



INDICE

- 1. Historia de los frenos de tambor**
- 2. Sistema antibloqueo de frenos ABS**
 - 2.1. Cronología e historia del ABS**
 - 2.2. Definición del ABS**
 - 2.3. Consecuencia del bloqueo de ruedas**
 - 2.4. Principios físicos**
 - 2.5. Dinámica de frenado.**
 - 2.5.1. Fuerza de frenado**
 - 2.5.2. Fuerza máxima sin deslizamiento**
 - 2.5.3. Deceleración**
 - 2.5.4. Eficacia de frenado**
 - 2.6. Estructura del sistema**
 - 2.7 Componentes**
 - 2.7.1 Hidráulicos**
 - 2.7.1.1 Funcionamiento hidráulico**
 - 2.7.1.2. Componentes del sistema hidráulico**
 - 2.7.2 Electrónicos**
 - 2.7.2.1.Sensóres**
 - 2.7.2.2.Actuadores**
 - 2.8. Esquema eléctrico**
 - 2.8.1. Positivos**
 - 2.8.2. Masa**
 - 2.8.3. Señales de actuación**
 - 2.8.4. Entrada de información**
- 3. Control de tracción**
- 4. Control de estabilidad ESP**
 - 4.1 Estructura del sistema**
 - 4.2 Componentes**
 - 4.2.1 Actuadores**
 - 4.2.2 Sensores**
 - 4.2.2.1 Sensor de giro de volante**
 - 4.2.2.2 Sensor de aceleración**
 - 4.2.2.3 Sensor de derrapaje**
 - 4.2.2.4 Sensor de presión de frenado**
- 5. Distribuidor de presión de frenado**
 - 5.1 BAS**
- 6. Asistencia eléctrica a la frenada de emergencia AFV**
 - 6.1 Funcionamiento**
 - 6.1.1 Activación**
 - 6.1.2 Actuación**
 - 6.1.3 Liberación del pedal**
- 7. Sistema de recuperación de la energía**

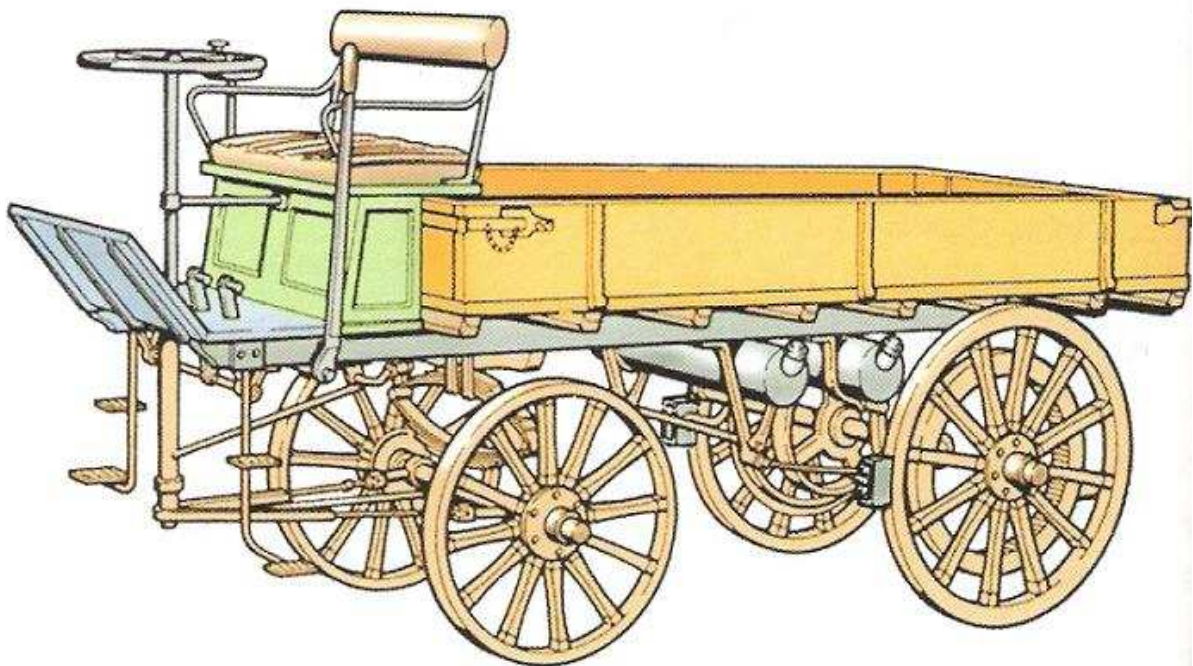


1. Historia de los frenos.

Los frenos de tambor.

El freno de tambor, que sustituyó al de zapatas exteriores, ha sido el sistema de frenos más utilizado a lo largo del tiempo. Fue inventado por Wilhelm Maybach en el año 1899 y se ha convertido en el sistema de frenos más antiguo utilizado en la actualidad. Hasta los años setenta, el freno de tambor no fue reemplazado parcialmente por el sistema de frenos de disco.

Los experimentos con los frenos de disco comenzaron en Inglaterra sobre 1890. El primer automóvil con frenos de disco fue patentado por Frederick William Lanchester en su fábrica de Birmingham en 1902, aunque tuvo que pasar medio siglo para que esta innovación se utilizara ampliamente. Los primeros diseños de frenos de disco modernos comenzaron en el Reino Unido sobre 1940 y 1950. Ofrecían mucho mejor rendimiento en la frenada que los frenos de tambor: tenían mucha mejor resistencia al sobrecalentamiento (fading) y no perdían su eficacia al sumergirlos en agua, importante en los vehículos todo-terrenos. Además son mucho más fiables que los frenos de tambor debido a su simplicidad mecánica, tiene menos piezas y son más sencillos de ajustar.





2. Sistema antibloqueo de frenos ABS.

2.1. Cronología e Historia del ABS.

Las primeras investigaciones de lo que podría considerarse ya entonces un sistema antibloqueo de frenos se dio a finales del siglo XIX, siendo los destinatarios de estos sistemas (siempre mecánicos) las máquinas para el transporte ferroviario.

Los primeros sistemas antibloqueo de frenos de tipo electromecánico se empezaron a desarrollar a partir de los años 50 y pasaron a incorporarse a vehículos industriales a partir de los 60.

A partir de aquí los sistemas desarrollados fueron diversos, algunos de ellos con buenos resultados, pero, debido a lo complicado de los dispositivos y al elevado coste de los mismos resultaban inviables para su aplicación a modelos de serie.

Con la aplicación de la electrónica analógica, la firma alemana BOSCH desarrolla un dispositivo eficaz y con posibilidad de comercialización a gran escala.

Los primeros destinatarios de estos dispositivos fueron los vehículos pesados. Posteriormente (en 1978) ya con la técnica digital, la propia firma BOSCH en colaboración con MERCEDES BENZ instalan el primer sistema de ABS en un coche de serie (como equipo opcional) concretamente en su modelo Mercedes Clase S.

La firma OPEL en 1983 se convierte en la primera marca que incorpora un sistema de ABS como equipo de serie para su modelo SENATOR.

2.2. Definición del ABS.

La misión del sistema antibloqueo ABS es la de evitar el bloqueo de las ruedas, independientemente de la presión con la que el conductor accione el pedal de freno.

El sistema controla la velocidad de rotación de cada rueda, si se detecta tendencia al bloqueo el sistema interviene modulando (independientemente) la presión de frenado sobre cada una de ellas, para eliminar dicha tendencia.

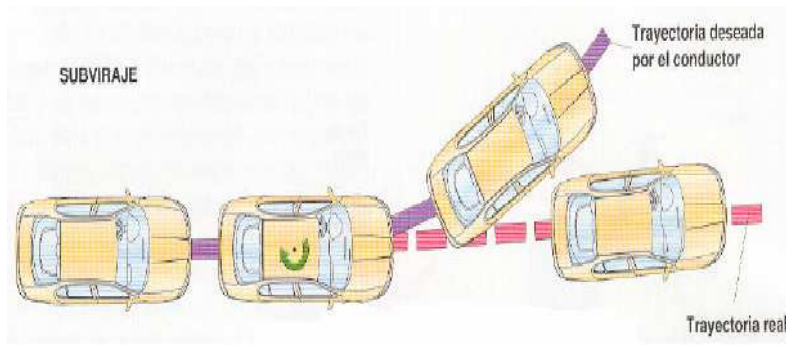
La modulación de la presión de frenado se logra mediante un ciclo de frenadas intermitentes, cuya frecuencia y precisión es de entre 4 y 12 veces por segundo dependiendo de las condiciones de la superficie de la carretera.

Aunque cada vez es menos perceptible, cuando el sistema antibloqueo entra en funcionamiento es fácilmente apreciable por el característico movimiento pulsatorio producido por el pedal de freno.

Cuando el sistema entra en funcionamiento, la regulación antibloqueo actúa sobre el sistema permitiendo un porcentaje de deslizamiento en la rueda que oscila en torno al 15 o 20 % con lo cual se impide el bloqueo y se garantiza un frenado eficaz sin pérdidas de estabilidad ni de dirección habilidad del vehículo.

2.3. Consecuencia del bloqueo de ruedas.

Ante una frenada excesivamente enérgica, el bloqueo de ruedas puede traer consigo algunos problemas, por ejemplo:



- Aumento de la distancia de frenado.
- Pérdida de la estabilidad lateral (anulación de las fuerzas de guiado lateral).
- Las ruedas traseras bloqueadas inician a menudo un derrapaje que tiende a girar el vehículo (trompo).
- Las ruedas delanteras pierden su capacidad direccional; el vehículo continúa en línea recta.
- Los neumáticos se desgastan de forma irregular.
- Aumenta la probabilidad de accidente.

Ni el más experimentado conductor puede, en condiciones límite, ejercer un control preciso sobre la intensidad de frenada.

Únicamente un sistema de regulación automática puede evitar el bloqueo de las ruedas en situaciones límite.

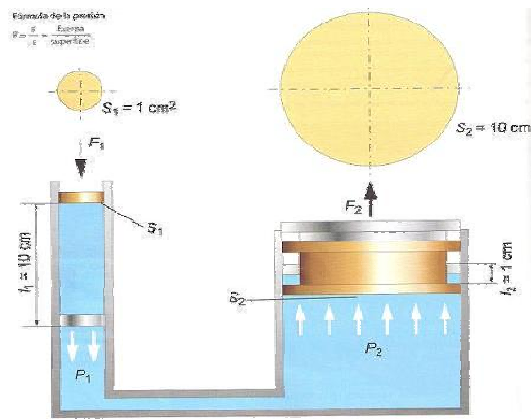
2.4. Principios Físicos.

La dinámica principal de los frenos actuales basa su funcionamiento según el **Principio de Pascal**;

Según el principio de Pascal, la presión ejercida en un punto de un líquido dentro de un recipiente cerrado, se transmite íntegramente a todos los demás puntos.

Por tanto, la presión en un punto del circuito hidráulico de los frenos se transmite inmediata e íntegramente a todos los puntos del circuito.

Presión = Fuerza / Superficie

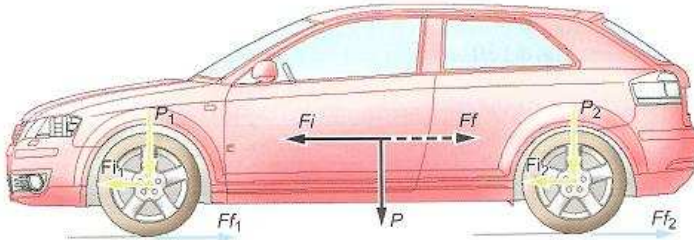




2.5. Dinámica de frenado.

El par motor transmitido a las ruedas genera una fuerza de impulsión (F_i) que transmitida a la masa del vehículo, provoca su desplazamiento.

El trabajo desarrollado en este desplazamiento es equivalente a la energía cinética del vehículo. Por tanto, el trabajo será igual a la fuerza aplicada en el vehículo (F_i) por el espacio recorrido (e). $T = F_i \cdot e$



Para detener un vehículo, es necesario aplicarle una fuerza de igual magnitud pero de sentido contrario a la fuerza de impulsión, esta fuerza se conoce como fuerza de frenado.

El frenado consiste en absorber y transformar la energía cinética del vehículo en movimiento en energía calorífica, por medio del rozamiento entre superficies.

Los dispositivos empleados para ello son los discos y pastillas de freno y los tambores y zapatas de freno.

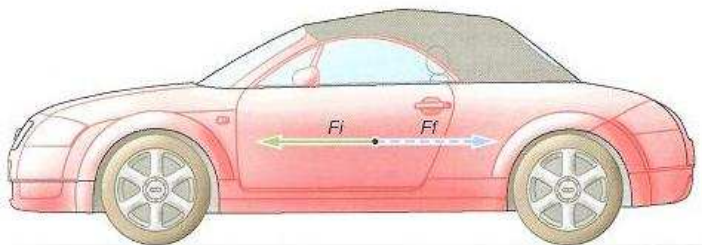
Para calcular las fuerzas de frenado que se deben aplicar a los dispositivos de frenado de los vehículos, así como el trabajo y la potencia de frenado, se deben despreciar factores como la velocidad del viento, las pendientes del terreno, la aerodinámica, etc.

Se emplean idénticas fórmulas que las utilizadas para cálculos normales de trabajo y potencia, pero hay que tener en cuenta que en este caso la aceleración es negativa (desaceleración).

2.5.1.. Fuerza de frenado.

La fuerza de frenado necesaria para detener un vehículo se calcula gracias a la fórmula corregida de la fuerza que es necesaria aplicar en una masa para producir una aceleración.

$$F_f = \text{masa} \cdot \text{deceleración}$$



2.5.2.. Fuerza de frenado máxima (sin deslizamiento).

La fuerza de impulsión que se puede aplicar al vehículo para que no exista deslizamiento, se calcula tomando en consideración el coeficiente de rozamiento o adherencia



del neumático con el terreno, al igual que ocurre con la fuerza de frenado.

La fuerza de frenado máxima que se debe contrarrestar con la fuerza de impulsión, depende del peso del vehículo y del coeficiente de adherencia del neumático y el terreno.

Por lo tanto; la fuerza de frenado en cada eje del vehículo es proporcional al reparto de pesos en los ejes.

El reparto de pesos con el vehículo parado se denomina carga estática. Este reparto de pesos se modifica cuando el vehículo se desplaza. El reparto de pesos con el vehículo en movimiento se denomina carga dinámica, y depende de la velocidad que alcance el vehículo, de la posición del centro de gravedad, de la distancia entre ejes y de la dureza de la suspensión.

El valor medio de la carga dinámica en el eje delantero es un 20% superior a la carga estática y un 20% menor en el eje trasero.

Los sistemas de freno se diseñan teniendo en consideración los valores de las cargas dinámicas que el vehículo soporta como consecuencia del desplazamiento. Esto se realiza instalando correctores de frenado en el eje trasero para reducir la presión y la fuerza de frenado en el eje y adaptando el sistema de frenos al peso que soportan los ejes.

2.5.3.. Deceleración.

La deceleración que se produce en el proceso de frenado se calcula aplicando fórmulas similares a las del cálculo de la aceleración, pero anteponiendo el símbolo menos (-).

2.5.4.. Eficacia de frenado.

La deceleración que sucede durante el proceso de frenado determina la eficacia del sistema de frenos del vehículo. La máxima deceleración que se puede producir en la operación de frenado es la aceleración o deceleración de la gravedad.

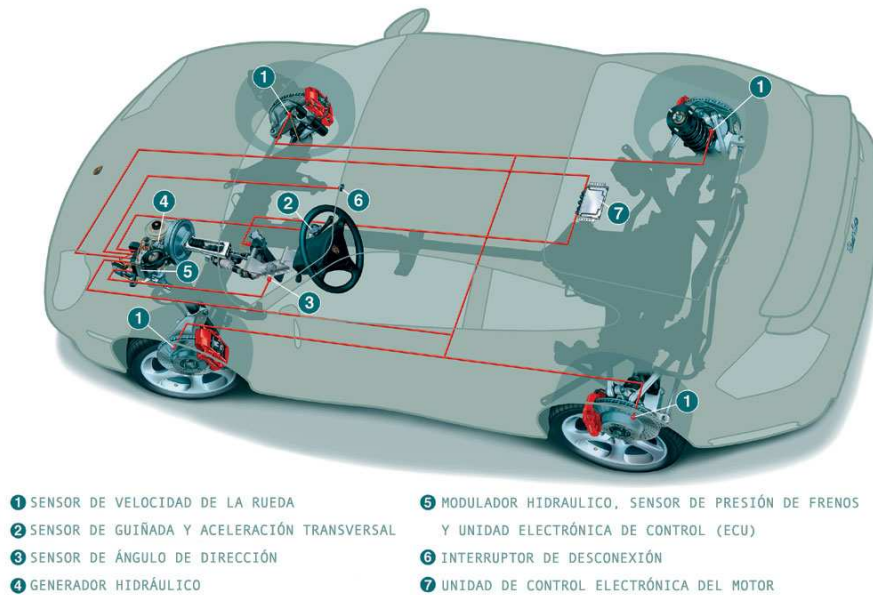
$$d = 9,8\text{m/s}^2$$

Se considera eficacia de los frenos al 100% cuando la deceleración es de 9,8m/s².

Por lo tanto, la eficacia del sistema de frenos y del comportamiento del vehículo en general dependerá del coeficiente de adherencia entre rueda y terreno, de la fuerza de frenado que se aplique a los discos o tambores y del peso que soporte el vehículo.



2.6. Estructura del sistema.



2.7. Componentes.

El sistema de ABS esta formado por unos sensores colocados en cada una de las cuatro ruedas que informar al modulo electrónico de las presiones de frenado y las revoluciones de giro de cada rueda, el modulo electrónico procesa la información de los sensores y comanda sobre el circuito hidráulico de frenos, en el que se encuentran las electro válvulas y la bomba de barrido.

2.7.1.. Hidráulicos.

2.7.1.1. Funcionamiento Hidráulico.

Si la fuerza de frenado es menor que la fuerza de adherencia entonces no hay frenado con regulación, el sistema ABS no se activa.

Si la fuerza de frenado es mayor que la fuerza de adherencia (las ruedas tienden a bloquearse) entonces si hay frenado con regulación, el sistema ABS se activa. Cuando tenemos un frenado con regulación distinguiremos tres estados:

- El mantenimiento de presión.
- La disminución de presión.
- El aumento de presión.

El mantenimiento de presión:

La electroválvula de admisión se cierra y aísla la bomba de frenos del bombín en la rueda. El aumento de presión de frenado es imposible.

La disminución de presión (disminución de la tendencia al bloqueo):

Esta fase interviene solo cuando la fase de mantenimiento de presión no ha sido suficiente. La electroválvula de admisión permanece cerrada. Simultáneamente, la electro válvula de



escape se abre y la bomba se pone en funcionamiento.

La bajada de presión se efectúa instantáneamente gracias al acumulador de baja presión, cuya capacidad varía. La acción de la bomba permite rechazar el líquido almacenado en los acumuladores hacia la bomba de frenos.

El aumento de presión (aumento de frenado):

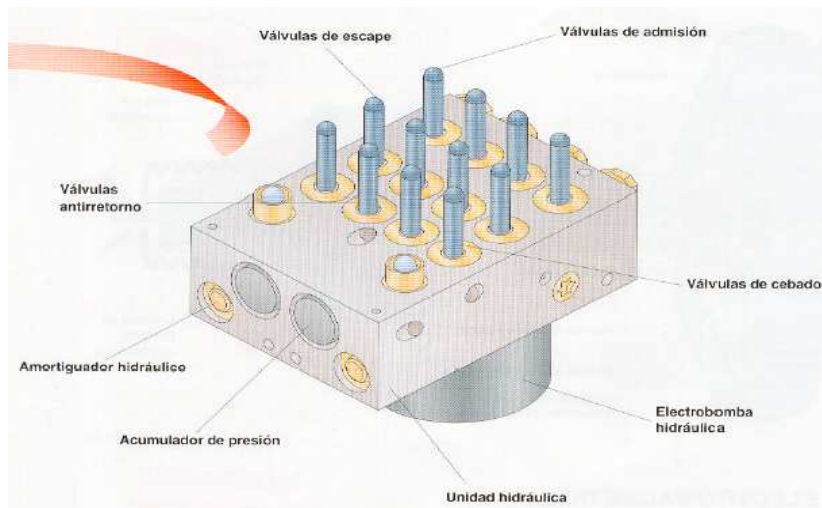
La electroválvula de escape se cierra y la electroválvula de admisión se abre. La bomba de frenos esta otra vez unida al bombín de la rueda.

2.7.1.2. Componentes del sistema hidráulico.

El grupo hidráulico esta formado por un conjunto de motor-bomba, ocho electroválvulas cuatro de admisión y cuatro de escape, y un acumulador de baja presión

Electroválvulas:

Están constituidas de un solenoide y de un inducido móvil que asegura las funciones de apertura y cierre. La posición de reposo es asegurada por la acción de un muelle incorporado. Todas las entradas y salidas de las electro válvulas van protegidas por unos filtros a fin de poder reducir en todo momento la presión de los frenos, independiente del estado eléctrico de la electro válvula, se ha incorporado una válvula anti-retorno a la electro válvula de admisión. La válvula se abre cuando la presión de la "bomba de frenos" es inferior a la presión del estribo. Ejemplo: al dejar de frenar cuando el ABS esta funcionando. El circuito de frenado esta provisto de dos electroválvulas de admisión abiertas en reposo y de dos electroválvulas de escape cerradas en reposo. Es la acción separada o simultanea de las electroválvulas la que permite modular la presión en los circuitos de frenado.



Conjunto motor-bomba:

Esta constituido de un motor eléctrico y de una bomba hidráulica de doble circuito, controlados eléctricamente por el calculador. La función del conjunto es rechazar el líquido de frenos en el curso de la fase de regulación desde los bombines a la bomba de frenos. Este rechazo es perceptible por el conductor por el movimiento del pedal de freno. El modo de funcionamiento se basa en transformar el giro del motor eléctrico en un movimiento de carrera alternativa de dos pistones por medio de una pieza excéntrica que arrastra el eje del motor.

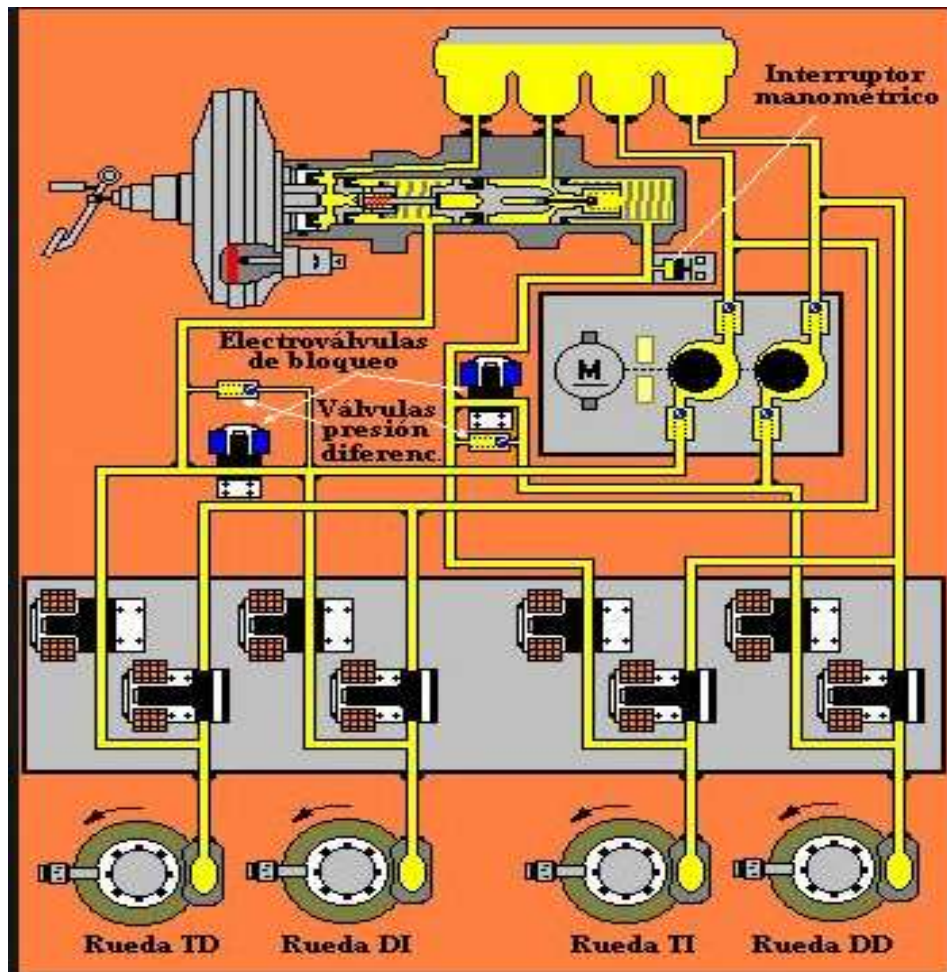


Acumulador de baja presión:

Se llena del líquido del freno que transita por la electro válvula de escape, si hay una variación importante de adherencia en el suelo.

El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser lo suficientemente bajo para no contrariar la caída de presión en fase de regulación, pero lo suficientemente importante como para vencer en cualquier circunstancia el tarado de la válvula de entrada de la bomba.

El caudal medio evacuado por la bomba es inferior al volumen máximo suministrado en situación de baja presión.



2.7.2.. Electrónicos.

2.7.2.1. Sensores.

La tensión en el captador es función de la distancia (entre-hierro) entre diente y captador y de la frecuencia. La gestión del sistema queda encomendada a una unidad de mando interconectada de los siguientes elementos:

Sensor de velocidad:

Los detectores de rueda o de régimen, también llamados captadores de rueda miden la velocidad instantánea en cada rueda. El conjunto está compuesto por un captador (1) y un generador de impulsos o rueda fónica (3) fijado sobre un órgano giratorio. La disposición puede ser axial, radial o tangencial (axial ruedas delanteras, tangencial ruedas traseras).



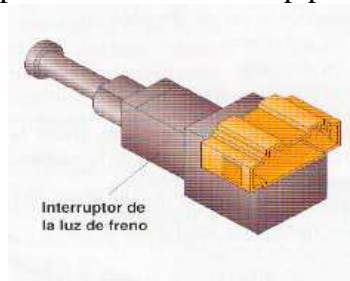
Para obtener una señal correcta, conviene mantener un entrehierro (2) entre el captador y el generador de impulsos. El captador va unido al calculador mediante cableado.

El captador funciona según el principio de la inducción; en la cabeza del captador se encuentran dos imanes permanentes y una bobina. El flujo magnético es modificado por el desfile de los dientes del generador de impulsos. La variación del campo magnético que atraviesa la bobina genera una tensión alternativa casi sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de la rueda. La amplitud de



Señal del switch de luces de freno:

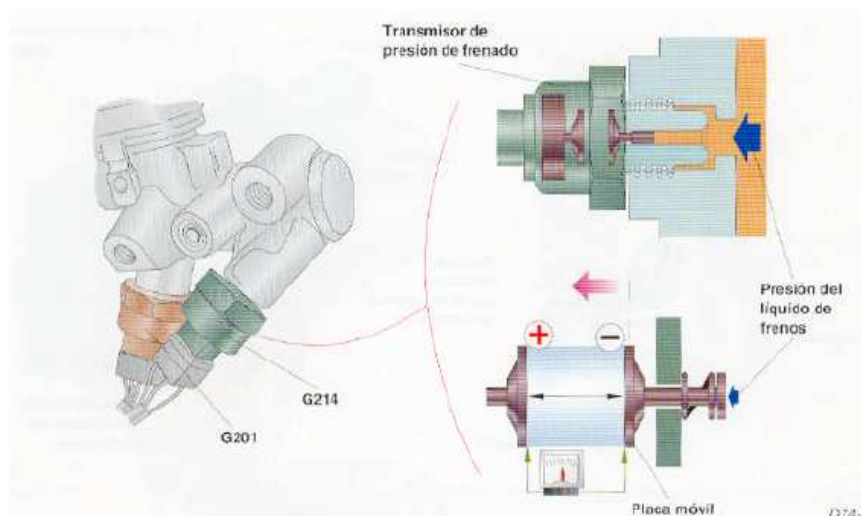
La información del contactor luces de stop tiene como misión permitir abandonar el modo ABS lo mas rápidamente posible cuando sea necesario. En efecto si el ABS esta funcionando y el conductor suelta el pedal de freno con el fin de interrumpir la frenada, la señal transmitida por el contactor de stop permitirá cesar la regulación mas rápidamente.



Sensor de giro para el electromotor de la bomba hidráulica Potenciómetro de posición del pedal de freno

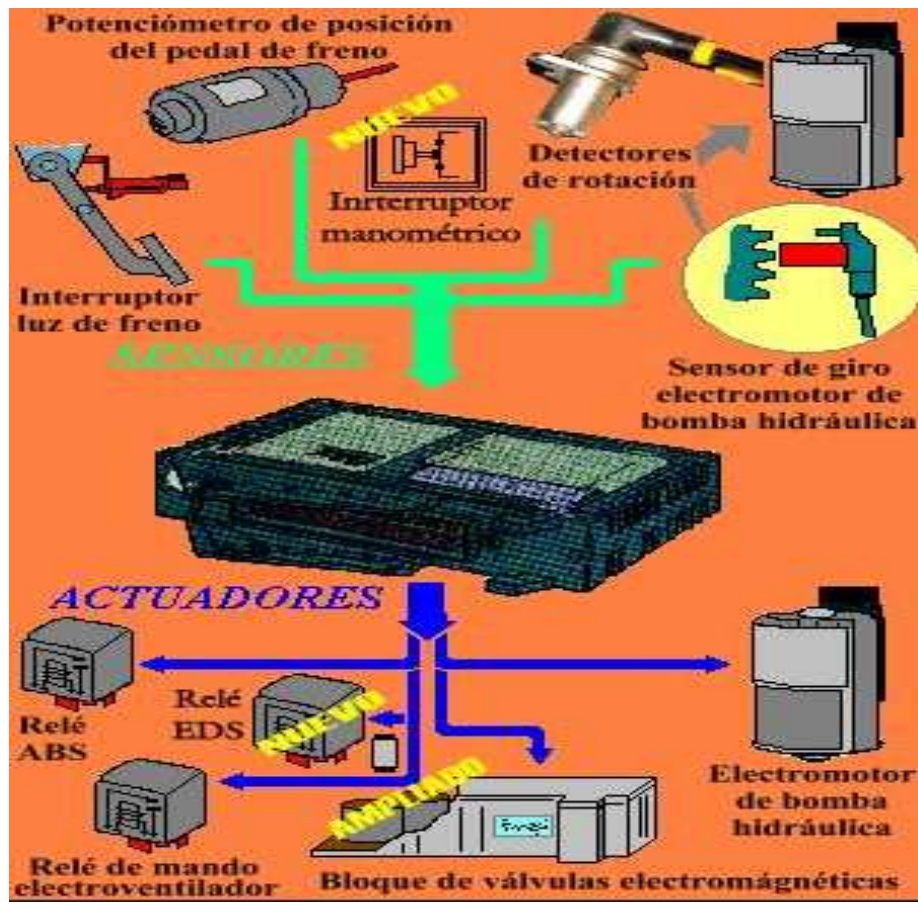


Interruptor manométrico





2.7.2.2. Actuadores.



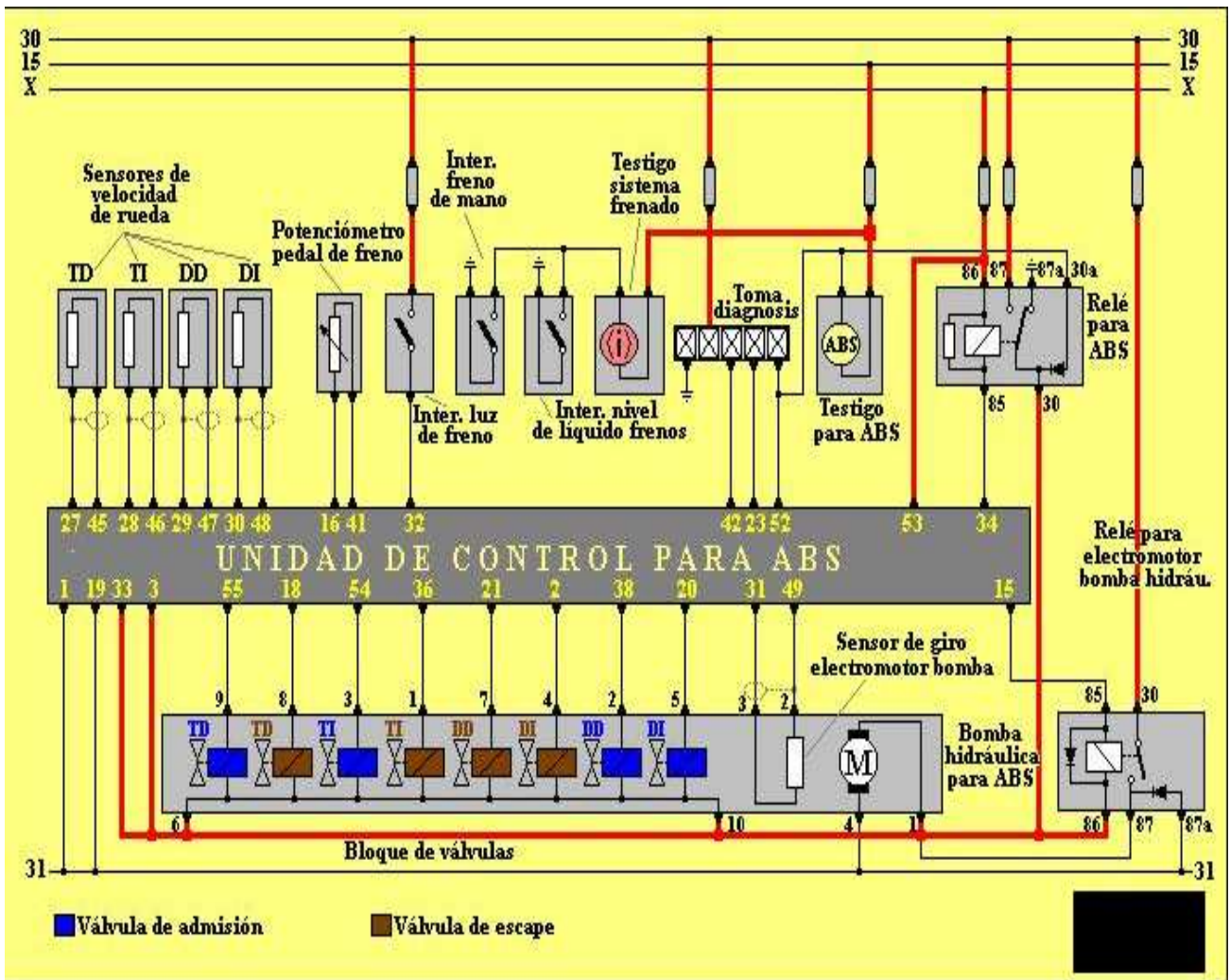
- Bloque de válvulas electromagnéticas
- Electromotor para la bomba hidráulica
- Relé de mando para el electromotor
- Relé de mando para el ABS
- Válvulas de bloqueo (2 específicas EDS)



2.8. Esquema eléctrico.

2.8.1.. Positivos

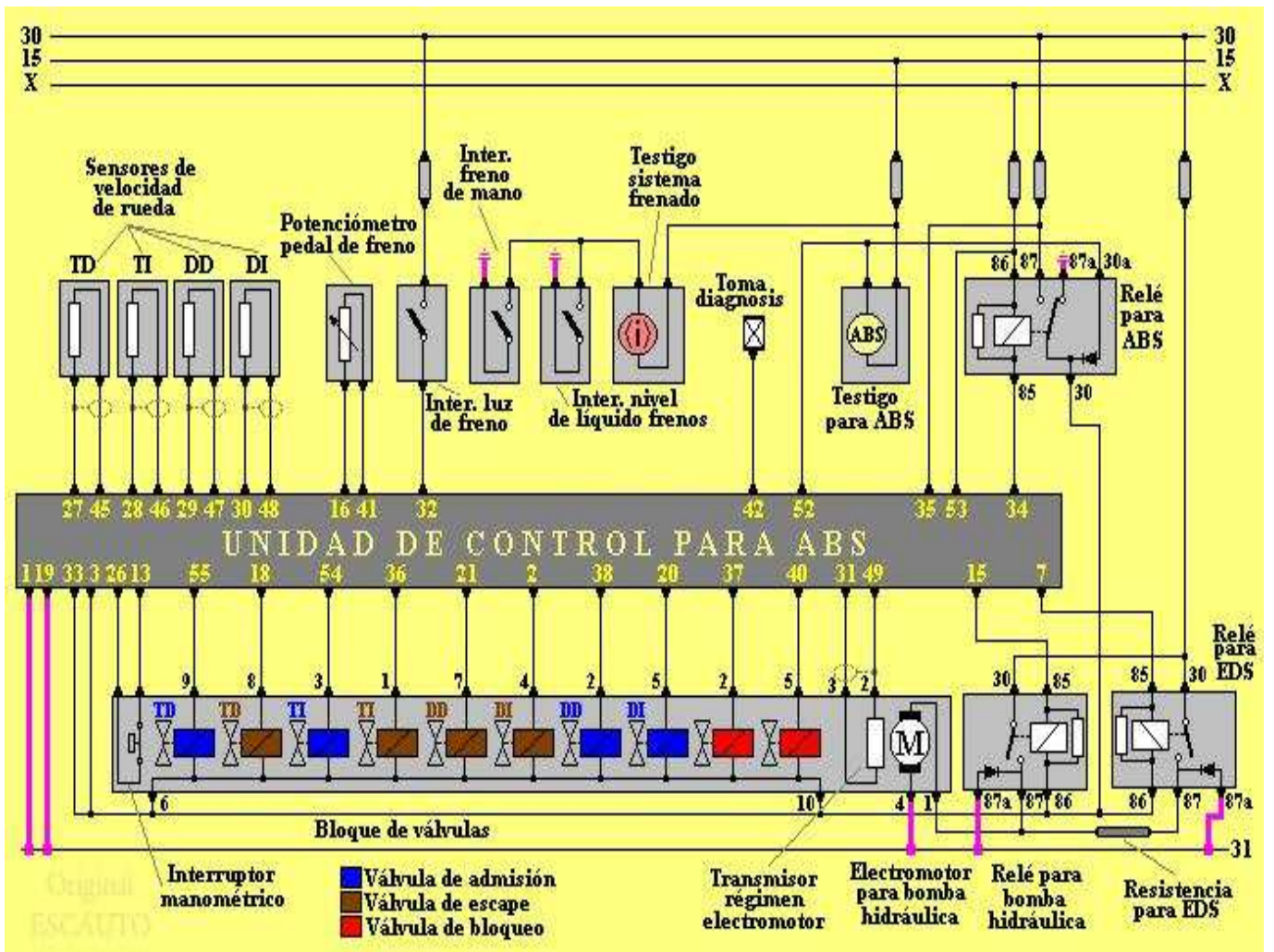
Conductores señalados en color rojo.





2.8.2.. Masas

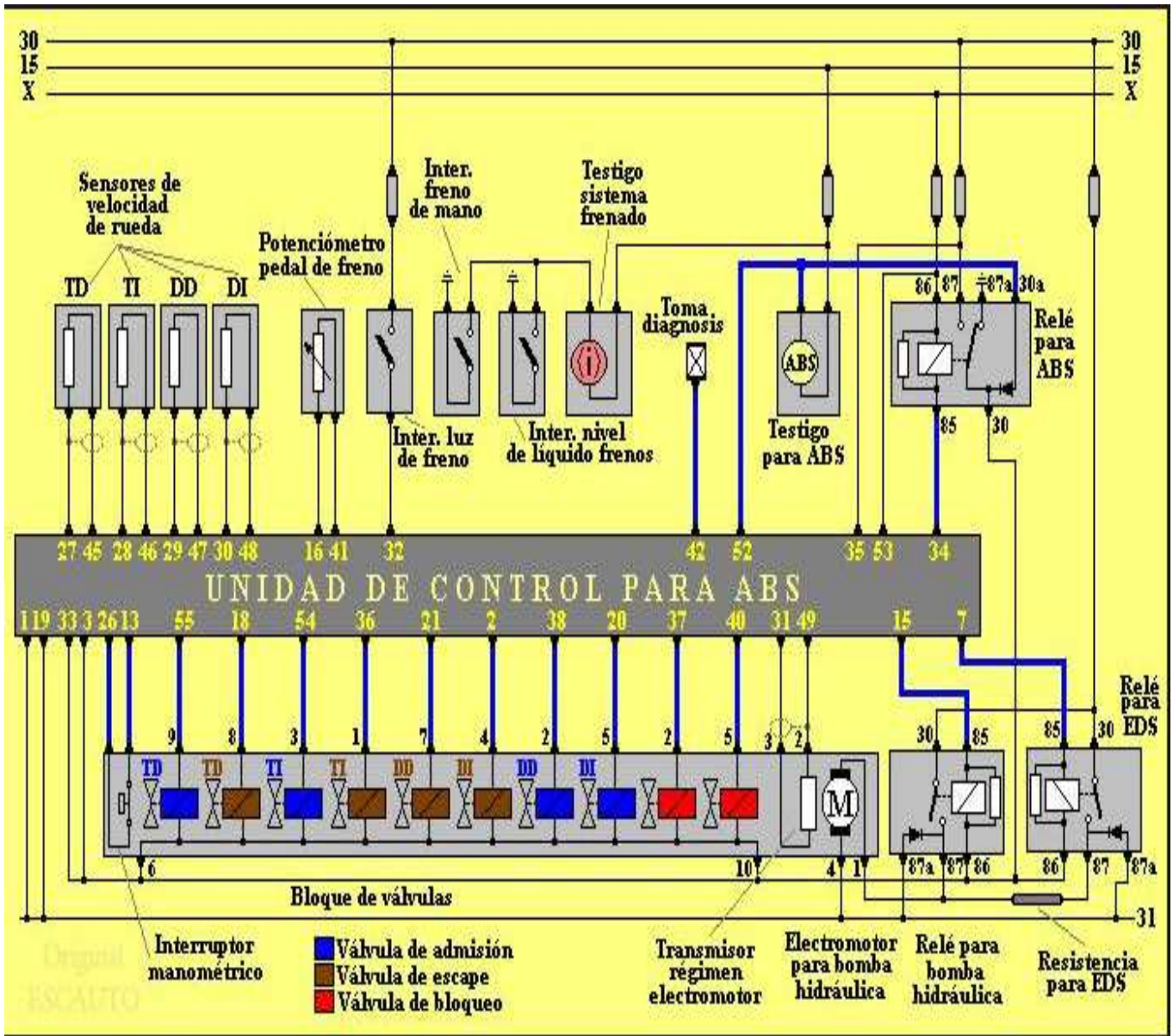
Conductores señalados en color rosa.





2.8.3.. Señales de actuación.

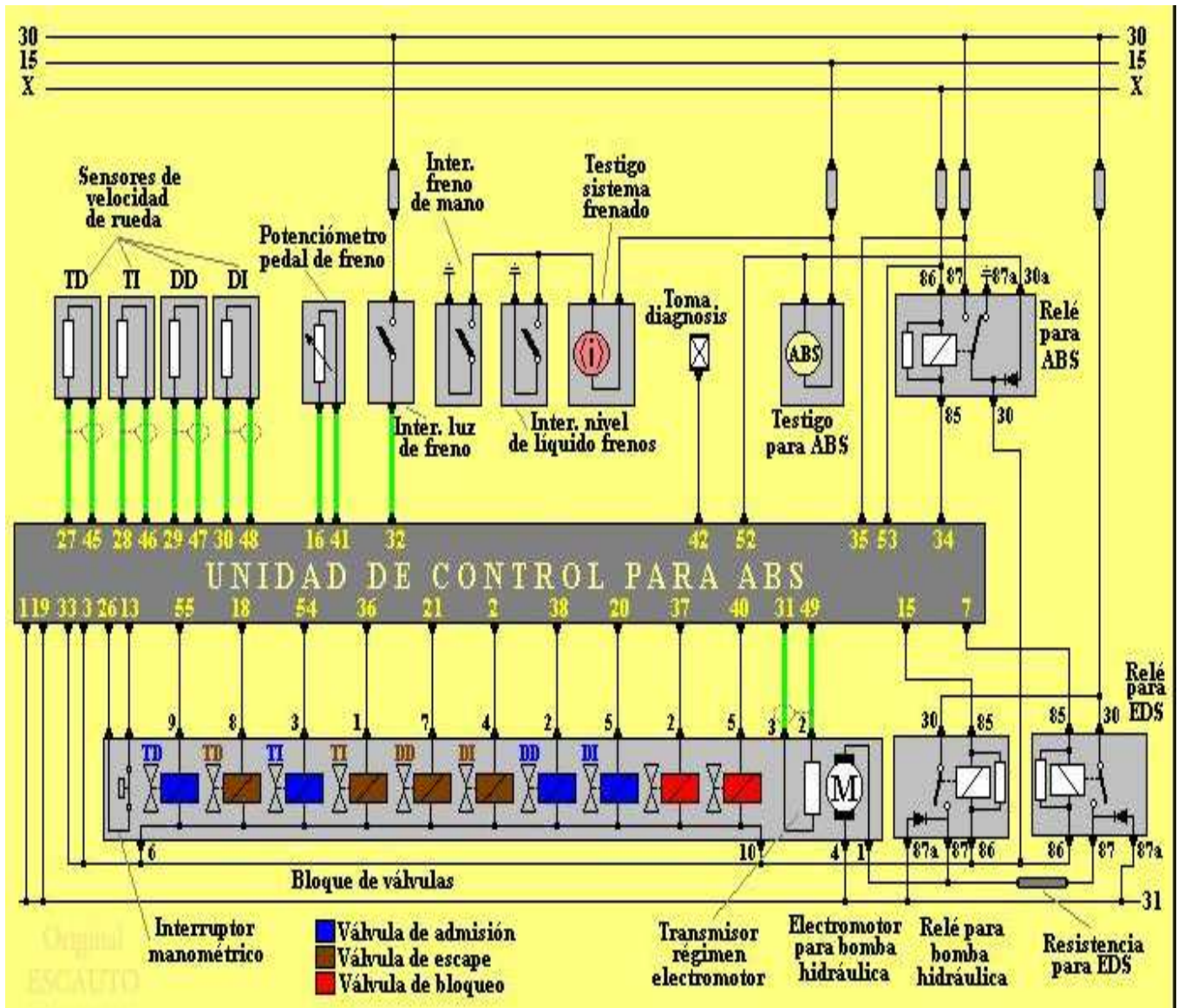
Conductores señalados en color azul.





2.8.4.. Entradas de información.

Conductores marcados en color verde.





3. Control de tracción.



Mientras que la fórmula del ETS para mejorar la tracción consiste en aplicar los frenos, el ASR interviene además, en caso necesario, en el sistema de gestión del motor, ofreciendo una mayor estabilidad desde el arranque hasta la velocidad máxima.

Este plus de seguridad se pone de manifiesto sobre todo en automóviles con motor de gran potencia: en caminos mojados o congelados, incluso a los conductores más experimentados les cuesta manejar el acelerador de forma tan precisa y rápida como lo hace el ASR.

Cada rueda cuenta con un sensor que registra su velocidad de giro. Estos datos son analizados en la unidad de mando. Si el conductor pisa el acelerador con tanta fuerza que las ruedas motrices empiezan a girar en vacío, el ASR deduce que el par de accionamiento del motor es demasiado elevado. Con el acelerador electrónico se actúa sobre la mariposa de estrangulación en milésimas de segundo, con lo que automáticamente se reduce la aceleración (aunque el conductor esté pisando a fondo el acelerador). En caso de resbalamiento acusado de las ruedas, el sistema interviene además frenando una de las ruedas motrices o ambas simultáneamente (si la velocidad supera los 40 Km./h).

El ASR utiliza 2 circuitos de regulación: el del equipo de frenos y el del motor. Además del efecto de frenado con regulación del resbalamiento del ABS, el ASR impide que las ruedas motrices giren en vacío y contribuye a estabilizar la trayectoria del vehículo independientemente de la velocidad al arrancar y acelerar, en curvas, con placas de hielo o al maniobrar bruscamente.

4. Control de estabilidad ESP.

El programa electrónico de estabilidad forma parte de la seguridad activa del vehículo. También se habla del sistema de conducción dinámica. Expresado en términos bastante simplificados, es un programa anti-derrapaje. Detecta el riesgo de derrapaje y compensa específicamente el derrapaje descontrolado del vehículo.

Ventajas:

- No es un sistema individual, sino que esta basado en otros sistemas de regulación de la tracción, en virtud de lo cual también incluye características de estos.
- Asiste al conductor.
- El vehículo se mantiene dominable.
- Se reduce el riesgo de accidente debido a una reacción excesiva del conductor.



Funcionamiento:

El sistema de estabilidad utiliza gran parte de los componentes del ABS, pero necesita mayor número de sensores:

El sistema utiliza un sensor para medir el ángulo de giro y la velocidad del volante, un sensor para medir las aceleraciones y deceleraciones, y un sensor que capta el momento del derrapaje. El ESP también utiliza la información del sensor de revoluciones de las ruedas del ABS.

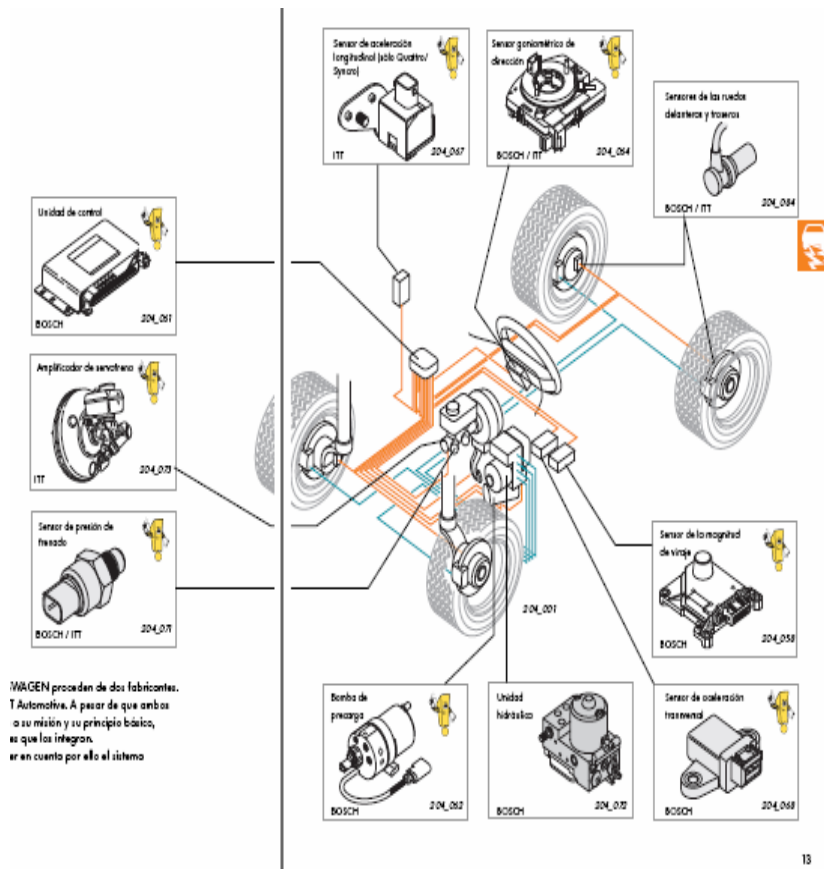
Con los datos de esas mediciones, la ECU determina otras variables que no mide directamente: velocidad lineal de desplazamiento, fuerzas longitudinales en las ruedas y deslizamiento en las ruedas. En función de las variables que mide o determina, el sistema induce: fuerzas laterales en las ruedas, ángulo de deriva, ángulo del eje longitudinal del coche con relación a la dirección de desplazamiento y velocidad lateral. Estas variables son comparadas por la ECU con las magnitudes que ya tiene memorizadas.

El control de estabilidad actúa para que las reacciones reales del coche se asemejen a las reacciones ideales, cuando no hay divergencia entre lo medido y lo memorizado. Para conseguirlo, lo que hace es afectar (dentro de lo posible) a las fuerzas longitudinales y transversales de cada rueda. Para conseguirlo el módulo electrónico actuara selectivamente en los frenos de las ruedas que estime convenientemente para corregir la trayectoria del vehículo. También actuara sobre el motor para reducir la potencia y el par motor. La intervención del conjunto en el sistema de frenos y en el par motor permite estabilizar el vehículo.





4.1. Estructura del sistema.

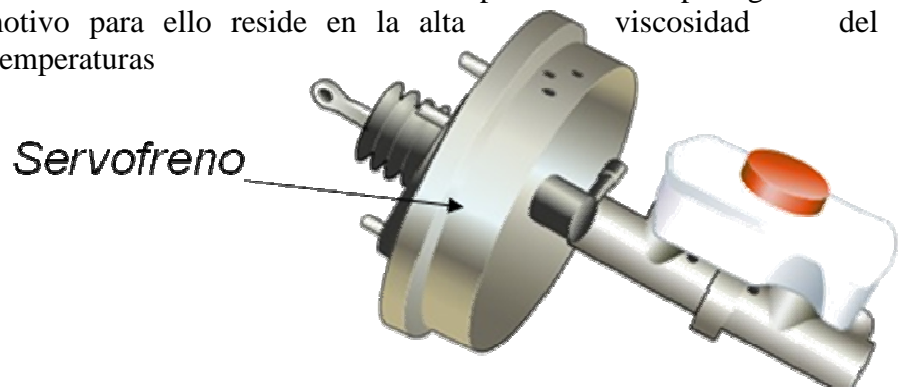


4.2. Componentes.

4.2.1.. Actuadores.

Amplificador servofreno.

El amplificador de servofreno activo, o booster, se diferencia esencialmente de los modelos anteriores. Aparte de las funciones habituales, consistentes en intensificar la presión del pie aplicada al pedal de freno, asistiendo la operación mediante depresión procedente del colector de admisión o de una bomba de vacío, asume la función de generar la presión previa para una intervención del ESP. Esto es necesario, en virtud de que las características de aspiración por parte de la bomba de retorno no resultan siempre suficientes para generar la presión requerida. El motivo para ello reside en la alta viscosidad del líquido de frenos a bajas temperaturas



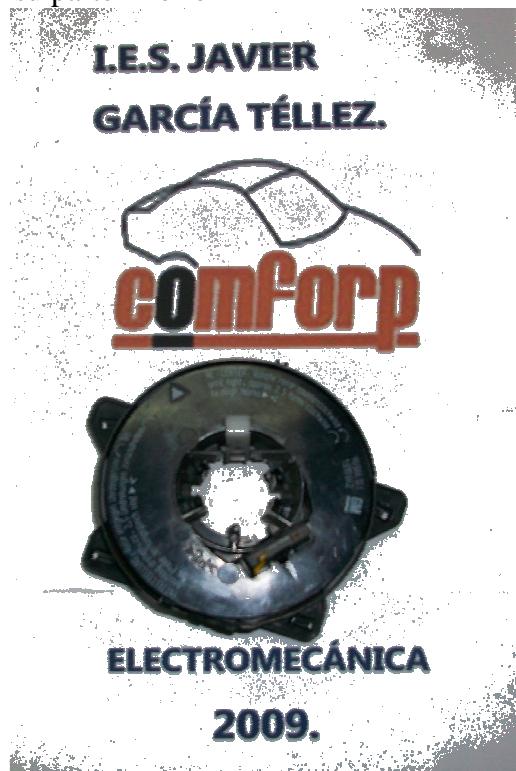


4.2.2. Sensores.

4.2.2.1. Sensor de giro del volante.

Localización.

Va alojado en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante. El anillo retractor con anillo colector para el airbag está integrado en el transmisor goniométrico de dirección y alojado en su parte inferior



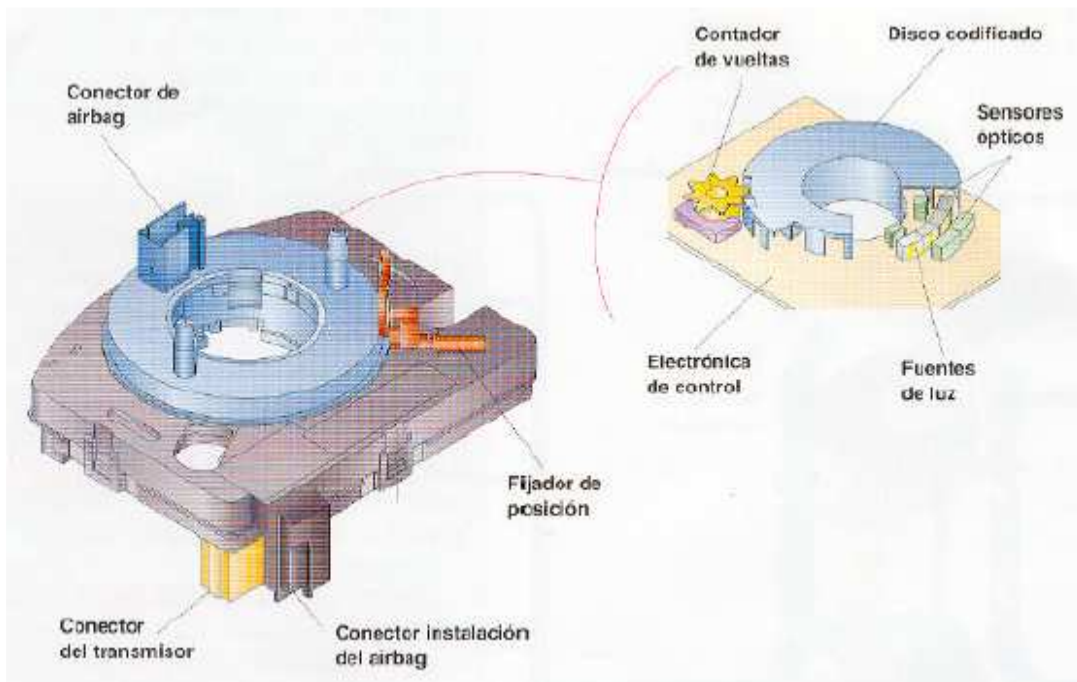


Misión.

El transmisor se encarga de transmitir el ángulo de giro del volante a la unidad de control.

Funcionamiento.

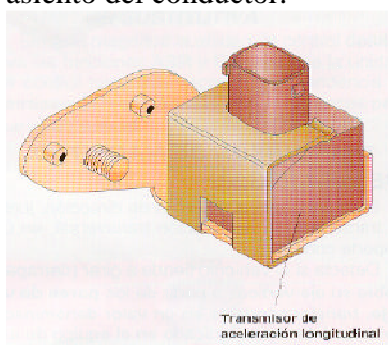
Explora, mediante barreras de luz, un disco con segmentos unidos firmemente al eje de dirección. El sensor mide el giro del volante de dos formas: En la primera medición el sensor informa al modulo del ABS/ESP de las variaciones angulares del volante. El módulo calcula la posición de marcha en línea recta de la dirección con ayuda de las señales de los otros sensores del vehículo. En la segunda medición el sensor transmite al módulo una señal específica para cada posición del volante. Con las dos señales el sensor queda definida la posición del volante y la velocidad del desplazamiento al girarlo.



4.2.2.2. Sensor de aceleración.

Localización.

Por motivos físicos es conveniente que este sensor está instalado lo más cerca posible del centro de gravedad del vehículo. Por ese motivo se instala en el vano reposapiés, debajo del asiento del conductor.



**Misión.**

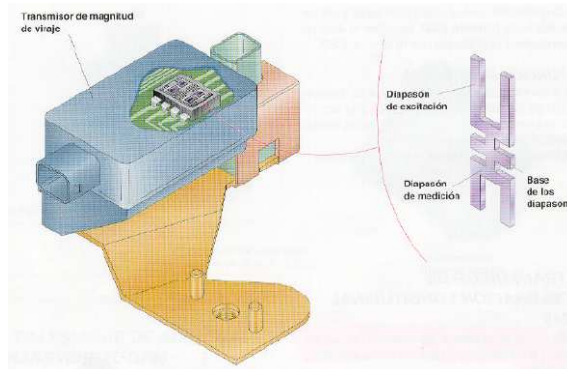
El sensor detecta si existen fuerzas laterales que tratan de sacar el vehículo de su trayectoria prevista, y en caso afirmativo, detecta su intensidad.

Funcionamiento.

Al actuar una aceleración transversal en el vehículo (a), el imán permanente, debido a su inercia de la masa, sólo acompaña con retardo el movimiento generado. Eso significa, que la placa amortiguadora se aleja conjuntamente con la carcasa del sensor y con todo el vehículo, debajo del imán permanente, el cual se mantiene primeramente en reposo. Con este movimiento se generan corrientes eléctricas de Foucault en la placa amortiguadora, las cuales generan a su vez un campo magnético contrario al del imán permanente. Debido a ello se debilita la intensidad del campo magnético general. Esto provoca una modificación en la tensión Hall (U). La variación que experimenta la tensión es directamente proporcional a la intensidad de la aceleración transversal. Esto significa, que cuanto más intenso es el movimiento entre la placa amortiguadora y el imán, tanto más se debilita el campo magnético y tanto más claramente varía la tensión de Hall. Al no existir ninguna aceleración transversal, la tensión de Hall se mantiene constante.

4.2.2.3. Sensor de derrapaje.**Localización.**

Este sensor debe hallarse lo más cerca posible del centro de gravedad del vehículo, puede ir montado conjuntamente con el sensor de aceleración.

**Misión.**

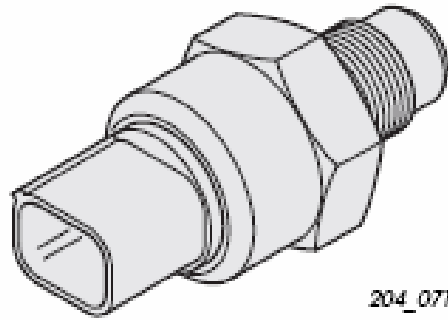
Según su posición de montaje se puede comprobar así el giro en torno a uno de los ejes espaciales. En el ESP, el sensor tiene que detectar si el vehículo gira en torno al eje geométrico vertical.

Funcionamiento.

El componente básico es un pequeño cilindro hueco de metal, que posee ocho elementos piezoeléctricos. Cuatro de ellos someten al cilindro hueco a una oscilación resonante. Los otros cuatro elementos observan si varían los sitios en que se encuentran los nodos de oscilación del cilindro. Y precisamente esto sucede si un par de giro actúa sobre el cilindro hueco. Los nodos de oscilación se desplazan (b). Este desplazamiento lo miden los elementos piezoeléctricos observadores y transmiten una señal correspondiente a la unidad de control, la cual calcula de ahí la magnitud del viraje.

4.2.2.4. Sensor de presión de frenado.**Localización.**

Está atornillado en la bomba hidráulica para regulación dinámica de la marcha.

**Misión.**

El transmisor de presión de frenado informa a la unidad de control acerca de la presión actual en el circuito de frenado. Con ayuda de esta información, la unidad de control calcula las fuerzas de frenado de las ruedas y, con éstas, las fuerzas longitudinales que actúan sobre el vehículo. Si resulta necesaria una intervención del ESP, la unidad de control integra este valor en el cálculo de las fuerzas de guiado lateral.

Funcionamiento.

Al actuar la presión del líquido de frenos sobre el elemento piezoeléctrico varía el reparto de las cargas en el elemento. Sin la actuación de la presión, las cargas tienen un reparto uniforme. Al actuar una presión, las cargas se desplazan espacialmente, produciéndose una tensión eléctrica. Cuanto mayor es la presión, tanto más intensamente se separan las cargas. La tensión aumenta. En el circuito electrónico incorporado se intensifica la tensión y se transmite como señal hacia la unidad de control. La magnitud de la tensión constituye de esa forma una medida directa de la presión reinante en el sistema de frenos.

5. Distribuidor electrónico de frenada.

5.1. BAS.

Servofreno de emergencia. Cuando el sistema reconoce una situación de emergencia que exige un frenazo a fondo aplica inmediatamente la máxima presión de frenado.

El servofreno consta de dos cámaras separadas por un diafragma móvil y sometido a una depresión constante. Al accionar el pedal de freno, se abre una válvula electromagnética que permite la entrada de aire en una de las cámaras, variando la presión de forma proporcional a la posición del pedal de freno.

Se incorpora un sensor de desplazamiento del diafragma que detecta cualquier movimiento del pedal del freno. Los datos recibidos se transmiten a la unidad de mando del BAS, donde se analizan permanentemente.

Esta unidad de mando reconoce cualquier variación especialmente rápida en la posición del pedal del freno y la identifica con una situación de emergencia. Inmediatamente se activa una válvula electromagnética que deja entrar aire en una de las cámaras del servofreno, con lo que se genera la presión máxima de frenado.

Cuando el conductor retira el pie del freno, la unidad de control reacciona cerrando inmediatamente la válvula, dando por concluida la intervención del servofreno de emergencia.

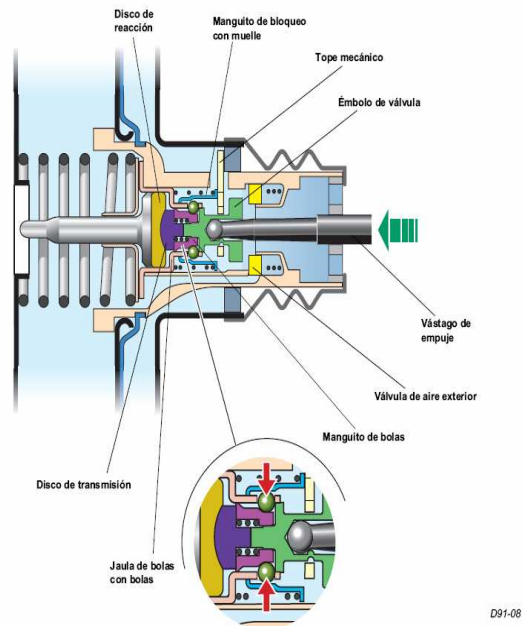
Al estar interconectado con las unidades de mando del ABS, ASR o ESP, así; como con el equipo electrónico del motor y el cambio, el BAS recibe información durante la marcha que le permiten garantizar en todas las situaciones una óptima adaptación de la presión de frenado. De este modo se puede efectuar un frenado a fondo en el momento oportuno.



6. Asistencia eléctrica a la frenada de urgencia (AFU).

6.1. Funcionamiento.

Se considera frenada de emergencia aquella en la que el pedal de freno es accionado con rapidez pero no se genera la suficiente presión para activar la función ABS.



El mecanismo que ejecuta la frenada de emergencia es el grupo de conmutación del servofreno. En la figura se muestran y nombran las piezas que intervienen en la frenada de emergencia. La frenada de emergencias se divide en tres fases:

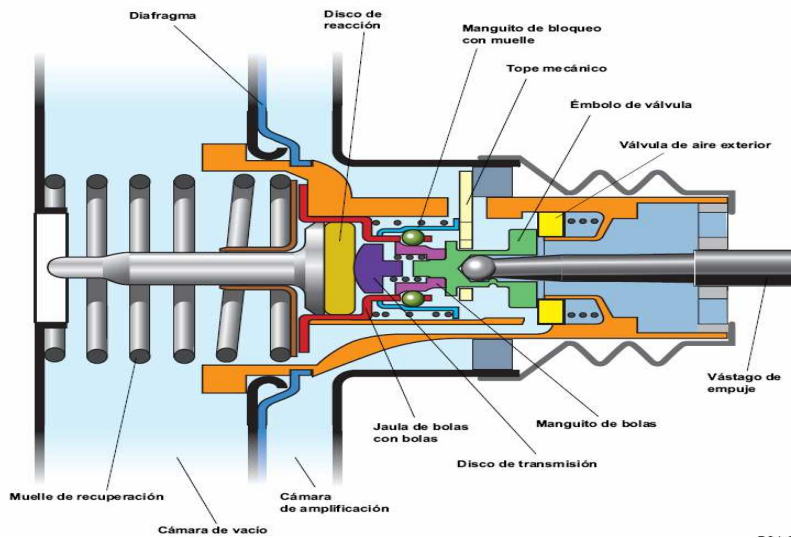
6.1.1.. Activación.

Se inicia al sobrepasar el umbral de excitación, consecuencia de accionar el pedal de freno con rapidez pero con poca fuerza.

En esta fase el disco de reacción es oprimido intensamente por las piezas de empuje (vástago de empuje, embolo de válvulas, manguito de bolas y disco de transmisión). En este movimiento también se arrastran las piezas de ayuda (tope mecánico y manguito de bloqueo con muelle).

Como el movimiento es muy rápido, el resto de componentes del servofreno no pueden seguir tan velozmente el desplazamiento de las piezas de empuje y las de ayuda.

Aparece entonces una diferencia en la reacción, conocida como respuesta inercial, entre la jaula de bolas y el manguito de bolas. Esta respuesta inercial provoca que el manguito de bolas avance con respecto a la jaula de bolas y las bolas rueden hasta alojarse en las ranuras del manguito de bolas. El manguito de bloqueo queda liberado y debido a la expansión del muelle es desplazado e impide que las bolas abandonen las ranuras del manguito de bolas. La frenada de emergencia se ha activado.

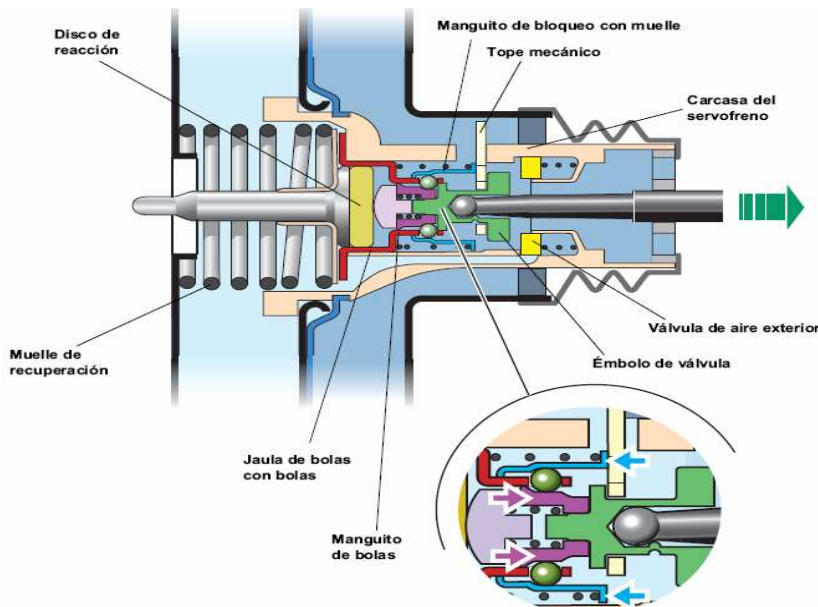


6.1.2.. Actuación.

Una vez que las bolas están retenidas dentro de las ranuras por el manguito de bloqueo con muelle, se inicia la fase de actuación.

Así, el vástago de empuje queda un poco adelantado de las piezas de empuje ahora es menor respecto a su posición de reposo.

Con el grupo de conmutación en esta posición, es preciso muy poca fuerza en el pedal para que el embolo de válvula abra el paso de la presión atmosférica a la cámara de amplificación, ya que apenas se ha de oprimir el disco de reacción. Con ello se consigue una elevada diferencia de presiones entre las cámaras.



6.1.3.. Liberación del pedal.

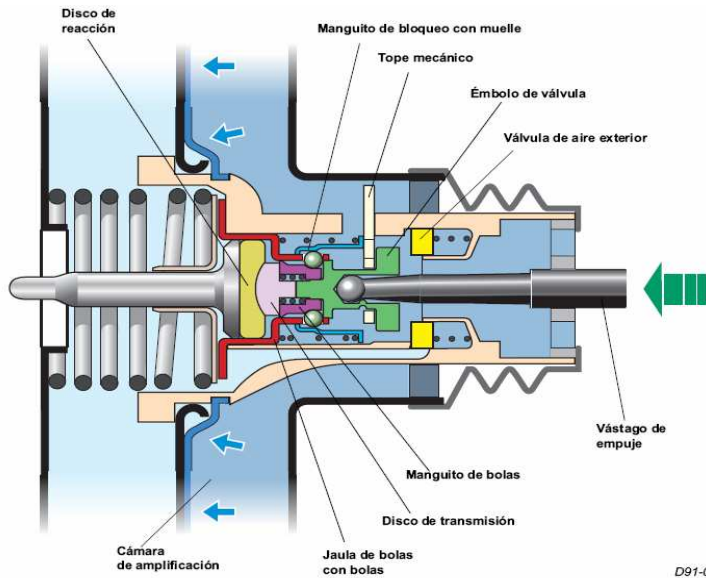
A medida que el conductor levanta el pie del pedal de freno, el manguito de bloqueo y la jaula de bolas se mueven solidariamente en retroceso, debido principalmente a la fuerza del



muelle recuperador.

Cuando el tope mecánico llega a apoyarse en la carcasa del servofreno, impide que el manguito de bloqueo siga retrocediendo, y no así la jaula de bolas ni el resto de piezas del grupo de empuje. Ello provoca que las bolas queden liberadas, abandonen las ranuras del manguito de bolas y vuelvan a su posición inicial de reposo.

Con ello la frenada de emergencia queda desactivada.



7. Sistema de recuperación de la energía kers.

El sistema de recuperación de energía, (kers) Kinetic Energy Recovery System, o lo que es lo mismo, el sistema de recuperación de energía cinética. Tiene la función de convertir la energía calorífica generada en las frenadas en energía cinética proporcionando un aumento de potencia, esta potencia será controlada por el conductor del vehículo, que podrá elegir el momento de entrada de potencia mediante un botón.