

-ÍNDICE-

1) INTRODUCCIÓN	PAG.1
2) FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTUAN EN EL MOMENTO DEL FRENADO	PAG.2
FUERZAS DE FRENADO	PAG.2
RESISTENCIA A LA RODADURA	PAG.2
ACCIONES AERODINAMICAS	PAG.2
RESISTENCIA DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN	PAG.3
3) CONDICIONES IMPUESTAS POR LA ADHERENCIA	PAG.3
4) REPARTO ÓPTIMO DE LAS FUERZAS DE FRENADO	PAG.5
5) TIPOS DE FRENO	PAG.7
FRENOS MECÁNICOS	PAG.7
FRENOS HIDRÁULICOS	PAG.7
TIPOS DE FRENOS HIDRÁULICOS	PAG.7
FRENOS DE TAMBOR	PAG.8
FRENOS DE DISCO	PAG.8
FRENOS ABS	PAG.9
FRENO DE MANO	PAG.9
6) NUEVAS TECNOLOGÍAS	PAG.10
FRENADO SELECTIVO SENSOTRONIC	PAG.10
ADAPTIVE BRAKE	PAG.13
DISCOS DE FRENO CERÁMICOS	PAG.14
EL PORQUÉ DE LOS DISCOS CERÁMICOS	PAG.17
SISTEMA DE FRENADO PRE-SAFE	PAG.20
FRENO DE ESTACIONAMIENTO ELECTROMECAÍNICO	PAG.22

-PRESENTACIÓN-

Este trabajo ha sido desarrollado para dar a conocer las nuevas tecnologías y avances en el sistema de frenos de los automóviles. Un trabajo, realizado en un alto número de horas, en las cuales se ha invertido todo el empeño por parte de los autores, de recopilar y exponer la información de la forma más clara y concisa sobre estos sistemas.



1. INTRODUCCIÓN.

Uno de los sistemas fundamentales de todo vehículo automóvil es el que le confiere la capacidad a reducir su velocidad incluso llegando a detenerlo si así lo decide el conductor. Dicho sistema es el sistema de freno.

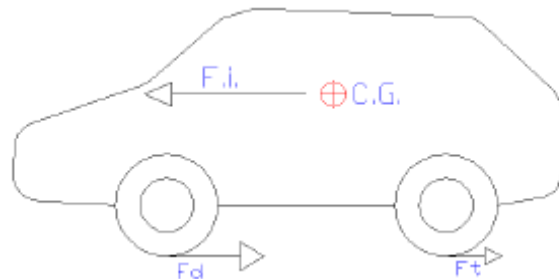
El principio de funcionamiento de un sistema de frenado es la reducción de la energía cinética y/o potencial para transformarla en energía calorífica. Con esta transformación de energía se consigue la reducción de la velocidad del vehículo.

A continuación analizaremos los conceptos fundamentales relacionados con el frenado de los vehículos y especialmente los relacionados con el reparto óptimo de frenada y con el proceso de deceleración.

Consideramos los vehículos como cuerpos rígidos, no dotados, por tanto, de suspensiones. Así mismo, se considerará que el movimiento se produce en línea recta y sin acciones laterales, por lo que el análisis de los esfuerzos y movimientos asociados al proceso los estudiaremos posteriormente.

El reparto de cargas sobre el eje en un vehículo moderno en parado, es aproximadamente de un solo 55% del peso total en el eje delantero, y del 45% sobre el eje trasero. Evidentemente, este reparto estático de cargas se modifica en condiciones dinámicas según las aceleraciones o deceleraciones a que se ve sometido el vehículo.

Las principales fuerzas en juego en el proceso de frenado del vehículo son las que se representan en el esquema siguiente:



Esquema de las fuerzas en juego en el proceso de frenado

Como se puede observar en el diagrama, la inercia del vehículo al frenar genera una fuerza (F_i) que actúa sobre el centro de gravedad del vehículo y que normalmente, al estar este punto situado a mayor altura que el eje de las ruedas, genera un par de cabeceo en el vehículo que modifica el reparto de cargas sobre los ejes. Aunque dicho reparto de cargas dinámicas durante la frenada depende de otros factores tales como el reparto de cargas estáticas, alturas del centro de gravedad y otros, se puede estimar que en un vehículo tipo dicho reparto de masas en una situación dinámica es el 75 % sobre el delantero y un 25 % sobre el eje trasero.

Esta situación supone que tanto el dimensionamiento de los frenos delanteros y trasero así, como las características del material de fricción de las pastillas o zapatas, han de tener distintas dimensiones y/o coeficientes para evitar el bloqueo de las ruedas traseras.

De producirse el bloqueo del eje trasero, la estabilidad direccional del vehículo quedaría enormemente comprometida y en dicha situación el coche tendería a girar sobre su eje.

2. FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTÚAN EN EL PROCESO DE FRENADO.

Algunos de ellos nos podrían parecer irrelevantes, pero veremos que son de vital importancia dependiendo del tipo de conducción que realicemos.

FUERZA DE FRENADO.

Las principales fuerzas retardadoras del vehículo en el proceso de frenado son las que se desarrollan en la superficie de las ruedas como consecuencia de su contacto con la calzada, al serles aplicados pares que se oponen a su movimiento, es decir, las fuerzas de frenado.

La fuerza de frenado máxima así como la fuerza de tracción máxima tienen dos límites. En ambos casos el impuesto por el “neumático - suelo”. En lo relativo a las fuerzas de frenado, existe el otro límite impuesto es el que tiene el sistema de freno y en lo referente a las fuerzas de tracción máxima el que impone la potencia del motor. El límite crítico es el impuesto por la adherencia existente entre el neumático y el suelo. Cuando se rebasa este límite, en el caso del sistema de freno, se produce el bloqueo de las ruedas que deslizan sobre el pavimento, produciéndose efectos nefastos.

RESISTENCIA A LA RODADURA.

La resistencia a la rodadura así como la resistencia aerodinámica del vehículo intervienen como fuerzas retardadoras en el proceso de frenado. Aunque su influencia es pequeña frente a la fuerza de frenado, pero aún así ayudan durante el proceso de deceleración. La resistencia a la rodadura, fundamentalmente está compuesta por la fricción neumático – suelo y pérdidas mecánicas en el sistema de transmisiones. Su valor es generalmente pequeño en comparación con las otras fuerzas en juego. El valor de la resistencia a la rodadura crece casi proporcionalmente a la velocidad.

ACCIONES AERODINÁMICAS.

Las fuerzas aerodinámicas al avance solo tienen interés como fuerzas retardadoras a altas velocidades. A velocidades moderadas o bajas pueden despreciarse frente al valor de la fuerza de frenado.

Las fuerzas aerodinámicas son importantes a altas velocidades ya que su valor aumenta con el cuadrado de la velocidad que el vehículo lleve. Es decir que cuando doblamos la velocidad de un vehículo, por ejemplo de 80 km/h a 160 km/h la resistencia aerodinámica al avance, por ejemplo 40 Kg. se multiplica por cuatro siendo necesario un empuje de 160 Kg. En la siguiente tabla vemos como crecen las fuerzas aerodinámicas y de rodadura así como la potencia necesaria que debe tener el vehículo para superarlas.

Velocidad (km/h)	Resistencia Aerodinámica (kg)	Resistencia a la Rodadura (kg)	Resistencia Total (kg)	Potencia necesaria (CV)
40	5,3	10,0	15,3	2,3
80	21,6	14,0	35,6	10,7
120	48,6	19,0	67,6	30,6
160	86,4	26,0	112,4	67,9
200	135,0	32,0	167,0	126,2

Esta tabla ha sido confeccionada con las dimensiones de un vehículo de tamaño medio.

RESISTENCIA DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN.

La resistencia que ofrece el motor constituye, en muchos casos, un factor importante en el proceso de frenado. La potencia, como el par resistente, que ofrece el motor en procesos de frenado en los que permanece conectado a las ruedas a través de la transmisión, es importante cuando gira a un gran número de revoluciones y disminuye con la velocidad, hasta hacerse pequeño en el último intervalo de un proceso de frenado.

En bajadas prolongadas, especialmente si se trata de vehículos pesados, la retención efectuada por el motor es de suma importancia para preservar los elementos de fricción de los frenos del calentamiento y consiguientes desgastes elevados.

Si la deceleración con la que deseamos frenar es lo suficientemente fuerte, y el motor se encuentra embragado, las exigencias requeridas por el sistema de freno son mucho mayores que si desembragásemos el motor para realizar la frenada.

Evidentemente, este efecto de frenado es mayor en los motores diesel con relaciones de compresión del orden de 20:1 que en motores de gasolina en los cuales está establecido en valores de compresión de 9:1.

3. CONDICIONES IMPUESTAS POR LA ADHERENCIA.

El bloqueo de las ruedas de un eje produce efectos negativos, ya que en una situación de bloqueo, el coeficiente de fricción entre el neumático y la calzada adquiere un valor inferior al de máxima adherencia ($\mu=0,75$), lo cual produce el deslizamiento del neumático sobre la calzada. En consecuencia, cuando las ruedas se bloquean, disminuye el valor de la fuerza de frenado respecto a la máxima fuerza potencial que puede obtenerse en condiciones de rodadura previas al bloqueo de las ruedas, ya que el coeficiente de fricción rueda / suelo cae a valores muy bajos del orden de $\mu=0,2$ o inferior en pavimentos mojados.

El efecto anterior, con ser de gran interés, no es el más importante. El bloqueo de las ruedas supone la superación de la adherencia neumático – suelo en la dirección longitudinal, razón por la cual, la interacción entre ambos elementos será incapaz de ofrecer una resistencia que equilibre una posible fuerza lateral, por muy pequeña que sea. Como, por otra parte, resulta en la práctica imposible que se produzca una situación exenta de todo esfuerzo lateral el vehículo

podrá experimentar un desplazamiento lateral (viento, reparto de carga, etc.) cuyo efecto es diferente según sea el eje cuyas ruedas se bloquean.

Si el eje que se bloquea es el trasero la adherencia de las ruedas de dicho eje con el suelo disminuye fuertemente como se ha visto antes, por lo que cualquier inestabilidad puede provocar el giro del vehículo sobre su eje haciendo perder totalmente la estabilidad direccional. Es decir, si en una situación de conducción normal nosotros tiramos con violencia del freno de mano, hasta llegar a bloquear los neumáticos, el vehículo tenderá a derrapar de la parte trasera hasta situarse a contradi dirección.

Si las ruedas que se bloquean son las del eje delantero, las fuerzas de inercia aplicadas al centro de gravedad y las de rozamiento o adherencia en las ruedas, proporcionan un momento de guiñada que disminuye con el valor de la perturbación lateral. Esto provoca que el sistema sea estable, es decir, las fuerzas tienden a hacer que el vehículo recupere su posición longitudinal. En esta situación se origina una cierta pérdida de control direccional, menos grave, en términos generales, que la inestabilidad provocada por el bloqueo del eje trasero y el vehículo, tiende en principio a seguir una trayectoria recta sin obedecer a la dirección del mismo.

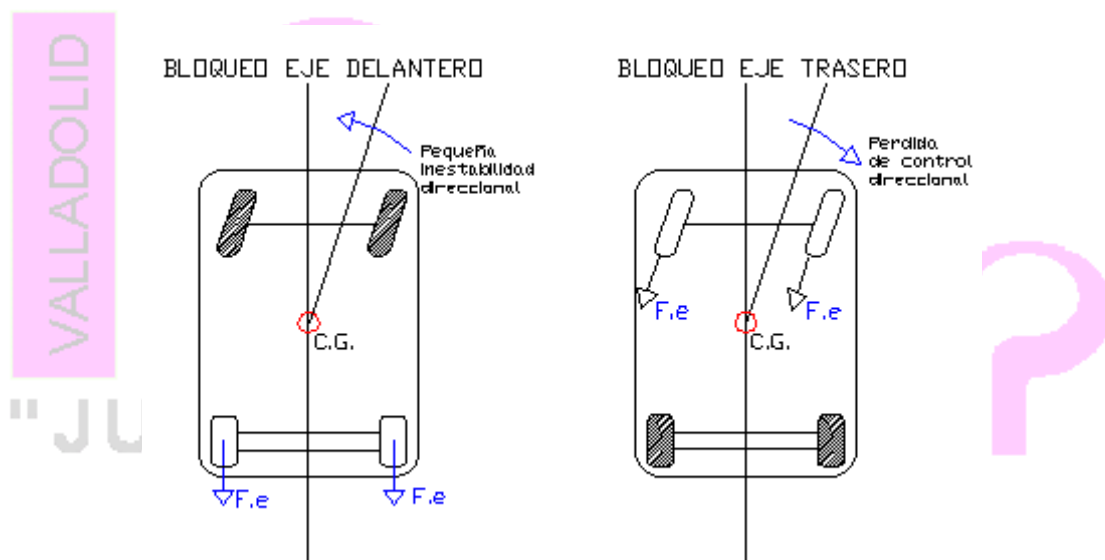


Diagrama de las fuerzas provocadas por el bloqueo de un eje

De lo anterior se deducen en algunas conclusiones importantes:

1. El bloqueo de las ruedas del eje trasero de un vehículo de dos ejes produce una gran inestabilidad direccional de carácter irreversible.
2. El bloqueo de las ruedas del eje delantero de un vehículo de dos ejes puede producir pérdida de control direccional.
3. De todos lo anterior podemos concluir que tanto en el diseño del sistema de frenos, como en la conducción, debe de actuarse de tal forma que se eviten tanto el bloqueo de las ruedas

delanteras como traseras. En frenadas bruscas, especialmente en condiciones de baja adherencia, puede llegarse al bloqueo y será probable que las ruedas de ambos ejes no alcancen al mismo tiempo el bloqueo. En este caso, resulta menos desfavorable que el bloqueo se produzca antes en las ruedas delanteras. Por esto se añaden al sistema elementos que limiten la frenada en el eje trasero para que no se produzca su bloqueo antes que en el eje delantero.

4. El bloqueo hace disminuir el coeficiente normal de adherencia ($\mu=0,7$), pasando al valor de rozamiento en deslizamiento ($\mu=0,2$), lo cual, en el mejor de los casos, si no se produjese alteración grave de la trayectoria, haría aumentar la distancia de frenado respecto a la condición óptima, es decir si se aprovechara al máximo la adherencia.

De esto modo se puede comprender que es fundamental un buen aprovechamiento de la adherencia disponible en cada eje ya que constituye un problema crítico en el frenado. Tal aprovechamiento será máximo si el esfuerzo transmitido por el sistema de freno a cada rueda es proporcional a la carga dinámica que soporta. Para optimizar la frenada y evitar el bloqueo de las ruedas se estudia el reparto óptimo de las fuerzas de frenado.

Adicionalmente, algunos fabricantes especifican el material de fricción del freno del eje trasero con un coeficiente de fricción (μ) inferior al del eje delantero.

Otros, aceptan materiales de fricción de un mismo coeficiente, pero nunca que el freno trasero tenga un coeficiente de fricción superior al eje delantero en cualquier situación de presión en el circuito, velocidad o temperatura.

En consecuencia, es muy recomendable sustituir las pastillas de freno en los dos ejes por pastillas de un mismo fabricante ya que el montar materiales de diferentes fabricantes puede dar lugar a problemas como los descritos anteriormente.

4. REPARTO ÓPTIMO DE LAS FUERZAS DE FRENADO.

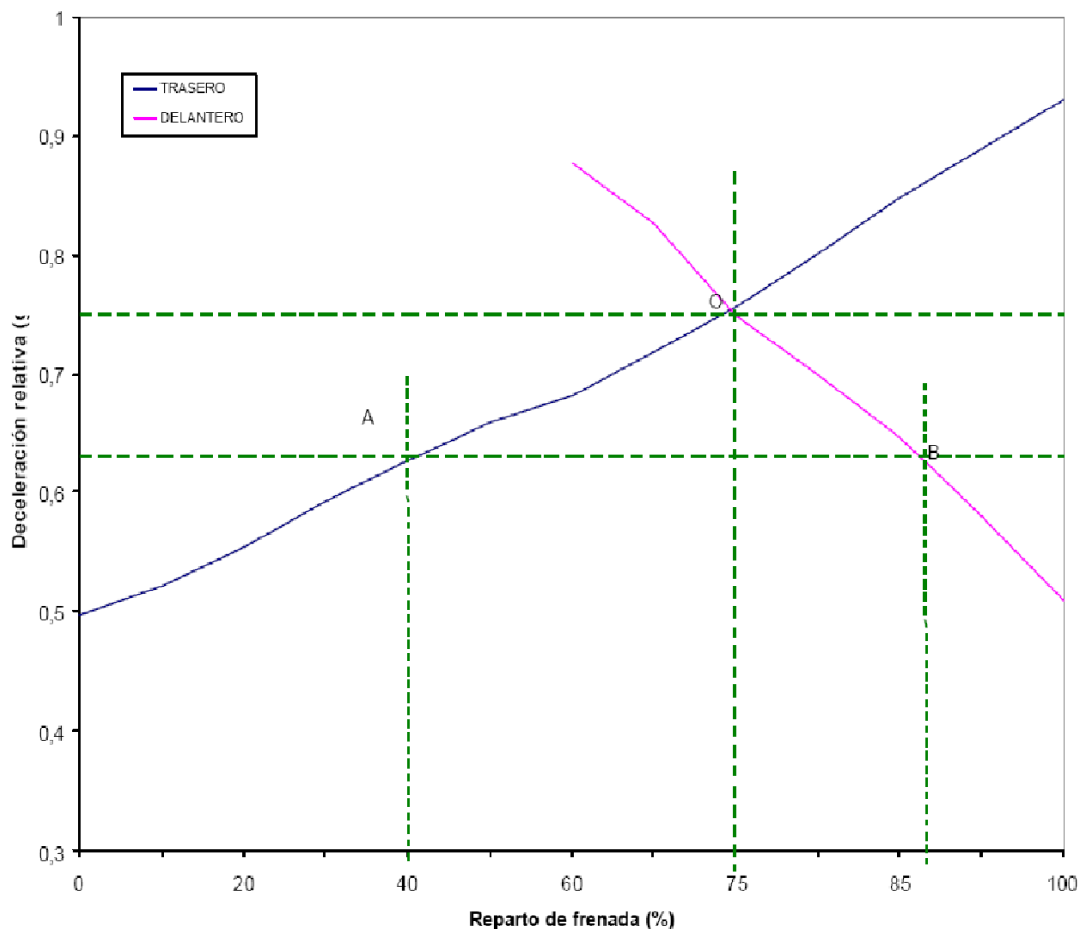
Cuando el vehículo se encuentra estático, la masa del vehículo se reparte entre el eje delantero y el eje trasero, con valores que el diseño del vehículo ha provisto. Casi todos los vehículos comerciales de nuestros días, son ligeramente más pesados en la zona delantera que en la trasera. Ya que, no solo, el motor está ubicado en la parte delantera, sino que además al traccionar en ese mismo eje, caja de cambio, diferencial, las transmisiones, etc. se encuentran en el eje delantero.

El menor peso en el eje trasero implica que el diseño del reparto de fuerzas sea fundamental para no alcanzar el bloqueo de las ruedas traseras. Además como ya se ha comentado anteriormente, cuando nosotros frenamos aparece un momento de cabeceo alrededor del centro de gravedad, que genera una transferencia de carga del eje trasero al eje delantero. Esto significa, que no solo el eje trasero es menos pesado que el delantero, sino que además por dinámica vehicular en el eje trasero y siempre que se accione el freno, se va a descargar transfiriendo parte de esa carga al eje delantero.

El valor de la transferencia de carga que se produce al frenar del eje trasero al delantero, depende de la altura del centro de gravedad del vehículo y de la batalla del vehículo, es decir, de su distancia entre ejes.

Debido a todas estas variables, la fuerza frenante que se aplicará al eje delantero no es igual a la del eje trasero. Lo mismo debe decirse para las fuerzas que se aplican durante la aceleración. Si hiciésemos los cálculos para saber que porcentaje de la frenada debe producirse en el eje delantero y cual en el eje trasero, considerando un coeficiente de fricción neumático – suelo de valor $\mu=0,8$.

El reparto sería de un 0,75 % de la frenada en las ruedas delanteras; y 0,25 % en las ruedas traseras (Punto O).



Gráfica que representa el reparto óptimo de frenada entre ambos ejes.

Para un valor de adherencia entre el neumático y el suelo de valor $\mu=0,80$.

El punto O, de intersección de ambas curvas, corresponde al frenado óptimo y, por tanto, a un reparto de esfuerzos de frenado como se ha descrito anteriormente. Si en el vehículo se estableciese un reparto de frenada con un 86% de frenada en el eje delantero y un 14% en el

eje trasero (Punto B), se alcanzaría antes el bloqueo en las ruedas delanteras, consiguiéndose una deceleración máxima 0,62, muy por debajo del valor óptimo. Si por el contrario, el coeficiente de reparto de frenada se establece en un 40% en las ruedas delanteras y un 60% en las traseras, (punto A).

Bloquearían antes las ruedas traseras y el límite de la deceleración quedaría establecido, también en un valor de 0,62 muy por debajo del valor óptimo y además con los perjuicios que provoca el bloqueo del eje trasero, visto anteriormente. Como vemos la mejor solución es la representada en el punto O con un reparto de frenada de un 75% en el eje delantero y un 25% en el trasero.

Para que estos valores de reparto de frenada se mantengan dentro de la máxima adherencia consiguiendo así la mayor deceleración, los vehículos van equipados con reguladores de presión que consiguen la variación de la presión del circuito trasero para evitar el bloqueo de los neumáticos y por lo tanto las consecuencias negativas.

5. TIPOS DE FRENOS.

A continuación haremos un breve repaso de los principales sistemas de frenado, su evolución y las ventajas y desventajas que lo han acompañado.

FRENOS MECÁNICOS

Este tipo de freno consistía en un cable que en el momento de ser presionado con el pie, transmitía la potencia necesaria para detener el vehículo. El sistema dejó de ser funcional cuando nuevos y potentes motores empezaron a desarrollar altas velocidades, requiriendo un gran esfuerzo físico para reducir la velocidad del vehículo. El sistema evolucionó en los frenos hidráulicos, que con un menor esfuerzo conseguían una potencia de frenado mucho mayor.

FRENOS HIDRÁULICOS

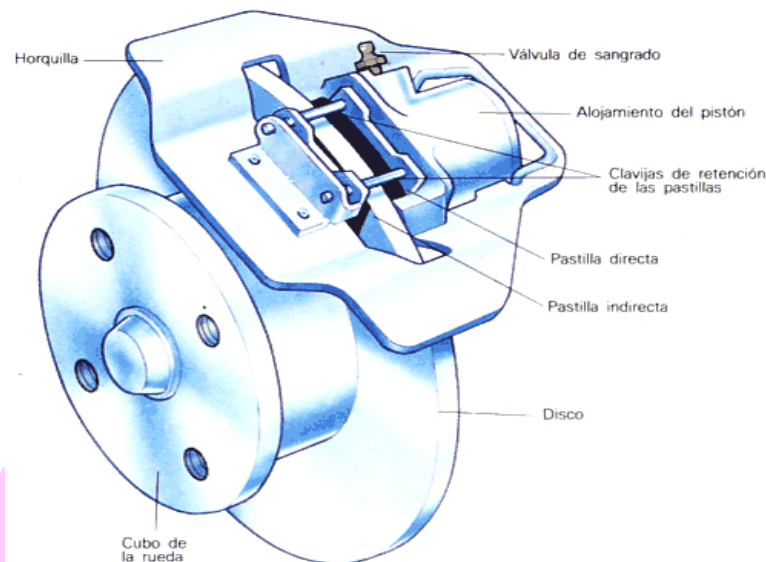
Los frenos hidráulicos están divididos en dos tipos de sistemas fundamentales: Los sistemas hidráulicos, propiamente dichos y los basados en materiales de fricción. En los sistemas hidráulicos, cuando el freno del vehículo es presionado, un cilindro conocido como “maestro” dentro del motor, se encarga de impulsar líquido de frenos a través de una tubería hasta los frenos situados en las ruedas, la presión ejercida por el líquido produce la fuerza necesaria para detener el vehículo.

Las pastillas o materiales de fricción, suelen ser piezas metálicas o de cerámica capaces de soportar altas temperaturas. Estas piezas son las encargadas de crear fricción contra una superficie fija (que pueden ser tambores ó discos), logrando así el frenado del vehículo; las pastillas son piezas reemplazables que sufren de desgaste y deben ser revisadas y cambiadas de forma periódica.

Tipos de Frenos Hidráulicos

FRENOS DE DISCOS

Consta de un disco, hecho normalmente de acero, que está unido a la rueda o al eje. Para detener la rueda dispone de unas pastillas que son presionadas mecánica o hidráulicamente contra los laterales de los discos. La fricción entre el disco y las pastillas hace que la rueda se frene.



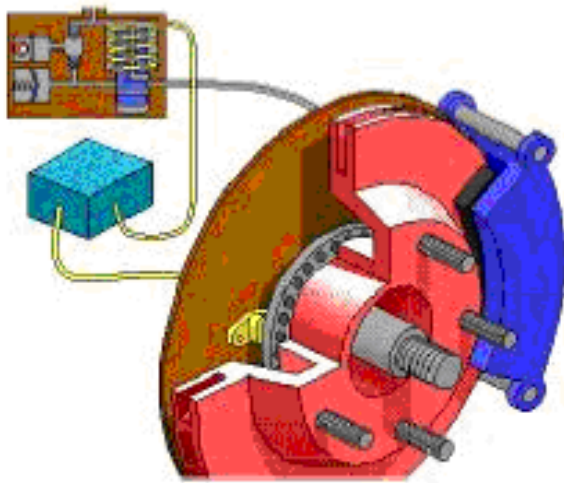
FRENOS DE TAMBOR

Es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas o pastillas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

Actualmente todos los vehículos de gama media y alta incorporan frenos de disco. Esto es debido a que los frenos de tambor con zapatas internas tienen poca capacidad de disipar el calor generado por la fricción, lo que hace que se sobrecalienten fácilmente. En esos casos el tambor se dilata lo que hace necesario presionar con más fuerza para obtener una frenada aceptable. Los frenos de tambor se siguen utilizando en los vehículos de gama baja debido a su menor coste sobre los frenos de disco.



FRENOS ABS (anti-block-system)



El sistema ABS (Anti-Lock Brake System) o Sistema Antibloqueo de Frenos, consiste en un mecanismo instalado en el sistema de frenado de los vehículos que impide la inmovilización de las ruedas cuando el conductor aplica el freno de manera brusca. Cada una de las ruedas cuenta con un sensor que determina las revoluciones y detecta cuando alguna rueda disminuye la cantidad de giros en comparación con un valor predeterminado. De suceder, el sistema ABS ordena la disminución de la fuerza del frenado e impide el bloqueo.

FRENO DE MANO

El freno de mano o freno de estacionamiento es un método de freno que asegura al vehículo una vez inmovilizado. Todos los coches deben contar con un sistema auxiliar de frenos que funcione de forma independiente al circuito principal.

Se acciona con la mano y suele actuar sobre el mismo sistema de frenos convencional de las ruedas traseras, aunque algunos vehículos dotados de frenos de disco utilizan otras pastillas independientes. Incluso hay vehículos donde el freno de mano actúa sobre las 4 ruedas o el cigüeñal del motor. Este sistema de frenos es obligatorio y tiene que funcionar de forma independiente del circuito principal de frenos.

El accionamiento del freno de mano es mecánico, generalmente por medio de un cable, aunque también existen modelos en los que funciona mediante un circuito hidráulico. En algunos automóviles el freno de estacionamiento es un pedal ubicado a un lado del embrague, como por ejemplo en algunos modelos de Mercedes-Benz, que se activa con el pie y libera con una palanca debajo del panel de instrumentos.



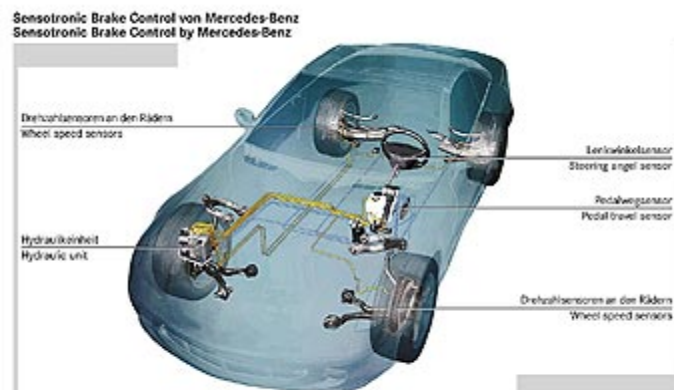


6. NUEVAS TECNOLOGÍAS.

FRENADO SELECTIVO SENSOTRONIC (SBC)

SBC (Sensotronic Brake Control) es como denomina Mercedes a un sistema de frenos electro-hidráulico que se montó por primera vez en el SL en el año 2002 y posteriormente se extendió a otros modelos y se dejó de montar en el año 2007. Es un sistema donde el pedal de freno genera impulsos eléctricos, en lugar de presión hidráulica, que llegan a una centralita. Es esta centralita lo que hace funcionar una bomba hidráulica que actúa sobre las pinzas.

No se trata, por tanto, de un ABS de nueva generación, ni de un control de estabilidad más avanzado, sino de un sistema de frenado totalmente diferente. Hasta la fecha, era el conductor quien, de una manera más o menos directa, dosificaba la fuerza que se aplica sobre los frenos, aunque corregida por sistemas como el ABS, el repartidor de frenada (ahora electrónico) o el servofreno de emergencia.



DaimlerChrysler press photo 02000F0487

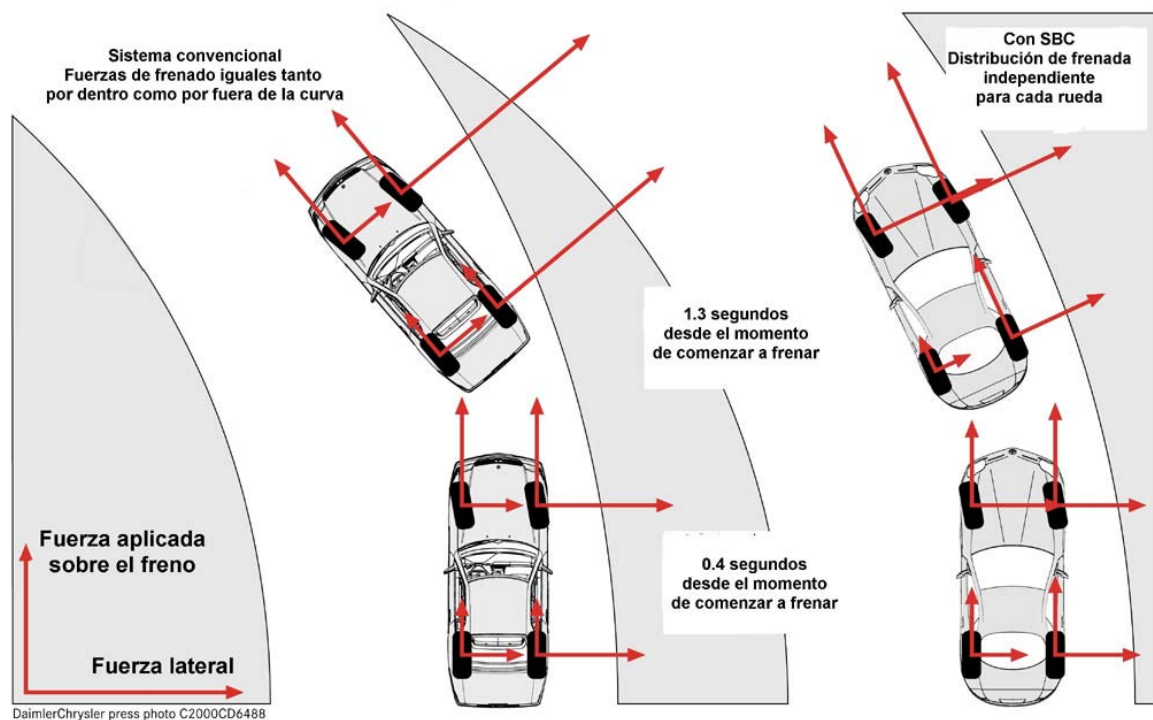
En el SBC que han desarrollado DaimlerChrysler y Bosch, el conductor sólo indica al sistema su intención de frenar. El pedal transforma esa intención en señales eléctricas (que informan sobre la velocidad de accionamiento y presión ejercida). Estas señales llegan a una centralita que calcula con qué fuerza debe, a través de un sistema hidráulico, actuar sobre cada una de las ruedas según la información de velocidad de las ruedas, giro del volante y aceleración lateral.

El objetivo no es tanto acortar la distancia de frenada en caso de emergencia (poco se puede tocar, pues ésta depende principalmente del agarre de los neumáticos y el suelo), que Mercedes cuantifica en un 3% a 120km/h (unos 1.5 metros), sino en mejorar la frenada en diversas situaciones, y disponer de algunas funcionalidades extras.

Así pues, la gran ventaja de este sistema es que permite un control independiente de la fuerza de frenado de cada rueda. Este control electrónico sirve para frenar de una forma más estable y para futuras innovaciones. Estas innovaciones pueden ser el control de velocidad de cruceo asistido por radar y videocámaras o bien el guiado automático del coche, sistemas que con el SBC tienen una tecnología sencilla y relativamente barata para actuar sobre los frenos, como ya pueden hacerlo con otras partes del automóvil (el motor) o lo harán próximamente (como la dirección).

Frenar en una curva es una de las maniobras más peligrosas. Cuando el coche frena se carga de delante y se descarga de atrás. Si esa transferencia de peso se produce en curva, aumenta el momento de guiñada; llegado a un límite, ese aumento puede provocar un fuerte sobreviraje aun cuando el ABS impida el bloqueo de las ruedas.

Sensotronic Brake Control - Frenada en curva



Para evitarlo, el SBC varía la fuerza de frenada entre las ruedas exteriores e interiores, de la misma forma que el repartidor lo hace entre las delanteras y las traseras (de hecho, se superponen esos dos sistemas de control). En el gráfico se aprecia como actúa en el caso de frenada en curva; atendiendo a los datos recibidos de los sensores, aplica mayor fuerza a los frenos exteriores de la curva, para así contrarrestar el eventual sobreviraje. Actúa antes de que sea preciso el funcionamiento del control de estabilidad, que es un corrector; el Sensotronic,

en cambio, es un repartidor. Esta funcionalidad del reparto de mayor fuerza de frenado hacia las ruedas exteriores es lo que BMW llama CBC, pero en este caso sobre un sistema de frenos hidráulico.

Otras ventajas que aporta el Sensotronic, según Bosch, es que resulta algo más ligero y permite una mayor flexibilidad en el diseño, acorta el tiempo de respuesta del freno (de ahí debe resultar el 3% de mejora de la distancia de frenado en 120km/h) y aumenta el margen de adherencia lateral en frenada.

Puesto que el pedal está aislado del sistema, no existen los ruidos y vibraciones que provienen de la actuación del ABS. Gracias a poder actuar independientemente sobre cada rueda, puede seleccionar la que considere idónea para cada situación. Así, en frenadas suaves, da mayor fuerza al eje trasero para igualar el desgaste de neumáticos y pastillas. También puede mantener los discos siempre secos; cuando la calzada está mojada (que lo detecta cuando los limpiaparabrisas funcionan) hace pequeñas e imperceptibles frenadas que elimina la película de agua que se forma en la superficie del disco.

El sistema prescinde del servofreno tal y como se conoce ahora. En su lugar, una bomba eléctrica mantiene el líquido de frenos en un depósito entre 140 y 160 bares. Esta presión se regula en la unidad hidráulica independientemente para cada rueda a través de cuatro válvulas reguladoras (una por rueda).

Pese a que el pedal de freno está aislado del circuito, se ha buscado que tuviese un tacto similar al frenado convencional, para dar confianza al conductor. El pedal de freno se une a un cilindro donde unos sensores miden los cambios de presión y los convierten en impulsos eléctricos.

Como el sistema necesita energía eléctrica, en caso de que el suministro falle (por corte de energía de la batería, por ejemplo), el SBC pasa al funcionamiento de emergencia y se establece un vínculo directo entre el pedal y los frenos delanteros para poder detener el vehículo. Entonces se necesita una mayor fuerza para frenar y el recorrido del pedal de freno será más largo.



Si el antibloqueo de frenos (ABS) tiene un fallo, se desconecta también el servofreno de emergencia (BAS) y el control de estabilidad (ESP), pero sigue funcionando el Sensotronic (SBC).

ADAPTIVE BRAKE

El nuevo equipo de frenos ADAPTIVE BRAKE es un sistema modular de control de la estabilidad, que conjuga funciones básicas como el sistema antibloqueo de frenos ABS y el sistema de control de tracción ASR con funciones adicionales de seguridad y confort, como la función de estabilizado del remolque o la función HOLD.



Componentes:

- Frenos de disco en las 4 ruedas (discos autoventilados delante, discos autoventilados detrás a partir de V8).
- Unidad hidráulica y unidad electrónica de control del tren de rodaje.
- Servofreno activo.
- Sensor de desgaste de las pastillas de freno.
- Unidad de control del ESP.
- Sensor de velocidad de guiñada.

Utilidad:

- Aumenta la seguridad, siempre dentro de los límites de las leyes de la física.
- Ofrece funciones adicionales de confort y de seguridad.
- Mejora las prestaciones del vehículo: tanto la capacidad de tracción como la seguridad de conducción y el confort de manejo.

- Cuando el coche se para, si el conductor hace una presión adicional en el pedal, el coche queda frenado aunque el conductor deje de pisar el pedal.
- Cuando el conductor suelta rápidamente el pedal del acelerador, el sistema de frenos aumenta la presión para responder más rápidamente a una eventual frenada de emergencia.
- Tiene ayuda al arranque en rampa, un dispositivo que mantiene frenado el vehículo en pendientes hasta que este tenga un par suficiente para vencer la inclinación.
- Detecta si el vehículo lleva enganchado un remolque y, mediante aplicaciones de los frenos, es capaz de estabilizar el conjunto.

DISCOS DE FRENO CERÁMICOS

Los frenos convencionales de disco no tienen sus días contados, pero en la gama alta ya se han comenzado a instalar frenos cerámicos, cuyos discos al parecer no tendrán que ser cambiados nunca.

Este desarrollo es del fabricante de automóviles Porsche, que ya está montándolos, como equipo opcional en algunos modelos. Los frenos cerámicos se denominan Porsche Ceramic Composite Brake (PCCB), que básicamente consiste en unos discos cerámicos dotados de conductos de autoventilación. El uso de este material ofrece una capacidad y una eficacia mayores, marcando un importante avance en la tecnología de los frenos.



Las ventajas de este nuevo sistema se concentran en su capacidad de repuesta sobre pavimentos húmedos o secos, sus propiedades antifading, la estabilidad en la frenada, el menor peso del conjunto y la larga vida de los discos. La eficiencia en el frenado, según los técnicos de Porsche, no podrá aprovecharse al máximo hasta tanto no se disponga de compuestos de caucho adecuados en los neumáticos y de un sistema ABS desarrollado específicamente para este tipo de discos. Los técnicos auguran un promisorio futuro para los frenos PCCB, pues pueden montarse en el sistema actual, sustituyendo los discos y las pastillas de freno, sin que sea necesario cambiar los pistones, el mecanismo de servo u otros componentes del equipo de frenos.



El sistema PCCB proporciona una frenada más efectiva con un coeficiente de fricción más alto, una ventaja en caso de una frenada de emergencia, durante la cual no es necesario ejercer una mayor presión sobre el pedal del freno, ni requiere de ningún sistema de asistencia para lograr la máxima presión en fracciones de segundo. Esta eficiencia evita los riesgos que se corren al efectuar una frenada a fondo con el sistema convencional, pues muchos conductores pisan al máximo el pedal al iniciar la frenada,

pero la reducen en cuanto se activa el ABS, al creer que se ha logrado la máxima desaceleración.

Uno de los mayores enemigos que confrontan los frenos es la alta temperatura, lo cual no afecta los frenos PCCB. En la prueba “antifading” de Porsche, en la que se realizan 25 frenadas consecutivas desde el 90% de la velocidad máxima hasta los 100 kilómetros por hora, con una relación de desaceleración establecida de 8 m/s^a . Después de la undécima frenada el coeficiente de fricción se mantiene en 0,45, una estabilidad que puede ser decisiva cuando se viaja a altas velocidades y es necesario detener totalmente el automóvil. Esta condición marca una diferencia notoria con los frenos convencionales, cuya efectividad disminuye a medida que aumenta la temperatura de los discos, lo cual debe ser compensado con una mayor presión sobre el pedal.

Tanto en las pruebas como cuando se bajan empinadas montañas o se participa en competencias automovilísticas, los discos cerámicos llegan a alcanzar temperaturas de hasta 800 grados, pero el calor se soporta sin mayores fatigas, pues los discos se “hornean” a más de 1.700 grados. Bajo estas condiciones los discos de fundición se dilatan y su superficie se ondula, impidiendo que las pastillas de freno se apoyen completamente sobre la superficie de los discos, provocando vibraciones en el volante, lo cual reduce el confort durante el manejo, pues las vibraciones se extiende hasta el tren delantero, provocando una sensación de desequilibrio.



Así mismo, los discos cerámicos soportan tan altas temperaturas debido al bajo peso de su material, que dispersa de un modo más eficaz el calor acumulado, y a los conductos de autoventilación envolventes de máxima eficacia en la ventilación interior, que es reforzada en las superficies de roce con la incorporación de taladros transversales, con lo cual se asegura un frenado más eficiente sobre pavimentos mojados que con los frenos convencionales, lo que se debe en parte a la alta densidad del compuesto de fibra orgánica, que no absorben tanta humedad como los sistemas convencionales. Porsche aplica en el sistema de frenos cerámicos el mismo diseño, más evolucionado, de los discos metálicos perforados.



Esta patente capitaliza las leyes físicas: la aplicación de los frenos en una carretera mojada hace que la humedad acumulada entre el disco y el forro de las pinzas se evapore de forma instantánea, lo que provoca una fina capa de vapor de agua entre ambos elementos de fricción que impide que el freno actúe con la máxima eficiencia, pero ello ha sido superado con los discos de frenos perforados, pues la aberturas hacen que se disperse el vapor de agua, de tal forma que los cilindros pueden transmitir a las pinzas toda la fricción que pueden aplicar sobre los discos.

En las ruedas delanteras los frenos tienen pinzas de seis cilindros y en las traseras la ya clásica disposición de cuatro pistones, los cuales son de diferentes diámetros para compensar el desgaste tangencial oblicuo. Una pieza termoaislante, cuyo factor de aislamiento es 2.5 veces más alto que el del titanio – utilizado en los monoplazas de Fórmula 1 – ubicada entre

las pastillas y los cilindros de cada pinza, evita que las altas temperaturas lleguen hasta la liga de frenos. Las pinzas de aluminio utilizan el tradicional diseño “monobloc” de Porsche, con las pastillas montadas con pernos para prevenir la corrosión y la línea de conexión montada en el exterior para mantener el líquido de frenos a la temperatura adecuada.

Pese a que los discos cerámicos utilizados en el sistema de frenos del 911 Turbo – 350 mm – son mas grandes que los de fundición – 330 mm – , pesan 50% menos, debido a la menor densidad del material, lo que hace que el tren de rodaje pese 16,5 kilos menos.



Debido al sofisticado proceso de fabricación de estos discos, la producción de los mismos ha sido encomendada a la firma SGL Carbon, ubicada en Meitigen, Alemania. Esta empresa cuenta con una experiencia de más de cien años en los procesos de horneado de materiales a altas temperaturas. Su tarea va desde la selección de la fibra de carbono que se utiliza en el compuesto de la fibra con carburo de silicio hasta el acabado final de los discos. El proceso comienza con una mezcla en cantidades exactas de fibra de carbono y polímeros líquidos, entre ellos resinas, que forman un compuesto similar a un pegamento de fibra de carbono, que en moldes que ya tienen la forma de los discos incluyendo los circuitos de ventilación interiores, es sometida a una compresión térmica, que provoca el endurecimiento del polímero. Estos discos de fibra de carbono pasan a un horno de pirólisis, donde los componentes polímeros se transforman en carbono, durante esta cocción a más de 1.000 grados en una atmósfera de nitrógeno. Así se obtienen discos de fibra de carbono similares a los usados en la Fórmula 1.



Seguidamente, y esto marca la diferencia, se pasa a la fase de silificación. La cantidad de silicio a aplicarse en el horno de alto vacío debe ser exacta, y se trata a una temperatura que supera los 1.420 grados, para llegar al punto de fundición de este material. A esta temperatura el silicio fluye como el agua y es absorbido por el disco de carbono como si fuera una esponja. Una vez frío, el disco es tan duro como el diamante, ofreciendo una alta resistencia a los impactos.

Estos discos son inmunes a la corrosión, por lo cual los componentes metálicos que incorpora Porsche en este sistema de frenos son de acero inoxidable. Con una duración que se estima supera los 300 mil kilómetros, quizás haya que cambiar primero de automóvil que de discos de frenos.

EL PORQUÉ DE LOS FRENOS CERÁMICOS

Para comprender el porqué de los frenos cerámicos por ahora inaccesibles para los coches de utilización normal, deberemos saber algo sobre las leyes de rozamiento entre cuerpos sólidos.

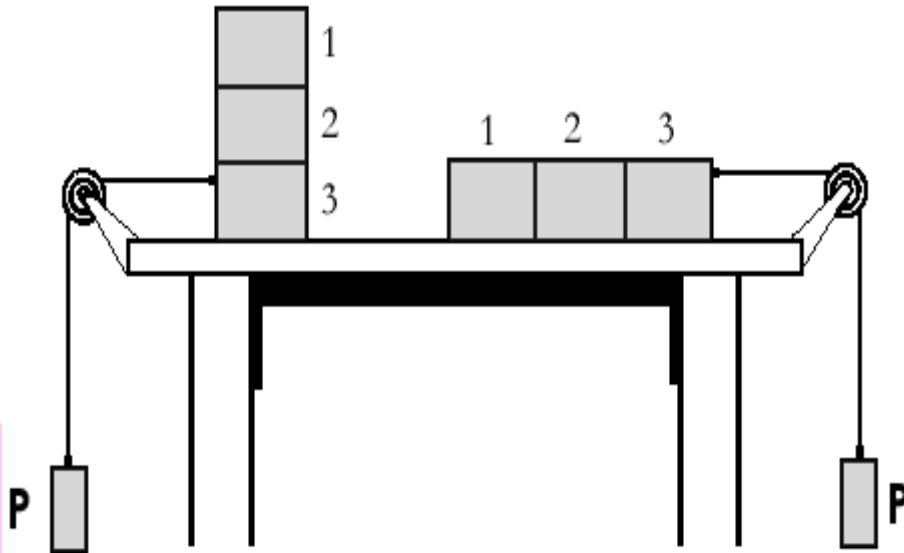


fig.1

Consideremos la **fig.1** : Si intentamos que los dos bloques de ladrillos se deslicen por la superficie de la mesa mediante la fuerza que ejerce el peso **P**, nos puede sorprender que el rozamiento entre dicho bloque y la mesa no depende nada más que de la fuerza normal a la superficie que esté ejerciendo aquél sobre ésta. La fuerza producida por el peso **P**, mueve igual el bloque de la izquierda que el de la derecha, aunque éste presenta una superficie 3 veces mayor. Ésta es la llamada en la mecánica clásica «primera ley del rozamiento»:

La fuerza de rozamiento no depende de la magnitud de las superficies en contacto.

¿De qué depende entonces? solamente del llamado coeficiente de rozamiento —denominado con la letra griega μ (mu)— y de la fuerza normal que se ejerza entre las dos superficies (fuerza normal es el peso en el caso de los bloques de ladrillos).

$$F_r = \mu \cdot N$$

N, es la resultante en sentido vertical de las fuerzas que actúan sobre el o los bloques; en el caso de no haber otra que el peso, éste será la fuerza normal.

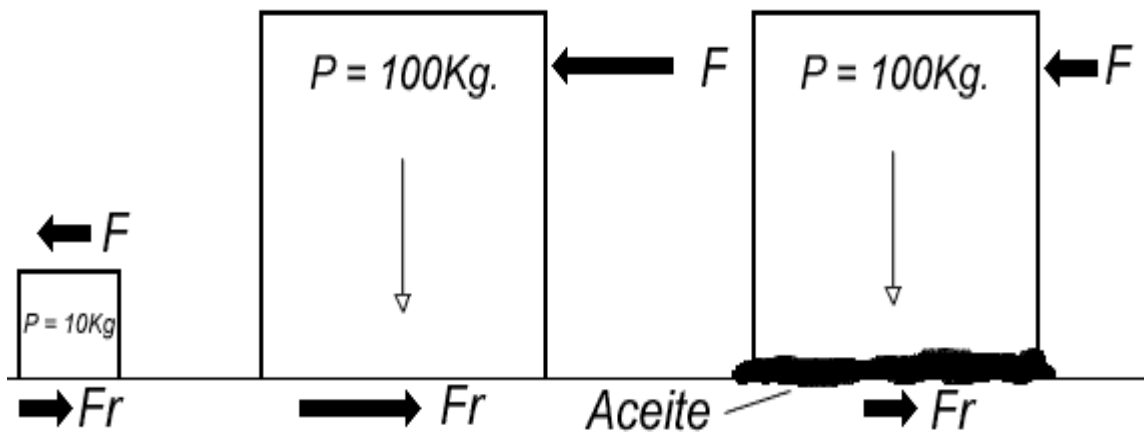
El coeficiente de rozamiento toma valores muy diferentes dependiendo de la rugosidad de las superficies en contacto y de la naturaleza de ellas.

A continuación presentamos una tabla que nos puede servir de ejemplo en la que están reflejados diferentes valores de μ

- $\mu = 0.9$ Alquitrán seco
- $\mu = 0.8$ Asfalto rugoso seco
- $\mu = 0.6$ Adoquinado
- $\mu = 0.5$ Asfalto rugoso húmedo
- $\mu = 0.4$ Asfalto usado húmedo
- $\mu = 0.3$ Pastilla de freno sobre disco de fundición
- $\mu = 0.3$ Adoquinado húmedo
- $\mu = 0.1$ Hielo

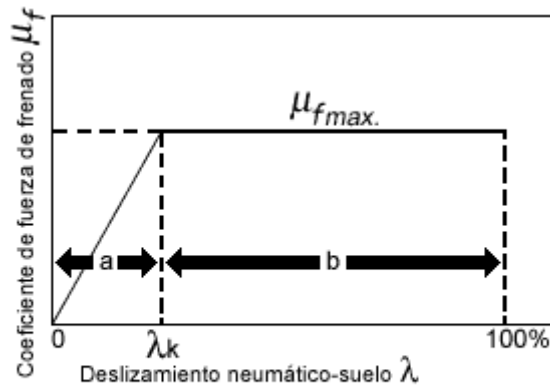
Al observar la **fig.2** se puede ver que, si para hacer deslizar el bloque de la izquierda, tenemos que ejercer la fuerza F (ya que la de rozamiento Fr está oponiéndose a nuestro empuje), para mover el siguiente, que pesa 10 veces mas, deberemos ejercer una fuerza $F= 10 F$ (10 veces superior) puesto que la de rozamiento Fr es así mismo 10 veces superior.

fig.2



Si derramamos aceite entre las dos superficies, la fuerza a efectuar se reduce drásticamente a pesar de que el bloque sea tan pesado. Como podemos deducir de lo anterior, el rozamiento entre dos superficies sólidas, **solo** depende de la naturaleza de las superficies en contacto; es decir, del coeficiente de rozamiento, y de la **Resultante** de las fuerzas que estén actuando Normales (perpendiculares) a la **superficie**; es decir el peso del sólido, o el peso más la resultante de una o varias fuerzas perpendiculares a la superficie que en general puedan actuar; esto **independientemente** de la dimensión de dicha superficie de contacto con el suelo. Es así en el caso de cuerpos tan poco deformables como un ladrillo, pero no en el caso del neumático de un coche.

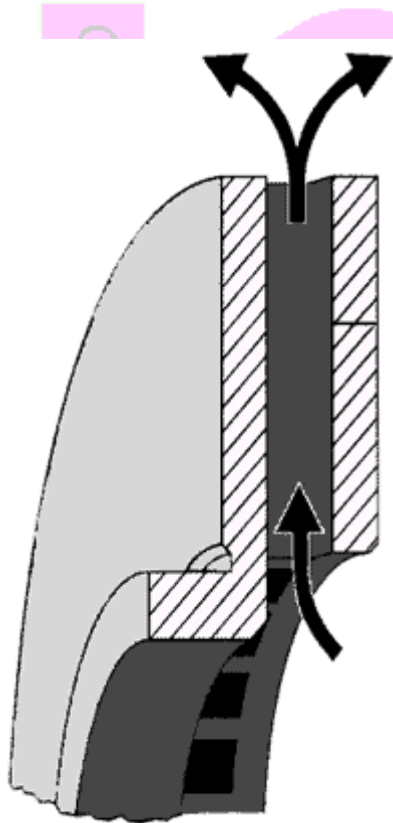
La **fig.3**, nos muestra cómo evoluciona idealmente el coeficiente de fuerza de freno con respecto al deslizamiento del neumático con el suelo.



- Zona *a* área estable. Zona *b* área inestable.
- λ_k Máximo coeficiente de Fuerza de Frenado.

fig.3

λ_k es el máximo valor de fuerza de freno, antes de que el neumático deslice claramente hasta llegar a la pérdida total de la adherencia (100% de deslizamiento). El punto λ_k es donde los fabricantes de los sistemas antibloqueo de frenos hacen que comience su secuencia de funcionamiento.



El coeficiente de rozamiento en frío de una pastilla cuyo material está pensado para una *utilización normal*, es de un valor relativamente alto ($\mu = 0.34$) en comparación a su valor al pasar los 400° ($\mu = 0.25$). El pensado para una *utilización deportiva*, presenta valores contrarios a los anteriores, es decir en las primeras frenadas hasta que se alcanzan 200° puede ser $\mu = 0.2$, para pasar a un valor de $\mu = 0.3$ en caliente (400°) manteniéndose en este valor hasta los 650° en que baja de nuevo a $\mu = 0.2$. Con una pastilla de estas características, en el momento de aplicar el freno en frío, el conductor se encuentra con la sensación de que falta el agarre deseado. Sólo después de unas cuantas frenadas, en las que el disco alcanza más de 200° , es estable hasta que sobrevenga el calentamiento excesivo (fading) por encima de 650° , lo que produce una bajada drástica del coeficiente de rozamiento.

En 1.977, Porsche trasladó a la fabricación en serie la técnica de la competición; concretamente, extrajo los discos autoventilados del famoso 917 de carreras; estos discos, cuya sección se muestra en la siguiente fig., están constituidos por un canal central con unas nervaduras centrales envolventes en forma de turbina, que crean una corriente de aire del interior del disco hacia la periferia; que con su efecto disipador del calor, los refrigera sustancialmente.

Con estos discos, la estabilidad de la frenada en caliente, mejoró en una gran medida, consiguiéndose en el 911 Turbo (primer coche donde se montó) distancias de frenada y estabilidad de la misma, semejantes a los coches de competición de la época.

La evolución de la técnica desde entonces, ha hecho que en su continua búsqueda de la máxima calidad para sus productos, Porsche saque al mercado y ofrezca como opción unos discos que aportan unas ventajas innegables a los anteriores; se trata de unos discos fabricados con fibra de carbono con lo que ello supone de ligereza y robustez.

La ventilación está asegurada por unos conductos interiores, que han sido patentados por la propia marca, y que junto a los taladros transversales refuerzan el efecto de ventilación en la superficie. A esta estructura en fibra de carbono se añade una capa superficial de material cerámico (básicamente carburo de silicio). Esta capa se adhiere mediante un sofisticado proceso de cocción a 1.420 ° en un horno de alto vacío, y bajo una atmósfera de nitrógeno. A esta temperatura muy exactamente mantenida la cerámica fluye en fase líquida impregnando la fibra de carbono, que la absorbe como si de una esponja se tratara.

Tras el proceso de enfriamiento, el disco de freno tiene la dureza del diamante (9,7 R) presentando una gran resistencia a la abrasión, lo que alarga extremadamente su vida útil (300.000 kms). Su coeficiente de rozamiento también es mayor que el de un disco de fundición.

Las pastillas de freno también permiten realizar un kilometraje que se puede cifrar en el doble de lo habitual. Esta altísima dureza superficial, hace que se mantenga su forma plana incluso por encima de 650°. Es decir, es casi imposible que se alabee, un fenómeno que produce en los discos normales, y provoca una mala adaptación de la pastilla al disco.

La desventaja de este tipo de frenos es su precio. Cada vez son más los modelos de altas prestaciones que ofrecen, por unos 10.000 € la posibilidad de disponer de un equipo de frenos cerámicos.

SISTEMA DE FRENADO “PRE – SAFE “

La compañía Mercedes-Benz posee un sistema de frenado pionero en el mercado automovilístico. Este dispositivo se llamará “pre-safe” y va un paso más allá de los sistemas de frenado conocidos.

Primero fue el **Distronic**, sistema de control de velocidad de cruce con control selectivo de la distancia al vehículo que circula delante y adaptación a su velocidad en un amplio margen. Después llegó el **Distronic Plus** en la nueva Clase S de Mercedes-Benz: Un perfeccionamiento del anterior sistema conseguido al utilizar dos radares con distinta frecuencia y distintos ángulos de barrido y alcance, que permite incluso la detención automática del vehículo, dentro de ciertos límites, si el coche que circula delante se detiene por completo. Sistema muy seguro y cómodo en condiciones de circulación poco fluida con retenciones frecuentes.

El Distronic Plus de la nueva Clase S trabaja conjuntamente con el sistema BAS-Plus, un servofreno de emergencia más evolucionado, que advierte al conductor visual y acústicamente, de la necesidad de frenar, cuando el vehículo se aproxima a un obstáculo (o un coche detenido). Con el BAS-Plus, cuando el conductor frena, tras oír la señal acústica, el sistema aplica hasta la máxima fuerza de frenado si fuera necesario, en función de la velocidad y la cercanía al obstáculo detectado, contribuyendo así a una frenada más eficaz y a

una mayor seguridad para evitar la colisión por alcance.

El sistema de frenado **PRE-SAFE**, novedad mundial, va un paso más allá y frena parcialmente el vehículo cuando éste se aproxima al obstáculo incluso si el conductor, después del aviso visual y oír la señal de advertencia, no frena porque no lo ha reconocido.

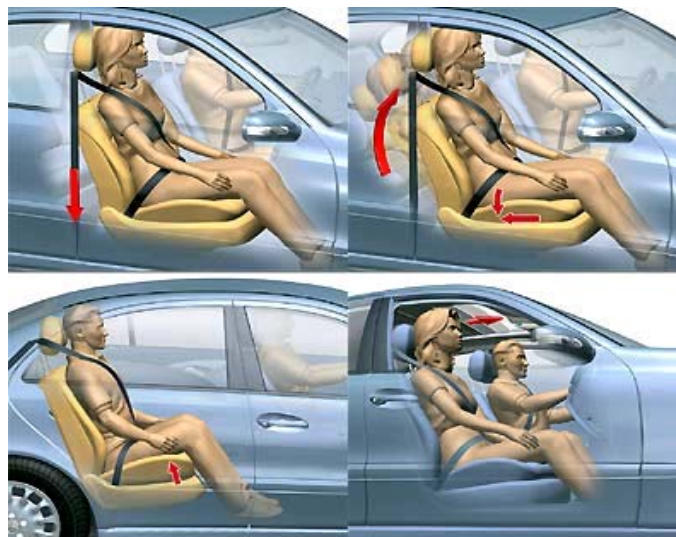


Utilizando los radares de doble frecuencia, que puede llevar opcionalmente la nueva Clase S, y también el nuevo coupé CL a partir del próximo otoño, el frenado PRE-SAFE será capaz de iniciar una frenada cuando los radares reconozcan un obstáculo delante del vehículo y, tras advertir al conductor acústica y visualmente, éste no reaccione.

La frenada no es a fondo y el vehículo frena con una deceleración de 0,4g (aproximadamente $4m/s^2$), equivalente a utilizar un 40% de la fuerza máxima de frenado. Una vez alertado por los avisos acústicos y visuales más la frenada parcial, el conductor puede reaccionar pisando el pedal del freno. En ese momento el sistema BAS-Plus, aplicará la mayor fuerza de frenado posible, si se requiere, lo que en ocasiones puede servir para evitar la colisión. En cualquier caso, si la colisión se produce de todas formas, la severidad del impacto se reduce un 40% y con ello se reduce la gravedad de las lesiones de los ocupantes.

Si la programación del sistema responde con un aviso de situación crítica (frenada violenta o pérdida de estabilidad por subviraje o sobreviraje), el «Pre-Safe» tensa los cinturones de seguridad delanteros, echa el asiento del pasajero delantero hacia atrás y levanta el respaldo si está inclinado, ajusta el ángulo de inclinación de la banqueta de los asientos individuales traseros que tienen regulación eléctrica (opcionales) y cierra automáticamente el techo corredizo si está abierto. Si no se produce la colisión, los cinturones se destensan, y los asientos y el techo vuelven a su posición anterior.

El pretensor de los cinturones de seguridad delanteros reduce la holgura del cinturón ciñéndolo al cuerpo en sólo 120 milésimas de segundo mediante un potente electromotor. Las mediciones de los técnicos demuestran que, de este modo, es posible reducir hasta 15 cm el desplazamiento hacia delante del acompañante que no se espera un frenazo de emergencia. Gracias a esto, los airbags pueden



actuar con mayor eficacia en caso de colisión. Si el asiento del acompañante se encuentra demasiado adelantado o con el respaldo reclinado, el sistema se encarga de desplazarlo hacia atrás mediante los electromotores del asiento con una velocidad de hasta 22 mm por segundo, ajusta la inclinación de la banqueta y reduce el ángulo de inclinación del respaldo hasta 3,5 grados por segundo. Los asientos traseros individuales de ajuste eléctrico (opcionales) adoptan un mayor grado de inclinación de la banqueta.

Mercedes-Benz ha efectuado múltiples pruebas con el freno PRE-SAFE durante semanas sobre el terreno y en simulador. Más de 500 conductores han tomado parte en pruebas reales con este sistema llevadas a cabo en Alemania y Estados Unidos. En el simulador que Mercedes-Benz posee en Berlín, 70 conductores realizaron tests de frenado PRE-SAFE durante semanas.

Todas las pruebas simulaban colisiones por alcance. Los resultados pusieron de manifiesto el aumento de seguridad que aporta el frenado PRE-SAFE en situaciones que se dan continuamente en el tráfico real. En Alemania, más del 17% de accidentes con muertos se deben a colisiones por alcance. En Estados Unidos uno de cada tres accidentes es de este tipo.

A pesar de utilizar todos los sistemas, un tercio de los conductores que pasaron por el simulador fue incapaz de evitar la colisión, pero la severidad del impacto con el freno PRE-SAFE se vio reducida en un 40%.

FRENO DE ESTACIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Funcionamiento de los actuadores de freno traseros

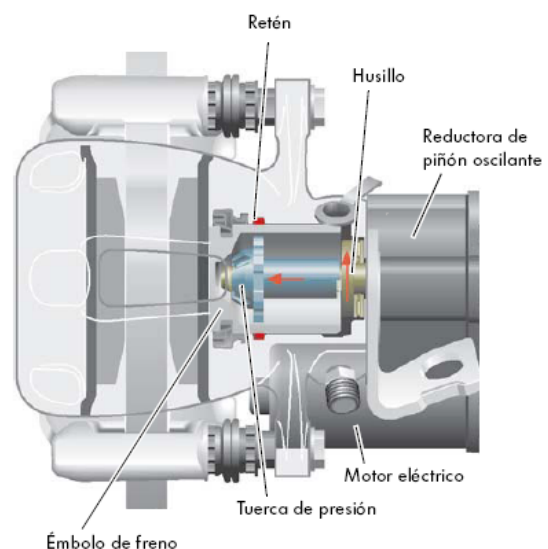
-Funcionamiento electromecánico

Para cerrar el freno de estacionamiento, la unidad de control para freno de estacionamiento electromecánico excita el motor eléctrico.

El motor eléctrico acciona el husillo a través de las reductoras de correa dentada y de piñón oscilante. El giro del husillo hace que la tuerca de presión se desplace en avance a bordo de la rosca del husillo.

La tuerca de presión apoya contra el émbolo de freno y lo oprime contra las pastillas. Por su parte, las pastillas oprimen contra el disco de freno.

Esto hace que el retén se deforme en dirección hacia las pastillas. La presión provoca un aumento de la corriente absorbida por el motor eléctrico.



La unidad de control para freno de estacionamiento electromecánico mide la absorción de corriente del motor eléctrico durante todo este ciclo operativo. Si la corriente absorbida sobrepasa un valor específico, la unidad de control interrumpe la alimentación de corriente hacia el motor eléctrico.

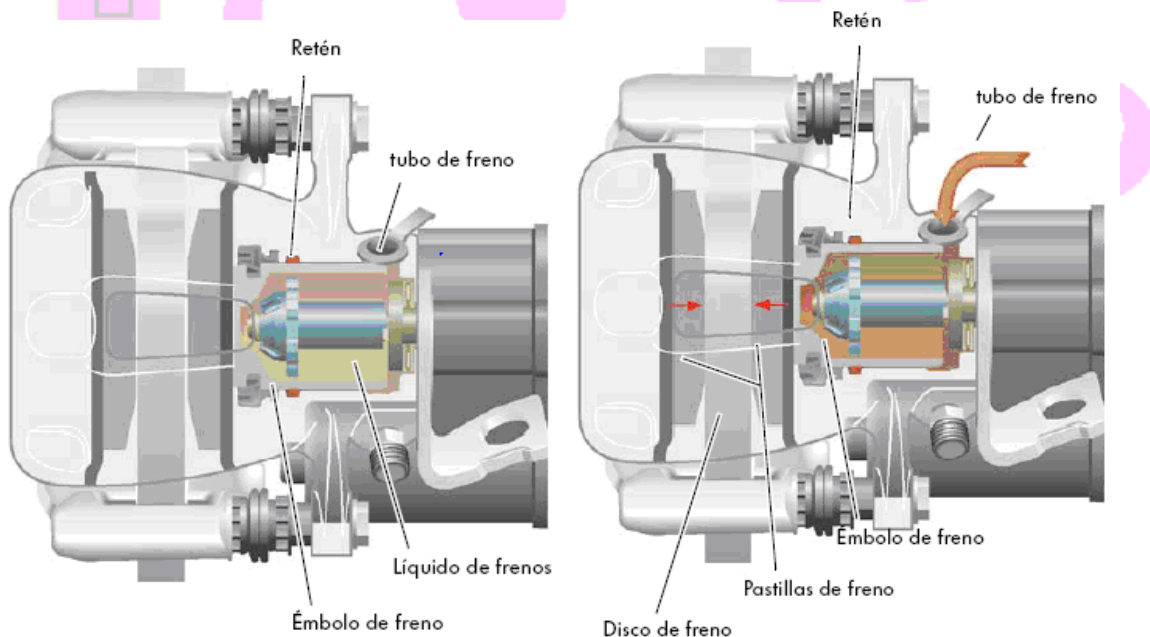
Para abrir el freno de estacionamiento se procede a girar la tuerca de presión en retorno a bordo del husillo. En el émbolo de freno se alivia la presión que tenía aplicada. Con la recuperación de la forma del retén y un eventual desequilibrio del disco de freno se retrae el émbolo de freno. Las pastillas liberan el disco.

-Funcionamiento hidráulico

En una frenada dinámica de emergencia (al accionar durante el viaje el pulsador para freno de estacionamiento electromecánico) aumenta la presión del líquido de frenos a través de la tubería. Esta presión hace que el émbolo oprima contra las pastillas de freno. Las pastillas apoyan contra el disco. Durante esa operación el retén se deforma en dirección hacia las pastillas de freno.

Al término del ciclo de frenado descende la presión del líquido de frenos. El émbolo experimenta un alivio de la carga a que estaba sometido. El émbolo es retraído en virtud de la recuperación de la forma del retén y un eventual desequilibrio del disco de freno.

Las pastillas liberan el disco.



Pulsador para freno de estacionamiento electromecánico

El freno de estacionamiento electromecánico se activa y desactiva con este pulsador.



Pulsador para freno de estacionamiento mecánico.

Pulsador para AUTO HOLD



La función AUTO HOLD se activa y desactiva con este pulsador.

La función AUTO HOLD tiene como utilidad que cada vez que se para el vehículo no es necesario activar el freno de estacionamiento, ya que él lo hace automáticamente. Para salir tampoco hay que quitarlo, él solo lo quita cuando el coche empieza a andar.

Pulsador para activar/desactivar AUTO HOLD

Testigos luminosos

Los testigos luminosos en el cuadro de instrumentos y en los pulsadores correspondientes señalizan el estado operativo del freno de estacionamiento electromecánico.

-Testigo luminoso para freno de estacionamiento electromecánico

El testigo luminoso para freno de estacionamiento electromecánico se encuentra en el pulsador para este freno. Al ser oprimido el pulsador y activado con ello el freno de estacionamiento se enciende este testigo luminoso.



-Testigo luminoso para sistema de frenos

El testigo luminoso para sistema de frenos está situado en el cuadro de instrumentos. Al ser activado el freno de estacionamiento se enciende este testigo luminoso.



-Testigo de avería para freno de estacionamiento electromecánico

El testigo de avería para freno de estacionamiento electromecánico se encuentra en el cuadro de instrumentos. Si ocurre un fallo en el sistema de frenos se enciende este testigo y el conductor deberá acudir de inmediato a un taller especializado.



-Testigo luminoso para AUTO HOLD

El testigo luminoso para AUTO HOLD se encuentra en el pulsador para AUTO HOLD. Al ser oprimido el pulsador y activada la función AUTO HOLD se enciende este testigo luminoso.



-BIBLIOGRAFÍA-

Las siguientes paginas web nos han sido de ayuda a la hora de desarrollar el trabajo:

- Wikipedia
- www.automotriz.net
- www.cifpvalladolid.es
- www.km77.com
- www.motorfull.com
- www.roadhouse.es
- www.youtube.com

Agradecimientos especiales a:

- Ángel Estrada Bernal (tutor)
- Servicio Oficial Mercedes-Benz Amaro Cerezo (Valladolid)



**CENTRO INTEGRADO DE FORMACIÓN
PROFESIONAL JUAN DE HERRERA. VALLADOLID**



VALLADOLID



"JUAN DE HERRERA"

