



TECNOLOGÍA DE MATERIAL MOTOR DIESEL Y ELECTRICO



INDICE

- 1-INTRODUCCIÓN
- 2-BREVES CARACTERISTICAS DE LA TRACCIÓN
- 3-DEFINICIONES:
 - 3.1-VEHICULO MOTOR
 - 3.2-VEHICULO REMOLCADO
 - 3.3-AUTOMOTOR ELECTRICO
 - 3.4 -AUTOMOTOR DIESEL
 - 3.5- LOCOMOTORA ELECTRICA
 - 3.6-LOCOMOTORA DIESEL
- 4-CLASIFICACIÓN DE LAS LOCOMOTORAS
 - 4.1-SEGÚN EL TIPO DE TRACCIÓN
 - 4.2-SEGÚN EL SERVICIO A QUE SE DESTINAN
- 5- VEHICULOS DIESEL
- 6- MOTORES EMPLEADOS EN TRACCIÓN DIESEL
- 7 - FUNDAMENTOS DEL MOTOR DIESEL
- 7.1- CONCEPTOS PRELIMINARES
 - a -PUNTOS MUERTOS DEL PISTÓN
 - b- RELACIÓN DE COMPRESIÓN
- 8 -FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL DE CUATRO TIEMPOS
 - 8.1 - FASES DE UN MOTOR DIESEL
 - 8.2 - PRECALENTAMIENTO DEL AIRE DE ADMISIÓN
- 9 - PARTES DE UN MOTOR DIESEL
 - 9.1 - CONJUNTO EXTERIOR
 - 9.2 – BLOQUE
 - 9. 2.a -Purgador descompresor
 - 9. 3 - CARTER
 - 9. 3.a -Cárter superior
 - 9. 3.b -Cárter inferior
 - 9. 4 - CULATA
 - 9. 4. a - Junta de culata
 - 9. 4. b -Cilindros
- 10-TRANSMISIONES
 - 10.1-TRANSMISION MECANICA
 - 10.2-TRANSMISION ELECTRICA
 - 10.3-TRANSMISION HIDRAULICA
 - 10.4- COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION
- 11- CARACTERISTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE AUTOMOTORES
- 12- LOCOMOTORAS ALIMENTADAS POR OTROS COMBUSTIBLES
- 13 -TECNICAS DE LA TRACCIÓN ELECTRICA

- 14 -DISPOSITIVOS ELECTRONICOS DE POTENCIA
 - 14.1 – TIRISTOR
 - 14.2 – G.T.O
 - 14.3 – I.G.B.T
- 15- TECNICA DE TRACCION REOSTATICA
- 16- TECNICA CHOPPER
 - 16.1 – VENTAJAS E INCONVENIENTES
- 17- TECNICAS TRIFASICAS
 - 17.1- VENTAJAS
- 18-MOTORES ELECTRICOS PARA LA TRACCION FERROVIARIA
 - 18.1-CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES
 - 18.2- MOTOR DE COLECTOR DE CORRIENTE CONTINUA
 - 18.3- MOTOR ASÍNCRONO
- 19-PARTES BÁSICAS DE UN VEHÍCULO ELECTRICO
 - 19.1- CAJA Y BOGIES
 - 19.2-EQUIPO NEUMÁTICO
 - MECANISMO DE TRACCIÓN
 - EJE
 - RUEDA
 - CAJA DE GRASA
 - 19.3-SUSPENSIÓN
 - RÍGIDA Y CONJUNGADA
 - PRIMARIA Y SECUNDARIA
 - 19.4-TRANSMISIÓN
 - RIGIDA, SEMIRIGIDA Y ELASTICA
 - 19.5-EQUIPO ELECTRICO
 - BATERIA
 - PANTOGRAFO
 - DISYUNTOR EXTRARRAPIDO
 - 19.6-EQUIPO NEUMATICO
 - COMPRESOR

Bibliografía :

Bases de Material Motor Tracción Eléctrica Formación RENFE ed. 1979
Bases de Material Motor Tracción Diesel Formación RENFE ed. 1979
Ferrocarriles Metropolitanos de M. Melís y F. Javier González ed. 2005
Dossier Locomotoras de F. Javier González ed. 2005
Extractos manuales FGV de Jefatura de Línea 1.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la primera mitad del siglo XX la tracción ferroviaria estuvo totalmente marcada por la evolución de las locomotoras de vapor.

España fue un claro exponente de esta situación; agravada en nuestro caso por el aislamiento técnico y energético sufrido en la posguerra civil.

La tracción eléctrica ya se consideraba en los años 50 la solución con más futuro, pero tenía aún un cierto grado de estancamiento. En cuanto a la tracción diesel su mayor reto se encontraba en la forma de transmitir el esfuerzo motor, lo que limitaba su utilización a pequeñas potencias válidas para locomotoras de maniobras. Sin embargo, cuando en Alemania se desarrolla con éxito la transmisión hidráulica, se desbloquea la situación, llegándose a construir locomotoras diesel de hasta 4.000 CV.

En Estados Unidos, de forma contraria a lo que luego sucedió a finales del siglo XX, el desarrollo se centró más en la tracción eléctrica y, en cuanto a locomotoras, se desarrollaron los proyectos basados en tracción *diesel-eléctrica*, acoplando, como veremos, generadores eléctricos a los motores diesel para alimentar a los motores eléctricos de tracción.

Estos desarrollos hacen que, a partir de los años 50, la tracción a vapor vaya perdiendo terreno. El 23 de Junio de 1975 quedó en España fuera de servicio comercial de viajeros la última locomotora de vapor, la Mikado 141 F-2348, con lo que se dio por terminada la época del vapor en nuestro país.

La tracción a vapor sólo permitía alcanzar velocidades relativamente reducidas. El consumo de combustible era muy elevado, necesitando, además, un tender para transportarlo, lo que suponía un peso muerto añadido al tren.



Mikado 141-396

El desarrollo y perfeccionamiento de los motores de combustión y eléctricos han permitido crear nuevas locomotoras y automotores de mayor potencia y que desarrollan velocidades superiores.

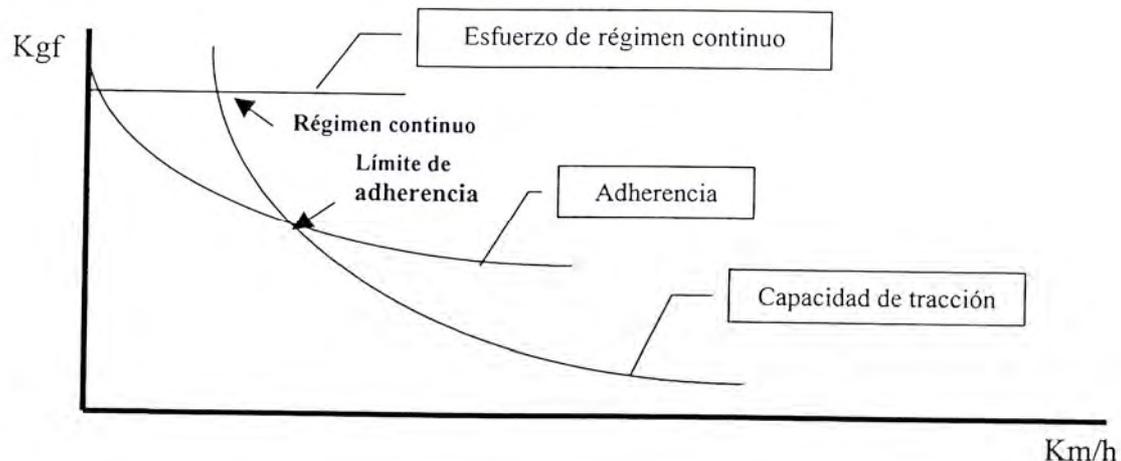
En la actualidad se utilizan vehículos motores eléctricos, Diesel-eléctricos y Diesel para el remolque de trenes.

2. BREVES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TRACCIÓN

Para la tracción lo ideal es que, en cualquier régimen de velocidad, se pueda disponer del máximo esfuerzo tractor. La curva característica *esfuerzo- velocidad* ideal, es una *hipérbola* de potencia constante (ver imagen):

- Potencia = Fuerza x Velocidad

En la gráfica se representan las curvas ideales de Esfuerzo – Velocidad, curvas a las que tendrán que ir ajustando los diferentes tipos de tracción, tal como se verá más adelante:



Para cualquier vehículo tractor ferroviario, tenemos las siguientes limitaciones:

- **Por potencia disponible en la rueda:**

Es deseable disponer de la máxima potencia a cualquier régimen de velocidad

$$F = P / V$$

- **Por adherencia:**

Cuanto mayor es el peso adherente, mayor esfuerzo tractor transmisible a la rueda.

$$F_a = \mu_a \times P_a$$

Siendo: μ_a : coeficiente de adherencia
 P_a : peso adherente de la locomotora.

Esta limitación tiene dos exponentes; el primero es la limitación del peso adherente por eje, que suele tender a limitarse a un máximo de 20Tn, para evitar o disminuir la degradación de los carriles por el efecto del ataque o contacto rueda - carril. Por otro lado el propio coeficiente de adherencia está muy limitado por los dos materiales en contacto acero - acero, con valores de alrededor de 0,30 / 0,35 en casos muy buenos, difíciles de superar si no es a base de inyección de arena, equipos de antibloqueo y antiembalamiento, etc.

- **Por régimen continuo:**

Limitado por la corriente de los motores de tracción o por la capacidad de dar potencia la locomotora a baja velocidad. $F = Cte$.

- **Por limitación de los enganches:**

El esfuerzo tractor está también limitado por la capacidad máxima de los enganches o barras de tracción, que suele estar limitado entre 80 y 100 Tn y que como veremos, por el coeficiente de seguridad, limita el esfuerzo real a algo más de 30 Tn.

3. DEFINICIONES:

3.1 - Vehículo motor:

Un vehículo motor es una unidad tractora capaz de remolcar una composición con el par motor que le proporciona su planta motriz.

Dicho par motor se transmite a la composición o tren a través del gancho de tracción. Para que el efecto tractor sea eficiente, el par motor debe ser superior al par de arrastre que opone la composición remolcada, en cuyo caso la diferencia entre ambos se traduce en movimiento del tren.

Se pueden considerar dos grandes grupos de **vehículos motores**:

- Automotor.
- Locomotora.

3.2 Un vehículo remolcado es una unidad inerte susceptible de comunicar un par de arrastre al vehículo motor, a través del gancho de tracción, que en todo momento es de signo contrario al par motor por él transmitido.

Se pueden considerar dos grupos de **vehículos remolcados**:

- Coche: destinado al servicio de viajeros.
- Vagón: destinado al servicio de mercancías.

3.3 Automotor eléctrico:

Es un vehículo motor propulsado que la distribución de su planta motriz permite el transporte de viajeros en el interior del habitáculo que delimita la caja.

Generalmente consta de una unidad motriz y una o varias unidades remolcadas, acopladas entre sí mediante enganche automático, también se denomina **Unidad de Tren (U.T.)**

FGV dispone de las siguientes series: 3600 Babcock & Wilcox, 3700 Unidad de Tren Articulada UTA, 3800 Tranvía y las 3900 GEC-Alsthom.

En la actualidad se están fabricando las denominadas serie 4000 (*evolución de las 3900*), diversas unidades de tranvía y el denominado Tren-tram para la línea de Alicante.



U.T.As y B&W en Valencia Sud

3.4 Automotor Diesel:

Es un vehículo autopropulsado por motores Diesel cuyo interior se destina al transporte de viajeros.

Consta generalmente de una unidad motriz y una o más unidades remolcadas acopladas entre sí, en la mayoría de los casos, mediante el sistema de enganche automático. El paso entre unidades se realiza a través de puertas y fuelles de intercomunicación. El conjunto unidad motriz-unidad remolcada se denomina **semitrén**.

FGV dispone de las siguientes series: 2300 Manes y la serie 3000 ambas en la línea de Alicante – Denia.



MAN serie 2300

3.5 Locomotora eléctrica:

Es un vehículo motor destinado al remolque de trenes, que toma la energía eléctrica que necesita para alimentar sus motores de tracción del hilo de trabajo de la catenaria. FGV no dispone en la actualidad ninguna locomotora de éste tipo.



Locomotora eléctrica 252 de Grandes Líneas de RENFE

3.6 Locomotora Diesel:

Es un vehículo motor destinado al remolque de trenes, cuya planta motriz está constituida por motores Diesel. Este tipo de tracción ésta representado en FGV por las Alstom de la serie 1000 y los tractores de maniobras "Naval".



Alstom 1032 de FGV



319 de Transporte Combinado de RENFE

4. CLASIFICACIÓN DE LAS LOCOMOTORAS

Introducción:

No hay un criterio único a la hora de clasificar los vehículos de motores.

Este texto se va a basar, para clasificarlos en la técnica de motorización que utilizan, que es el criterio más usual: vapor, combustible líquido (normalmente gasoil) y eléctricos.

Particularizando la clasificación en las locomotoras, hay otras características que las separan en diversos tipos.

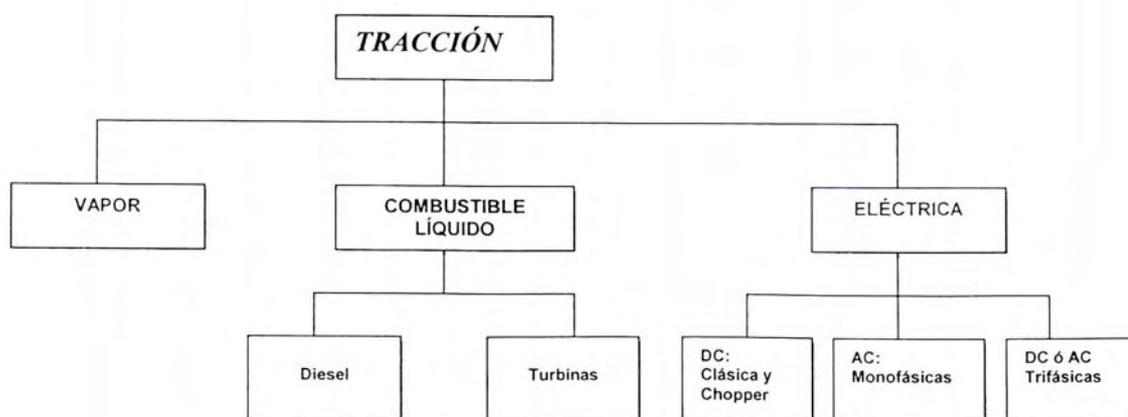
Por ejemplo, según el servicio a que se destinen, podemos encontrarnos locomotoras de maniobras, locomotoras de carga y, por último, locomotoras para servicio de viajeros.

En estos casos, la capacidad de carga remolcada, su aceleración y deceleración y otras características, como la visibilidad para uno o dos sentidos de marcha, son claros elementos diferenciadores.

Asimismo la cantidad y complejidad de sistemas de conducción, ayuda a la explotación y señalización ferroviaria son diferentes, con una mayor complejidad de equipos y sistemas en las locomotoras de viajeros de alta velocidad que deben integrar múltiples equipos y que además deben de prestar servicio a menudo de forma interoperable con diversas alimentaciones eléctricas, diversos tipos de señales etc.

Clasificación por:

4.1 Según el tipo de tracción que las acciona:



Un rendimiento típico de un motor Diesel puede ser del 38% frente al 15% de un motor de vapor; razón ésta básica, junto al mantenimiento mucho más costoso, que hizo desaparecer el vapor a favor de los motores diesel y eléctricos.

4.2 Según el servicio a que se destinan:

Básicamente las locomotoras se dividen en este sentido en tres tipos:

- locomotoras de maniobras.
- locomotoras de carga de medios y largos recorridos y,
- locomotoras para servicios de viajeros.

Las locomotoras de maniobras, eléctricas o diesel, pueden tener un diseño diferencial que permite conducir con buena visibilidad en ambos sentidos de marcha.

Su velocidad máxima no suele superar los 120 km/h y su peso en servicio suele estar alrededor de los 80.000 Kg.

Es lógico que tengan una gran capacidad tracción (de 120 a 250 KN) y sean sencillas de manejar y muy robustas.



En la imagen Tractor de maniobras de FGV "naval."



Locomotora de viajeros Talgo

5. VEHÍCULOS DIESEL

Atendiendo a la forma en que es transmitida la potencia suministrada por el motor Diesel hasta los ejes, se pueden distinguir tres tipos de vehículos motor diesel:

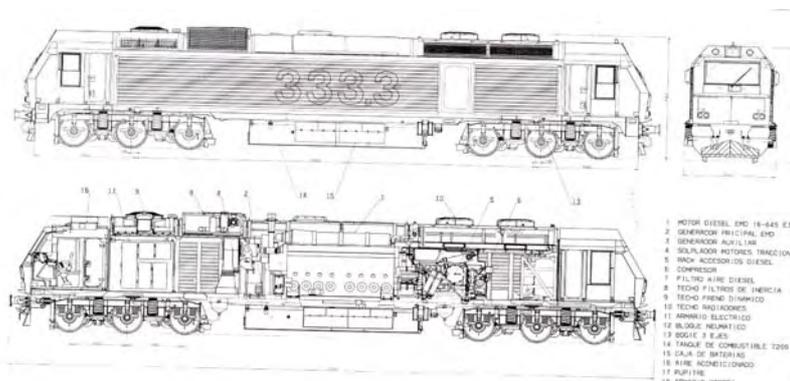
- De transmisión mecánica (vehículo Diesel-mecánico o Diesel) (*ver punto 10.1*)
- De transmisión eléctrica (vehículo Diesel-eléctrico) (*ver punto 10.2*)
- De transmisión hidráulica (vehículo Diesel-hidráulico) (*ver punto 10.3*)

En el primer caso se encuentran comprendidos aquellos vehículos en los que el par motor proporcionado por el Diesel se transfiere a los ejes motores de forma mecánica, es decir mediante sucesivos acoplamientos de piñones, generalmente ubicados en una caja de cambios, y ejes rígidos o elásticos de transmisión de giro unidos por juntas fijas o articuladas que solidarizan el cigüeñal del motor, la caja de cambios y los elementos terminales de la transmisión.



Transmisión mecánica: Antiguos Billares en la Línea de Alicante

En el segundo caso quedan incluidos los vehículos en los que el par motor está transmitido a los ejes por medio de motores eléctricos de tracción. Aquí el motor Diesel constituye sólo una central térmica para producción de electricidad.



Esquema locomotora RENFE 333 serie Prima Diesel-Eléctrica

Al tercer apartado pertenecen los vehículos motores en los que la transferencia del par motor a las ruedas se efectúa a través de uno o varios convertidores de par hidráulicos.

6. MOTORES EMPLEADOS EN TRACCIÓN DIESEL

Generalidades:

La aplicación a los automotores ferroviarios del motor Diesel, exige emplear tipos que, sobre todo por su ligereza, volumen, seguridad, refrigeración y arranque, cumplan con las condiciones que se le van a exigir en la tracción ferroviaria.

Por ello se utilizan motores de tipo rápido, con velocidades siempre proporcionadas a su potencia, es decir, al tamaño de los pistones; cuya inercia habrá que tenerse en cuenta, reduciendo el peso total, tanto por el empleo de materiales de alta calidad, como suavizando las condiciones de trabajo en forma que puedan reducirse las dimensiones de las piezas.

Así, por ejemplo, la inyección directa del combustible por medio de bombas, que por trabajar a unas 300 atmósferas obligan a reforzar el bloque, se ha sustituido en la generalidad de los casos, por la adopción de una antecámara, donde por el contacto con el aire caliente se inicia una gasificación del combustible, que permite la inyección en buenas condiciones, con solo una presión de la bomba de inyección de alrededor de 70 atmósferas.

En cuanto al ciclo de trabajo es indudable que para el servicio deseado el motor de dos tiempos presenta grandes ventajas. Es menos pesado que el de cuatro tiempos, da doble número de emboladas motoras para igual potencia, su par motor es más regular, carece de válvulas de asiento y mecanismos para la maniobra, etc.

Sin embargo, salvo contadas excepciones, se emplea el motor de cuatro tiempos, porque las ventajas apuntadas quedan compensadas por la necesidad de emplear bombas de barrido de gases, la tendencia a ensuciarse con los resultados de residuos de aceite quemado, la necesidad de una refrigeración cuidadísima, difícil de conseguir debidamente, y, sobre todo por el número de revoluciones inferior al motor de cuatro tiempos y las tensiones térmicas resultantes de su funcionamiento, que dan lugar a numerosas averías de pistón.

Los cilindros se colocan en línea, hasta potencias de 150 CV, acudiéndose en potencias mayores, para conseguir acortamientos del cigüeñal, a disponerlos en dos filas, bien en V u horizontales.



Motor diesel de dos tiempos

7. FUNDAMENTO DEL MOTOR DIESEL

Los Manes, la serie 3000, Billares y Dresinas de FGV, están dotados de motores Diesel de dos o cuatro tiempos que *participan* de la siguiente característica general:

Un **motor Diesel** es un generador de energía termomecánica que permite la independencia del vehículo motor respecto a las instalaciones energéticas fijas en la línea.

Cada émbolo de trabajo o pistón del motor Diesel comprime aire dentro de un cilindro, de forma que la temperatura resultante de la compresión es muy superior al punto de inflamación del combustible empleado. La introducción gradual de éste después de la compresión tiene como consecuencia la combustión espontánea del mismo, obteniéndose un volumen de gases resultantes, a una presión muy elevada, que tiende a expandirse dentro del cilindro haciendo retroceder al pistón.

La **carrera motriz** o impulso que adquiere el pistón dentro del cilindro se obtiene de la expansión de los gases producidos en la combustión espontánea del combustible.

Para conseguir una carrera motriz (fase de combustión) en un motor Diesel se precisan **tres fases** preparatorias: escape, admisión y compresión.

Debido a las condiciones de trabajo de un motor Diesel, las piezas que lo componen son de una gran robustez.



Dresina Cometti FGV



Billard FGV

7.1 CONCEPTOS PRELIMINARES:

a- Puntos muertos del pistón:

Son las posiciones extremas que alcanza la cara superior del pistón en un desplazamiento rectilíneo a lo largo del cilindro.

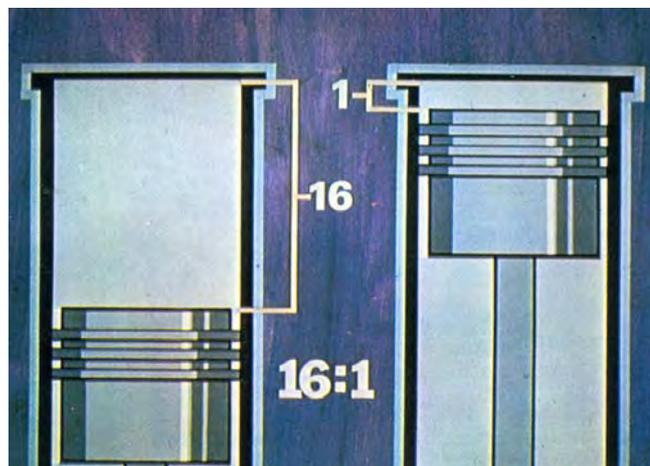
- Se denomina **punto muerto superior (PMS)** a la cota que alcanza el pistón más próxima a la cámara de combustión.

Entiéndase esta proximidad a la cámara de combustión como acercamiento a la cara interior de la culata.

- Se denomina **punto muerto inferior (PMI)** a la cota que alcanza el pistón más alejada de la cámara de combustión.
- Se denomina **carrera** a la distancia que recorre el pistón dentro del cilindro entre los puntos muertos inferior y superior, que se corresponden con las dos posiciones extremas de la muñequilla del cigüeñal en el plano del cilindro.

La carrera se mide en milímetros de desplazamiento del pistón o en grados de giro de la muñequilla del cigüeñal. La longitud de una carrera coincide con la medida del diámetro de la circunferencia descrita por la correspondiente excéntrica del cigüeñal.

b - Relación de compresión: Es el cociente entre el volumen de aire contenido en el cilindro antes y después de la fase de compresión.



Relación de compresión

- Se denomina **fase** a cada una de las evoluciones que sufren los gases dentro del cilindro.
- **Tiempo** : Es el conjunto de fases que se verifica en cada carrera.

8. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL DE CUATRO TIEMPOS:

8.1 - Fases de un motor Diesel:

- *Primer tiempo:* Admisión
- *Segundo tiempo:* Compresión
- *Tercer tiempo:* Combustión y expansión
- *Cuarto tiempo:* Escape.

a- Primer tiempo: Admisión

El giro del árbol cigüeñal hace que descienda el pistón dentro del cilindro, permaneciendo completamente abierta la válvula de admisión de aire desde el punto muerto superior (**PMS**). El vacío creado en el cilindro provoca la aspiración de aire atmosférico a través de un colector en cuya boca existe un filtro de depuración.

La succión de aire que hace el pistón en su descenso hasta el punto muerto inferior provoca un aumento de la presión en el interior del cilindro hasta igualarse con la presión exterior, instante en el que se cierra la válvula de admisión de aire al cilindro. En este momento el cilindro está lleno de aire a presión y temperatura teóricamente iguales a las del exterior (una atmósfera y temperatura ambiente).



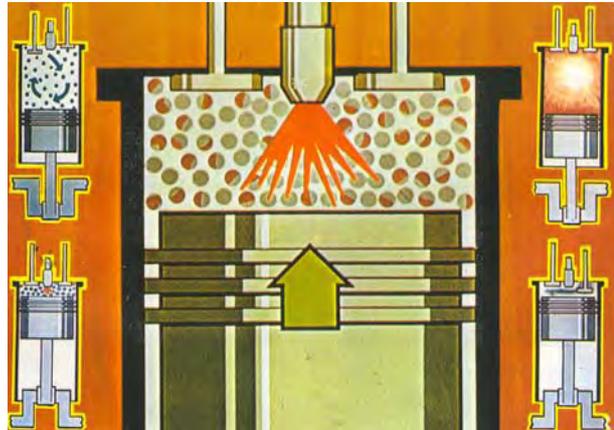
Admisión

b- Segundo tiempo: Compresión

Al continuar el giro del cigüeñal el pistón se ve obligado a ascender dentro del cilindro, lo que ocasiona una compresión continua del aire contenido en el mismo, hasta que el pistón alcanza el punto muerto superior. En este punto la temperatura del aire y la presión que ejerce sobre las paredes del cilindro son máximas.

Temperatura PMS: 500 °C a 700 °C aproximadamente.

Presión PMS: 30 a 40 atmósferas, aproximadamente.

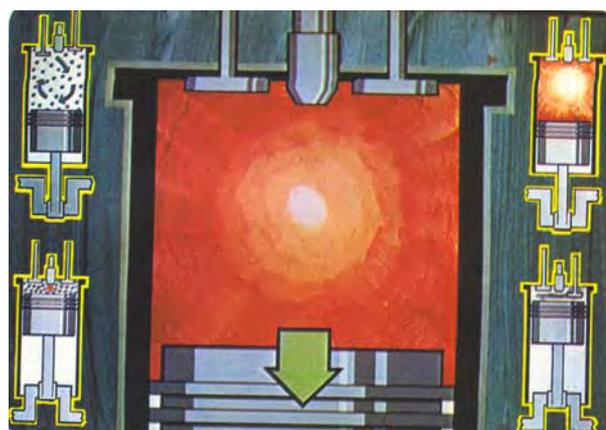


Compresión

c- Tercer tiempo: Combustión y expansión

El mando del acelerador actúa sobre la bomba de inyección que es accionada por los engranajes de la distribución.

Mediante los elementos de la bomba de inyección, se envía el combustible a los inyectores a una presión muy elevada. Los inyectores están situados en los cilindros (de forma similar a las bujías en los motores de explosión) y pulverizan el gas-oil dentro de éstos. Este gasoil se inflama a medida que entra en los cilindros debido a las condiciones de presión y temperatura existentes en los mismos, de forma que la inflamación tiene lugar mientras el pistón recorre una parte de su carrera descendente y, por tanto, no existe un aumento súbito de la presión, sino que ésta se mantiene constante durante cierto espacio de la carrera de expansión.

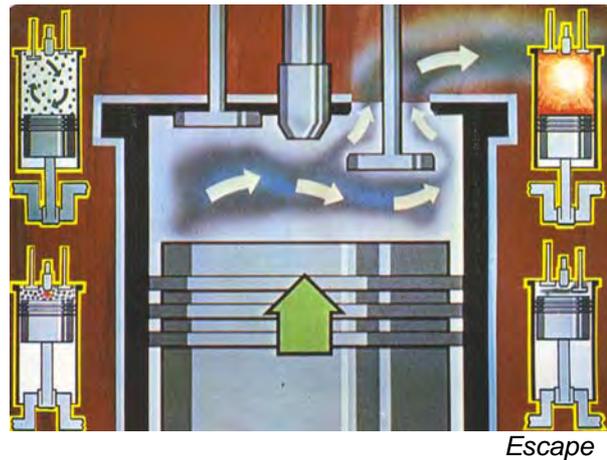


Combustión y Expansión

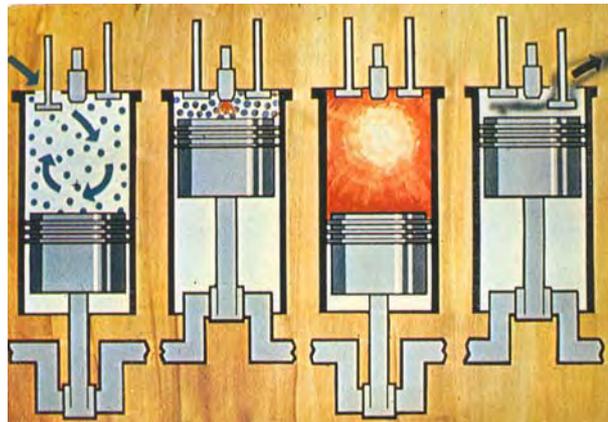
Mientras dura la combustión se expansionan los gases y se alcanza una presión máxima aproximada de 60 atmósferas que hace finalizar la carrera descendente del pistón dentro del cilindro hasta alcanzar el punto muerto inferior, instante teórico en el que abre la válvula de escape. Para conseguir cada fase de combustión se precisan dos vueltas de cigüeñal.

d- Cuarto tiempo: Escape:

En este tiempo se produce la evacuación de los gases contenidos en el cilindro, permaneciendo abierta la válvula de escape desde el **P.M.I.** Esta evacuación tiene dos agentes motivantes: por un lado la presión en el interior del cilindro es superior a la atmosférica, por lo que se produce una expulsión espontánea de gases hasta igualarse las presiones interior y exterior, cosa que ocurre instantáneamente. Por otro lado, el giro del cigüeñal inicia la carrera ascendente del pistón por lo que los gases contenidos en el cilindro a la presión atmosférica se ven expulsados de su interior.



Al finalizar la expulsión de gases, teóricamente, cierra la válvula de escape y abre la de admisión, quedando preparados cilindro, válvulas y pistón para iniciar un nuevo ciclo de trabajo.



Los cuatro tiempos consecutivos de un ciclo de funcionamiento del motor Diesel.

La proporción de aire que se necesita para conseguir una combustión completa es muy elevada.

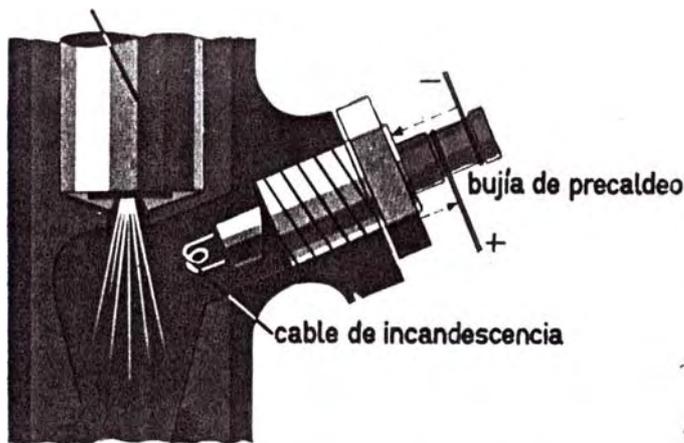
Por cada cilindro hay que inyectar, más de mil veces por minuto y en el instante preciso, un volumen de gas-oil del tamaño de medio grano de arroz, con una presión muy elevada, siendo exactamente iguales entre sí las cantidades de gas-oil que van a cada uno de los cilindros. De lo que se deduce la importancia de las bombas de inyección en el buen funcionamiento de los motores Diesel.

8. 2- Pre calentamiento del aire de admisión

La combustión completa del gas-oil tiene lugar bajo unas condiciones determinadas de presión y temperatura.

Evidentemente, la temperatura adquirida por el aire al final de la fase de compresión es proporcional a la temperatura del aire de admisión.

Cuando se inicia el arranque en un ambiente exterior frío, el aire que entra al cilindro no llega a alcanzar la temperatura necesaria para el inicio de la combustión. Para evitarlo, en algunos motores se utiliza un dispositivo de caldeo del aire de admisión.



Bujía de un motor diesel
(Precalentamiento del aire de admisión)

9. PARTES DE UN MOTOR DIESEL

9.1 Conjunto exterior de un motor diesel

El conjunto de piezas que forma un motor Diesel está agrupado en tres subconjuntos definidos por sus funciones específicas.

Cada de uno de éstos presenta una cobertura diferenciada de las otras dos, lo que hace que tenga entidad propia.

El estudio del motor Diesel se hará en tres partes:

- *Bloque*
- *Cárter*
- *Culata*

9.2 - BLOQUE

Es el elemento central de un motor Diesel, alrededor del cual se desarrolla su estructura.

Está construido en acero moldeado, hierro fundido o chapa soldada para evitar que la posición relativa del cigüeñal y los cilindros quede modificada a causa de posibles deformaciones y garantizar el funcionamiento de las piezas que componen el mecanismo motor.

El bloque es muy robusto debido a que las tensiones que se originan durante el funcionamiento del motor Diesel son transmitidas al bastidor del vehículo por los apoyos elásticos de aquél en dicho bastidor.

Los cilindros pueden estar mecanizados en la misma estructura del bloque o bien se alojan en huecos preconcebidos del mismo, en cuyo caso dichos huecos no contornean toda la superficie de los cilindros para facilitar su refrigeración.

En el caso de motores de baja potencia, el bloque se construye en aluminio, por lo que los cilindros son siempre postizos.



Vista superior del Bloque

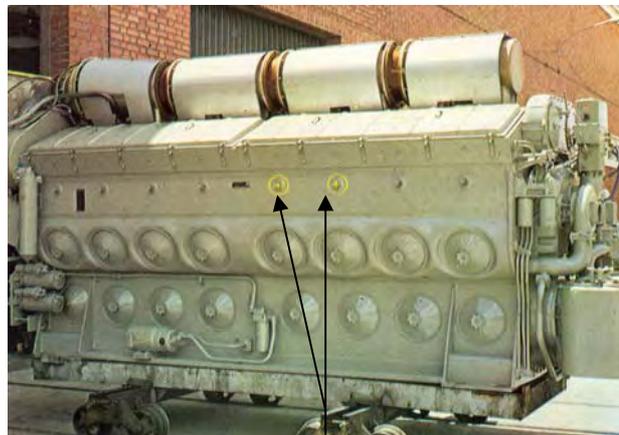
9.2. a - Purgador descompresor:

Están situados en la parte superior del bloque, alineados con la cámara de combustión.

El **purgador descompresor** anula la compresión en los cilindros para facilitar el arranque del Diesel y durante ciertas operaciones de conservación, a fin de reducir el esfuerzo necesario para hacer girar el cigüeñal.

Asimismo, expulsa los gases condensados para evitar esfuerzos perjudiciales a las piezas del mecanismo motor.

En algunos casos consta de una aguja rascada al bloque en el que hace asiento cónico. En otras, está constituido por un árbol de levas que actúa sobre las válvulas de admisión al accionar la palanca descompresora situada en un extremo del motor.

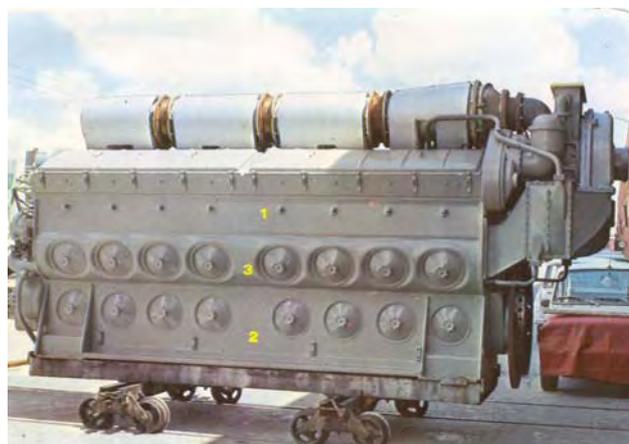


Situación de los purgadores

9.3- CÁRTER:

Es un elemento de protección del bloque frente al exterior, que unido inferiormente a éste proporciona al conjunto la estanqueidad necesaria para que el engrase de las piezas móviles del motor sea perfecto. En el fondo del cárter se depositan las partículas sólidas e impurezas que barre el aceite durante el engrase.

Generalmente consta de dos partes: Cárter superior o bancada, y Cárter inferior



1-Bloque
2-Cárter superior
3-Carter superior o bancada

9.3.a - Cáster superior:

La bancada constituye la prolongación del bloque que sirve de apoyo al motor en el bastidor del vehículo. Soporta y transmite los esfuerzos axiales y transversales del cigüeñal mediante los cojinetes de apoyo y frontales.

9.3.b- Cáster inferior:

Es el depósito en el que se acumula el aceite que lubrica y refrigera las piezas móviles de un motor.

Dispone de los siguientes elementos:

- Una boca de llenado protegida con un filtro de malla metálica gruesa.
- Una o varias salidas para el vaciado del aceite.
- Un respiradero que lo pone en comunicación con la atmósfera para evitar sobrepresiones causadas por gases.
- Un tubo de succión para la bomba de extracción de aceite.
- Una sonda o comprobador del nivel de aceite.

El aceite bombeado para el engrase y refrigeración vuelve al cáster por efectos gravitatorios.

El cáster inferior está sometido a pequeños esfuerzos, por lo que generalmente se construye por estampación de materiales menos tenaces que el bloque o la bancada.

9.4 - CULATA:

Es el elemento del motor que cierra el bloque superiormente. El cilindro y la cara inferior de la culata junto con la superior del pistón delimitan la cámara de combustión. La culata se fija al bloque mediante tornillos o grapas atornilladas.

En su interior existen canalizaciones para la circulación del agua de refrigeración que proviene del bloque y sale hacia el colector de retorno, así como para el trasiego del aire de admisión y de los gases de escape. Un conjunto de orificios mecanizados en la culata sirve para la colocación de las guías de las válvulas y los inyectores.

Soporta los siguientes elementos:

- Válvulas de admisión y escape
- Mecanismo de recuperación de válvulas.
- Balancines.
- Empujadores y taqués o amortiguadores hidráulicos
- Inyectores o inyector-bomba

Para motores de alta potencia hay una culata individual por cilindro, evitándose deformaciones y gastos de material en caso de reemplazo.

9.4. a- Juntas de culata:

La unión de dos superficies metálicas no suele ofrecer estanqueidad por muy pulidas que estén.

En el caso de la culata y el cilindro, la unión ha de ser perfectamente estanco frente al agua y los gases comprimidos en el interior del cilindro, por lo que es necesario interponer una junta que proporcione dicha estanqueidad.

La junta de culata está formada por una sucesión de tres láminas, una de cobre muy delgada, una capa de amianto prensado y una segunda lámina de cobre muy fina.

Al atornillar las superficies metálicas de la culata y el cilindro con la junta interpuesta, ésta se adapta a las desigualdades debidas a la mecanización de ambos elementos y se consigue la estanqueidad deseada. Para asegurar el éxito de esta operación se suele pintar la junta de culata con una cola resinosa especial.

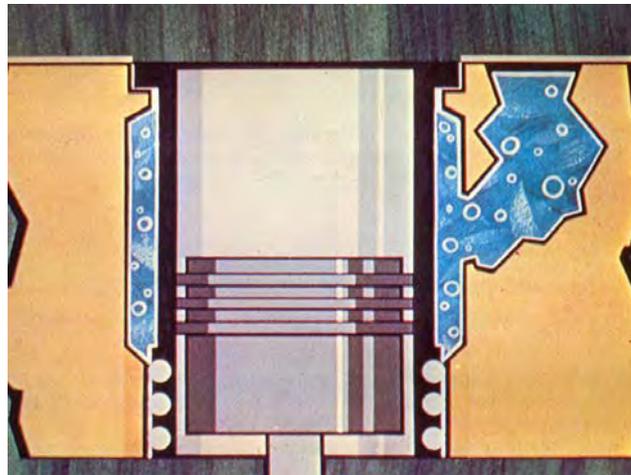
9.4. b - Cilindros:

Un **cilindro** es un elemento del motor Diesel dispuesto en el bloque perpendicularmente al eje del cigüeñal, en cuyo interior tiene lugar la combustión del gas-oil y el desplazamiento del pistón.

Los cilindros están contruidos en hierro fundido o acero moldeado para evitar deformaciones debidas al esfuerzo a que están sometidos, debiendo ser refrigerados después de cada combustión mediante líquidos o aire.

Hay dos tipos de cilindros:

- De camisa húmeda.
- De camisa seca.



Dibujo cilindro de camisa húmeda

En los **cilindros de camisa húmeda**, el líquido de refrigeración está en contacto directo con el exterior del cilindro.

En los **cilindros de camisa seca**, el cilindro se embute en un hueco del bloque y no tiene contacto con el líquido de refrigeración.

10. TRANSMISIONES

Introducción:

En la locomotora de vapor, la energía almacenada en la caldera (por estar contenida en el vapor), se pone de manifiesto cuando al querer arrancar, se hace llegar éste a los cilindros desplazando los pistones hasta entonces inmóviles.

De la misma manera en tracción eléctrica, la tensión, después de ser adaptada, llega al motor, en el instante de arrancar, obligándole a mover el vehículo.

Es decir, que en ambos casos el movimiento del motor, comienza en el momento en que se inicia el desplazamiento del vehículo.

En cambio, en la tracción con motor de explosión o de combustión interna, la energía motriz se produce por consumo de una cierta potencia del motor, la precisa para que el combustible en forma de niebla, sea introducido en el motor y puesto en condiciones, por aportación de calor, de liberar la energía contenida potencialmente, en él, desplazando el pistón en el cilindro.

De la potencia total producida, solamente será aprovechable para la tracción la que exceda de la necesaria para mantener en movimiento el motor, por sí mismo, con sus propios medios, lo que quiere decir que el motor ha de ser puesto en marcha con anterioridad al instante de arrancar, desapareciendo la simultaneidad existente en los otros dos sistemas de tracción citados.

Por esta razón, se emplea (salvo en la transmisión eléctrica, como veremos) el embrague, como elemento esencial que permita el acoplamiento a voluntad, del motor en marcha con la transmisión inmóvil.

Las transmisiones, son los dispositivos empleados para conseguir, en lo posible, que la curva de variación del par motor del Diesel, se adapte a la hipérbola equilátera ideal, vista en el apartado 2.

Estos dispositivos, que pueden ser mecánicos, hidráulicos, eléctricos o combinaciones de ellos, serán explicados más adelante.

Se considera el **rendimiento** en cada instante, como la relación entre la potencia en llantas a la velocidad en ese instante y la potencia real del motor para una cierta inyección. Utilizaremos el **coeficiente de transmisión** como la relación entre la potencia en llantas en un cierto momento y la potencia máxima del motor. Este coeficiente depende de la transmisión elegida.

10.1 TRANSMISIÓN MECÁNICA

La transmisión mecánica en la tracción Diesel consigue aproximar la curva de par prácticamente constante, a la hipérbola equilátera ideal, interponiendo entre el eje del motor y el eje transmitido, juegos o combinaciones de engranajes de distinta relación de transmisión, del mismo modo que se hace en el automóvil.

Al conectar un juego de engranajes se reduce la velocidad del eje motor, pero a potencia constante, aumentándose simultáneamente y, prescindiendo del rendimiento, en la misma proporción, el par de giro.

En la práctica, lo más frecuente, es la utilización de juegos de engranajes análogos a los del automóvil, con los que, si bien no se consigue seguir punto a punto la hipérbola ideal, nos aproximaremos a ella por escalones sucesivos, que corresponden a los cambios de velocidad, permaneciendo en cada velocidad o engrane puesto en servicio, la relación de transmisión fija.

Suelen adoptarse cuatro o cinco velocidades o relaciones, y, si bien el procedimiento es análogo al del automóvil, las características del material ferroviario sobre todo por las potencias y masas puestas en juego, obligan adoptar disposiciones especiales, que consisten, en la utilización de coronas y piñones constantemente engranados que se ponen en servicio con embragues apropiados, cajas de cambio con velocidades sincronizadas, etc.

En cuanto al embrague decir que o bien se utiliza uno para todas las velocidades o uno para cada velocidad.

Se emplean, por ejemplo, acoplamientos accionados por aceite a presión, otras veces, se dispone de discos de acero paralelos entre sí, hasta en algún caso se han utilizado electroimanes.

En todo caso lo que se pretende, en comparación con el automóvil, es evitar que por las grandes cantidades de energía disipada en forma de pérdidas por el deslizamiento, debido a las considerables masas y potencias que supone el movimiento de los automotores, el embrague sufra una destrucción rápida, como ocurriría de utilizarse discos sencillos y guarniciones tipo ferodo de los usados en el automóvil.

El rendimiento del mecanismo de la transmisión mecánica al utilizarse materiales de alta calidad y engranajes perfectamente tallados y templados, con una buena lubricación, es del orden del 98 %.

10.2 TRANSMISIONES ELÉCTRICAS

La transmisión eléctrica está constituida, en esencia, por un generador acoplado al motor Diesel, que alimenta a uno o varios motores eléctricos acoplados a los ejes del automotor o de la locomotora.

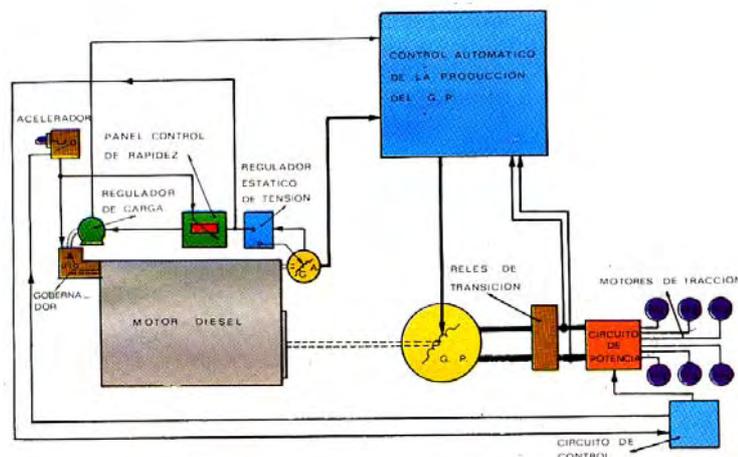
Dadas las ventajas históricas de la corriente continua en la tracción y especialmente con los motores serie, este tipo de sistema y de motor ha sido el utilizado habitualmente. Con la aparición de la electrónica potencia, esta histórica tecnología ha dado paso a los convertidores electrónicos que alimentan a motores trifásicos, prácticamente sin mantenimiento.

Conseguida la potencia deseada en el Diesel, hay que procurar su aprovechamiento completo. La utilización de esta potencia se dará en los automotores con características de *velocidad-intensidad* a distintas tensiones.

Para conseguirlo habrá que hacer variar la tensión en cada momento, bien intercalando resistencias en el circuito de la dinamo, si ésta da una tensión fija, o mejor haciendo que esta tensión varíe convenientemente.

Claro que para conseguir esta variación, sin salirse de la potencia dada por el Diesel, habrá que hacer trabajar a la dinamo a velocidad prácticamente constante, y de forma que el producto de la tensión E por la intensidad I sea constante.

El esquema básico de una locomotora Diesel-eléctrica, es el que se incluye en la siguiente figura:



El fundamento para que esto se consiga es el de una dinamo en derivación, que funciona a velocidad constante.

En el caso práctico de la tracción, las cosas pasaran de la siguiente manera: Las distintas resistencias mecánicas que los electromotores tengan que vencer en la marcha, les obliga a absorber intensidades proporcionales a los esfuerzos necesarios. A las variaciones de intensidad que de la marcha resultan deben corresponder, para que la potencia no varíe, valores de la tensión de la dinamo, inversamente proporcionales a ellas, lo que se consigue variando su excitación en el mismo sentido, ya que la velocidad del Diesel no queremos que varíe.

10. 3 TRANSMISIONES HIDRÁULICAS

La transmisión hidráulica en su esencia es fácil de concebir. El motor Diesel mueve una bomba que lanza un líquido sobre otra bomba análoga relacionada con los ejes del vehículo poniendo éste en movimiento.

La bomba empleada puede ser volumétrica de pistón o de aletas radiales, que actúa por presión en el líquido, o hidrodinámica que actúa por fuerza viva. Aunque se han hecho algunas aplicaciones de las del primer tipo, la transmisión hidráulica, tal como hoy se emplea en la tracción Diesel, utiliza máquinas centrífugas que tienen la ventaja que, con pequeñas dimensiones, ponen en juego elevadas potencias ya que como se sabe, la potencia de estas máquinas viene dada por la expresión $P = k n^3 d^5$ donde k es un coeficiente dependiente de la forma de los álabes, n la velocidad de giro y d el diámetro del rodete.

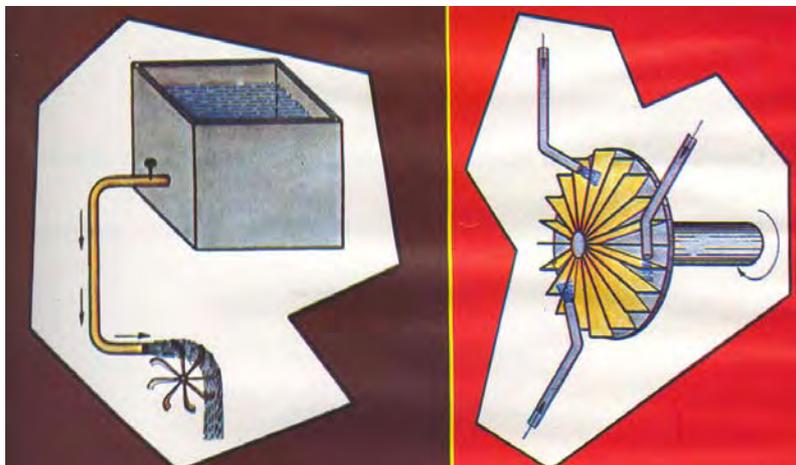
Esquemáticamente el sistema constará de un rodete con álabes convenientemente dispuestos girando por la acción del Diesel, a gran velocidad, para lo que se intercalará un engranaje multiplicador.

Este rodete actuará sobre un líquido (aceite en general) al que lanzará sobre otro rodete análogo colocado frente a él, y que transmitirá, por medio de los engranajes oportunos, el movimiento a los ejes motores del vehículo.

Por otra parte, el acoplamiento hidráulico no modifica el par motor, es decir que, con inyecciones de Diesel constante, seguimos teniendo características paralelas al eje de las velocidades; o sea que con ellas no conseguimos lo que nos proponemos con la transmisión, que es aproximarnos a la hipérbola ideal.

Para ello existe otro elemento llamado transformador o convertidor de par. Con este dispositivo nos podemos aproximar a la hipérbola equilátera.

El accionamiento de la transmisión hidráulica, tanto de los de simple embrague hidráulico como los de par, requiere que exista aceite en el interior del cárter, ya que este elemento, lanzado por la bomba y recogido por la turbina, es el encargado de transmitir el esfuerzo, bastará extraer dicho aceite para que la transmisión cese.



Fundamento de la transmisión hidráulica

10.4 COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Esta comparación puede hacerse partiendo de diversos aspectos, como son el peso, el volumen, el precio o el rendimiento.

Siendo una de las preocupaciones en la construcción de automotores conseguir la mayor potencia específica posible, se comprende que se busque en ellos la utilización de transmisiones de peso mínimo y, en este aspecto, si bien en un principio la eléctrica era la más pesada, hoy día puede conseguirse que no existan diferencias notables entre los tres tipos.

Por volumen ocupado, que quita espacio útil, la transmisión eléctrica, cuyos elementos ocupan mucho, tienen la ventaja de que, por ser los conductores de unión entre ellos, perfectamente flexibles, su situación en el vehículo puede elegirse con bastante libertad, de modo que estorben poco, cosa que en los otros tipos no es posible, por no tener dicha unión la flexibilidad de los conductores eléctricos, de modo que la posición del conjunto, entre el Diesel y los ejes motores, es difícil de variar.

En el precio no pueden establecerse diferencias, pero, por el momento, la transmisión mecánica resulta más barata, pero menos analógica y suave.

Por último, si se toma la comparación del **rendimiento**, vemos que la construcción moderna de engranajes, permite conseguir rendimientos del 90%. En la transmisión hidráulica se obtienen rendimientos del 98,5% en acoplamientos y en 84% en transformadores de par y, por último, en la eléctrica se consigue un 86%.

Si queremos investigar la **naturaleza y magnitud de la energía perdida** en cada uno, en la transmisión eléctrica, la mayor parte de las pérdidas son de orden eléctrico, tanto en el hierro como en el cobre, pero sin dar lugar a variaciones notables en dichos metales, mientras que en la mecánica, las pérdidas debidas a rozamientos en los engranajes, suponen desgaste de ellos, con las consiguientes holguras, que a su vez aumentan esas mismas pérdidas.

Si se analiza el comportamiento en el **arranque**, de una transmisión eléctrica y de una hidráulica, se concluye que, para la transmisión hidráulica, se necesita que el Diesel funcione a su máxima potencia, es decir, con par y velocidad máximos y la diferencia entre tal potencia y la pequeña utilizada en las llantas son pérdidas de calor en el aceite. En la eléctrica, el motor Diesel, al arrancar el vehículo, no trabaja a su máxima potencia, con lo que las pérdidas son menores, casi y exclusivamente, a las del cobre.

De esto se desprende que, en los casos en que tengan que preverse arranques muy frecuentes o en perfiles duros, la transmisión eléctrica, por este concepto, ha de tener ventajas, mientras que para arranques pocos frecuentes o en horizontal, tal ventaja no es apreciable.

11. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE AUTOMOTORES

En los automotores se ha tendido desde el primer momento a aprovechar la potencia del motor no muy elevada, reduciendo lo más posible el peso de los coches y las resistencias que se oponen al avance.

Atendiendo a la velocidad máxima obtenida por los automotores, entre 160 y 205 Km/h, en algunos modelos de RENFE, se tienden a formas aerodinámicas y se procura conseguir que sus paredes exteriores sean absolutamente lisas, haciendo, incluso, que los cristales de las ventanillas y las puntas de acceso estén en el mismo plano que el resto del costado del coche.

El aligeramiento en el peso se consigue empleando aleaciones ligeras de elevada resistencia, soldadas por puntos en lugar de remachadas y haciendo que la caja entera, incluso el forrado, intervengan en la resistencia del conjunto.



Serie 3000 de FGV Alicante

También se ha procurado disponer la suspensión de modo que el peso no suspendido disminuya. Aparte de esto, y siempre buscando el aligeramiento, se emplean a veces bogies especiales, de chapas estampadas y soldadas, ejes huecos y ruedas con la menor cantidad de material posible, todo ello combinado con el sistema de frenado con timonerías, tuberías y cilindros del mínimo peso.



MAN de RENFE

12. LOCOMOTORAS ALIMENTADAS CON OTROS COMBUSTIBLES

Se pretende resaltar en este último apartado diversas iniciativas existentes en el campo de las locomotoras no eléctricas tendentes a utilizar otros combustibles, como el gas natural y el biodiesel.

En ambos casos el objetivo es doble, por un lado reducir la contaminación atmosférica y, por otro, utilizar combustibles con menor dependencia energética de los países productores de este combustible, siempre muy sujeto a variaciones en precios por motivos políticos.

La primera locomotora a gas natural fue proyectada y construida por Rolls - Royce en 1952 y desarrollaba 227CV a 1.800 r.p.m., destinándose a servicio de maniobras.

En 1994 se pusieron en servicio en Estados Unidos cuatro locomotoras para servicio en el área metropolitana de Los Ángeles, con gas natural compuesto por metano en un 97%, gases inertes en un 2% y un 1 % de otros gases, con una importante ventaja frente al diesel en cuanto a residuos y materiales de combustión proyectados al exterior.

Otro ejemplo actual es la empresa **América Latina Logística (ALL)** de Brasil, que utilizará una mezcla de 20% de biodiesel y 80% ciento de diesel, denominada B-20, (35 millones de litros anuales) en sus 580 locomotoras, y que ha sido experimentada con éxito.

La elección del aceite de soja se debe a su abundancia en Brasil, especialmente en el sur. Pero el biodiesel se obtiene de cualquier aceite vegetal e incluso de grasa animal.

13. TÉCNICAS DE TRACCIÓN ELÉCTRICA

Introducción:

En este apartado vamos a exponer la evolución de las distintas técnicas de tracción eléctrica ferroviaria deteniéndonos en la explicación técnica de cada uno de las arquitecturas empleadas, desde la alimentación directa en corriente continua, hasta la última utilizada en los vehículos ferroviarios basada en motores de corriente alterna; caso este último que implica una tecnología añadida correspondiente a la transformación continua / alterna, y la consecuente modificación en la filosofía de control.

Así mismo, explicaremos las características de los dispositivos electrónicos asociados a la electrónica de potencia (tiristores, GTO, IGBTs) necesarios para aportar un estudio profundo del control electrónico.

La regulación de un motor de corriente continua es relativamente fácil.

Estas máquinas siempre se han significado por su flexibilidad en diferentes márgenes de velocidades, con esquemas básicos de funcionamiento.

No es así el caso de las máquinas trifásicas de corriente alterna cuya regulación, para ajustarse a las curvas características, precisa de un control en tensión y frecuencia para desplazar su curva de funcionamiento a las necesidades del par motor reclamado por el tren en cada momento.

14. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE POTENCIA

Desde que se desarrollo el primer tiristor rectificador controlado de silicio, ha habido grandes adelantos en los dispositivos semiconductores de potencia. Hasta 1975, los tiristores convencionales se habían utilizado de forma exclusiva para el control de la energía en aplicaciones industriales. A partir, de estas fechas se desarrollaron varios tipos de dispositivos semiconductores de potencia que quedaron disponibles de forma comercial. Estos dispositivos se utilizan fundamentalmente como interruptores electrónicos controlados.

Principalmente destacan:

- El tiristor
- El transistor bipolar de potencia
- El transistor MOSFET de potencia
- El tiristor controlado por puerta (GTO)
- Transistores bipolares con puerta aislada (IGBT)

Los cinco tienen como característica común el tener dos estados claramente definidos: alta impedancia (bloqueo) y baja impedancia (conducción), de los cuales se puede pasar de uno a otro mediante un tercer electrodo de control.

No obstante para grandes potencias los dispositivos más utilizados son: el tiristor, el GTO y el IGBT, ya que se han conseguido elementos que soportan gran potencia a un precio aceptable.

Los tiristores tienen una gran capacidad de soportar potencia, pero su frecuencia de trabajo es muy limitada.

Esta característica mejora en los GTO sin perder prácticamente potencia.

Los IGBTs mantienen una muy buena relación entre frecuencia de trabajo y potencia soportada.

Dada su importancia en toda la tracción eléctrica, y en su evolución, vamos a realizar un repaso de sus principales características.

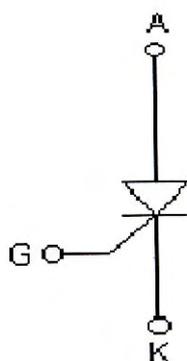
14.1- EL TIRISTOR

Estructura y características

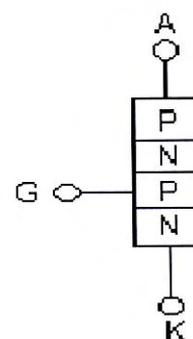
Las características fundamentales del tiristor que lo hacen apto para los circuitos de potencia son:

- Interruptor casi ideal
- Soporta tensiones altas
- Control sencillo
- Es capaz de controlar grandes potencias. .
- Relativa rapidez.

El tiristor está formado por cuatro capas de semiconductor normalmente de silicio, P y N alternativamente,



Símbolo del tiristor



uniones PNP

El tiristor podemos decir, que es un buen elemento de conmutación en potencia pero tiene un problema, y es que al tener que extinguir la corriente o invertir la polaridad para apagarlo, complica los circuitos en gran medida, siendo necesarios grandes conjuntos de condensadores para ello.

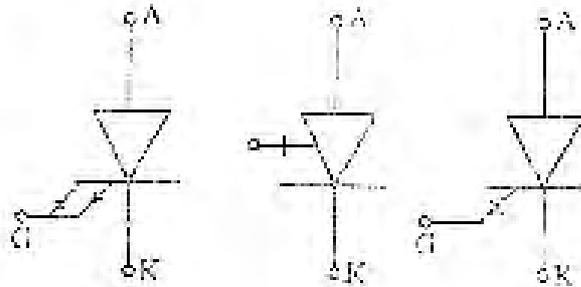
Por este motivo se han desarrollado otros semiconductores de potencia que son mucho más manejables en este aspecto y que cumplen hoy en día con las funciones que realiza el tiristor. Estos dispositivos son el GTO y el IGBT que se van a exponer a continuación.

14. 2 – EL G.T.O.

También conocido por las siglas G.C.S. (Gate Controlled Switch), aunque su denominación más conocida es la de G.T.O. (Gate Turn-off - Switch).

Este tipo de semiconductor además de funcionar, respecto al disparo, como el resto de los tiristores normales, tienen la característica esencial que, cuando se introduce una intensidad contraria a la de disparo (puerta negativa con respecto a cátodo) suficientemente grande, el dispositivo pasa a estado de bloqueo.

Símbolo del G.T.O.



El futuro del GTO, en el caso de tracción ferroviaria, como sustituto del tiristor, es muy prometedor, aunque en los últimos años ha aparecido el IGBT, que consigue también una relación tamaño - potencia a un precio muy aceptable y que en la actualidad tienden a sustituir a estos componentes.

Estos dispositivos frente al tiristor tienen la ventaja de no tener que disponer de condensadores de apagado que complican los circuitos.

En las aplicaciones ferroviarias el GTO no sólo se utiliza para la tracción de las unidades de tren, sino también para onduladores trifásicos de alimentación para los ventiladores de refrigeración de la Electrónica de tracción, compresores de aire comprimido y equipos de climatización del vehículo.

14. 3 – EL I.G.B.T

El IGBT combina las ventajas del transistor bipolar y del transistor de efecto de campo. El IGBT es un elemento en el que se incrementa la conductividad, y por lo tanto permite reducir la caída de tensión en el estado de conducción.

Los IGBTs son utilizados principalmente como interruptores, como por ejemplo en chopper y onduladores. En estas aplicaciones la adaptación de un diodo en paralelo con el IGBT es esencial.

El diodo realiza la función de que cuando comienza a conducir el IGBT (en el estado transitorio) asume parte de la sobrecorriente que se genera, sobrecorriente que podría dañar al IGBT.

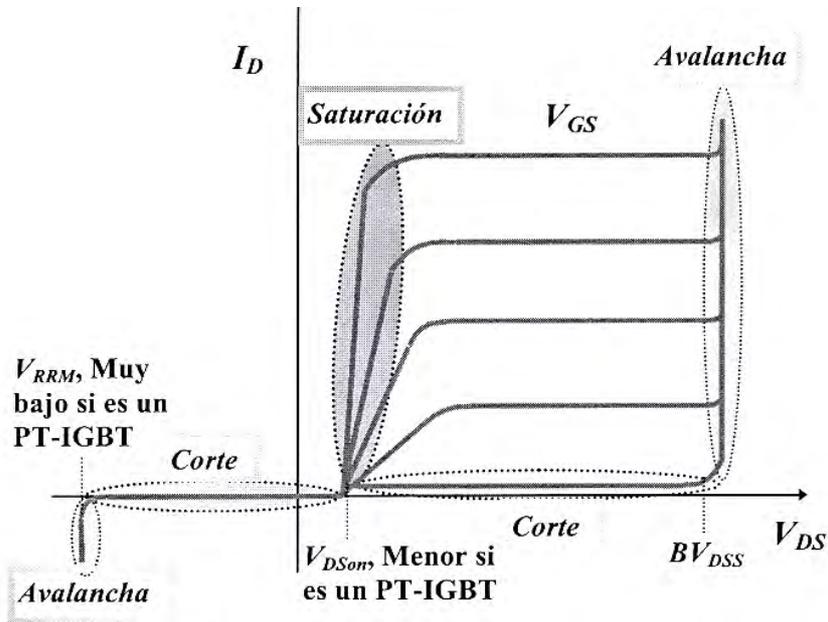
Conclusiones:

Como se ha visto en el análisis anterior el GTO tenía una serie de ventajas sobre el tiristor (sobre todo su apagado por puerta), pero en la actualidad en circuitos de gran potencia el IGBT supera a los dos semiconductores expuestos anteriormente.

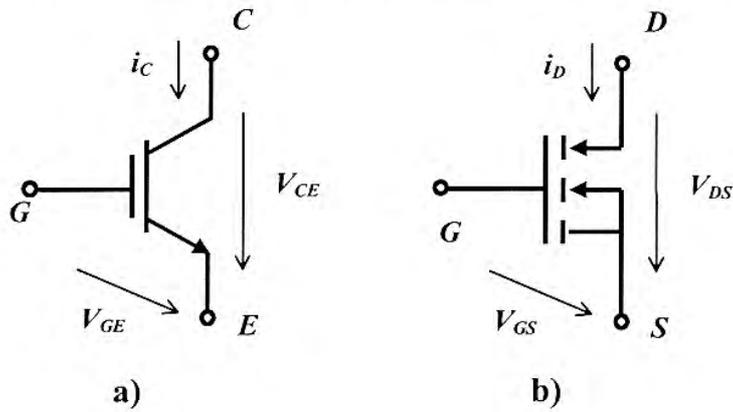
La razón es que, aunque el GTO tenía la posibilidad de apagarse por puerta, para realizar esta operación teníamos que aplicar una energía considerablemente alta, esto en el IGBT no es así ya que con una energía similar a la del encendido apagamos el semiconductor.

Esto es una gran ventaja que hace que en la industria mundial se utilicen en la actualidad los IGBTs en casi todas las aplicaciones de gran potencia.

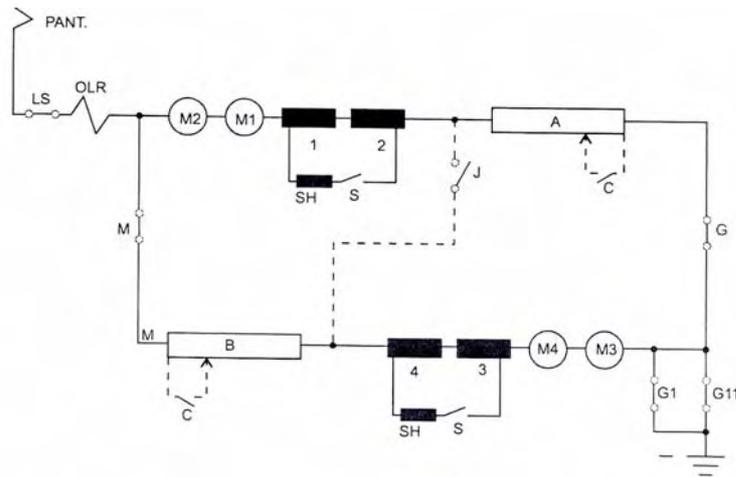
Además su precio está comenzando a bajar y su fiabilidad y vida son muy aceptables. Respecto al tiristor mantiene las ventajas que ya ganábamos con el GTO, y además el IGBT puede conmutar mucho más rápidamente, lo que hace que pueda utilizarse en aplicaciones que trabajen a frecuencias más elevadas que el tiristor.



Curva Característica Estática de un Transistor IGBT de Canal n



Representación simbólica del IGBT, a) como BJT y b) como MOSFET



Por último, y ya en esta situación de paralelo los motores, se podrían "shuntar" los campos de los motores, consiguiendo una característica de funcionamiento aún más alta de la máquina.

Al conectar en paralelo ambas ramas del circuito, la tensión de alimentación acomete por igual o con el mismo valor a cada par de motores.

Adicionalmente al control de la fase de arranque, la electrónica de los años 70, ya con un nivel de desarrollo importante, implementaba un gran número de funciones impensables en técnicas anteriores como las relativas a vigilancias de sobretensión, sobreintensidad, embalamiento, etc.



B&W representantes de la tracción reostática en FGV

En la fase de freno se sigue utilizando a los motores como generadores, consumiendo la energía generada en resistencias de freno.

La técnica reostática lleva asociada un mayor consumo energético dado que la energía que no se consume en el motor, se consume en las resistencias de arranque con el indeseado calentamiento de éstas, transmitiendo el calor a las unidades y a los propios túneles.

Asimismo, y por último, indicar que ésta técnica lleva asociada una gran cantidad de aparellaje eléctrico (relés, contactores, combinadores, etc.), costosos de adquirir y; costosos de mantener.



Combinador de Babcock & Wilcox

16. TÉCNICA CHOPPER

En 1965 se aplicó por primera vez un Chopper experimental al control de tracción, y ya en 1970 existían en Japón y en Estados Unidos algunas líneas de Metropolitano prestando servicio comercial.

La palabra chopper equivale a hacheur, o troceador de tensión, que es el fundamento de este sistema.

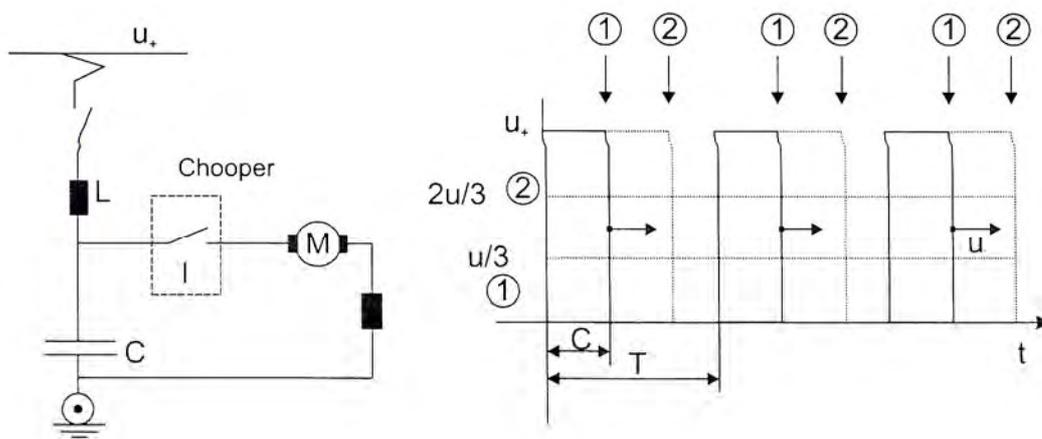
A raíz de la aparición de los semiconductores capaces de controlar importantes tensiones e intensidades (inicialmente los tiristores), se desarrolló el Chopper que, basado en motores de corriente continua, sustituyó a las resistencias de tracción y por lo tanto la tensión de alimentación a los motores, por variación de tensión mediante la apertura y cierres controlados de los dispositivos electrónicos, hasta conseguir la tensión deseada.

El **Chopper** se puede definir como un transformador electrónico de corriente continua, que transforma una tensión continua constante (la tensión de catenaria) en una tensión continua, pero cuya amplitud puede variarse a voluntad.

Durante el arranque se va adecuando la tensión de los motores de tracción a su fuerza electromotriz instantánea, de tal forma que la intensidad durante todo el proceso permanece constante. Todo ello sin los escalones inevitables en las técnicas reostáticas.

Por otra parte, controlando la tensión de motores, se puede establecer la velocidad de equilibrio deseada en cualquier perfil de vía.

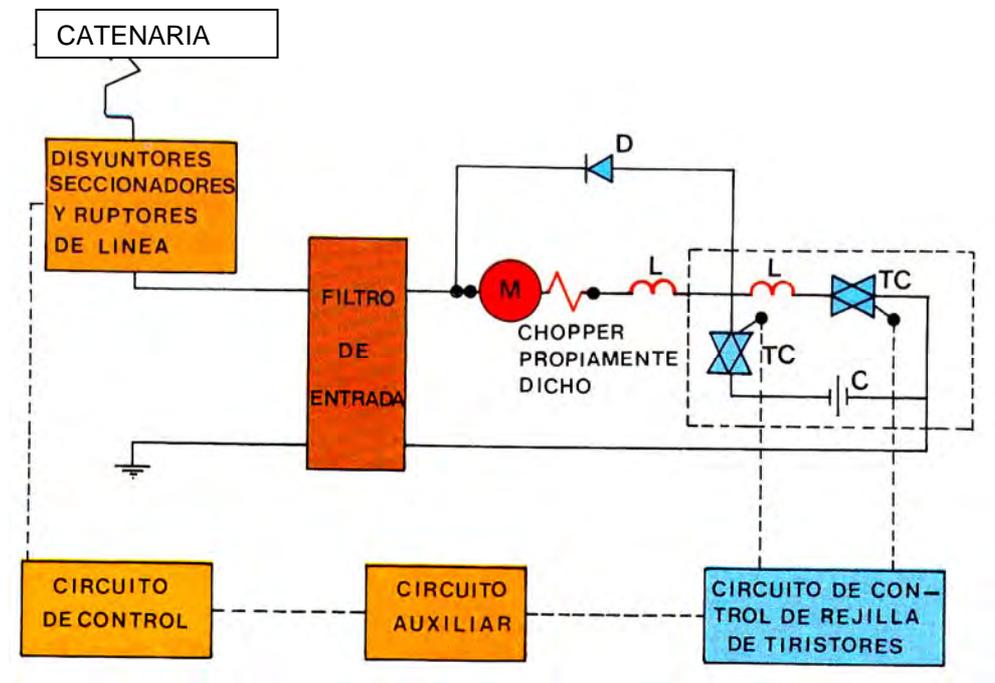
En el esquema siguiente observamos el funcionamiento básico de un Chopper. El sistema Chopper, electrónico que se materializa con tiristores o con GTO, se fundamenta en incorporar un interruptor electrónico I en serie con los motores. Este interruptor abre y cierra a unas frecuencias típicas comprendidas entre 2/3 Hz y 250 Hz usualmente, (440 Hz en las UTAS).



Imaginemos que el interruptor I está cerrado un tiempo C frente a un periodo T , y C es la tercera parte de T . La tensión en bornas de motores, como media, será $U/3$. Si desplazamos C a $2/3$ de T la tensión media obtenida será $2U/3$. De esta forma vamos aumentando la tensión que aplicamos al motor. El límite será cuando $C=T$ en que la

tensión aplicada será la tensión de alimentación. La inductancia en serie limita el rizado y hace que la intensidad sea muy lineal. La regulación, o el aumento de C hasta T (C/T se denomina usualmente **grado de conducción**) puede hacerse hoy en día todo lo linealmente que queramos, posibilitando arranques suaves.

La técnica Chopper debe complementarse con filtros L/C de entrada al tren, para alisar los rizados que se provocan, tal como se representa en el siguiente esquema básico de funcionamiento:



Representante de éste tipo de tracción en FGV son las 40 unidades de la serie 3700 UTAS.

16.1 - Ventajas e inconvenientes de la técnica chopper:

- *Disminución del mantenimiento*

En los pliegos de condiciones que últimamente están sacando las Administraciones Ferroviarias de todo el mundo se hace especial hincapié en la reducción de gastos de mantenimiento.

El Chopper está totalmente en esta línea, ya que solamente por este concepto se puede, en varios años de explotación, compensar la diferencia del precio inicial de compra de un tren. Este ahorro de mantenimiento que se obtiene con el equipo Chopper es un 40% en relación a un equipo reostático.

- *Ahorro de energía*

Debido a que el Chopper no tiene elementos exteriores a los motores que disipen energía y a su facilidad de realizar el frenado por recuperación, el consumo de Kilovatios/hora queda sustancialmente disminuido cuando se emplea esta técnica de control de motores. Como es natural, esta ventaja cobra especial importancia en el caso de Unidades de cercanías o Metropolitano, donde el elevado número de paradas es muy elevado. Este ahorro de energía se puede evaluar en un 20 % para Unidades

de cercanías y un 25% para Unidades de Metro, aunque ello depende de las frecuencias entre trenes y de la configuración de los sectores de alimentación en catenarias.

- *Desaparición de las resistencias de arranque*

Con su desaparición, no solamente se elimina un aparato voluminoso y pesado, sino además una fuente de posibles averías, ya que por su necesidad de estar ventiladas son especialmente vulnerables a las derivaciones a masa producidas por la entrada de agua conjuntamente con el aire de ventilación.

- *Frenado de recuperación*

El Chopper puede volver a poner de actualidad el freno de recuperación. El sistema empleado para realizar el frenado por recuperación con un equipo Chopper es mucho más estable y seguro que el realizado por un equipo convencional. De esta forma evitamos el peligro de averiar los motores durante esta operación, que es, sin duda, la más peligrosa de cuantas realiza un equipo eléctrico de tracción.

Además, se incrementa sustancialmente la gama de velocidades, a las cuales se puede frenar recuperando energía, puesto que puede aplicarse el freno incluso cuando la FEM de los motores es inferior a la tensión de catenaria.

- *Adopción de nuevas técnicas de automatización*

Los equipos de conducción automática como son "Velocidad prefijada", "Control automático de trenes", "Operación automática de trenes", etc., son de autentica utilidad solamente cuando están acoplados a un equipo cuyo control se realiza de forma continua. La adopción de estas técnicas en equipos convencionales a base de contactores, producen unas fatigas tales en sus componentes que los hacen poco aconsejables.

- *Aumento de la adherencia*

Como consecuencia del arranque sin escalones, y por tanto sin picos de intensidad, se puede incrementar la intensidad media de arranque sin sobrepasar el límite de adherencia.

- *Confort*

Al no poseer resistencias para el arranque, la disminución del calor producido en los túneles de las líneas del Metropolitano y el ligero aumento del confort de los viajeros, debidos a la suavidad de marcha de los trenes equipados con Chopper.

- *Interferencias*

Aunque uno de los inconvenientes más comentados del Chopper es el que se refiere a las perturbaciones que produce en las señales de vía. En el momento actual, este problema está totalmente resuelto siendo la incidencia de los armónicos de corriente del Chopper prácticamente despreciable.

17. TÉCNICAS TRIFÁSICAS

En 1972, en Cleveland se puso en servicio el primer vehículo equipado con tracción trifásica, motores asíncronos con rotor en jaula de ardilla, sin colector, y con un equipo eléctrico exento de contactos.

En aquél tiempo, los primeros equipos con tiristores poco perfeccionados, dieron lugar a numerosos problemas de interferencias y mal funcionamiento en general, que frenaron la aplicación de la electrónica de potencia en este campo.

La técnica trifásica se basa, como su nombre indica en la utilización de motores de corriente alterna trifásica. Para ello es necesario convertir la corriente continua de alimentación en catenaria a corriente alterna, con el añadido adicional de la complejidad en la regulación de los motores trifásicos.

En la actualidad hay dos técnicas trifásicas:

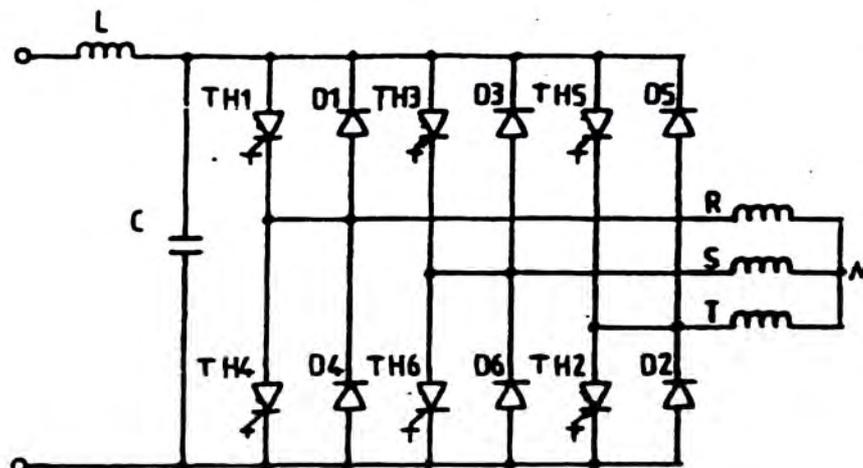
1. Onduladores de corriente
2. Onduladores de tensión.

Siendo el objetivo final de ambas la ondulación de una tensión continua para *obtener* las tres fases de alimentación del motor.

En la serie 3900 se utiliza un ondulator de tensión para alimentar los motores trifásicos, siendo su explicación básica como ejemplo de técnica trifásica la siguiente:

Principio funcionamiento del ondulator de tracción:

El esquema de principio del ondulator de tracción que aparece en la figura, está constituido por 6 tiristores bloqueables por puerta (tiristores GTO). Cada uno los tiristores TH1 a TH6 está asociado a un diodo montado en antiparalelo (diodos D1 a D6).



El ondulator toma su energía de un filtro LC. Conectado a la línea de alimentación. Dos conjuntos "tiristor – diodo" asociados constituyen un brazo del ondulator.

Mediante el mando apropiado de los tiristores de cada uno de los brazos del ondulator, se aplica a las bornas de los arrollamientos del motor asíncrono una sucesión de impulsos de tensión, de amplitud y duración variable, de tal manera que los valores fundamentales de estos trenes de impulsos aplicados entre los bornes RS, ST, TS del estator constituyen un sistema de tensiones trifásicas sinusoidales de amplitud y de frecuencia variables.

17.1 - Ventajas de la técnica trifásica

Si la técnica Chopper era un paso de gigante que había encontrado dificultades y todavía no se habían generalizado. La utilización de máquinas asíncronas puede eliminar los problemas de los motores de corriente continua tales como su mantenimiento y costo y aportar **ventajas** adicionales:

- Motor simple y robusto, exento prácticamente de mantenimiento.
- Motor menos pesado y voluminoso con gran capacidad de sobrecarga.
- Permite instalar mayor potencia por bogie y menor agresión a la vía.
- Mejor aptitud para recuperar energía, sobre todo a alta velocidad.
- Permite la marcha a potencia constante en alta velocidad.
- Permite una mayor flexibilidad de gobierno de los vehículos.
- Reduce aparellaje al no ser necesario para la inversión de marcha.
- Característica favorable respecto a la adherencia.
- Motor fiable que puede integrarse en las transmisiones.
- Permite el empleo de rotor doble en bogies monomotores longitudinales.
- Permite adoptar esquemas racionales de mantenimiento.
- Tiene amplias posibilidades de desarrollo que aumentan su competitividad.

Inconvenientes:

- Equipo eléctrico más complejo.
- Equipo eléctrico más costoso.
- Equipo eléctrico más pesado y luminoso.
- Posibles interferencias con otros equipos.



Serie 3900



y, 3800 (tranvía) tracción con motores asíncronos trifásicos

18. MOTORES ELÉCTRICOS PARA LA TRACCIÓN FERROVIARIA

18.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES

Dentro de este capítulo deberían englobarse todas aquellas máquinas eléctricas capaces de producir movimiento. Pero sólo se consideraran dos, por ser las categorías fundamentales más utilizadas:

Motor de colector: Son hábiles tanto para corriente continua como alterna. Básicamente un motor de colector se puede considerar como una dinamo reversible, es decir, que puede funcionar como motor o como generador.

La constitución de un motor de colector varía según se proyecte para funcionar con corriente alterna, continua o ambas.

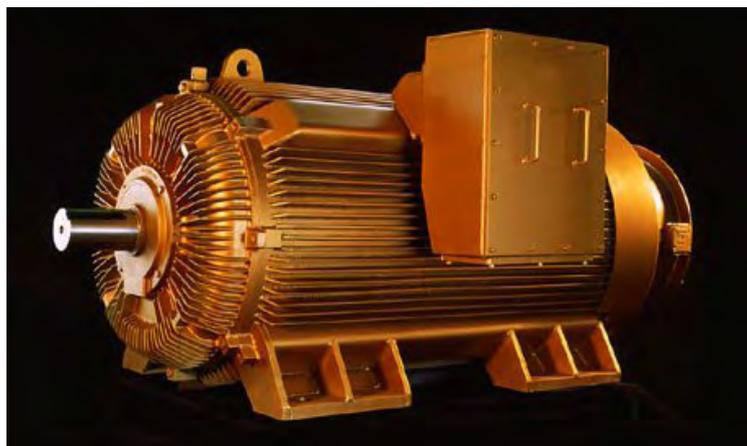
Cuando el motor puede funcionar indiferentemente con corriente alterna y continua se tiene el llamado "**motor universal**".

Motor asíncrono: Sólo pueden ser utilizados con corriente alterna monofásica, trifásica, o polifásica.

Los motores asíncronos se llaman también motores de **inducción**.

El motor asíncrono trifásico con rotor de jaula de ardilla es el más utilizado en la industria.

Más de las tres cuartas partes de los motores eléctricos son asíncronos. La característica más relevante del rotor de jaula de ardilla son: constitución sencilla, robustez y seguridad.



Motor de jaula de ardilla

18.2. MOTOR DE COLECTOR PARA CORRIENTE CONTINUA

Descripción:

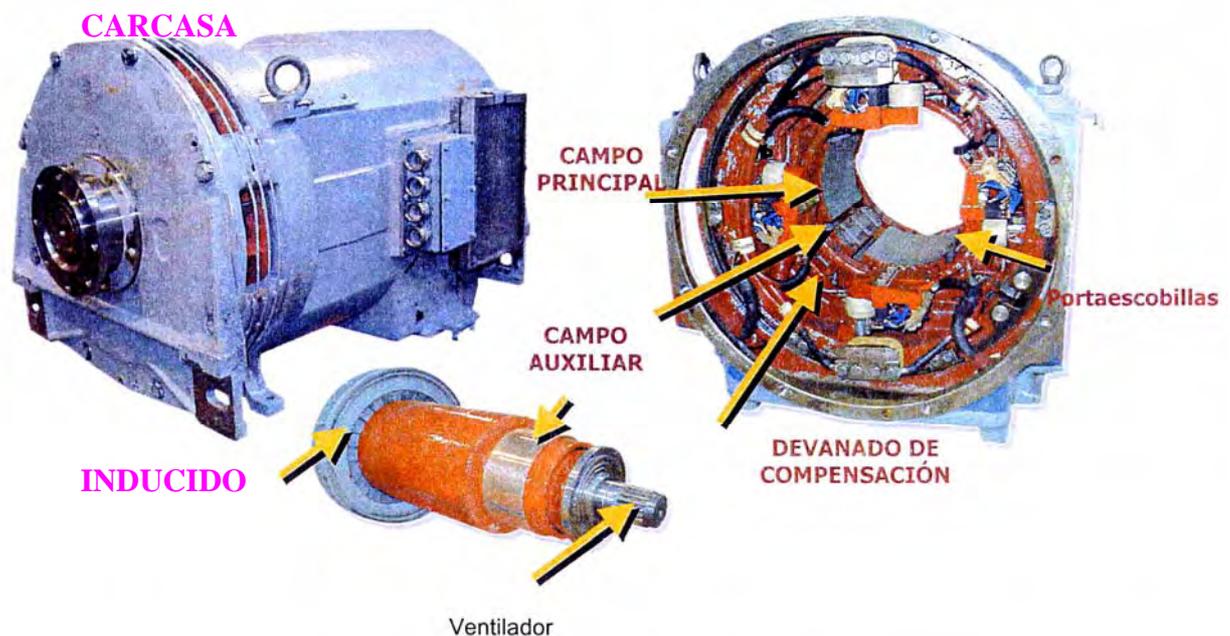
Está constituido por una parte fija o estator, compuesta por la carcasa e inductores, y una parte móvil o rotor, compuesta por inducido y colector. Los devanados (bobinas) del inductor e inducido del motor son alimentados con la corriente continua que el pantógrafo capta de la línea, una vez que ha sido acondicionada en la cámara de alta según las exigencias de potencia y velocidad del motor en cada instante.

Carcasa e inductores:

La carcasa es una pieza de fundición o acero moldeado que cierra el circuito magnético del inductor y protege los demás elementos del motor contra golpes y suciedad.

En su cara interna están montados los electroimanes inductores, terminados en una pieza curvada llamada pieza polar.

Los inductores crean un campo magnético en cuyo interior gira el inducido.



Inducido y colector:

Ambos elementos constituyen el rotor del motor que gira dentro del campo inductor. El espacio libre que queda entre el rotor y el estator se llama **entre hierro**. Este espacio debe ser lo más pequeño posible para lograr un rendimiento mejor del motor.

El **inducido** está formado por un núcleo cilíndrico de láminas de hierro, aisladas entre sí, sobre las que se devana un hilo de cobre.

Los extremos de cada bobina del devanado inducido se sueldan a unas piezas de cobre llamadas delgas, caladas en el mismo eje del inducido y aisladas entre sí con láminas de mica.

El conjunto de delgas forma un cilindro denominado colector, sobre el que se apoyan las **escobillas**, montadas en los **portaescobillas** que las comprimen contra las **delgas** del colector mediante la acción de un resorte.

Funcionamiento del motor:

El inductor del motor produce un campo electromagnético fijo. Al recibir corriente el devanado del inducido trabaja como un electroimán, produciendo un campo electromagnético móvil.

La interacción de los dos campos electromagnéticos, hace girar al inducido por efectos de atracción y repulsión. Si se alimenta sólo el inductor de un motor y se hace girar a su inducido, el motor trabaja como dinamo produciendo corriente continua.

Cuando el inducido está parado y se le aplica el voltaje de funcionamiento normal, se producirá una gran corriente, que podría dañar el colector y las bobinas del inducido.

El medio normal de prevenir estos daños es el uso de resistencias en serie o regulación chopper, para disminuir la corriente antes de que el motor consiga desarrollar el voltaje inducido adecuado. Cuando el motor acelera, la resistencia se reduce gradualmente tanto de forma manual como automática.



Motor de tracción de B&W



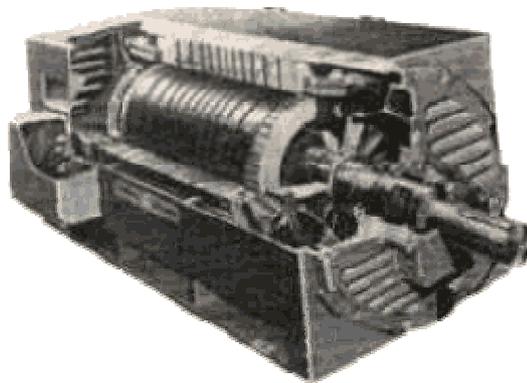
Detalle del inducido

18.3- MOTOR ASINCRONO CON ROTOR DE JAULA DE ARDILLA

Descripción:

Está constituido por una parte fija o estator, compuesta por la carcasa e inductores, y una parte móvil o rotor, compuesta por inducido no alimentado sin colector. Los devanados (bobinas) del inductor del motor son alimentados con corriente alterna, una vez que ha sido acondicionada en la cámara de alta según las exigencias de potencia y velocidad del motor en cada instante.

Al arrancar los motores, absorben una corriente de intensidad muy superior a la nominal, que decrece conforme van adquiriendo velocidad.



Sección de un Motor de jaula de ardilla

Funcionamiento del motor:

El inductor del motor produce un campo electromagnético giratorio al aplicarle corriente alterna. El campo del inductor influye en el devanado del inducido, en el que se generan tensiones alternas aun sin estar este último alimentado, de igual frecuencia que las del inductor pero de fase opuesta, dando lugar a su vez a un campo giratorio en el mismo sentido retrasado 90° respecto al campo inductor.

La diferencia entre la velocidad real del motor y la del campo giratorio del estator se denomina "**deslizamiento**".

En electrificaciones con corriente continua, es preciso conectar un ondulator entre la captación de corriente y los motores de tracción.

Ventajas del motor asíncrono sobre el de corriente continua convencional

Las ventajas fundamentales son de índole técnico y económico.

Las limitaciones que manifiesta el sistema escobilla-colector para la obtención de potencia están impuestos por aspectos eléctricos y mecánicos. Por ello, el motor trifásico puede proyectarse para velocidades superiores y con rendimientos más elevados que el motor de colector.

Debido a esta diferencia constructiva se derivan las siguientes ventajas:

- Reducción del peso e inercia de los bogies, singularmente apreciable a altas velocidades.
- Permite instalar elevadas potencias por eje motor.
- El motor trifásico es muy robusto, siendo su mantenimiento prácticamente nulo. Dado que las únicas piezas sometidas a desgaste son los cojinetes, los intervalos de revisión para mantenimiento son muy dilatados.

Además, al carecer de colector y escobillas, éstas no deben ser comprobadas o recambiadas regularmente. Debido a esta razón se evitan problemas de conmutación.

El control electrónico del sistema permite una regulación continua de la potencia suministrada por los motores de tracción, evitándose tirones tanto en tracción como en frenado por recuperación. Además, el paso de tracción a recuperación se efectúa sin la intervención de contactores.

19. PARTES BÁSICAS DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

El conjunto de equipos que compone un vehículo eléctrico se puede desglosar en cuatro grandes grupos variando los componentes de cada uno de ellos según las diferentes series del material.

Éstas partes son:

- Caja y bogies
- Equipo mecánico
- Equipo eléctrico
- Equipo neumático

Se van a definir de manera genérica los equipos más significativos de cada una de estas partes en los vehículos de tracción eléctrica.

19.1 CAJA Y BOGIES

Caja

Constituye el esqueleto o soporte sobre el que están instalados los equipos mecánico, eléctrico y neumático de la locomotora o automotor.

Consta de un bastidor, formado por largueros laterales y perfiles laminas sobre el que está montada la caja propiamente dicha. Está construida con chapa acero y tiene línea aerodinámica.



Caja de las Babcock renovadas

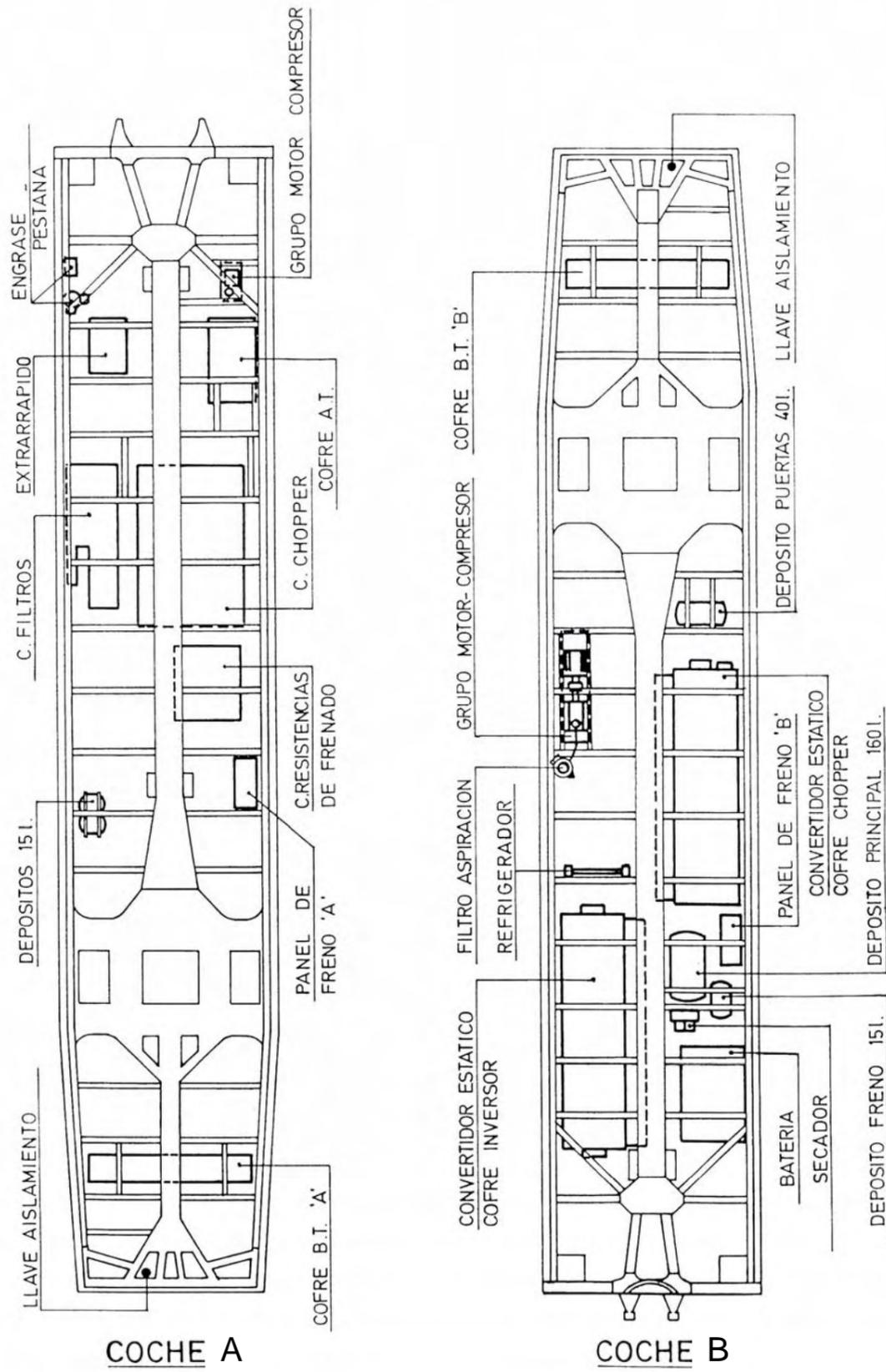
Descansa sobre los bogies por medio de pivotes o apoyos.

La trepidación de la marcha se amortigua mediante un sistema combinado suspensión, compuesto por muelles, ballestas y amortiguadores hidráulicos o neumáticos.

El esfuerzo de tracción se puede transmitir directamente por los bastidores de bogies o bien a través de la caja del vehículo.

Bajo el bastidor están situados entre otros los siguientes elementos:

- Depósitos de aire y llaves de paso, tuberías y grifos de purga.
- Engrasadores de pestaña
- Mecanismo de freno con sus válvulas de control y mando
- Compresores, etc.



Ejemplo distribución de equipos bajo bastidor en las UTAS

Bogie: Conjunto de rodadura mecánica que sustenta las cajas de los vehículos.

Se pueden diferenciar básicamente dos tipos de bogies:

- Bogies motores
- Bogies remolcados



Bogie portante UTA, ejemplo de bogie remolcado

Los equipos del bogie se montan sobre un bastidor que constituye su infraestructura.

Bastidor del bogie: Se denomina bastidor de bogie a la estructura metálica, *normalmente de acero soldado*, o armazón que conforma el conjunto del bogie, sirviendo de fijación de ejes, ruedas, motores de tracción, suspensiones, etc.

19.2 EQUIPO MECÁNICO

Bajo esta denominación se incluyen todos aquellos aparatos y órganos de la locomotora que no necesitan la afluencia continua de energía eléctrica para su funcionamiento.

Mecanismo de tracción: El mecanismo de tracción es el conjunto de piezas a través del cual se transmiten los esfuerzos de tracción o compresión entre los bastidores de la caja y del bogie.

Un **eje** es una pieza cilíndrica de acero sobre la que se montan las ruedas, las cajas de grasa y los elementos terminales de la transmisión.

Hay dos tipos de ejes:

- Portadores
- Motores

Las ruedas montadas sobre los ejes portadores o guías suelen ser de menor diámetro que las montadas sobre los ejes motores.

Los extremos de los ejes motores están formados por las manguetas para el acoplamiento de los cojinetes de las cajas de grasa.

Las ruedas van caladas interiormente en los ejes, junto a las manguetas.



- 1-Eje
- 2-Rueda
- 3-Mangueta
- 4-Cojinete de rodillos
- 5-Corona dentada

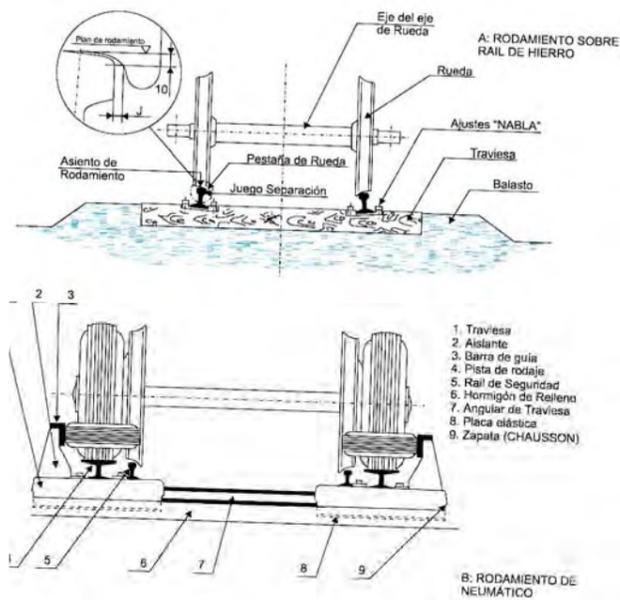
Eje motor

En el eje motor, interiormente a las ruedas, va calada una corona dentada encargada de transmitir el movimiento a las ruedas. Esta corona engrana con el piñón de ataque del motor, o bien con un juego de piñones intermedio.

El número de ejes por bogie es de dos o tres, llamándosele en éste último caso **truck**.

La idea del eje ferroviario, con dos ruedas cónicas unidas por un eje, tiene como finalidad, compensar de forma natural la diferencia de camino recorrido entre el carril exterior y el interior de una curva sin deslizamiento, favoreciendo además al autocentrado del eje sobre la vía.

Existe otro sistema de rodadura, (típicamente francés) basado en neumáticos de caucho con sistema de guiado lateral y no por el tradicional ataque *rueda-carril* sino por barra guía. En éste segundo caso la rueda metálica actúa junto al carril de sistema de seguridad, no de rodadura ni de guiado primario.



Rueda: Una rueda es el elemento directo de rodaje que, en contacto continuo con el carril, proporciona al vehículo la posibilidad de movimiento.

Hay dos tipos de rueda:

- Macizas
- De radios

Cajas de grasa: Son los elementos del equipo de rodaje del vehículo, que lubrican y refrigeran las manguetas de los ejes para asegurar el giro de éstos con el menor rozamiento posible.

Se considerarán dos tipos de caja de grasa:

- Fricción
- Rodillos

Sistemas de engrase: El acoplamiento eje-caja de grasa debe ser engrasado para evitar su calentamiento por fricción.

19.3 SUSPENSIÓN

Es el conjunto de órganos destinado a amortiguar las vibraciones de la caja producidas por las desigualdades de la vía. Está formada por un sistema de muelles y amortiguadores sobre los que se apoya la caja.

La llamada suspensión **primaria** va intercalada entre las cajas de grasa y el bastidor del bogie, y la **secundaria** entre éste y el bastidor de la caja.

Hay dos clases de suspensión:

- rígida o simple
- conjugada

Suspensión rígida o simple:

Es independiente para cada caja de grasa. Consta de un muelle, en cuyos extremos lleva unos tensores sujetos mediante bulones al bastidor del bogie.

Debido a las irregularidades de la vía, varía la carga sobre los ejes, lo que ocasiona el patinaje del vehículo por diferencia de adherencia entre cada rueda y el carril.

Suspensión conjugada:

Consta de un sistema de muelles y balancines que distribuyen la carga por igual entre los ejes, incluso en tramos de vía irregular, por lo que se corrige en gran parte el patinaje del vehículo.

Suspensión primaria:

Es el conjunto de elementos que tiende a distribuir uniformemente la carga del vehículo en los ejes del mismo, cuando hay descompensaciones debidas al perfil de la vía y a los esfuerzos de tracción.

El bastidor del bogie se apoya en las cajas de grasa por medio de muelles helicoidales, o silentblocks de caucho situados a cada lado del cuerpo de la caja de grasa.

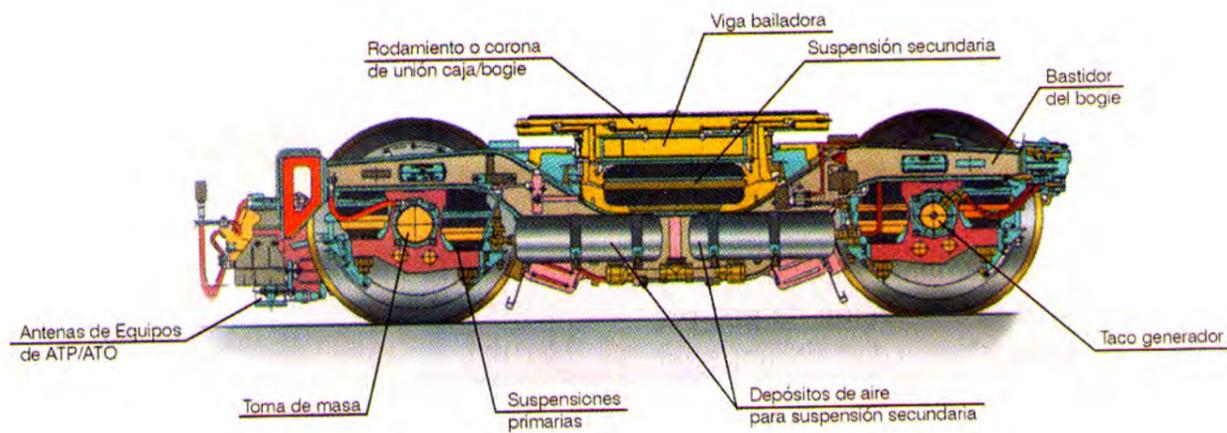
Debido al movimiento lateral y longitudinal que se permite a la caja de grasa, no se nota el movimiento de lazo o desapareamiento de los bogies hasta que se alcanzan elevadas velocidades.

Suspensión secundaria:

Está intercalada entre el bogie y la caja del vehículo y suaviza los movimientos relativos entre ambos elementos.

La suspensión secundaria puede ser:

- mecánica
- neumática



Esquema de un bogie tipo con suspensión secundaria neumática

Suspensión neumática:

Es un tipo de suspensión secundaria en el que el equilibrio entre las sobrecargas o descargas producidas por causas externas al vehículo (vía, peso añadido, etc.), y los esfuerzos que deben soportar los órganos de rodaje, se consigue a través de un equipo neumático que proporciona una presión variable según la intensidad de las fuerzas solicitantes.

Tanto las UTAs como las unidades 3900 disponen de éste tipo de suspensión secundaria.

19.4 TRANSMISIÓN

El movimiento producido en los motores de tracción es transferido a los sistemas de rodaje por medio de la transmisión.

La transmisión puede ser de tres tipos:

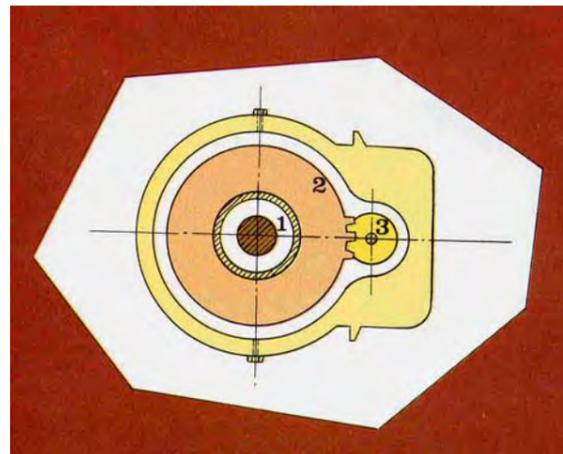
- Rígida
- semirrígida
- elástica

Transmisión rígida

El piñón de ataque está calado en el eje del inducido del motor de tracción, es macizo y engrana sobre una corona dentada calada en el eje de la rueda motriz.

La corona y el piñón están protegidos por un cárter que dispone de lubricante para el engrase del sistema.

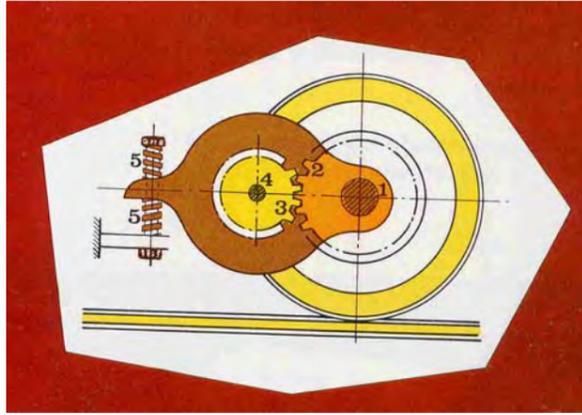
Este tipo de transmisión se deteriora con el movimiento relativo motor-eje que se produce durante la marcha del vehículo, por lo que tiende a desaparecer.



1-eje motor
2-Corona dentada calada en el eje motor
3-Piñón de ataque calado en el eje del inducido

Transmisión semirrígida

En este tipo de transmisión el motor de tracción tiene dos puntos de apoyo. El primero en el bastidor del bogie sobre el que descansa un apéndice o «nariz» de la carcasa exterior del motor. Dicho apoyo se realiza mediante un sistema de muelles antagónicos que permite un leve movimiento vertical de aquél. El segundo apoyo se efectúa sobre el eje motor en el que abrocha una prolongación de la carcasa, diametralmente opuesta a la nariz, constituida internamente por cojinetes que facilitan el giro del eje.



- 1-Eje motor
- 2- Corona calada en el eje motor
- 3- Piñón de ataque calado en el eje motor.
- 4-Eje del inducido del motor
- 5-Sistema de apoyo elástico

La transmisión del par motor desde el inducido al eje se realiza por acoplamiento de un Piñón de ataque, solidario al primero, con una corona dentada que se fija al eje motor por medio de silentblochs de caucho; sistema que permite un cierto desfase entre el giro de la corona y el del eje motor. Este hecho, unido al movimiento vertical del motor en la nariz, da cierta elasticidad a la transmisión, evitando que ésta se deteriore debido a ligeros movimientos relativos motor-eje.

Transmisión elástica

En este tipo de transmisión el piñón de ataque transfiere el esfuerzo de tracción a la corona dentada del eje motor con gran suavidad y disminuye el movimiento relativo entre motor y ejes.

Los dos tipos de transmisión elástica más importantes son:

- transmisión G
- transmisión doble

También forman parte del equipo mecánico las timonerías de los diferentes sistemas de frenado (estacionamiento por ejemplo), areneros etc.

19.5 EQUIPO ELECTRICO

Se destacan dentro de éste apartado los siguientes equipos:

Batería: La corriente de baja tensión la suministra o el Grupo motor-generator o el convertidor estático, pero cuando éstos equipo no están en servicio la suministra la batería.

La tensión suministrada es de 110 voltios nominales.

La batería alimenta principalmente a los circuitos de control y mando, al alumbrado y la señalización.



Baterías de B&W renovadas

Pantógrafo:

El pantógrafo tiene como misión captar la corriente de la catenaria para que posteriormente y a través de diferentes equipos llegue a los motores.

Esta unido al techo del vehículo mediante aisladores de porcelana.

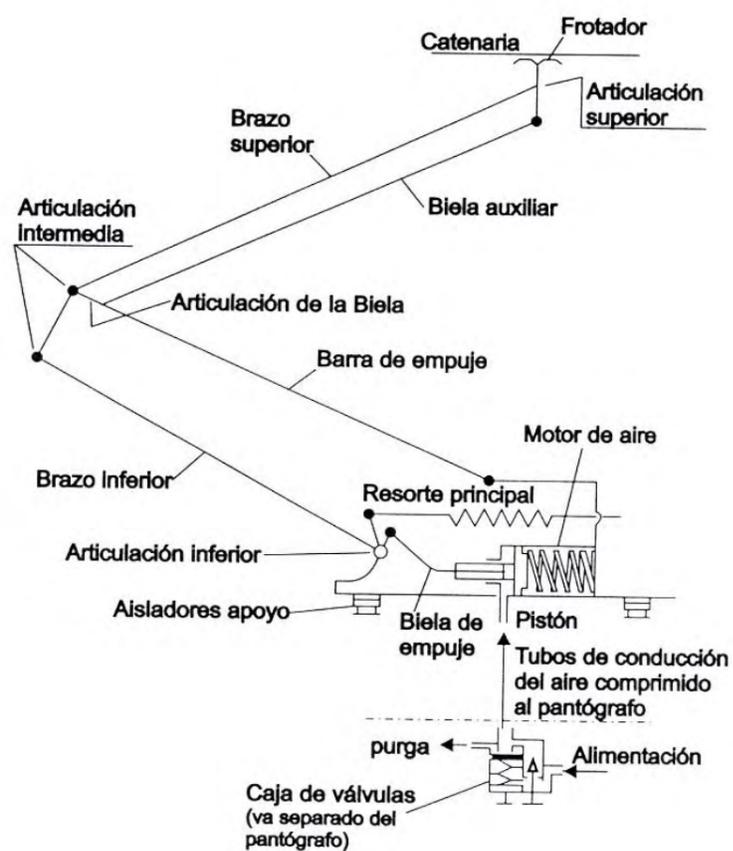
El paso de la corriente se realiza a través de unas barras con pasadores extramuros.

Las UTAS, B&W y el tranvía disponen de un solo pantógrafo; las 3900 dos aunque sólo se eleva una cada vez según el sentido de marcha.

En las dos primeras series el sistema de elevación es neumático y en el tranvía, las 3900 y las dos B&W renovadas, el sistema de elevación es eléctrico mediante tensión de batería.

En el pantógrafo se distinguen cuatro partes fundamentalmente:

- Bastidor
- Sistema articulado
- Mecanismo de elevación
- Mesillas



Despiece de un pantógrafo de accionamiento neumático



Detalles del pantógrafo de UTA y B&W

Disyuntor extrarrápido:

Es el interruptor principal del circuito de alta tensión.

Es de libre apertura y protege a todos los equipos de alta del vehículo.

Protege al vehículo básicamente por:

1. Sobretensiones en tracción y con frenado por recuperación así como con aumento inadmisibles de la tensión del filtro de entrada.
2. Por actuación del relé diferencial.

Debido a las grandes corrientes que tienen que soportar los contactos fijo y móvil del disyuntor, dispone de unos elementos de seguridad que son:

Apaga-chispas: Para atenuar el arco que se produce con la separación de los contactos.

Muelles y electroválvulas: Para facilitar la conexión y desconexión de los contactos para que la apertura y cierre sea más rápida y segura.

Otros integrantes del equipo eléctrico ya explicados en punto anteriores son el chopper, onduladores pulsatorios, convertidor estático, electrónica de control, etc.

19.6 –EQUIPO NEUMÁTICO

Se denomina equipo neumático en un vehículo motor al conjunto de aparatos cuyo funcionamiento exige la existencia de aire comprimido, independientemente de que su control sea eléctrico, mecánico o neumático.

Se incluyen dentro de éste equipo el grupo motor compresor, electroválvulas, cilindros de freno, etc.

Motor-Compresor: Es una máquina rotativa auxiliar cuya misión es producir aire comprimido. Éste aire se almacena en los depósitos principales del vehículo desde donde se distribuye a todo el equipo neumático y electroneumático del mismo.