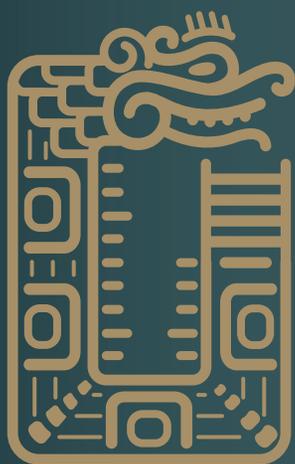


**KAANBAL**

**PROGRAMA DE  
TRANSFERENCIA  
DE CONOCIMIENTO**

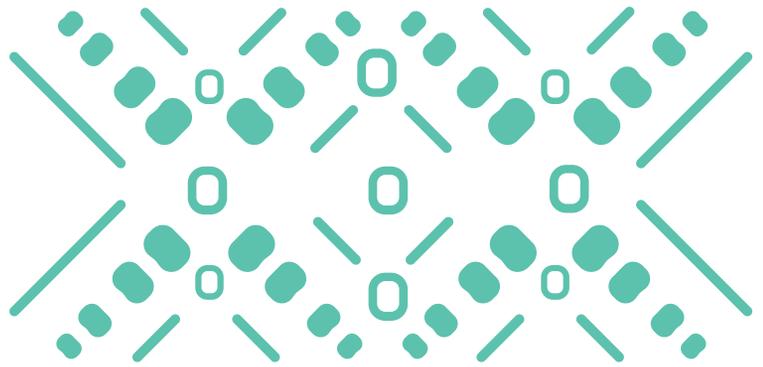


**TREN  
MAYA**  
TSÍIMIN K'ÁAK

**Lección 2**



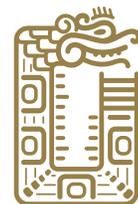
**Lección 2**



*CURSO 9*

# ***Material Rodante***

*con Isaac Fonseca Monrreal*



**TREN  
MAYA**  
TSÍIMIN K'ÁAK

# ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Partes del Material Rodante</i>	.....	4
<i>Imagen 2: Cabina de Acero al Carbón pintada</i>	.....	5
<i>Imagen 3: Bastidor y costado de aluminio</i>	.....	6
<i>Imagen 4: Interacción Rueda-Carril</i>	.....	6
<i>Imagen 5: Eje montado (ruedas, reductora y caja de grasa)</i>	.....	7
<i>Imagen 6: Elementos principales de una rueda</i>	.....	8
<i>Imagen 7: Tipo de enganche automático</i>	.....	9
<i>Imagen 8: Tipo de enganche semipermanente de tren (tipo muela)</i>	.....	9
<i>Imagen 9: Ejemplos de pasillos de circulación</i>	.....	10
<i>Imagen 10: Ejemplo de cabina de un tren</i>	.....	11
<i>Imagen 11: Ejemplo de locomotora de carga</i>	.....	12
<i>Imagen 12: Bogie tipo remolque para el Tren Maya</i>	.....	12
<i>Imagen 13: Bogie con motor eléctrico</i>	.....	13
<i>Imagen 14: Ejemplo del Bogie sin motor</i>	.....	13
<i>Imagen 15: Bogie articulado que comparte dos coches</i>	.....	13
<i>Imagen 16: Bogie no articulado, en un solo coche</i>	.....	14
<i>Imagen 17: Ejemplo de pantógrafo</i>	.....	14
<i>Imagen 18: Ejemplo de banco de baterías para iluminación de trenes</i>	.....	15
<i>Imagen 19: Frenos de disco del Tren Maya</i>	.....	17
<i>Imagen 20: Sistema de tracción inicial (Power Pack)</i>	.....	18
<i>Imagen 21: Sistema de neumático y freno</i>	.....	18
<i>Imagen 22: Ejemplo del sistema ERTMS</i>	.....	18
<i>Imagen 23: Sistema de control automático de trenes, baseline 3</i>	.....	19
<i>Imagen 24: Sistema GSM-R</i>	.....	19
<i>Imagen 25: Sistemas de alimentación</i>	.....	20
<i>Imagen 26: Sistema de HVAC, se instala en la parte superior de los coches</i>	.....	20
<i>Imagen 27: Sistema de Suspensión del Tren Maya</i>	.....	20
<i>Imagen 28: Fotografía ilustrativa de la suspensión primaria</i>	.....	21
<i>Imagen 29: Fotografía ilustrativa de la suspensión secundaria</i>	.....	21
<i>Imagen 30: Ejemplo ilustrativo del interior e iluminación del Tren Maya</i>	.....	22

# LECCIÓN 2

## MATERIAL RODANTE

### Características técnicas del material rodante de pasajeros y carga

En este segundo tema, estudiaremos los componentes esenciales, características, similitudes, diferencias, sistemas y equipamientos principales que conforman al material rodante de carga y pasajeros, entendiendo su funcionamiento y su interacción con la vía, para que sea considerado un sistema de transporte eficaz.

### Partes principales del material rodante de pasajeros y carga

Desde la aparición de los primeros vehículos ferroviarios, hace casi 200 años, la evolución tecnológica que ha requerido la demanda de utilización de estos vehículos ha sido constante, desde los diferentes tipos de tracción hasta los diferentes tipos de control que existen en la actualidad. La clasificación de estos es diferente en función del criterio utilizado, existiendo distintos tipos de nomenclaturas y clasificaciones.

Todos los vehículos ferroviarios contemplan una serie de partes funcionales comunes. El material rodante para el servicio de pasajeros y carga está constituido por una serie de partes con funciones muy concretas. A su vez, cada parte funcional está formada por un conjunto de componentes o elementos adicionales.

Las partes que en conjunto forman a un material rodante de pasajeros y carga son las siguientes:

### Imagen 1: Partes del Material Rodante



Fuente: El País. (2023). La ruta del Tren Maya: Estación por estación. El País. <https://elpais.com/mexico/2023-12-15/la-ruta-del-tren-maya-estacion-por-estacion.html>

## Estructura o Carrocería

Esta parte está formada por materiales metálicos principalmente, los cuales en conjunto forman la caja del coche, el bastidor de la caja y las estructuras de absorción de choques. Los materiales que actualmente se utilizan en el material rodante de carga y pasajeros son los siguientes:

- Acero con alguna aleación.
- Aluminio

Los coches del Tren Maya de forma estructural contienen Acero con una aleación al Carbón y Aluminio de la siguiente manera:

Partes de Acero al Carbón:

- Pieza soporte de Bogies (Travesaño).
- Pieza soporte de enganches.

### **Imagen 2: Cabina de Acero al Carbón pintada**



Fuente: Forbes (2024). Toma forma el primer convoy del Tren Maya en planta de Alstom en Hidalgo. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/toma-forma-el-primer-convoy-del-tren-maya-en-planta-de-alstom-en-hidalgo/>

Partes de Aluminio:

- Bastidor
- Costados.
- Techo.
- Partes frontal y trasera de cada caja del coche.
- Uniones superiores e inferiores (izquierdo y derecho respectivamente).
- Cabina de conducción.

### **Imagen 3: Bastidor y costado de aluminio**

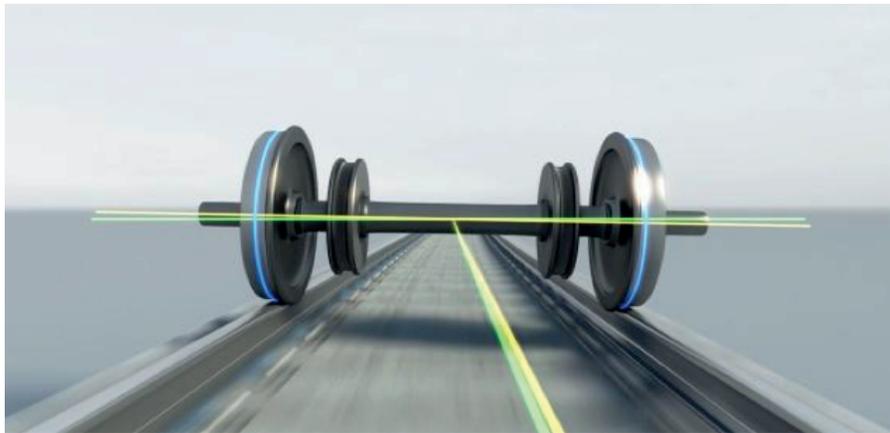


Fuente: Forbes (2024). Toma forma el primer convoy del Tren Maya en planta de Alstom en Hidalgo. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/toma-forma-el-primero-convoy-del-tren-maya-en-planta-de-alstom-en-hidalgo/>

### **Rodadura del material rodante**

El sistema de Rodadura del Material Rodante está formado por una serie de componentes instalados dentro de los bogies para el sistema de pasajeros y Trucks para el sistema de carga, dichos componentes están formados por ejes, bastidores, suspensiones, etc.

### **Imagen 4: Interacción Rueda-Carril**



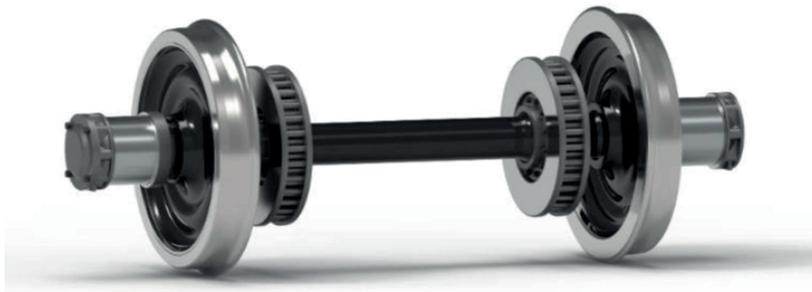
Fuente: Voestalpine Railway Systems. (s.f.). Optimización del contacto rueda-carril. voestalpine. <https://www.voestalpine.com/railway-systems/es/services/optimizacion-del-contacto-rueda-carril/>

Los componentes principales que forman la parte de rodadura del material rodante son:

- **Ruedas y ejes montados**

Las ruedas utilizadas en el ferrocarril son de acero, van unidas a un eje forman-

## **Imagen 5: Eje montado (ruedas, reductora y caja de grasa)**



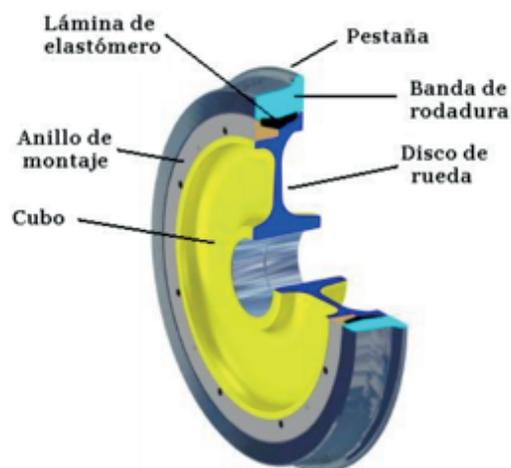
Fuente: Repreind. (s.f.). Repuestos ferrocarril. <https://repreind.cl/repuestos-ferrocarril/>

Las ruedas deben de:

- Cumplir unas características geométricas.
- Soportar la fuerza estática vertical y una velocidad máxima.
- Soportar temperaturas máximas durante el frenado.
- Transmitir al carril los esfuerzos.
- Guiar al vehículo por la vía.

El montaje de la rueda en el eje se hace mediante calado de esta a través de una prensa. El diámetro del agujero en donde va el eje es ligeramente inferior al que va a tener luego montada, se calienta térmicamente previamente la rueda antes de ser calada la misma.

## **Imagen 6: Elementos principales de una rueda**



Fuente: Ruiz Sandoval, E. (2010). Metodología de mejora de procesos para el desarrollo de software ágil: Aplicación en una empresa tecnológica (Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid). Archivo Digital UPM. [https://oa.upm.es/9836/1/PFC\\_08402373\\_Elia\\_Ruiz\\_Sandoval.pdf](https://oa.upm.es/9836/1/PFC_08402373_Elia_Ruiz_Sandoval.pdf)

## Enganches o Acoplamientos

Las unidades de material rodante autopropulsado, denominadas así al conjunto de coches que pueden funcionar autónomamente, disponen de elementos de unión mecánica, neumática, eléctrica y electrónica entre sus coches y entre unidades, estos elementos se denominan enganches o acoplamientos. Existen varios tipos de acoplamientos, en esta lección estudiaremos dos tipos:

- Acoplamientos automáticos
- Acoplamientos semipermanentes.

### Acoplamiento automático

Se encuentran en los extremos de la unidad, utilizados principalmente para la unión de trenes, esto se debe a que están compuestos por accionamientos motorizados que permiten acoplar entre sí dos unidades.

Los sistemas de enganches o acoplamientos automáticos no son muy diversos en el mercado, existiendo pocos especialistas en su diseño y construcción.

#### **Imagen 7: Tipo de enganche automático**



Fuente: Radrigán, F (2019). Enganche Scharfenberg AS-2002 [Fotografía]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/porlaviadel-tren/46799082584>

### Acoplamiento Semipermanente

Como vimos al principio del tema, una unidad autopropulsada está formada por varios coches, dichos coches están unidos entre sí de una forma denominada semipermanente, esto quiere decir, que, si la operación ferroviaria lo amerita y el diseño del Material Rodante lo permite, se pueden separar y formar trenes más largos o complejos.

Los acoplamientos semipermanentes son mecánicamente mucho más simples que los automáticos, pues se basan en una importante barra de tracción que se encarga de soportar los esfuerzos de compresión.

## **Imagen 8: Tipo de enganche semipermanente de tren (tipo muela)**



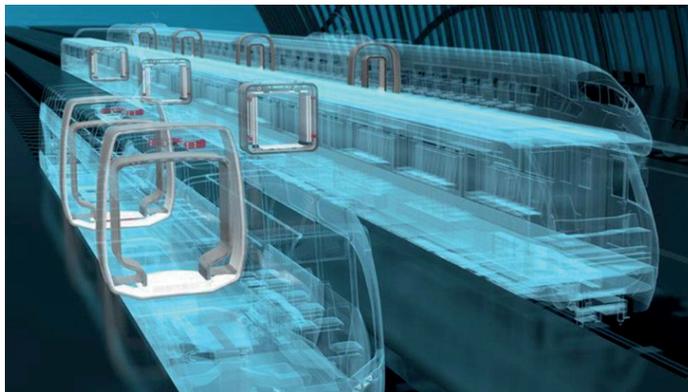
Fuente: ESA. (2023). Enganche de tren. Animalia Life. <https://esa.animalia-life.club/enganche-de-tren>

## **Pasillos de Intercirculación**

A lo largo de la historia de la industria ferroviaria existía el criterio de imposibilitar el paso de unos coches a otros desde el interior, cerrando la zona intermedia y en otros casos se habilitaban puertas de paso; sólo utilizables por personal del servicio o en caso de emergencia.

Actualmente se tiende, cada vez más, por razones de mejora del espacio y la distribución interior de los pasajeros, por cuestiones estéticas y por razones de seguridad, se habilitó que la zona de unión entre los coches sea un espacio accesible. Los elementos intermedios de los que hablamos son denominados pasillos de Intercirculación, mecánicamente son complejos, ya que se montan por encima de la zona de acoplamiento y son costosos por mantener, ya que el fuelle de unión se encuentra sometido a un gran número de compresión y tracción a lo largo de su vida útil, por lo que el diseño de estos elementos, consideran valores altos en su flexibilidad y mantenibilidad.

## **Imagen 9: Ejemplos de pasillos de circulación**



Fuente: Systecsa. (2024). Pasillos inter-circulación para trenes. Systecsa. <https://systecsa.cl/soluciones/pasillos-inter-circulacion-para-trenes/>

## Cabina de conducción

La cabina de conducción del tren es un espacio fundamental en el transporte ferroviario. Es el lugar donde los conductores y maquinistas controlan y dirigen el tren, garantizando la seguridad y eficiencia del viaje.

La cabina de conducción está diseñada ergonómicamente para proporcionar comodidad y facilidad de movimiento al conductor y al maquinista. Está equipada con asientos ajustables, paneles de control, pantallas de visualización y otros dispositivos esenciales para el monitoreo y control del tren.

La cabina de conducción está equipada con una amplia gama de instrumentos y dispositivos para facilitar el control y monitoreo del tren. Estos son algunos de los equipos comunes que se encuentran en la cabina:

**Panel de control:** El panel de control es el centro de operaciones en la cabina. Aquí se encuentran los controles para acelerar, frenar y cambiar de dirección, así como otros interruptores y botones esenciales.

**Pantallas de visualización:** Las pantallas de visualización proporcionan información en tiempo real sobre la velocidad, la señalización y otros datos relevantes para el conductor y el maquinista.

**Dispositivos de comunicación:** Estos dispositivos permiten la comunicación bidireccional entre la cabina y la torre de control. Pueden ser teléfonos, radios o sistemas de comunicación interna.

**Sistemas de seguridad:** La cabina también cuenta con sistemas de seguridad, como el sistema de frenado de emergencia, que se activa en caso de situaciones peligrosas o emergencias.

### **Imagen 10: Ejemplo de cabina de un tren**



Fuente: CAF. (s.f.). Control de tren y comunicación. <https://www.caf.net/es/innovacion-tecnologia/control-tren-comunicacion.php>

## Locomotoras

Se denomina locomotora al material rodante con motor que se utiliza para dar tracción a los trenes, siendo, por tanto, una parte fundamental de estos. La palabra "locomotora" proviene del latín "loco", ablativo de "locus", que significa lugar, y del latín medieval "motivus", que significa provocar movimiento.

La Locomotora es un vehículo de tracción que puede separarse del conjunto del tren, incluso durante la operación. No está destinada a transportar carga útil (viajeros o mercancías). Puede circular en ambos sentidos con las mismas prestaciones y funcionalidades (tiene dos cabinas).

Las locomotoras diésel son aquellas que utilizan como fuente de energía la producida por un motor de combustión interna de ciclo diésel, estos motores pueden ser de dos o cuatro tiempos, siendo muy utilizados los de dos tiempos. La transmisión de la potencia se realiza con transmisión mecánica convencional en pequeñas locomotoras de maniobra y máquinas auxiliares. En locomotoras de mayor potencia, la transmisión mecánica no es adecuada y se sustituye por la transmisión hidráulica o eléctrica.

### ***Imagen 11: Ejemplo de locomotora de carga***



Fuente: El Universal (2027). Visión Industrial. <http://visionindustrial.com.mx/industria/noticias/alstom-dara-mantenimiento-a-locomotoras-de-ferromex>

## Bogies

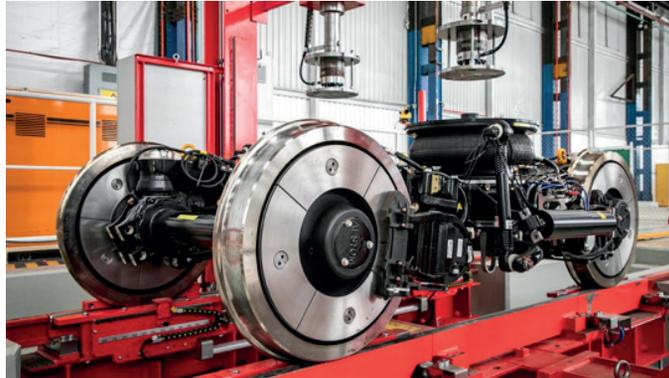
El bogie es uno de los elementos mecánicos más importantes de los vehículos ferroviarios.

Es un elemento de rodadura que está constituido fundamentalmente por un conjunto de ejes montados en paralelo que van apoyados en una estructura metálica denominada bastidor de bogie sobre la que va unida la caja del vehículo a través de un pivote vertical que permite que el bogie gire independientemente de la caja en curvas.

Las principales funciones del bogie son las siguientes:

- Sustentar el peso de la caja.
- Transmitir las fuerzas de tracción y frenado generadas en el bogie a la caja.
- Guiar al vehículo a lo largo del trazado.
- Proporcionar una mayor estabilidad y confort absorbiendo las vibraciones transmitidas por el eje montado (defectos vía, movimiento de lazo, etc.)

### **Imagen 12: Bogie tipo remolque para el Tren Maya**



Fuente: Forbes México. (2023). Así toma forma el primer convoy del Tren Maya en planta de Alstom en Hidalgo. Forbes. <https://www.forbes.com.mx/toma-forma-el-primer-convoy-del-tren-maya-en-planta-de-alstom-en-hidalgo/>

### **Clasificación de los bogies:**

Los Bogies se pueden clasificar dependiendo del número de ejes pueden ser de 1, 2, 3 o más ejes, el más utilizado es el de 2 ejes. Atendiendo a si tiene eje motor:

- Bogie motor: Tiene algún eje montado motor.

### **Imagen 13: Bogie con motor eléctrico**



Fuente: Allert, F (2013). Flex Compact: The most successful bogie platform for regional and commuter trains. Global Railway Review. <https://www.globalrailwayreview.com/article/19492/flex-compact-the-most-successful-bogie-platform-for-regional-and-commuter-trains/>

- Bogie portador o remolcado: No tiene ningún eje montado motor

**Imagen 14: Ejemplo del Bogie sin motor**



---

Fuente: Repreind. (2023). Repuestos para ferrocarril. Recuperado de <https://repreind.cl/repuestos-ferrocarril/>

Atendiendo a la dinámica del bogie:

- Bogie articulado: Soporta/transmite los esfuerzos mecánicos de/a dos coches adyacentes compartiendo órganos de rodadura.

**Imagen 15: Bogie articulado que comparte dos coches**



---

Fuente: Wikipedia. (2023). Bogie compartido. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Bogie\\_compartido](https://es.wikipedia.org/wiki/Bogie_compartido)

- Bogie no articulado: Soporta/transmite los esfuerzos mecánicos de/a un único coche no compartiendo órganos de rodadura de coches distintos.

**Imagen 16: Bogie no articulado, en un solo coche**



---

Fuente: Adobe Stock. (s.f.). Eisenbahn waggon drehgestell [Imagen]. Adobe Stock. <https://stock.adobe.com/es/images/eisenbahn-waggon-drehgestell-2/31049508>

## Pantógrafo

El pantógrafo es el primer elemento que realiza la captación de corriente en un sistema de alimentación eléctrica, se encuentra instalado en el techo del coche para tomar la corriente por la catenaria.

Las características principales o datos técnicos en cualquier pantógrafo ferroviario son los siguientes:

- Peso total del conjunto.
- Altura y longitud en reposo.
- Recorrido desde la posición de reposo y altura máxima de trabajo.
- Tensión o márgenes de tensión eléctrica de funcionamiento.
- Corriente máxima y nominal.
- Presión de contacto estática
- Velocidad máxima de operación.
- Tipo de frotador y tamaño de éste.

### **Imagen 17: Ejemplo de pantógrafo**



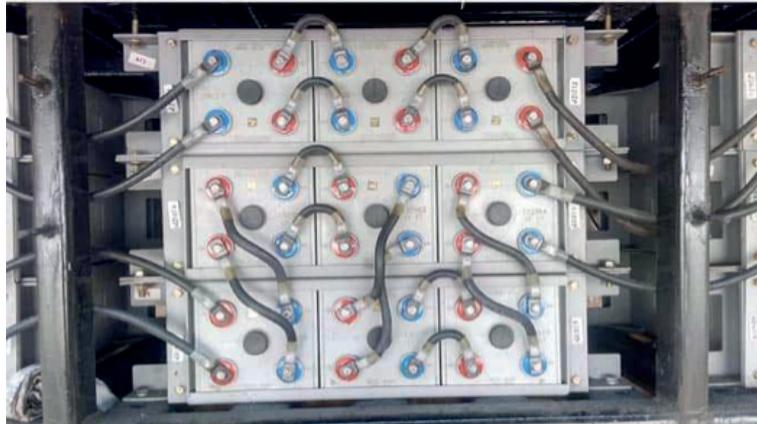
Fuente: Idun Truckled. (s.f.). Double arm railway pantograph design <https://www.iduntruckled.com/railway-pantograph/-double-arm-railway-pantograph-design.html>

## Baterías

Las Baterías del Material Rodante son consideradas como un elemento crucial, además de utilizarse como elemento de generación de energía básico e inicial en la puesta en servicio, es el equipo fundamental para alimentar servicios fundamentales (alumbrado, ventilación, radiotelefonía, etc.) en situaciones de emergencia o de falta de tensión de la alimentación de tracción.

La capacidad de cualquier batería se mide en amperios/hora. La capacidad real útil es menor con descargas rápidas que con descargas lentas, cuando una batería está descargada, se debe a que la materia activa que se encuentra dentro se encuentra dañada.

### **Imagen 18: Ejemplo de banco de baterías para iluminación de trenes**



Fuente: Microtex India. (2024). Tren iluminación batería. Recuperado de <https://microtexindia.com/es/productos-de-bateria/tren-iluminacion-bateria/>

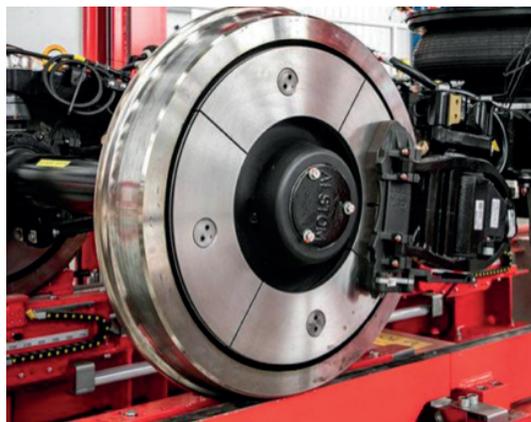
### **Frenos**

El sistema de freno permite reducir la velocidad, mantener la velocidad en una pendiente o detener el tren dentro de una distancia de máximo de frenado accesible. Así mismo debe permitir la inmovilización del tren de manera segura e indefinida.

El sistema de control del freno tiene tres modos de funcionamiento: el freno de servicio, el de emergencia (ambos proporcionan la función principal del frenado) utilizados durante la explotación y un sistema de freno de estacionamiento. Estas tres funciones de control del freno son obligatorias.

En el freno de servicio como el de emergencia se dispone de una señal de aplicación de freno que se transmite desde un mando central a todo el tren por una línea de control. Cualquier fallo de la línea de control da lugar a la activación del freno de todos los vehículos del tren.

### **Imagen 19: Frenos de disco del Tren Maya**



Fuente: Forbes México. (2023). Toma forma el primer convoy del Tren Maya en planta de Alstom en Hidalgo. <https://www.forbes.com.mx/toma-forma-el-primer-convoy-del-tren-maya-en-planta-de-alstom-en-hidalgo/>

Los diferentes modos en los que se puede utilizar el freno son los siguientes:

### **Freno de servicio**

Este sistema permite durante la operación reducir la velocidad, mantener la velocidad en pendiente, parar el vehículo e inmovilizarlo durante un periodo temporal (no indefinido como el freno de estacionamiento).

Se considera que es automático porque cualquier fallo en la línea de control de esta deriva en un frenado y detención del vehículo. El sistema de freno que utiliza para la función de freno de servicio es por tubería de aire comprimido siendo este sistema el más extendido en el material rodante de todo el mundo.

### **Freno eléctrico**

También denominado freno dinámico. Los vehículos de tracción eléctrica pueden utilizar el modo de funcionamiento de generador de los motores para frenar el vehículo, este modo de funcionamiento conlleva la generación de energía eléctrica. La energía cinética se convierte en energía eléctrica procediéndose al frenado del vehículo.

Esta energía eléctrica puede ser inyectada a la catenaria (freno de recuperación) o si esta no es capaz de absorber esta energía se convierte en calor al hacerla circular a través de una resistencia eléctrica que hay en el propio tren (freno reostático).

### **Freno de estacionamiento**

El sistema de freno de estacionamiento se utiliza cuando el vehículo está estacionado, permite la aplicación de una fuerza de frenado sin ninguna energía disponible a bordo durante un periodo de tiempo ilimitado.

Para unidades autopropulsadas y locomotora la orden de freno de estacionamiento se activa automáticamente cuando se desconecta la unidad, en otras se acciona a través de un pulsador que tiene un logo establecido.

### **Freno de auxilio**

También denominado freno directo. El sistema de freno de auxilio se utiliza cuando la parte de mando del freno principal (BCU, manipulador de freno, etc.) está inoperativo de manera que permite la aplicación de un esfuerzo de freno al vehículo de manera independiente al freno principal.

Mediante un manipulador se envía neumáticamente el valor de presión de mando generado por este manipulador a la válvula que genera la presión de TFA con gran caudal.

## Freno de emergencia

El sistema de freno de emergencia permite la aplicación de un esfuerzo de frenado predefinido en un tiempo de respuesta máximo establecido al fin de detener el vehículo con un nivel de prestaciones de frenado máximas.

El frenado de emergencia en función de la causa que lo origina se distinguen los siguientes casos durante el servicio:

- El frenado de emergencia se produce por un sistema automático de control (hombre-muerto, equipo de señalización, avería grave en equipos de mando y control de freno, tirador de alarma, etc).
- El frenado de emergencia se produce por la activación del tirador de alarma (en determinados trenes).
- El frenado de emergencia se produce por el corte de tren (rotura de TFA, rotura de TDP, etc.).
- El frenado de emergencia se produce por la actuación del maquinista bien a través del manipulador de freno o bien sobre la seta de urgencia.

## Sistemas principales del Material Rodante

**Sistema de tracción:** lo conforman todos los elementos que se conectan para que el Material Rodante pueda desplazarse sobre la vía principal, a continuación, mencionaremos los sistemas de tracción más utilizados.

En el caso de tracción eléctrica, está formado por los pantógrafos, transformadores, convertidores estáticos, motores eléctricos, acoplamientos y transmisiones.

En el caso de tracción diésel, está formado por los depósitos de gasóleo, bombas de combustible, dispositivos de extinción automática de incendios, motores diésel y transmisión hidráulica.

En el caso de tracción diésel – eléctrica, está formado por depósitos de gasóleo, bombas de combustible, motores diésel, generadores, convertidores estáticos, motores eléctricos, acoplamientos y transmisiones.

Recordemos que el Tren Maya tiene un sistema de tracción diésel-eléctrico, por lo que es importante que recuerdes las partes que lo componen.

### **Imagen 20: Sistema de tracción inicial (Power Pack)**



Fuente: Foto proporcionada por el personal de Tramo.

**Sistema neumático y freno:** contempla los equipos de producción de aire, los distintos circuitos neumáticos (TDP y TFA), paneles neumáticos, cilindros de freno, timonería de freno, guarniciones o zapatas, así como los equipos electrónicos de control de este (BCU, antibloqueo y antideslizamiento).

**Imagen 21: Sistema de neumático y freno**



Fuente: Fotos proporcionadas por el personal de Tramo.

**Sistema de señalización:** lo forman los distintos equipos de señalización que contempla el vehículo (ERTMS/ETCS, LZB, etc.).

**Imagen 22: Ejemplo del sistema ERTMS**



Fuente: Trenvista. (s.f). Alstom firma con RFI el contrato para instalar ERTMS en 1.400 km de vías. Trenvista. <https://www.trenvista.net/infraestructuras/alstom-firma-con-rfi-el-contrato-para-instalar-ertms-en-1-400-km-de-vias/>

**Sistema de mando, control y diagnosis:** lo forman los equipos de mando y diagnosis (manipuladores, pantallas, pulsadores, etc.), así como la red TCN que utiliza para la transmisión de información.

**Imagen 23: Sistema de control automático de trenes, baseline 3**



Fuente: Tesmec. (s.f). Sistema de control automático de trenes SCMT/SSC Baseline 3. Tesmec. <https://www.tesmec.com/es/sistema-de-control-automatico-de-trenes-scmssc-baseline-3>

**Sistema de comunicaciones:** lo forman los equipos de comunicación ‘tren -tierra’ (TT analógico, GSM-R, etc.).

### **Imagen 24: Sistema GSM-R**



Fuente: Funkwerk. (2022). Training. Funkwerk. <https://funkwerk.com/en/training/>

**Sistema de alimentación de servicios auxiliares:** Sistema de alimentación en baja tensión en el que se incluye el convertidor de servicios auxiliares, baterías, transformado de servicios auxiliares, circuitos eléctricos y cuadros de distribución eléctrica.

### **Imagen 25: Sistemas de alimentación**



Fuente: Fotos proporcionadas por el personal de Tramo.

**Sistema de climatización:** Se define como sistema de climatización ferroviaria (ventilación, calefacción, refrigeración y filtrado) como el conjunto de medios que permiten mantener la atmosfera de un coche a una presión y un grado de humedad y temperatura especificados, conservando la calidad del aire determinada.

El conjunto del HVAC se hace mediante unidades cada vez más compactas; situadas en el techo o bajo bastidor de los coches. Para el Tren Maya, se encuentran instalados en el Techo.

## **Imagen 26: Sistema de HVAC, se instala en la parte superior de los coches**



Fuente: Hispacold. (s.f). Sistemas de climatización para vehículos ferroviarios - S200. <https://www.hispacold.es/es/vehiculos-ferroviarios/productos/4/s200>

**Sistema de Suspensión:** La suspensión de los vehículos ferroviarios es un sistema que tiene como función absorber las vibraciones y golpes transmitidos desde la vía al vehículo y asegurar un comportamiento de marcha estable y confortable

Las irregularidades de la vía y su interacción con la rueda generan una serie de vibraciones de amplitud y frecuencia variable que se transmiten al resto del vehículo. Estas vibraciones pueden dar lugar a situaciones molestas de confort y/o a situaciones peligrosas de inestabilidad de bogie. También, una vez que está establecida la vibración en el vehículo, se transmiten esfuerzos de la rueda sobre la vía que deterioran la misma.

La suspensión contiene estas vibraciones para que no se transmitan y acoplen del eje montado al vehículo y las amortigua.

La suspensión de los vehículos suele diseñarse con dos etapas, la suspensión primaria y la secundaria.

## **Imagen 27: Sistema de Suspensión del Tren Maya**



Fuente: Fotos proporcionadas por el personal de Tramo.

## Suspensión primaria

La suspensión primaria se sitúa entre la caja de grasa del eje montado y el bastidor del bogie, amortigua el movimiento vertical y transversal.

Está formado por un resorte helicoidal y un juego de amortiguadores formando una suspensión helicoidal neumática, si bien en vehículos de bajas velocidades (metros, cercanías) el resorte helicoidal puede ser sustituido por un resorte de goma maciza.

### **Imagen 28: Fotografía ilustrativa de la suspensión primaria**



Fuente: Fotos proporcionadas por el personal de Tramo.

## Suspensión secundaria

La suspensión secundaria se sitúa entre el bastidor del bogie y la caja del vehículo. Tiene como función aislar la caja del vehículo de las vibraciones y golpes verticales transmitidos por las irregularidades de la vía a través de los ejes montados y el bastidor de bogie.

Está formado por un resorte helicoidal o balonas neumáticas de caucho con aire presurizado junto con uno o varios amortiguadores.

Tiene una frecuencia natural baja que minimiza la transmisión de vibraciones que hace que lo desacoplen en la mayoría de las irregularidades de la vía.

### **Imagen 29: Fotografía ilustrativa de la suspensión secundaria**



Fuente: Fotos proporcionadas por el personal de Tramo.

**Iluminación e interiorismo:** incluye tanto el alumbrado exterior del vehículo como el interior y, dentro de este, el alumbrado de emergencia, así mismo incluye asientos, revestimiento de techo y paredes, suelos, ventanas, SIV, galleys, etc.

**Imagen 30: Ejemplo ilustrativo del interior e iluminación del Tren Maya**



Fuente: MSN. (s.f.). Tren Maya pronto tendrá vagones con dormitorios, anuncia AMLO. Recuperado de <https://www.msn.-com/es-mx/noticias/mexico/tren-maya-pronto-tendr%C3%A1-vagones-con-dormitorios-anuncia-amlo>

**Bibliografía**

Tema	Recomendación
Material Rodante Lección 1	ERA   European Union Agency for Railways. Reglamento (UE) No 1302/2014 de la Comisión de 18.11.14 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante «locomotoras y material rodante de viajeros» del sistema ferroviario en la Unión Europea.
	Villén J, La pastora C. El ferrocarril regional y las comunidades autónomas. Ponencia en el Congreso Ferroviaria 98. 1998.
	García A, Cillero A, Jericó P. Operación de trenes de viajeros. Claves para la gestión avanzada del ferrocarril. Colección técnica. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2011.
	Martínez JC. Tecnologías específicas de electrificación en ferrocarriles de Alta Velocidad. Colección técnica. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2011.
	Artículo La digitalización del ferrocarril, Ignacio Jorge Iglesias Díaz
	Ingeniería Ferroviaria, Francisco Javier González Fernández, Julio Fuentes Losa, UNED