

TEMA

44

Sistemas de suspensión: eje delantero y eje trasero, tipos, constitución, características y funcionamiento



ÍNDICE SISTEMÁTICO

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN SIMPLES**
 - 2.1. Resortes
 - 2.1.1. Ballestas
 - 2.1.2. Muelles helicoidales
 - 2.1.3. Barras de torsión
 - 2.2. Barras estabilizadoras
 - 2.3. Brazos de suspensión
 - 2.4. Amortiguadores
- 3. SUSENSIONES CONVENCIONALES**
 - 3.1. Eje delantero: tipos, constitución, características y funcionamiento
 - 3.1.1. Suspensión independiente de brazos articulados superpuestos o de trapecio articulado
 - 3.1.2. Suspensión independiente McPherson
 - 3.1.3. Suspensión por ballesta y brazo articulado
 - 3.1.4. Suspensión con barras de torsión
 - 3.2. Eje trasero: tipos, constitución, características y funcionamiento
 - 3.2.1. Suspensión con eje rígido
 - 3.2.2. Suspensión independiente de las ruedas traseras
 - 3.3. Sistemas pilotados
 - 3.3.1. Características
 - 3.3.2. Constitución y funcionamiento
- 4. SUSENSIONES NEUMÁTICAS**
 - 4.1. Sistemas convencionales
 - 4.1.1. Características
 - 4.1.2. Constitución y funcionamiento
 - 4.2. Sistemas pilotados
 - 4.2.1. Características
 - 4.2.2. Constitución y funcionamiento
- 5. SUSENSIONES HIDRONEUMÁTICAS**
 - 5.1. Sistemas convencionales
 - 5.1.1. Características
 - 5.1.2. Constitución y funcionamiento
 - 5.2. Sistemas pilotados (suspensiones hidroactivas)
 - 5.2.1. Características
 - 5.2.2. Constitución y funcionamiento

BIBLIOGRAFÍA

El autor agradece a Einsa Multimedia y a Automóviles Citroën España S.A. la cesión de diversas imágenes, dibujos y esquemas que ilustran las páginas de este tema.

1. INTRODUCCIÓN

Las vibraciones del vehículo son provocadas fundamentalmente por tres tipos de acciones: irregularidades de la calzada, acción de masas giratorias (motor y transmisión) y acciones aerodinámicas, siendo las primeras las más importantes.

El control de los movimientos vibratorios se realiza a través del sistema de suspensión intercalado entre las masas unidas a las ruedas (masas no suspendidas) y el cuerpo del vehículo (masa suspendida). Este sistema permite el desplazamiento entre ambas por medio de elementos elásticos (resortes) y produce una disipación de energía mediante elementos amortiguadores.

Actualmente, en el mercado, predominan los sistemas convencionales de suspensión, es decir, aquellos que utilizan elementos de suspensión simples, no gestionados electrónicamente. Pero existen también diversos sistemas que emplean otros principios de funcionamiento. Así, tenemos las suspensiones neumáticas, muy utilizadas en camiones, que usan el aire como elemento de suspensión característico y las suspensiones hidroneumáticas, habituales del grupo Citroën, que recurren a un fluido hidráulico como elemento de suspensión característico. También se han desarrollado sistemas pilotados mediante una gestión electrónica, capaces de adaptarse a las condiciones de la calzada, si bien sólo se han extendido en vehículos de gama alta.

2. ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN SIMPLES

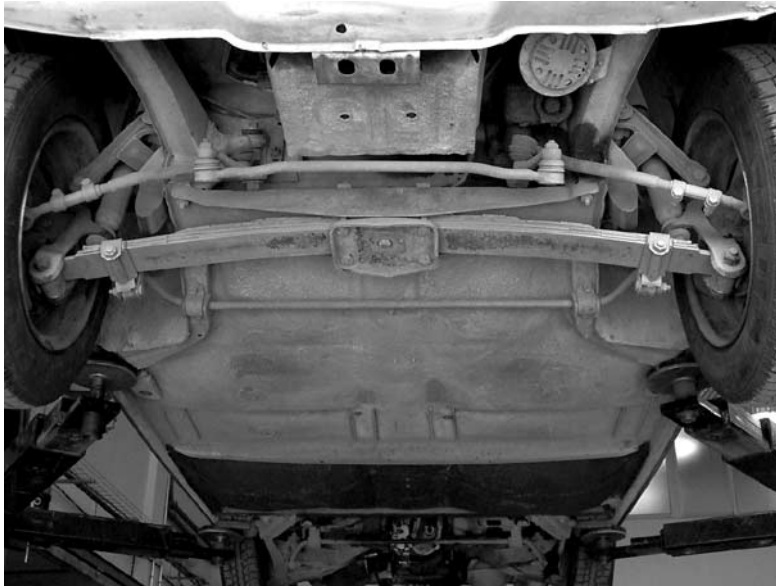
2.1. Resortes

2.1.1. Ballestas

Se trata de láminas que permiten el deslizamiento entre hojas al deformarse. Pueden montarse de dos formas en el vehículo:

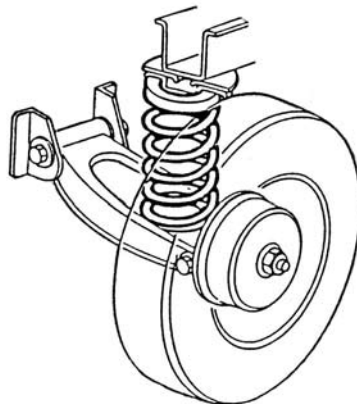
- **Longitudinalmente:** dispuestas con un punto de anclaje fijo delantero, siendo móvil el trasero (permite movimientos oscilantes). Normalmente se emplea en camiones y autocares.

- **Transversalmente:** se unen los extremos a los brazos de suspensión o puente (con interposición de elementos móviles o gemelas) y la base a una travesía del bastidor. Aplicada en turismos.



Ballestas dispuestas transversalmente en el eje delantero de un vehículo.

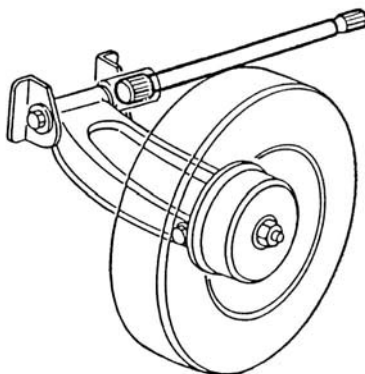
2.1.2. Muelles helicoidales



Muelle helicoidal.

Se utilizan modernamente en casi todos los turismos, en sustitución de las ballestas. Es un arrollamiento helicoidal de acero elástico que trabaja a torsión. Su flexibilidad varía según su diámetro, número y espesor de espiras, paso entre espiras, etc. Se dispone entre el bastidor y la rueda.

2.1.3. Barras de torsión



Barra de torsión longitudinal.

Se usan fundamentalmente en suspensiones independientes. Es una varilla de acero fija en un extremo y sometida a torsión en el otro, que vuelve a su estado original cuando cesa el esfuerzo. Uno de los extremos se sujeta al chasis y el otro va libre en el eje de la rueda.

Pueden disponerse longitudinales, transversales o de forma mixta (longitudinal en la suspensión delantera y transversal en la trasera).

2.2. Barras estabilizadoras

Surgen por la necesidad de evitar la inclinación que toman los vehículos como consecuencia de la transferencia de carga entre ruedas que tiene lugar en las curvas (peligro de vuelco). Están constituidas por una varilla de acero que, trabajando a torsión, absorbe el esfuerzo creado cuando una rueda de un eje baja mientras sube la otra, impidiendo la inclinación lateral de la carrocería.

Se montan entre los soportes de suspensión de las ruedas y el bastidor.

2.3. Brazos de suspensión

Se utilizan en vehículos con sistema de suspensión independiente (si la suspensión es rígida, los elementos de suspensión no necesitan brazo, puesto que apoyan directamente en el propio eje). Unen bastidor y ruedas, sirviendo de soporte para resortes y amortiguadores.

2.4. Amortiguadores

Recogen las oscilaciones de la carrocería y las transforman en calor y rozamiento. Los de simple efecto frenan al muelle cuando se dispara; los de doble efecto, también cuando se comprime.

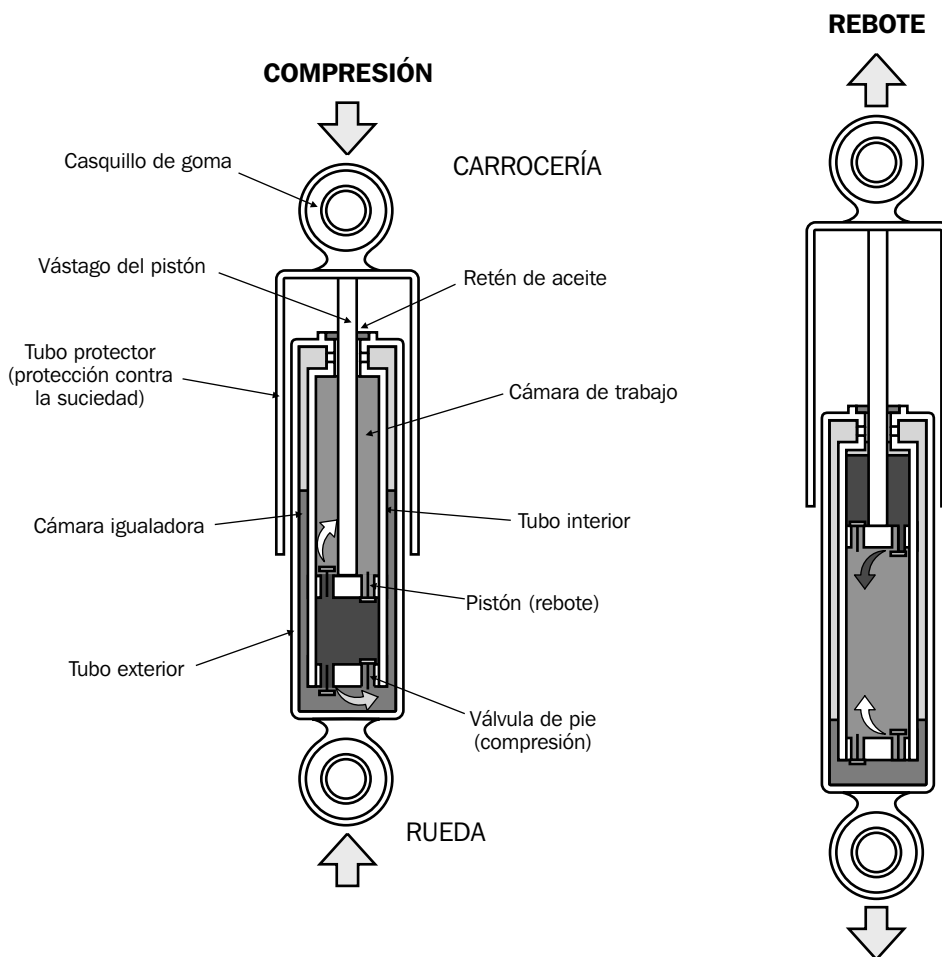
Están constituidos por un cilindro (unido a rueda) dentro del cual se mueve un pistón (unido a bastidor) que divide el volumen en dos cámaras (re llenas de aceite); las cámaras se comunican mediante orificios y válvulas que restringen el paso de aceite (efecto amortiguador).

Admiten dos disposiciones:

- **Telescópico convencional:** en fase de compresión, la rueda sube con relación al chasis con lo que también lo hace el cilindro. El aceite pasa de la cámara inferior a la superior y a la auxiliar a través de orificios y válvulas. En fase de expansión, la rueda baja con respecto al chasis y el cilindro también. El aceite pasa de la cámara superior a la inferior y auxiliar por orificios de menor calibre (mayor amortiguación del rebote).

Interesa que en la compresión trabaje el muelle y en el rebote el amortiguador. Obviamente, variando las secciones de paso de orificios y válvulas se pueden conseguir amortiguadores más blandos o duros.

Los amortiguadores telescópicos convencionales tienen un inconveniente: ante elevadas exigencias (frenado) generan burbujas y disminuye su rendimiento. Además, la presencia del vástago del pistón hace que el volumen de las dos cámaras no sea el mismo, y es necesario el uso de cámaras auxiliares.

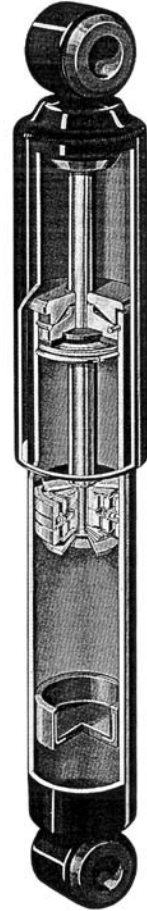


Principio de funcionamiento del amortiguador telescópico convencional.

- **Telescópico con cámara de volumen variable:** se introduce gas dentro del cilindro, que forma una nueva cámara de aire y presuriza el fluido hidráulico. Se elimina el problema

de las burbujas y se compensa la variación de volumen en las cámaras principales provocada por la presencia del vástago del émbolo. En este caso, el montaje hace que el pistón se una a la rueda y el cilindro al bastidor.

Amortiguador telescópico con cámara de gas adicional en la zona inferior.

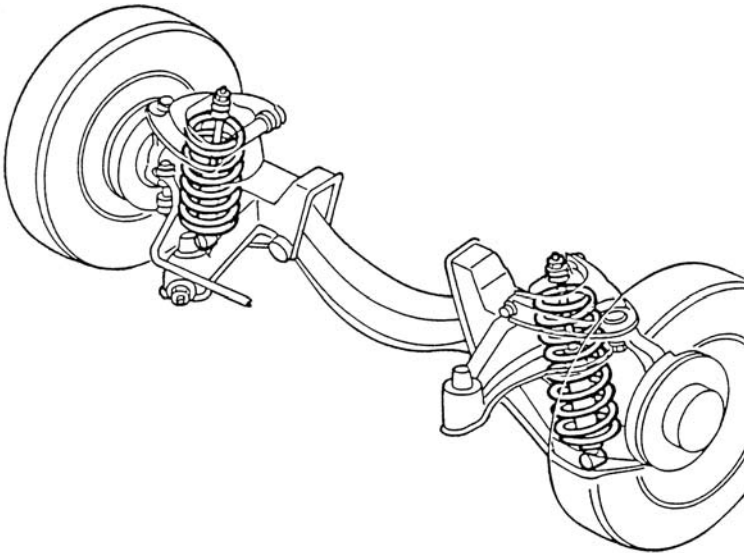


3. SUSPENSIONES CONVENCIONALES

3.1. Eje delantero: tipos, constitución, características y funcionamiento

En la actualidad, en las ruedas delanteras suelen usarse suspensiones independientes casi exclusivamente.

3.1.1. Suspensión independiente de brazos articulados superpuestos o de trapecio articulado

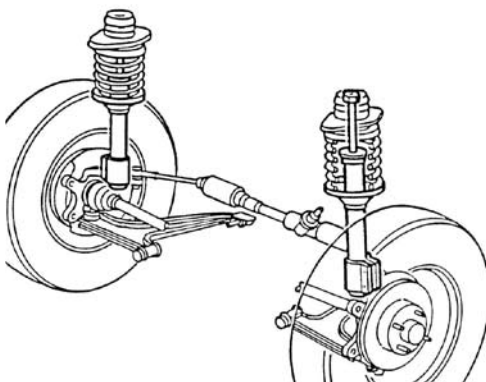


Eje delantero con suspensión de trapecio articulado.

Los brazos se articulan por un extremo al chasis y por el otro a la mangueta. El muelle y el amortiguador van entre los dos brazos.

Cuando sube la rueda, se levanta la mangueta y se elevan los brazos, oponiéndose a ello el muelle y atenuándose las oscilaciones por medio del amortiguador. El brazo superior es más corto, con el fin de que en las curvas las ruedas vayan paralelas.

3.1.2. Suspensión independiente McPherson



Eje delantero con suspensión McPherson.

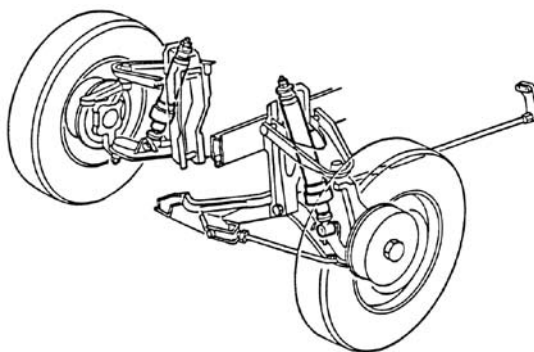
La mangueta de rueda se articula en su parte inferior al brazo y en su parte superior al amortiguador, fijándose éste a la carrocería mediante un platillo en su zona superior.

El ángulo que forman las ruedas con el suelo varía poco en cualquier circunstancia, pero la resistencia de la carrocería en la zona donde se acopla el amortiguador debe ser elevada.

3.1.3. Suspensión por ballesta y brazo articulado

Se sustituyen los muelles por una ballesta transversal montada entre ambas ruedas y anclada en su centro al chasis. El amortiguador se coloca entre ella y el brazo inferior.

3.1.4. Suspensión con barras de torsión



Eje delantero con suspensión de barras de torsión.

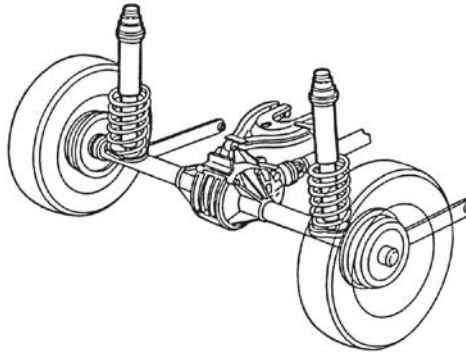
Los brazos de suspensión se articulan al chasis. Las barras de torsión se ubican longitudinalmente, unidas por un extremo al brazo inferior y por el otro al bastidor. El amortiguador se dispone entre el brazo inferior y la carrocería.

3.2. Eje trasero: tipos, constitución, características y funcionamiento

3.2.1. Suspensión con eje rígido

Empleada fundamentalmente por vehículos de propulsión con puente rígido. Se utilizan diversos tipos:

- **Por ballestas:** transversales o longitudinales (entre puente y bastidor) y recibiendo en su centro al amortiguador (entre ballesta y bastidor) y al eje.
- **Por muelles helicoidales:** los muelles se disponen entre las trompetas del eje y el bastidor (el amortiguador pasa por el centro); suelen montar un tirante pivotante entre el puente y el bastidor que actúa como barra estabilizadora (las suspensiones de eje rígido transfieren carga de una rueda a otra).

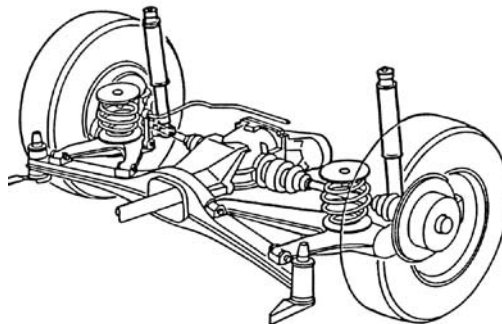


Eje trasero con suspensión de eje rígido por muelles helicoidales.

- **Por tren trasero semirrígido de “brazos tirados”:** los brazos forman cuerpo con la travesa (ésta trabaja a torsión, como estabilizadora); en los extremos de los brazos se colocan muelles y amortiguadores.

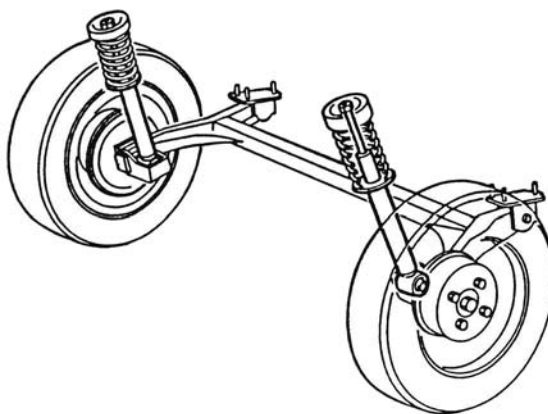
3.2.2. Suspensión independiente de las ruedas traseras

- **De eje suspendido o de Dion** (utilizada en vehículos a propulsión): sería propiamente una suspensión semirrígida, puesto que el eje de Dion, que va de rueda a rueda, se ancla al chasis.



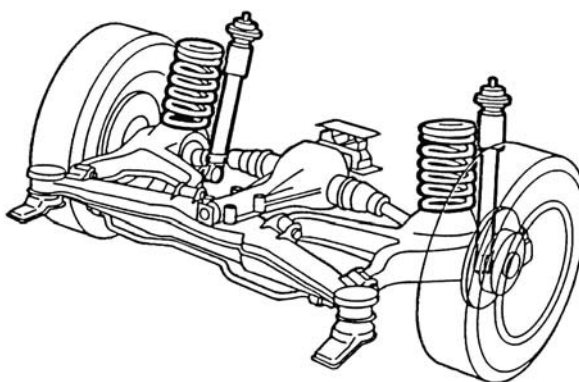
Eje trasero con suspensión de eje suspendido o de Dion.

- **Por brazo semiarrastrado y muelles:** brazos de suspensión y bielas de empuje forman una uve articulada al chasis en los extremos; sobre los brazos van muelles y amortiguadores. Habitual en algunos vehículos de tracción.



Eje trasero con suspensión de brazo semiarrastrado.

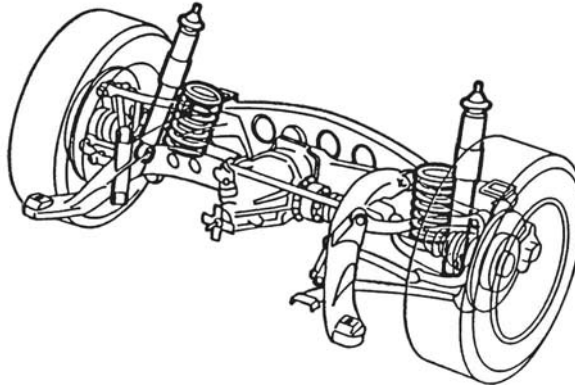
- **De brazos semitirados y muelles:** los brazos se unen al bastidor de forma que el puente trasero es “arrastrado”. Los muelles y amortiguadores van entre los brazos y el chasis. Frecuente en vehículos de propulsión.



Eje trasero con suspensión de brazo semitirado.

- **Por barras de torsión independientes para cada rueda:** se disponen dos barras de lado a lado dentro de un tubo (los brazos son soportados por las barras montadas estriadas por ambos lados al chasis).
- **Por barras de torsión en prolongación:** se emplaza una barra después de otra dentro de sendos tubos encastrados; cada tubo se une a un brazo de suspensión.

- **Multibrazo:** evolución de la suspensión de trapecio articulado, pero con varios brazos oscilantes. Permiten modificaciones de todos los ángulos de rueda y el empleo de ejes traseros autodireccionales.



Eje trasero con suspensión multibrazo.

3.3. Sistemas pilotados

La justificación de la gestión electrónica reside en conseguir adaptar el sistema de suspensión para garantizar la condición necesaria que debe cumplir: conservar el vehículo posicionado horizontalmente en toda circunstancia y asegurar unas condiciones de confort óptimas. Para lograrlo, la suspensión debe ser blanda en recta y dura en curvas o a alta velocidad y para conseguir estas condiciones, se debe adecuar el tarado de los amortiguadores a las condiciones de marcha. Esto se logra comandando al amortiguador con electroválvulas pilotadas por un calculador.

3.3.1. Características

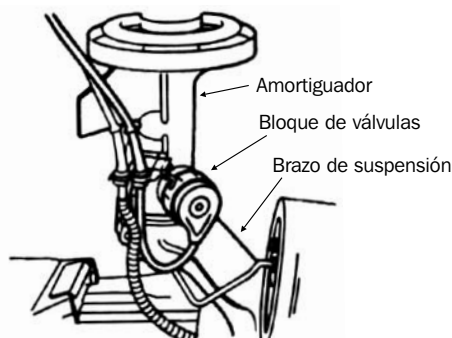
Este tipo de suspensión admite varios estados de funcionamiento:

- **Suspensión deportiva:** los amortiguadores restringen más el paso de fluido entre sus cámaras, se vuelven “duros”, para favorecer el agarre y la estabilidad.
- **Suspensión confortable:** los amortiguadores permiten un mayor paso de fluido entre cámaras, se vuelven “blandos”, para favorecer el confort.
- **Suspensión normal:** los amortiguadores toman un compromiso entre el confort y la estabilidad.

Los modos de utilización también admiten regulación:

- **Modo automático:** la amortiguación es controlada electrónicamente.
- **Modo impuesto:** la amortiguación es deportiva siempre.

3.3.2. Constitución y funcionamiento



Amortiguador pilotado electrónicamente.

Su funcionamiento se basa en un amortiguador convencional al que se le incorporan dos electroválvulas (una que restringe mucho el paso de fluido y otro que lo restringe poco), controladas por una unidad electrónica, que modifican los pasos calibrados, lo que permite variar la suspensión entre los tres estados de funcionamiento característicos:

- **Modo confortable:** electroválvula de gran paso activada.
- **Modo normal:** electroválvula de pequeño paso activada.
- **Modo deportivo:** ninguna electroválvula activada (paso a través de pistón).

La unidad electrónica gobierna la posición que adoptan las electroválvulas en función de las señales recibidas de los captadores y después de haberlas procesado. Los sensores empleados caracterizan las siguientes magnitudes:

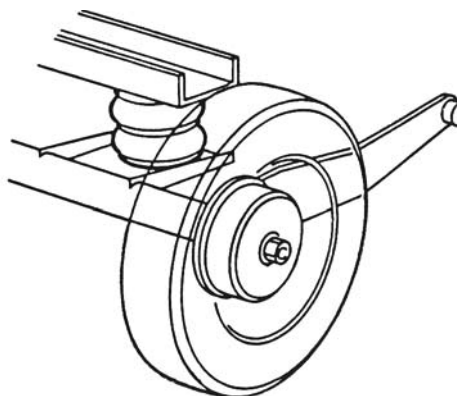
- **Ángulo y velocidad de giro del volante:** mediante un captador óptico-electrónico.
- **Posición del acelerador:** con un potenciómetro en el pedal.
- **Velocidad del vehículo:** sensor Hall colocado en el velocímetro.
- **Frenada:** con un microinterruptor en el pedal de freno.
- **Desplazamiento vertical de la carrocería durante la frenada:** mediante un captador óptico-electrónico.

4. SUSPENSIONES NEUMÁTICAS

4.1. Sistemas convencionales

4.1.1. Características

Es un sistema basado en interponer entre ruedas y elementos suspendidos un resorte neumático. Este resorte está formado por un pistón que actúa sobre un diafragma lleno de aire a presión. La fuerza de reacción está en función del desplazamiento del pistón y la presión interna del diafragma (flexibilidad variable y progresiva).



Resorte neumático.

Es un método muy indicado para vehículos con frenos de aire, puesto que se aprovecha la instalación ya presente, lo que hace que esté muy extendido su uso en vehículos industriales, camiones, autobuses, etc., y sobre todo en el eje trasero.

4.1.2. Constitución y funcionamiento

Fundamentalmente, el sistema de suspensión neumática está formado por los propios resortes neumáticos y el circuito de aire comprimido que controla constantemente la presión dentro de los mismos. Este circuito, común con el de frenos, consta de las siguientes partes:

- **Compresor:** accionado por el motor.
- **Válvula limitadora de presión:** prioriza el circuito de frenos (aproximadamente 700 Kpa) con respecto al de suspensión (aproximadamente 1200 Kpa).
- **Calderín principal:** con la función de almacenar una reserva de aire y eliminar la humedad del aire a través de un grifo de purga.
- **Calderín auxiliar:** equipado con una válvula de rebose para permitir su llenado a partir de los 4 kg/cm².
- **Unidades neumáticas:** situadas en cada una de las ruedas.
- **Válvulas de nivel:** regulan el paso de aire hacia los resortes neumáticos. Normalmente se dispone una para el eje delantero y una en cada lado del eje trasero.
- **Válvula niveladora:** válvula de accionamiento eléctrico o neumático que permite el control de altura del vehículo, puesto que comanda a las válvulas de nivel. Este control puede ser automático (pilotaje neumático) o impuesto por el conductor, para lo cual dispone del correspondiente mando en la cabina.
- **Válvula limitadora de altura:** evita una elevación excesiva de la altura de la carrocería.

En los sistemas convencionales, todo el sistema se gobierna con una palanca que en función de la posición que decida el conductor, puede permitir el paso de aire hacia los resortes neumáticos (suspensión sube) o ponerlos en atmósfera (suspensión baja).