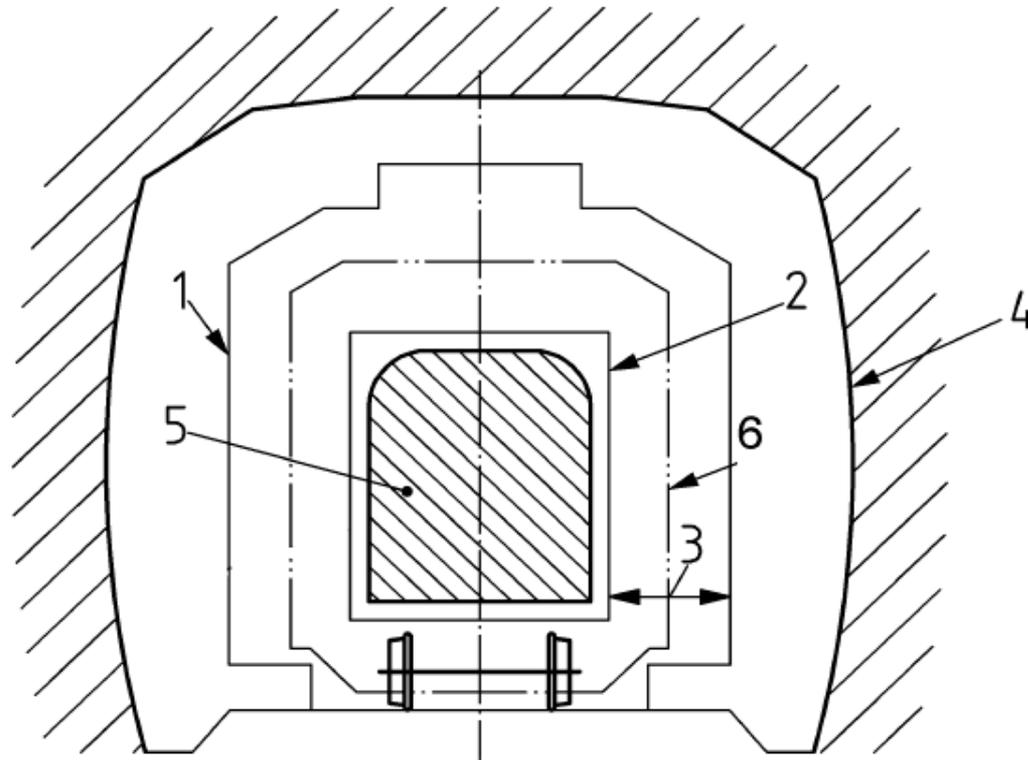
4.7. Gálibos

Sección transversal de referencia que permite determinar el contorno máximo del material móvil y la posición relativa de las obras de fábrica e instalaciones anejas (andenes, aparatos de vía, puentes, túneles, señales, etc)

- ✓ Gálibo de implantación de obstáculos (gálibo de obra)
- ✓ Gálibo de material rodante



4.7. Gál



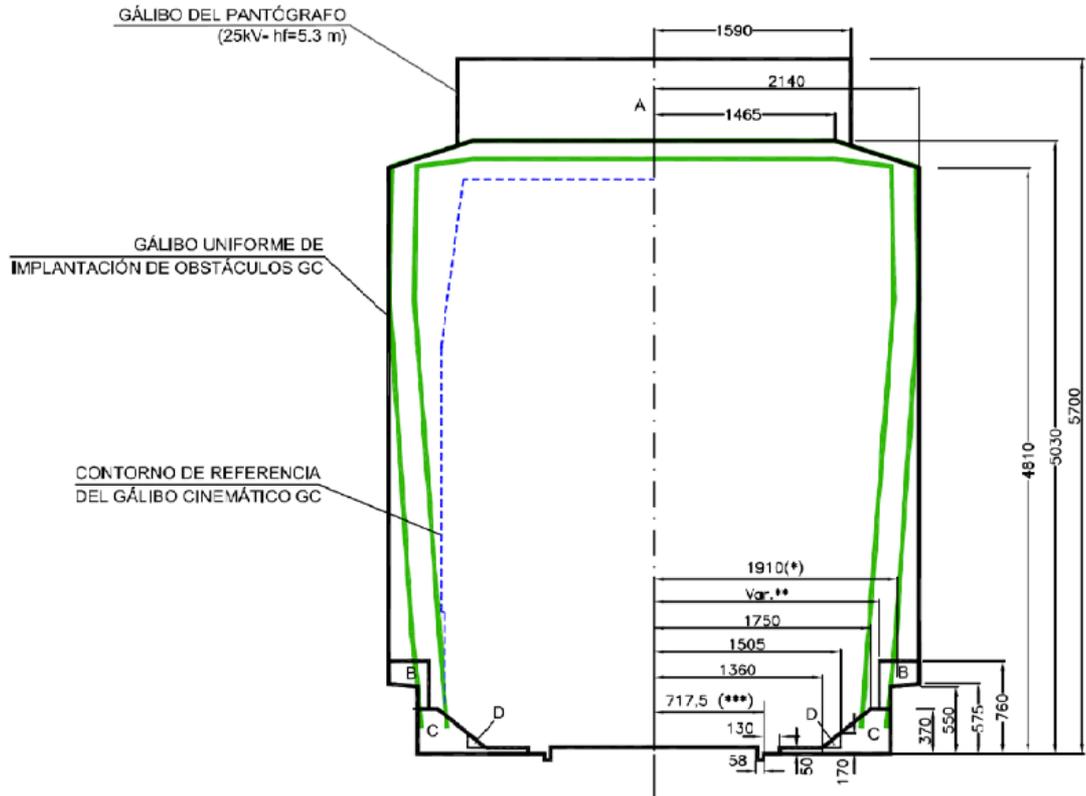
- (1) Gálbo de implantación de obstáculos
- (2) Gálbo del material rodante (perfil constructivo máximo del material)
- (3) Suma de los movimientos del vehículo y de los fenómenos de interacción con la infraestructura
- (4) Infraestructura
- (5) Vehículo
- (6) Contorno de referencia

Figura 1.2. Gálbos considerados



4.7. Gálibo de implantación de obstáculos

Figura A.7.4. Gálibo uniforme GC



Criterios de aplicación para este gálibo uniforme:

- . Radio mínimo en planta (Rmin): 250 m
- . Radio mínimo de acuerdo vertical (Rv): 2000 m
- . Sobrancho máximo: 30 mm
- . Peralte máximo: 160 mm
- . Insuficiencia de peralte máxima (Imax): 150 mm
- . Vía en balasto, en mal estado
- . Catenaria EAC-350, altura de hilo de contacto (hf): 5,3 m
- . Pantógrafo de ancho 1950 mm y trocadores no aislados

Notas al dibujo:

- (*): Borde de acera de evacuación en túneles
- (**): Borde de andén en estaciones; consultar cuadro (3.21)
- (***): Cota nominal, sin sobrancho

Zonas especiales:

- A: Zona para paso del pantógrafo
- B: Zona para andén en estaciones
- C: Zona para equipos de vía. Gálibos GI1, GI2 y GI3
- D: Zona para equipos de vía. Gálibos GI1 y GI2
- C+D: En el caso de elementos no asociados a la vía se rebajará la cota del gálibo uniforme 15 mm.



4.7. Gálibo de material rodante

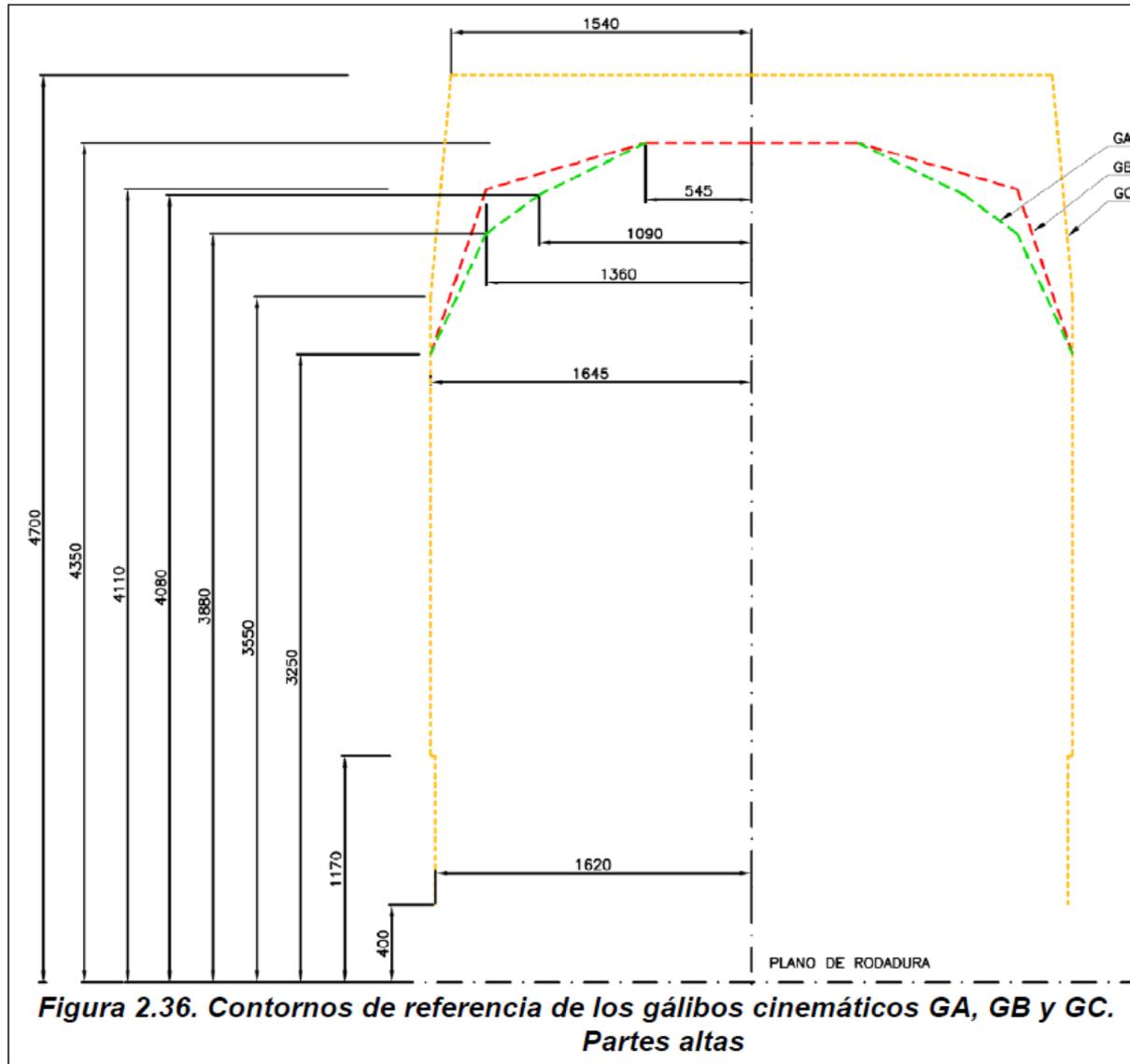
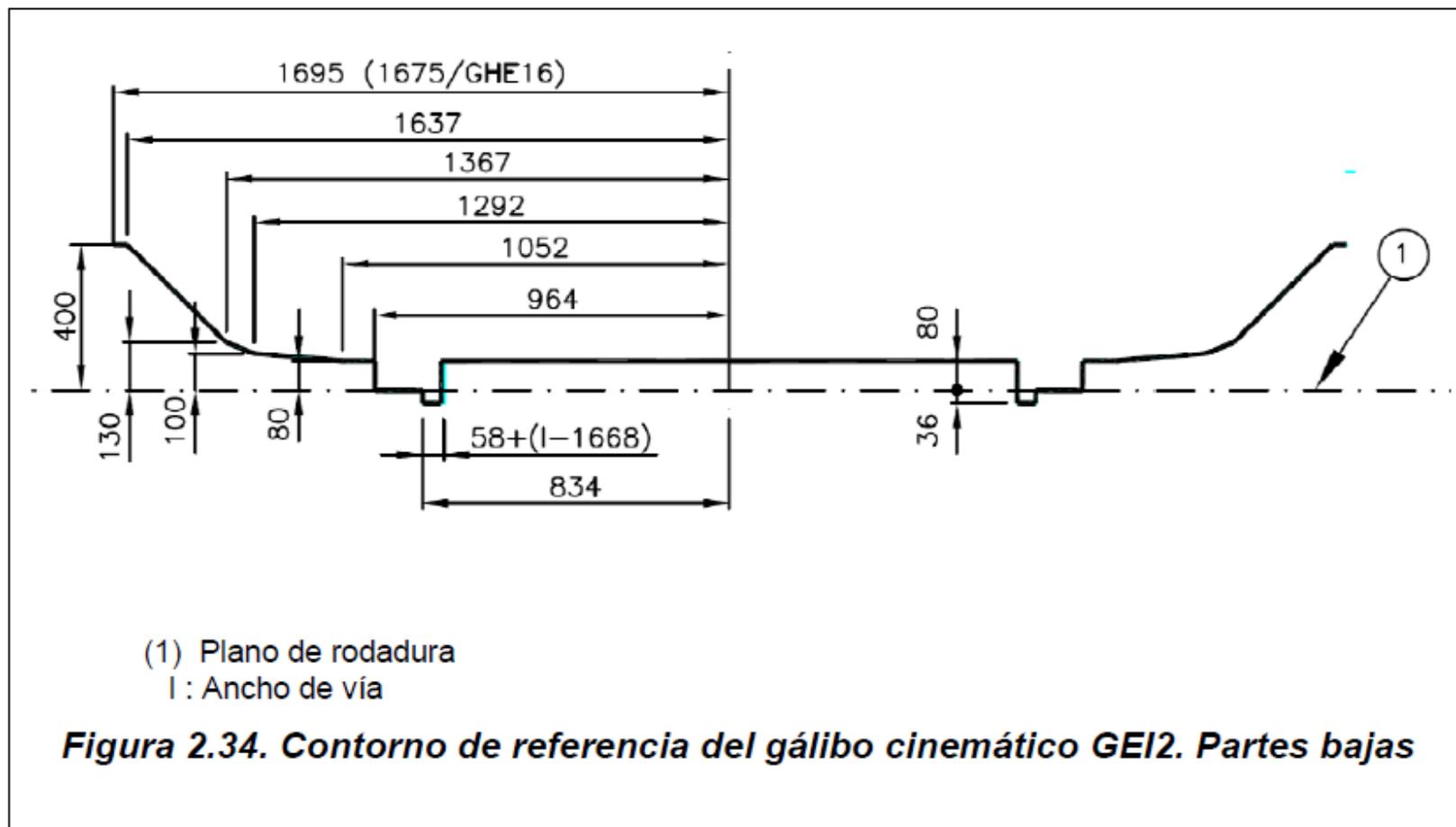


Figura 2.36. Contornos de referencia de los gálbos cinemáticos GA, GB y GC. Partes altas

Fuente: Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la "Instrucción Ferroviaria de gálbos".



4.7. Gálibo de material rodante





4. Interrelación vía - material

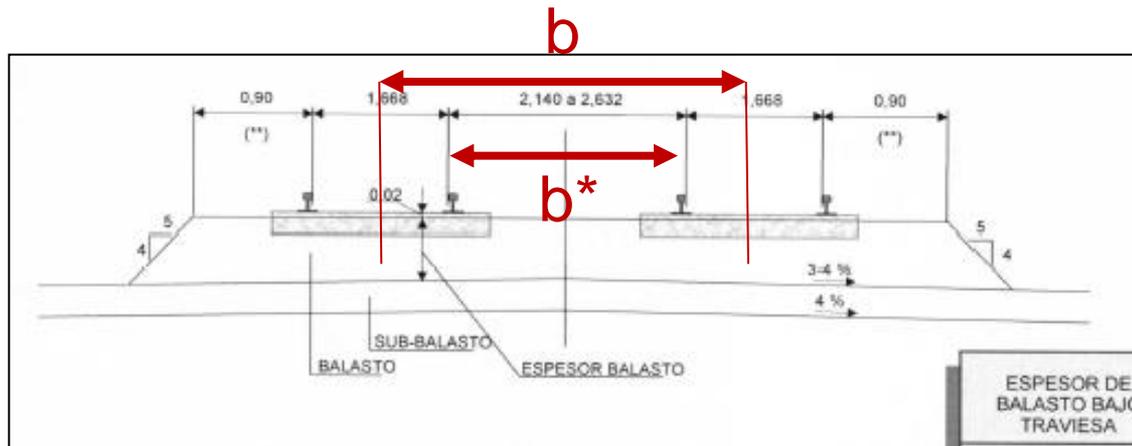
- 1) Ancho de vía
- 2) Juego de vía
- 3) Sobreancho
- 4) Forma de las llantas
- 5) Movimiento de lazo
- 6) Deslizamiento en curvas
- 7) Gálidos
- 8) Entrevía y entreeje



4.8. Entrevías y entrejeje

Entrejeje: Distancia entre los ejes de dos vías próximas (b).

Entrevía: Distancia existente entre bordes activos de los carriles adyacentes de dos vías contiguas (b^*).



Fuente: Normas RENFE Vía (NRV)

b entre 4 y 5 metros

b^* entre 2 y 2,5 metros