

renfe

OFERTA DE EMPLEO

Operador de Ingreso de Mantenimiento y Fabricación

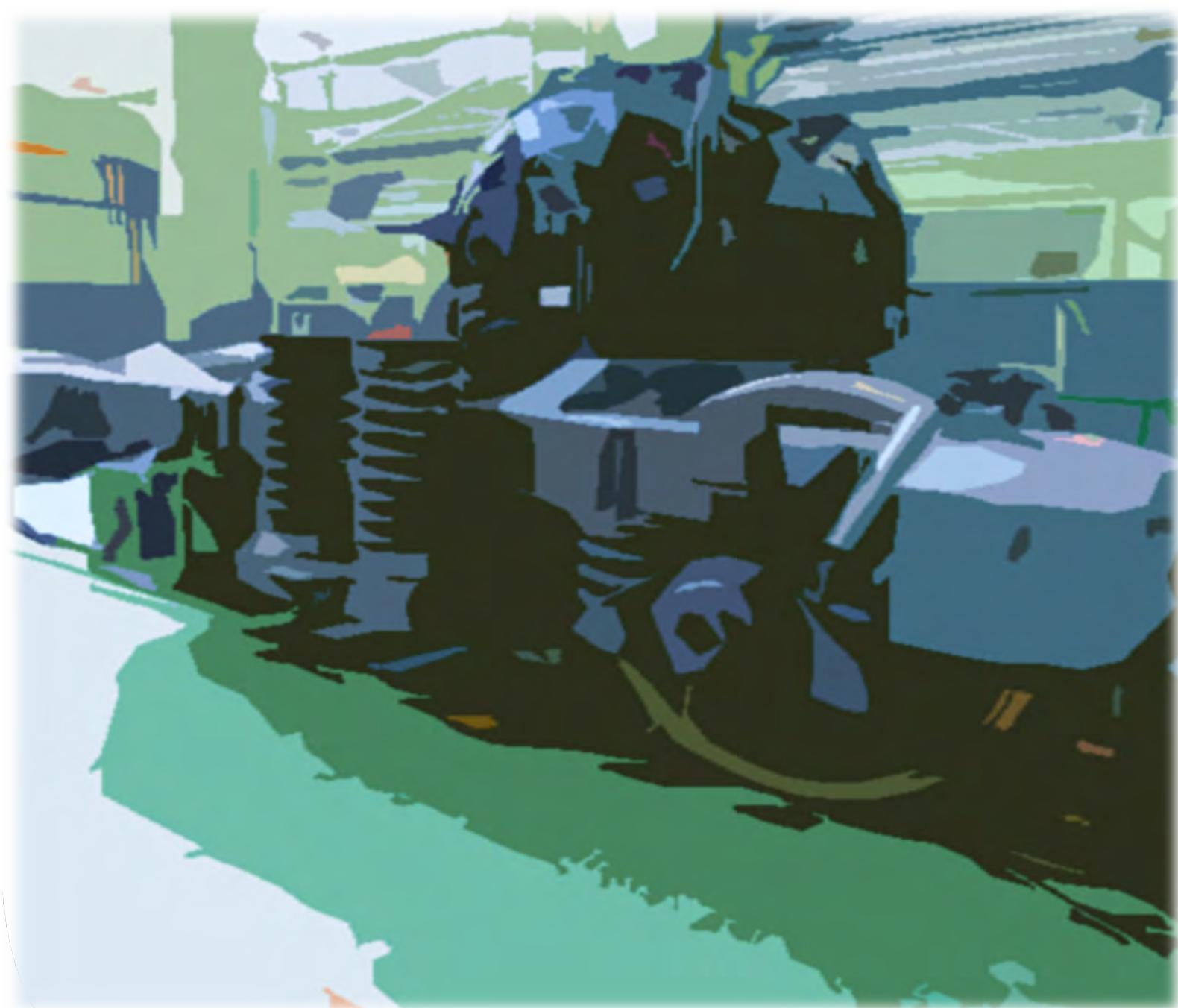
Temario específico para las pruebas presenciales
Especialidad Calderería-Chapa-Soldadura



20
24

Índice

1. Bogies, tracción y choque	3
2. Oxicorte	85
3. Defectos en ruedas	116



renfe

Fabricación y Mantenimiento S.A.
Gerencia de Área de Organización y RR HH.
Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

BOGIES, TRACCIÓN Y CHOQUE

Autores: Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe

Edita: © Renfe-Fabricación y Mantenimiento S.A

Gerencia de Área de Organización y Recursos Humanos.

Gerencia de la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

Edición 1ª febrero 2019

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL AUTOR.

ÍNDICE

1.	DESCRIPCIÓN DEL BOGIE	7
1.1	DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE BOGIE	7
2.	COMPONENTES DEL CONJUNTO DEL BOGIE	9
2.1	BASTIDOR DE BOGIE	9
2.2	TIPOS DE BASTIDORES	10
2.3	EJE MONTADO.....	10
2.3.1	Rueda	12
2.3.2	Eje.....	20
2.4	CAJA DE GRASA.....	20
2.5	REDUCTOR/TRANSMISIÓN.....	23
2.5.1	Transmisión directa.....	23
2.5.2	Transmisión indirecta por coronas dentadas	23
2.5.3	Transmisión indirecta elástica con engranajes.....	24
2.5.4	Transmisión indirecta por eje Cardan	24
2.6	SUSPENSIÓN.....	25
2.6.1	Suspensión primaria	25
2.6.2	Suspensión secundaria.....	25
2.6.3	Tipos de elementos de suspensión	26
2.7	APOYO Y GUIADO	35
2.7.1	Placa central plana.....	36
2.7.2	Bowl esférico central	36
2.7.3	Pivote central	36
2.7.4	Unión tipo Watts	37
2.7.5	Unión de péndulo.....	38
2.7.6	Conexión sin cabezal	38
2.7.7	Barra de tracción-compresión	39
2.7.8	Barras o bielas de guiado	39
2.8	ELEMENTOS DE FRENO	40
2.8.1	Zapatas, portazapatas y timonería de freno	40
2.8.2	Discos de freno.....	41
2.8.3	Cilindros de freno	42
2.8.4	Tuberías de circuito neumático y depósitos de aire.....	43
2.8.5	Patines electromagnéticos de freno	44
2.9	OTROS ELEMENTOS	45
2.9.1	Odometría.....	45
2.9.2	Acelerómetros.....	45
2.9.3	Sondas de temperatura	46
2.9.4	Engrase de Pestañas.....	46
2.9.5	Areneros	46
2.9.6	Retornos eléctricos en cajas de Grasa.....	46
2.9.7	Quitapiedras y quitarreses.....	47

2.9.8	Captadores.....	48
2.9.9	Equipos de Propulsión (Motores).....	48
3.	TIPOS DE BOGIES	51
3.1	SEGÚN SU FUNCIÓN	51
3.1.1	Bogies Motores	51
3.1.2	Bogies Portantes	51
3.2	SEGÚN EL NÚMERO DE EJES	52
3.2.1	De dos ejes	52
3.2.2	De tres ejes.....	52
3.3	SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS	53
3.3.1	Vehículos Autopropulsados.....	53
3.3.2	Locomotoras	54
3.3.3	Rodales	55
3.3.4	Bogie de mercancías tipo Y-21	56
4.	SISTEMAS ESPECIALES.....	59
4.1	RODADURA DESPLAZABLE	59
4.1.1	Sistemas de ancho variable	60
4.2	SISTEMAS PENDULARES / BASCULANTES	62
4.2.1	Sistemas de basculación pasiva (pendulación)	62
4.2.2	Sistemas de basculación activa.....	63
5.	SISTEMAS DE TRACCIÓN Y DE CHOQUE.....	65
5.1	CONJUNTO DE TRACCIÓN	65
5.1.1	Gancho de tracción.....	65
5.2	CONJUNTO DE CHOQUE.....	70
5.2.1	Topes	70
5.3	ACOPLAMIENTOS AUTOMÁTICOS.....	72
5.3.1	Sistema mecánico con acoplamiento neumático y eléctrico. Scharfenberg	72
5.3.2	Enganches mecánicos con acoplamiento neumático	76
5.3.3	Enganche mecánico	77
5.3.4	Sistema de enganche auxiliar para socorros y maniobras.	77
5.4	SISTEMAS DE ABSORCIÓN DE IMPACTOS	78

Este libro ha sido elaborado por la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Es propiedad de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización expresa del propietario.

1. DESCRIPCIÓN DEL BOGIE

1.1 DEFINICIÓN Y CONCEPTO DE BOGIE

Se entiende por Bogie al conjunto-estructura que soporta un número determinado de ejes, normalmente dos o tres, conectado de manera articulada al bastidor de un vehículo ferroviario y que puede ir equipado con un variado número de sistemas o elementos accesorios.

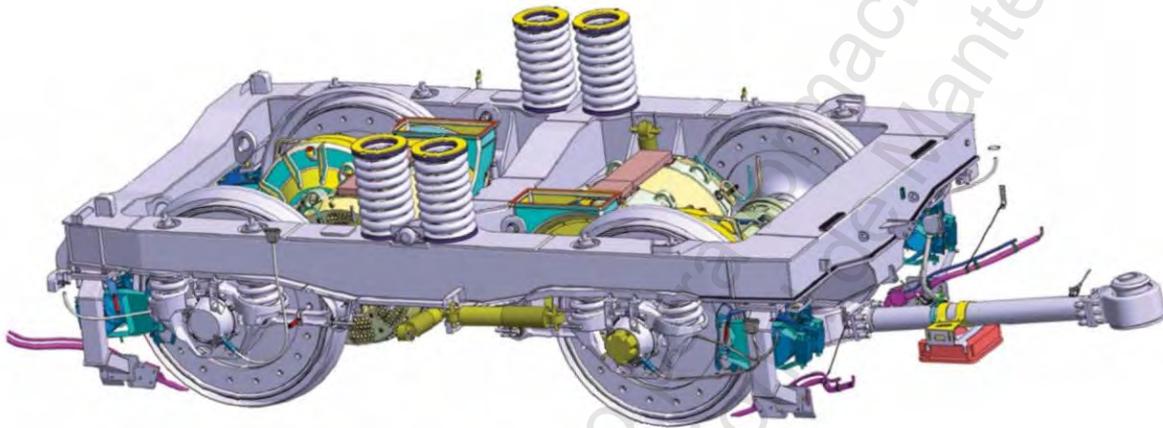


Figura. 1-1 Bogie

El elemento básico del bogie es el sistema de rodadura cuya diferencia principal entre un vehículo ferroviario y cualquier otro tipo de vehículos de transporte terrestre, radica en el sistema de guiado.

Los carriles por donde circulan las rodaduras del vehículo no solo tienen la misión de apoyo a las ruedas, sino que también les proporciona el guiado lateral.

Los carriles y las agujas cambian la dirección de las ruedas y de esta manera determinan la dirección en la que se desplazará el vehículo ferroviario.

El tren de rodadura proporciona el movimiento seguro del vehículo a lo largo de las vías, en este sistema se incluyen una serie de elementos o equipos como el bastidor, ejes montados, cajas de grasa, suspensiones, sistemas de frenado, sistemas de tracción y una serie de dispositivos que se encargan de transmitir los esfuerzos de tracción y freno al conjunto del vehículo.

Las principales funciones de los bogies o de los sistemas de rodadura son:

1. **Transmitir y distribuir la carga** del vehículo sobre los carriles.
2. **Guiar al vehículo** a lo largo de la vía.
3. **Controlar las fuerzas dinámicas** producidas por irregularidades de la vía, las producidas en las curvas y en los cambios de vía del mismo modo que las que se generan por el impacto entre vehículos que componen un tren.
4. **Amortiguación** eficaz de movimientos oscilatorios.
5. **Aplicación** de forma **segura** de los esfuerzos de **tracción y freno**.
6. Permitir la **ubicación de otros elementos** que forman parte de su conjunto.

No todos los vehículos van equipados con bogies, por ello podemos distinguir dos tipos según su sistema de rodadura:

- **Provistos de bogies**
- **No provistos de bogies**

En los vehículos "No provistos de bogies" los elementos señalados con anterioridad (tracción, freno, etc.) se sitúan en el bastidor del propio vehículo y la posibilidad de flexibilidad de movimientos rodadura/caja o bastidor no existen por la falta de articulación. Esta circunstancia limita la longitud de estos vehículos.



Figura. 1-2 Vehículo no provisto de bogie

En los vehículos modernos, en el diseño de los bogies se tiene en cuenta las características de las líneas donde van a prestar servicio, así como las condiciones climáticas y de explotación. Así mismo cumplen las prestaciones solicitadas en cuanto a condiciones de resistencia y calidad de marcha.



Figura. 1-3 Vehículo con bogies

Se pone especial atención a su simplicidad, accesibilidad y a que presente unas necesidades de mantenimiento reducido, así como unas óptimas características de estabilidad de marcha, reparto de cargas entre ruedas, alta adherencia, buena inscripción en curva y baja agresividad de vía.

A fin de conseguir un mantenimiento reducido se suelen utilizar elementos de caucho libre de mantenimiento, en los puntos o articulaciones donde el diseño lo ha permitido, con lo que se consigue reducir al mínimo los puntos de engrase que requieren especial atención y mayor mantenimiento.

2. COMPONENTES DEL CONJUNTO DEL BOGIE

Como se expuso con anterioridad, los bogies pueden estar compuestos de una gran diversidad de equipos, elementos o subconjuntos. Esta variedad de elementos dependerá del tipo de bogie y del tipo de vehículo sobre el que va dispuesto. Los principales elementos que se distinguen y que trataremos más profundamente en lo sucesivo serán:

- Bastidor de bogie
- Eje montado
- Cajas de grasa
- Sistema reductor y transmisión
- Suspensión
- Sistemas de apoyo y guiado
- Elementos de freno
- Otros elementos

Entre los que destacaremos:

- Sistemas de odometría
- Acelerómetros
- Sistemas de engrase de pestañas
- Areneros
- Retorno de corriente
- Quitapiedras
- Captadores de sistemas de seguridad
- Sistemas de propulsión

2.1 BASTIDOR DE BOGIE

El bastidor del bogie es una estructura rígida totalmente soldada y que puede ser de diversas formas, dependiendo del vehículo y del número de ejes que sustenta y que en la mayoría de los bogies de dos ejes suelen tener forma de H o de 8, constituida por la unión soldada de dos largueros y una o varias traviesas o travesaños.

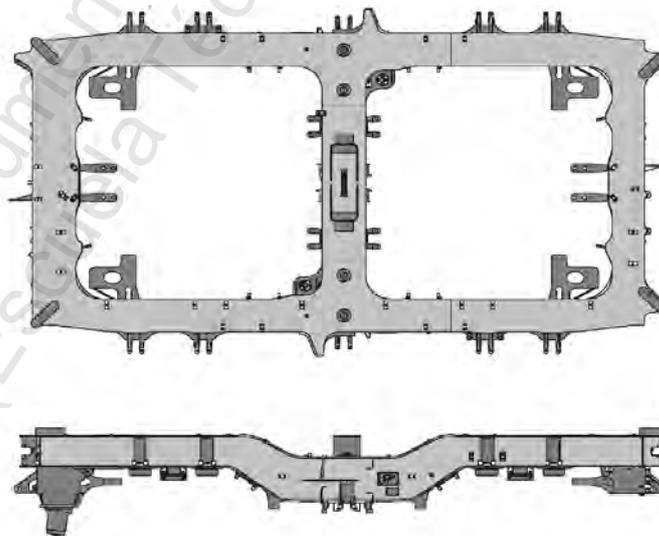


Figura. 2-1 Bastidor de bogie

Existen notables diferencias entre los bastidores de los bogies de vehículos autopropulsados, de vagones, de locomotoras o de coches. Esto se debe a las diferentes características de cada uno de estos vehículos, no solo en cuanto a sus prestaciones sino también a las diferencias entre longitudes y masas propias de los mismos.

Los largueros y las traviesas están contruidos con chapa de acero de alto límite elástico. Las traviesas suelen estar formadas por dos cajones de sección rectangular reforzados entre sí, para aportar la rigidez precisa en las zonas de las fijaciones de los motores de tracción y del enlace caja-bogie. Entre ambos cajones queda un espacio para permitir el paso del pivote de enlace caja-bogie.

En el bastidor se fijan (por medio de tornillería o soldadura) los soportes necesarios para el montaje de todos los elementos que van integrados en el bogie.

Después del proceso de soldado y antes de mecanizar, el bastidor del bogie es sometido a un proceso de recocido en un horno, para eliminar tensiones. Este proceso garantiza las características apropiadas de robustez, elasticidad, tenacidad, etc., necesarias para soportar las solitudes a las que estará sometido en condiciones normales de funcionamiento.

2.2 TIPOS DE BASTIDORES

Como hemos visto anteriormente, el tipo de bastidores de bogie es muy variado y dependerá esencialmente del número de ejes que soporta y de las características particulares del vehículo donde va montado.

Dependiendo de la ubicación de las traviesas, los bastidores pueden ser:

- **Abiertos**
- **Cerrados**

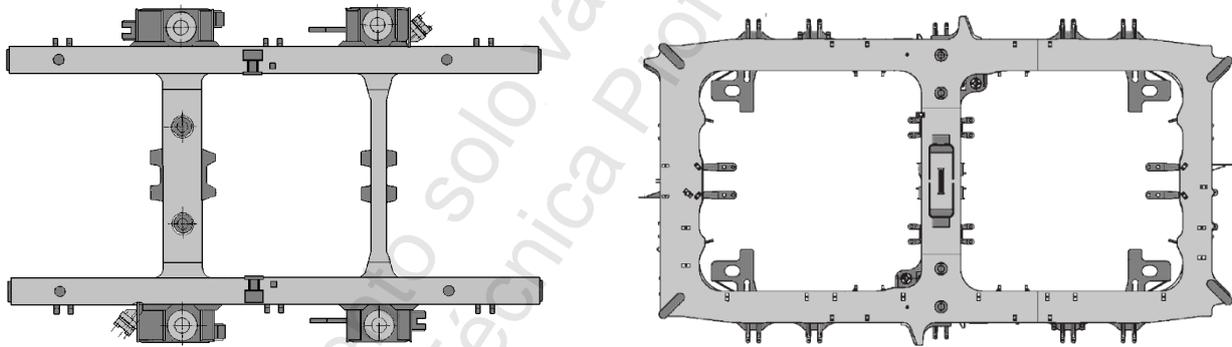


Figura. 2-2 Bastidor abierto (izquierda) y cerrado (derecha)

testeros. Podemos encontrarlos con una traviesa central (comúnmente denominadas en H) o con dos traviesas centrales (denominadas de doble H)

Los bastidores **cerrados** disponen de traviesas tanto centrales como en los testeros. Los bastidores cerrados sin traviesa central existieron en el pasado, pero fueron sustituidos por los que disponen de traviesas centrales por sus mejores características. Actualmente no existe ningún vehículo en el parque activo de RENFE con este tipo de bastidor.

Comúnmente se denomina los bastidores con una traviesa central como bastidores en 8 y a los de dos traviesas interiores como de doble 8.

2.3 EJE MONTADO

Se entiende por **eje montado** al conjunto de rodadura formado por dos ruedas unidas fijamente por un eje común, lo que implica que ambas ruedas tengan la misma velocidad angular y mantengan una distancia constante entre ellas. Las ruedas del eje

montado comienzan su vida con unas bandas de rodadura puramente cónicas. Estas bandas de rodadura se desgastan rápidamente en servicio, de forma que pasan a tener una curvatura en dirección transversal.

El eje montado proporciona:

- La distancia necesaria entre el vehículo y la vía.
- El movimiento de lazo que determina el movimiento dentro de la vía, incluyendo las curvas y agujas.
- Los medios de transmisión de las fuerzas de tracción y de frenado a los raíles para acelerar y decelerar el vehículo.

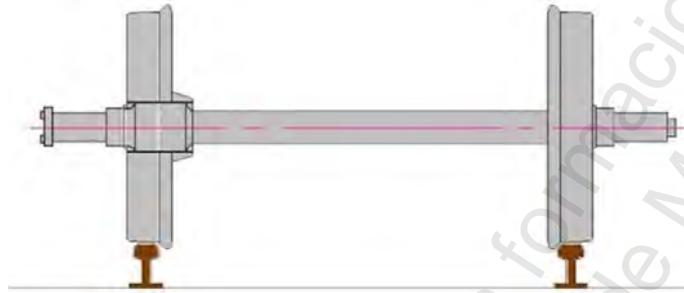


Figura. 2-3 Eje montado

El diseño del eje montado depende de:

- El tipo del vehículo (si ejerce tracción o arrastre).
- El tipo de sistema de frenado utilizado (freno de zapata, disco del freno en el eje, o disco del freno en rueda).
- La construcción del centro de la rueda y la posición de cojinetes respecto al eje (interior o exterior).
- El deseo de limitar fuerzas de una frecuencia más alta usando elementos elásticos entre el centro de la rueda y la llanta.

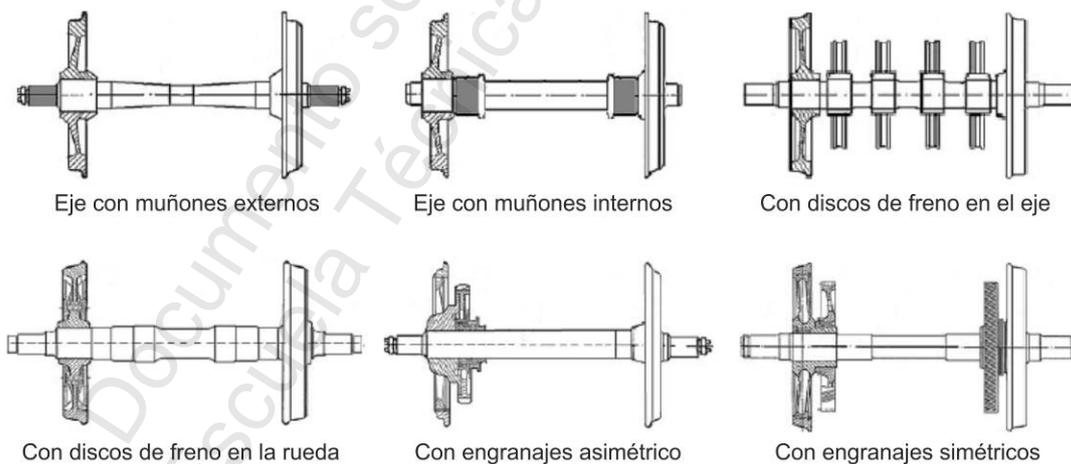


Figura. 2-4 Tipos de ejes montados

Además del eje propiamente dicho y las ruedas, los ejes montados pueden tener otros elementos instalados como pueden ser discos de freno y coronas dentadas para la transmisión de la tracción. La aparición de estos elementos dependerá del tipo de vehículo donde el eje montado se encuentre instalado y, por lo tanto, de sus características particulares.

2.3.1 Rueda

Las ruedas y los ejes de transmisión son las partes más críticas del material rodante ferroviario. Un fallo mecánico o un exceso en las dimensiones del diseño pueden causar el descarrilamiento.

Las ruedas se clasifican como macizas o con llanta.

- ✓ Las ruedas **macizas** tienen tres elementos importantes:
 - la llanta
 - el disco o velo
 - el cubo
- ✓ Las **ruedas con llanta** tienen puesta una llanta unida al disco de rueda que puede ser quitada y sustituida cuando alcanza su límite de torneado.

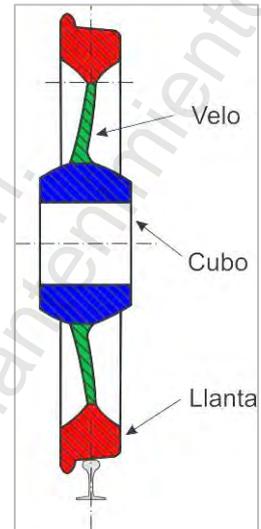


Figura. 2-5 Rueda

2.3.1.1 Cubo

Es la parte central de la rueda donde se encuentra el orificio para ser calada sobre el eje.

2.3.1.2 Llanta

Es la parte exterior de la rueda que entra en contacto con el rail y donde se encuentra el "perfil de rodadura".

En dicho perfil de rodadura se pueden distinguir tres zonas:

- Pestaña
- Banda de rodadura
- Chaflán

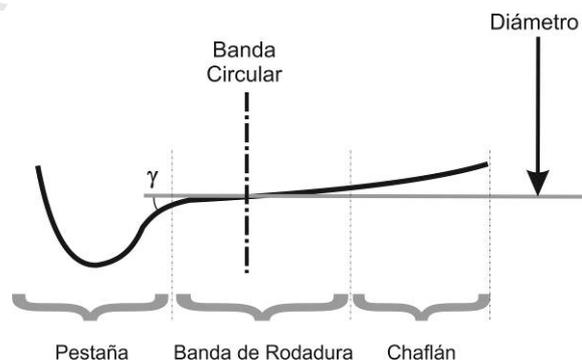


Figura. 2-6 Perfil de rodadura

La **Pestaña** es un resalte de mayor diámetro que el resto de la rueda y que se encuentra en la parte interior del perfil de la misma con respecto a su colocación en el vehículo. Evita que la rueda se salga del rail y proporciona el guiado del vehículo.

El **chaflán** es la parte de menos diámetro de la rueda y se encuentra en su parte exterior.

La **banda de rodadura** se encuentra en la parte central del perfil de rodadura. Su forma es cónica y es la zona que apoya en el rail. Es la zona (junto con la pestaña) que sufre mayor desgaste. El punto medio aproximado de la banda de rodadura con respecto a la superficie de contacto del carril se denomina **Banda Circular**, este se encuentra a 70 mm de la superficie de la cara interna de la rueda. En punto de encuentro entre la banda circular y la banda de rodadura se denomina **punto de rodadura**. En este punto es donde se mide el diámetro de la rueda y desde el que se toma referencia para el resto de los parámetros del perfil de rodadura.

2.3.1.3 Disco o Velo

El disco o velo es la parte existente entre el cubo y la llanta. Puede adoptar variados tipos de formas. Las ruedas se pueden diferenciar por la forma del disco.

El velo puede adoptar varios tipos según sus secciones transversales:

- Recto
- Cónico
- Con forma de S
- Con radios
- Ondulados.

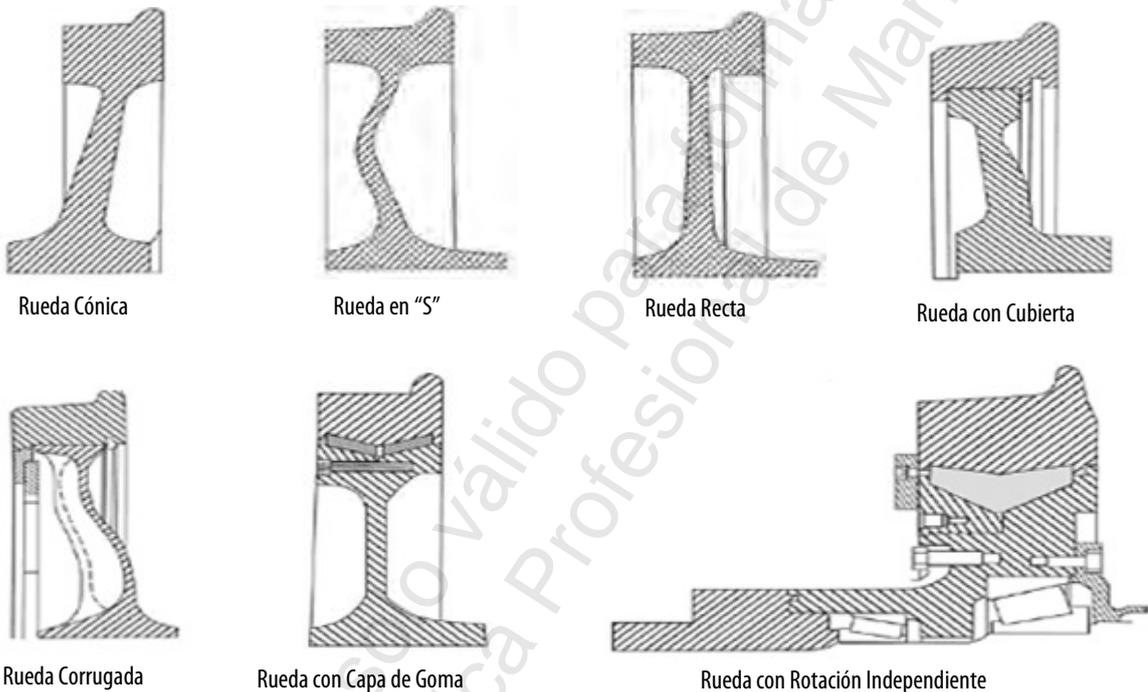


Figura. 2-7 Tipos de rueda por su velo

Un disco recto reduce el peso de la construcción y puede ser formado tal que el espesor del metal corresponda al nivel de la tensión local que soporta.

Los discos cónicos y con forma de S sirven para aumentar la flexibilidad de la rueda, por lo tanto, reducen las fuerzas de la interacción entre las ruedas y los raíles.

Los discos ondulados tienen mejor resistencia a la flexión lateral.

Para reducir las fuerzas de interacción rueda-raíl, reduciendo la masa no suspendida, ha llevado al desarrollo de las ruedas elásticas que incorporan una capa de material con un módulo interno de elasticidad (caucho, poliuretano). Éstos ayudan a atenuar las fuerzas y vibraciones que actúan entre la rueda y el raíl.

Por otra parte, la mejora de la fiabilidad de los rodamientos permitió la aparición de las ruedas que rotan independientemente. Estas proporcionan importantes reducciones en la masa no suspendida debido a la eliminación del eje. Por desacoplamiento de las ruedas, el eje montado que rota independientemente elimina la mayoría de las fuerzas de guiado en el eje. Tales ejes han encontrado aplicaciones, ya sea en material de rodadura variable que permite una transición rápida de un ancho de vía a otro, o en transporte urbano sobre raíles donde un bajo nivel de suelo es necesario.

2.3.1.4 Banda de rodadura

¿Por qué las bandas de rodadura son cónicas?

En curvas, el rail exterior tendrá un radio más grande que el rail interior. Esto significa que una rueda cilíndrica tiene que recorrer más distancia en el rail exterior que en el interior. Las ruedas que se mueven en los railes interiores y exteriores adquieren el mismo número de revoluciones por unidad de tiempo, al estar fijas y solidarias al eje, esto impedirá su circulación libre y fluida en curva. Para que las distancias recorridas por las dos ruedas sean iguales, una o las dos "deslizarán" aumentando así la resistencia a rodadura, y producirán desgaste entre rueda y rail. La solución es fabricar la superficie de rodadura de las ruedas con un perfil cónico cuyo ángulo de inclinación sea variable con respecto al eje montado.

Un eje montado libre con perfiles cónicos se moverá lateralmente en una curva de tal forma que la rueda externa esté rodando en un radio más grande (debido al ángulo del cono) que el interno. Puede verse que para cada radio de la curva solamente existe un valor de la conicidad que elimina el deslizamiento. Como diferentes vías ferroviarias tienen diferentes poblaciones de radios de curvatura, la forma del perfil de rueda que provee el deslizamiento mínimo depende de las características de la vía. Las administraciones ferroviarias especifican normalmente los perfiles permisibles de la rueda para su infraestructura y el grado de desgaste permitido antes de que sea requerido un reperfilado.

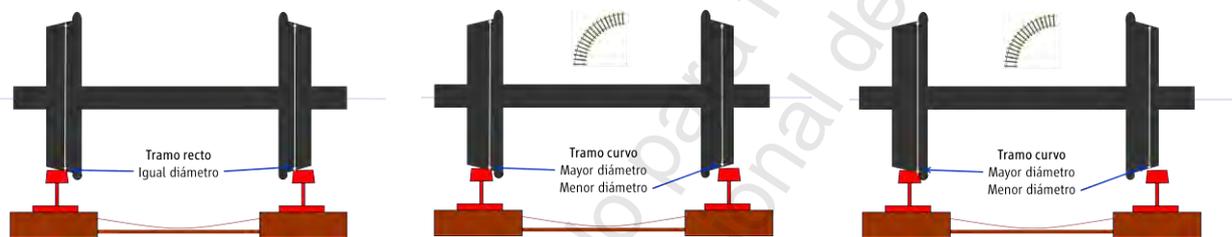


Figura. 2-8 Dinámica del eje montado en curva



Figura. 2-9 Dinámica de eje montado en curva

Mientras que la rueda se desgasta, la forma del perfil se puede alterar perceptiblemente dependiendo de un gran número de factores. Entre otros pueden destacarse: el perfil de curvatura de la ruta, el diseño de la suspensión, el grado de las fuerzas de tracción y frenado aplicadas, la forma del perfil medio del raíl y el régimen de lubricación. El desgaste de la banda de rodadura incrementará la altura del chaflán, y eventualmente ocasionará que golpee en el raíl. Si el desgaste de zona de contacto hace que el perfil llegue a ser excesivamente cóncavo, tensiones dañinas pueden surgir en el lado externo de la rueda y el raíl, hecho conocido como “falso daño de reborde”. El desgaste del chaflán puede conducir al aumento de su ángulo y a la reducción de su espesor.

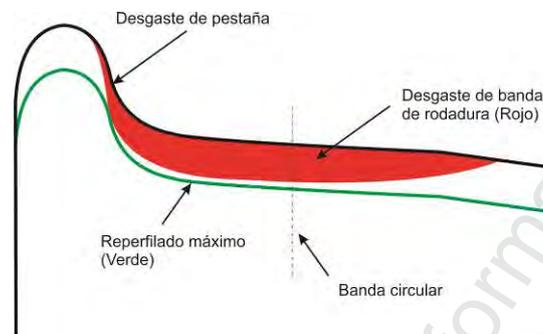


Figura. 2-10 Desgaste del perfil de rodadura

En condiciones extremas, esto podría aumentar el riesgo de descarrilamientos por separación de aguja. Los perfiles de la rueda son restaurados generalmente a su forma de diseño mediante torneados periódicos. Esto se puede realizar normalmente sin la necesidad de quitar el eje montado del vehículo.

Las condiciones del contacto variarán considerablemente en función de la forma de la rueda y del perfil de la vía. Estas pueden ser de contacto en un punto, en dos puntos, o de contacto conforme.

El **contacto en un punto** (1) se produce entre los perfiles cónicos o de banda de rodadura de la rueda y el perfil redondeado del raíl. Las ruedas se desgastan rápidamente a la forma local del raíl.

Con el **contacto en dos puntos** (2) la rueda toca además el raíl con su reborde. En este caso, el contacto de rodadura tiene dos diferentes radios que producen deslizamiento intensivo y desgaste rápido del reborde.

El **contacto conforme** (3) aparece cuando el perfil de la rueda y el lado del ancho de vía de la cabeza del raíl se desgastan hasta el punto de que sus radios en los alrededores de la zona de contacto se vuelven muy similares.

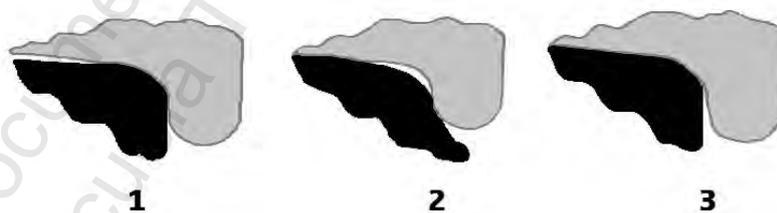


Figura. 2-11 Condiciones de contacto rueda-carril

2.3.1.5 Principales cotas del perfil de rodadura

Para un perfecto control dimensional del perfil de rodadura, del diámetro de la rueda y de la distancia entre ruedas de un mismo eje, es necesario determinar cuáles son las cotas indispensables para el control, como se determinan estas cotas y que aparatos de medida se deben utilizar para ello.

Para medir el perfil de la rueda y según dictan las NTM es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Limpiar puntos de medición en las almas de rueda.
2. Controlar el perfil de rodadura.
 - a) Verificar la forma del perfil de rodadura de acuerdo con plantilla teórica de perfil y determinar los posibles errores.
 - b) Medir y protocolizar las dimensiones S_d , S_h y Q_r .
 - c) Medir y protocolizar dimensiones A_R y diámetro.

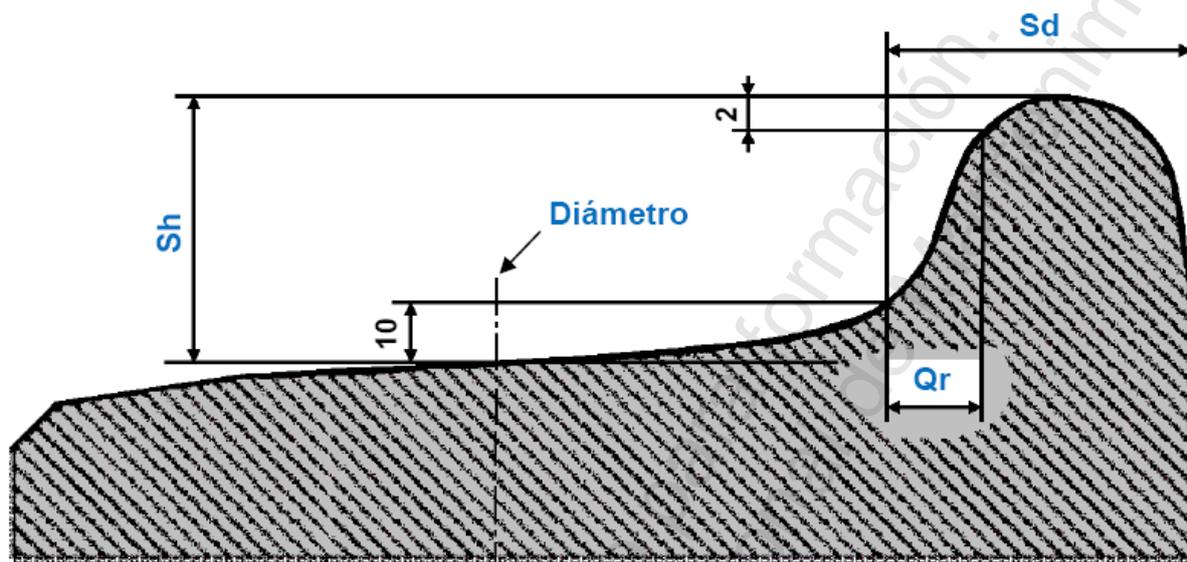


Figura. 2-12 Parámetros del perfil de rueda

Siendo:

Sh: Altura de pestaña (distancia vertical desde el punto de medida del diámetro hasta el punto más alto de la pestaña).

Sd: Grosor de pestaña (distancia horizontal a 10 mm en vertical del punto de medida del diámetro).

Qr: Distancia horizontal desde el punto de medida del grosor de pestaña hasta 2 mm por encima del punto más bajo de la pestaña. También se puede entender como el ángulo existente entre estos dos puntos con respecto a la línea horizontal de encuentro entre la banda de rodadura y la banda circular. Este ángulo debe ser de aproximadamente 70°.

AR: Distancia entre caras internas de ruedas.

Diámetro: Diámetro de rodadura (desde el centro de la zona de rodadura).

Para efectuar la verificación dimensional de todos estos parámetros, será necesaria la utilización de distintos aparatos de medida. Los más utilizados son:

Para el control y medición de los parámetros del Perfil de rodadura podemos utilizar.

Plantilla de visitador, Calibre especial, MiniProf y Calipri láser o sistema por láser similar.

Para la medición del Diámetro de rueda.

Calibre Sagita, Sagita digital y Calipri láser o sistema por láser similar.

Para medir la Distancia entre caras internas de las ruedas de un mismo eje.

Micrómetro de interiores y Calipri láser o sistema por láser similar.

El calibre especial para perfiles es un instrumento de medida que consiste en un pie de rey con un diseño específico para poder medir los tres parámetros del perfil de rodadura, grosor de pestaña, altura de pestaña y Qr.

Dispone de tres reglas y tres nonios para poder efectuar el mesurado de cada uno de los parámetros comentados.

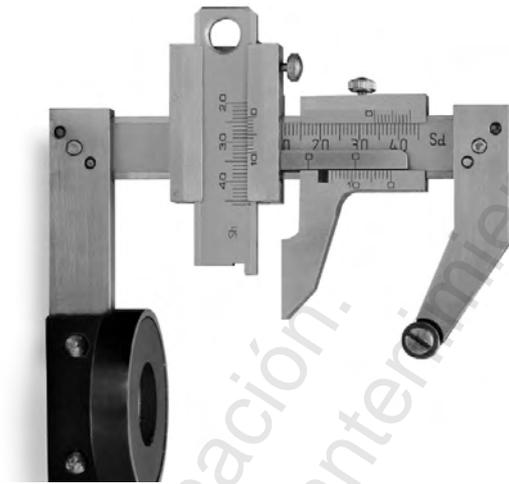


Figura. 2-13 Calibre especial para perfil de rueda

Un sistema de verificación de distintos parámetros es el utilizado por las plantillas de visitador. Consiste en una chapa de acero de 2 mm de grosor con un perfil irregular y una forma determinada que nos permite verificar parámetros como:

- Grosor de pestaña.
- Altura de pestaña.
- Qr.
- Resalte de chaflán.
- Plano en circunferencia.

Es un verificador tipo "pasa-no pasa" por lo que no mostrará ningún tipo de dimensión.

La podemos encontrar con distintas formas, aunque la utilizada en nuestro país es la que se muestra en la siguiente figura.

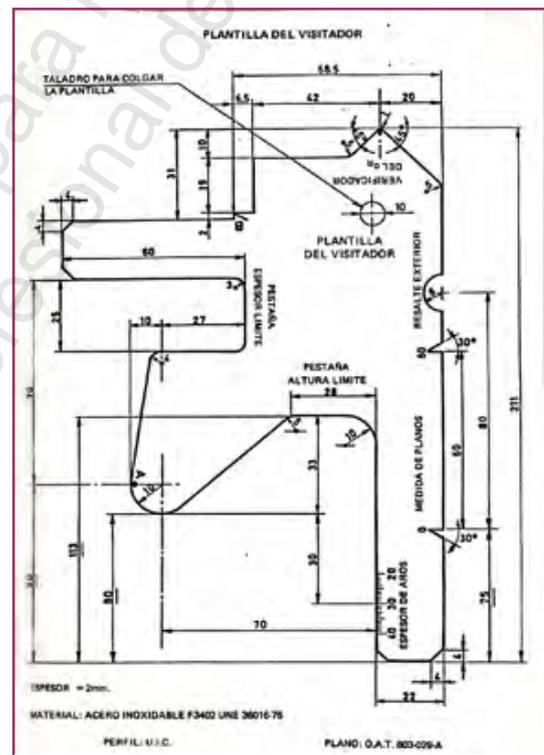


Figura. 2-14 Plantilla de visitador

La medición de la distancia entre caras internas de ruedas del mismo eje se efectúa con micrómetros de interiores. Estos micrómetros están compuestos generalmente por un tornillo micrométrico, sus extensiones correspondientes y un sistema de soporte lateral para facilitar su utilización a la hora de realizar la correspondiente medida.

La medida debe efectuarse en al menos 5 puntos equidistantes de la circunferencia de la rueda para garantizar que no existe deformaciones o alabeos en las mismas.

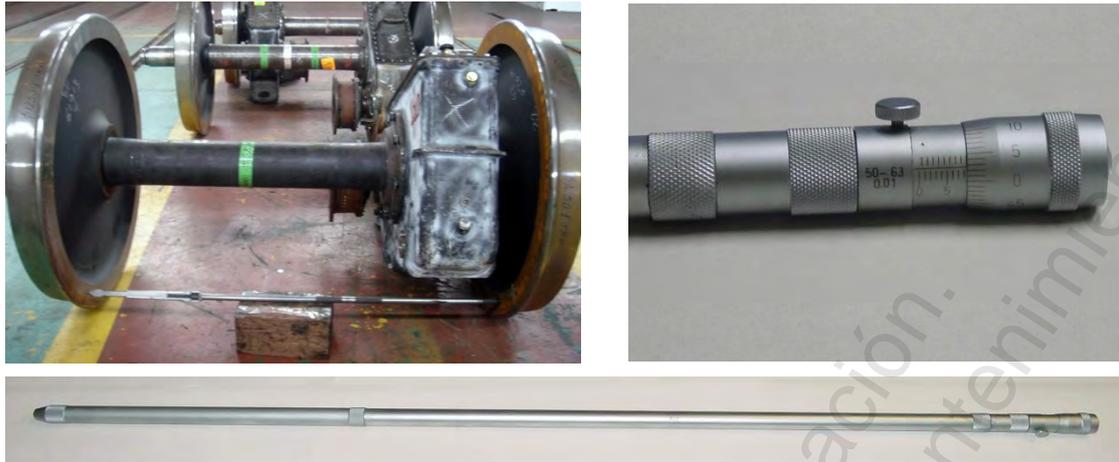


Figura. 2-15 Micrómetro de interiores para medir distancia entre caras internas de ruedas

Para la medida del diámetro de rueda se utilizará el **medidor sagita**, este instrumento consiste en un armazón con dos salientes donde en cuyos extremos se encuentran sendos puntos de apoyo. En el centro existe un reloj comparador que nos medirá la flecha del arco de circunferencia que se describe en la rueda teniendo la limitación de los dos puntos de apoyo del instrumento.



Figura. 2-16 Medidor sagita

En geometría, se entiende por flecha o sagita (f) de un arco de circunferencia (s) a la distancia existente entre el centro de dicho arco y el centro de la cuerda (c).

La fórmula matemática correspondiente nos permite saber el diámetro de rueda sabiendo la longitud de la flecha que en este caso nos la indicará el reloj comparador del medidor sagita.

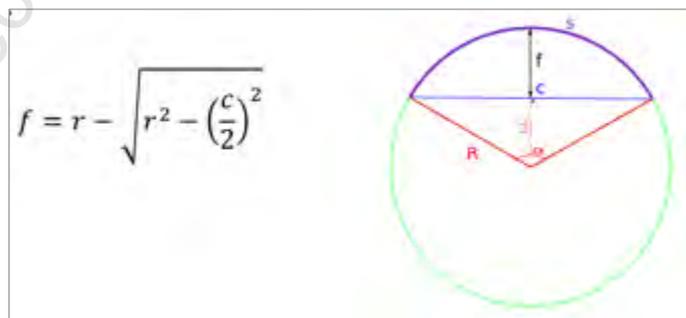


Figura. 2-17 Flecha y cálculo de la misma

Se dispondrá de tablas comparadoras donde aparecerán las medidas de flecha y los diámetros correspondientes, de esta manera se hace más fácil la interpretación de la medida del aparato.

En la actualidad se dispone de instrumentos más modernos y versátiles que facilitan al operador la recogida de datos y la propia realización de la medición. Entre otros se encuentran:

SAGITA DIGITAL:

Instrumento digital que mediante un sensor determina directamente, en el display del que dispone, de la medida de diámetro de rueda



Figura. 2-18 Sagita digital

MINIPROFF:

Sensor de superficie que, por contacto y mediante una sonda unida a un mecanismo articulado, permite seguir la superficie del perfil de rueda y que traslada dicho recorrido a un sistema informatizado donde se representa la superficie recorrida y todos los parámetros de la misma en una pantalla de un PC o un dispositivo tipo Tablet.

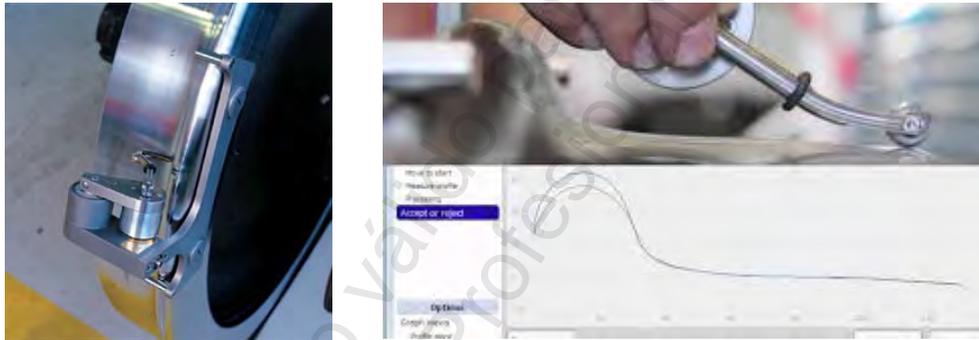
CALIPRI LASER:

Figura. 2-19 MiniProf

Se trata de un sistema de medida sin contacto para la medida de perfiles de rueda. Tiene la capacidad de adaptarse a un variado número de necesidades. El módulo CALIPRI "Perfil de rueda" evalúa el desgaste y la precisión dimensional de los vehículos ferroviarios con baja posibilidad de errores humanos en la medición. Los dispositivos de medición sin contacto se basan en la tecnología mediante haces de luz láser, lo que garantiza datos medidos de alta precisión y reproducibles. En cuestión de segundos, las variables medidas más importantes aparecen en el sensor y se comparan automáticamente con los valores límite individuales introducidos anteriormente en el sistema. Los contornos reales, los contornos límite y las medidas se muestran en la pantalla de la que dispone el dispositivo a modo de Tablet. El sistema dispone de la posibilidad de conexión a PC de manera que facilita la producción de dossieres y el almacenaje de los datos.



Figura. 2-20 Calipri Láser

2.3.2 Eje

Vástago de acero de forma cilíndrica con diferentes secciones que pueden ser cilíndricas y tronco-cónicas donde van caladas las ruedas y que soporta a los demás elementos que constituye a un eje montado.

Genéricamente está constituido por las siguientes partes bien diferenciadas:

Cuerpo de eje.- Zona central donde se suelen disponer las coronas dentadas para tracción y los discos de freno.

Centro de eje.- Puntos o taladros cónicos y ciegos dispuestos en el centro de la sección circular de los dos extremos utilizados para la sujeción del eje en un torno para su mecanización.

Manguetas o muñones.- Encargadas de soportar la carga del vehículo por intermedio de las cajas de grasa y que pueden ir situadas en las proximidades de las zonas de calado, bien en la parte exterior o en la interior del eje dependiendo del tipo de apoyo de las cajas de grasa.

Zona de obturadores.- Sobre estas zonas se calarán los anillos obturadores que son los encargados de permitir la estanqueidad necesaria para la retención de los lubricantes de las cajas de grasa.

Anillo de retención.- Zona cilíndrica situada entre las zonas de calado y las manguetas y que sirven de tope o retención de los elementos calados pertenecientes a la caja de grasa (obturadores o pistas de rodamientos).



Figura. 2-21 Eje y sus partes

2.4 CAJA DE GRASA

Se entiende por caja de grasa al elemento cuya misión es asegurar la unión entre los ejes y el bastidor del vehículo (en caso de vehículos sin bogie) o el bastidor del bogie (en el caso de vehículos con bogie) y facilitan la rodadura del eje montado. Este elemento irá ubicado entre las ruedas y el bastidor.

Permite la transmisión de los esfuerzos de tracción y frenado entre los ejes a la masa del vehículo y lubrica las partes metálicas disminuyendo el rozamiento y el calentamiento en las mismas. Sobre la caja de grasa se fijan unos sistemas de amortiguación que soportan al bastidor (del bogie o del vehículo), transmitiendo la carga a la parte final del eje montado o mangueta.

Es el elemento que permite que el eje montado rote al disponer en su interior de uno o varios cojinetes o rodamientos. Aloja la denominada suspensión primaria del vehículo y transmite fuerzas tanto longitudinales, como laterales y verticales del eje montado sobre el bastidor.

Las cajas de grasa se clasifican por:

- Su posición respecto al eje dependiendo si los cojinetes se encuentran en el exterior o en el interior con respecto a la rueda.
- El tipo de cojinetes del que disponga, ya sean lisos, de rodillos, de bolas o mixtos.

La forma de la caja de grasa es determinada por el método de conexión entre ella y el bastidor, y pretende conseguir una distribución uniforme de fuerzas en el cojinete. La construcción interna de la caja de grasa se determina por el cojinete y su sistema de sellado.

La caja de grasas con cojinete liso consiste en una carcasa (A), el propio rodamiento (B) que generalmente se hace de una aleación con bajo coeficiente de fricción (p. ej., bronce o metal blanco), la placa del cojinete (C) que transmite las fuerzas desde la carcasa de la caja de grasas al cojinete, y un dispositivo de lubricación (D) que lubrica el cojinete del árbol. Los sistemas de sellado delanteros y

traseros (E y F) protegen el interior de la caja de grasas de la suciedad y de cuerpos extraños. El sistema de sellado delantero (E) se puede quitar para supervisar el estado del cojinete y para agregar el lubricante

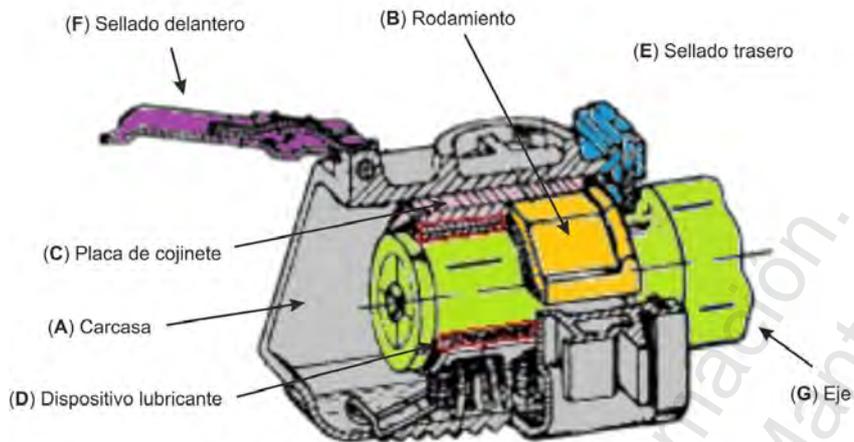


Figura. 2-22 Caja de grasa de cojinetes lisos

Las cajas de grasa de rodamientos por rodillos producen la reducción de caldeos, del coeficiente de rozamiento y de los costes de conservación y reparación necesarios.

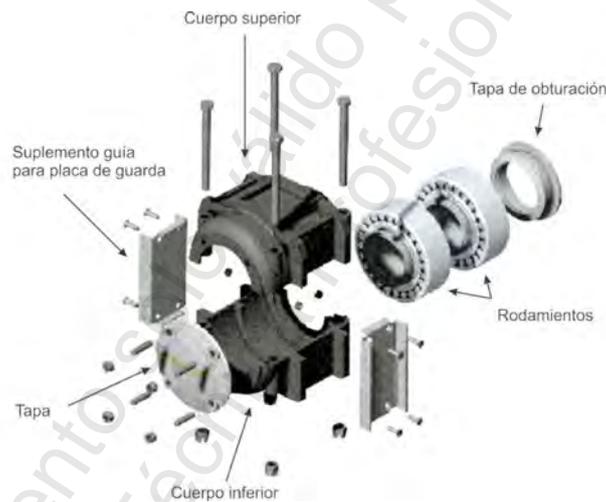


Figura. 2-23 Caja de grasa con rodamientos



Caja de grasa equipada con unidad de rodamientos para conjunto eje/rueda sensorizada para los últimos trenes Pendolino italianos



Modelo tridimensional de una caja de grasa con la unidad de sensores de odometría SKF Axletronic para vehículos de alta velocidad

Figura. 2-24 Ejemplos de cajas de grasa de vehículos modernos

2.4.1.1 Rodamientos

Se entiende por rodamiento al elemento que se sitúa entre dos piezas que pueden girar una con respecto a la otra a través de un eje común, teniendo como principal misión la de reducir, mediante la rodadura de sus elementos internos, la fricción que se produce entre las dos piezas al girar. El interior del rodamiento suele ir ocupado con un material lubricante (grasas especiales) que facilitará la rodadura de sus elementos móviles disminuyendo su rozamiento.

Están contruidos de aceros especiales de alta calidad y las zonas de contacto (pistas y elementos rodantes) aparecen con acabados de muy baja rugosidad.

Los elementos esenciales de los que se compone un rodamiento son:

Pistas, tanto exterior como interior.

Elementos circulares huecos en forma de anillo que van unidos por transferencia a las partes móviles susceptibles de giro y por donde rodarán los elementos rodantes.

Elementos rodantes.

Elementos susceptibles de rodar para eliminar fricciones entre las partes móviles.

Jaula separadora de elementos rodantes.

Elemento en forma de jaula o de celdas equidistantes que alojan en su interior a los elementos rodantes, y que permiten su giro, proporcionando un posicionamiento equidistante de todos ellos.

Anillo separador de pistas interiores.

Anillo de acero que proporciona una separación entre las pistas interiores manteniendo la posición relativa entre ellas.

Deflectores, tanto anteriores como posteriores.

Anillo dispuesto para la retención de los lubricantes.

Obturadores o laberintos, tanto anteriores como posteriores.

Anillos de forma laberíntica que proporcionan la retención de los lubricantes.

Anillos de apoyo, tanto anteriores como posteriores.

Anillos o suplementos que proporcionan el aseguramiento posicional del conjunto de elementos del rodamiento en las piezas donde van ubicados para permitir su rotación.

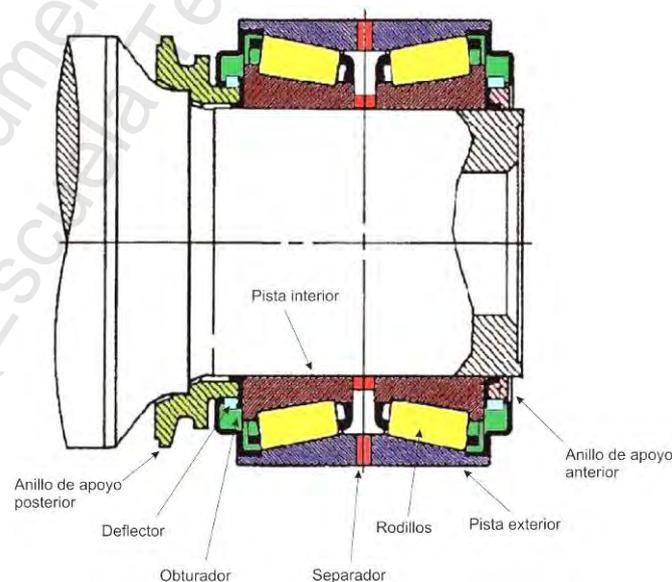


Figura. 2-25 Rodamiento y sus elementos

2.5 REDUCTOR/TRANSMISIÓN

Estos sistemas son los encargados de transmitir los esfuerzos de tracción y de freno motor a los ejes de las ruedas. Suelen consistir en una corona o rueda dentada acoplada al eje de la rodadura sobre la que se engarza directa o indirectamente los engranajes o ejes de los que disponen los motores de tracción para transmitir esfuerzos. También pueden aparecer elementos elásticos que permitan la rotación (entre ciertos límites) de los elementos a acoplar como pueden ser los sistemas WN.

Los principales sistemas utilizados son:

2.5.1 Transmisión directa

El piñón de ataque del eje del motor de tracción incide directamente sobre la corona dentada del eje montado sin ningún otro tipo de elemento intermedio.

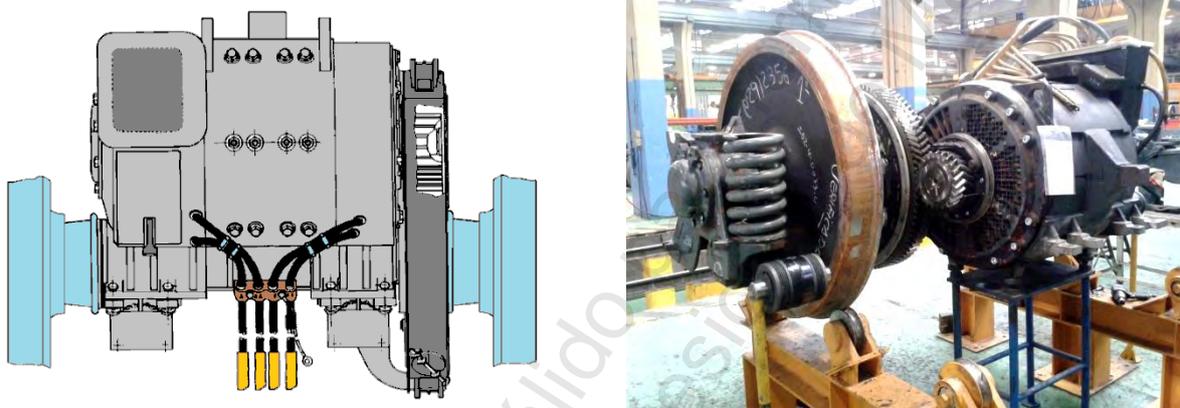


Figura. 2-26 Ejemplos de transmisión directa

2.5.2 Transmisión indirecta por coronas dentadas

El piñón de ataque del motor incide sobre un conjunto de engranajes que efectúan la multiplicación del esfuerzo (reductores) sobre la corona dentada del eje montado, en algunos casos, o distribuyen el esfuerzo (distribuidores) entre los diversos ejes del bogie en otros casos.



Figura. 2-27 Transmisión indirecta por coronas dentadas

2.5.3 Transmisión indirecta elástica con engranajes

Entre el piñón de ataque del motor y el reductor se encuentra un dispositivo elástico que permite cierta flexibilidad entre estos elementos, de esta manera se absorben los movimientos de desalineación existentes entre el motor y reductor en los arranques.

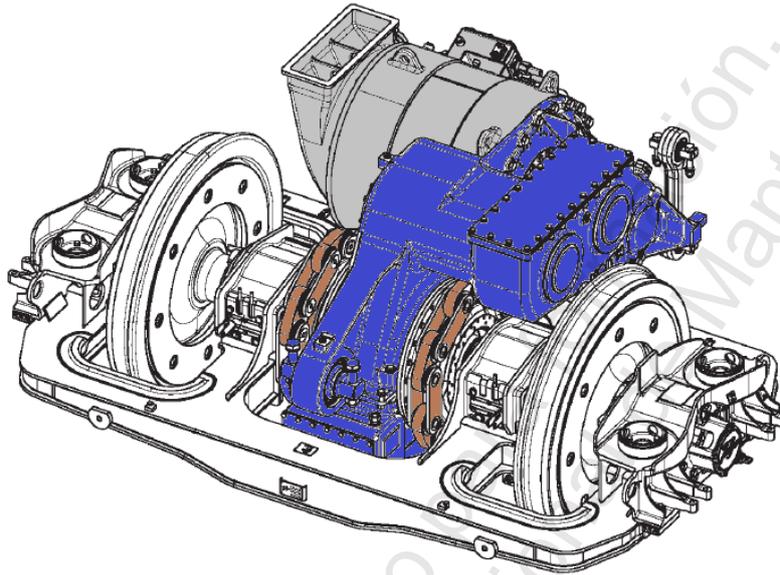


Figura. 2-28 Transmisión indirecta elástica con engranajes

2.5.4 Transmisión indirecta por eje Cardan

Entre el eje del motor y la reductora o transmisión aparece un sistema de conexión tipo "cardan" o "eje de transmisión". Este sistema de conexión consiste en una serie de componentes metálicos que permiten la unión de dos elementos rotatorios no colineales (los ejes de rotación no coinciden).

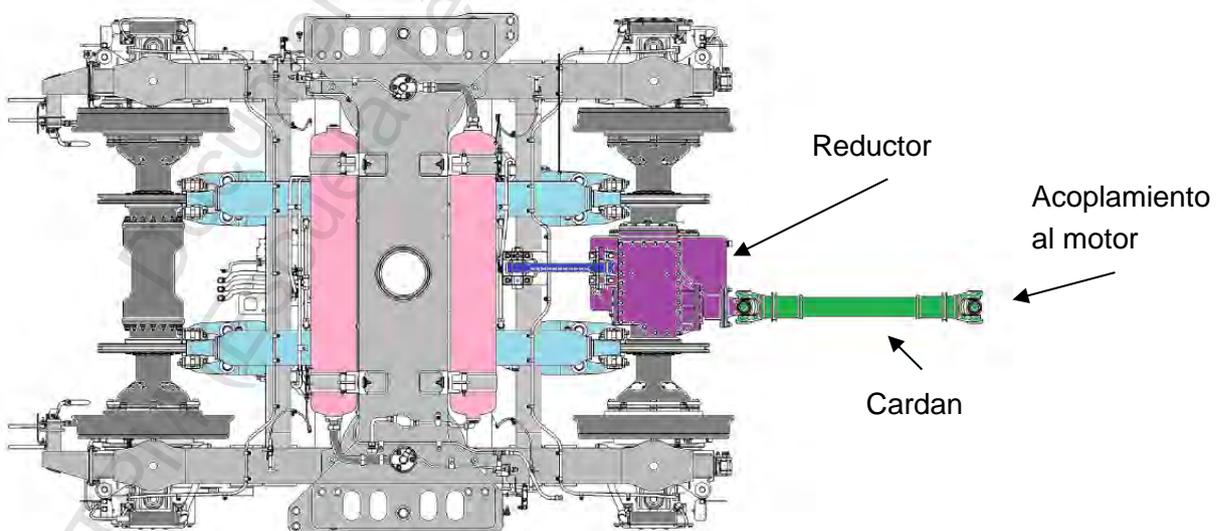


Figura. 2-29 Transmisión indirecta por eje Cardan

2.6 SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión de un vehículo ferroviario es el encargado de soportar su peso y permitir su movimiento elástico controlado sobre sus ejes. De la misma manera tiene la misión de absorber la energía producida por las irregularidades de la vía manteniendo la estabilidad del vehículo, proporcionando seguridad y aportando mayor confort a los pasajeros o carga que se transporta.

El sistema de suspensión suele estar ubicado en el vehículo entre el suelo y el bastidor y está constituido genéricamente por componentes comunes para todo tipo de vehículos. Las diferencias radicarán en el tipo, las dimensiones y prestaciones específicas del vehículo.

Podemos clasificar las suspensiones en dos clases:

2.6.1 Suspensión primaria

Se encuentra entre el conjunto del eje montado y el bastidor del bogie (bastidor del vehículo si se trata de uno no provisto de bogies). Es el primer órgano flexible entre dicho conjunto y el tren, se denomina suspensión primaria (1ª) y cumple dos funciones.

Por una parte, reduce el nivel de vibraciones que soporta el bastidor del bogie y los elementos montados sobre él.

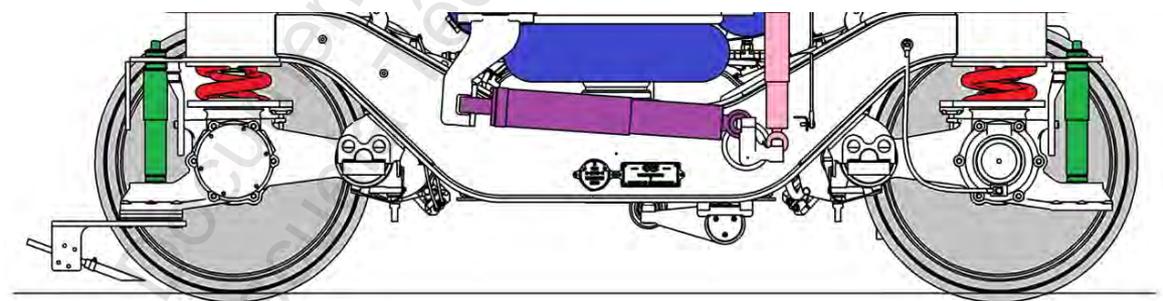
También asegura un reparto homogéneo de cargas sobre las ruedas, lo cual es fundamental de cara a las prestaciones de tracción y freno evitando el riesgo de descarrilamiento.

Además de asegurar la suspensión vertical, están relacionados con el guiado de los ejes en direcciones longitudinales y laterales. Las rigideces de guiado resultan determinantes para definir la estabilidad dinámica del vehículo y los esfuerzos rueda-carril que se producen al paso por la curva.

2.6.2 Suspensión secundaria

A su vez, entre la propia caja del coche ferroviario y el bogie, hay una segunda suspensión que, como tal, se denomina suspensión secundaria (2ª). La suspensión de los vehículos ferroviarios debe asegurar el filtrado de las vibraciones, no sólo en dirección vertical, sino también en dirección lateral. Este filtrado, en los vehículos guiados, es responsabilidad de la suspensión secundaria. Por este motivo, las suspensiones secundarias presentan una alta flexibilidad en ambas direcciones, vertical y lateral.

Los vehículos "no provistos de bogie" carecen de este tipo de suspensión.



PRIMARIA

- Muelles helicoidales
- Amortiguadores hidráulicos

SECUNDARIA

- Balonas neumáticas
- Amortiguadores hidráulicos

- Sistema de amortiguación anti-lazo

Figura. 2-30 Suspensiones de un bogie

2.6.3 Tipos de elementos de suspensión

Entre los principales sistemas de suspensión podemos señalar que los más comunes son:

- Por fricción
- Ballestas
- Muelles helicoidales
- Amortiguadores hidráulicos
- Balonas neumáticas
- Barras de torsión
- Resortes metal-caucho

2.6.3.1 Sistemas por fricción

• Placas de guarda

Los vagones de dos ejes están dotados de placas de guarda, entre las cuales van alojadas las cajas de grasa de los ejes, de forma que puedan tener lugar, entre ciertos límites, desplazamientos tanto transversales como longitudinales y verticales.

El conjunto está constituido por dos placas simétricas, unidas a los largueros del bastidor mediante cordones de soldadura o roblones. En los cantos interiores y con el fin de evitar el desgaste debido al deslizamiento de la caja de grasa, las placas van provistas de unas piezas en forma angular, unidas a ellas mediante cordones de soldadura. Estas piezas reciben el nombre de **resbaladeras** o guías de placa.

En la parte inferior las dos placas están unidas por una pieza llamada **ataguía**, que hace a las placas solidarias y evita que la caja de grasa pueda salirse en su desplazamiento vertical. La ataguía está unida a cada placa de guarda mediante dos tornillos con arandela y tuerca hexagonal.

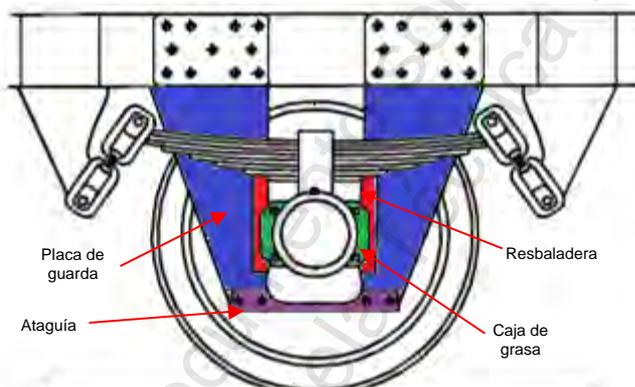


Figura. 2-31 Sistema por placas de guarda

Las **resbaladeras** o guías de placa son piezas angulares. En la parte inferior, cada placa tiene dos taladros para fijar la ataguía. Las placas están unidas al larguero, además del cordón de soldadura, por unas piezas denominadas bridas para placas, que van soldadas al larguero y a la parte posterior de la placa, y cuya misión es sujetar las placas de guarda a la altura del borde inferior del larguero evitando que se puedan despegar del larguero y se fisuren los cordones. También pueden ir sujetas mediante roblones.

Aunque este elemento tiene como principal cometido la guía y sujeción de la caja de grasa, además de transmitir los esfuerzos de

tracción y frenado de las ruedas al bastidor y viceversa, también proporciona cierta amortiguación a los movimientos producidos por los esfuerzos propios de la marcha y el frenado mediante el rozamiento de la placa de guarda y las resbaladeras. Por ello se debe de reconocer como elemento de amortiguación por **fricción** que se ve suplementado con la colocación de ballestas.

2.6.3.2 Ballestas

Este tipo de resorte se conoce también con el nombre de resortes de láminas. Está formado por una serie de láminas de acero de sección rectangular de diferente longitud, las cuales trabajan a flexión; la lámina de mayor longitud se denomina lámina u hoja maestra.

Las láminas que forman la ballesta pueden ser planas o curvadas en forma parabólica, y están unidas entre sí por el centro a través de un tornillo o por medio de una abrazadera sujeta por tornillos.

Las ballestas se utilizan como resortes de suspensión en los vehículos, realizando la unión entre el chasis y los ejes de las ruedas. Su finalidad es amortiguar los choques debidos a las irregularidades de la vía.

La ballesta es uno de los componentes de suspensión más antiguo y que todavía perdura debido a sus ventajas de:

- Economía.
- Amortiguamiento propio.
- Capacidad para soportar grandes cargas.
- Realización de funciones adicionales de guiado lateral y longitudinal.

Las láminas están ensambladas entre sí por un bulón central o capuchino. Las láminas generalmente son de anchura y grueso constante; sin embargo, la **lámina maestra** a veces es de mayor grosor que las otras, al tener que resistir esfuerzos de todas clases como consecuencia de los movimientos verticales, longitudinales y transversales de la parte suspendida con respecto a la no suspendida. Los extremos de las láminas de sostén son rectangulares o de forma trapezoidal o parabólica y a veces, progresivamente, adelgazadas en la longitud de la parte escalonada. La curvatura de las láminas crece a medida que la longitud disminuye, a fin de evitar divergencias entre los extremos de cada una de ellas. La diferencia de curvatura, sin embargo, no debe ser exagerada a fin de evitar fatigas excesivas en las láminas más alejadas de las maestras.

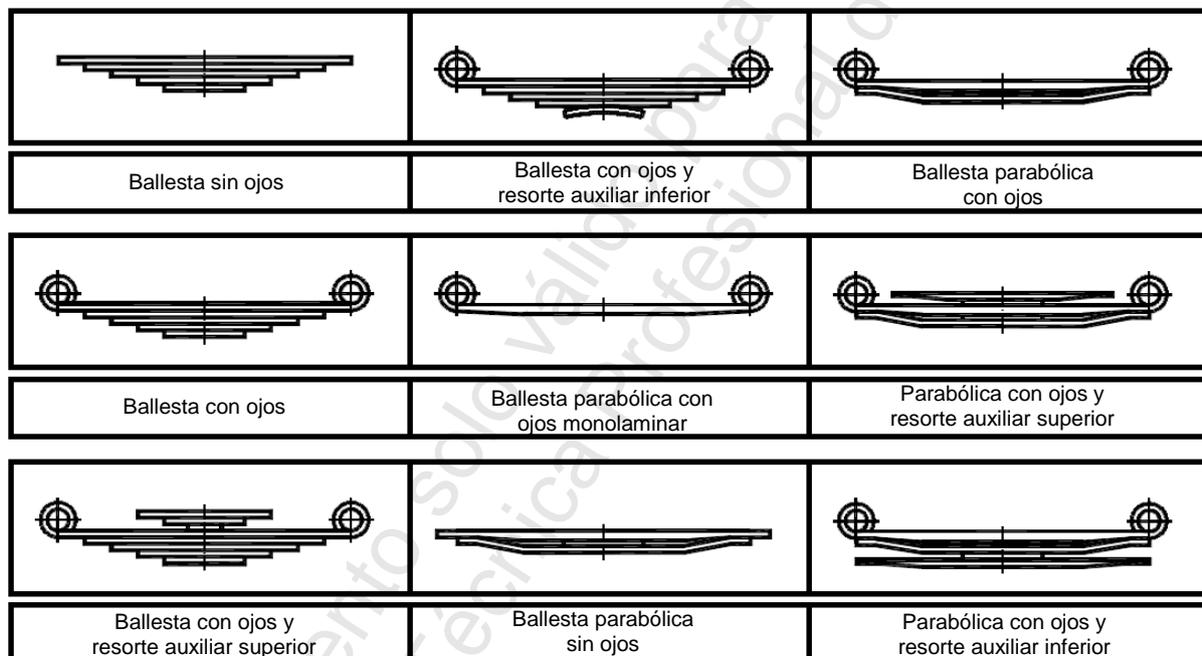


Figura. 2-32 Tipos de ballesta

El desplazamiento lateral de las láminas entre sí es impedido mediante **bridas** o abrazaderas, estando guiado el deslizamiento de las láminas de sostén, debido a la modificación de la flecha por nervaduras o **tetones** centrales.

En vehículos ferroviarios las ballestas se utilizan en trenes de mercancías debido a su gran capacidad de carga.

En este caso el montaje se realiza mediante una serie de **anillas y bulones**, colocados en cada extremo y que confiere cierta movilidad a la sujeción.

Se suelen utilizar ballestas de doble flexibilidad, en las que parte de las hojas comienzan a deformarse a partir de una determinada carga.

De esta forma, se consigue que la frecuencia natural de la suspensión no cambie demasiado entre las condiciones de tara y carga máxima y, por otra parte, en vehículos ferroviarios se asegura una deformación elevada hasta descarga completa de ruedas, lo cual es una condición necesaria para evitar riesgos de descarrilamiento.

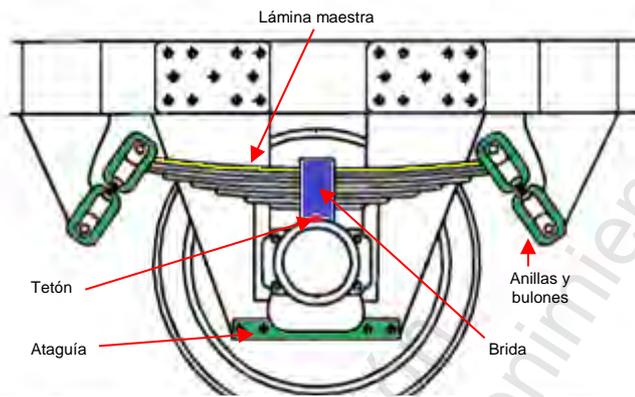


Figura. 2-33 Elementos de la amortiguación por ballesta

2.6.3.3 Muelles

Los resortes helicoidales o muelles, son unos operadores elásticos con la capacidad de **acumular energía** y desprenderse de ella sin sufrir deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que son sometidos. Los encontramos de materiales muy diversos, tales como acero al carbono, acero inoxidable, acero al cromo-silicio, cromo-vanadio, bronce, plástico, entre otros, que presentan propiedades elásticas y con una gran diversidad de formas y dimensiones. Son probablemente los elementos de rigidez más utilizados en las suspensiones de vehículos. Normalmente se utilizan trabajando en compresión y en torsión. Se fabrican a partir de varillas y/o barras de acero de alta resistencia. Su tensión inicial es obtenida, durante el arrollamiento en frío, por una deformación permanente.

La varilla o barra de acero de sección redonda o cuadrada va arrollada en forma de hélice cilíndrica a derecha con paso uniforme formando un sistema continuo helicoidal. Trabaja tratando de extenderse en la dirección de su eje, oponiéndose a una fuerza externa que lo comprima.

Para conseguir un buen apoyo y un funcionamiento correcto, los extremos del resorte han de presentar superficies de apoyo planas y perpendiculares a su eje; por este motivo, las dos espiras extremas (espiras de apoyo) están más próximas entre sí (disminución del paso) y esmeriladas.

Podemos encontrar diferentes variantes con formas y propiedades distintas entre las que podemos destacar:

- Muelles helicoidales cilíndricos
- Muelles helicoidales cónicos
- Resortes de lámina cónicos de sección rectangular
- Muelles helicoidales bicónicos
- Muelles helicoidales de torsión
- Muelles helicoidales de tracción

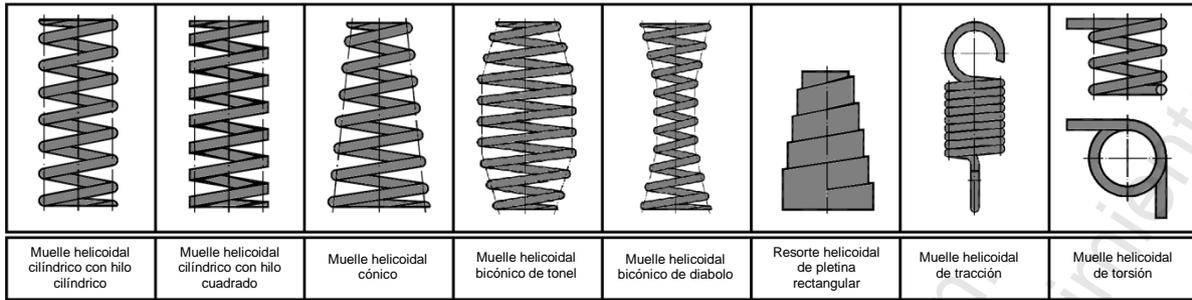


Figura. 2-34 Tipos de muelles

- **Muelles Dobles**

En algunos vehículos, en especial en suspensiones ferroviarias, es habitual utilizar resortes montados concéntricamente uno dentro de otro. Este montaje es equivalente a dos resortes en paralelo. El resorte interior suele ser de menor altura y por lo tanto actúa cuando el exterior ha sido deformado en parte. Esto confiere al sistema de dos muelles concéntricos en un sistema de suspensión de dos etapas.

Al muelle exterior se le denomina de **tara** puesto que actúa en solitario con el propio peso de la estructura. Al muelle interior se le denomina de **carga** puesto que comienza a actuar (en conjunto con el de tara) cuando el vehículo se encuentra cargado total o parcialmente.

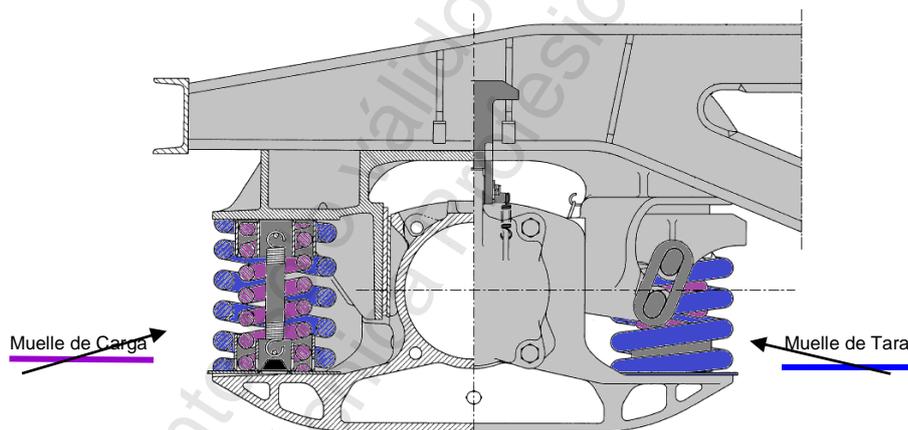


Figura. 2-35 Ejemplo de muelles doble en bogie Y-21

- **De espiral**

Es un resorte de torsión que requiere muy poco espacio axial. Está formado por una lámina acero de sección rectangular enrollada en forma de espiral. Se utiliza para producir movimiento en mecanismos de relojería, cerraduras, persianas, metros enrollables, juguetes mecánicos, etc.



Figura. 2-36 Resorte en espiral

de

2.6.3.4 Amortiguadores

Estos elementos son los encargados de absorber las vibraciones de los elementos elásticos (muelles, ballestas, barras de torsión), convirtiendo en calor la energía generada por las oscilaciones. Por ello podemos definirlos como **disipadores de energía**.

Cuando la rueda encuentra una irregularidad, el muelle se comprime o se estira, recogiendo la energía mecánica producida por el choque, energía que devuelve a continuación, por efecto de su elasticidad, rebotando sobre el bastidor. Este rebote, en forma de vibración, es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar, el efecto de compresión y luego el de reacción del muelle actuando de freno en ambos sentidos; por esta razón reciben el nombre de los amortiguadores de doble efecto.

Los amortiguadores pueden ser "fijos" y "regulables", los primeros tienen siempre la misma dureza y los segundos pueden variarla dentro de unos márgenes. En los más modernos modelos este reglaje se puede hacer incluso desde el interior del vehículo (automoción).



Figura. 2-37 Amortiguadores

2.6.3.5 Tipos de amortiguadores

Los más empleados en la actualidad son los de tipo telescópico de funcionamiento hidráulico. Dentro de estos podemos distinguir:

- Los amortiguadores hidráulicos convencionales (monotubo y bitubo). Dentro de esta categoría podemos encontrar los fijos y los regulables.
- Los amortiguadores a gas (monotubo o bitubo). No regulables
- Los amortiguadores a gas (monotubo). Regulables

2.6.3.5.1 Hidráulicos

Son aquellos en los que la fuerza de amortiguación, para controlar los movimientos de las masas suspendidas y no suspendidas, se obtiene forzando el paso de un fluido a través de unos pasos calibrados de apertura diferenciada, con el fin de obtener la flexibilidad necesaria para el control del vehículo en diferentes estados.

Los más usuales vienen con tarados pre-establecidos (se montan habitualmente como equipo de origen).

2.6.3.5.2 De efecto simple

Son amortiguadores que sólo amortiguan en un sentido; es decir, cuando se produce el efecto de expansión o compresión (depende del sentido de amortiguación), el aceite situado en las cámaras no circula a través de los pasos calibrados; por tanto, no amortiguan en uno de los sentidos

2.6.3.5.3 De doble efecto

Los amortiguadores de doble efecto, hidráulicos y telescópicos, actualmente los más utilizados, se componen de dos tubos concéntricos (7 y 5), sellados por el extremo superior con el retén (2), a través del cual pasa el vástago (8), determinado en el extremo de fuerza por el anillo (1), que se une al bastidor, y que lleva un tercer tubo abierto (3), denominado *cubrebarros*. El vástago (8) termina en el pistón (4), con orificios calibrados y válvulas dentro del tubo interior (7). En el extremo del tubo interior (8) se encuentran las válvulas de amortiguación (6) en compresión. El amortiguador se une por (6) los extremos a los elementos de unión a amortiguar.

Los elementos más importantes son:

- El pistón (4), que sirve para controlar los esfuerzos de frenado en extensión.
- Las válvulas (a), que sirven para controlar los esfuerzos de frenado en compresión.
- El retén (2), que sirve para evitar la fuga del aceite.

Su funcionamiento es el siguiente: cuando el amortiguador se comprime, parte del aceite que se encuentra en la cámara intermedia (9) pasa a la cámara superior (10), a través de las válvulas (a) situadas en el pistón. El resto del aceite pasa a la cámara inferior (11), a través de las válvulas (b), que limitan el paso de aceite, amortiguando la compresión.

Cuando se produce el efecto de expansión, el aceite pasa de la cámara superior y de la cámara inferior a la cámara intermedia, a través de las válvulas (12). El paso por las válvulas (13) provoca el efecto de amortiguación en expansión.

Este tipo de amortiguadores es el más comúnmente utilizado en la suspensión de vehículos ferroviarios y pueden aparecer tanto en la suspensión primaria como en la secundaria. Su ubicación determina el tipo de esfuerzo sobre el que va a actuar, por ello los podremos denominar; **verticales** (en azul), **transversales** (en rojo) o **longitudinales** (en verde) dependiendo de la posición en la que se encuentren instalados.

También pueden aparecer como suspensión antilazo o en elementos que componen el bogie como pueden ser los motores de tracción eléctricos.

Los más utilizados son los amortiguadores de las casas Koni, Boge, Sack o Dispen. Todos ellos con la misma función, pero con diseño y características diferentes.

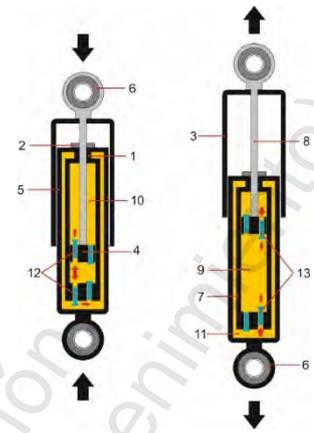


Figura. 2-38 Amortiguador de doble efecto

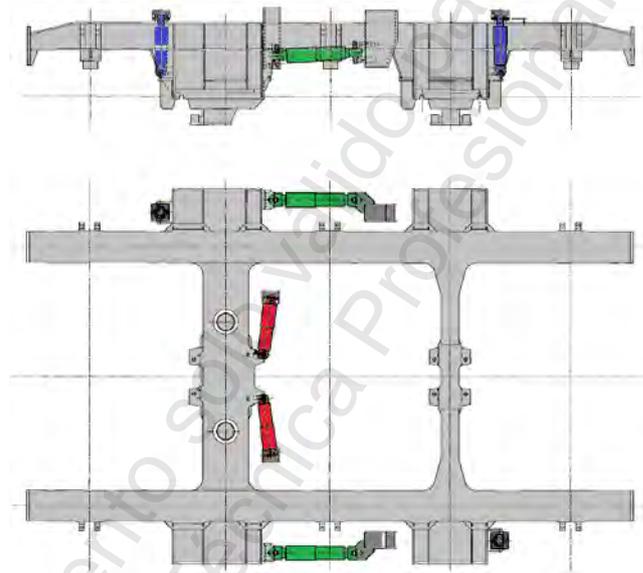


Figura. 2-39 Posición de amortiguadores en bogie

2.6.3.5.4 Neumáticos (de gas)

El amortiguador de gas se basa en el principio del movimiento de un pistón en un tubo lleno de aceite, que, en uno de los extremos, tiene una pequeña cantidad de nitrógeno a alta presión. Un pistón flotante separa el gas del aceite, evitando que ambos se mezclen.

El funcionamiento del amortiguador de gas es el siguiente:

Cuando el pistón desplaza el aceite durante la compresión, este aceite comprime un poco más el nitrógeno. El gas se ve, por tanto, sometido a variaciones de volumen, actuando como un muelle. La presión continua ejercida por el gas sobre el aceite, por medio del pistón flotante, asegura una respuesta instantánea y un funcionamiento más silencioso de las válvulas del pistón. Además, esta presión evita los fenómenos que provoca la aparición de espuma en el aceite, que pueden hacer, momentáneamente, ineficaz la amortiguación.

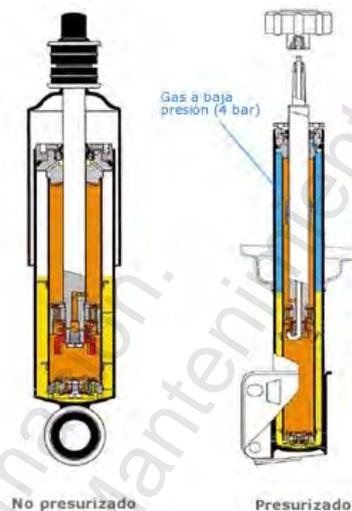


Figura. 2-40 Amortiguador neumático

2.6.3.6 Suspensiones Neumáticas

En este apartado veremos un ejemplo de suspensión neumática de vehículo ferroviario.

Los resortes neumáticos se encuentran en los bogies, tanto motores como remolques, constituyen el apoyo elástico entre el bogie y la caja, siendo los elementos básicos de la suspensión secundaria.

Suelen ser dos resortes neumáticos que soportan y transmiten las cargas verticales tanto estáticas como dinámicas entre el bogie y la caja. Para conseguir mayor flexibilidad, cada resorte neumático está comunicado con un depósito de aire adicional situado bajo el bastidor del coche o en el propio bogie. Además de la membrana de goma, el resorte neumático está complementado en su parte inferior con un resorte cónico, trabajando en serie que, en caso de falta de aire, proporciona la flexibilidad suficiente para conseguir una marcha en emergencia segura. En caso de pinchazo o penetración, la membrana resiste el reventón y la pérdida de presión es lenta y firme.

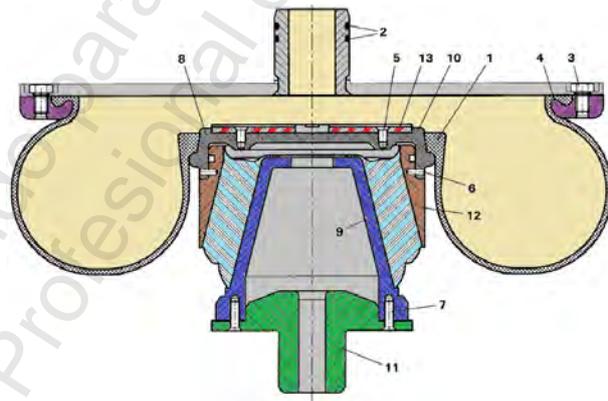


Figura. 2-41 Sistema de suspensión neumática por balonas

El resorte neumático está constituido básicamente por un plato de deslizamiento (13), una membrana (1) de caucho y un resorte cónico (9). El borde superior de la membrana (1) está sujeto por un anillo de amarre (4) fijado superiormente a una placa de apoyo mediante tornillos (3), mientras que el borde inferior está encajado en el soporte de membrana (10), apoyado sobre el resorte cónico (9) y retenido por pasadores cilíndricos (6). El resorte cónico (9) descansa sobre una base (11), fijada al mismo por tornillos avellanados (8), que presenta un pivote hueco para la inserción en el bastidor del bogie y la alimentación neumática de la membrana (1). Entre la base (11) y el bastidor del bogie pueden intercalarse calas de regulación, aseguradas mediante elementos de fijación. Sobre el soporte de membrana (10) está fijado un plato de deslizamiento (13), fijado mediante tornillos avellanados (5), sobre el que apoya la placa de apoyo en caso de falta de aire.

La membrana.

La estructura principal de la membrana está formada por los siguientes componentes:

- Núcleo metálico: consiste en un cable de acero a lo largo de cada borde, que garantiza un apoyo estable del mismo en el anillo con reborde del soporte correspondiente.
- Revestimiento exterior: es una capa de neopreno, altamente elástico al 100%, que sirve de protección contra la intemperie, materias fecales y en gran medida contra el aceite.
- Carcasa: está formada por tejido de poliamida y garantiza el buen funcionamiento, la seguridad contra reventones y la longevidad de la membrana.
- Revestimiento interior: es una capa de neopreno, altamente elástico al 100%, que garantiza la estanqueidad frente a la atmósfera.

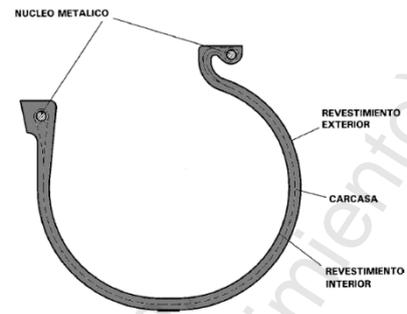


Figura. 2-42 Membrana

La membrana de aire del resorte neumático absorbe los movimientos transversales, mientras que los movimientos de torsión son absorbidos fundamentalmente por el resorte cónico. Ambos elementos trabajan en serie frente a las fuerzas verticales.

2.6.3.7 Barras de torsión

Las barras de torsión son dispositivos que, debido al ablandamiento de la suspensión vertical, se van incorporando a la suspensión de un gran número de vehículos ferroviarios.

Su misión consiste en disminuir el ángulo de balanceo experimentado por el vehículo cuando recorre una curva.

Las barras de torsión son esencialmente barras de metal que funcionan como un resorte. En un extremo, la barra de torsión está fijada firmemente en su lugar en el chasis o bastidor de un vehículo. El otro extremo de la barra puede estar unido al eje, brazo de suspensión, o cabezal, dependiendo de las características específicas de diseño del vehículo. Cuando este se mueve a lo largo de un recorrido, las fuerzas generadas por el movimiento del vehículo crean torsión en la barra, la cual se retuerce a lo largo de su eje, contrarrestando el par gracias a que la barra de torsión, de forma natural, quiere resistir el efecto de torsión y volver a su estado normal. De este modo, la suspensión proporciona un nivel de resistencia a las fuerzas generadas por el movimiento del vehículo. Esta resistencia es el principio clave detrás de un sistema de las barras de torsión.

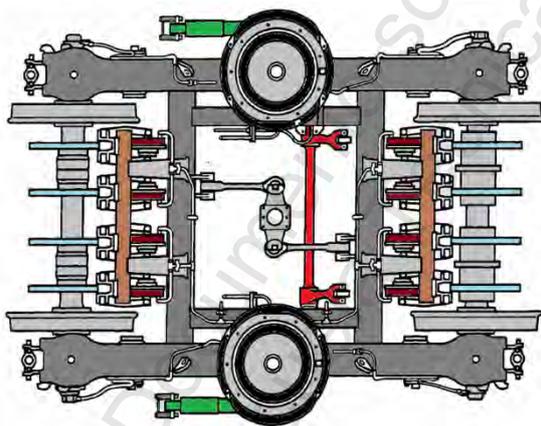


Figura. 2-43 Barra de torsión

2.6.3.8 Elastómeros

Los elastómeros son aquellos tipos de compuestos que están encuadrados como no metales y que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.

Cada uno de los monómeros que se unen entre sí para formar el polímero está normalmente compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno o silicio. Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea, de ahí esa considerable capacidad de deformación. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas y deformables. Los forman el caucho y derivados, los neoprenos, polietilenos y poliuretanos.



Figura. 2-44 Silentblock

Un ejemplo muy común de este tipo de resortes lo forman los llamados "Silentblock".

- **Goma/caucho-metal**

La utilización de resortes caucho-metal resulta muy frecuente como suspensiones de maquinaria, motores etc., en las que es necesario filtrar vibraciones de alta frecuencia asociadas con desplazamientos relativamente pequeños. La mejora de la tecnología de producción de estos elementos ha facilitado su utilización en suspensiones de vehículos. Fundamentalmente sus aplicaciones se centran en vehículos ferroviarios en elementos accesorios de las suspensiones secundarias. Su utilización se evidencia en suspensiones primarias de vehículos autopropulsados cuyas exigencias en cuanto a peso y deformaciones son las apropiadas para estos tipos de materiales.

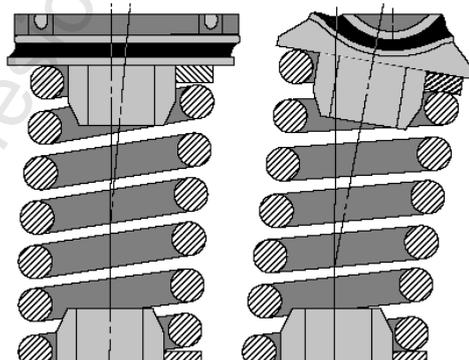


Figura. 2-45 Ejemplos de unión goma/caucho y metal

También aparece como componente principal en el interior de los topes de los vehículos ferroviarios en los denominados muelles "Batra-Estrella".

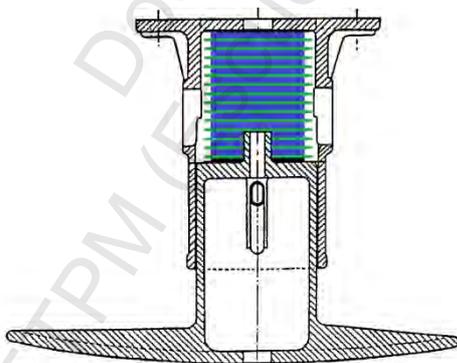


Figura. 2-46 Muelle Batra

2.6.3.9 Sistemas Antilazo

Se denomina movimiento de lazo al movimiento característico de auto guiado del eje montado, cuando se desvía lateralmente ante cualquier esfuerzo lateral o irregularidad de vía. Este movimiento característico de zigzag en los bogies es minorizado con un sistema auxiliar de amortiguación (generalmente mediante barras de torsión y amortiguadores) llamado sistema antilazo.

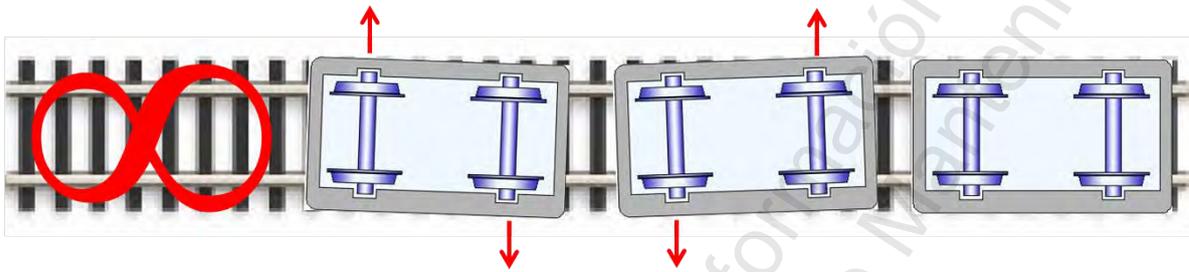


Figura. 2-47 Movimiento de lazo en un bogie en movimiento rectilíneo

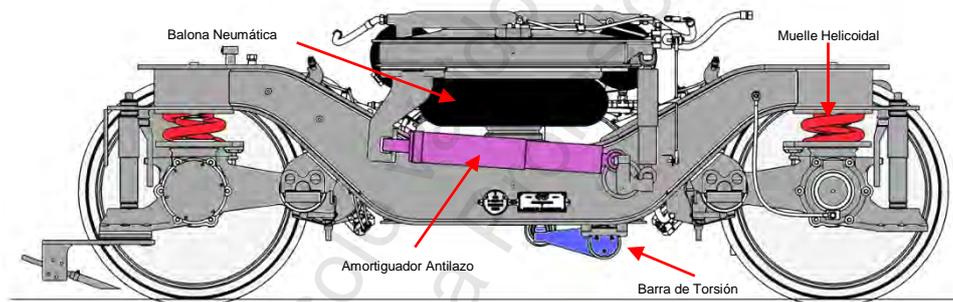


Figura. 2-48 Conjunto de suspensión con amortiguación antilazo

2.7 APOYO Y GUIADO

La conexión entre la caja y el bogie debe:

- Permitir que el bogie rote respecto a la carrocería del coche en curvas.
- Transmitir las fuerzas verticales, de tracción y de frenado.
- Proporcionar control adicional de las acciones laterales en la suspensión.
- Ayudar a mantener la estabilidad del bogie.
- Proporcionar la estabilidad longitudinal de los bastidores del bogie y la misma distribución de la carga sobre los ejes montados (para material rodante de tracción).

Estos problemas se solucionan de diferentes sistemas dependiendo del tipo de material rodante, sea de tracción o de arrastre, de viajeros o de carga, de alta velocidad o de velocidad normal. Si el vehículo es estable hasta la velocidad de diseño, entonces la introducción de resistencia adicional no es necesaria. Si la deformación estática de la suspensión es suficiente, entonces la flexibilidad vertical en la unión del cuerpo del coche al bogie puede no ser necesaria.

Los diseños apuntan generalmente a realizar la conexión del cuerpo del coche al bogie tan simple como sea posible usando una pequeña cantidad de elementos y reduciendo el número de elementos con superficies de fricción.

Entre los sistemas más destacables de apoyo y guiado del bogie podemos encontrar:

2.7.1 Placa central plana

En bogies de carga de tres partes la conexión más común es la placa circular central plana, fijada por el perno pivote en su centro. La placa transmite la mayoría del peso de la carrocería y las fuerzas de interacción longitudinales y laterales. El perno pivote tiene grandes holguras en el plano de la caja y solo proporciona restricción de desplazamiento en caso de emergencia. Cuando la carrocería oscila en la placa central plana, se produce un par de resistencia de característica suave. La placa central permite que el bogie rote en curvas y crea un par de fricción que resiste a la rotación del bogie. Por lo tanto, la placa circular del centro proporciona una conexión entre el bogie y la caja en todas las direcciones.

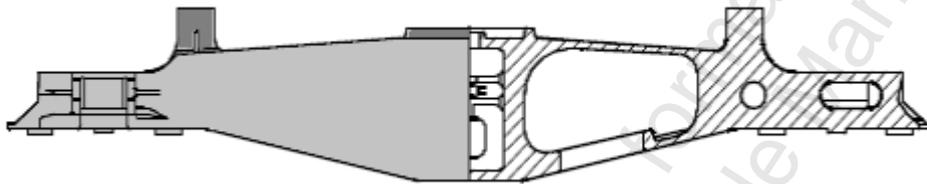


Figura. 2-49 Placa central plana

Un elemento así es de simple construcción, pero tiene varias desventajas:

- En primer lugar, existen separaciones en las direcciones laterales y longitudinales.
- En segundo lugar, el movimiento relativo ocurre bajo alta presión de contacto y por lo tanto las superficies sufren un desgaste significativo.
- En curvas, la carrocería se inclina del lado de soporte, creando un par de fricción adicional que resiste la rotación del bogie y aumenta las fuerzas rueda-carril. Cuando el cuerpo del coche balancea en vía recta, la superficie de contacto llega a ser muy pequeña y las altas presiones del contacto pueden conducir a grietas en la placa central.

Para combatir estos problemas, los diseños modernos utilizan una placa plana central combinada con soportes laterales elásticos que resisten el balanceo del cuerpo del coche y reducen la carga en el soporte central.

2.7.2 Bowl esférico central

En este caso, la caja se apoya sobre el Bowl (cuenco o cavidad) esférico y los portadores laterales elásticos. La ventaja de este diseño es la carencia de separación en el plano horizontal y ningún contacto del borde durante el balanceo del vehículo. Esto da lugar a niveles reducidos de tensión de contacto y aumenta la vida de servicio del Bowl esférico central.

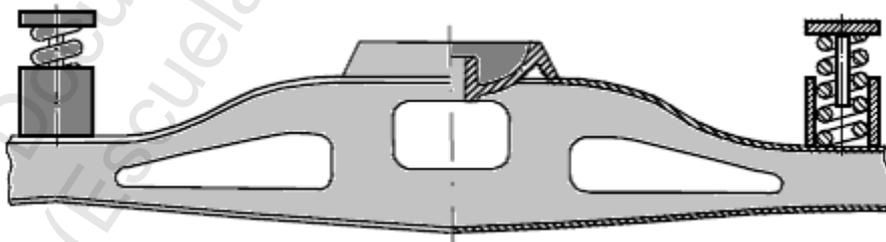


Figura. 2-50 Bowl central esférico

2.7.3 Pivote central

El deseo de disminuir lo máximo posible el contacto de borde y de aumentar el par de fricción para resistir la guiñada (del término náutico: giro de la embarcación sobre su eje vertical) del bogie ha llevado al desarrollo de los bogies con pivotes centrales. La mayoría de la masa del chasis es transmitida en este caso a los soportes laterales y el cuerpo del coche puede girar respecto al travesaño únicamente en relación con el cabezal sobre el eje vertical.

Este diseño ha sido ampliamente utilizado en coches de viajeros. Las desventajas incluyen los huecos en las direcciones longitudinal y lateral. El diseño sólo proporciona suficiente calidad de rodadura para los bogies que tienen baja rigidez lateral de suspensión secundaria.

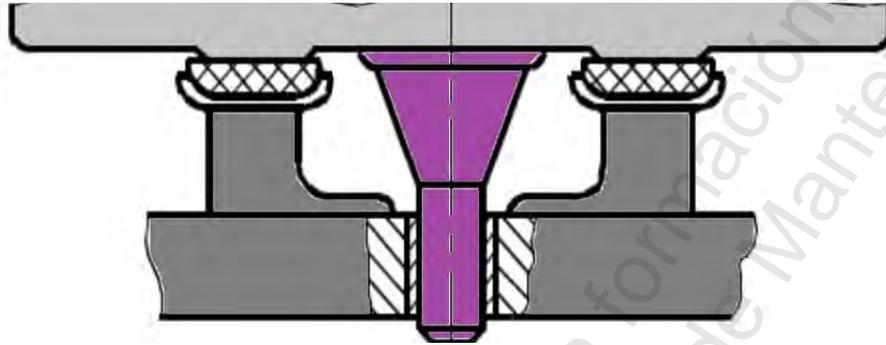


Figura. 2-51 Pivote central

2.7.4 Unión tipo Watts

Este sistema permite que el bogie pivote y se mueva lateralmente mientras que restringe el movimiento longitudinal. Por lo tanto, proporciona medios de transmisión de fuerzas de tracción y de frenado. Los pivotes de la unión están equipados con casquillos de caucho para prevenir la transmisión de vibraciones de alta frecuencia a través del mecanismo.

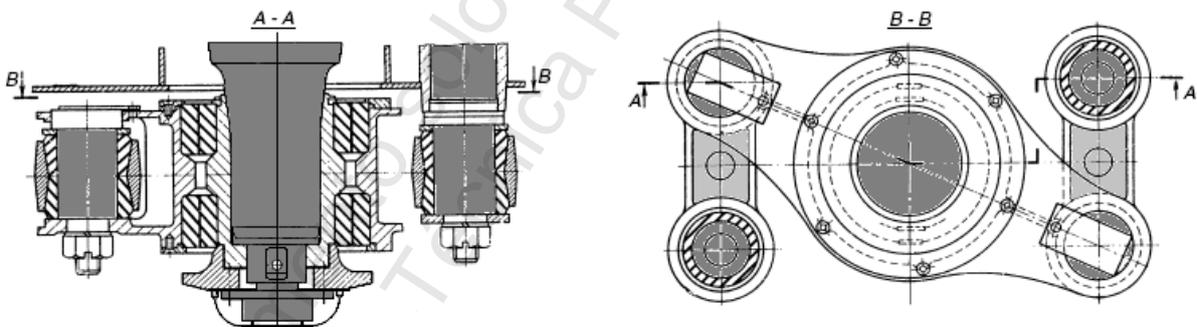


Figura. 2-52 Unión Watts

2.7.5 Unión de péndulo

La unión de péndulo consiste en una barra vertical conectada en sus extremos al bastidor del bogie y a la caja por medio de casquillos de goma de forma cónica. El mecanismo se mantiene en una posición central por la acción de dos resortes pre-comprimidos. Los soportes elásticos laterales proporcionan estabilidad lateral al cuerpo del coche. Para los pequeños desplazamientos, típicos del *penduleo* del bogie en vía recta, el soporte de péndulo proporciona enorme rigidez, determinada por la compresión inicial de los resortes.

Cuando se producen grandes desplazamientos en las curvas, el soporte proporciona una rigidez baja. Así, la ayuda del péndulo tiene una característica suave no lineal.

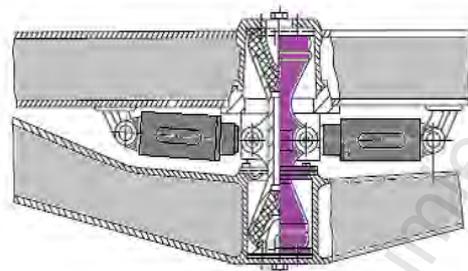


Figura. 2-53 Unión tipo péndulo

La desventaja de tal disposición es la conexión rígida con una holgura en la dirección longitudinal, los complejos requisitos de ajuste los resortes pre-comprimidos, y las fuerzas de fricción en los soportes adicionales de deslizamiento.

2.7.6 Conexión sin cabezal

La complejidad de los diseños arriba descritos implicó el desarrollo de modernos bogies sin cabezal usando resortes de tipo "flexicoil" o de tipo neumático. En estas suspensiones los resortes pueden alcanzar grandes deformaciones tangenciales que proporcionan desplazamientos longitudinales suficientemente grandes para permitir que el bogie rote en las curvas.

En el caso de los resortes de tipo "Flexicoil", su parte superior descansa sobre bloques elásticos de caucho para proporcionar una unión cilíndrica con el eje de rotación perpendicular al eje de la vía.

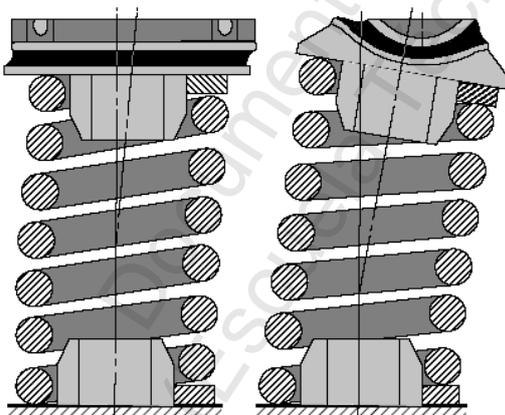
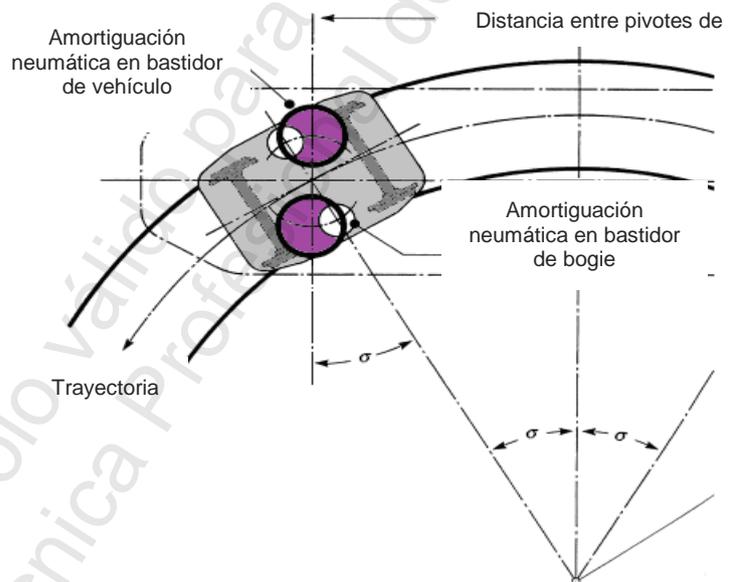


Figura. 2-56 Resortes Flexifloat



Figura. 2-55 Suspensión por balonas neumáticas

En los bogies modernos se suele utilizar varios de estos sistemas de forma conjugada aprovechando también la evolución continua de los mismos. De manera que podemos encontrar en bogies con suspensión secundaria neumática, además de los resortes de aire (balonas neumáticas) y en serie con ellos, unos resortes de caucho-metal para proporcionar una cierta suspensión en caso de que el

resorte de aire se desinflen. La transmisión de fuerzas longitudinales se hace a través del pivote central, uniones Watts, barras de tracción, o en el caso de un bogie Y32 (muy utilizado en Europa), a través de cables de anclaje. Los diseños de bogie sin cabezal alcanzan típicamente reducciones en masa del bogie de alrededor de 0.5 - 1.0 Tm.

2.7.7 Barra de tracción-compresión

Aunque en la mayoría de los casos encontramos estos sistemas de transmisión de esfuerzos entre bogie y bastidor del vehículo, existen algunos vehículos que disponen de otro tipo de sistema que realiza este cometido por medio de la denominada "barra de tracción".

Los bogies de algunas locomotoras modernas incorporan una o varias barras de Tracción-Compresión, la cual une mecánicamente la caja de la locomotora con el bogie. El objetivo de la barra de Tracción-Compresión es la transmisión del esfuerzo mecánico de tracción o de frenado del bogie a la caja de la locomotora. Este esfuerzo es más eficiente al encontrarse en un plano inferior al de los sistemas anteriormente expuestos y con ello consigue homogeneizar dichos esfuerzos al transmitirse desde un punto de gravedad más bajo.



Figura. 2-57 Barra de tracción de locomotora

2.7.8 Barras o bielas de guiado

Elementos de unión entre las cajas de grasa y el bogie que permiten el guiado de los ejes con respecto al bogie. Aparecen en algunos vehículos y suelen ir una por caja de grasa. La unión se realiza mediante elementos (esféricos o cilíndricos) de caucho que absorben las posibles vibraciones.

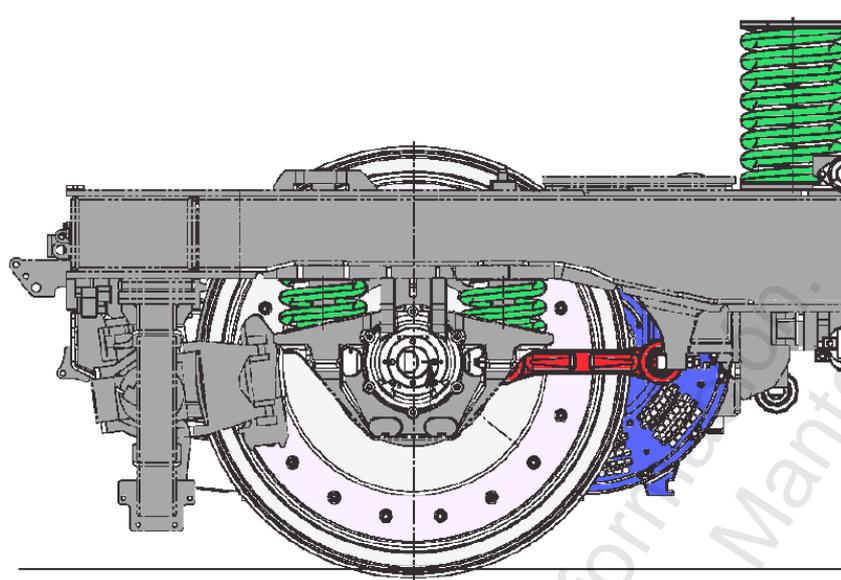


Figura. 2-58 Biela de guiado (en rojo)

2.8 ELEMENTOS DE FRENO

El sistema de rodadura (ejes o bogies) y el sistema de frenado del vehículo ferroviario están íntimamente ligados. El freno actúa sobre la banda de rodadura de las ruedas o sobre discos dispuestos en la zona central del eje montado o en el propio velo de las ruedas. En los vehículos con bogie, aparecen en estos mismos, otros elementos fundamentales de freno que en los vehículos no provistos de bogies suelen aparecer bajo el bastidor de la caja del propio vehículo.

Podemos distinguir varios componentes del sistema de freno que podemos encontrar en vehículos ferroviarios. La aparición de estos elementos dependerá del tipo de vehículo y del tipo de rodadura que posea. Su ubicación, disposición, tipo o tamaño dependerán también del tipo de vehículo de manera que veremos estos distintos elementos o no dependiendo de si nos referimos a un bogie motor o remolcado, si el vehículo es un vagón, un coche, una locomotora o un autopropulsado.

Los elementos que podemos encontrar en los sistemas de rodadura, componentes del sistema de freno son:

- Zapatas, portazapatas y timonería de freno.
- Discos de freno.
- Cilindros de freno.
- Tuberías de freno.
- Depósitos de aire.
- Patines electromagnéticos de freno.

2.8.1 Zapatas, portazapatas y timonería de freno

En vagones de mercancías y en vehículos de cierta antigüedad encontramos este sistema de freno que consiste en unas **zapatas** que en un principio se fabricaban de hierro colado (fundición) y en la actualidad se realizan con compuestos de fricción más adecuados, menos pesados y más eficientes.



Figura. 2-59 Tipos de zapatas. 1.- Portazapatas 2.- Zapata de fundición 3.- De compuesto 4.- Doble 5.- Espadín

Las zapatas inciden de manera directa sobre la banda de rodadura de la rueda. La presión que ejercen las zapatas produce el frenado de las ruedas. Su principal inconveniente es la producción de desgastes y deformaciones en la banda de rodadura que acortan la vida útil de la rueda.

Las zapatas se encuentran ubicadas en unos elementos llamados **portazapatas** (1) con una forma adaptada a alojarlas. Su fijación a los mismos se realiza mediante unos flejes de acero llamados espadines (5).



Figura. 2-60 Zapata

La presión de frenado es transmitida desde los cilindros de freno a los portazapatas mediante un sistema o conjunto de elementos compuestos por barras, cadenas, bulones y anclajes que transmiten los esfuerzos mediante un sistema de palancas y que pueden encontrarse bien en el bogie o bajo el bastidor del vehículo. A todo este conjunto se le denomina **timonería de freno**.



Figura. 2-61 Timonería de freno de locomotora con cadenas

2.8.2 Discos de freno

Este tipo de dispositivo es el usado casi en exclusiva en los vehículos modernos por su eficiencia y eficacia, por ello lo veremos tanto en coches, como en vehículos autopropulsados, como en locomotoras.

Estos elementos de acero pueden ir colocados en el interior del eje montado (entre las dos ruedas) o en el velo de las ruedas si el interior está ocupado por otros elementos (motores, transmisiones, etc.).

El cilindro de freno actúa sobre un mecanismo en forma de pinza donde van instaladas las pastillas de material compuesto. Estas pastillas son las que ejercen la fricción sobre las dos caras del disco de freno aportando de esta manera, una mayor superficie planificada de fricción que proporciona un frenado mucho más efectivo y que no influye en el desgaste de la banda de rodadura, como ocurre en el sistema de zapatas.



Figura. 2-62 Discos de freno de coche de viajeros (izquierda) y de autotren (derecha)



Figura. 2-63 Disco de freno en velo de rueda de locomotora

2.8.3 Cilindros de freno

Es el dispositivo neumático encargado de transformar la presión de aire del circuito de freno en esfuerzo de frenada sobre las zapatas o los discos de freno de las ruedas. Sus características y tamaño dependerán principalmente de:

- El número de elementos de frenada sobre los que reparte su actuación.
- Si actúa solo en freno de servicio o combinado en freno de servicio y de estacionamiento.
- Tipo y exigencias solicitadas dependiendo del vehículo.

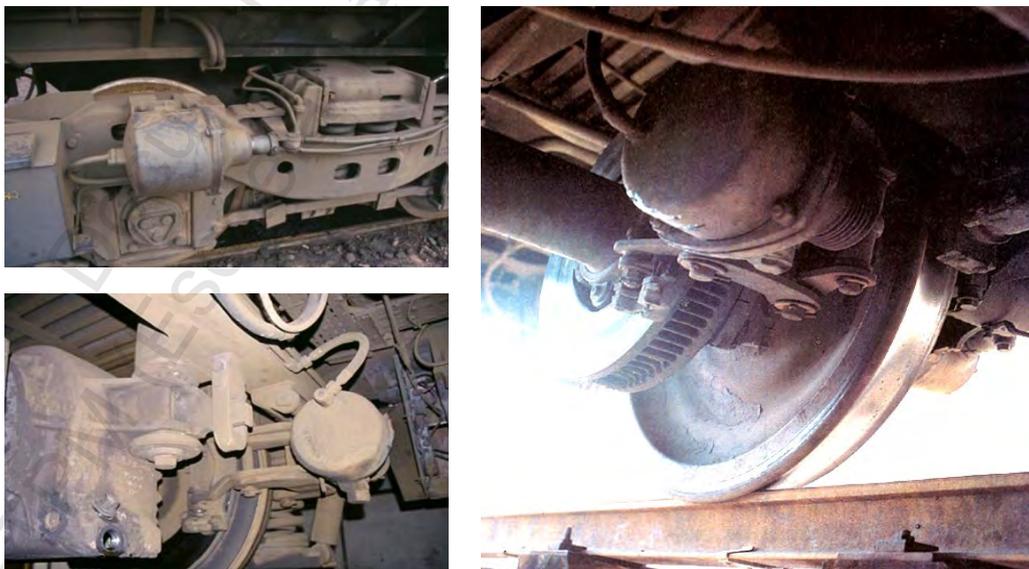


Figura. 2-64 Cilindros de freno de Locomotora (arriba izquierda), de autotren (abajo izquierda), de coche (derecha)



Figura. 2-65 Cilindros de freno sin y con sistema de freno de estacionamiento

2.8.4 Tuberías de circuito neumático y depósitos de aire

En todos los bogies con sistema de freno neumático se encontrarán tuberías o canalizaciones para el aire, bien en forma de tubos rígidos o como mangueras flexibles.

Lo que no es tan habitual es encontrar depósitos para el almacenamiento de aire, pero como en el caso del bogie de la figura inferior, vemos que aparecen dos depósitos (1) de aire en el propio bogie.

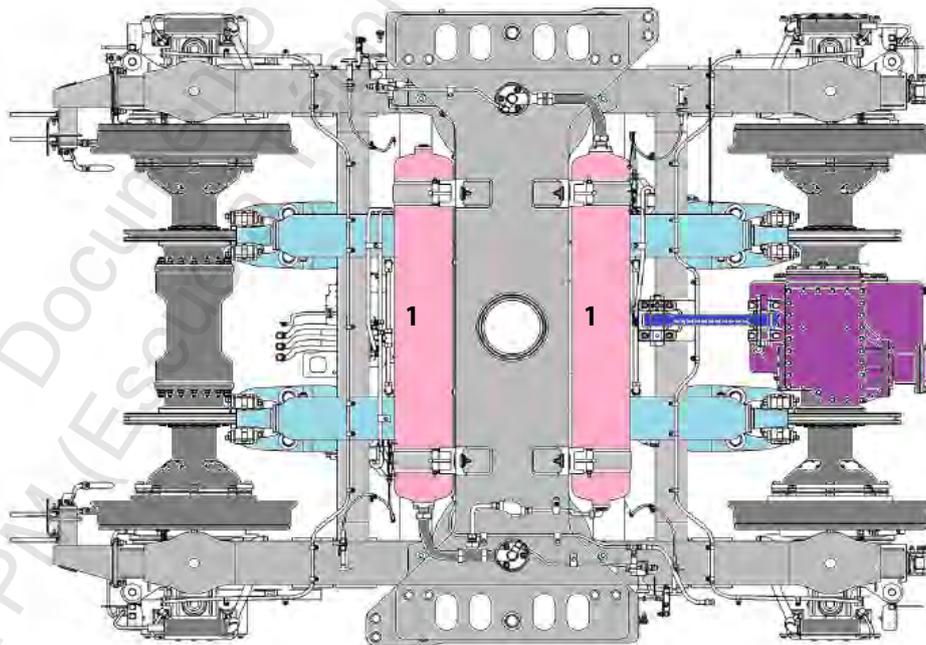


Figura. 2-66 Depósitos de aire en bogie

2.8.5 Patines electromagnéticos de freno

El freno electromagnético de patín es un sistema de freno que se utiliza para frenadas bruscas a baja velocidad y en freno de emergencia. Consiste en un patín metálico construido con electroimanes que se alimentan con tensión de batería (para que puedan utilizarse en caso de corte de suministro eléctrico) que se encuentra en los laterales del bogie alineados con los carriles. Al actuar sobre ellos unos pistones hacen descender el patín y lo alimentan de corriente dotándolo de un doble efecto de freno. Un primero por fricción sobre el carril y un segundo por atracción electromagnética sobre el carril.

Su utilización en la actualidad queda reducida en RENFE a los vehículos de las series 440, 444, 448 y 470, además de en algún tipo de tranvía urbano.

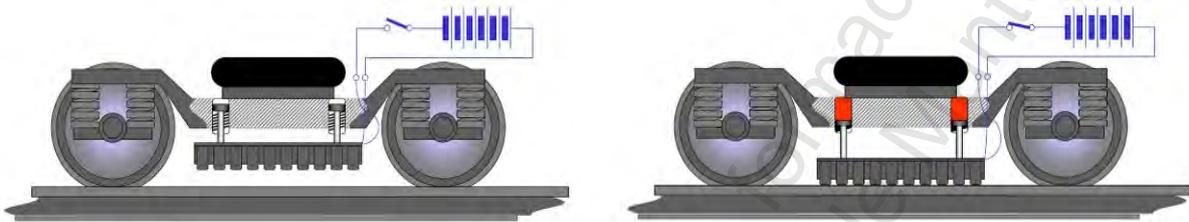


Figura. 2-67 Freno por patín electromagnético



Figura. 2-68 Patín electromagnético de UT de cercanías

No confundir el “freno de patín electromagnético” con el “freno lineal por corrientes de Foucault” que, aunque sus aspectos son muy similares, su funcionamiento es distinto. El primero utiliza la fricción sobre carril además de la atracción electromagnética. El segundo se basa en el principio electromagnético únicamente de manera que no se producen desgastes ni en patín ni en carril por rozamiento. Se comenzó a utilizar en los años 70 en los prototipos del TGV francés, pero se desestimó por la aparición de interferencias con los sistemas de seguridad. Reapareció con el ICE-3 alemán posteriormente.

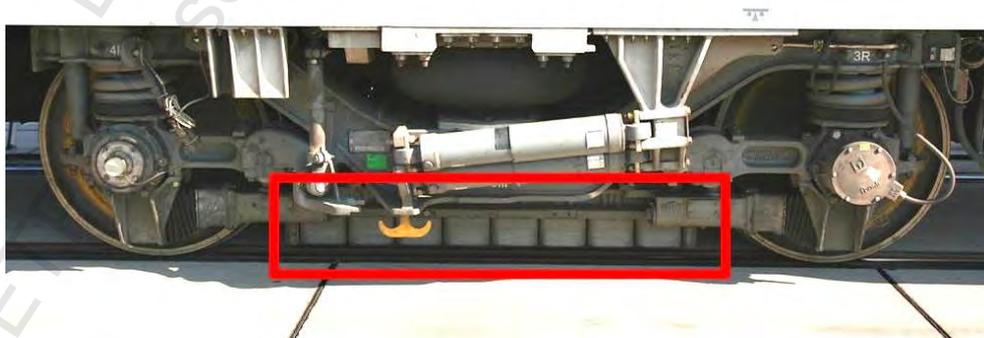


Figura. 2-69 Freno lineal por corrientes de Foucault

2.9 OTROS ELEMENTOS

Además de los sistemas y elementos descritos anteriormente, también encontraremos en los bogies y rodaduras elementos que describimos a continuación y que consideramos de relevancia.

2.9.1 Odometría

El sistema de odometría en un vehículo es el encargado de medir la velocidad del mismo cuando se encuentra en movimiento a la vez del espacio recorrido por el mismo.

Los odómetros suelen ir colocados en los extremos de los distintos ejes en los vehículos motores de manera que transmiten información sobre su velocidad de rotación y de las posibles diferencias que puedan existir entre ellas. De esta manera se detectan posibles embalamientos o patinajes, para que los equipos de control de la tracción o el freno actúen en consecuencia.

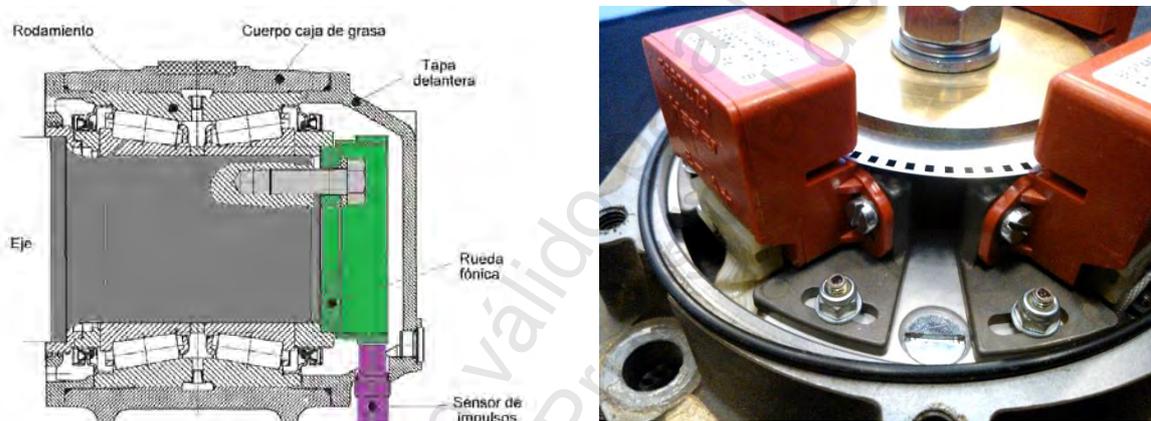


Figura. 2-70 Odómetros. Inductivo (izquierda) y óptico (derecha)

Los odómetros más usuales son los de tipo inductivo. Suelen estar compuestos por una rueda fónica (rueda dentada o almenada) y un sensor inductivo que capta las variaciones de inducción producida por los dientes de la rueda fónica en comparación con los huecos existente entre los mismos.

Otro tipo más evolucionado es el que utiliza células ópticas para la detección de un disco perforado.

2.9.2 Acelerómetros

Los bogies montados en las cabezas motrices o en vehículos autopropulsados de última generación, sobre todo los de alta velocidad, posee un sistema de sensores y acelerómetros, los cuales proporcionan a la cabina toda la información necesaria para el perfecto control y seguimiento del estado de la rodadura del bogie. Son esencialmente útiles en sistemas de rodadura desplazable.

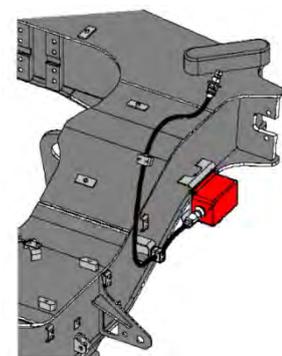


Figura. 2-71 Acelerómetro

2.9.3 Sondas de temperatura

Existen vehículos que disponen en cada caja de grasa de una sonda de temperatura con dos termoelementos (PT100). De esta manera, los sistemas de control del vehículo, monitorizan la temperatura de los rodamientos. También pueden aparecer estas sondas o similares en las transmisiones para conocer la temperatura del aceite lubricante de las mismas.

2.9.4 Engrase de Pestañas

El equipo de engrase de pestañas tiene la función de disminuir el desgaste de las pestañas, motivado por el rozamiento seco de las ruedas durante la traslación en curvas. El primer eje de los coches extremos está provisto de un sistema de engrase de pestaña. El bogie correspondiente está dotado de las toberas de inyección por aire, que pulverizan sobre el acuerdo pestaña-llanta, una pequeña cantidad de grasa especial cada cierto espacio recorrido. La posición de las boquillas pulverizadoras es regulable a fin de orientarlas convenientemente. El resto del equipo está montado en la caja.

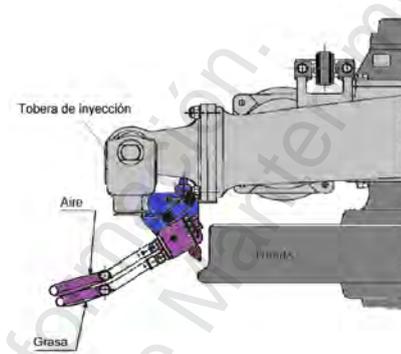


Figura. 2-72 Sistema de engrase de pestaña

2.9.5 Areneros

El **arenero** es un dispositivo instalado en los vehículos ferroviarios para mejorar la adherencia entre las ruedas motrices y el rail mediante el empleo de arena. Es especialmente útil en el momento del arranque en circunstancias adversas de adherencia como puede ser la lluvia, el hielo o en rampas pronunciadas, puesto que aumenta el esfuerzo de tracción; no obstante, puede utilizarse siempre que el vehículo ferroviario pierda adherencia.

Los ejes delanteros de los bogies extremos y algunos bogies compartidos (según composición y vehículo), disponen de areneros. Actúan combinados con la dirección de marcha del tren, es decir, sólo se accionan los situados en cabeza de los bogies según el sentido de marcha. Cada arenero está compuesto por una tolva dotada en su parte inferior de un eyector de accionamiento neumático que envía la arena contra la zona de carril. Esta tolva está situada en la parte delantera del bogie o montada en la caja (una a cada lado). Los tubos de los areneros se encuentran dirigidos al punto de contacto de la rueda con el carril. La altura del tubo de arena respecto al carril es regulable. El funcionamiento puede ser automático (patinaje de rueda, freno de urgencia, etc.) o manual desde el pupitre del maquinista.

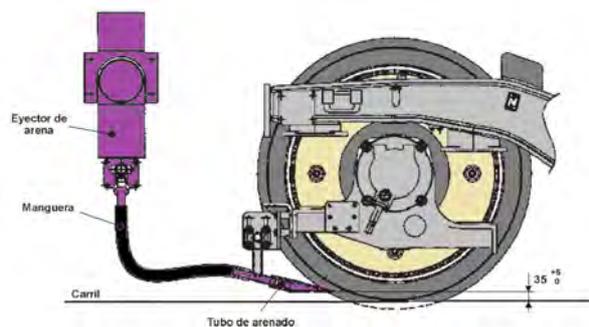


Figura. 2-73 Sistema de arenado rueda- carril

2.9.6 Retornos eléctricos en cajas de Grasa

El dispositivo de retorno de corriente y puesta a tierra permite el paso de la corriente de retorno al carril, a través de escobillas, evitando que dicha corriente pase por los rodillos de los rodamientos de la caja de grasa, lo que provocaría que se dañasen.

Además, asegura una correcta puesta a tierra del tren. Es un elemento fundamental en todos los vehículos, esencialmente en los vehículos de tracción eléctrica pues de este elemento depende la correcta puesta a tierra de dicho vehículo, elemento esencial para la seguridad y para el buen funcionamiento de los distintos equipos eléctricos que lo componen.

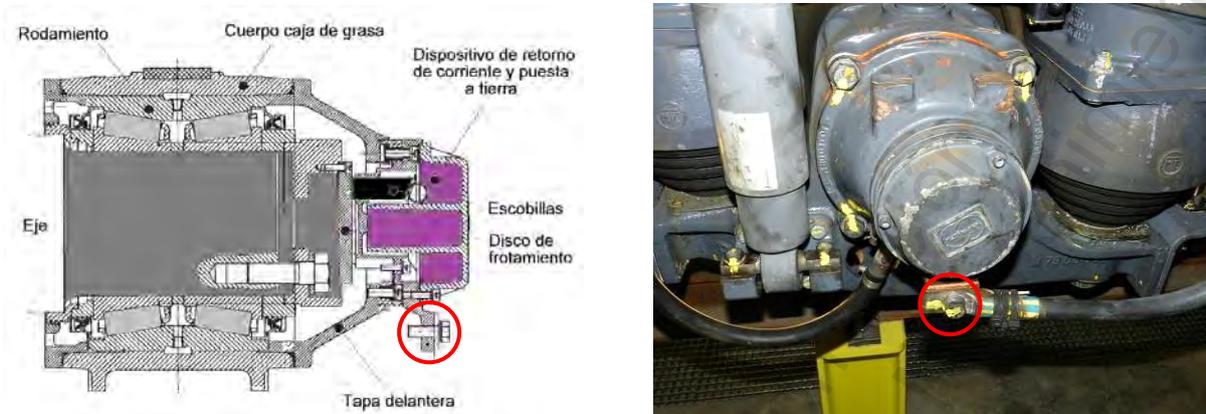


Figura. 2-74 Puesta a masa o retorno de corriente

2.9.7 Quitapiedras y quitarreses

Elemento de los vehículos motores encargado de retirar pequeños obstáculos de la vía (piedras de pequeño tamaño) para evitar daños en la rodadura o en otros elementos del bogie que por rebote de las mismas pudieran verse afectados. Los ejes de cabeza del material motor y autopropulsado deberán estar protegidos por quitapiedras cumpliendo el apartado 6 de la ficha UIC 615-1.

Suele consistir en unas placas metálicas sujetas al bastidor del bogie, delante de los ejes exteriores, por medio de tornillería y que forman un conjunto unido por un vástago o eje común, o bien un armazón compacto con una forma determinada que facilite la expulsión de los objetos fuera de la vía. En ocasiones el quitapiedras y el eyector de arenoso forman un solo conjunto.

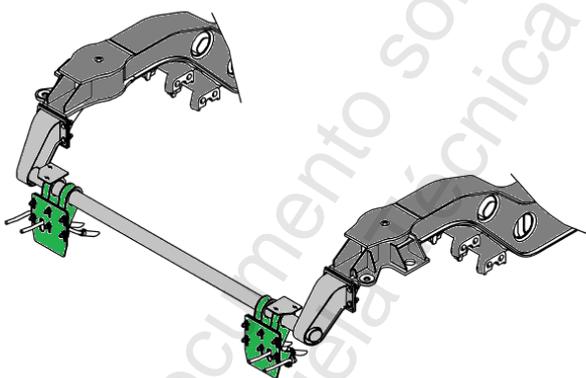


Figura. 2-75 Quitapiedras (en verde a la izquierda) y aparta objetos o quitarreses (derecha)

Los quitarreses cumplen un objetivo similar solo que se encargan de retirar de la vía objetos de mayor tamaño (reses y animales salvajes).

Suelen formar parte en la caja del vehículo (locomotoras) aunque también podemos encontrarlos en la parte exterior de los ejes exteriores de algunos bogies.

2.9.8 Captadores

Los vehículos motores y autopropulsados van provistos de sistemas de seguridad, como el ASFA, ERTMS, LZB, etc., en cuyos equipos embarcados aparecen elementos de captación de señales en vía (captadores) y que suelen ir instalados en los bogies extremos. Van instalados sobre soportes que permiten su regulación tanto en altura como en posición transversal.

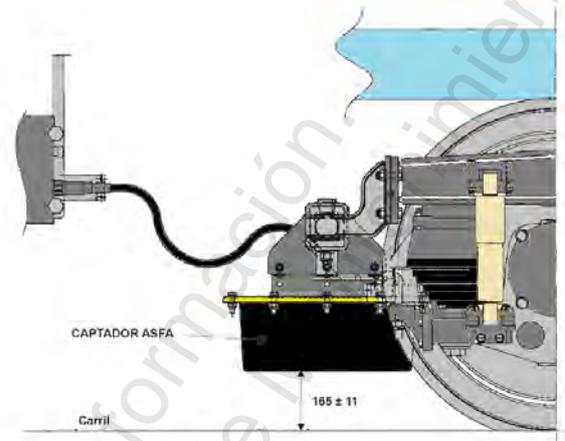


Figura. 2-76 Captadores de ASFA bajo vehículo autopropulsado

2.9.9 Equipos de Propulsión (Motores)

Los bogies motores (en vehículos de tracción eléctrica), llevan motores de tracción suspendidos del bastidor del bogie, que accionan cada eje por medio de un acoplamiento y un reductor calado en el eje. El conjunto de la motorización es el encargado de proporcionar los esfuerzos de tracción y frenado eléctrico a los ejes motores. Está constituido por los siguientes elementos, algunos de ellos ya tratados con anterioridad:

- Motor de tracción, suspendido del bastidor del bogie.
- Acoplamiento entre el motor de tracción y el reductor de transmisión.
- Reductor con corona calada en el eje.

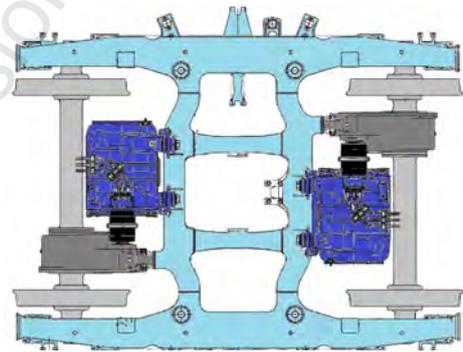


Figura. 2-77 Motor de tracción asociado a un solo eje

ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)
Documento solo válido para formación.

3. TIPOS DE BOGIES

Como se comentó con anterioridad, la diversidad de bogies es casi tan extensa como los vehículos existentes. Cada vehículo se diseña para unas prestaciones específicas y sus bogies o sistemas de rodadura se ajustan a estas especificaciones. Por ello clasificaremos los tipos de bogie atendiendo a las siguientes pautas:

3.1 SEGÚN SU FUNCIÓN

Esta clasificación diferencia los bogies atendiendo a su función motriz o simplemente portante.

3.1.1 Bogies Motores

Son los bogies en los que todos o alguno de sus ejes proporcionan tracción al vehículo, bien sea eléctrica o diésel, portando motores y transmisiones o mediante transmisiones indirectas como el tipo *Cardan* sin ubicación de motores en bogie.

Este tipo de bogies los encontraremos en todos los vehículos motores, tanto en locomotoras, donde todos sus bogies son motores, como en autopropulsados o de alta velocidad que pueden tener la tracción distribuida en todos o en algunos de sus bogies.



Figura. 3-1 Bogie de vehículo autopropulsado (izquierda) y de locomotora (derecha)

3.1.2 Bogies Portantes

Estos bogies no proporcionan tracción al vehículo, solo proporcionan la sustentación de la caja y el guiado de la misma, junto con otros aspectos como puede ser la amortiguación, sistema de freno, elementos auxiliares, etc.

No son bogies característicos de locomotoras. Aparecen en coches, vagones y en vehículos autopropulsados con tracción distribuida en alguno de sus bogies.



Figura. 3-2 Bogie portante de vagón de mercancías (izquierda) y de vehículo autopropulsado (derecha)

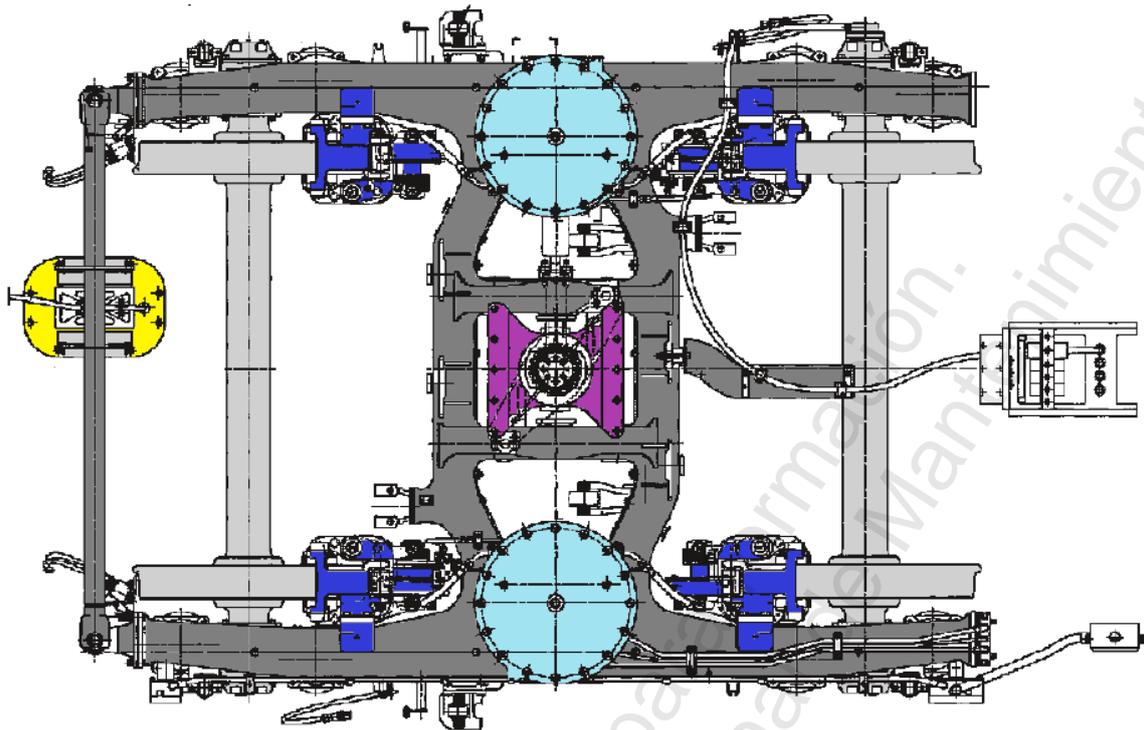


Figura. 3-3 Vista superior de bogie portante de vehículo autopropulsado

3.2 SEGÚN EL NÚMERO DE EJES

3.2.1 De dos ejes

En el parque de vehículos de RENFE, todos los bogies en vagones, coches, vehículos autopropulsados y de alta velocidad van provistos de dos ejes, adaptándose con esta configuración a las necesidades de explotación de todos ellos.



Figura. 3-4 Bogies de dos ejes

3.2.2 De tres ejes

La configuración generalizada en locomotoras es de dos bogies por vehículo. La necesidad de ampliación de potencia propició la aparición de bogies motores con tres ejes en vez de con dos. Ello permitía un aumento de dos ejes más por vehículo y por lo tanto de

dos motores más de tracción. Fue una configuración muy extendida en locomotoras de tipo Diésel-eléctrica, no tanto en locomotoras eléctricas.



Figura. 3-5 Bogies de tres ejes

3.3 SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS

En este punto se muestran gráficamente algunos ejemplos de bogies atendiendo al tipo de vehículo en el que van instalados, haciendo referencia a los más significativos y usuales.

3.3.1 Vehículos Autopropulsados

La totalidad de los vehículos autopropulsados de la flota actual de RENFE se sustentan con bogies de dos ejes. Algunos bogies son motores con dos propulsores por bogie (un motor por eje), todos ellos con tracción eléctrica. Los automotores diésel suelen portar bogies, también de dos ejes, pero solo uno de ellos es motor (unido al propulsor por medio de eje tipo Cardan) y el eje restante es portante.

También encontramos ciertos vehículos en los que algunos de sus bogies no van motorizados, es decir, que son enteramente portantes.



Figura. 3-6 Bogie de vehículo autopropulsado

Un caso particular es el de los bogies compartidos que aparecen en las unidades de cercanías CIVIA y en los autopropulsados serie 449.

3.3.1.1 Bogies Compartidos

Son bogies que sustentan dos cajas consecutivas de un mismo vehículo. Es una solución adoptada para reducir el peso total de la composición y conseguir con ello, mejores prestaciones tanto en trenes para servicios tanto de corta distancia, media distancia o alta velocidad. Es un sistema utilizado en vehículos articulados.



Figura. 3-7 Bogie compartido de vehículo autopropulsado



Figura. 3-8 Disposición de bogies compartidos en vehículo autopropulsado

3.3.2 Locomotoras

Como se expuso con anterioridad, la mayoría de las locomotoras presentan la configuración de dos bogies con dos ejes cada uno. Las locomotoras *diésel-eléctricas* suelen configurarse con dos bogies de tres ejes cada uno. Mención especial merece la locomotora eléctrica serie 251 que se compone de tres bogies de dos ejes cada uno.



Figura. 3-9 Bogies en locomotoras. De dos ejes (izquierda) y de tres ejes (derecha)



3.3.3 Rodales

Actualmente es el sistema más utilizado en este tipo de vehículos. Fueron patentados por la firma Talgo.

Su característica principal es la independización de las rodaduras utilizando un eje por rueda en vez del eje común de los ejes montados. Su evolución ha conseguido un sistema de rodadura variable y un sistema de suspensión con pendulación de la caja del vehículo. Existen ramas de estos vehículos que pueden ser remolcadas por locomotoras convencionales y otras ramas que, como las utilizadas por el consorcio Talgo-Bombardier, conforman las composiciones de las series 102, 112, 130 y 730 de RENFE. Todas estas series portan bogies en las cabezas motrices y sistema de rodales en los coches de viajeros.



Figura. 3-11 Tren AV con rodajes en los coches

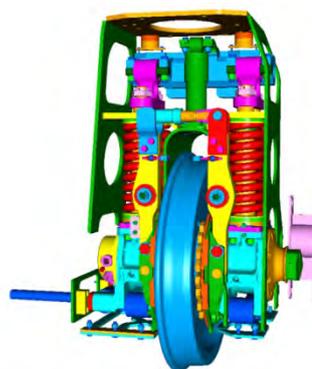
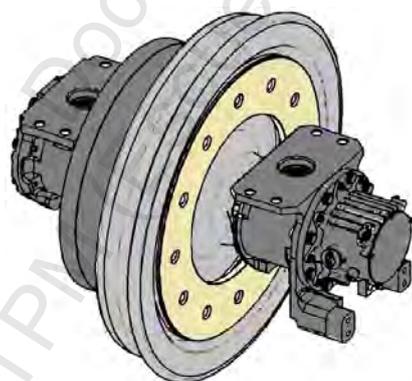
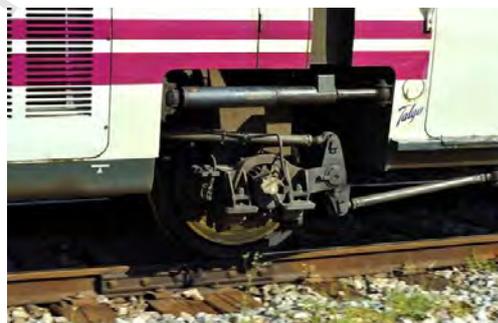


Figura. 3-12 Distintas vistas de rodajes tipo Talgo

3.3.4 Bogie de mercancías tipo Y-21

La mayoría de los vagones, independientemente de su tipo, van sustentados por bogies de tipo Y-21.

El bogie Y-21, de aplicación en vagones de mercancías deriva del Standard U.I.C. Y-25 adaptado para el ancho de vía español y para tráfico internacional, por lo cual, los portazapatas de freno son desplazables para que puedan actuar en ambos anchos de vía (ibérico e internacional).

Presenta características que lo diferencian de otros tipos de bogies empleados anteriormente entre los que cabe destacar:

- El bastidor descansa sobre las cajas de grasa, provistas de dos robustos platos laterales, por medio de grupos de dos resortes helicoidales, concéntricos y de distinta altura. En cada grupo de resortes trabaja al principio -con poca carga- el muelle exterior y no empieza a trabajar el interior hasta un cierto valor de la carga, con lo cual se obtiene de forma simple una suspensión con dos etapas de flexibilidad.
- Para amortiguar los movimientos inherentes a este tipo de resortes, se emplea un dispositivo tipo SNCF-LENOIR que actúa por fricción variando su acción en función de la carga y evita, además, juegos longitudinales de las cajas en su alojamiento, lo cual favorece la estabilidad de la marcha.
- Para disminuir el movimiento de lazo y mejorar la estabilidad, va provisto de resbaladeras elásticas con una placa superior de material sintético que, al rozar con la resbaladera fija al bastidor del vagón, crea un par de frotamiento cuyo papel es preponderante en vacío y donde la importancia relativa se reduce en carga.
- Igualmente, y para conseguir un par de frotamiento más propicio, se emplea un forro de material sintético interpuesto entre *quicionera* y pivote que elimina las dificultades debidas (en caso de contacto acero-acero) a las degradaciones de las superficies en contacto y a la variación, con el tiempo, del estado de engrase. Por lo indicado en los tres párrafos anteriores es muy **IMPORTANTE** que las superficies de rozamiento-placas de fricción de cajas y del amortiguador, de las resbaladeras y de pivote **ESTEN SIEMPRE EXENTAS DE GRASA**.
- El frenado se consigue mediante una timonería colgada de una serie de soportes soldados al bastidor y accionada por un conector que la une a la de caja del vehículo.



Figura. 3-13 Bogie tipo Y-21 para vagones de mercancías

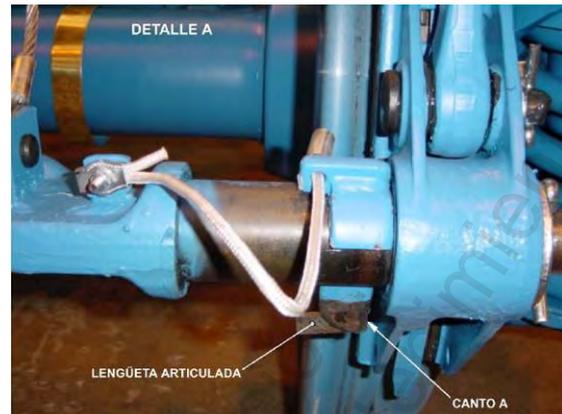
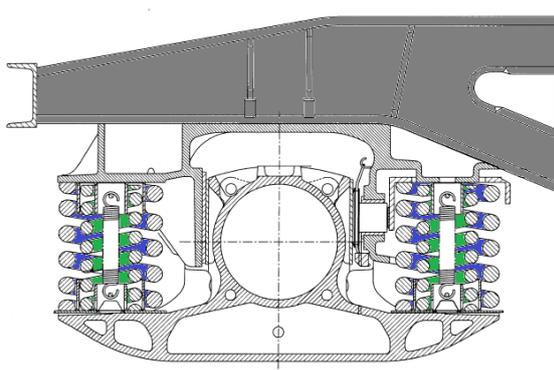


Figura. 3-14 Detalle de la suspensión (izquierda) y del sistema de cambio de ancho (derecha) en bogie Y-21

Existen varias variantes de este tipo de bogie, Cse, Lse/Lsse y Pse. En estos dos últimos, el bogie Y21 está dotado de una válvula neumática de pesada que informa del estado de la carga del vehículo.

Los vagones de mercancías disponen de un mecanismo que informa al distribuidor de freno del estado de la carga del vehículo (Tara si se encuentra vacío o poco cargado y Carga si se encuentra cargado). De esta manera el distribuidor comandará una disposición de frenado, a los cilindros de freno, distinta en cada una de estas situaciones (tara o carga), en presión de aplicación de freno. De esta manera se consigue un frenado más eficiente y seguro.



Figura. 3-15 Bogie y-21 con válvula de pesada

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

4. SISTEMAS ESPECIALES

Denominamos sistemas especiales a aquellos que aparecen con ciertas singularidades de los estándares de sistemas de rodadura o bogies que utilizan los vehículos ferroviarios con más asiduidad.

Estos sistemas pueden referirse de manera directa al sistema de rodadura, como son los sistemas de rodaduras desplazables o variables, o se pueden referir a sistemas que están íntimamente ligados a las suspensiones, como pueden ser los sistemas de basculación y de pendulación.

4.1 RODADURA DESPLAZABLE

El ancho de vía característico de la red ferroviaria española (ancho RENFE) es de 1668 mm. Este ancho es diferente al que se utiliza en la mayoría de los países europeos (ancho estándar o internacional) que es de 1435 mm.

Para que los vehículos ferroviarios pudieran cruzar las fronteras entre España y Europa, fue necesario buscar soluciones para posibilitar el intercambio de circulaciones con el menor coste económico y de tiempo posible.

Además, a partir de 1988 se decide la construcción de nuevas líneas de Alta Velocidad en nuestro país, con ancho internacional.

El gobierno español viene realizando la ampliación de la red de ancho estándar y sustituyendo algunas líneas de ancho RENFE. Esta decisión ha supuesto el aumento de puntos de transición entre los dos tipos de ancho de vía. Para la agilización de los tráficos ferroviarios se han ido ensayando y adoptado, en diversas épocas, algunas soluciones puntuales que se reducen a:

- Facilitar y hacer más económico y sencillo el traspaso de los viajeros y mercancías y los cambios de vehículos.
- Emplear vías de tres o cuatro carriles para que cualquier vehículo, con independencia de su ancho de vía, puedan circular por la misma línea.
- Aplicar sistemas que permitan a los vehículos ferroviarios cambiar de ancho de ejes.



Figura. 4-1 Tercer carril

Este último sistema es el más eficiente de todos, pero a su vez dispone de tres variantes significativas:

1. Intercambio de ejes de vagones o coches y utilización de cabezas tractoras de distinto ancho. Este modelo suele utilizarse principalmente para vagones de mercancías puesto que los coches de viajeros suelen ir dotados de bogies. En nuestro país existen instalaciones de este tipo en Portbou e Irún, y también se han utilizado de manera provisional en la construcción de nuevas líneas de ancho UIC para permitir el paso de trenes de trabajo.
2. Intercambio de bogies en coches de viajeros utilizando infraestructuras preparadas para este fin.



Figura. 4-2 Instalaciones para cambio de bogies de diferente ancho

3. Sistema de cambio automático de ancho mediante instalaciones que lo permiten, en marcha y sin la necesidad de sustitución de ejes ni bogies. Se varía de forma automatizada la distancia entre caras internas de las ruedas. Estos sistemas se utilizan en España desde 1969.



Figura. 4-3 Sistema de cambio automático de ancho de vía

4.1.1 Sistemas de ancho variable

En nuestro país coexisten dos tecnologías diferentes e incompatibles de intercambio automático de anchos de vía:

- **Tecnología TALGO de Rodadura Desplazable**

Es la que cuenta con más experiencia en el mundo. Viene funcionando desde 1969 y en un principio solo se utilizaba para coches Talgo. Actualmente también se utiliza en cabezas tractoras y en vagones de viajeros y mercancías.

Sus principales características son:

- Permite coche de viajeros.
- Permite vagones de carga.
- Permite vehículos motores.
- No permite cambio con carga en rueda.
- Encerrojamiento por cerrojo ascendente.

Los vehículos que utilizan esta tecnología son todos los coches *Talgo* y las composiciones Serie 130, y 730.



Figura. 4-4 Sistema Talgo de rodadura desplazable

El sistema de rodadura de ancho variable de Talgo es característico por disponer de elementos de rodadura individuales. La rueda dispone de un pequeño eje sujeto por medio de rodamientos al bastidor y que la mantiene independiente al resto de los rodales. Este pequeño eje tiene la particularidad de poder desplazarse longitudinalmente permitiendo así la posibilidad de modificar su distancia para adaptarse a distintos tipos de ancho de vía.



Figura. 4-5 Rodal de rodadura desplazable Talgo

- **Tecnología CAF "Brava"**

Aplicada en trenes autopropulsados. Viene funcionando desde el año 2003 y sus principales características son:

- Permite coches de viajeros.
- No permite vagones de carga.
- Permite vehículos motores.
- No permite el cambio con carga en rueda.
- Encerrojamiento tipo rodadura ascendente.

Los vehículos dotados con esta tecnología son los de las series 120, 121 y la subserie 594.200 compuesta por dos unidades, aunque los de las series 449 y 599 vienen preinstalados para poder disponer de este sistema.



Figura. 4-6 Sistema BRAVA de rodadura desplazable

El Sistema BRAVA consiste en dos conjuntos de ruedas (bogíe) que tienen la posibilidad de desplazarse lateralmente, de forma preestablecida sobre un eje no móvil.

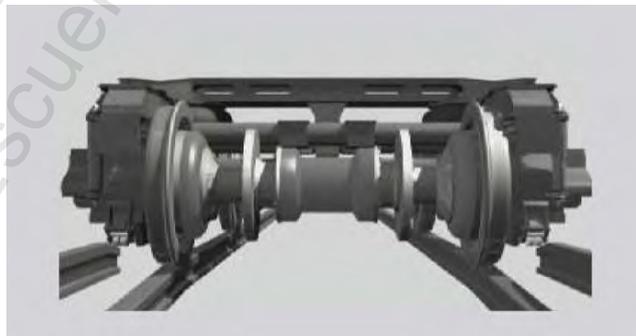


Figura. 4-7 Sistema BRAVA

Otros sistemas tecnológicos de cambios de ancho de rodadura a nivel internacional son:

- **Sistema polaco SUW2000** aplicable tanto a coches de viajeros como a vagones de mercancías.

- **Sistema alemán DBAG/Rafia "Typ V"** experimental sin aplicación comercial.
- **Tecnología Japonesa** probada desde mediados de los años 90.

4.2 SISTEMAS PENDULARES / BASCULANTES

4.2.1 Sistemas de basculación pasiva (pendulación)

Desde los principios del ferrocarril, ha existido el problema que supone a los vehículos ferroviarios la transición de tramos de vía rectos a tramos en curva. Al ingresar en curva, los vehículos experimentaban una serie de bandazos, provocados por las fuerzas centrífugas, que se traducen en deformaciones o rotura de carriles, desgaste de pestañas, incomodidades a los viajeros e incluso descarrilos. Para solventar este problema sin tener que efectuar múltiples e incómodas limitaciones de velocidad, se introdujeron en la infraestructura soluciones como el peraltado de la vía y la introducción de curvas de transición. Posteriormente y aprovechando los avances tecnológicos, empezaron a desarrollarse la inclinación de los vehículos ferroviarios en su paso por curva para incrementar su velocidad y confort sin que existiera una disminución de la seguridad. En España utilizamos dos términos para referirnos a las tecnologías de trenes con cajas inclinables que son "pendulación" y "basculación".

Cuando la inclinación de la caja es natural, es decir que se aprovecha la propia inercia de la caja para inclinarla, nos estamos refiriendo a **basculación pasiva** o **pendulación**.



Figura. 4-8 Sistema de basculación Talgo

La tecnología de vehículos pendulares la desarrolló TALGO. Los principales vehículos dotados de esta tecnología, como podemos suponer, son los fabricados por Talgo, coches de viajeros desde el modelo Talgo IV en adelante, y trenes de las series 102, 112, 130 y 730.



Figura. 4-9 Vehículos pendulares Talgo

4.2.2 Sistemas de basculación activa

Entendemos que son trenes “basculantes” aquellos que disponen de tecnología de basculación activa o forzada, es decir que utilizan mecanismos que fuerzan la inclinación de la caja en su recorrido por curva. El principal sistema de basculación es desarrollado por la empresa CAF cuya denominación se identifica con las siglas SIBI aunque existen modelos con tecnología italiana FIAT (ahora Alstom-Italia).

Este tipo de tecnología se aplica generalmente a autopropulsados. Los fabricados con tecnología de basculación italiana FIAT Ferroviaria son la actual serie 490, este sistema va equipado con sensores, giróscopos y acelerómetros. Los de la serie 443, conocido como Platanito, fueron diseñados por FIAT pero con tecnología de basculación de CAF.

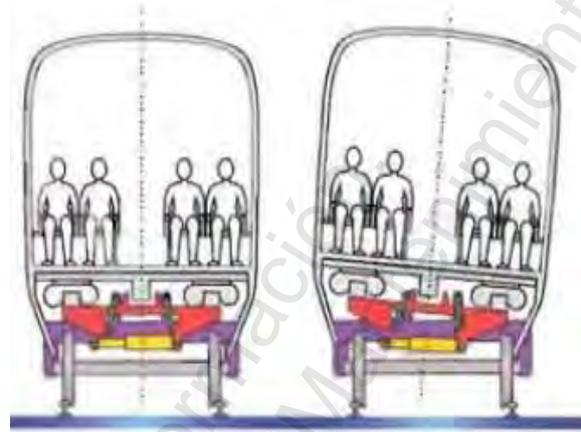


Figura. 4-10 Sistema basculante SIBI

Los dotados con la tecnología SIBI (Sistema Inteligente de Basculación Integral) de CAF son los de las series 594, 598 y 599.



Figura. 4-11 Vehículos con sistema de basculación FIAT-ALSTOM



Figura. 4-12 Vehículos con sistema SIBI (CAF)

El sistema SIBI memoriza el trazado de la línea por donde circula el tren por lo que conoce la situación de las curvas antes de encontrarse en ellas. El SDP (Sistema de detección de posición de tren) calcula su posición exacta en el trazado y realiza un ajuste continuo de la posición calculada y las compara con los datos memorizados. Para ello se sirve de unos sensores montados en el propio equipo y en el bogie. Actualmente el SDP utiliza el sistema de localización GPS para comprobar la coherencia de la posición calculada.

Las principales ventajas de este sistema con respecto a otros similares son:

- Actúa anticipándose a las curvas.
- Conoce las características del trazado.
- No actúa sobre defectos puntuales del trazado (golpes de vía).
- Informa al maquinista de la velocidad máxima en paso por curva.

Estas ventajas proporcionan más confort en los viajeros al paso por curva y posibilita el aumento de velocidad en las mismas acortando los tiempos de viaje.

Este sistema de basculación es susceptible de ser anulado bien manualmente por decisión del maquinista o bien de manera automática si el sistema detecta fallos, en este estado, el vehículo circulará por curva como tipo A.



Figura. 4-13 Actuador de sistema SIBI

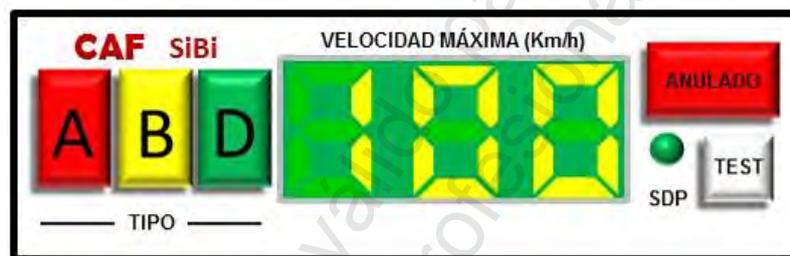


Figura. 4-14 Detalle de actuador de pupitre del sistema SIBI

5. SISTEMAS DE TRACCIÓN Y DE CHOQUE

Los vehículos ferroviarios cuando se encuentran en movimiento, se hallan sometidos a continuos esfuerzos de tracción y de compresión. Estos esfuerzos son producidos en situaciones como la de tracción, la de frenado o las de deriva.

Estos esfuerzos deben de ser transmitidos y soportados por los distintos vehículos que componen un tren o composición ferroviaria.

Los órganos encargados de transmitir y soportar estos tipos de esfuerzos son los denominados de tracción y choque y suelen ir ubicados en los testeros de los vehículos.

5.1 CONJUNTO DE TRACCIÓN

Es el conjunto de elementos destinado a la transmisión de esfuerzos de tracción entre un vehículo y otro que pertenecen a una misma composición.

Para el enganche, debe conseguirse, además de una unión mecánica, la continuidad del circuito neumático y del eléctrico entre vehículos.

Existen dos tipos de enganche:

- Enganche manual o convencional (gancho de tracción).
- Enganche automático

5.1.1 Gancho de tracción

La unión mecánica de los enganches manuales o convencionales se efectúa mediante un conjunto de elementos denominado gancho de tracción y que está compuesto de los siguientes elementos:

1	Gancho de tracción
2	Biela
3	Manija
4	Husillo o tensor
5	Brida
6	Gancho de apoyo
7	Bulones y pasadores
8	Resbaladera

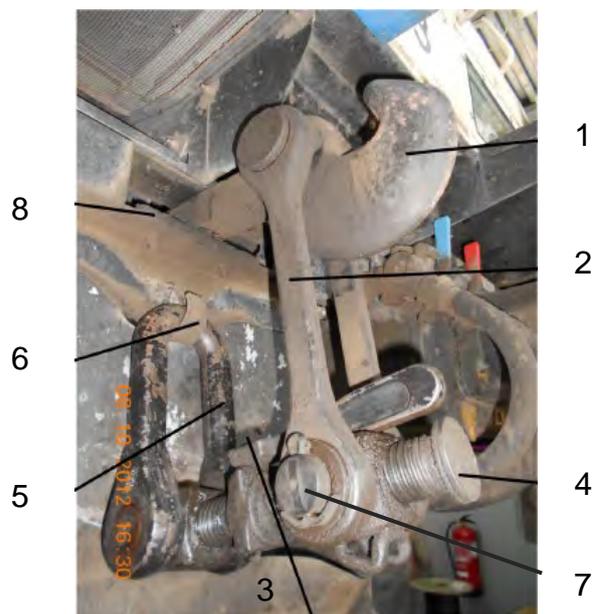


Figura. 5-1 Gancho de tracción

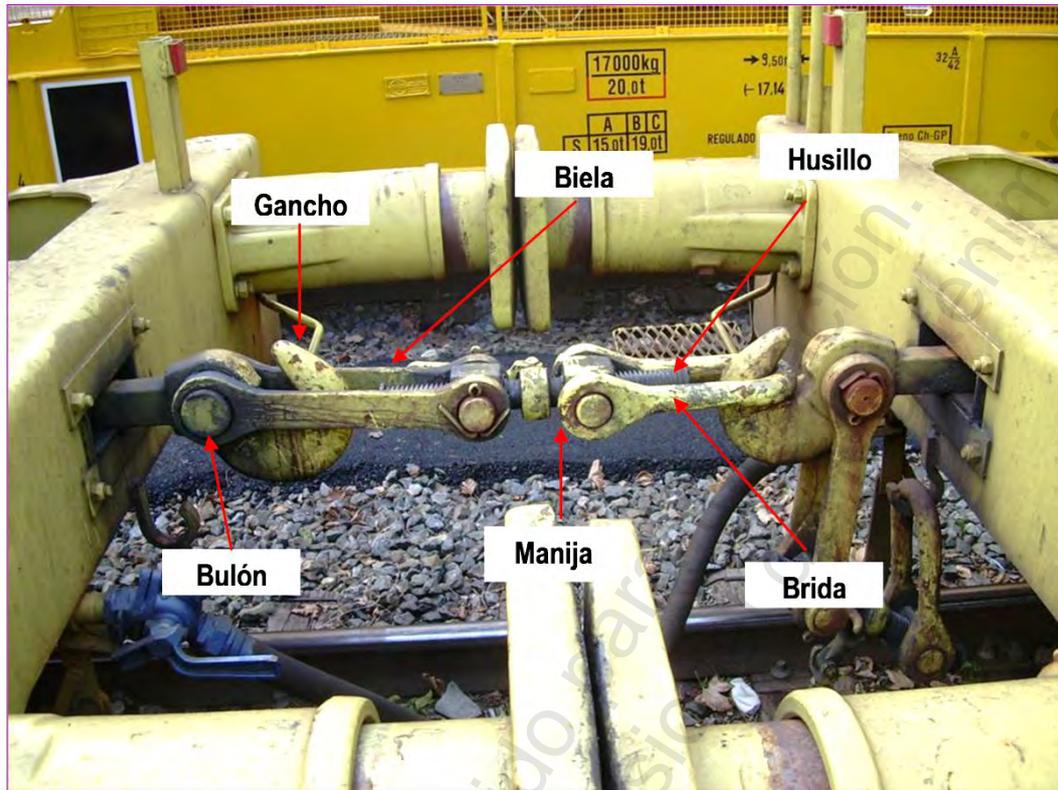


Figura. 5-2 Conjunto de tracción. Elementos.

forma manual mientras que en los sistemas automáticos no es necesaria la participación directa (según el tipo) de un operario.

5.1.1.1 Gancho de tracción

La misión de estos ganchos elásticos es la de transmitir el esfuerzo de tracción generado por el vehículo tractor, hacia la unidad remolcada.

Este elemento se encuentra unido al bastidor del vehículo por medio de unos resortes que actúan de sistema amortiguador de los esfuerzos de tracción. Actualmente estos resortes suelen estar formados por anillos elásticos, aunque en vehículos más antiguos aparecían muelles helicoidales. También podemos encontrar sistemas de resorte tipo goma/caucho-metal como los muelles tipo Batra.

Los anillos correspondientes al elemento elástico de fricción situados en el equipo, están diseñados de forma que, al alcanzarse el máximo recorrido elástico, las caras frontales de los anillos interiores llegan a establecer contacto entre sí, conformando de esta forma una columna rígida.

Los esfuerzos de tracción son transmitidos a través del gancho de tracción al bastidor de la locomotora.

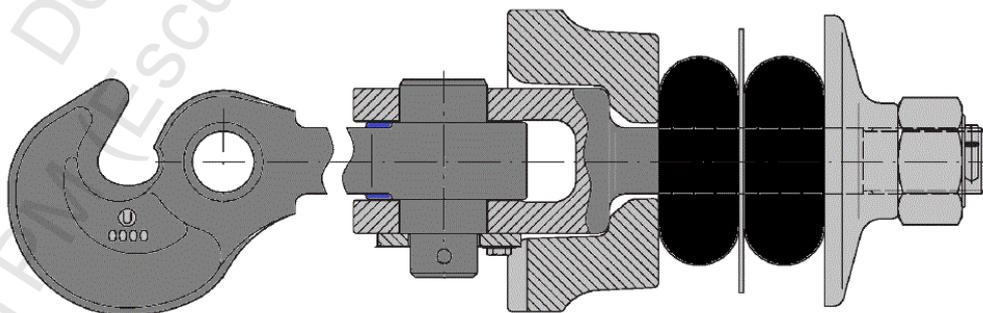


Figura. 5-3 Gancho de tracción con anillos elásticos



Figura. 5-4 Gancho de tracción desmontado

5.1.1.2 Biela

El elemento biela está formado por dos bielas unidas por bulones asegurados por pasadores. Una parte de la biela está unida al propio gancho de tracción y la otra al bloque roscado por donde avanza el husillo.

Este conjunto articula parte del conjunto de enganche gracias a la movilidad que proporcionan las uniones por orificio y bulón.

5.1.1.3 Husillo

Este elemento está formado por un esparrago roscado en sus dos extremos por roscas contrapuestas, es decir, una rosca a derechas y la otra a izquierdas. En el centro del esparrago se encuentra un maneral articulado denominado manija que facilita el esfuerzo de giro del husillo.

El husillo se encuentra roscado sobre dos bloques roscados, uno de ellos fijado a la biela mediante bulón y pasador y el otro a la brida fijado con el mismo sistema.



Figura. 5-5 Biela

Al tratarse de roscas contrapuestas supone que al girar el husillo sobre su eje en un sentido producirá la separación de los dos bloques roscados y girando en sentido contrario producirá el efecto contrario, es decir, la aproximación de los bloques roscados.

Esta funcionalidad confiere al conjunto de enganche de la posibilidad de cambiar su longitud al efectuar el propio giro del husillo, aumentando si se gira en un sentido y disminuyendo en el otro.

Esta particularidad confiere al conjunto, una vez que se encuentra acoplado, la capacidad tensora que se necesita a la hora de ajustar su dimensión después de realizarse un enganche entre dos vehículos ferroviarios.

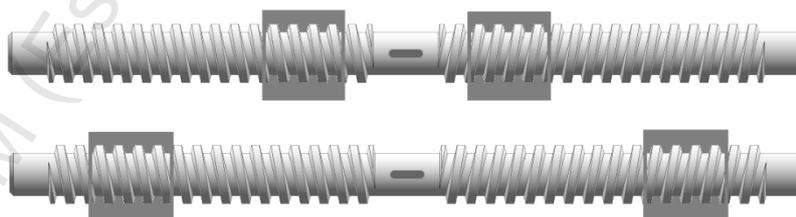


Figura. 5-6 Funcionalidad del husillo

5.1.1.4 Brida

Elemento con forma de U en cuya parte abierta se encuentra fijado mediante bulón y pasador un bloque roscado donde rosca el husillo y su parte cerrada se utiliza para introducirse sobre el gancho de tracción del vehículo contiguo.



Figura. 5-7 Brida

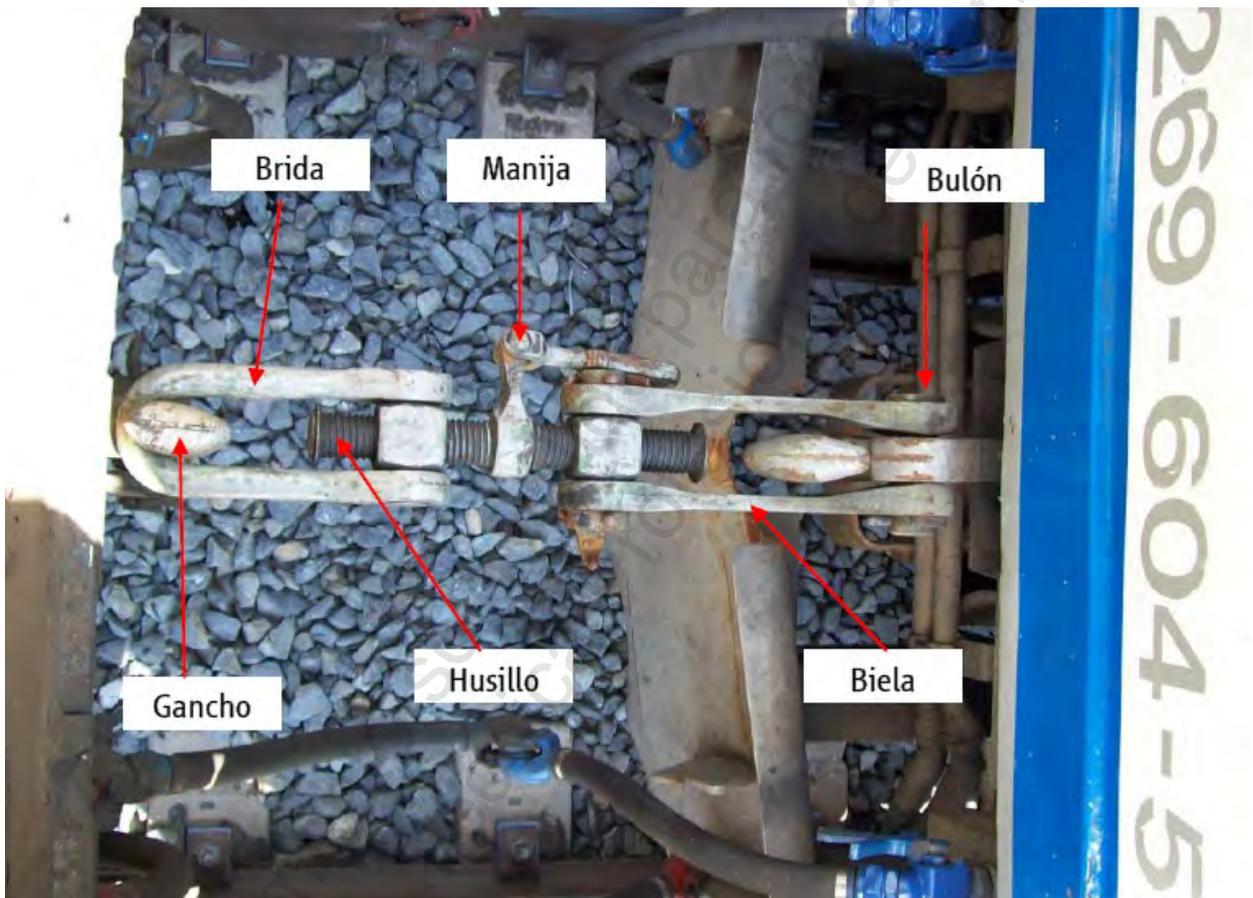


Figura. 5-8 Conjunto de tracción

5.1.1.5 Bulones y pasadores

El conjunto es articulado gracias a las uniones de sus elementos (gancho-biela-bloque roscado y brida-bloque roscado) mediante bulones que van sujetos mediante pasadores de aletas.

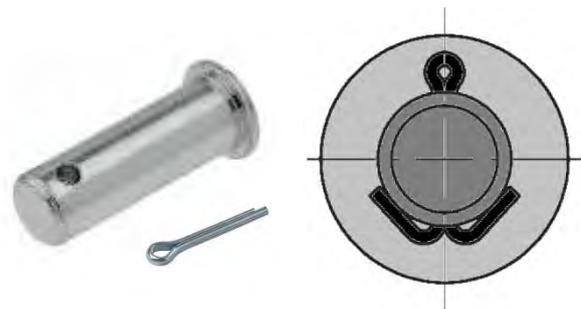


Figura. 5-9 Bulón y pasador de aletas

5.1.1.6 Gancho de apoyo

Este elemento, aunque no se encuentra propiamente dicho en el conjunto de gancho de tracción y enganche, es un elemento sumamente importante para el conjunto.

Se encuentra sujeto al bastidor del vehículo, en su testero frontal, generalmente mediante soldadura y su misión es la de proporcionar una sujeción al conjunto, mediante la brida, cuando el sistema de enganche no es utilizado.

Es importante que el mecanismo de enganche no quede suelto pues con los movimientos producidos al circular el vehículo puede golpear en otros elementos o equipos del vehículo y producir en estos y en sí mismo algún tipo de desperfectos.



Figura. 5-10 Gancho de apoyo

5.1.1.7 Conexiones neumáticas y eléctricas

Este tipo de sistema de enganche manual o convencional necesita de la actuación de una persona para efectuar todo tipo de conexiones, tanto la mecánica como la neumática como la eléctrica.

La conexión neumática se efectúa por medio de semiacoplamientos neumáticos.

Estos semiacoplamientos consisten, habitualmente, en dos juegos de mangueras neumáticas especiales conectadas al circuito de freno mediante dos conectores provistos de llaves de aislamiento que se encuentran situadas en el testero del vehículo a ambos lados del conjunto de tracción.

En sus extremos dispondrán de conectores que serán diferentes si se trata de TDP (en rojo) o TFA (en azul)

Las conexiones eléctricas se efectuarán también de forma manual por medio de mangueras y conectores de acoplamiento de mando múltiple.



Figura. 5-11 Semiacoplamientos



Figura. 5-12 Conector eléctrico de mando múltiple

5.2 CONJUNTO DE CHOQUE

Los vehículos dotados del sistema de enganche manual o convencional, van dotados del aparato de choque denominado tope, cuyo objeto es amortiguar los impulsos que se producen en el contacto entre topes de vehículos consecutivos durante la marcha, en el frenado o en las maniobras.

Van situados simétricamente al eje del vehículo y, cada uno de ellos, está constituido por un contratope, un tope y un muelle interpuesto entre ambos. El tope desliza dentro del contratope y el muelle tiene por misión absorber la energía del choque. La sujeción al bastidor del vehículo se realiza por medio de cuatro tornillos sujetos por medio de tuercas almenadas. En la ficha UIC 526, se regulan las características técnicas de este elemento

Los órganos de choque y enganche se montan a una altura del carril de 1060 mm., con una tolerancia de + 5 mm. -20 mm, permitiéndose una diferencia de altura entre los topes de un mismo testero de 10 mm. En determinados vehículos, se puede variar la compresión mecánica de los topes, formando éstos parte del sistema de guiado del vehículo.

5.2.1 Topes

Esencialmente los topes están constituidos por los siguientes elementos:

- Tope
- Contratope



Figura. 5-13 Conjunto de choque

5.2.1.1 Tope

El tope es el elemento directo que soporta los choques y a su vez se pueden distinguir dos zonas bien definidas:

Plato:

Parte exterior plana que puede aparecer de diferentes formas; redonda, cuadrada, rectangular e inespecifica (como aparece en la imagen).

Caña:

Zona cilíndrica hueca que va unida al plato mediante soldadura y en cuyos laterales aparecerá una zona rasgada para la circulación y tope de la chaveta.

Esta parte se ubicará en el interior del contratope.



Figura. 5-14 Tope

5.2.1.2 Contratope

El contratope es el otro elemento del conjunto de choque. Está constituido por un cilindro hueco en cuya base se encuentra una placa plana con taladros en sus esquinas. Son los puntos de fijación al testero del vehículo por medio de tornillería.

En su interior se encuentra el resorte para la absorción de impactos que puede ser de diversas formas y materiales. Desde cojinetes lisos a elastómeros pasando por muelles helicoidales o amortiguador hidráulico.

En sus laterales suelen parecer hasta dos orificios dependiendo del modelo. Uno de ellos es para el alojamiento de la chaveta y el otro es una ventana de visita para inspeccionar el estado del resorte interior.

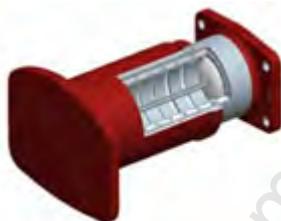


Figura. 5-15 Contratope

La chaveta engarza el tope y el contratope de manera que en los estados de tracción o descompresión del resorte interior impide la salida o desmontaje del tope sobre el contratope. Se asegura por medio de un pasador de aletas y se encuentra ubicada con un ángulo de 45° con respecto a la vertical.



Figura. 5-16 Chavetas. Ubicación.



Por fricción



Con elastómero



Hidráulico



Mixto

Figura. 5-17 Tipos de tope según elemento resorte

En los vehículos modernos con enganche convencional, se disponen de un tipo de topes conocidos como topes deformables de absorción de impactos, que pueden ir montados indistintamente sobre el bastidor o en una traviesa. Este tipo de tope actúa a modo de amortiguador de colisión, en caso de superar el límite de amortiguación, absorbiendo parte del impacto mediante su propia deformación. Una flecha de color indica el estado del tope. Cuando se produce un impacto que puede ser amortiguado por el mecanismo interno, este se recupera volviendo a estar dispuesto, pero si no se recupera, la flecha o parte de ella quedará oculta en el contratope, pudiendo incluso darse el caso de que se deforme la caña del tope o contratope.

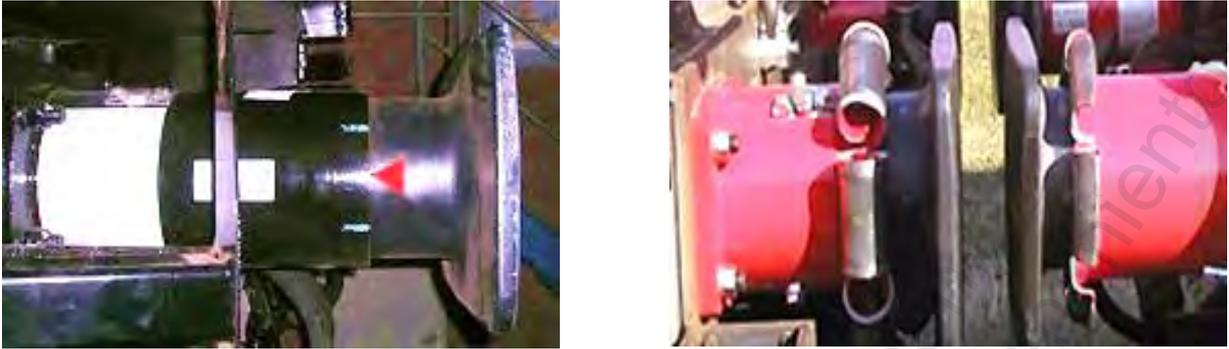


Figura. 5-18 Topes deformables

5.3 ACOPLAMIENTOS AUTOMÁTICOS

Los enganches automáticos, surgen como una evolución del convencional, resolviendo necesidades de operatividad, de resistencia y de agilidad a la hora de poder efectuar el acoplamiento de una manera automática de dos vehículos (generalmente autopropulsados).

Los vehículos dotados de enganche automático, normalmente carecen de topes convencionales, su función es asumida por propio enganche. Se pueden dividir en:

- Enganche mecánico, con los acoplamientos neumáticos y eléctricos.
- Enganche mecánico, con acoplamiento neumático.
- Enganche mecánico.
- Enganches auxiliares para socorros y maniobras.

5.3.1 Sistema mecánico con acoplamiento neumático y eléctrico. Scharfenberg

El enganche automático SCHARFENBERG está diseñado para acoplar automáticamente dos coches motores de distintas unidades de tren siempre y cuando ambas estén dotadas del mismo tipo de enganche. Existe por tanto un enganche automático en el cabecero frontal de cada coche extremo.

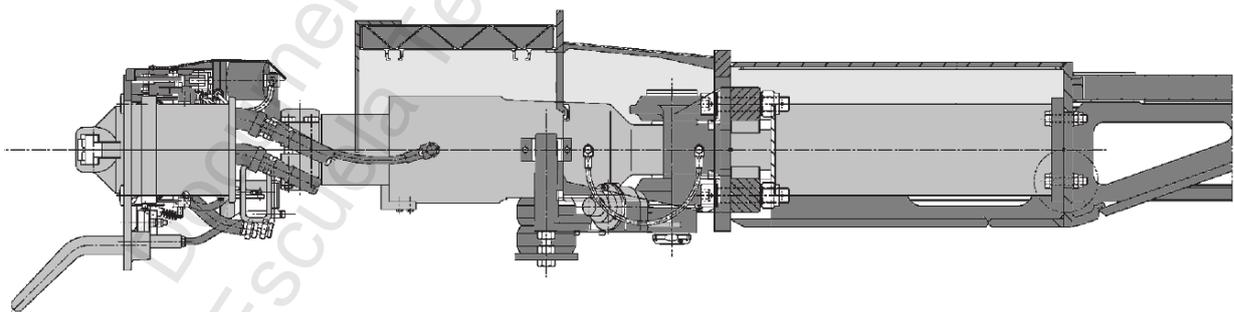


Figura. 5-19 Sistema de acoplamiento automático Scharfenberg

Al aproximar entre sí dos unidades de tren, a baja velocidad se produce automáticamente un acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático a la vez.

El desacoplamiento de los enganches automáticos es también completamente automático y se acciona desde cualquiera de las dos cabinas de conducción mediante el pulsador de desacople, situado en el panel del pupitre de conducción. No obstante, y por razones de seguridad y de funcionalidad, está incorporado un sistema manual de desacoplamiento.

Cuando el sistema no está acoplado, el enganche automático suele estar protegido por una capota de accionamiento automático que protege el sistema y proporciona una superficie aerodinámica al vehículo.

En algunos vehículos el sistema puede disponer de un mecanismo retráctil, quedando posicionados para el enganche al realizar la apertura del carenado.



Figura. 5-20 Scharfenberg y trampilla de enganche

Dispone de llaves para el aislamiento de las conexiones neumáticas, así como de un enclavamiento mecánico o neumático para impedir que se realice el acoplamiento eléctrico cuando sólo se precise enganchar mecánicamente. Las conexiones eléctricas pueden estar indistintamente situadas en la parte superior, en los laterales y en algunos casos en el inferior, no disponiendo en este caso de guía. Las conexiones eléctricas vienen dispuestas en una botonera con tapa retráctil

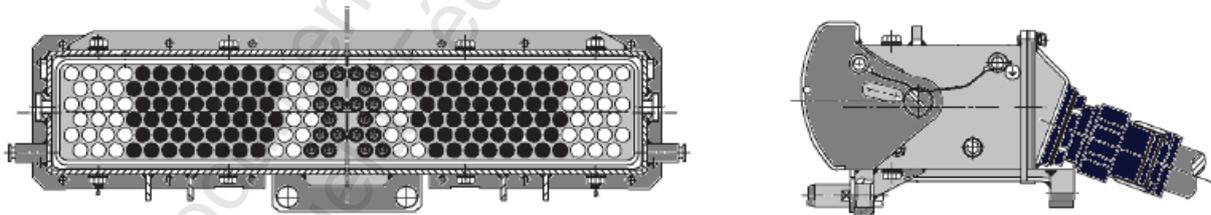


Figura. 5-21 Botonera y caja de botonera

La conexión neumática se efectúa por medio de dos orificios de conexión para freno (uno de TFA y otro de TDP) y otro de alimentación neumática del sistema. Estos elementos de conexión podrán variar dependiendo del tipo o modelo de enganche automático.

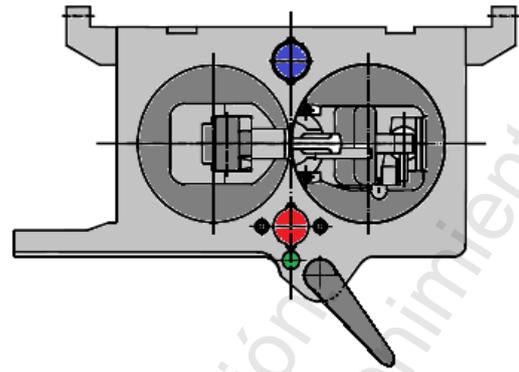


Figura. 5-22 Conexiones neumáticas

La conexión mecánica se efectúa por medio de un sistema de cerrojos automáticos que proporcionan el aseguramiento del sistema.

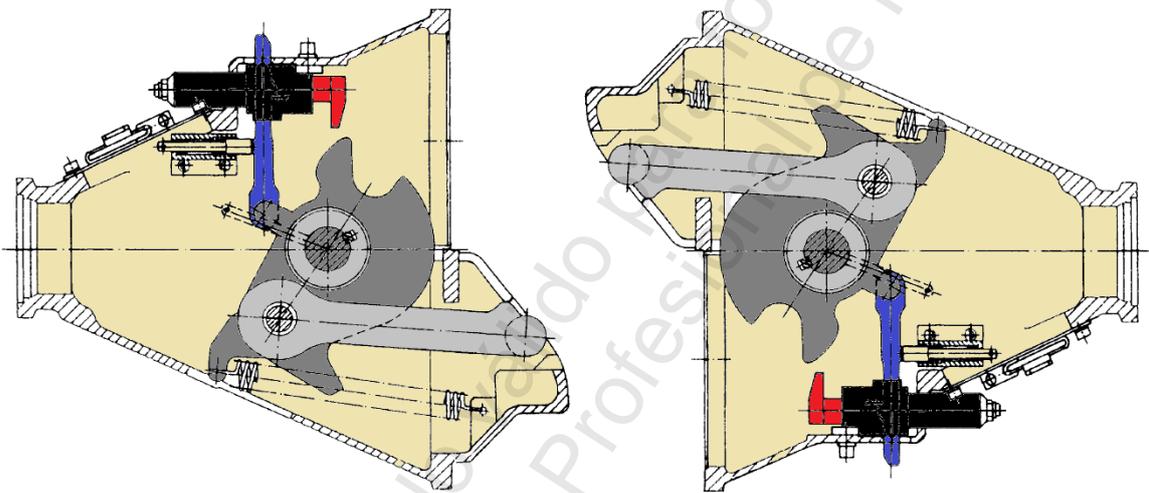


Figura. 5-23 Listo para acoplar

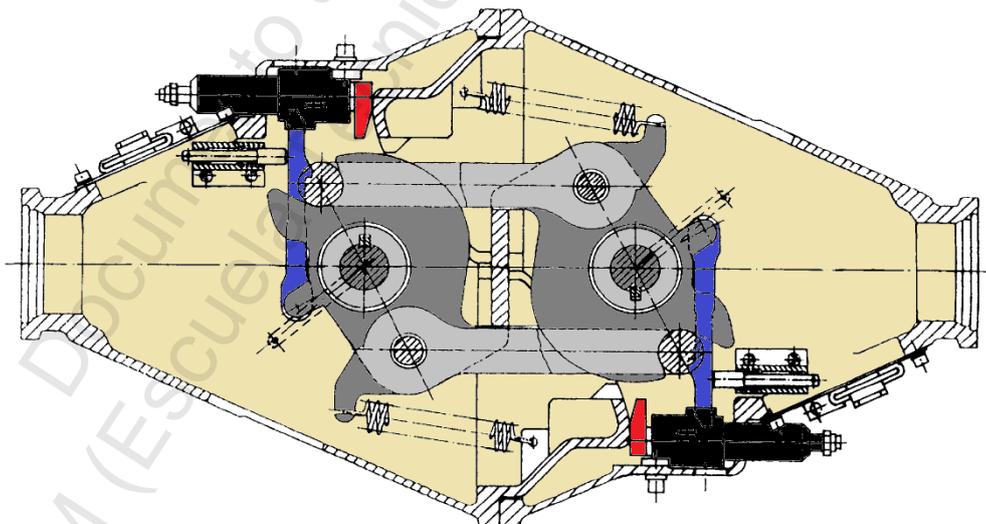


Figura. 5-24 Acoplado

5.3.1.1 Sistema Semipermanente

En vehículos autopropulsados que disponen de enganche automático en los extremos de la composición, es frecuente que para el acoplamiento entre coches intermedios utilicen otro tipo de enganche que no es automático, denominado semipermanente, que establece igualmente la continuidad neumática y eléctrica.

Al tratarse de composiciones indeformables, este tipo de acoplamiento, sólo se manipula para tareas de mantenimiento.

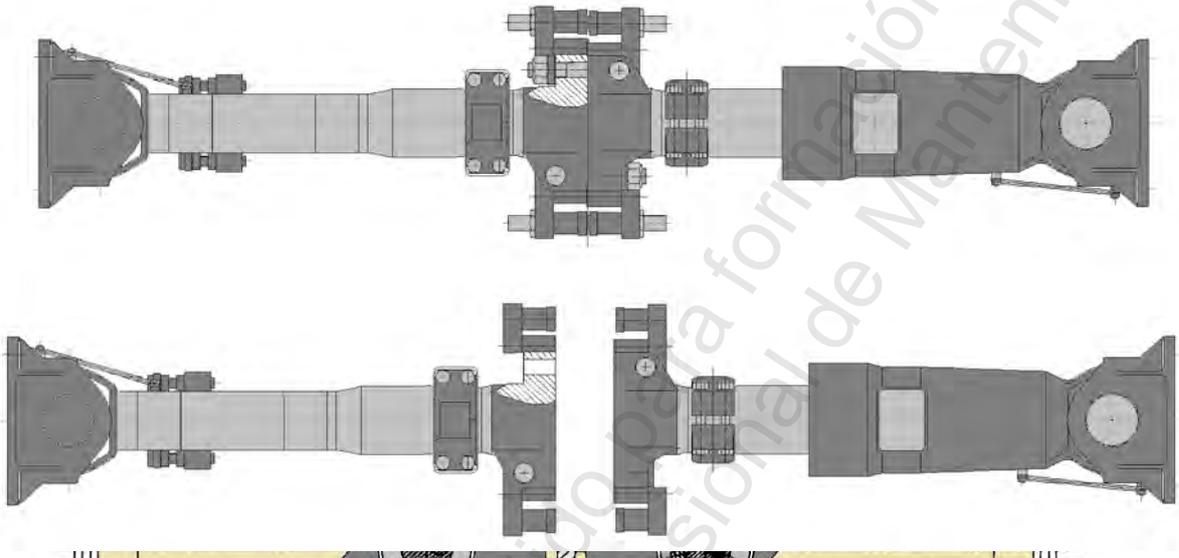


Figura. 5-26 Enganche semipermanente

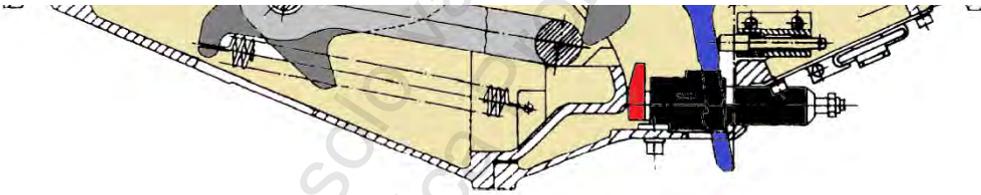


Figura. 5-25 Desacoplado

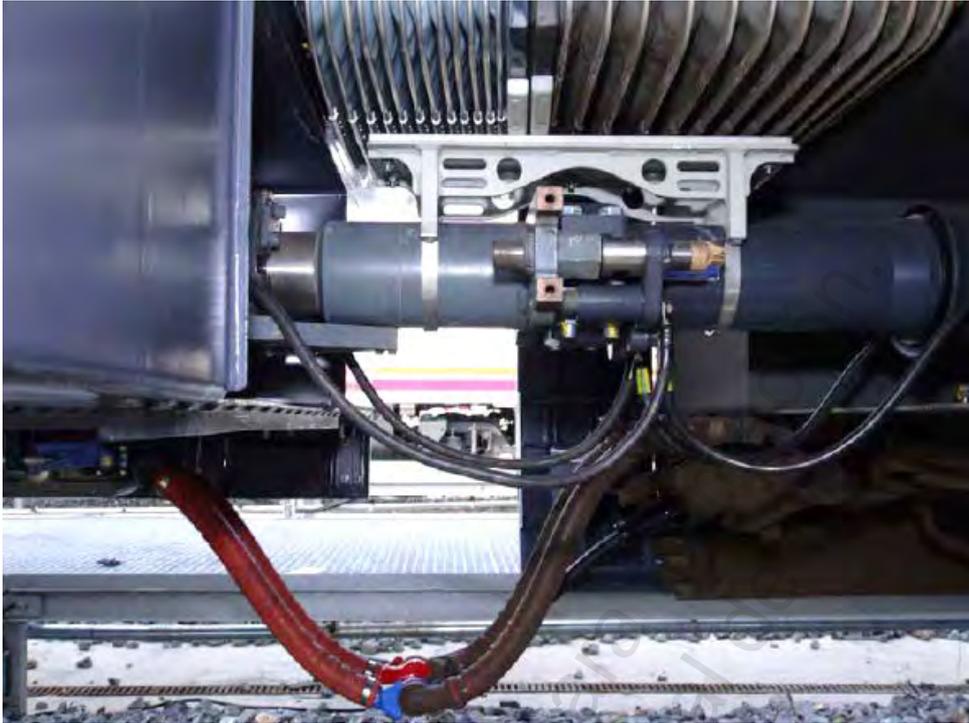


Figura. 5-27 Enganche semipermanente

5.3.2 Enganches mecánicos con acoplamiento neumático

Es un sistema de enganches que sólo realizan acoplamiento mecánico y neumático, se instalan en trenes ligeros como tranvías y en algunos ferrocarriles de alta montaña.

Su funcionamiento es análogo al descrito en el apartado anterior, con la salvedad de que se ha de establecer una conexión independiente para la continuidad eléctrica.

También existen modelos de enganches homologados por UIC para el remolque de trenes de mercancías. El acople se hace por contacto y el desacople suele ser manual, y en el caso de existir conexiones eléctricas, se realizan de forma manual mediante conexiones externas al enganche (Ej.- Mando múltiple S/442).



Figura. 5-28 Enganche mecánico con acoplamiento neumático

5.3.3 Enganche mecánico

Este tipo de enganche únicamente realiza un acoplamiento mecánico, se instala en cualquier tipo de tren, pero es más utilizado en trenes de mercancías, puesto que admite mayor carga.

En España lo utilizan distintos operadores ferroviarios: FEVE, EUSKO TREN, FC. de la Generalitat, etc., que instalan el tipo llamado ALLIANCE en la mayoría del parque de material convencional.



Figura. 5-29 Enganche mecánico

El acoplamiento se realiza por contacto como en los anteriores, y el desacoplamiento es siempre manual. Para la continuidad de las tuberías neumáticas se utilizan semiacoplamientos idénticos a los usados en el enganche convencional, la continuidad eléctrica se realiza a través de conexiones externas.



Figura. 5-30 Enganche tipo Alliance

5.3.4 Sistema de enganche auxiliar para socorros y maniobras.

Este tipo de enganches solo se utilizan para socorrer vehículos averiados dotados de enganche automático y para realizar maniobras. Suelen tener limitaciones técnicas respecto a su capacidad de tracción y compresión, siendo necesario en algunos casos montar topes suplementarios, o suplementos sobre el alojamiento del gancho, para recibir correctamente los esfuerzos de compresión.

El enganche auxiliar se coloca sobre el gancho de la locomotora que presta el auxilio, estableciéndose el acoplamiento mecánico y frecuentemente el neumático, por medio de semiacoplamientos entre la locomotora y el enganche auxiliar. En otros casos, se establece el acoplamiento neumático independientemente por medio de semiacoplamientos.



Figura. 5-31 Enganches auxiliares. Para diferentes vehículos (izquierda). Para diferentes alturas (derecha).

Al existir vehículos con diferentes alturas, en determinadas situaciones, es necesario para remolcar con enganche automático, intercalar un útil especial.

También existen barras de tracción para remolcar material con enganche automático situado a baja altura, enlazando el gancho con el cáncamo alojado en el testero del vehículo a remolcar.

Determinadas locomotoras y locotractores dedicados al servicio de maniobras, disponen de enganches automáticos, exclusivamente mecánico, que se colocan sobre el gancho de tracción. El acoplamiento se realiza por contacto como en los grupos anteriores, disponiendo de sistemas neumáticos para desenganche y elevación. En las maniobras que requieran continuidad neumática, se efectúa el enganche neumático de manera manual por medio de los semiacoplamientos.



Figura. 5-32 Enganche auxiliar para maniobras. En locotractor (izquierda). En locomotora (derecha)

5.4 SISTEMAS DE ABSORCIÓN DE IMPACTOS

Cuando un vehículo sufre un impacto con una energía elevada, puede sufrir deformaciones de su estructura, pues los topes están diseñados para absorber una energía determinada.

Para evitar deformaciones en la estructura del vehículo, en sus frontales se incorporan unos elementos para la absorción de parte de esa energía, que van desde los topes convencionales, a sistemas de traviesas fusibles y estructuras metálicas que se deforman en caso

de impactos. Su misión es absorber la energía, con su deformación plástica, para de esta manera evitar o disminuir la deformación de la estructura del vehículo.

Entre estos dispositivos encontraremos, traviesas fusibles, escudos con forma de panel de abeja, partes deformables de la estructura, alojamientos deformables en enganche automático y los más recientes topes deformables de absorción de impactos que vimos anteriormente.

El sistema de traviesa fusible, consiste en una construcción de acero sobre la que se sujetan los topes. En caso de fuerte impacto se produce la deformación de la traviesa. Es fácilmente sustituible al ir sujeta por dos puntos sobre el testero del bastidor, este sistema se suele instalar en locomotoras con enganche convencional.



Figura. 5-33. Vehículo con traviesa fusible

El dispositivo de escudo en forma de panel de abeja va montado sobre el testero de vehículo.

Consiste en un bloque de aluminio, con la típica forma hexagonal en su entramado, que le da su nombre.

En caso de impacto, si el mecanismo del enganche y su espacio de deformación, no consiguen absorber la energía, se entra en contacto con el escudo en forma de panel de abeja, evitando dentro de unos límites, la deformación de la cabina y de la estructura.

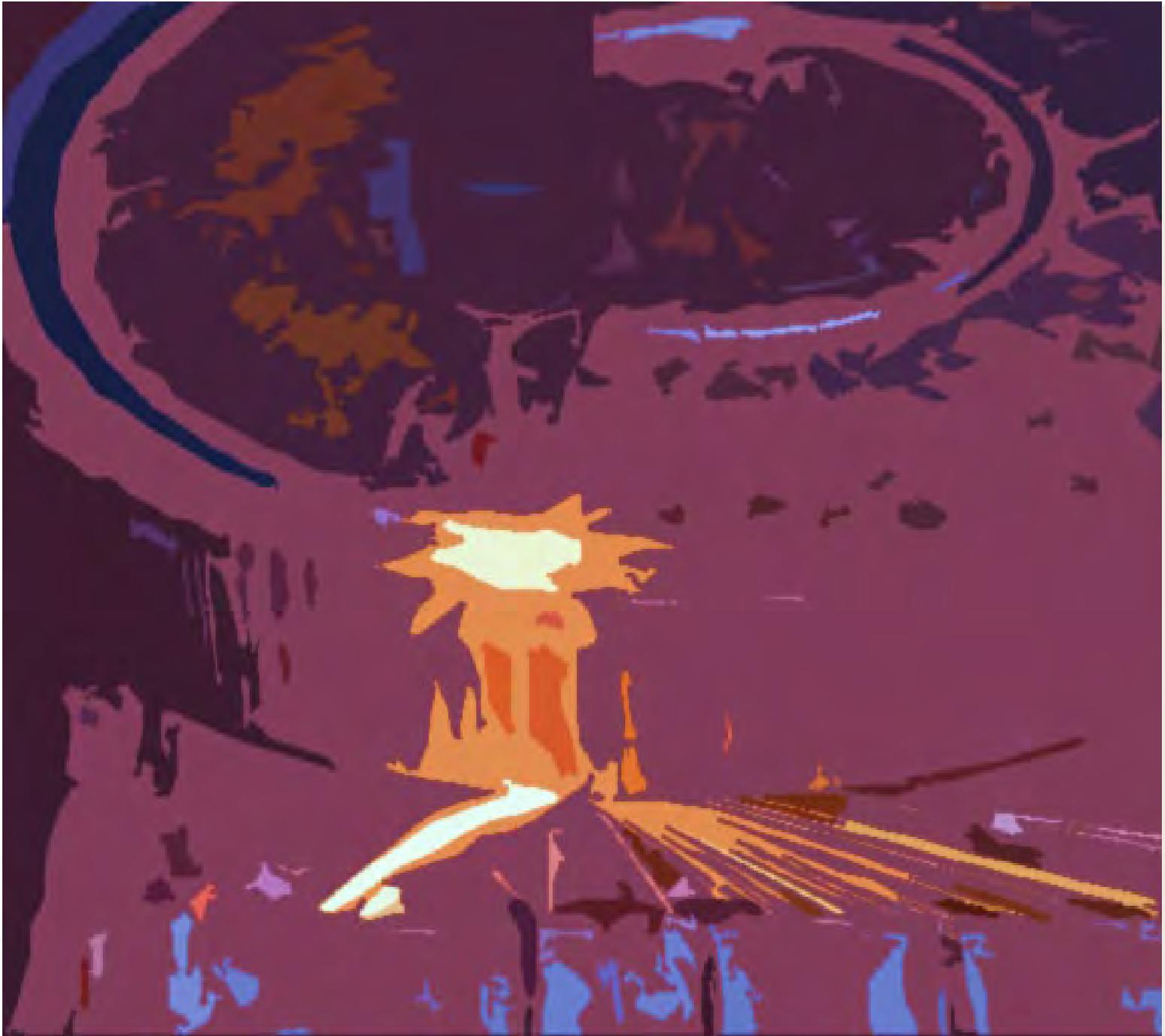


Figura. 5-34 Escudo panel de abeja

En determinados vehículos el sistema de absorción de impactos, lo componen partes deformables de la propia estructura, sujetas al extremo del bastidor. Están construidas en acero con un alto límite elástico, con forma de tronco piramidal, y que como en el caso anterior, deben actuar tras la deformación del enganche.



Figura. 5-35 Sistema de absorción de impactos en estructura



renfe

Fabricación y Mantenimiento S.A.
Gerencia de Área de Organización y RR HH.
Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

OXICORTE

FTV-Básico

Edición 1

Autor: Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Operadora.
Edita: © Renfe Operadora.
Edición 1. Febrero 2019
Fabricación y Mantenimiento S.A.
Gerencia de Área de Organización y Recursos Humanos.

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL AUTOR.

ÍNDICE

1	HISTORIA DEL OXICORTE.....	7
2	INTRODUCCIÓN AL OXICORTE.	9
2.1	CARACTERÍSTICAS DEL OXICORTE.....	9
2.2	ETAPAS DEL OXICORTE.	9
3	ELEMENTOS QUE COMPONEN EL EQUIPO DE OXICORTE.....	11
3.1	SOPLETE Y SOPLETA PARA CORTE.	11
3.2	BOQUILLAS DE CORTE.....	13
3.3	MANGUERAS.	13
3.4	MANORREDUCTORAS.....	14
3.5	VALVULAS ANTIRRETROCESO.	15
3.6	BOMBONAS (PROBLEMAS MÁS COMUNES Y PRECAUCIONES).....	16
3.6.1	Precauciones.....	16
4	EPIS	17
5	PASOS PARA ARMAR UN EQUIPO.	19
6	PASOS PARA ENCENDER EL EQUIPO.	21
7	GASES UTILIZADOS.....	23
8	TIPOS DE LLAMA EN EL OXICORTE.	24
8.1	PRESIONES DE CORTE.	25
8.2	VELOCIDAD DE CORTE.....	26
9	NORMAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE EQUIPOS DE OXICORTE.	27
9.1	NORMAS DE SEGURIDAD FRENTE A INCENDIOS/EXPLOSIONES EN TRABAJOS DE SOLDADURA	27
9.1.1	Riesgos y factores de riesgo.....	27
9.1.2	Almacenamiento y manipulación de botellas.....	27
9.1.3	Normas de seguridad generales	28
9.1.4	Normas de seguridad específicas.....	28

Este libro ha sido elaborado por la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Es propiedad de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización expresa del propietario.

1 HISTORIA DEL OXICORTE.

La técnica de corte **oxicorte** es una técnica auxiliar de principios del siglo XX (desarrollada desde 1903) que se continua utilizando hoy día en innumerables aplicaciones industriales.

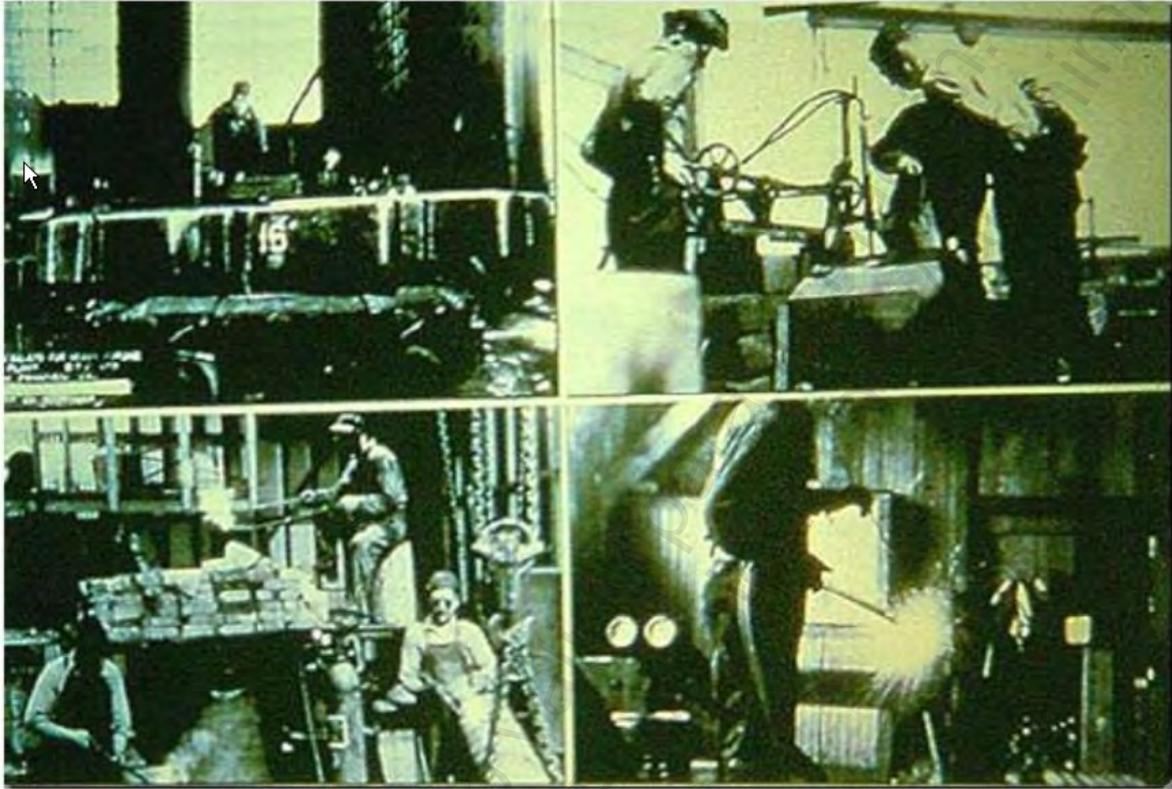


Figura. 1-1 Imágenes de principio de siglo XX

Se usa para preparar los bordes de las piezas a soldar cuando son de espesor considerable y para realizar corte de tuberías, barras de acero al carbono y otros elementos ferrosos en reparaciones, teniendo buena aplicación en aceros al carbono y aceros de baja aleación.

Con más de 100 años de experiencia en el manejo de gases de alta presión, la gama de productos ha crecido siguiendo las crecientes aplicaciones dadas a los gases.

La cartera de productos de hoy, abarca una gran variedad de aplicaciones, desde los reguladores de cilindro sencillo y sopletes de soldadura y corte hasta sistemas sofisticados de suministro de gas, para aplicaciones medicinales o la industria electrónica.

La evolución nos ofrece otras técnicas de corte de materiales con más precisión, aplicando menos temperatura y abarcando a materiales férricos y no férricos, como por ejemplo la utilización del Plasma.

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

2 INTRODUCCIÓN AL OXICORTE.

El **oxicorte** es un **proceso de corte** que combina calor y oxígeno para cortar los materiales. La pieza se calienta en primer lugar y después es cortada por una corriente de oxígeno. Se utiliza antes de **realizar la soldadura de piezas de cierto espesor**. Existen **máquinas de oxicortes CNC, muy versátiles** y con capacidad para cortar una gran variedad de tamaños. Estas están pensadas sobre todo para **grandes líneas de producción**. También las hay para pequeños talleres y carpinterías metálicas.

OXICORTE



Figura. 2-1 Proceso de Oxicorte

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL OXICORTE.

Está compuesto por **tanques o cilindros** con los gases comprimidos a muy alta presión y muy inflamables. Este material requiere de la **Norma del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo** en el transporte y su **almacenaje**. Este equipo también contiene sus manorreductores y válvulas antirretrocesos, dejando que los gases fluyan en un solo sentido, y como no las respectivas mangueras para conducir los gases. A partir de ahí se puede dividir en dos equipos:

- **Manual**, muy similar al equipo de soldadura oxiacetilénica. La boquilla del soplete cortador tiene una disposición especial de tal forma que permite canalizar el oxígeno por un lado y la mezcla (oxígeno acetileno) por el otro.
- **Automático**, donde hay una mesa de trabajo donde colocar la plancha de acero y un pórtico de donde pende la boquilla que puede desplazarse a lo largo de ella. Se pueden hacer cortes de gran precisión y calidad, dado que la inclinación y altura de la boquilla de corte respecto a la lámina se mantiene constante en todo el recorrido. Además, se pueden emplear para otro tipo de cortes como por ejemplo el plasma o el láser.

2.2 ETAPAS DEL OXICORTE.

El oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900 °C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos.

En este proceso se utiliza un gas combustible cualquiera (acetileno, hidrógeno, propano, hulla, tetreno o crileno), cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizarse oxígeno a fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte.

Bien sea en una única cabeza o por separado, todo soplete cortador requiere de dos conductos: uno por el que circule el gas de la llama calefactora (acetileno u otro) y uno para el corte (oxígeno). El soplete de oxicorte calienta el acero con su llama carburante, y a la apertura de la válvula de oxígeno provoca una reacción con el hierro de la zona afectada que lo transforma en óxido férrico (Fe_2O_3), que se derrite en forma de chispas al ser su temperatura de fusión inferior a la del acero.

3 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL EQUIPO DE OXICORTE.

Además de las dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de oxicorte son los manorreductores, el soplete, las válvulas antirretceso y las mangueras.

El equipo básico para cortar es similar al que se utiliza para soldadura oxiacetilénica, y se compone de los siguientes dispositivos:

- Soplete y soplete para corte.
- Boquillas para corte.
- Mangueras y Manómetros.
- Manorreductores.
- Válvulas anti retroceso.
- Bombonas.

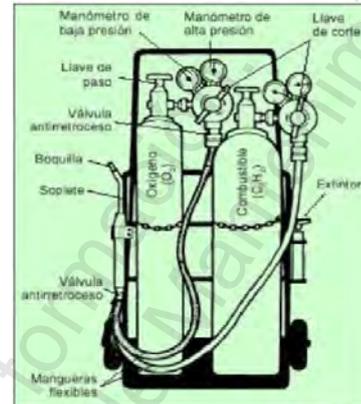


Figura. 3-1 Equipo portátil de oxicorte.

3.1 SOPLETE Y SOPLETA PARA CORTE.

El soplete es el elemento de la instalación que efectúa la mezcla de gases. Las partes principales del soplete son las dos conexiones con las mangueras, dos llaves de regulación, el inyector, la cámara de mezcla y la boquilla.

Algunos tipos de sopletes manuales cortadores, atendiendo a distintas cabezas, longitudes y ángulos.

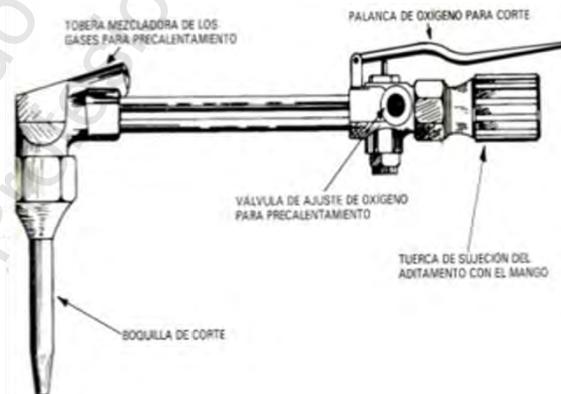


Figura. 3-2 Sopletes para corte.

El soplete de corte juega tres papeles distintos:

- Llevar el Fe contenido en el acero a su temperatura de ignición.
- Aportar una atmósfera envolvente con una proporción mayor que la mínima necesaria en O₂.
- Generar el agente iniciador.

Para lo primero el soplete de corte utiliza parte del O₂ disponible para mezclarlo con el gas combustible y así crear la llama de precalentamiento formada por un anillo de llamas en la boquilla de corte. La llama de precalentamiento puede alcanzar temperaturas entre 2.425°C y 3.320°C dependiendo del tipo de gas utilizado y la riqueza de O₂ en la mezcla.

La proporción de O₂ y gas en la mezcla para el precalentamiento se controla a través de las dos válvulas que incorpora el soplete. Con la llama de precalentamiento bien ajustada, se acerca ésta a la pieza a cortar hasta que se alcanza la temperatura de ignición. Una vez alcanzada ésta, el metal se torna en un color naranja brillante y pueden verse algunas chispas saltar de la superficie.

El soplete controla las características de la llama y maneja la misma durante la operación, su potencia se mide en litros/hora y expresa el consumo de gas combustible.

En el soplete se pueden distinguir las siguientes partes:

- **Válvulas de entrada de gas.** Permiten regula caudal, velocidad, presión y proporción entre el gas combustible y el oxígeno.
- **Cámara de mezcla.** En esta cámara se realiza la mezcla íntima de combustible y comburente.

Existen dos tipos:

- **De sobrepresión.** El oxígeno y el gas están a la misma presión, van a la misma velocidad.
- **De inyección.** El gas combustible a baja presión es aspirado por la corriente de oxígeno de alta velocidad.
- **Boquillas.** Toberas intercambiables que se ajustan en la parte final o lanza del soplete y controlan el flujo de gas por medio del diámetro del orificio de salida

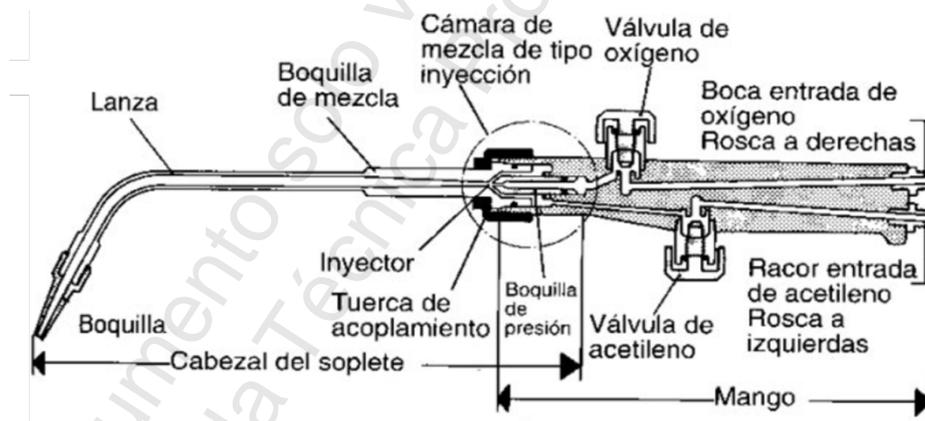


Figura. 3-3 Partes del soplete.

Retorno de llama.

En caso de retorno de la llama se deben seguir los siguientes pasos:

- Cerrar la llave de paso del oxígeno interrumpiendo la alimentación a la llama interna.
- Cerrar la llave de paso del acetileno y después las llaves de alimentación de ambas botellas.

En ningún caso se deben doblar las mangueras para interrumpir el paso del gas, en el caso de interrupciones del gas, efectuar las comprobaciones pertinentes para averiguar las causas y proceder a solucionarlas.

3.2 BOQUILLAS DE CORTE.

Están hechas con un anillo de agujeros o aberturas que rodean al agujero del oxígeno para corte.

Cada uno de estos agujeros produce y suministra una flama de precalentamiento.

Si se cambia la boquilla para que vaya de acuerdo con el espesor del metal, se puede cortar casi cualquier espesor.

Precauciones.

Se deberá limpiar la boquilla con los escariadores adecuados, eliminando cualquier tipo de adherencia.

Se deben mantener limpias y en buen estado las roscas y las superficies de cierre para evitar fugas y retrocesos.

Es importante seleccionar el caudal adecuado para cada tipo de boquilla, perdiendo efectividad si no fuera adecuada, pudiendo producirse retroceso de llama.

Las boquillas determinan con que tipo de gas combustible trabaja el soplete, en la figura podemos ver boquillas para Acetileno y boquillas para Propano.

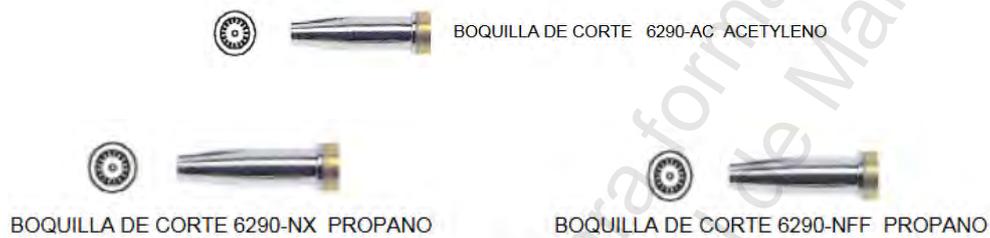


Figura. 3-4 Boquillas de Acetileno y Propano.

Las partículas de metal que se adhieren en la punta de la boquilla y obstruyen los orificios son la principal causa de los problemas para el corte. Esto disminuirá la velocidad de corte.



Figura. 3-5 Boquillas para soplete CS 300.

3.3 MANGUERAS.

Son tubos flexibles de goma, por cuyo interior se transporta el gas desde los cilindros o bombonas hasta el soplete. (Presentan alta resistencia al corte y la abrasión)

Los diámetros interiores son:

De 4 a 9 mm para el oxígeno. (4,5 a 5,5 mm de espesor)

De 6 a 11mm para el gas combustible (2,5mm de espesor)

Se pueden usar las mismas mangueras que para la soldadura.

Cuando se van a cortar piezas gruesas o de gran tamaño se requiere una manguera de mayor diámetro a fin de tener un suministro adecuado de gas.

Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.

Las mangueras deben conectarse a las botellas correctamente sabiendo que las de oxígeno son de color azul y las de acetileno de color rojo, teniendo estas últimas un diámetro mayor que las primeras.

Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos o caigan sobre ellas chispas procurando que no formen bucles.

Las mangueras no deben atravesar vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidas con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.

Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe comprobar que no existen pérdidas en las conexiones de las mangueras utilizando agua jabonosa, por ejemplo. Nunca utilizar una llama para efectuar la comprobación.

No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.



Color de la manguera	Gas utilizado
Rojo	Acetileno
Azul	Oxígeno
Naranja	LPG y Gas Natural

Las mangueras no deben dejarse enrolladas sobre las ojivas de las botellas.

Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños. En caso afirmativo se deben sustituir por unas nuevas desechando las deterioradas.

Hay que tener en cuenta que las mangueras tienen fecha de caducidad que no deberá excederse en ningún caso.

3.4 MANORREDUCTORAS.

Son las encargadas de suministrar el gas comprimido de las bombonas a la presión y velocidad de trabajo. Deben garantizar que la presión de trabajo permanece invariable durante su funcionamiento a pesar de la disminución de la presión interna producto del consumo.



Figura. 3-7 Manorreductoras de Oxígeno y Acetileno.

Son reguladores que reducen la presión del depósito a una presión de trabajo más baja y segura, que permite una circulación continua y uniforme del gas.

Los manorreductores pueden ser de uno o dos grados de reducción en función del tipo de palanca o membrana. La función que desarrollan es la transformación de la presión de la botella de gas (150 atm) a la presión de trabajo (de 0,1 a 10 atm) de una forma constante. Están situados entre las botellas y los sopletes.

Partes que componen las manorreductoras:

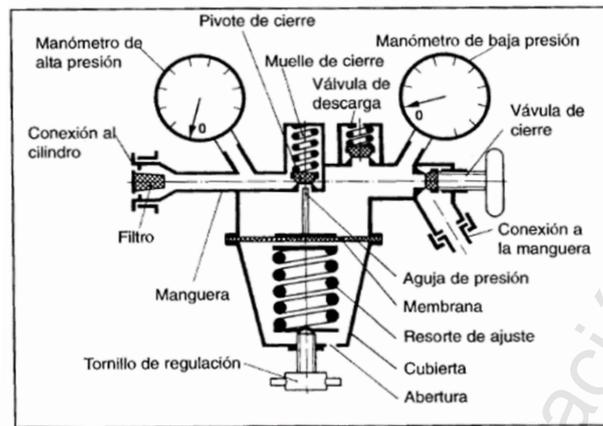


Figura. 3-8 Elementos que forman las manorreductoras.

Características de los reguladores normalizados.

El diámetro de los manómetros es de 50 ó 63 mm y están marcados con las siglas del fabricante y la medida de presión, así como con el símbolo de la aceitera tachada para el oxígeno o la "A" para el acetileno.

El volante de regulación no se sale, aunque esté completamente abierto.

Válvula de seguridad o dispositivo de sobrepresión obligatoria para oxígeno y recomendable para acetileno.

En el cuerpo del regulador figuran de manera indeleble los datos del fabricante, la clase y el gas del regulador, la presión nominal de alimentación y el número de la norma.

3.5 VALVULAS ANTIRRETROCESO.

Las válvulas antirretroceso son dispositivos de seguridad instalados en las conducciones y que sólo permiten el paso de gas en un sentido.

Cuando se produce un retroceso de llama, esta se introduce en el soplete o incluso puede llegar, a través de las mangueras, a los cilindros de gas y provocar su explosión, si no fuera por estas válvulas.

En la propia válvula es común encontrar flechas indicativas del sentido del gas.



Figura. 3-9 Válvulas antirretorno.

Estas Válvulas previenen:

- La entrada de oxígeno o de aire en el conducto y cilindro que suministra el acetileno.
- Un retroceso de llama dentro del soplete, mangueras, tuberías, cilindros o depósitos.
- El suministro durante y después de un retroceso de llama. Si el retroceso de llama ha sido muy leve, en algunos casos no se corta el suministro.
- Se corta cuando la temperatura ha aumentado hasta 90 o 100°C.

Estas válvulas deben disponer de los siguientes elementos de seguridad:

- Válvula antirretroceso que permite el paso del gas en un solo sentido.
- Sinterizado microporoso que apague la llama en retroceso.
- Válvula de corte térmico que cierra al detectar un aumento de temperatura.

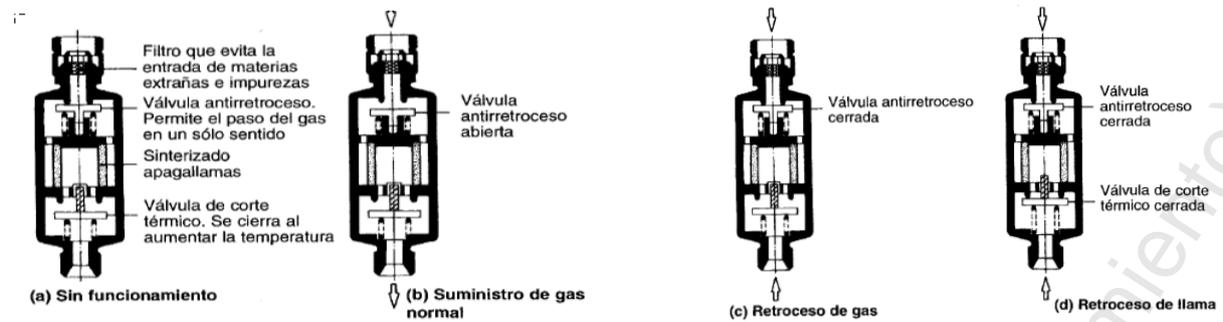


Figura. 3-10 Elementos que forman las manorreductoras.

En España existe la Norma antirretroceso de llama", del Seguridad e Higiene en el Trabajo donde se exponen los puntos básicos del fenómeno del retroceso de llama, método práctico para evitarlo y dispositivos asociados al propiamente llamado antirretroceso de llama de forma que se disponga de unos criterios para una buena elección y emplazamiento de este aparato.

NTP 132: "Válvulas Instituto Nacional de

3.6 BOMBONAS (PROBLEMAS MÁS COMUNES Y PRECAUCIONES)

En la mayoría de los talleres los gases utilizados en soldadura y oxicorte se almacenan en botellas o cilindros. Facilitan el transporte y conservación de los gases comprimidos. Están diseñadas para gases específicos, no siendo intercambiables.



Figura. 3-11 Bombonas.

Uno de los problemas más alojamiento de cuerpos roscas dañadas por mal uso o golpes, impidiendo el asentamiento correcto permitiendo fugas de gas.

comunes suele ser el extraños en las roscas o

3.6.1 Precauciones

Los cilindros de oxígeno, gracias a su construcción, pueden soportar presiones de 150 bares (2200 psi)

- Sus roscas cierran a la derecha al contrario que el acetileno y el propano.
- Se debe tener especial cuidado al manejar estos depósitos.
- No se debe martillar o golpear contra ellos.
- No dejar en posición vertical salvo que este bien sujeto a un objeto estacionario.
- Debido a la alta presión que soportan, no se debe parar directamente frente a la descarga cuando este abriendo la válvula.
- No se debe almacenar en ambientes presurizados superiores a más de 1 bar (15 psi) por peligro de explosión.
- Las caperuzas de protección deberán estar siempre puestas durante el transporte

Algunos depósitos disponen de protectores de válvula fijos en lugar de caperuza

4 EPIs

Equipos de protección individual

El equipo obligatorio de protección individual, se compone de:

- Polainas de cuero
- Calzado de seguridad
- Yelmo de soldador (Casco y careta de protección)
- Pantalla de protección de sustentación manual
- Guantes de cuero de manga larga
- Manguitos de cuero
- Mandil de cuero
- Casco de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera
- Mascarillas, aconsejables las de carbono activo.



Figura. 4-1 Bombonas.

Además, el operario no debe trabajar con la ropa manchada de grasa, disolventes o cualquier otra sustancia inflamable. Cuando se trabaja en altura y sea necesario utilizar cinturón de seguridad, éste se deberá proteger para evitar que las chipas lo puedan quemar.

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

5 PASOS PARA ARMAR UN EQUIPO.

Los pasos a seguir para el armado de un equipo serian:

1º Amarrar los cilindros con una cadena a un objeto seguro manteniendo los depósitos en posición vertical.

2º Quitar las tapas protectoras de las válvulas.

3º Abrir un poco y cerrar con rapidez para quitar el polvo de la salida del regulador.

En ocasiones las válvulas se pegan siendo difícil girarlas. Empujar hacia abajo y gírela en el sentido de apertura.

4º Mantener el depósito alejado de cualquier flama o llama, Situarse al lado opuesto de la descarga de oxígeno.

5º En el Depósito. Examinar las conexiones para ver que no están dañadas.

Comprobar que las roscas del depósito y el regulador no están dañados. (utilizar la herramienta adecuada para el apriete)

Para el Oxígeno la manga es azul y rosca a derechas.

Para el Acetileno o Propano la manga es roja y rosca a izquierdas. (Nunca forzar).

6º En el soplete.

Examinar las conexiones para ver que no están dañadas.

Conectar las mangas adecuadamente en las entradas del soplete (Oxígeno y Acetileno o Propano).

Para el Oxígeno la manga es azul y rosca a derechas.

Para el Acetileno o Propano la manga es roja y rosca a izquierdas.

7º Abrir lentamente las válvulas de los depósitos de oxígeno y gas (acetileno o propano)

Abrir por completo la válvula de Oxígeno.

Abrir 1,5 vueltas el acetileno.

8º Gire hacia dentro (apriete) los tornillos ajustadores de presión uno cada vez hasta que los manómetros indiquen la presión deseada.

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

6 PASOS PARA ENCENDER EL EQUIPO.

Los pasos a seguir para encender el equipo habiéndolo armado previamente son los siguientes:

1. Comprobar que el equipo está bien armado.
2. Comprobar que las válvulas del soplete están cerradas
3. Graduar los manómetros a la presión correcta.
4. Abra $\frac{1}{4}$ de vuelta la válvula de acetileno del soplete y encienda el gas con un encendedor de fricción.
5. Abrir por completo la válvula de propano o acetileno en el soplete.
6. Abrir lentamente la válvula de oxígeno del soplete hasta tener una llama neutra.
7. Para extinguir la flama suelte la palanca de corte, cierre primero la válvula del acetileno en el soplete y luego, la válvula del oxígeno en el soplete.



Figura. 6-1 Encendido de equipo oxicorte

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

7 GASES UTILIZADOS.

Se pueden distinguir dos tipos de gases utilizados

Gas Comburente. (Incoloro, inodoro e insípido)

En sí mismo no es combustible, al desprender oxígeno favorecen y provocan la combustión de otros materiales, con los que entren en contacto.

Se emplea el oxígeno, ya que si se utilizara aire, las temperaturas alcanzadas serían del orden de 800 a 1000 °C

Gas Combustible.

Se podría emplear hidrogeno, gas natural, propano o cualquier otro gas combustible como butano, propileno sin embargo se prefiere el uso del ACETILENO. Por su aporte calorífico.

El acetileno es diferente a otros combustibles:

- Para soldar o brazing es mucho más conveniente que el gas Propano LPG.
- No es conveniente para calentar con multillama.
- Se vuelve inestable a más de 15 psi.
- Está disuelto en acetona para transportarlo hasta 300 psi.

Un acumulador por lo general consta de:

- Relleno poroso 10% (calcium - silicate)
- Acetona : 42%
- Acetileno : 36%
- Reserva : 12%

El propano.

Las mezclas de propano con el aire pueden ser explosivas. La llama del propano, al igual que la de los demás gases combustibles, debe de ser completamente azul.

Cualquier parte amarillenta, anaranjada o rojiza de la misma, denota una mala combustión.

Para trabajar como gas propano para el oxicorte se necesitan grandes cantidades de oxígeno.

En la gráfica se puede observar el rendimiento calórico aportado por el acetileno comparándolo con otros gases como son el propano y el gas natural.



Figura. 7-1 Acetileno



Figura. 7-2 Propano

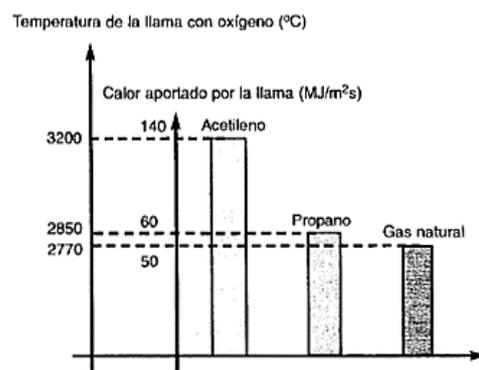


Figura. 7-3 Gráfica de rendimiento calórico

Influencia de la naturaleza del combustible sobre la operación del oxicorte

<i>Combustible</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
<i>Acetileno</i>	<i>Poder calorífico elevado, gran temperatura de calefacción, por tanto: cebado rápido, velocidad de corte elevada, llama de calefacción económica, flexibilidad de la llama, regulación fácil. Profundidad de corte hasta 700mm</i>	<i>Gran concentración del calor que puede generar una fusión de frenado y retraso del corte. Presencia obstructora del CO, es necesario un ligero exceso de oxígeno. Para grandes consumos, necesidad de acetileno disuelto, precio más elevado.</i>
<i>Hidrógeno</i>	<i>Llama de calefacción oxidante, ventajosa para los cortes de gran espesor de 500 a 1000 mm. Preferible para el corte bajo el agua.</i>	<i>Pequeño poder calorífico, precio de coste elevado del H₂, aprovisionamiento difícil, costosa regulación de la llama.</i>
<i>Gas de ciudad Gas de horno cok</i>	<i>Económico en la proximidad de fábricas productoras.</i>	<i>Pequeño poder calorífico, dificultad de obtener grandes consumos. Aprovisionamiento difícil, espesor de corte limitado.</i>
<i>Propano Butano</i>	<i>Poder calorífico muy elevado. Ventajas en los lugares de difícil aprovechamiento. Transporte de una gran cantidad de calorías en pequeño volumen. Llama de calefacción oxidante, poco CO.</i>	<i>Dificultad de empleo para grandes consumos debido a su pequeña tensión de vapor.</i>
<i>Bencina</i>	<i>Ninguna ventaja particular.</i>	<i>Pequeño poder calorífico. Dificultad de evaporación y de regulación de llama. Combustible peligroso.</i>

Figura. 7-4 Ventajas e inconvenientes según combustible

8 TIPOS DE LLAMA EN EL OXICORTE.

En los sopletes de la soldadura autógena se pueden obtener tres tipos de llama, que son

Carburante. Posee mayor cantidad de gas combustible. Se utiliza en el corte de chapas con espesores delgados.

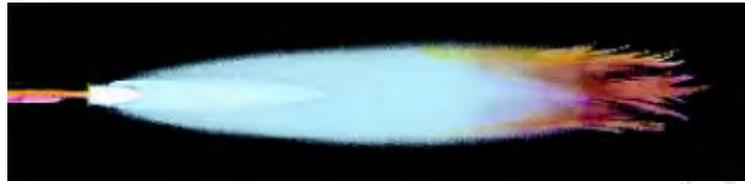
Llama Carburante

Figura. 8-1 Llama Carburante.

Neutra: Caracterizada por su balanceada proporción de gas combustible y oxígeno. Utilizada para la mayoría de las aplicaciones en oxicorte.

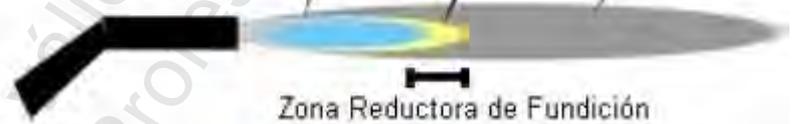
**Llama Neutra**

Figura. 8-2 Llama Neutra.

Oxidante: Posee mayor cantidad de oxígeno. Utilizada normalmente para precalentado forzado, corte en chaflán (biselado) y cortes de alta velocidad y baja calidad

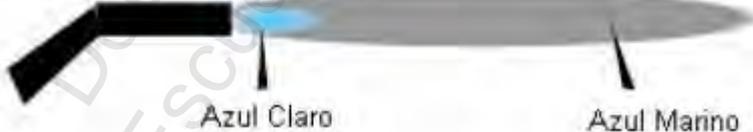
Llama Oxidante

Figura. 8-3 Llama Oxidante.

8.1 PRESIONES DE CORTE.

Cada soplete está provisto de un juego de boquillas intercambiables, de distintos tamaños, que permiten el corte de distintos espesores. Las presiones de trabajo dependen del tipo de soplete y del tamaño de la boquilla, la cual se elige de acuerdo con el espesor a cortar.

BOQUILLA N.º	ESPESOR A CORTAR (mm)	PRESION DE ACETILENO (Kg/cm²)	PRESION DE OXIGENO (Kg/cm²)
0	6	0,2	2
1	10	0,2	2
1	12	0,2	3
2	20	0,2	3
2	25	0,2	3,5
3	40	0,2	3,5
4	50	0,2	3,5
5	75	0,3	3,5
5	100	0,3	4,2
6	125	0,35	4,5
6	150	0,35	4,5
7	200	0,42	5
7	250	0,42	5

Figura. 8-4 Presiones de Corte.

En la tabla a modo orientativo se dan las presiones del oxígeno y el acetileno para distintos espesores y boquillas. A la hora de elegir las presiones del oxígeno y el acetileno hay que tener en cuenta las recomendaciones del fabricante del soplete. En cuanto a la presión del oxígeno, solo debe tomarse como orientación, teniendo que ajustarse en cada caso a las exigencias propias del trabajo a realizar. Por ejemplo, los aceros con una capa superficial de óxidos muy gruesa, pueden exigir mayor presión de oxígeno de lo habitual.

8.2 VELOCIDAD DE CORTE.

El efecto que tiene la velocidad con que se pasa el soplete de manera manual sobre el material.

Si se pasa demasiado rápido, el material simplemente no termina por cortar totalmente,
 Si se pasa muy lento el acabado de la pared de corte es muy burdo,

Por tanto, el operador debe de desarrollar la habilidad para pasar el soplete a una velocidad adecuada.



Figura. 8-5 Velocidad de Corte.

9 NORMAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE EQUIPOS DE OXICORTE.

Un equipo de oxicorte está compuesto por dos bombonas de acero de dos gases comprimidos a muy alta presión y muy inflamables que son el oxígeno y el acetileno. A pesar de las medidas de seguridad que se adoptan, se producen accidentes por no seguir las normas de seguridad relacionadas con el mantenimiento, transporte y almacenaje de los equipos de oxicorte.

En España existe la Norma NTP 495 (derogada) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, donde se establecen de forma pormenorizada las prevenciones de seguridad que se deben de adoptar con los equipos de oxicorte y soldadura oxiacetilénica. La mayor peligrosidad del oxicorte radica en que la llama de la boquilla puede superar una temperatura de 3100 °C, con el consiguiente, explosión o de sufrir alguna quemadura.

9.1 NORMAS DE SEGURIDAD FRENTE A INCENDIOS/EXPLOSIONES EN TRABAJOS DE SOLDADURA

A continuación, se relacionan una serie de recomendaciones de seguridad informando (art. 18 LPRL) de los peligros asociados a este tipo de actividades, así como la forma de reducir los riesgos e incluso evitarlos (art. 15 LPRL).

Los riesgos de incendio y/o explosión se pueden prevenir aplicando una serie de normas de seguridad de tipo general y otras específicas que hacen referencia a la utilización de las botellas, las mangueras y el soplete. Por otra parte, se exponen normas a seguir en caso de retorno de la llama.

9.1.1 Riesgos y factores de riesgo

Incendio y/o explosión durante los procesos de encendido y apagado, por utilización incorrecta del soplete, montaje incorrecto o estar en mal estado

También se pueden producir por retorno de la llama o por falta de orden o limpieza.

Exposiciones a radiaciones en las bandas de UV visible e IR del espectro en dosis importantes y con distintas intensidades energéticas, nocivas para los ojos, procedentes del soplete y del metal incandescente del arco de soldadura.

Quemaduras por salpicaduras de metal incandescente y contactos con los objetos calientes que se están soldando.

Proyecciones de partículas de piezas trabajadas en diversas partes del cuerpo.

Exposición a humos y gases de soldadura, por factores de riesgo diversos, generalmente por sistemas de extracción localizada inexistentes o ineficientes.

9.1.2 Almacenamiento y manipulación de botellas

Incendio y/o explosión por fugas o sobrecalentamientos incontrolados.

Atrapamientos diversos en manipulación de botellas.

9.1.3 Normas de seguridad generales

Se prohíben los trabajos de soldadura y corte, en locales donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.

Para trabajar en **recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables**, se debe **limpiar con agua caliente y desgasificar con vapor de agua**, por ejemplo. Además, se comprobará con la ayuda de un medidor de atmósferas peligrosas (explosímetro), la ausencia total de gases.

Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.

No utilizar el oxígeno para limpiar o soplar piezas o tuberías, etc., o para ventilar una estancia, pues el exceso de oxígeno incrementa el riesgo de incendio.

Los grifos y los manorreductores de las botellas de oxígeno deben estar siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo. Las grasas pueden inflamarse espontáneamente por acción del oxígeno.

Si una botella de acetileno se calienta por cualquier motivo, puede explosionar; cuando se detecte esta circunstancia se debe cerrar el grifo y enfriarla con agua, si es preciso durante horas.

Si se incendia el grifo de una botella de acetileno, se tratará de cerrarlo, y si no se consigue, se apagará con un extintor de nieve carbónica o de polvo.

Después de un retroceso de llama o de un incendio del grifo de una botella de acetileno, debe comprobarse que la botella no se calienta sola.

9.1.4 Normas de seguridad específicas

9.1.4.1 Utilización de botellas

Las botellas deben estar perfectamente identificadas en todo momento, en caso contrario deben inutilizarse y devolverse al proveedor.

Todos los equipos, canalizaciones y accesorios deben ser los adecuados a la presión y gas a utilizar.

Las botellas de acetileno llenas se deben mantener en posición vertical, al menos 12 horas antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas, se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, pero en ningún caso a menos de 50 cm del suelo.

Los grifos de las botellas de oxígeno y acetileno deben situarse de forma que sus bocas de salida apunten en direcciones opuestas.

Las botellas en servicio deben estar libres de objetos que las cubran total o parcialmente.

Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.

Antes de empezar una botella comprobar que el manómetro marca "cero" con el grifo cerrado.

Si el grifo de una botella se atasca, no se debe forzar la botella, se debe devolver al suministrador marcando convenientemente la deficiencia detectada.

Antes de colocar el manorreductor, debe purgarse el grifo de la botella de oxígeno, abriendo un cuarto de vuelta y cerrando a la mayor brevedad.

Colocar el manorreductor con el grifo de expansión totalmente abierto; después de colocarlo se debe comprobar que no existen fugas utilizando agua jabonosa, pero nunca con llama. Si se detectan fugas se debe proceder a su reparación inmediatamente.

Abrir el grifo de la botella lentamente; en caso contrario el reductor de presión podría quemarse.

Las botellas no deben consumirse completamente pues podría entrar aire. Se debe conservar siempre una ligera sobrepresión en su interior.

Cerrar los grifos de las botellas después de cada sesión de trabajo. Después de cerrar el grifo de la botella se debe descargar siempre el manorreductor, las mangueras y el soplete.

La llave de cierre debe estar sujeta a cada botella en servicio, para cerrarla en caso de incendio. Un buen sistema es atarla al manorreductor.

Las averías en los grifos de las botellas deben ser solucionadas por el suministrador, evitando en todo caso el desmontarlos.

No sustituir las juntas de fibra por otras de goma o cuero.

Si como consecuencia de estar sometidas a bajas temperaturas se hiela el manorreductor de alguna botella utilizar paños de agua caliente para deshelarlas.

9.1.4.2 Mangueras

Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.

Las mangueras deben conectarse a las botellas correctamente sabiendo que las de oxígeno son de color azul y las de acetileno de color rojo, teniendo estas últimas un diámetro mayor que las primeras.

Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos o caigan sobre ellas chispas procurando que no formen bucles.

Las mangueras no deben atravesar vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidas con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.

Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe comprobar que no existen pérdidas en las conexiones de las mangueras utilizando agua jabonosa, por ejemplo. Nunca utilizar una llama para efectuar la comprobación

No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.

Las mangueras no deben dejarse enrolladas sobre las ojivas de las botellas.

Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños. En caso afirmativo se deben sustituir por unas nuevas desechando las deterioradas.

9.1.4.3 Soplete

El soplete debe manejarse con cuidado y en ningún caso se golpeará con él.

En la operación de encendido debería seguirse la siguiente secuencia de actuación:

- a. Abrir la válvula del soplete correspondiente al acetileno alrededor de 3/4 de vuelta.
- b. Abrir lentamente y ligeramente la válvula del soplete correspondiente al oxígeno.
- c. Encender la mezcla con un encendedor o llama piloto.
- d. Aumentar la entrada del combustible hasta que la llama no despida humo.
- e. Acabar de abrir el oxígeno según necesidades.
- f. Verificar el manorreductor.

En la operación de apagado debería cerrarse primero la válvula del acetileno y después la del oxígeno.

No colgar nunca el soplete en las botellas, ni siquiera apagado.

No depositar los sopletes conectados a las botellas en recipientes cerrados.

La reparación de los sopletes la deben hacer técnicos especializados.

Limpiar periódicamente las toberas del soplete pues la suciedad acumulada facilita el retorno de la llama.

Para limpiar las toberas se puede utilizar una aguja de latón.

Si el soplete tiene fugas se debe dejar de utilizar inmediatamente y proceder a su reparación. Hay que tener en cuenta que fugas de oxígeno en locales cerrados pueden ser muy peligrosas.

9.1.4.4 Retorno de llama

En caso de retorno de la llama se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Cerrar la llave de paso del oxígeno interrumpiendo la alimentación a la llama interna.
- b. Cerrar la llave de paso del acetileno y después las llaves de alimentación de ambas botellas.

En ningún caso se deben doblar las mangueras para interrumpir el paso del gas.

Efectuar las comprobaciones pertinentes para averiguar las causas y proceder a solucionarlas

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)



renfe

Fabricación y Mantenimiento S.A.
Gerencia de Área de Organización y RR HH.
Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento.

DEFECTOS DE RUEDAS

DEFECTOS DE RUEDAS

Edición 1ª febrero 2019

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL AUTOR.

ÍNDICE

1.	DEFECTOS EN RUEDAS	3
1.1	ESFUERZOS QUE SE EXIGEN A LAS RUEDAS	3
1.2	FISURAS.	4
1.3	FATIGA	5
1.3.1	Fatiga Superficial	6
1.3.2	Fatiga Subsuperficial.....	6
1.3.3	Fatiga debida a inclusiones profundas en el material.	7
1.1	ZONAS DE CONTACTO SUJETAS A FATIGA.	8
1.1.1	Zonas de fatiga al circular en curva.....	9
1.1.2	Zonas de fatiga al circular en recta.	10
1.2	VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LAS GRIETAS O FISURAS.	10
1.3	CAUSAS DE LOS DAÑOS EN RUEDAS.	10
1.4	CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS EN RUEDAS.	12
1.4.1	Clasificación de defectos en ruedas (Pestañas)	12
1.4.2	Clasificación de defectos en ruedas (Rodadura-Anomalías de servicio).....	15
1.4.3	Clasificación de defectos en ruedas. (Rodadura-Fisuras).....	19
1.4.4	Clasificación de defectos en ruedas. (Rodadura- Alteraciones Volumétricas del Material).....	21
1.4.5	Clasificación de defectos en ruedas. (Rodadura-Alteraciones Geométricas del Perfil)	23
1.4.6	Clasificación de defectos en ruedas. En el Velo de la rueda.	29
1.4.7	Clasificación de defectos en ruedas. En el cubo de la rueda.....	31
2.	BIBLIOGRAFÍA.....	33

Este libro ha sido elaborado por la Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A. Es propiedad de Renfe Fabricación y Mantenimiento S.A.

Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización expresa del propietario.

1. DEFECTOS EN RUEDAS

Los daños por fatiga, deformación plástica y desgaste, reducen significativamente la vida de las ruedas. Actualmente, los aumentos tanto de velocidad como de carga por eje en los vehículos ferroviarios, conducen a tensiones elevadas en el contacto rueda-carril.

La mejora en los procesos de fabricación de ruedas produce un cambio en el principal daño hasta hace poco "desgaste" por el principal daño actual como es la "fatiga". A diferencia de los lentos procesos de deterioro por desgaste, la fatiga causa fracturas en las ruedas o pérdidas de material en la superficie de la banda de rodadura.

Estos fallos pueden causar daños en raíles, en suspensiones de trenes y, aunque no ocurre con frecuencia, pueden conducir al propio descarrilamiento del tren.

1.1 ESFUERZOS QUE SE EXIGEN A LAS RUEDAS.

Los procesos de fabricación y los grandes esfuerzos a los que están sometidas las ruedas durante su funcionamiento, generan un importante número de tensiones que podemos clasificar de la siguiente forma:

- Tensiones de fabricación y calado.
- Tensiones desarrolladas tras una frenada. (Eventuales deslizamientos).
- Tensiones producto de la carga. (en Europa máximo 25.000 Kg).
- Tensiones producto de la tracción.
- Tensiones de sustentación y guiado (dependiente del diseño de los bogíes).

Estas tensiones pueden variar en función de.

- El desgaste de la rueda y el carril.
- Las vibraciones producidas por las irregularidades de la vía.
- El movimiento lazo.
- Las aceleraciones transversales.
- Frenos residuales.

Esta complejidad de tensiones hace imposible desarrollar un modelo "**viable al paso**" para detectar y controlar el nacimiento y la propagación de fisuras en la llanta y el velo. Se disponen de sistemas adaptados por ultrasonidos con palpadores "Phased array" "llanta + velo".

La banda de rodadura es la parte de la rueda que más esfuerzos de freno, deslizamientos y altas cargas térmicas soporta.

Los esfuerzos a los que está sometida la rueda pueden clasificarse desde el punto de vista del **tiempo transcurrido** en el que se manifiestan en:

- **Esfuerzos constantes o de variación lenta en el tiempo.**
En este grupo se incluyen las tensiones residuales de fabricación por defectos en el acero, las tensiones de calado de ruedas, y las tensiones desarrolladas tras una frenada de larga duración.
- **Esfuerzos que se manifiestan de forma intermitente.**
En este grupo se incluyen las tensiones debidas a gradientes térmicos.

- **Esfuerzos cíclicos.**

Se manifiestan en la zona elasto-plástica de contacto entre rueda y carril y son las tensiones ligadas a la rodadura. Se deben a la carga, al esfuerzo de tracción y pseudo-deslizamiento. Aunque las cargas no sean muy elevadas, se pueden producir en la zona de contacto rueda-carril deformaciones plásticas en la llanta. Durante los primeros ciclos de carga se introducen en la rueda tensiones residuales que, junto a las deformaciones existentes, producen un endurecimiento del material.

Los esfuerzos a los que está sometida la rueda pueden clasificarse desde el punto de vista del **origen de dichos esfuerzos** en:

- **Esfuerzos térmicos.**

Las frenadas y los esfuerzos tractores o retardadores (T/F) cuando se produce patinaje o deslizamiento debido a la pérdida de adherencia entre la rueda y el carril, provocan la aparición de dichos esfuerzos, que afectan sobre todo a la zona de la banda de rodadura, pudiendo llegar a producir transformaciones metalúrgicas en el acero (templado de las zonas afectadas). Fuertes frenadas pueden crear tensiones que exceden en ciertas zonas el límite elástico del material, provocando modificaciones en el campo de tensiones residuales, favoreciendo de esta manera la evolución de fisuras en zonas profundas.

- **Esfuerzos mecánicos.**

La sustentación y el guiado producen esfuerzos o sollicitaciones mecánicas que se resumen en esfuerzos verticales, longitudinales y horizontales sobre la banda de rodadura en el contacto rueda-carril y un esfuerzo lateral a nivel de pestaña.

Los esfuerzos o sollicitaciones dependen de:

- Diseño del propio Bogie.
 - Considerando diámetro.
 - Tipo de rueda.
 - Carga por eje.
 - Valor de la masa no suspendida.
 - Características de la suspensión y de los sistemas de guiado.
- Velocidad y carga del tren.
- Acoplamiento del perfil de rueda y carril.

El considerable aumento de la velocidad en los trenes nos ha llevado a un incremento, exigencia o sollicitud de las fuerzas dinámicas, incrementándose por tanto los pares de aceleración y frenado viéndose influidas por defectos de fabricación, ovalización, diferencias de diámetro de un mismo eje, etc.

El mantenimiento de las ruedas representa entre un 30% y un 50% del coste total del mantenimiento normalmente vinculado al perfilado de las ruedas.

1.2 FISURAS.

Las fisuras en las ruedas son importantes por tres razones:

- **La seguridad**, (debido al peligro de rotura de la rueda o al peligro de que parte de la pestaña o de la banda de rodadura se desprenda).
- **El confort**, (las fisuras pueden llegar a desarrollar cavidades que producen altas vibraciones y empeoran el confort de los viajeros).

- **El consumo de la llanta**, (para eliminar todas las fisuras, se debe mecanizar la rueda).

Las fisuras nacen a partir de defectos y pueden de dos tipos:

- Defectos producidos durante la fabricación.
- Defectos producidos durante el servicio y sujetos a observación en las labores de mantenimiento, estos defectos suelen ser del tipo fisuras de fatiga, defectos de corrosión o una combinación de ambos.

Cuando se inicia una fisura, bien debido a un proceso de fatiga o por una imperfección en el material original, es importante conocer bajo qué condiciones crece la fisura.

Las fisuras crecen básicamente debido a la acción de:

- Los esfuerzos mecánicos.
- Los esfuerzos térmicos. (que juegan un papel importante en la nucleación de las mismas, en su crecimiento hasta alcanzar el valor umbral y en la generación de tensiones residuales).

La formación de fisuras y su propagación se debe principalmente a las tensiones de cortadura. En una rueda sujeta a contacto de rodadura pura la tensión de cortadura mayor se da entre los 3 y 5 mm por debajo de la superficie. Si además se aplica una fuerza de fricción, como es la del frenado por zapata, ésta aumentará la tensión de cortadura en la superficie, dando lugar a dos zonas con una alta tensión de cortadura.

Es importante identificar las ruedas que contengan fisuras de fatiga antes de que se produzca una fractura rápida, especialmente en zonas con climas fríos, pues la resistencia a la fractura de los aceros en estas condiciones es menor. La magnitud de la carga, así como la geometría de contacto juegan un papel crucial en el crecimiento de las fisuras.

Para conseguir un control sobre las fisuras en ruedas ferroviarias se debe determinar:

1. Tipo de defectos que se pueden producir y su posición.
Uno de los principales problemas que se plantean es detectar las posibles zonas de desarrollo de fisuras a partir de dichos defectos. La principal dificultad, es que en las ruedas existen numerosas localizaciones en las que una fisura podría llegar a desarrollarse y además, dependen de muchos factores.
2. Vida útil a partir de la detección de una fisura.
3. Si el resultado del fallo será catastrófico o simplemente producirá pérdidas económicas. Necesidad de reperfilear la rueda.
4. Tamaño de fisura crítico que produce rotura, dependiente de muchos factores.
No existen normas que definan los tamaños mínimos admisibles. La Normativa Europea UIC 812-3, sustituida hace poco por la EN 13262, indica tamaño y posición de los defectos críticos para las ruedas nuevas (tras su fabricación).
5. El número de inspecciones a realizar a lo largo de la vida de la rueda.

Las ruedas que son más propicias a la aparición de fisuras son aquellas que han sufrido un sobrecalentamiento como consecuencia de una frenada prolongada, debido a que las fuerzas de compresión residuales conseguidas tras el tratamiento térmico durante su fabricación se transforman en tensiones de tracción, que ayudan a la iniciación y propagación de las fisuras.

De todos los defectos detectados en las ruedas ferroviarias, se destacan las fisuras que pueden existir a distintas profundidades en la banda de rodadura, como son las superficiales, sub-superficiales y las internas.

1.3 FATIGA.

La podríamos definir como la acumulación de daño generada por la aplicación sucesiva de cargas de carácter cíclico.

Se puede dividir en dos fases:

Nucleación de las fisuras (no detectables en las revisiones).

- **Formación de micro-fisuras por defectos internos** del material por inclusiones, poros, incrustaciones.
- **Micro-defectos por deformaciones plásticas** como picaduras, óxidos o mal acabado superficial.

Propagación de las fisuras (se inician en la superficie).

- **Propagación Estable** (no progresa por debajo de un umbral terminando la vida de la rueda)
- **Propagación Inestable** (supera un umbral y progresa generando playas de fatiga pudiendo llegar a la catástrofe)

Cuando las cargas son muy altas (peso y velocidad), son mayores los defectos internos, cuando las cargas son más reducidas son mayores los defectos superficiales y sub-superficiales.

La aparición de fatiga bajo cargas de contacto en servicio o "Rolling Contact Fatigue" (RCF) es debida a la combinación de tensiones que se producen en el contacto de la rueda con el carril debido a las fuerzas tangenciales, las fuerzas verticales y al micro-deslizamiento que se producen en el área de contacto.

Los fallos por fatiga en ruedas de trenes pueden dividirse en al menos tres categorías diferentes. Estas categorías son:

1. Fatiga superficial
2. Fatiga subsuperficial
3. Fatiga debida a defectos profundos del material.

1.3.1 Fatiga Superficial

Los fallos por **fatiga superficial**, son consecuencia de deformaciones plásticas severas que se producen en la superficie del material. Estos fallos son relativamente inofensivos, aunque costosos, ya que normalmente se tiene como resultado el desprendimiento de una pequeña parte de material de la banda de rodadura, siendo en ocasiones necesario reperfilar.

Se presenta en ruedas con bajos ciclos de carga muy repetitivos, en la superficie del material. Una vez iniciada una fisura en la capa superficial se propagará en un ángulo poco profundo de la superficie desviándose primero en una dirección casi radial y después en una dirección de crecimiento circunferencial, tal y como puede verse en la siguiente figura.

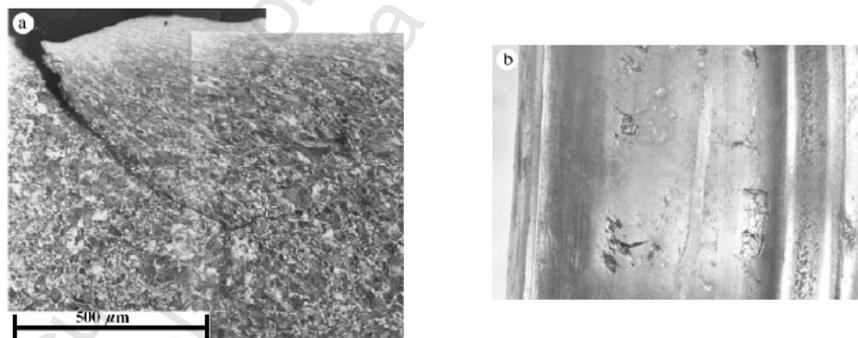


Figura. 9-1 Fallos por fatiga superficial

La dirección final se alcanza a una profundidad de unos pocos milímetros. La propagación de las grietas superficiales es favorecida por los lubricantes (grasa, agua, etc.) que puede haber en las vías. Finalmente se producirá la fractura con la propagación de la grieta hacia la superficie, rompiéndose una parte de la banda de rodadura de la rueda.

1.3.2 Fatiga Subsuperficial



Los fallos por **fatiga sub-superficialmente**, por otro lado, pueden tener como resultado el desprendimiento de partes muy grandes de material de la llanta e incluso se pueden producir fallos catastróficos en los que se rompa toda la rueda. Esta fatiga es consecuencia de la presencia de defectos del material.

Las tensiones locales alrededor de los defectos son grandes incluso en el caso de defectos profundos. Esto puede causar la formación y propagación de grietas profundas.

Las grietas por fatiga subsuperficial se inician a una profundidad de más de 3 mm por debajo de la banda de rodadura de la rueda. Por debajo de unos 10 mm, la resistencia a fatiga estará totalmente gobernada por la presencia de inclusiones macroscópicas tal como veremos en el apartado "Fatiga iniciada por defectos profundos".

El fenómeno al que aquí nos referimos como "Fatiga subsuperficial" es el resultado de la fatiga a altos ciclos de carga muy repetitivos, causados por la combinación de una alta carga vertical, una mala geometría de contacto (proporcionando una superficie de contacto pequeña) y localmente una baja resistencia a fatiga del material, por fallos del acero como puede ser inclusiones, cavidades, etc.



Figura. 9-2 Fallos por fatiga subsuperficial

Las características más comunes de este tipo de fatiga son:

- No hay indicios de inclusiones macroscópicas ni huecos en el punto de iniciación.
- La iniciación de la grieta se produce a una profundidad entre 3-10 mm debajo de la banda de rodadura de la rueda.
- La propagación de la grieta tiene lugar con un ángulo hacia el interior hasta una profundidad de unos 20 mm.
- La fractura final se orienta hacia la superficie.
- El tamaño de la grieta circunferencial tiene un tamaño de unos 15-100 mm de fractura (En causas extremas puede llegar a 250-300 mm).

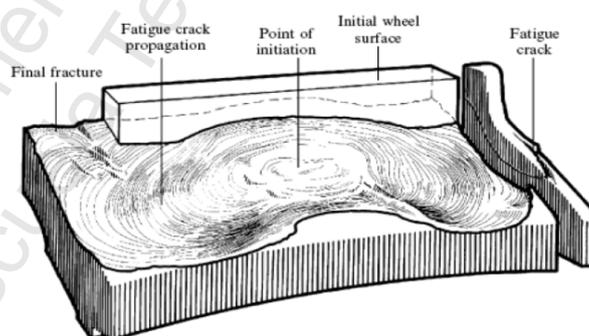


Figura. 9-3 Dibujo de fatiga subsuperficial

1.3.3 Fatiga debida a inclusiones profundas en el material.



En algunos casos la diferencia entre fatiga subsuperficial y la fatiga debida a defectos profundos es algo incierta. Aquí, la fatiga debida a defectos profundos denota grietas que son el resultado de HCF (o localmente debidas a defectos a LCF) consecuencia de

una combinación de altas cargas verticales e inclusiones relativamente grandes de material (del orden de un milímetro). Las características típicas de fatiga debida a defectos profundos son las siguientes:

- La iniciación de la grieta por fatiga tiene lugar a una profundidad de unos 10-25 mm por debajo de la banda de rodadura de la rueda.
- Las grietas se inician por defectos o huecos de dimensiones mayores de 1 mm.
- La propagación de la grieta se realiza a una profundidad casi constante bajo la banda de rodadura de la rueda (correspondiente a la profundidad inicial) antes de que ocurra la fractura.
- El fallo final es el resultado de la ramificación del crecimiento circunferencial de la grieta.
- El tamaño de la grieta circunferencial en el fallo es de 25-135 mm.

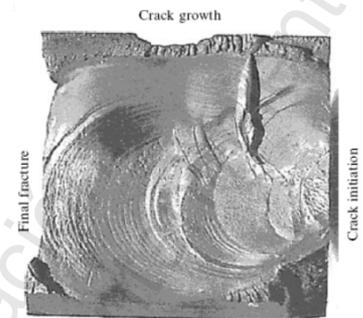


Figura. 9-4 Fallo por inclusiones profundas



Figura. 9-5 Fallos por inclusiones profundas

1.1 ZONAS DE CONTACTO SUJETAS A FATIGA.

Los ciclos repetidos de carga y descarga sobre la banda de rodadura de la rueda junto con las fuerzas de deslizamiento adicionales, conducen a una deformación plástica del material.

Si se supera la ductilidad del material por el incremento de deformación plástica, las fisuras empezarán a iniciarse y a propagarse por estar sometidas a ciclos de carga repetidos en el material, en dirección paralela al plano de deformación del material.

Si las fisuras alcanzan cierto tamaño, se propagarán debido a la presión hidrostática aplicada por algunos fluidos que entran en las fisuras desde la banda de rodadura o por la cabeza del carril.

En ciertas ocasiones la formación y desarrollo de redes de fisuras por fatiga producen pérdida de material en la propia banda de rodadura.

Debido a la diferencia longitudinal y a las fuerzas laterales presentes dentro de varias zonas de la banda de rodadura de la rueda, se obtienen cuatro zonas de fatiga:

Debido a la reacción igual y opuesta de las presiones de contacto y las fuerzas de deslizamiento involucradas, la fatiga afecta tanto a ruedas como a carril.

Típicamente los carriles son más sensibles a los efectos relativos a las fuerzas de tracción, mientras las ruedas son afectadas con más frecuencia por fuerzas relativas a frenadas.

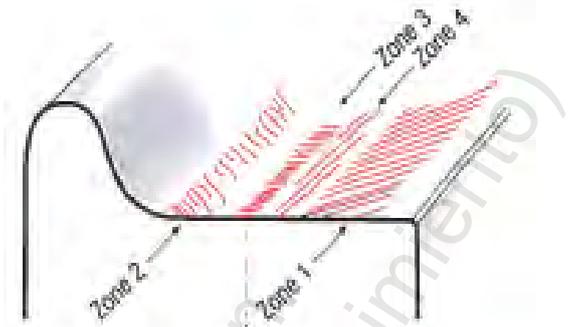


Figura. 9-6 Zonas afectadas por fatiga

1.1.1 Zonas de fatiga al circular en curva.

La acción repetida de las fuerzas de deslizamiento longitudinales y laterales inducidas por el paso por curva pueden dar origen a fisuras por fatiga de la **zona 1**, produciéndose principalmente en la parte exterior de la rueda que circula por la parte interna de la curva.

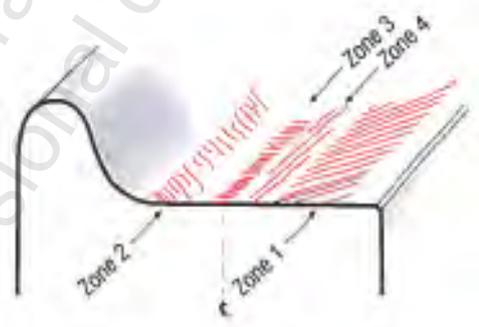
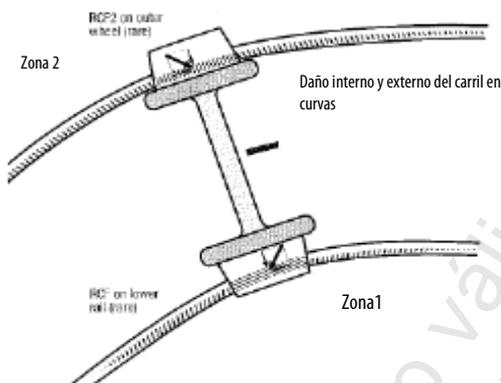


Figura. 9-7 Zonas de fatiga en curvas

Evolución de la fisura por fatiga en **Zona 1** producida en la parte exterior de la rueda al circular por el carril interior de la curva.



Inicio del proceso



Pequeños Desprendimientos



Desprendimientos mas profundos

Figura. 9-8 Proceso de evolución de la fatiga de la rueda en curvas

La acción repetida de las fuerzas de deslizamiento longitudinales y laterales inducidas por el paso por curva pueden dar origen a fisuras por fatiga de la **zona 2**, produciéndose principalmente en la parte más cercana a la pestaña al circular por el carril de la parte externa de la curva, el cual está más elevado que el interior debido al peralte existente en la curva.

La fatiga de la **zona 2** normalmente ocurre con mucha menos frecuencia que la **zona 1** debido a los cambios en la geometría y presión de contacto en la banda de rodadura mientras la rueda está en servicio, desapareciendo debido al propio desgaste durante el servicio.

1.1.2 Zonas de fatiga al circular en recta.

El crecimiento de fisuras por fatiga en el centro de la banda de rodadura es un fenómeno poco frecuente que ocurre por la aplicación repetida de elevadas fuerzas longitudinales de tracción que dan origen a deslizamiento longitudinal, cuando se aplica tracción para bajas velocidades

Una causa directa de las fuerzas de deslizamiento longitudinales que causan fatiga en la **zona 3**, son los diferentes diámetros de rueda dentro de un bogie, especialmente cuando los ejes son acoplados mecánicamente, y su instalación no es correcta dentro del bogie. Este hecho causa una fuerza de deslizamiento longitudinal permanente aplicada de manera constante

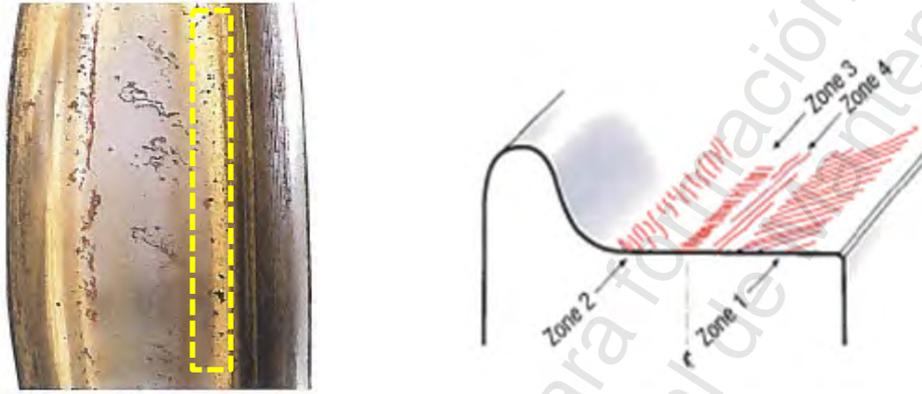


Figura. 9-9 Zona de fatiga al circular por rectas

Las fisuras por fatiga de la **zona 4** pertenecientes a esta región están inducidas como consecuencia de una fuerza resultante lateral de deslizamiento. Estas fisuras por fatiga, pueden desaparecer debido al desgaste o a la deformación plástica.

Si los niveles de desgaste existentes en el perfil son lo suficientemente altos para cambiar constantemente la superficie de la banda de rodadura, no se establecerán las fisuras por fatiga.

De esta forma, cuando se consigue el balance óptimo entre desgaste y fatiga en el contacto rueda/carril es muy beneficioso para evitar la evolución de las fisuras por fatiga.

1.2 VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LAS GRIETAS O FISURAS.

Es costosa la detección de las fisuras y muy difícil el pronóstico y evolución de las mismas.

- En el periodo de **nucleación** (micro-grietas causadas por inclusiones o precipitaciones invisibles para las técnicas actuales), la velocidad de propagación es muy baja.
- Dependiendo de la Tenacidad de Fractura y de la microestructura de la rueda, la nucleación progresará o permanecerá en esta fase hasta el final de su vida.
- Cuanto más grande es la fisura mayor es su velocidad de propagación.

1.3 CAUSAS DE LOS DAÑOS EN RUEDAS.

Aunque **la fatiga** es el principal fenómeno de daño en ruedas ferroviarias, existen otros tipos de daños que afectan a la integridad de la rueda, en ocasiones provocando fatales desenlaces.

Fatiga. Las mejoras en los sistemas de protección de la rueda han reducido el número de fallos que requieren reperfilado prematuro, apareciendo unos fallos en la rodadura asociados a la fatiga.

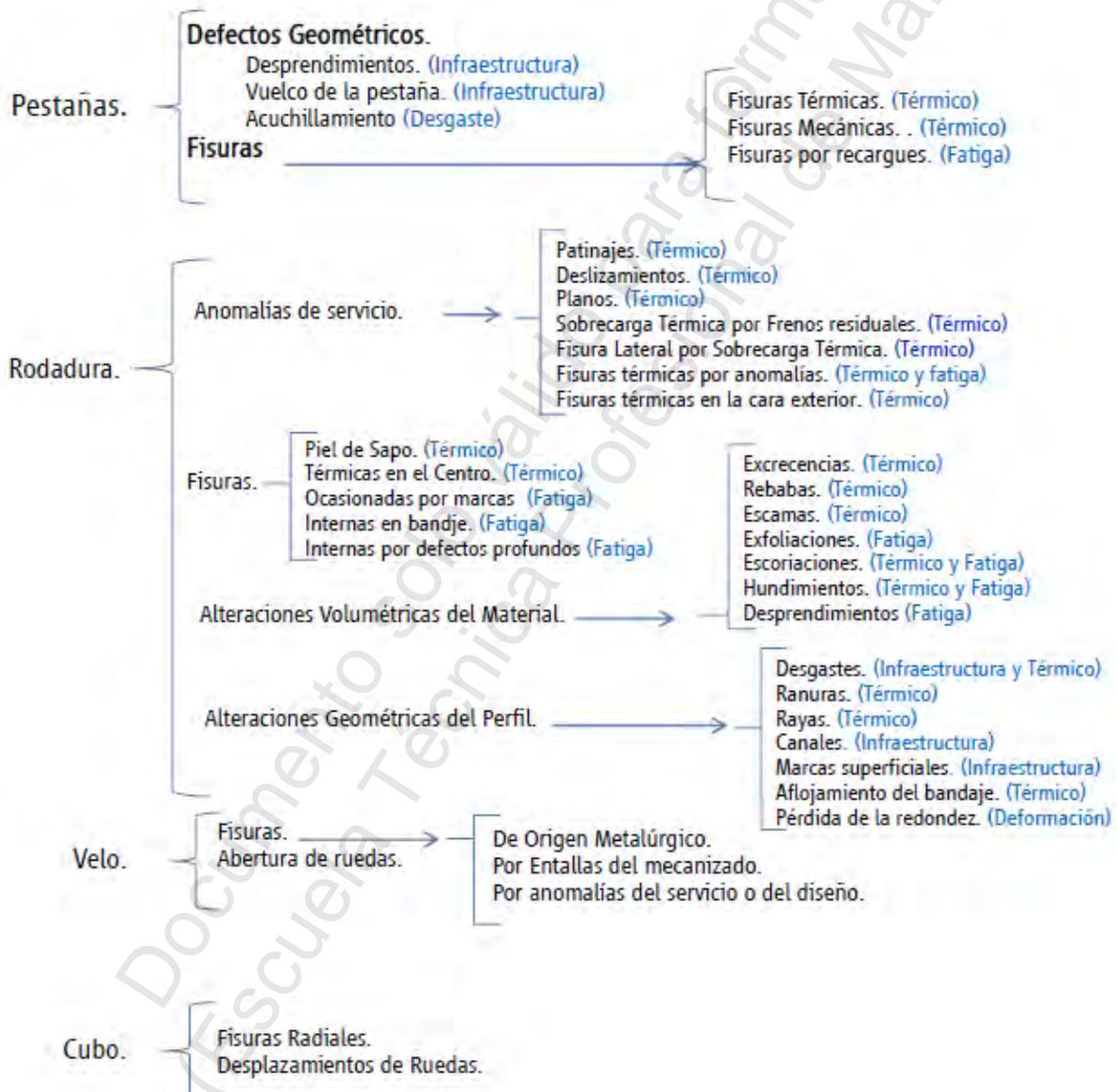
Desgaste. Cambios en el perfil de rodadura o circunferencialmente alrededor de la rueda incluyendo la pestaña.

Deformación. Las altas presiones de contacto y o faltas de homogeneidad del material pueden llevar a la deformación del material en puntos concretos o distribuido circunferencialmente.

Térmico. La temperatura en la banda de rodadura en procesos de frenado, (deslizamientos, patinajes, etc.) causan una variedad adicional de tipos de daños. (Aparición de Martensita).

Infraestructura. Son los años que se relacionan con problemas de infraestructura durante la interacción rueda carril.

Marcas y entallas. Son los daños ocasionados durante las operaciones de mantenimiento.



1.4 CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS EN RUEDAS.

1.4.1 Clasificación de defectos en ruedas (Pestañas).

1.4.1.1 Defectos geométricos en el borde de la pestaña. (Origen Infraestructura)

Generados por la infraestructura (desprendimientos). Suele afectar a tranvías o ferrocarriles ligeros.

Se puede ocasionar al circular en vías con perfil acanalado (raíles ranurados o de garganta) con objetos incrustados que pueden golpear la pestaña circunstancialmente a su paso.

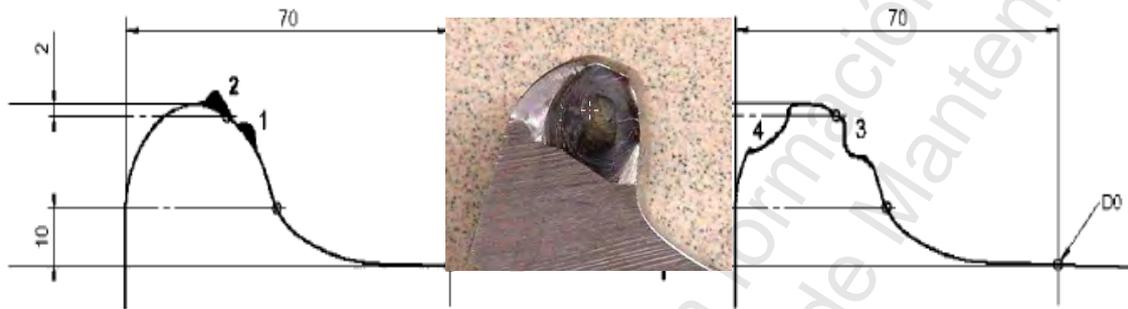


Figura. 9-10 Defectos en el borde de la pestaña

Los desprendimientos también pueden ser motivados por desgastes de la rodadura e incluso del rail, facilitando el impacto o rozamiento de la pestaña con una parte cortante del carril, como muestra la siguiente imagen.



Figura. 9-11 Desprendimiento de material en borde de pestaña

La solución para este tipo de defecto es el reperfilado y el control de la infraestructura para evitar su repetición.

1.4.1.2 Defecto geométrico por deformación o vuelco de la pestaña. (Infraestructura)

Es un defecto en tranvías y vehículos ligeros que circulan con el extremo de la pestaña en el interior de raíles acanalados o por el paso de cruces y desvíos.



Irregularidades en los perfiles y cuerpos extraños junto con los raíles acanalados, pueden también dar origen al incremento de las presiones de contacto localizadas en el extremo de la pestaña, que causan deformación plástica en dicha pestaña.



Figura. 9-12 Vuelco de pestaña

La solución para este tipo de defecto es el reperfilado y el control de la infraestructura para evitar su repetición.

1.4.1.3 Defecto geométrico por desgaste de la pestaña. (Infraestructura)



El desgaste de la pestaña, afecta a las dos caras de la misma.

El mayor o menor desgaste de la pestaña está influenciado por diferentes causas:

- La naturaleza curvilínea del trazado donde trabaja.
- La infraestructura (vía cerrada detectable en la cama de la vía)
- La propia característica de los bogies. (flexibilidad a la torsión y empuje)
- El régimen de lubricación de la misma.
- Juego muy ajustado del eje montado.

La diferencia notable en el desgaste de la pestaña entre los lados diferentes de un vehículo, indica la existencia de un perfil o régimen de lubricación asimétrica, así como un desgaste asimétrico diagonalmente del bogie puede también ser como consecuencia de una puesta en marcha incorrecta del vehículo.

El desgaste de la parte posterior de la pestaña es causado por contacto con obstáculos en la vía, desvíos y cruces, normalmente en trenes ligeros y tranvías que circulan por carriles acanalados, pudiendo ocurrir también



Figura. 9-13 Acuchillamiento de pestaña

La solución para este tipo de defecto es el reperfilado y el control de la infraestructura para evitar su repetición.

1.4.1.4 Defecto por fisuras en pestaña. (Origen térmico e Infraestructura)



Se trata de fisuras de progresión axial que pueden afectar a una o varias zonas de la pestaña y que pueden ser de origen térmico o mecánico.

- **Fisuras de origen térmico** por una fricción severa de la zapata de freno sobre la pestaña, por el uso de zapatas de geometría inadecuada.

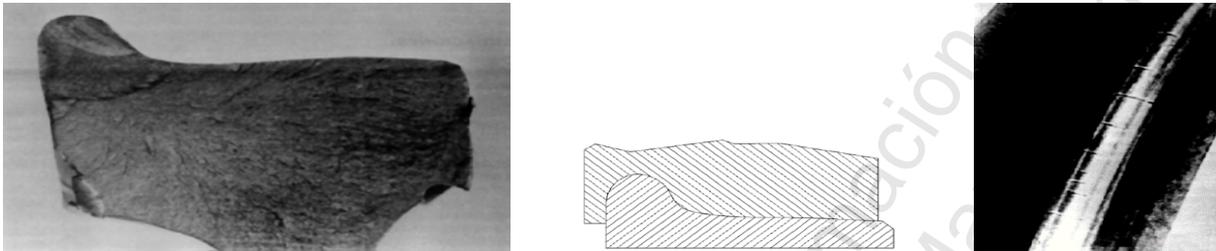


Figura. 9-14 Fisuras de origen térmico

La solución para este defecto es retornar o retirar la rueda de servicio según los casos

- **Fisuras de origen mecánico**, de progresión circunferencial a pocos milímetros del contacto pestaña carril por fuertes presiones anormales entre pestaña y carril debidos a trazados de vía deficientes con curvas excesivamente cerrado y muy abundante.

Estos defectos están asociados principalmente a trenes de mercancías.

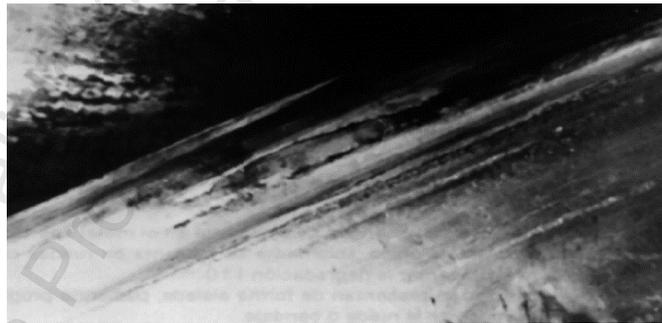


Figura. 9-15 Fisuras de origen mecánico

La solución para este defecto es retornar o retirar la rueda de servicio según los casos.

Fisuras por recargues de progresión radial se presentan de forma aislada, pudiendo progresar por fatiga hasta producir la rotura brusca de la rueda o bandaje.

Este defecto se presenta por defectos de soldadura, por faltas de fusión, grietas, etc. durante la ejecución del recargue



Figura. 9-16 Fisuras por recargues

La solución para este defecto es retornar o retirar la rueda de servicio según los casos.

1.4.2 Clasificación de defectos en ruedas (Rodadura-Anomalías de servicio).

La llanta o zona de rodadura es la parte de la rueda que más sufre las cargas durante la explotación del vehículo viéndose afectada por anomalías de servicio, fisuras, alteraciones volumétricas del material y alteraciones geométricas del propio perfil.

De cara a las anomalías de servicio se pueden dar:

1.4.2.1 Anomalías de servicio Patinajes. (Daños de Origen térmico)

Originando **pequeños arrastres** de material en el centro de rodadura afectando a toda o gran parte de la misma, provocando **transformaciones estructurales** y endurecimiento del material.

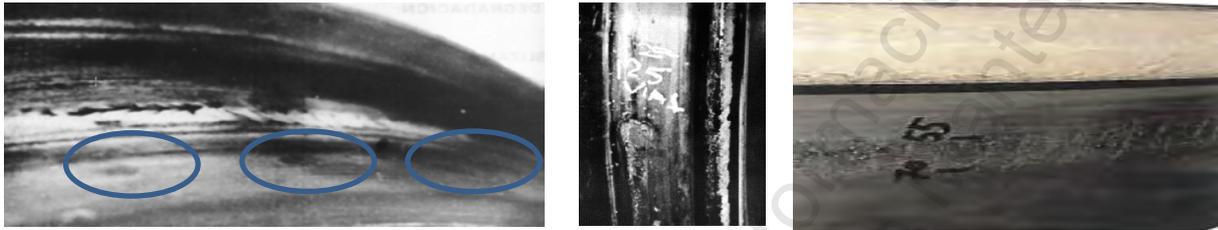


Figura. 9-17 Anomalías por patinaje

Motivados por **falta de adherencia entre rueda y carril** por efecto del agua, hielo, engrase excesivo del carril, etc., en situaciones de arranque o fuertes aceleraciones de ejes motores.

La rueda puede continuar en servicio.

1.4.2.2 Anomalías de servicio Deslizamientos. (Daños de Origen térmico)

Deslizamientos, son lesiones a modo de rosario sobre la banda de rodadura, pudiendo ir asociadas a transformaciones estructurales y endurecimiento del material en función de la temperatura alcanzada.

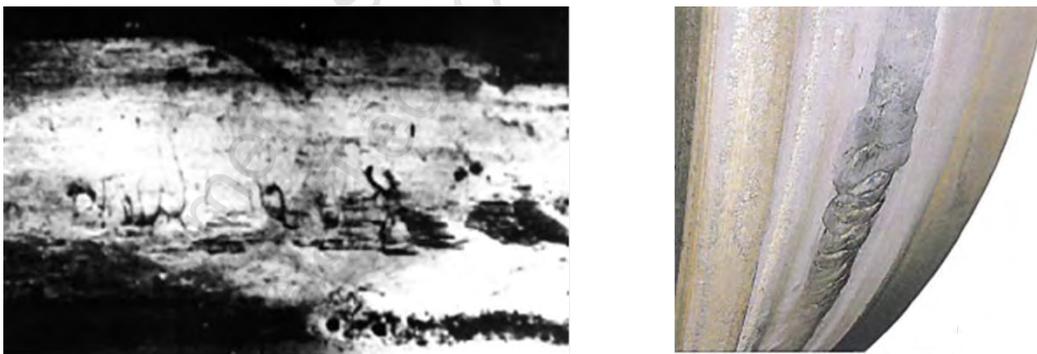


Figura. 9-18 Anomalías ocasionadas por deslizamientos

Motivados por **falta de adherencia entre rueda y carril** (preferentemente a pequeñas velocidades) debidos a una acción excesiva del freno, con bloqueo momentáneo de la rueda.

La rueda puede continuar en servicio.

1.4.2.3 Anomalías de servicio Planos. (Daños de Origen térmico)

Planos es uno de los daños más populares y aparecen cuando se produce el bloqueo de la rueda en un proceso de frenado arrastrando o deslizando la rueda sobre el carril.

El daño se ocasiona no por la abrasión aun pudiendo arrastrar una pequeña cantidad de material de la rueda sino por el calor.

Se distinguen dos tipos de planos A y B:



Tipo A se observan **rayas o estrías longitudinales** en el interior de las marcas, produciendo, transformaciones estructurales y, en ocasiones, fisuras paralelas al eje de la rueda. En ejes montados normalmente planos simétricos en ambas ruedas.



Figura. 9-19 Planos con estrías o rayas longitudinales

Por el deslizamiento de la rueda sobre el carril, la fricción resultante calienta localmente la parte de contacto con la rueda, la cual puede alcanzar temperaturas significativas (800°C- 850°C), suficientes para transformar el material de la rueda de acero perlítico en austenita. Como la parte de contacto en la rueda se enfría rápidamente después que el deslizamiento ha cesado, especialmente una vez que la rueda empieza a girar de nuevo y entra otra vez en contacto con la cabeza fría del carril, la Austenita se transforma en Martensita debido a este enfriamiento rápido. La Martensita es una forma muy dura y frágil del acero que tiene una apariencia plateada.

En el caso de continuar soportando cargas mecánicas en el área de contacto, se desarrollan fisuras en la zona afectada por el calor. Éstas se propagan hasta que la zona de acero martensítico endurecida que ha sido afectada por el calor empieza a desprenderse material dejando cavidades en la banda de rodadura.

Estas cavidades producen cargas mecánicas por el golpeteo, y conducen a pérdidas radiales significativas asociadas con los planos de rueda. Ocasionalmente la red de fisuras puede propagarse por debajo de la zona afectada por el calor dentro del material que la rodea.

Es necesario el retorneo de las ruedas debiendo tener en cuenta la profundidad del corte que es necesaria para eliminar todo el material afectado por el calor y todas las redes de fisuras restantes situadas bajo la capa de Martensita.

Tipo B se observan marcas de **forma elíptica u oval** con desgastes localizados de la rodadura, produciendo rayas o fisuras, comprendidas en la banda de contacto rueda-carril. En ejes montados normalmente planos simétricos en ambas ruedas.



Figura. 9-20 Planos con forma elíptica u oval

Debido a una acción excesiva del freno, las ruedas quedan parcialmente bloqueadas produciéndose ciclos alternos de deslizamiento. Si se genera Martensita puede crear algún desprendimiento.

1.4.2.4 Anomalías de servicio frenos residuales. (Daños de Origen térmico)

En vehículos donde la banda de rodadura se usa para frenar el vehículo, existen niveles significativos de calor transferido desde la llanta hacia el interior de la rueda, como consecuencia de la conversión de energía cinética en energía térmica.



El arrastre de las zapatas, frenadas prolongadas u otras acciones inapropiadas (freno residual), afectan a la integridad de la banda de rodadura; una rueda puede calentarse más allá de su capacidad térmica para la que fue diseñada y por tanto sufrir una sobrecarga térmica y por tanto un cambio estructural.



Figura. 9-21 Anomalías de origen térmico por frenos residuales

Valorar distancia entre caras y tomar decisiones.

Los efectos visuales de las sobrecargas térmicas, son la decoloración de la pintura de la llanta y una decoloración del acero de la rueda en la banda de rodadura, por la cara de la llanta.

Las consecuencias son el cambio de signo de las tensiones residuales de compresión existentes en la llanta y/o el inicio de fisuras laterales en la banda de rodadura si las temperaturas y duración del sobrecalentamiento son excesivas.

1.4.2.5 Anomalías de servicio fisura lateral por Sobrecarga Térmica. (Daños de Origen térmico).



Después de una sobrecarga térmica por la acción de frenado, se pueden desarrollar fisuras térmicas laterales en la banda de rodadura. La presencia de fisuras térmicas laterales es un factor relevante en la seguridad, ya que estas fisuras pueden propagarse lateral y radialmente a través de la llanta y hacia el velo de la rueda.

En el caso extremo, puede producirse un fallo catastrófico por la aplicación de cargas mecánicas y térmicas posteriores a ese inicio de fisura.



Figura. 9-22 Fisuras laterales por sobrecargas térmicas

El desarrollo de fisuras térmicas laterales puede, pero no necesariamente, indicar que las tensiones residuales protectoras de la llanta han sido neutralizadas o que han cambiado de signo como consecuencia del sobrecalentamiento anterior de la rueda.

1.4.2.6 Anomalías de servicio Fisuras térmicas. (Daños de Origen térmico).

Fisuras de **progresión radial** que se encuentran de forma aislada. En ocasiones con consecuencias graves por el desarrollo de fatiga.

Recomendable el retorneo de la rueda

Producidas por anomalías de servicio como, **patinajes, planos, deslizamientos**, etc.



Figura. 9-23 Fisura térmica

1.4.2.7 Anomalías de servicio Fisuras térmicas en la cara exterior. (Daños de Origen térmico)



Fisuras situadas en el borde exterior de la rodadura y progresión hacia el interior de la llanta que, pueden producir la rotura de la rueda.

Este tipo de defecto es, con diferencia, el que más roturas ha producido.



Figura. 9-24 Rotura de ruedas por fisuras de origen térmico en la cara exterior

Retornear o retirar las ruedas de servicio, según los casos.

Producidas por los calentamientos a que se somete el borde exterior de la rodadura por **zapatas desbordantes**, favorecen la formación de **tensiones internas a tracción** que facilitarán la progresión de las fisuras.

1.4.3 Clasificación de defectos en ruedas. (Rodadura-Fisuras).

1.4.3.1 Fisuras Piel de Sapo. (Origen térmico)

Red de pequeñas **fisuras superficiales que se presentan en grandes colonias** cuya progresión radial apenas alcanza unas pocas décimas de milímetro.

Ofrece el aspecto de **material cuarteado**, afectando en ocasiones a **todo el círculo de rodadura**.

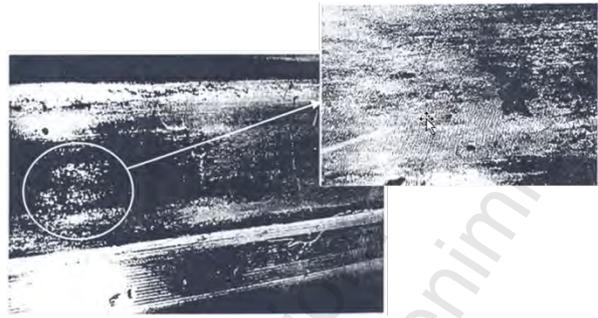


Figura. 9-25 Piel de sapo

Recomendable el retorno de la rueda

Debido a la acción de las **zapatas de freno por calentamientos moderados** de las capas externas al debilitarse las propiedades metalúrgicas del acero.

1.4.3.2 Fisuras Térmicas en el Centro. (Origen térmico)

Fisuras superficiales de **progresión radial**, situadas en el **centro de rodadura** que pueden adquirir axialmente longitudes similares a la **anchura de la zapata de freno**.

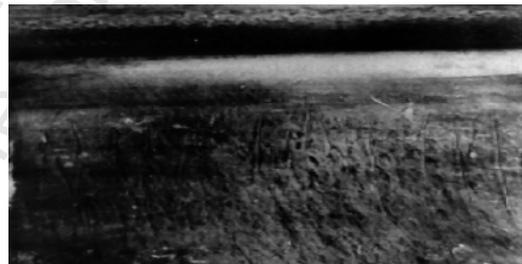
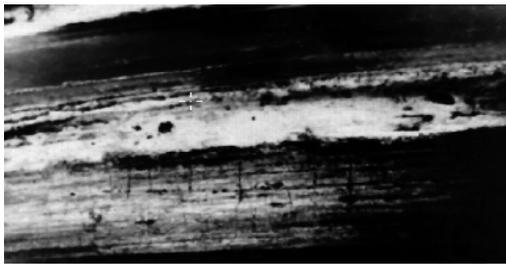


Figura. 9-26 Fisuras térmicas en el centro de la rodadura

Son debidas a la acción de las **zapatas de freno** con gran presión específica al debilitar las características del acero por la temperatura alcanzada.

Pueden continuar en servicio, si las fisuras no se acercan en exceso a la cara exterior de la rodadura.

1.4.3.3 Fisuras ocasionadas por marcas. (Origen por Fatiga).



Marcas situadas preferentemente en la cara exterior de la llanta pueden producir fisuras que progresan por fatiga posibilitando la rotura de la rueda o bandaje.



Figura. 9-27 Marcas de origen indeterminado que pueden ocasionar fisuras

Estas marcas o entallas de aristas más o menos vivas son producidas durante las operaciones de torneado en ejes montados.

1.4.3.4 Fisuras Internas en Bandaje. (Origen por Fatiga)



Fisuras de origen y desarrollo interno que, excepcionalmente en algún tipo de rueda, progresan por fatiga pudiendo producir la rotura brusca del bandaje. Se detecta por E.N.D., fundamentalmente ultrasonidos.

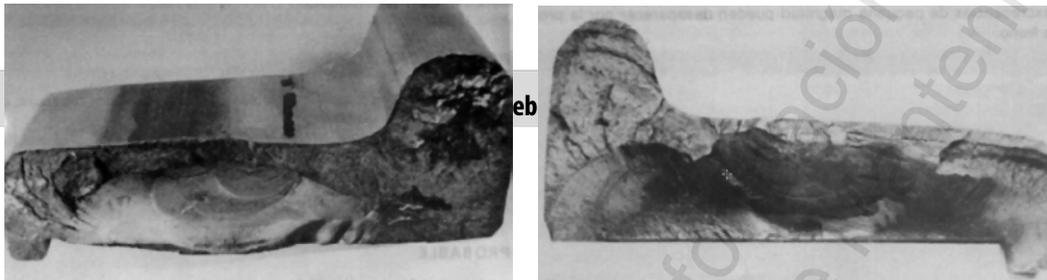


Figura. 9-28 Fisuras internas en el bandaje

Defectos internos del material por fatiga. El defecto se da preferentemente en bandajes de pequeño espesor próximo al mínimo permisible.

Desechar y sustituir el bandaje

1.4.3.5 Fisuras Internas por defectos profundos. (Origen por Fatiga)



Generadas debajo de la superficie de rodadura, su progresión en la llanta es paralela a la superficie de rodadura.



Figura. 9-29 Fisuras internas por defectos profundos

Altas cargas verticales y huecos o inclusiones en el acero relativamente grandes (1 mm).

La rueda debe sustituirse

1.4.4 Clasificación de defectos en ruedas. (Rodadura- Alteraciones Volumétricas del Material)

1.4.4.1 Alteraciones Volumétricas del Material por Excrecencias (Origen Térmico).

Partículas metálicas de tamaños variables que, adheridas a la rodadura, dan lugar a costras o excrecencias fácilmente visibles que vienen de la descomposición de la zapata o el carril que al refundirse quedan adheridas a la rueda.

Su origen **es térmico** en los procesos de **largas frenadas de baja intensidad** (freno

Retorno de la rueda. Si son de pequeño tamaño pueden desaparecer con la acción de las zapatas

residual), donde la zapata puede descomponerse y aportar material adhiriéndose a la rueda.



Figura. 9-30 Excrecencias metálicas

1.4.4.2 Alteraciones Volumétricas del Material por Rebabas (Origen Térmico).



La rueda se calienta provocando un cambio estructural que fluye plásticamente hacia el exterior bajo las cargas dinámicas de servicio.

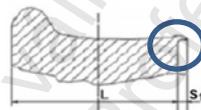


Figura. 9-31 Rebabas o resalte de chaffán

Se desarrolla un labio sobre la parte del bisel de la rodadura, apareciendo **más en locomotoras**:

Las causas que producen las rebabas pueden ser:

- **Fuertes pares de tracción.**
- **Ejes muy cargados.**
- **Actuación de zapatas sobre llanta**
- **Trayectos con numerosas curvas.**

No se debe confundir (figura de la derecha) con el desplazamiento del material de la banda de rodadura a nivel superficial deformándose solo el material cerca de la superficie, lo que significa que el chaffán del lado del campo dejará de ser perceptible en los casos graves.



Figura. 9-32 Desplazamiento de material

Retorno de la rueda, según los casos. Diferentes niveles de permisibilidad según PM.

1.4.4.3 Alteraciones Volumétricas del Material por Escamas (Origen Térmico).

Arrastres del material por cambio estructural, situado en la banda de rodadura con formación de **líneas en C** sensiblemente paralelas entre sí.

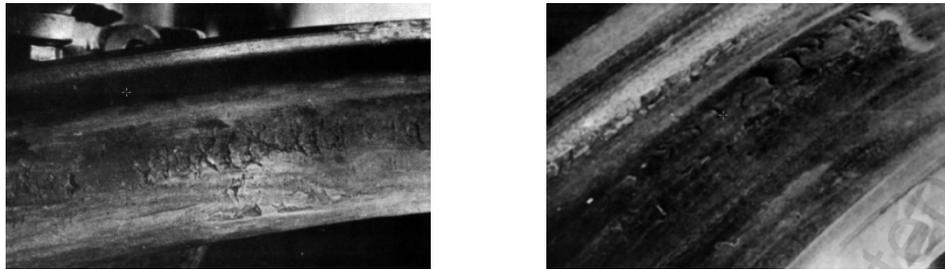


Figura. 9-33 Escamas

Salvo en los casos graves donde es recomendable el retorneo, el defecto desaparecerá por la acción propia de las zapatas de freno.

1.4.4.4 Alteraciones Volumétricas del Material por Exfoliaciones (Origen por Fatiga).

Defecto formado por **gran cantidad de fisuras en C** situadas a lo largo de toda la banda de rodadura, provocando en **ocasiones desprendimiento** de material dando lugar a **cavidades**

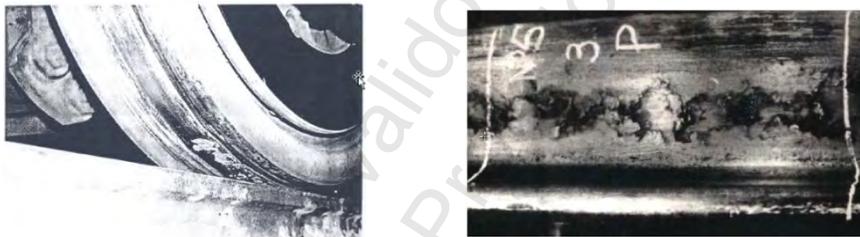


Figura. 9-34 Exfoliaciones

Salvo en los casos graves donde es recomendable el retorneo, el defecto desaparecerá por la acción propia de las zapatas de freno.

Se producen por **cargas excesivas** sobre las ruedas y **fatiga del material** produciendo desconchamientos y cavidades en la zona de contacto rueda y carril.

1.4.4.5 Alteraciones Volumétricas del Material por Escoriaciones o Coqueras (Origen Térmico y Fatiga).

Cavidades o desprendimientos exclusivamente de origen térmico de diferente tamaño, distribuciones o formas más o menos importantes afectando por cambio estructural a parte o todo el círculo de rodadura.

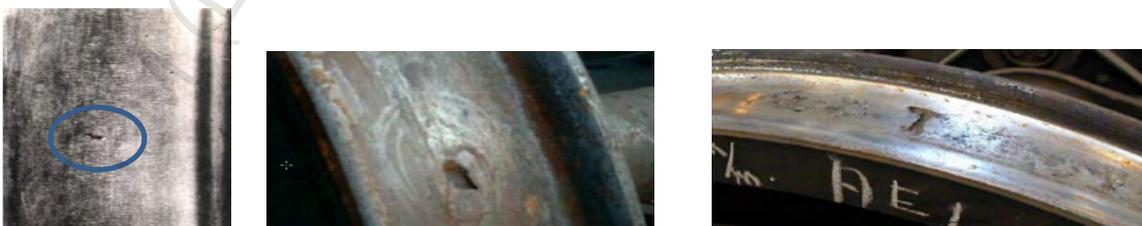


Figura. 9-35 Escoriaciones o coqueras

Estos desprendimientos son causados por, agrupación de fisuras inducidas por piel de sapo, fisuras térmicas en el centro por fuerte deslizamiento lateral, planos de bloqueo, patinajes, etc. en el centro de la banda de rodadura de la rueda provocando el desprendimiento del material.

Una vez originadas, tal agrupación de fisuras se propaga de manera significativa y conducen a un desprendimiento localizado en la banda de rodadura. Esto puede convertirse en un peligro incluso después de transcurrir un kilometraje, desde dicho desprendimiento.

Al principio el crecimiento de fisura tiene un ángulo de inclinación sobre la banda de rodadura, tendiendo a una orientación más radial, profundizando sobre dicha superficie. Debido a la presencia de deformación plástica local por las crecientes fuerzas laterales de deslizamiento, se observa a veces que el desarrollo de una

agrupación de fisuras por RCF, puede haber sido precedido por un desgaste severo en la banda de rodadura localizado.

Debido a la propagación en profundidad de las agrupaciones de fisuras "cluster", el tamaño del área afectada puede aparecer más

Retorno de rueda

extenso durante los reperfilados, como se puede apreciar en las imágenes inferiores.

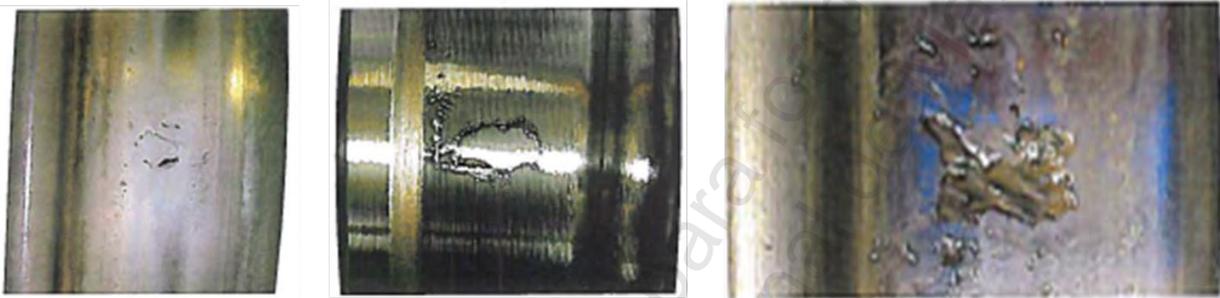


Figura. 9-36 Evolución de una coquera o escoriación

1.4.4.6 Alteraciones Volumétricas del Material por Hundimientos (Origen Térmico y Fatiga).

Hundimiento de la llanta en una zona definida con flujo de material hacia la cara exterior acompañada de planos y grandes escoriaciones.



Figura. 9-37 Hundimientos

Retorno de rueda

Flujo de material por graves anomalías de servicio, preferentemente planos de bloqueo repetitivos y cargas severas que debilitan material interno al provocar cambios estructurales.

1.4.5 Clasificación de defectos en ruedas. (Rodadura-Alteraciones Geométricas del Perfil)

1.4.5.1 Alteraciones Geométricas del Perfil por Desgastes. (Origen por infraestructura y Térmico)

Debido a que las medidas de la rueda se toman en el plano del círculo en la banda de rodadura, para las medidas de altura de la pestaña y anchura de la misma, el desgaste puede causar un incremento de dichas medidas, aunque realmente no son medidas reales, si no debidas a dicho desgaste.

El desarrollo de este tipo de desgaste afecta a la conicidad efectiva del eje montado. Si el desgaste aumenta, puede en ciertos casos afectar a la dinámica y a los límites de estabilidad del vehículo.

Si este tipo de desgaste es muy significativo en el centro de la banda de rodadura, puede causar el desarrollo de la llamada "falsa pestaña", como se puede apreciar en la figura.

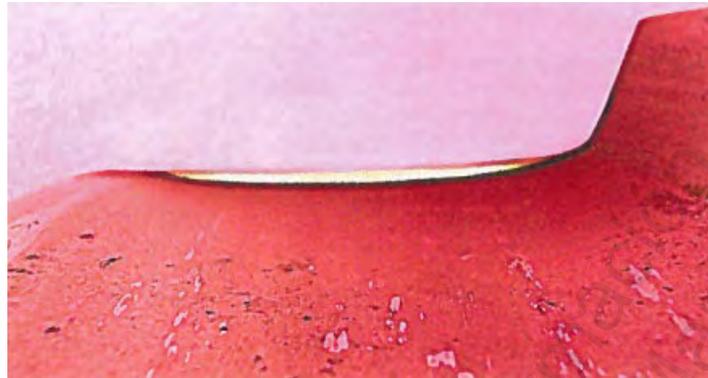


Figura. 9-38 Desgaste o acunamiento de banda de rodadura

No sólo puede afectar el desarrollo de una falsa pestaña en la dinámica del vehículo, si no también no conviene que ocurra, ya que puede ocasionar daños importantes tanto en la cabeza del carril como en los cambios y cruces de vía.

Retorno de confort

Este efecto de desgaste concentrado, a menudo se produce debido al uso de bogies de marcha muy estables que circulan preferentemente por rutas muy rectas. La interacción de las zapatas de frenado con la banda de rodadura puede, dependiendo de su configuración y la selección del material, también acelerar el desarrollo de este tipo de desgaste produciendo **aceleraciones laterales** y pérdidas de **estabilidad en la marcha**.

Una inadecuada selección del material o mala calidad del mismo también puede ocasionar este tipo de desgaste.

El desgaste durante los primeros kilómetros de vida de la rueda es uniforme en toda la banda de rodadura, siendo después mayor en dos zonas, cerca de la pestaña y en el extremo opuesto a la misma.

El desgaste de rueda y carril depende de la dureza de sus materiales y es, en general, bastante lento, alrededor de 1,5 a 3 mm de media cada 100.000 km. El aumento de la velocidad de los trenes ha producido un aumento del desgaste y de las tensiones.

El uso de aceros de mayor resistencia y la optimización de la lubricación llevada a cabo en los últimos años ha traído como consecuencia que el desgaste disminuya, pero a costa del aumento de la fatiga en la zona de rodadura.

El peso máximo por eje actualmente permitido en Europa es de 25.000 kg, aunque se están planteando la posibilidad de aumentar dicho peso máximo hasta los 30.000 kg para aumentar la capacidad de carga de los trenes, especialmente los de mercancías. Este aumento puede producir serios problemas, como un rápido desgaste de los carriles, daño en las juntas aislantes, riesgo de fallo de los carriles por fatiga y fractura, etc.

1.4.5.2 Alteraciones Geométricas del Perfil por Ranuras. (Origen Térmico).

Ranuras de aspecto brillante coincidentes con los bordes laterales de la zapata de freno afectando a todo el círculo de rodadura sobre

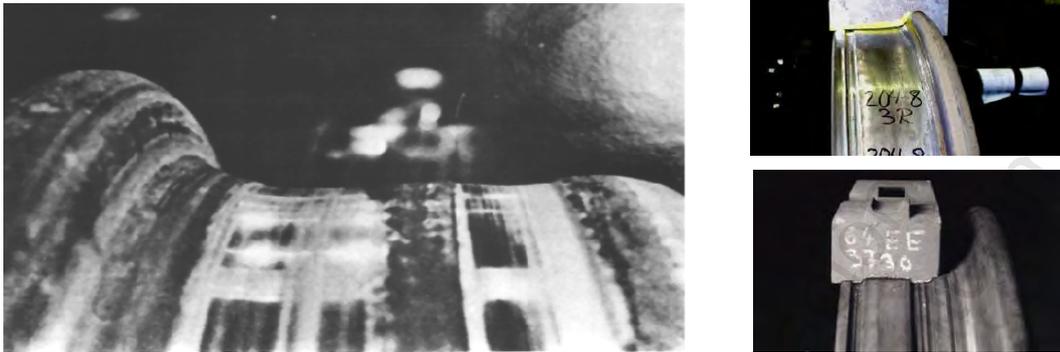


Figura. 9-39 Alteraciones geométricas con ranuras brillantes

la misma rueda.

Retorneo de la rueda, según los casos. Es corriente admitir ranuras de hasta 2 o 3 mm. de profundidad y 15 mm. de anchura.

Esta alteración se puede producir por el empleo de zapatas sintéticas de composición inadecuada o por deformaciones transversales de la propia zapata (por temperatura) ejerciendo presión solo en los laterales

1.4.5.3 Alteraciones Geométricas del Perfil por Rayas. (Origen Térmico)

El círculo de rodadura se ve afectado por un número determinado de rayas sensiblemente paralelas entre sí.

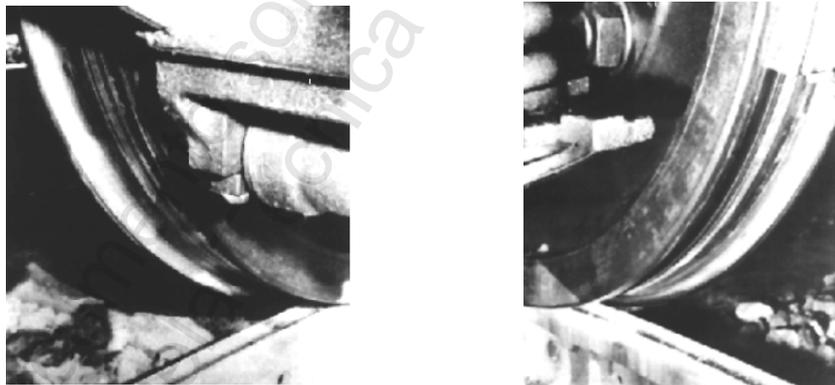


Figura. 9-40 alteraciones geométricas con rayas

Salvo excepciones definidas, la rueda puede continuar en servicio.

Producidas por:

- **Zapatas de fundición:** Material heterogéneo con puntos duros.
- **Zapatas de material sintético:** Material de composición inadecuada que, retiene las partículas metálicas desprendidas por la rueda y carril.

1.4.5.4 Alteraciones Geométricas del Perfil por Canales. (Origen por infraestructura)

Canales centrados sobre la banda de rodadura que, en ocasiones, pueden adquirir proporciones importantes.



Figura. 9-41 Canales o acanaladuras

Torneado de ruedas. Verificar engrase defectuoso. Controlar incrustaciones metálicas en zapatas

Se producen en **Líneas** con desproporción importante de **curvas hacia uno de los lados**. (Ruedas en curvas interiores)

Incrustaciones metálicas en zapatas que erosionan localmente la rueda produciendo canales.

1.4.5.5 Alteraciones Geométricas del Perfil por Marcas Superficiales. (Origen por infraestructura)

En ocasiones, se ha sabido de la existencia de cuerpos extraños en las vías que han creado estas imperfecciones en las ruedas, colocados deliberadamente en la cabeza del carril como resultado de un acto de vandalismo.

En la mayoría de los casos este tipo de daño afecta sólo a la apariencia de la rueda, aunque si se exceden los límites expuestos en el manual de mantenimiento, entonces las ruedas afectadas deben ser reperfiladas.

Partículas de arena desde los sistemas de arena de a bordo para mejorar la tracción o frenado pueden también crear estas marcas en la banda de rodadura. El tamaño de las marcas será por tanto proporcional al tamaño de grano de la arena usada en la respectiva red.



Marcas por cuerpos extraños

Fisura longitudinal superficial

Marcas por arena

Figura. 9-42 Marcas superficiales

Reperfilado de rueda

1.4.5.6 Alteraciones Geométricas del Perfil por Aflojamiento del Bandaje. (Origen Térmico)



Giro del bandaje con respecto al centro de rueda. En ocasiones se aprecia aflojamiento del cintillo.

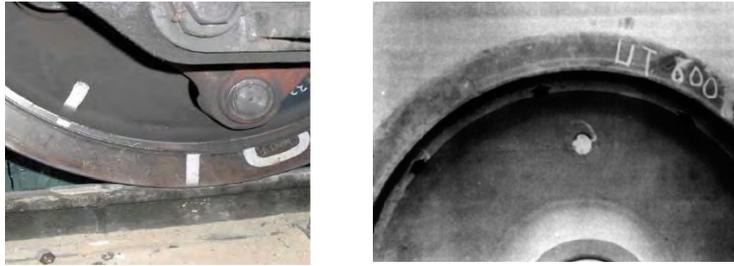


Figura. 9-43 Aflojamiento de bandaje

La rueda debe ser retirada del servicio

1.4.5.7 Alteraciones Geométricas del Perfil por Pérdida de Redondez. (Deformación)

Se caracteriza por una poligonización con uno o más defectos alrededor de la circunferencia de la rueda. Hundimiento local de la banda de rodadura.

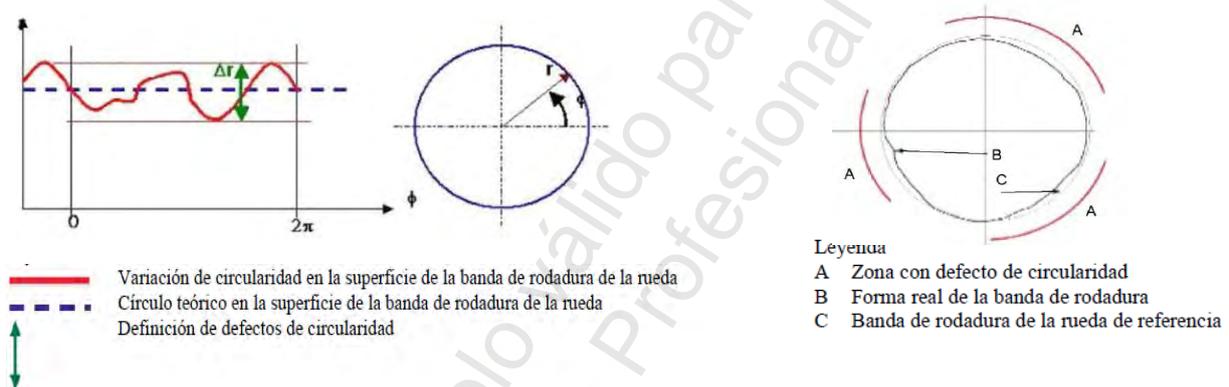


Figura. 9-44 Alteraciones por pérdidas de redondez

La pérdida de la redondez puede ser: **Periódica y Aleatoria.**

- **Periódica.** Cuando la pérdida de la redondez es regular **se puede determinar su forma** (Excéntrica, Oval y Triangular)

Por ejemplo, una rueda con pérdida de la circularidad de tercer orden, tiene una forma triangular y de cuarto orden tiene forma cuadrática.

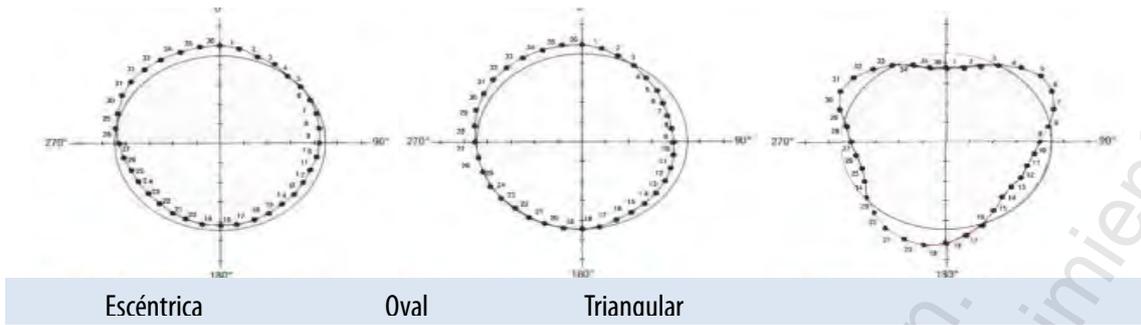


Figura. 9-45 Pérdidas de redondez de tipo periódico

Reperfilado de rueda

Este defecto es el resultado de una mala interacción con el carril o del proceso de mecanizado.

- **Aleatoria.** Cuando la pérdida de la **redondez es indeterminada** o aleatoria es por un proceso al que se llama estocástico.

24 puntos de control (10mm a cada lado de la zona de rodadura).

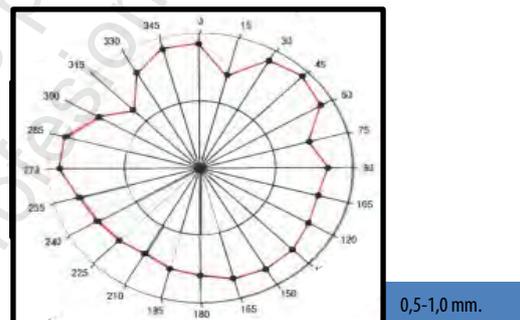


Figura. 9-46 Control de redondez

Después del primer o segundo reperfilado estas áreas de microestructura mixta, deben entonces ser eliminadas y desaparecer.

La magnitud de las irregularidades radiales desarrolladas debido a la presencia de una microestructura variada puede encontrarse en el rango de 0,5 – 1,0 mm.

Cuando se use tal aproximación manual las irregularidades radiales deberían ser medidas en al menos 24 puntos igualmente espaciados a lo largo de toda la circunferencia de la rueda sobre el plano de la banda de rodadura, así como a lo largo de dos planos situados a 10 mm a cada lado del plano de la banda de rodadura. Para ruedas de locomotora de grandes diámetros la resolución debe ser más fina, por tanto, las medidas se tomarán cada 36 o 48 puntos o cuando los resultados obtenidos sean los apropiados.

Se soluciona en el primer o segundo reperfilado al eliminar la microestructura variada

Este fenómeno a menudo se causa por la presencia de una microestructura muy variada dentro de la banda de rodadura, como resultado de la aplicación de los tratamientos térmicos durante la fabricación de la rueda.

La superficie de la banda de rodadura idealmente debería ser Perlítica y no debería contener ninguna mezcla adicional de Vainita y Martensita. Se genera normalmente por una microestructura mixta (Vainita y Martensita) de la banda de rodadura de la rueda, como resultado de problemas de tratamiento térmico durante la fabricación.

1.4.6 Clasificación de defectos en ruedas. En el Velo de la rueda.

Son fisuras circunferenciales que, partiendo de una zona defectuosa, se desarrollan por fatiga. Este tipo de fisuras pueden afectar a todo el espesor del velo y alcanzar grandes desarrollos circunferenciales, hasta producir la rotura brusca de la rueda.

Estas zonas defectuosas pueden ser defectos metalúrgicos, pliegues de forja o laminación, etc., capaces de generar una fisura bajo los grandes esfuerzos alternativos a los que se ve sometido el velo.

También pueden producirse por entallas de mecanizado o por un diseño incorrecto (partes delgadas, taladros de equilibrado, radios de acuerdo cerrados, zonas de rugosidad elevada).

Las tensiones en servicio, como son las producidas en curvas, producen en el velo un fenómeno de fatiga.

El momento más peligroso desde el punto de vista de la fatiga, es el paso a máxima velocidad por la curva de radio más pequeño.

La zona de transición entre la llanta y el velo es una zona peligrosa, donde el momento de flexión alternado causa fisuras de fatiga en el interior de las ruedas. Otra zona peligrosa es la zona del velo próximo al eje donde los valores de resistencia a fractura, son los más pequeños en toda la rueda.

El desarrollo de fisuras se asocia a las altas tensiones a tracción generadas tras frenadas prolongadas y bajo la acción de altas cargas verticales y laterales.

Generalmente se corresponden con fisuras de progresión axial producidas por defectos internos o aprietes excesivos durante la operación de calado. Este tipo de defecto no es muy común.

1.4.6.1 Clasificación de defectos en ruedas. (Velo- Fisuras)

- **Clasificación de defectos en ruedas. (Velo-Fisuras de origen metalúrgico)**

Fisuras circunferenciales que, **partiendo de una zona defectuosa**, se han desarrollado por fatiga.



Pueden afectar a todo el espesor del velo y alcanzar grandes desarrollos circunferenciales, hasta producir la rotura brusca de la rueda.

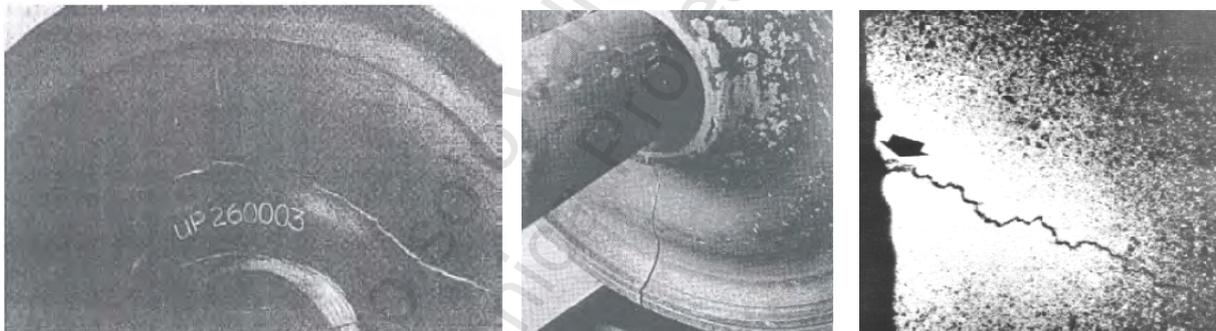


Figura. 9-47 Fisuras en el velo de la rueda

La rueda debe ser retirada del servicio

Defectos metalúrgicos, incrustaciones, pliegues de forja o laminación, etc., capaces de generar una fisura bajo los grandes esfuerzos alternativos a los que se ve sometido el velo en las curvas

- **Clasificación de defectos en ruedas. (Velo-Fisuras por entallas del mecanizado)**



Fisuras circunferenciales que parten de entallas del mecanizado concéntricas al eje, son capaces de generar una fisura bajo los grandes esfuerzos alternativos a los que se ve sometido el velo.

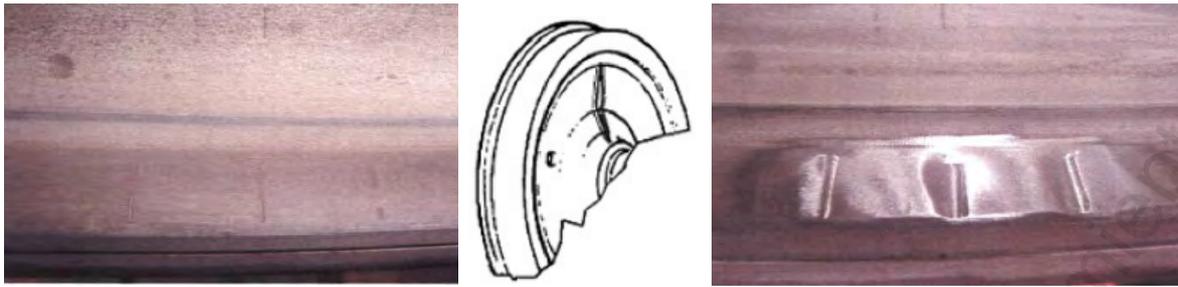


Figura. 9-48 Fisuras en velo por entallas del mecanizado

La rueda debe ser retirada del servicio

Entallas producidas por herramientas de sujeción para el calado o torneado

- **Clasificación de defectos en ruedas. (Velo- Fisuras por anomalías de servicio o del diseño)**



Fisuras circunferenciales originadas en las partes más débiles.
Zonas delgadas, taladros de arrastre, radios de acuerdo cerrados, zonas de rugosidad elevada, etc.

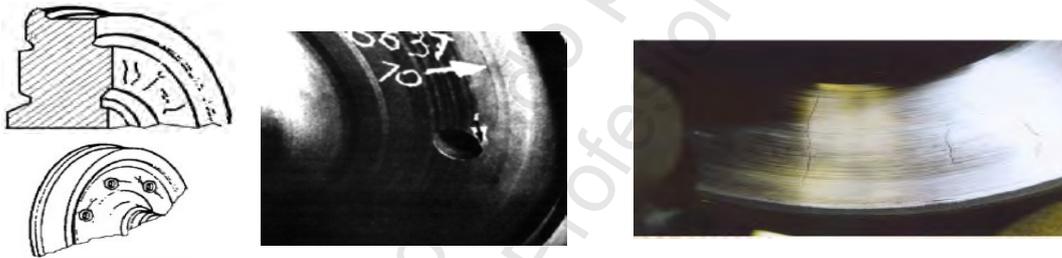


Figura. 9-49 Fisuras en el velo por anomalías del servicio o por diseño

La rueda debe ser retirada del servicio

- **Diseño incorrecto.**

Ruedas excesivamente solicitadas, sobrecarga de los vehículos o el trazado de la vía, cuyas especiales características deberían haberse tenido en cuenta a la hora de asignar el tipo de rueda.

1.4.6.2 Clasificación de defectos en ruedas. (Velo-Abertura de ruedas)

Aumento de la distancia existente entre caras internas de las ruedas correspondientes a un mismo eje montado.



Figura. 9-50 Apertura de ruedas

La rueda debe ser retirada del servicio según los casos

Calentamiento excesivo de la llanta preferentemente por una utilización acusada y continuada de las zapatas de freno por ejemplo por freno residual.

1.4.7 Clasificación de defectos en ruedas. En el cubo de la rueda.

Generalmente se corresponden con fisuras de progresión axial producidas por defectos internos o aprietes excesivos durante la operación de calado, no siendo muy habitual.

1.4.7.1 Clasificación de defectos en ruedas. Fisuras Radiales.



Fisuras de progresión radial que puede afectar a una parte importante del cubo.

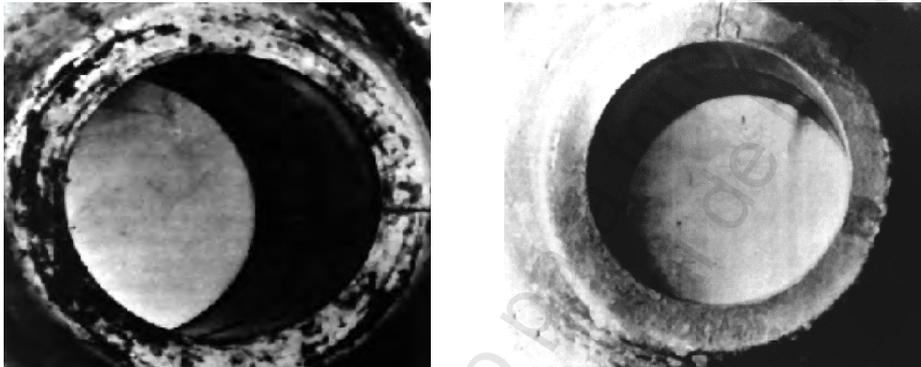


Figura. 9-51 Fisuras radiales en el cubo

La rueda debe ser retirada del servicio

Defectos internos de orientación radial o aprietes excesivos durante la operación de calado.

1.4.7.2 Clasificación de defectos en ruedas. Desplazamientos de Ruedas



Desplazamiento de la rueda (hacia el centro del eje o hacia la mangueta) con respecto al eje.



Figura. 9-52 Decalaje o desplazamiento de ruedas

La rueda debe ser retirada del servicio

Apriete deficiente entre rueda y cuerpo de eje.

Calentamientos excesivos de la llanta hasta el cubo, coincidentes con golpes bruscos de vía.

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)

2. BIBLIOGRAFÍA

ESTUDIO DE LA DEFECTOLOGÍA EN RUEDAS FERROVIARIAS

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Norma Técnica de Mantenimiento NTM 1000-004-00 (Parámetros de rodaje)

Norma UNE-EN 13262. *Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados, bogies y ruedas*. AENOR. 2005.

Norma DIN 50 602. *Microscopic examination of special steels using standard diagrams to assess the content of non-metallix inclusions*.

Norma UNE-EN 13979-1. *Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados, bogies y ruedas monobloque. Procedimiento de aprobación técnica. Parte 1: Ruedas forjadas y laminadas*.

Norma ASTM E399. *Standard Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials*.

Norma ASTM E992. *Determination of a fracture toughness of steels using equivalent energy methodology*.

Documentación de la asignatura Ferrocarriles. 5º Ingeniería Industrial Universidad Carlos III de Madrid.

Documentación de la asignatura Tecnología de Máquinas. 4º Ingeniería Industrial Universidad Carlos III de Madrid.

Documentación de la asignatura Fractura y Fatiga de Componentes Mecánicos. 4º Ingeniería Industrial Universidad Carlos III de Madrid.

Documentación de la asignatura Comportamiento en Servicio. 4º Ingeniería Industrial Universidad Carlos III de Madrid.

Documentación de las asignaturas Materiales I y II. 2º Ingeniería Industrial Universidad Carlos III de Madrid.

Documentación de NTMK, empresa situada en Rusia productora de una amplia gama de productos ferroviarios.

Documentación de CAF, Constructor y Auxiliar de Ferrocarriles.

Documentación de Bombardier, fabricante de vehículos ferroviarios.

Documentación de Lucchini Sidermeccanica, empresa líder mundial en diseño y producción de ejes montados para alta velocidad calida

Documento solo válido para formación.
ETPM (Escuela Técnica Profesional de Mantenimiento)



renfe