

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Implementación de una suspensión neumática con control eléctrico en un
vehículo**

Fernando Iñiguez

Gonzalo Tayupanta, MSc., Director de tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la
Obtención del título de Lic. Electromecánica Automotriz

Quito, 3 Junio de 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

Implementación de una suspensión neumática con control eléctrico en un vehículo

Fernando Iñiguez

Gonzalo Tayupanta, Msc
Director de Tesis

.....

Ximena Córdova, PhD
Decana del Colegio de Ingeniería

.....

José Martínez, Msc
Miembro del Comité de Tesis

.....

Quito, 3 de Junio del 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Así mismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Fernando Iñiguez

C. I.: 1718162801

Fecha: 26/06/2013

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a mi madre, por haberme dado la vida y por la guía brindada para llegar a este momento importante de mi formación profesional, además por ser una parte esencial de mi felicidad y me demuestra con su cariño que yo soy importante para la vida de ella. A mi padre, por siempre dejarme hacer las cosas solo, ya que es una persona muy inteligente y sabía que iría por un buen camino para salir adelante. A mi hermana, por ser tan buena conmigo, siempre estar pendiente de lo que necesitaba y por el cuidado durante muchos años. A mis amistades, que nunca me dejaron solo, siempre recibí mucho apoyo y por todos los momentos inolvidables vividos.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por acompañarme todos los días. A mi Madre quien más que un pilar ha sido mi fuente de inspiración, ella me apoya en todo lo que me propongo y corrige mis errores para ser cada día mejor. A mi padre le agradezco por ser mi mejor amigo, siempre guiarme y resolver los problemas en los que me involucro. A mi hermana por haberme ayudado con tantas tareas y responsabilidades. Agradezco a todas las personas que se involucraron en mi desarrollo profesional tanto profesores como compañeros.

Resumen

Los vehículos con suspensión neumática son muy apreciados porque es un avance en el área automotriz ya que mejora las prestaciones del vehículo en todo ámbito. En la parte mecánica, mejora la estabilidad del vehículo, su frenado y aceleración ya que la resistencia que ejerce la suspensión neumática es alta y mejora el rendimiento del vehículo. En la parte de confort, el vehículo mejora su compromiso con los usuarios a dar una movilidad con mucha más suavidad y más segura, cuando los usuarios disfrutan del manejo se mantienen calmados y con mucha paciencia. Por estos motivos la suspensión neumática brinda un avance en el área automotriz, este sistema de amortiguación ya es muy utilizado por los vehículos de alta gama y para el transporte masivo de personas. La mayoría de suspensiones neumáticas tienen: un ajuste realizado por medio de un botón situado en el panel o por control remoto, esta suspensión se puede ajustar en cualquier momento cuando el vehículo está detenido o con movimiento completo, el ajuste puede ser sólo en la parte delantera o sólo en la parte trasera o ambas al mismo tiempo, lo cual es un beneficio para los usuarios ya que dependiendo de las circunstancias pueden alterar la altura del vehículo sin perjudicar sus prestaciones.

Abstract

Vehicles with air suspension are greatly appreciated as it is a step forward in the automotive and improving vehicle performance in all areas. In the mechanical, improves vehicle stability, its acceleration and braking resistance exerted by the suspension is high and vehicle performance improvement. In the comfort, the vehicle improves its commitment to give users mobility much more smoothly and more securely, as users enjoy when handling remain calm and patiently. For these reasons the suspension delivers a step forward in the automotive, this damping system is very used by the high range and vehicles for mass transportation of people. The pneumatic suspension are: an adjustment made by a button on the panel or remote control, this suspension can be adjusted at any time when the vehicle is stationary or full motion, the adjustment may be only in the front or only in the back, or both at the same time, which is a benefit for users because depending on the circumstances can alter the height of the vehicle without damaging it.

Tabla de contenido

Tabla de Gráficos.....	11
Introducción.....	13
Objetivos.....	14
Capítulo I.....	15
Suspensión del vehículo.....	15
El sistema de suspensión.....	17
Las masas no suspendidas.....	17
Vibración	18
La frecuencia propia de la carrocería.....	18
Coincidencia de la frecuencia propia de la carrocería	20
Valores característicos de los resortes	21
Ventajas de la curva característica progresiva del amortiguador:	23
Recorrido del resorte.....	24
Capítulo II.....	26
Tipos de suspensiones.....	26
Resortes.....	27
Amortiguadores	31
Casquillos de la suspensión	33
Tipos de sistemas de Suspensión	34
Suspensión Estructural McPherson.	34
Suspensión de doble horquilla	36
Suspensión de brazo posterior	38
Suspensión de ballesta, eje sólido.....	39
Eje solido con suspensión de muelle helicoidal.....	40
Suspensión de barra de torsión	41
Capítulo III.....	43
Suspensión Neumática.....	43
Auto-nivelación de la suspensión de aire.....	45
El diseño de las cámaras de aire	48

Curva característica del amortiguador	50
Adaptación de amortiguación	52
El grado de amortiguación	53
El amortiguador PDC.....	54
Disposición separada de muelles neumáticos / PDC amortiguador.....	56
Estructura y funcionamiento	56
Funcionamiento tras rebotar a baja presión del muelle neumático.....	56
Funcionamiento tras rebotar en la alta presión del muelle neumático.....	57
Funcionamiento durante la compresión a baja presión del muelle neumático	58
Las cámaras de aire	59
El compresor	60
Aspiración / compresión	60
Llenado	61
El secador de aire	62
Capítulo IV	63
Modificación de la suspensión	63
Procedimiento de selección del vehículo.....	63
Selección de las partes del sistema	64
Instalación de sistema neumático	69
Instalación de amortiguadores	74
Revisión Final	78
Funcionamiento	80
Capítulo V	82
Resultados y discusión de resultados	82
Conclusiones	86
Recomendaciones	87
Glosario	88
Referencias bibliográficas	92
Referencias Web:	92
Referencia de libros:	93

Tabla de Gráficos

Gráfica 1: Funcionamiento de la suspensión	15
Gráfica 2: Fuerzas sobre el vehículo	16
Gráfica 3: Sistemas de amortiguación	17
Gráfica 4: Frecuencia propia de la carrocería.....	18
Gráfica 5: Análisis muelles y pesos.....	19
Gráfica 6: Grado de amortiguación	20
Gráfica 7: Comparación de muelles helicoidales	21
Gráfica 8: Muelles	22
Gráfica 9: (Ejemplo: puntal de suspensión con muelles de poliuretano auxiliares).....	23
Gráfica 10: Funcionamiento del resorte	24
Gráfica 11: Curvas características de muelles	25
Gráfica 12: Suspensión del vehículo	27
Gráfica 13: Resorte.....	30
Gráfica 14: Estructura del amortiguador	31
Gráfica 15: Casquillos de suspensión.....	33
Gráfica 16: Suspensión McPherson.....	36
Gráfica 17: suspensión de doble horquilla	37
Gráfica 18: Suspensión de brazo posterior	38
Gráfica 19: Ballestas.....	40
Gráfica 20: Eje solido con suspensión de muelle helicoidal	40
Gráfica 21: Suspensión con barras de torsión	42
Gráfica 22: Partes de la suspensión neumática.....	45
Gráfica 23: Constante con auto nivelación.....	46
Gráfica 24: Funcionamiento de amortiguador de aire	47
Gráfica 25: Curva de amortiguadores de aire	48
Gráfica 26: Resistencia de los U-fuelles y amortiguador de aire	49
Gráfica 27: Curva de amortiguador	50
Gráfica 28: Ejemplo del contorno de un pistón.....	51
Gráfica 29: Amortiguadores de vibraciones.....	51
Gráfica 30: Curva de funcionamiento	52
Gráfica 31: Grado de amortiguación	53
Gráfica 32: Grado de amortiguación	54
Gráfica 33: Fuerza de amortiguación	55
Gráfica 34: Funcionamiento amortiguador de aire.....	56
Gráfica 35: Funcionamiento amortiguador en alta presión	57
Gráfica 36: Funcionamiento en compresión a baja presión	58

Gráfica 37: Amortiguadores neumáticos	59
Gráfica 38: Pistón del compresor	60
Gráfica 39: Compresión.....	61
Gráfica 40: Compresor en aspiración	61
Gráfica 41: Filtro	62
Gráfica 42: Sistema electro neumático de la suspensión.....	69
Gráfica 43: Esquema electro neumático	70
Gráfica 44: Eficiencia de frenado	82
Gráfica 45: Desequilibrio de frenado	83
Gráfica 46: Eficiencia de la suspensión.....	84
Gráfica 47: Desequilibrio de la suspensión	85
Gráfica 48: Suspensión en curvas.....	86

Introducción

El sistema de suspensión de aire ha sido utilizado en el mundo de camiones y buses, pero en la última década se han movido en el mundo comercial. Motocicletas, vehículos todo terreno, vehículos de carga, coches de alto rendimiento e incluso los coches de todos los días están utilizando los sistemas de suspensión neumática.

El sistema de suspensión del vehículo es un área que a menudo se pasa por alto. Desde un punto de vista de la comodidad y la seguridad, la suspensión de un vehículo es una parte integral que se forma en las unidades del automóvil. Los amortiguadores y muelles helicoidales ayudan a absorber y dirigir la fuerza por carretera, manteniendo la oscilación de la rueda en sacudidas y rebotes. Sin embargo, cada vez que se agrega peso, se quita peso, se acelera, se frena, se gira a la izquierda o a la derecha desafía lo que los amortiguadores y los muelles son capaces de hacer.

Los sistemas de suspensión de aire esencialmente sustituyen los muelles helicoidales de un vehículo con cámaras de aire. Las cámaras de aire son gomas duras y bolsas de plástico infladas a una cierta presión y la altura para imitar a los muelles helicoidales. Pero las similitudes terminan ahí. Mediante la adición de un compresor de aire a bordo, los sensores y los controles electrónicos, los sistemas de suspensión de aire de hoy en día proporcionan varias ventajas sobre todo de los metales, muelles convencionales e incluyendo una regulación casi instantánea y la capacidad de adaptar el manejo a diferentes situaciones y variar la capacidad de carga.

Objetivos

Objetivo General

- Realizar una modificación del sistema de suspensión en un vehículo para identificar las ventajas de esta suspensión.

Objetivos Específicos

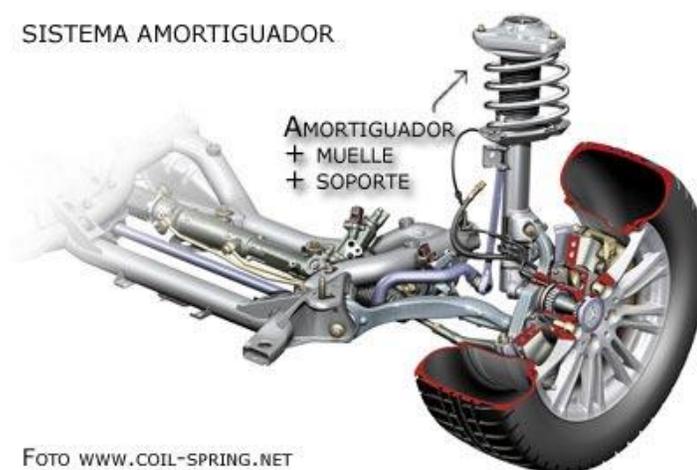
- Identificar las mejoras en frenado utilizando una suspensión neumática relacionada a la suspensión mecánica antes utilizada y verificar las mejoras que se obtuvieron en este cambio del sistema de suspensión.
- Comprobar la mejora en el desequilibrio en ambos ejes relacionada a la suspensión mecánica antes utilizada y verificar las mejoras que se obtuvieron en este cambio del sistema de suspensión.
- Determinar las mejoras en estabilidad del vehículo relacionada a la suspensión mecánica antes utilizada y verificar las mejoras que se obtuvieron en este cambio del sistema de suspensión.
- Identificar las mejoras en capacidad de carga, utilizando la suspensión neumática con control eléctrico relacionada con la suspensión mecánica.

Capítulo I

Suspensión del vehículo

Cuando un vehículo se desplaza sobre una superficie de una carretera irregular, las fuerzas de impacto se transmiten a las ruedas. Estas fuerzas pasan a la carrocería a través del sistema de suspensión y la suspensión de la rueda. El propósito de la suspensión del vehículo es absorber y reducir estas fuerzas. En la suspensión del vehículo, básicamente se distingue el sistema de suspensión y el sistema de amortiguación de vibraciones. Por medio de la interacción de los dos sistemas, se consigue las siguientes ventajas:

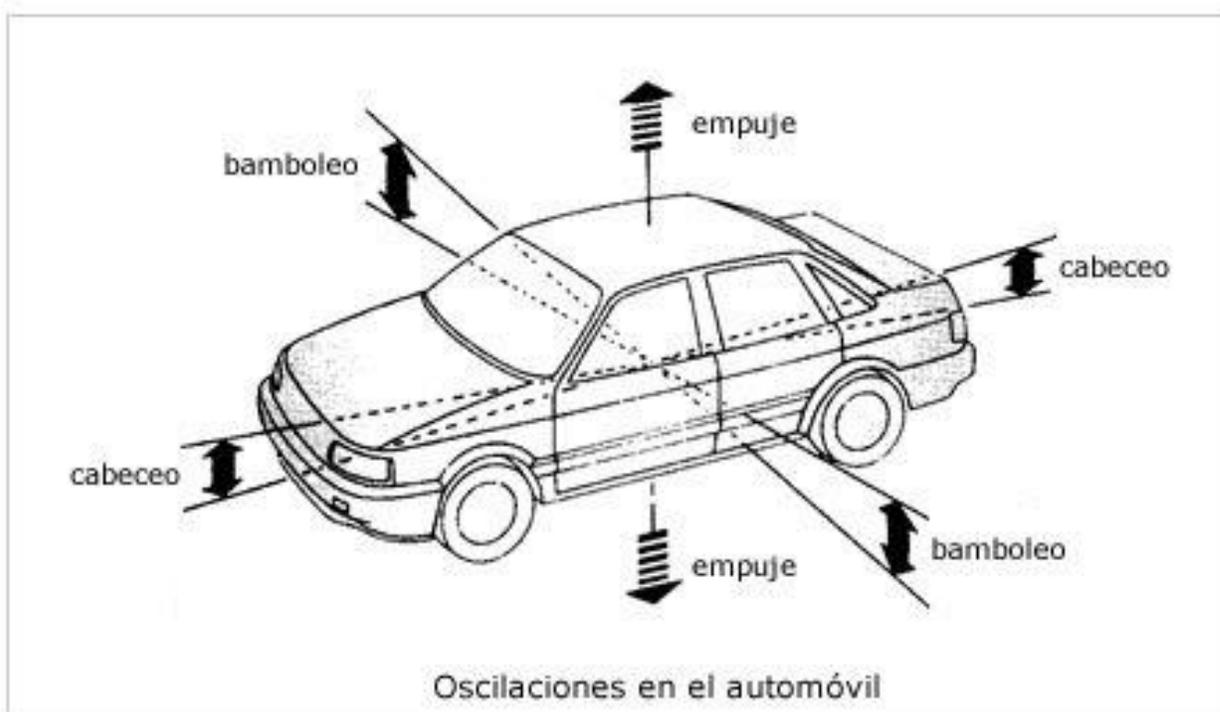
- Seguridad durante la conducción: Contacto de la rueda con la superficie de la carretera, que es esencial para que el frenado y la dirección, se mantengan.
- Confort de conducción: Tensiones desagradables para los pasajeros del vehículo se reducen al mínimo y el daño a cargas frágiles se evita.
- Seguridad de funcionamiento: Los componentes del vehículo están protegidos contra tensiones excesivas.



Gráfica 1: Funcionamiento de la suspensión

Fuente: <http://www.desguacesvehiculos.es/mecanica/ruido-amortiguadores.html>

Durante la operación de conducción, la carrocería del vehículo está sujeta no sólo a las fuerzas que causan el movimiento hacia arriba y hacia abajo del vehículo, sino también los movimientos y vibraciones en la dirección de los tres ejes espaciales. Junto con la cinemática del eje, la suspensión del vehículo tiene una influencia significativa en estos movimientos y vibraciones.



Gráfica 2: Fuerzas sobre el vehículo

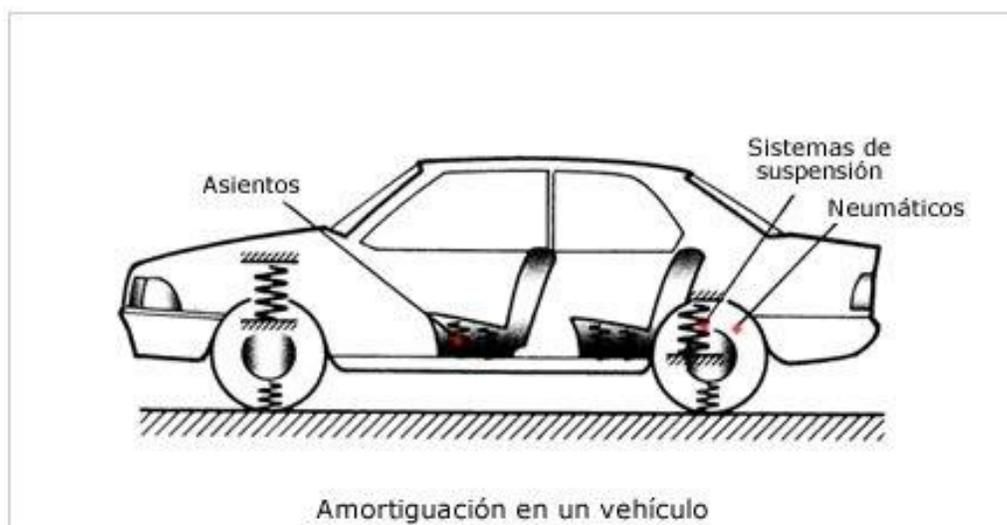
Fuente: <http://walro.wordpress.com/funcionamiento-de-un-auto/>

El sistema de suspensión

Los elementos de suspensión forman la conexión entre la suspensión de las ruedas y la carrocería. Este sistema se complementa con la acción de resorte de los neumáticos y de los asientos del vehículo. Los elementos de suspensión incluyen resortes de acero, de gas o aire y de goma o combinaciones de los anteriores. Las suspensiones de muelles de acero se han puesto bien establecidas en los vehículos de pasajeros. Los muelles de acero están disponibles en una amplia variedad de diseños, de los cuales el muelle helicoidal tiene más acogida.

Las masas no suspendidas

El objetivo es en principio para minimizar el volumen de las masas no suspendidas y su influencia en las características de vibración (frecuencia propia de la carrocería). Además, una baja inercia de masas reduce la carga de impacto sobre los componentes no suspendidos y mejora significativamente las características de respuesta de la suspensión. Estos efectos resultan en un marcado incremento en la comodidad del conductor.



Gráfica 3: Sistemas de amortiguación

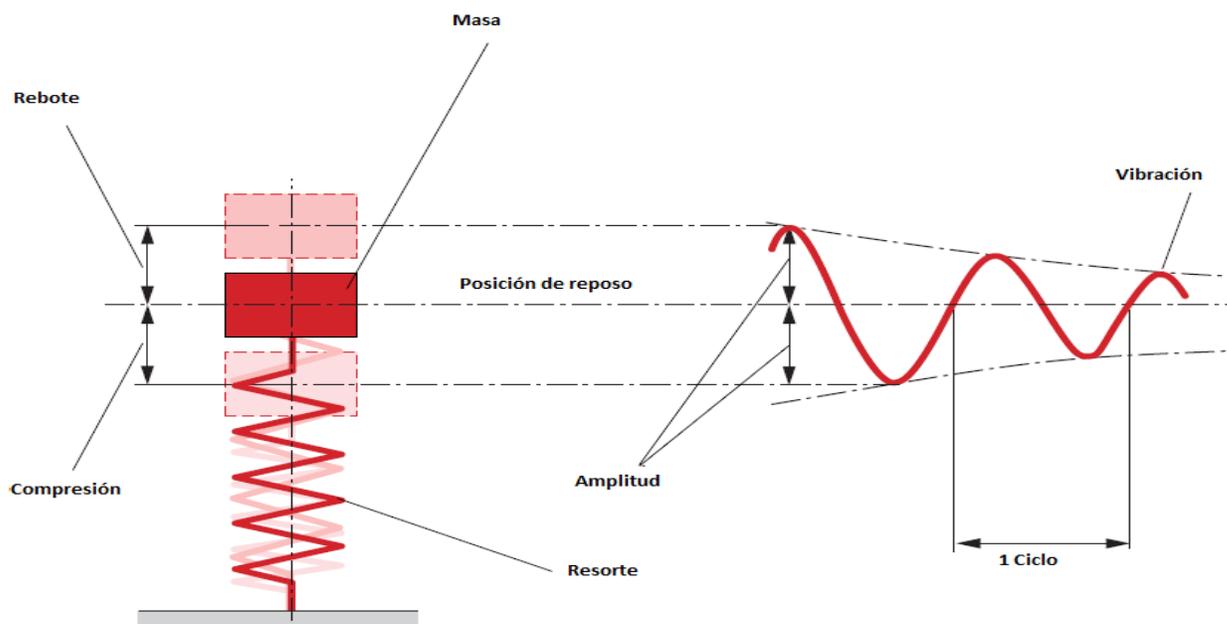
Fuente: <http://walro.wordpress.com/funcionamiento-de-un-auto/>

Vibración

Si una masa en un resorte se desvía de su posición de reposo por una fuerza, una fuerza de recuperación se desarrolla en el resorte que permite que la masa rebote. La masa oscila más allá de su posición de reposo que se traduce en una fuerza adicional que se ejerce en la restauración. Este proceso se repite hasta que la resistencia del aire y la fricción interna del resorte provocan que la vibración cese.

La frecuencia propia de la carrocería

Las vibraciones se definen por el grado de amplitud y su frecuencia. La frecuencia propia de la carrocería es particularmente importante durante la coincidencia de la suspensión. La frecuencia natural de las partes no suspendidas es de entre 10 Hz y 16 Hz para un vehículo de tamaño medio. Compatibilidad adecuada del sistema de suspensión reduce la frecuencia propia de la carrocería (masa suspendida) a entre 1 Hz y 1,5 Hz.

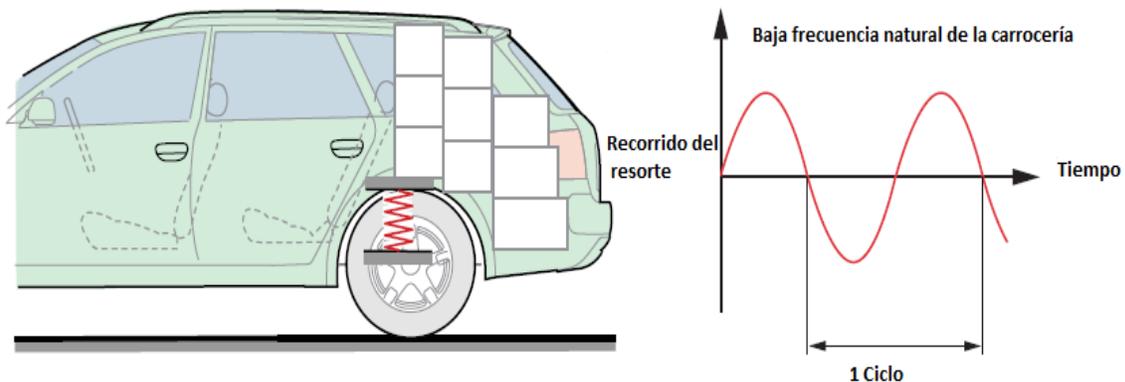


Gráfica 4: Frecuencia propia de la carrocería

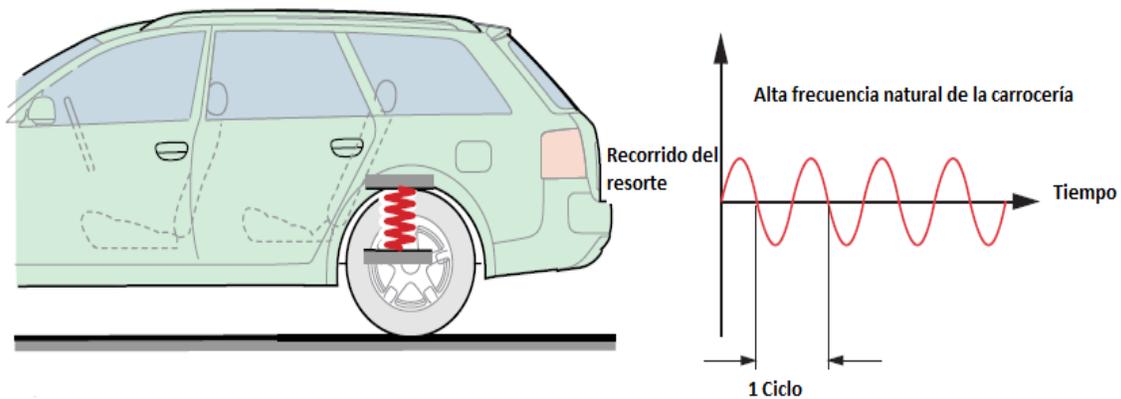
Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/suspension9.htm>

La frecuencia propia de la carrocería está esencialmente determinada por las características de los muelles (índice de rigidez) y por la masa suspendida. Una mayor masa o muelles más blandos producen una menor frecuencia natural de la carrocería y un mayor recorrido del muelle (amplitud). Una masa más pequeña o muelles más duros producen una mayor frecuencia propia de la carrocería y un menor recorrido del muelle. Dependiendo de la sensibilidad personal, una frecuencia propia de la carrocería debajo de 1 Hz puede causar náuseas. Las frecuencias superiores a 1,5 Hz perjudica el confort de conducción y se experimenta como se estremece por encima de alrededor de 5Hz.

Una mayor masa o muelles más blandos



Más pequeña masa o muelles más duros

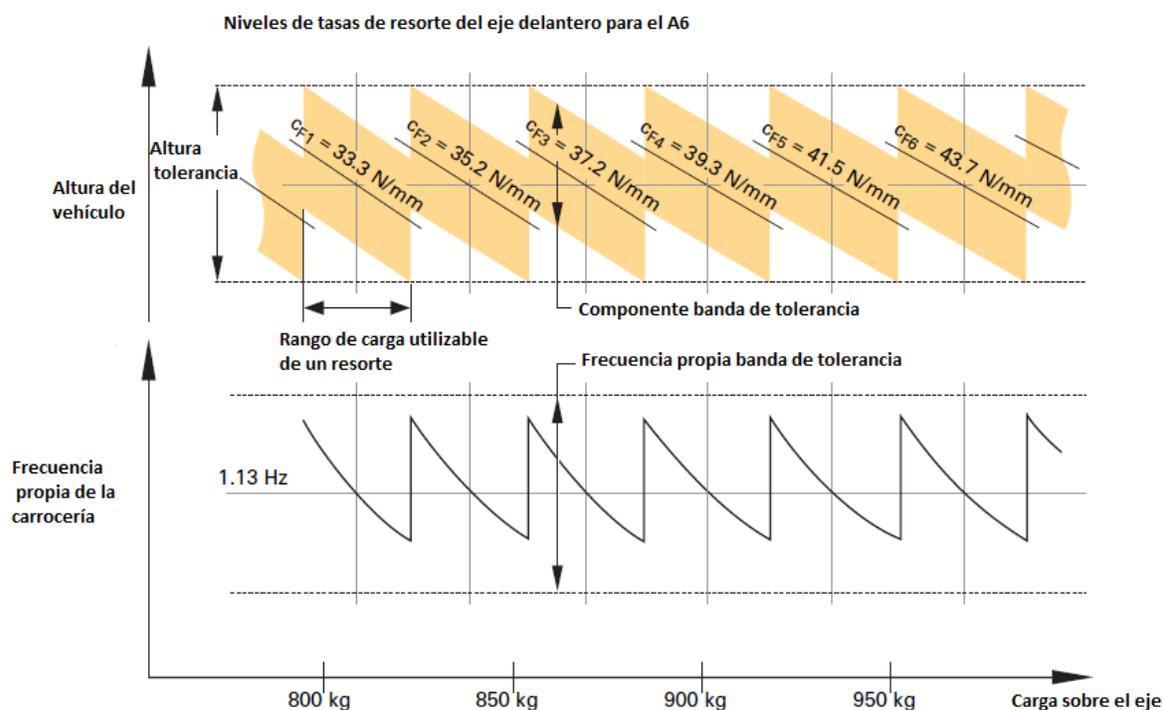


Gráfica 5: Análisis muelles y pesos

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Coincidencia de la frecuencia propia de la carrocería

Las cargas de los ejes (masas de muelles) de un vehículo, varían a veces considerablemente, dependiendo del motor y del equipo instalado. Para asegurarse de que la altura de la carrocería (apariencia) y la frecuencia natural de la carrocería (que determina la dinámica de conducción) permanece prácticamente idéntica para todas las versiones de vehículos, resorte diferente y combinaciones de los amortiguadores están montados en los ejes delantero y trasero de acuerdo con el eje de carga. Por ejemplo, la frecuencia propia de la carrocería corresponde con 1.13Hz en el eje delantero y 1.33Hz en el eje trasero (posición de diseño). La tasa de amortiguación de los resortes por lo tanto determina el valor de la frecuencia natural de la carrocería.



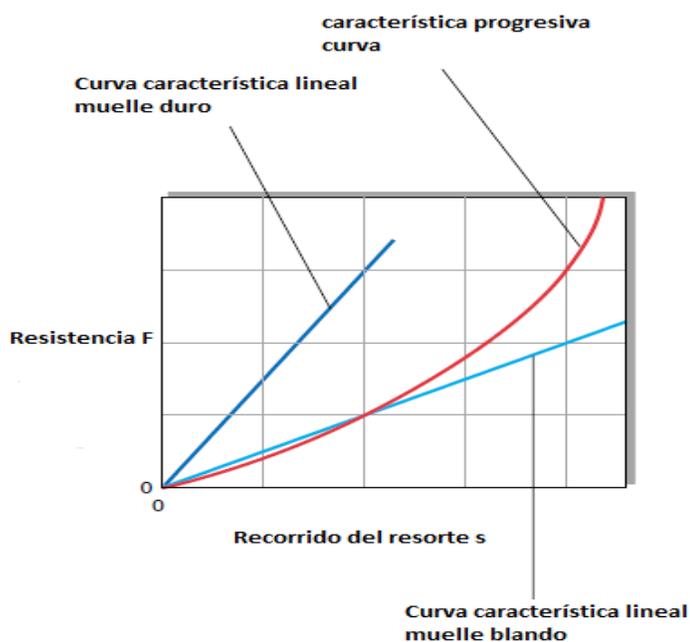
Gráfica 6: Grado de amortiguación

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Valores característicos de los resortes

Curva característica o tasa de amortiguación se puede obtener de la curva característica de un muelle mediante la producción de un diagrama de fuerzas / recorrido. El índice de rigidez es la relación entre la fuerza efectiva y el recorrido del muelle. La unidad de medida del índice de rigidez es N / mm. Se informa si un muelle es duro o blando. Si la tasa de resorte permanece igual durante todo el recorrido del muelle completo, el resorte tiene una curva característica lineal. Un muelle blando tiene una curva característica plana, mientras que un muelle duro tiene una curva pronunciada. Un resorte helicoidal es más difícil debido a:

- un cable de mayor diámetro
- un muelle de pequeño diámetro
- un menor número de bobinas



Gráfica 7: Comparación de muelles helicoidales

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Si la tasa de resorte se hace mayor a medida que aumenta el recorrido del resorte, el resorte tiene una curva característica progresiva. Los muelles en espiral con una curva característica progresiva pueden ser reconocidos como:

- a) paso de espiral desigual
- b) la forma cónica de la espiral
- c) diámetro del alambre cónico
- d) la combinación de dos elementos de resorte

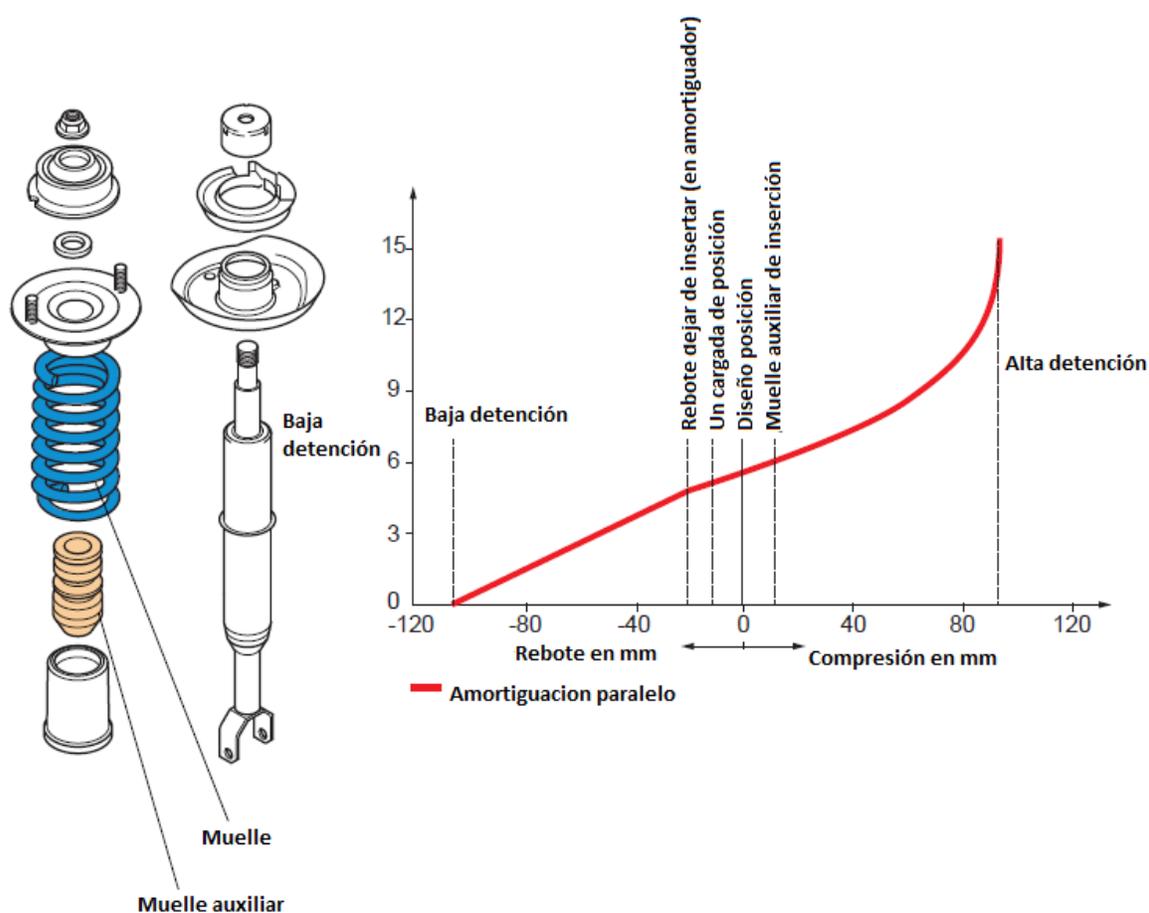


Gráfica 8: Muelles

Fuente: <http://www.meyle.com/ES/Prensa/Comunicados-de-prensa.html>

Ventajas de la curva característica progresiva del amortiguador:

- Una mejor adaptación del sistema de suspensión de normal a plena carga.
- La frecuencia propia de la carrocería permanece prácticamente constante durante la carga.
- La suspensión no es tan propensa a los impactos en caso de irregularidades significativas en la superficie de la carretera.
- Mejor uso del recorrido del muelle disponible.

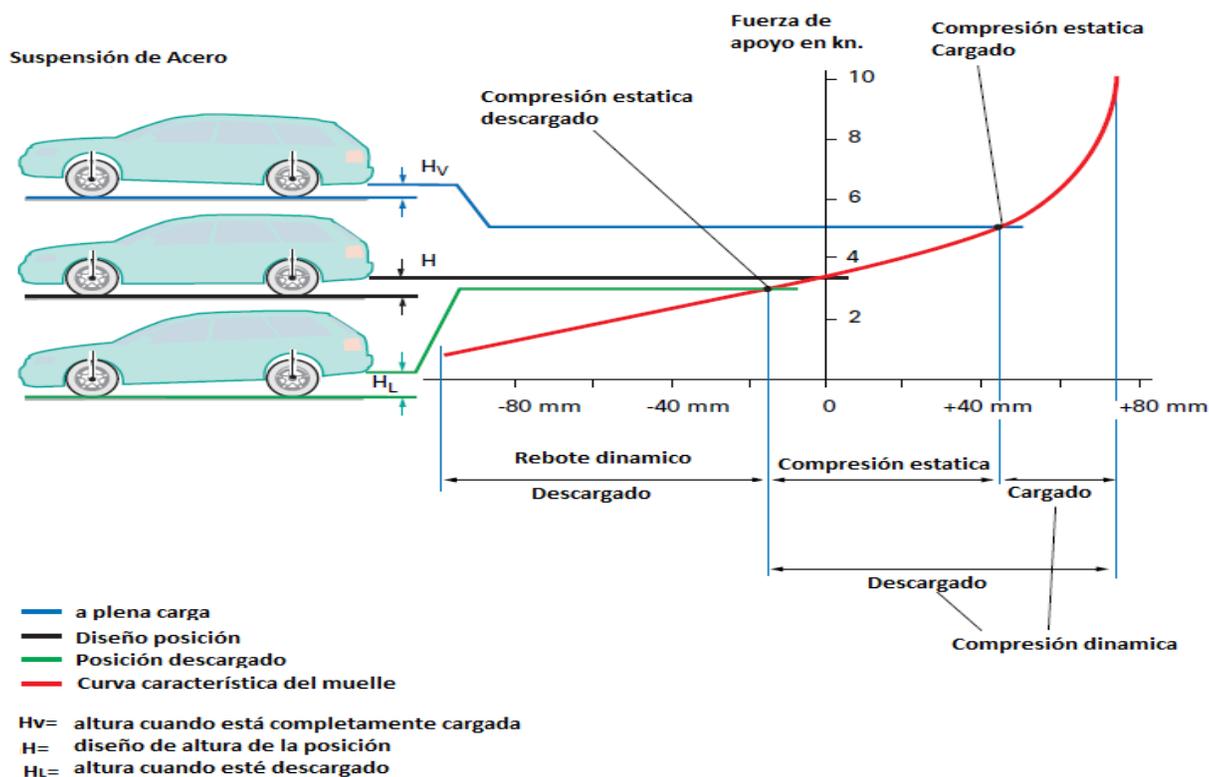


Gráfica 9: (Ejemplo: puntal de suspensión con muelles de poliuretano auxiliares)

Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/suspension9.htm>

Recorrido del resorte

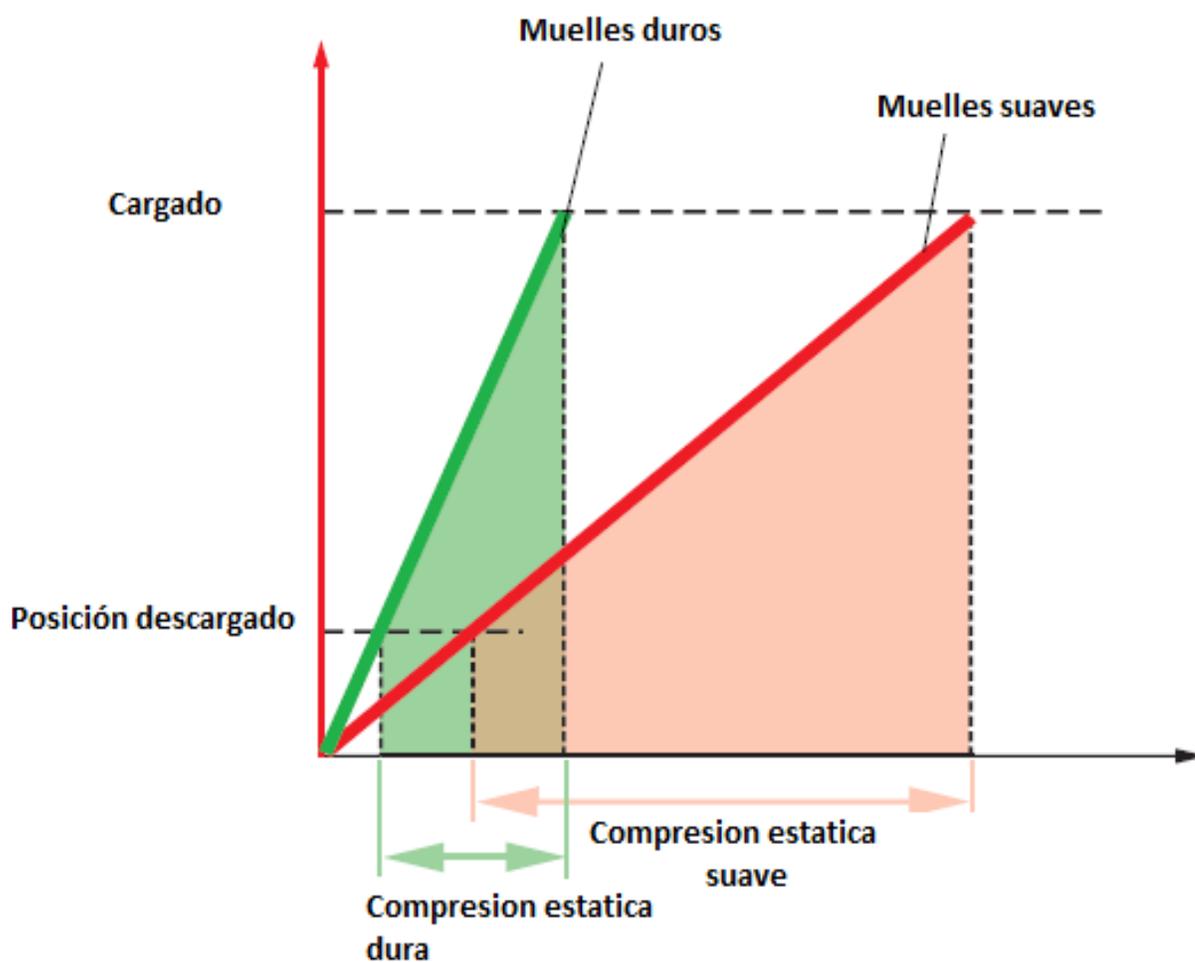
El recorrido del muelle total necesario para los sistemas de rodadura sin auto nivelación se compone de la compresión estática y el recorrido de resorte dinámico causado por las vibraciones del vehículo para vehículos tanto con carga y sin carga. Cuando el vehículo está parado, se retrae la carrocería del vehículo por un recorrido de muelle determinado y dependiendo de la carga. En este caso, hablando de compresión estática. La desventaja de muelles convencionales funcionando sin auto nivelación es que su recorrido de muelle es reducido a plena carga.



Gráfica 10: Funcionamiento del resorte

Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/suspension9.htm>

En el caso de una curva característica plana de un resorte suave, a diferencia de este modo la compresión estática entre carga y sin carga es muy grande. En el caso de una curva característica de resorte empinado, este estado se invierte y se acopla con un excesivo incremento de la frecuencia propia de la carrocería.



Gráfica 11: Curvas características de muelles

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Capítulo II

Tipos de suspensiones

Con la suspensión se mejora la aceleración, frenado, habilidades en curvas y se maximiza la tracción. No hay razón para tener el carro más potente, sin la plataforma para controlar y utilizar el poder a través de las ruedas. Siempre es un acto de equilibrio entre el poder y la manipulación de piezas de la suspensión. Con las mejores adecuaciones, podemos aumentar la rigidez torsional o bajar la altura del coche para lograr un mayor compromiso al conductor. La cuidadosa selección de los productos y los ajustes adecuados deben tenerse en cuenta ya que los cambios de menor importancia puede provocar grandes extremos de manipulación.

Muelles y amortiguadores pueden hacer una gran diferencia en el manejo. Trabajar en suspensiones de un automóvil es el de maximizar la fricción entre los neumáticos, ruedas y la superficie de la carretera. Para proporcionar estabilidad de la dirección con un buen manejo y para garantizar la comodidad de los pasajeros. Mientras que el objetivo de un fabricante de automóviles será un paseo cómodo para los pasajeros, esto no va a cosechar la recompensa final para el automóvil del conductor que requiere un manejo ágil.

Si la superficie de la carretera es perfectamente plana y no tenía irregularidades en ella, entonces no se requieren suspensiones. Pero los caminos están lejos de ser planas autopistas o carreteras recién pavimentadas, incluso tener imperfecciones sutiles que pueden interactuar con las ruedas. Son estas imperfecciones que aplican fuerzas a las ruedas y componentes de la suspensión.



Gráfica 12: Suspensión del vehículo

Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/sistema-de-suspension.html>

A través de los años con los avances tecnológicos actuales, las manufacturas han producido una gran cantidad de diseños diferentes en suspensiones de las cuales las mas importante están detalladas a continuación:

Resortes

La función de un muelle helicoidal se puede entender mejor si la visualizamos como una larga, delgada, barra de torsión en una forma de bobina. Debido a que el alambre enrollado se retuerce durante los ciclos de compresión y extensión del resorte, el resorte helicoidal en realidad opera sobre el mismo principio que una barra de torsión.

El muelle helicoidal ocupa un espacio relativamente pequeño, que puede ser utilizado en una variedad de diseños de la suspensión incluyendo McPherson, eje sólido con barras de arrastre, eje trasero surgido de forma independiente, o cualquier sistema de suspensión, utilizan un resorte o muelle helicoidal sobre la configuración del amortiguador. Los resortes

tienen que sustituirse siempre en pares, no hacerlo puede resultar en un mal manejo y alineaciones difíciles.

Vehículos más modernos utilizan el muelle helicoidal en variaciones del diseño MacPherson. En general, el calibre del cable, la longitud, diámetro total y números de bobinas determinan las características del muelle helicoidal. En algunos casos, un muelle helicoidal puede ser diseñado como un resorte de velocidad variable que aumenta la capacidad de soporte de carga, ya que está comprimido. Muelles helicoidales de constante variable se utilizan a menudo en configuraciones de chasis, que en ocasiones llevan cargas pesadas.

El resorte amortigua la conducción de un vehículo de acuerdo con el principio de relaciones en peso suspendido y no suspendido. Un vagón sin muelles representa el 100% de peso no suspendido. Por ejemplo, si los muelles están instalados entre el chasis y los ejes, la relación suspendido y no suspendido podría ser del 90% que representa el peso del chasis y el 10% que representa el eje y el peso de la rueda.

Como las ganancias de velocidad del vehículo, los muelles comienzan a absorber el impacto de las irregularidades notables en la superficie de la carretera. A medida que aumenta la velocidad del vehículo, se requiere una tasa de resorte más rígido para mantener los ejes y las ruedas en contacto con la superficie de la carretera. Esta es la razón porque vehículos de alto rendimiento tienden a utilizar sistemas de suspensión más rígidos que los vehículos de pasajeros regulares.

Debido a que un muelle comprimido se extenderá de una manera violenta, los amortiguadores deben ser utilizados para amortiguar la compresión y extensión del resorte. Sin amortiguación, compresión y extensión violenta de un resorte causarían que un vehículo pierda el control en una superficie de carretera en mal estado. En general, las características de

compresión y extensión del amortiguador deben coincidir con las características de compresión y extensión del resorte. Desde muelles más rígidos normalmente no experimentan rangos extremos de viajes, menos control de amortiguación o de rebote puede ser necesario para una conducción normal. Muelles más suaves valorados pueden requerir más de amortiguación debido a que tienden a experimentar más compresión y extensión, y por lo tanto, hacer que el trabajo del amortiguador sea mucho más difícil.

Para aplicaciones de rendimiento, es esencial recordar que la barra estabilizadora también se debe incluir como parte de cualquier resorte o el paquete del amortiguador. En cualquier procedimiento de modificación de muelle, el amortiguador debe estar adaptado al peso del vehículo, el diseño del chasis y las condiciones de manejo para la manipulación, la máxima capacidad de carga y confort de conducción. Algunos fabricantes de control de la suspensión son los nuevos muelles que vienen pre ensamblados.

Después de numerosos ciclos de compresión y extensión, el muelle experimenta finalmente la fatiga del metal. En muchos casos, la altura original del resorte se reduce, haciendo que el sistema de suspensión se combe. En casos extremos de fatiga del metal, el resorte se rompe y provoca una pérdida considerable de la altura de la suspensión. Muelles caídos aumentan el ángulo de caída de un sistema de suspensión típico. Por el contrario, los resortes que ceden disminuyen el ángulo de caída de los sistemas de suspensión de tipo McPherson. Aunque la mayoría de los sistemas de suspensión se pueden ajustar para compensar las reducciones menores en altura de la suspensión causada por el hundimiento del resorte, aplicaciones en las que el ángulo de inclinación lateral no es ajustable pueden requerir un reemplazo del resorte para restaurar la geometría de la suspensión y el ángulo de caída.

Todos los pernos deben ser instalados en sus ubicaciones y posiciones originales. Los pernos deben también ser ligeramente lubricados con un lubricante que no genere fricción, tal como aceite de motor común, y apretados según las especificaciones. Chavetas y tuercas autoblocantes y tornillos de interferencia de ajuste deben ser sustituidos por otros nuevos. Para lograr la altura de la suspensión precisa, siempre apretar las tuercas de suspensión de pivote del buje con el peso total del vehículo en el sistema de suspensión y a la altura de suspensión normal. En términos generales, la altura de suspensión del vehículo cambiará un poco después de conducir unos pocos kilómetros. Para evitar el desgaste de los neumáticos no deseados o problemas de seguridad que surgen de un nuevo reemplazo de resortes, volver a apretar los pernos de suspensión y volver a comprobar los ángulos de alineación es un procedimiento de operación recomendado.

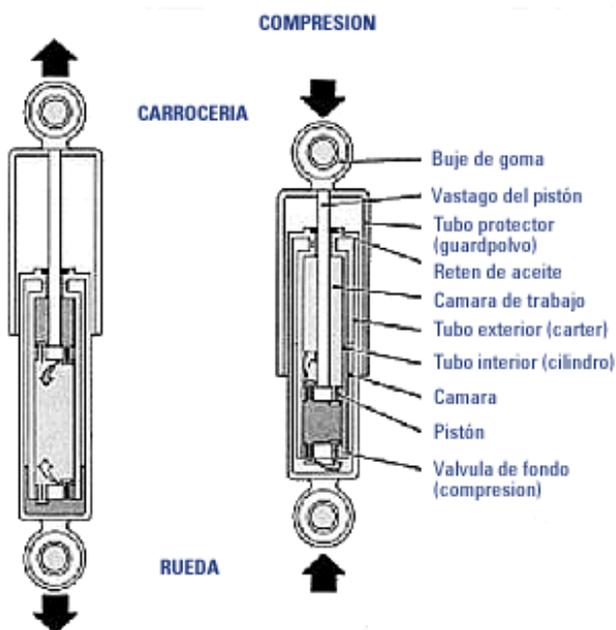


Gráfica 13: Resorte

Fuente: http://www.rassini-nhk.com.br/rna_es/produtos/fabrini

Amortiguadores

A menos que una estructura de amortiguación esté presente, un resorte de carro va a extender y liberar la energía que se absorbe de un golpe a una tasa controlada. El resorte continuará rebotando a su frecuencia natural hasta que toda la energía puesta originalmente se agote. El amortiguador es un dispositivo que controla el movimiento del resorte no deseado a través de un proceso conocido como moderador. Amortiguadores reducen la velocidad y reducen la magnitud de los movimientos vibratorios girando la energía cinética del movimiento de la suspensión en energía térmica que puede ser disipada a través del líquido hidráulico. Para entender cómo funciona lo mejor es mirar dentro de un amortiguador para ver su estructura y función.



Gráfica 14: Estructura del amortiguador

Fuente: <http://www.norauto.com.ar/moduloMecanicaProd01.php>

Un amortiguador es básicamente una bomba de aceite colocado entre el bastidor del vehículo y las ruedas. El soporte superior del amortiguador se conecta al bastidor (es decir, el peso suspendido), mientras que el montaje inferior se conecta al eje, cerca de la rueda (es decir, el peso no suspendido). En un diseño de dos tubos, uno de los tipos más comunes de los amortiguadores, el montaje superior está conectado a un vástago de pistón, que a su vez está conectado a un pistón y se asienta en un tubo lleno de fluido hidráulico. El tubo interior se conoce como el tubo de presión y el tubo exterior se conoce como el tubo de reserva, el tubo de reserva almacena el exceso de líquido hidráulico.

Cuando la rueda del coche se encuentra con un bache en la carretera y hace que el resorte tienda a desenrollarse, la energía del resorte se transfiere al amortiguador de choque a través del soporte superior, hacia abajo a través del vástago del pistón y en el pistón. Orificios perforan el pistón y permiten que el fluido se filtre a través de que el pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo en el tubo de presión. Debido a que los orificios son relativamente pequeños, sólo una pequeña cantidad de líquido, bajo una gran presión, Esto ralentiza el pistón, que a su vez ralentiza el resorte.

Los amortiguadores trabajan en dos ciclos, el ciclo de compresión y el ciclo de extensión. El ciclo de compresión se produce cuando el pistón se mueve hacia abajo, comprimiendo el fluido hidráulico en la cámara por debajo del pistón. El ciclo de extensión se produce cuando el pistón se mueve hacia la parte superior del tubo de presión, comprimiendo el fluido en la cámara por encima del pistón. Un auto o camión ligero típico tendrá más resistencia durante su ciclo de extensión que su ciclo de compresión. Con esto en mente, el ciclo de compresión controla el movimiento de las masas no suspendidas del vehículo, mientras que la extensión controla el peso suspendido.

Casquillos de la suspensión

Las funciones de los casquillos de suspensión son muy importantes. De hecho, se trata de pequeños componentes hechos de goma que se adjuntan en el chasis del carro y une a algunas de las partes móviles de la misma. Estos trabajan muy duro para que el coche pueda permanecer en buen estado. Tienen funciones múltiples pero la función más especial de ellos, es en absorción de vibraciones de la carretera y el coche. El coche se compone de metal y que proporciona comodidad debido a su sistema de suspensión a medida que absorbe la presión exterior en un carro. Estos son necesarios porque sin ellos el equilibrio entre los neumáticos y la dirección pueden quedar perturbada, lo que sería malo para la alineación correcta del coche. Mantienen constante la geometría de la dirección y le dan una respuesta positiva por lo que no es necesario ejercer una presión adicional sobre el mismo mientras se conduce. Esta función aumenta la vida útil de los neumáticos.

Estas son las arandelas de goma que separan la mayoría de las partes de la suspensión de uno a otro. Se utilizan en el enlace de un trapecio con el bastidor auxiliar. Se utilizan en los enlaces de la barra antivuelco y montajes. Se utilizan por todos los lugares y están hechos de goma.



Gráfica 15: Casquillos de suspensión

Tipos de sistemas de Suspensión

Los fabricantes de automóviles han establecido para confundirnos con la gran cantidad de diferentes tipos de suspensión disponibles tanto para los ejes delanteros y traseros. Los principales grupos son los tipos de suspensiones dependientes e independientes, pero esta convención realmente sólo se aplica a los sistemas de suspensión tradicionales o analógicos. Incluso los sistemas independientes suelen estar unidos en el coche por una barra estabilizadora y por tanto no son realmente independientes.

Desde alrededor de 2006 en adelante, el concepto de los sistemas de suspensión totalmente independientes comenzó a aparecer en los coches donde la barra estabilizadora se sustituyó por un sofisticado software de ordenador conectado a alguna forma de suspensión con control electrónico. Los sistemas de suspensión más conocidos son:

Suspensión Estructural McPherson.

McPherson es un tipo de sistema de suspensión del vehículo utilizado en muchos vehículos modernos. Esto incluye tanto las suspensiones delanteras y traseras, pero normalmente se encuentra en la parte delantera del vehículo. Se proporciona un pivote de dirección (conocido como un pivote central), así como unos soportes de suspensión para la rueda. Puntales colocados en la parte trasera son también utilizados, pero estos son menos comunes. En 1957 Colin Chapman de Lotus aplica el diseño de la suspensión trasera del Lotus Elite. Como resultado, la suspensión McPherson del puntal en la parte trasera de un automóvil es ahora comúnmente llamado Chapman. Para ser realmente exitoso, el puntal de McPherson requiere la introducción de monocasco de construcción. Esto es debido a que necesita un espacio vertical sustancial y un fuerte montaje en la parte superior, que pueden proporcionar

estabilidad y también mediante la distribución de tensiones aumenta en gran medida el conjunto de resultados hasta en las estacas de manipulación.

El puntal McPherson normalmente también tiene un brazo de dirección integrado en la parte inferior interna. Este montaje es extremadamente sencillo y puede ser pre fabricado en una unidad en la línea de montaje. Mediante la eliminación de la parte superior del brazo de control, que permite una mayor anchura en el compartimiento del motor, ayudando en cualquier trabajo de mantenimiento o de diseño del motor.

Esto es útil para coches más pequeños, particularmente con motores montados transversalmente. La simplificación es posible mediante la sustitución de una barra estabilizadora (barra de torsión) para el grupo de radio. También ofrece un método sencillo para configurar geoméricamente la suspensión. En última instancia hace que los gastos generales de producción sean más rentables y hacer de esto un diseño muy común creado en el mercado actual.

Aunque la estructura McPherson es un diseño sencillo y tiene bajo costo de fabricación, siempre hay compromisos y algunas desventajas. La calidad del viaje que produce y el manejo del coche pueden sufrir o ser menos efectivos. Un análisis geométrico ha demostrado que la estructura McPherson no puede permitir el movimiento vertical de la rueda sin un cierto grado de ángulo de inclinación, el movimiento hacia los lados (o ambos). Así la suspensión de doble horquilla se ve favorecida por las aplicaciones en carros deportivos, debido a este hecho. Con la estructura McPherson configurada, la rueda tiende a inclinarse con el cuerpo, lo que lleva al subviraje en las curvas extremas, sumándose a la tendencia ya natural para subviraje está lejos de ser ideal. Otra desventaja del diseño es que tiende a transmitir ruido y las vibraciones de la carretera directamente en la carrocería del vehículo. Esto se

traduce en altos niveles de ruido de la carretera y a veces una sensación desagradable al tratamiento en comparación con un doble trapecio establecido. Esto da lugar a la adición de aislamiento de ruido adicional del fabricante, en un intento de reducir los efectos negativos que pueden conducir a algunos aumentos de peso como se espera.



Gráfica 16: Suspensión McPherson

Fuente: <http://www.km77.com/glosario/m/mcpherson.asp>

Suspensión de doble horquilla

En autos deportivos la aplicación de la suspensión de doble brazo oscilante configurado es el sistema preferido y este se utiliza en la Formula 1 por ejemplo. Este es parcialmente debido a que permite a los ingenieros más libertad para elegir los niveles de inclinación de la rueda y la configuración del centro de balanceo, que en última instancia afecta el manejo del carro en determinadas situaciones y podría afectar a los tiempos de vuelta y efectividad de manejo del vehículo.

Cada horquilla (o brazo) tiene dos puntos de anclaje al chasis del coche y una articulación en el nudillo. Los amortiguadores y muelles helicoidales, se montan en los brazos oscilantes para controlar el movimiento vertical. Las principales ventajas de esta suspensión es que es bastante fácil calcular los efectos de las articulaciones móviles. Esto permite a los

ingenieros para sintonizar fácilmente la cinemática de la puesta en marcha para optimizar el movimiento de la rueda. En autos deportivos en una décima de segundo por vuelta puede significar la diferencia entre ganar y perder, tener una suspensión configurada con ajustes fáciles, producirá un mayor rendimiento para la competitividad.

La suspensión de doble brazo oscilante es más eficaz a la hora de las cargas que las diferentes partes de la suspensión que están sometidos a cargas bajas, lo que podría significar continuo desarrollo y la progresión de piezas ligeras, especialmente en un entorno de carreras. Este diseño también proporciona mayores niveles de camber negativo, todo el movimiento de suspensión esta en completo vaivén. A diferencia del diseño McPherson que proporciona ganancias de caída negativa, sólo al principio y luego invierte en ganancias de inclinación de la rueda positiva en cantidades de alto nivel que se traduce en sacudidas. El diseño de doble brazo oscilante tiene la desventaja, ya que es un poco más complejo que otros sistemas como un puntal McPherson y será más caro de fabricar.



Gráfica 17: suspensión de doble horquilla

Fuente: http://www.subaru.es/CMS/11legacy_chassis.html

Suspensión de brazo posterior

Esta suspensión es un diseño en el que uno o más brazos están conectados entre el eje y el chasis, en la parte delantera y básicamente permite que la parte trasera se mueva hacia arriba y hacia abajo. Se encuentra comúnmente en vehículos de 1990, cuando fue entonces reemplazada en su mayoría por suspensión Multi-vinculada.

Visto como una vieja tecnología de suspensión establecida, diseño de barra de arrastre no ocupan mucho espacio en la zona trasera del chasis en comparación con otros sistemas modernos. Un buen lugar para buscar es la suspensión delantera del escarabajo original, establecido que utiliza un brazo de salida doble para este compromiso. Es un sistema de suspensión trasera independiente flexible para los vehículos que en cada rueda se encuentra sólo un brazo grande, más o menos triangular que gira en dos puntos. Visto desde la parte superior, la línea formada por los dos pivotes está en algún lugar entre paralelo y perpendicular al eje longitudinal del vehículo, sino que es generalmente paralela al suelo. Una suspensión multi-vinculada se utiliza mucho más comúnmente para las ruedas traseras de un vehículo a las que pueden permitir un piso más plano y más espacio de carga, especialmente en vehículos comerciales. Muchos vehículos pequeños de tracción a las ruedas delanteras disponen de una suspensión delantera McPherson y trasera de brazo de la combinación del eje trasero.



Gráfica 18: Suspensión de brazo posterior

Fuente: <https://sites.google.com/site/suspension11alejandroadrian>

Suspensión de ballesta, eje sólido

La suspensión de ballestas tenía razón común hasta la década de 1970 en Europa, Japón y hasta finales de 1970 en Estados Unidos. Cuando se implementó la aplicación de tracción delantera y más sofisticados diseños de suspensión, esto convenció a los fabricantes de automóviles a utilizar los sistemas diseñados más tarde como el diseño de los muelles en espiral en su lugar. Las ballestas se siguen utilizando en los vehículos comerciales pesados como camiones y camionetas, todo terrenos y vagones de ferrocarril. Ya que son baratos de fabricar y tienen una excelente capacidad de carga.

Las principales ventajas son para los vehículos pesados, se extienden más ampliamente la carga sobre el chasis del vehículo, mientras que los muelles en espiral lo transfieren a un único punto. Esto reduce la presión y las cargas estructurales que se traducen en un diseño más robusto. A diferencia de los muelles en espiral, los resortes de láminas localizados en el eje trasero, eliminan la necesidad de brazos de arrastre y una barra Panhard, el consiguiente ahorro de costos y peso en una suspensión trasera de eje rígido simple. También con los desarrollos tecnológicos más recientes de la ballesta parabólica, el diseño se caracteriza por un menor número de hojas cuya anchura varía desde el centro a los extremos, después de una curva parabólica. Con este diseño, la fricción entre la hojas no deseado y sólo hay contacto entre los resortes en los extremos y en el centro donde está conectado el eje.

Espaciadores evitan el contacto en otros puntos durante todo el diseño. Además de un ahorro de peso son ventajas de este diseño, los otros beneficios de muelles parabólicos es su mayor flexibilidad, lo que significa que la calidad de conducción del vehículo es comparable al de los muelles en espiral.



Gráfica 19: Ballestas

Fuente: <http://www.ferchotorres.com/2010/11/ilustracion-industrial.html>

Eje solido con suspensión de muelle helicoidal

Otra variación y una actualización sobre el diseño de ballesta es la bobina de diseño de la suspensión del resorte de eje sólido. Este concepto en la teoría es muy similar, pero la diferencia principal es que los muelles se han eliminado en favor de cualquiera de las bobinas de resorte y la combinación de shock, o muelles helicoidales y amortiguadores separados.

Debido al hecho de que los muelles han sido eliminados, el eje deberá aguantar una sujeción lateral de los brazos de control. Un extremo unido al chasis y el otro para el eje. Puede haber variaciones en los diferentes diseños, pero fundamentalmente este diseño es considerado como la tecnología más antigua. Desde un punto de vista del rendimiento, las características de manejo pueden ser bastante limitantes en su aplicación.



Gráfica 20: Eje solido con suspensión de muelle helicoidal

Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?62907-Mec%El%20nica-del-motor-%28IV%29-conocimientos-b%El%20sicos-%28%FA%20ultimo%29>

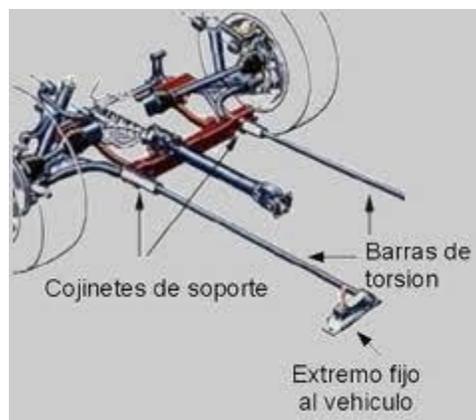
Suspensión de barra de torsión

La suspensión de barra de torsión utiliza un tipo especial de resortes conocida como barra de torsión, con el fin de resistir a los golpes y los movimientos que un carro o un camión que se encuentra en la carretera. A diferencia de los muelles en espiral estándar que aparecen en las suspensiones de carro, las barras de torsión son barras rectas de acero o metales similares. Debido a la manera en que se construye la barra de torsión y se monta dentro de la suspensión, puede ser capaz de dar apoyo similar a la ofrecida por los muelles en espiral.

Cuando se coloca la tensión en una barra de torsión como el carro o camión que se une a través de ésta a una carretera desigual, la fuerza de esta tensión hace que la barra de torsión empiece a girar. Esta torsión es resistida por el metal de la que está hecha la barra de torsión. El metal es capaz de girar en un grado limitado antes de que la tensión en la barra se vuelva mayor que la cantidad de fuerza que está siendo colocada en él por la torsión. Cuando esto ocurre, la tensión dentro de la barra es capaz de superar la torsión, y la varilla gira inmediatamente en la dirección opuesta de su posición original. Este giro le permite soportar las ruedas y el bastidor del vehículo que se encuentra junto a esta, evitando que el exceso de carga se acumule dentro de la suspensión.

Las barras de torsión están conectadas al bastidor en una de dos configuraciones. Las barras de torsión transversales están montadas a través de la anchura del carro o camión, que conecta al bastidor cerca del centro del vehículo. Las barras de torsión longitudinales están montadas a lo largo de la longitud del carro o camión, que conecta al bastidor lo más cerca del punto medio de su longitud. Independientemente de que la barra de torsión se conecte al marco, también se conecta al soporte de la rueda para proporcionar la suspensión del vehículo.

Debido a la torsión que las barras están sujetas y pueden requerir ajustes periódicos con el fin de seguir funcionando correctamente. Uno de los problemas más comunes que pueden ocurrir con las suspensiones de barra de torsión es que las barras en la suspensión comenzarán a deformarse o ceder ligeramente. Esto lleva a que la suspensión no ofrece todo el apoyo para el vehículo, puede resultar en un viaje desigual y mayor consumo de combustible. Ajustes periódicos de las barras de torsión puede eliminar este problema y también puede permitir a un mecánico reconocer un desgaste excesivo en las barras de torsión de la suspensión, de modo que se sabrá cuando las barras deben ser reemplazadas.



Gráfica 21: Suspensión con barras de torsión

Fuente: <http://www.hyundai4x4.com/foros/diferentes-esquemas-de-suspension-vt9762.html>

Capítulo III

Suspensión Neumática

La suspensión de aire, que se ha utilizado durante muchos años en los vehículos pesados, está encontrando una creciente aplicación en vehículos de pasajeros debido a sus ventajas relacionadas con el sistema. En el caso de los vehículos de pasajeros, podemos diferenciar entre masas suspendidas con tren de transmisión, partes del tren de rodaje y las masas no suspendidas (las ruedas, los frenos, partes del tren de rodaje y los semiejes). Como resultado del sistema de suspensión el vehículo forma una unidad oscilatoria con una frecuencia propia de la carrocería, determinada por las masas de muelles y el correspondiente sistema de suspensión.

Antes de explicar cómo funciona la suspensión neumática, hay cosas importantes que se necesita saber. Lo primero es la altura de marcha que es simplemente la distancia entre el chasis del vehículo y los ejes del vehículo en la conducción. La altura de marcha se determina por la carrocería o el fabricante del chasis. El fabricante suministrará las medidas correctas y los puntos de medición en el chasis. Lo que esto significa es que el bastidor del vehículo se moverá hacia arriba o hacia abajo cuando se retire o se añada peso al vehículo. Aunque esto es cierto en cualquier suspensión ya sea de aire, de resorte o de barra de torsión permanecerán elevado o bajado cuando se quite o se añada peso.

Debido a las válvulas de control de altura, los vehículos con suspensiones de aire deben permanecer siempre a la altura de manejo. La altura de marcha de otras suspensiones cambia cuando se agrega o quita peso. Basta con llenar el tanque de combustible para que aumente considerablemente el peso del vehículo. Un cambio más sutil en peso puede ser causado por el movimiento del vehículo. Cuando un vehículo se inclina, la suspensión

transfiere el peso de un lado o extremo al otro, esto añade o elimina peso de diferentes puntos de la suspensión. La compresibilidad del aire permite que el vehículo se mueva hacia arriba o hacia abajo en el bastidor con el peso que se desplaza sin añadir ni quitar el aire de las bolsas.

El vehículo está soportado en el bastidor con una disposición de bolsas de aire. El sistema de aire del vehículo, el compresor de aire, tanques, líneas, etc. Suministran aire a las válvulas de control de altura montadas en la parte trasera del vehículo. Las válvulas de control de altura están conectadas a las bolsas de aire con una línea de aire. Cuando se añade peso al vehículo o se transfiere peso a través de la suspensión del vehículo, el aire en las bolsas se comprime y se mueve más cerca del eje. A medida que la vinculación se mueve hacia arriba, las válvulas se conectan al suministro de aire y a las bolsas de aire. La presión y el volumen añadido inflan las bolsas de aire, haciendo que la bolsa de aire se alejen del eje. A medida que el marco se mueve hacia atrás a la altura de manejo se mantiene, la vinculación se mueve a la posición de punto muerto. Esto mueve la válvula del suministro de aire y se bloquea el aire en las bolsas para mantener la altura de marcha apropiada.

Cuando el peso se retira del vehículo o la suspensión dirige el peso, la presión existente en las bolsas de aire puede aumentar el marco de distancia del eje. Como se descarga el aire de las bolsas, el marco se reduce de nuevo hacia abajo, a medida que la vinculación se mueve hacia arriba a la posición neutra, el aire se bloquea de nuevo en las bolsas de aire y se mantiene la altura de marcha apropiada.



Gráfica 22: Partes de la suspensión neumática

Fuente: <http://www.airbagit.com/Product-Instructions-s/21.htm>

Auto-nivelación de la suspensión de aire

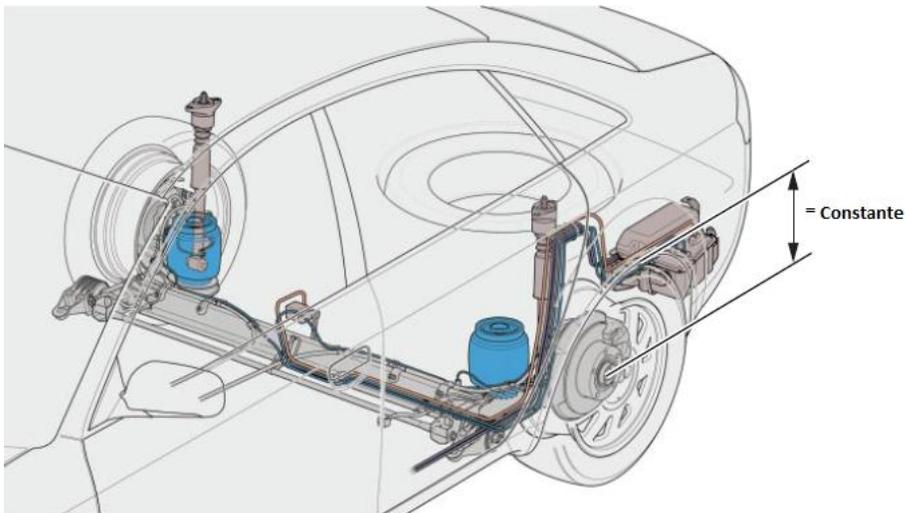
La suspensión neumática es una forma controlable de suspensión del vehículo. Con suspensión de aire, es fácil lograr la auto nivelación y ello, generalmente es integrado en el sistema. Las ventajas básicas de la auto nivelación son:

- La compresión estática sigue siendo la misma, independientemente de la carga del vehículo. El requisito de espacio en los arcos de las ruedas para el movimiento de rueda libre se mantiene al mínimo, lo que tiene ventajas para el uso general del espacio disponible.
- La carrocería del vehículo puede ser suspendida en una frecuencia más baja, lo que mejora el confort de conducción.
- La compresión y rebote de viaje se mantiene, cualquiera que sea la carga.
- Distancia entre el suelo se mantiene, cualquiera que sea la carga.
- No hay control de cambios o inclinación cuando el vehículo está cargado.

- Menor desgaste de las articulaciones de rótula debido al ángulo de trabajo reducido.
- Las cargas mayores son posibles si es necesario.

Con la ayuda de auto nivelación, el vehículo se mantiene en un nivel (posición de diseño) porque la presión de aire se adapta en consecuencia. La compresión estática es la misma en todo momento gracias al sistema de auto nivelación y la necesidad de no tenerse en cuenta en el diseño de los espacios libres de las ruedas. Otra característica de la suspensión neumática de auto nivelación es que la frecuencia propia de la carrocería se mantiene prácticamente constante entre descarga y lleno de carga.

Además de las ventajas principales ofrecidas por la auto nivelación, su realización por medio de la suspensión neumática ofrece otra ventaja importante. Como la presión de aire en los amortiguadores que está adaptada de acuerdo con la carga, la tasa de resorte modifica proporcionalmente a la masa suspendida. El resultado positivo es que la frecuencia propia de la carrocería y la permanencia prácticamente constante, independientemente de la carga.

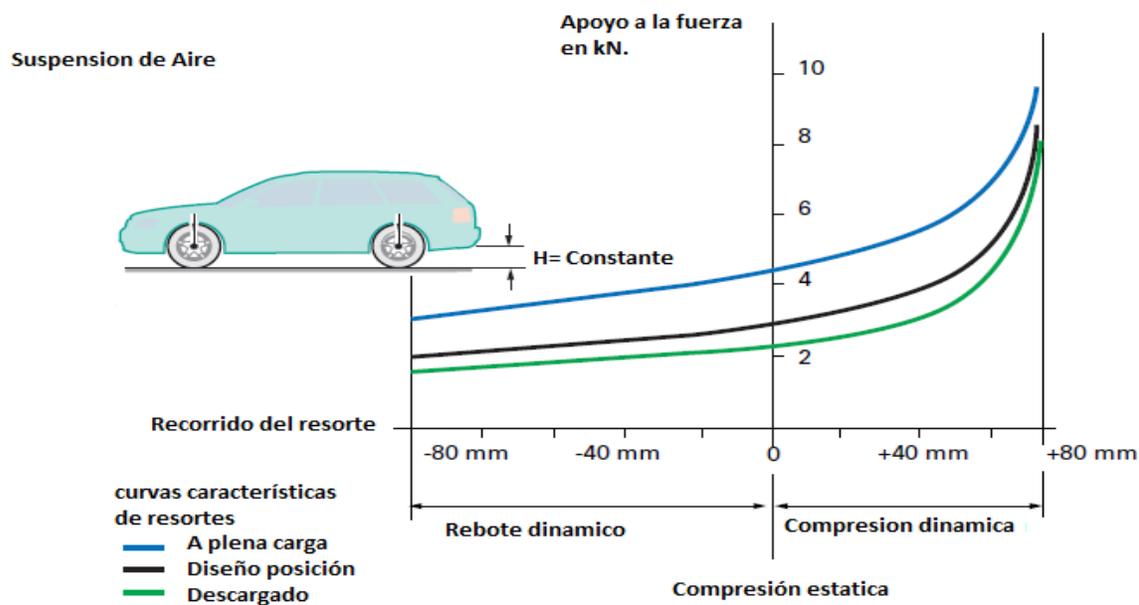


Gráfica 23: Constante con auto nivelación

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

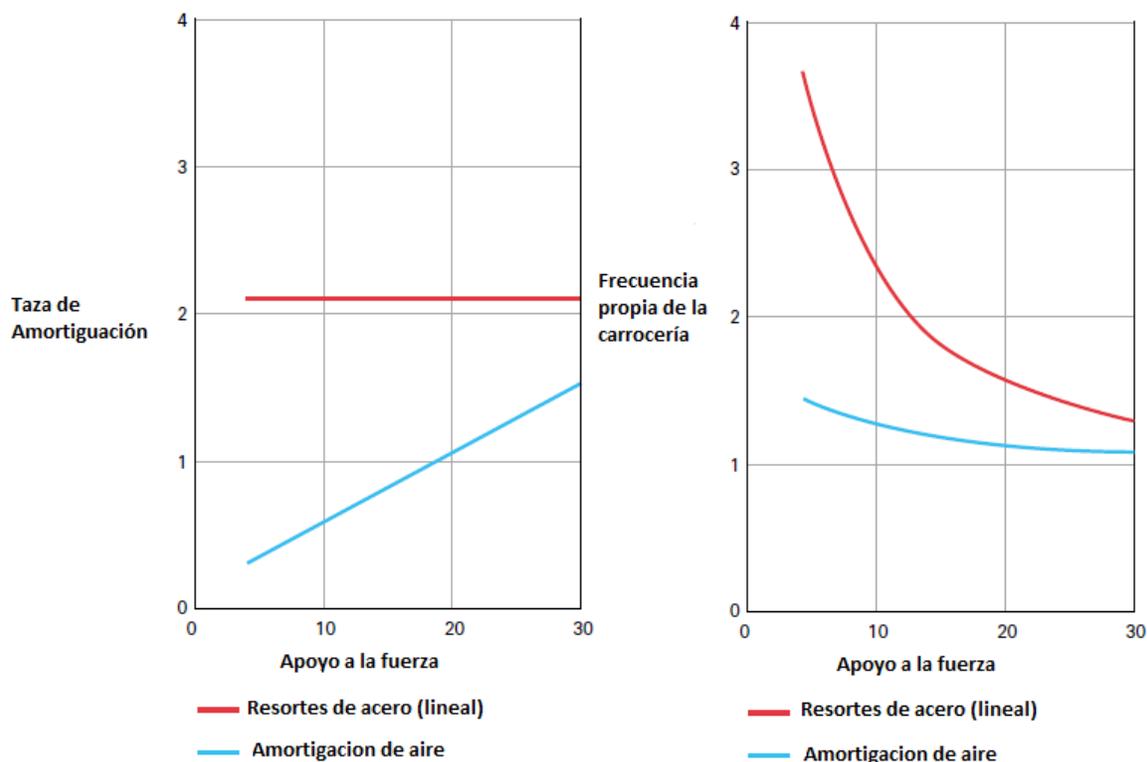
Otro beneficio es el principio relacionado a la progresión de la curva característica de un amortiguador neumático. Con pleno apoyo a la suspensión neumática en ambos ejes, los diferentes niveles del vehículo se pueden establecer, por ejemplo:

- La posición normal de conducción para conducir por ciudad.
- La disminución de la posición de conducción para altas velocidades para mejorar la dinámica de conducción y la resistencia del aire.
- Elevado puesto de conducción para los viajes fuera de la carretera y en carreteras en mal estado.



Gráfica 24: Funcionamiento de amortiguador de aire

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>



Gráfica 25: Curva de amortiguadores de aire

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

El diseño de las cámaras de aire

En los vehículos de pasajeros, las cámaras de aire con U-fuelle se utilizan como elementos de suspensión. Esto permite un mayor recorrido de suspensión en espacios reducidos. Las cámaras de aire consisten en:

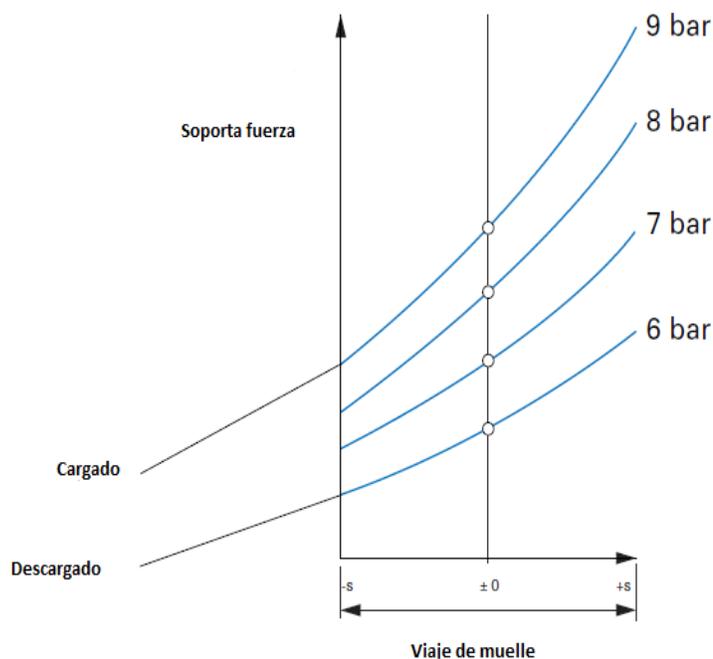
- El cierre superior de carcasa
- U-fuelle
- Pistón (cierre menor de la caja)
- Anillos de retención

Las superficies exterior e interior están hechas de un material elastómero. El material es resistente a todas las influencias del tiempo y es en gran parte resistente del aceite. El

acabado de la superficie interior está diseñado para ser particularmente estanca al aire. La estabilidad apoya para absorber las fuerzas producidas por la presión interna en las cámaras de aire.

De alta calidad de material elastómero y se inserta cordón de poliamida tejida (soportes de estabilidad) proporcionar a los U-fuelle con características buenas y desenrollar una respuesta sensible del sistema de resorte. Las propiedades necesarias se aseguran sobre un amplio rango de temperaturas entre -35°C y $+90^{\circ}\text{C}$.

Anillos de retención de metal tensionado entre el cierre superior de la carcasa y el pistón. Los anillos de retención se presionan a máquina por el fabricante. Los U-fuelle se desenrolla sobre el pistón. Dependiendo del diseño del eje, las cámaras de aire son o bien separado de los amortiguadores o combinados como un puntal de suspensión (disposición coaxial).

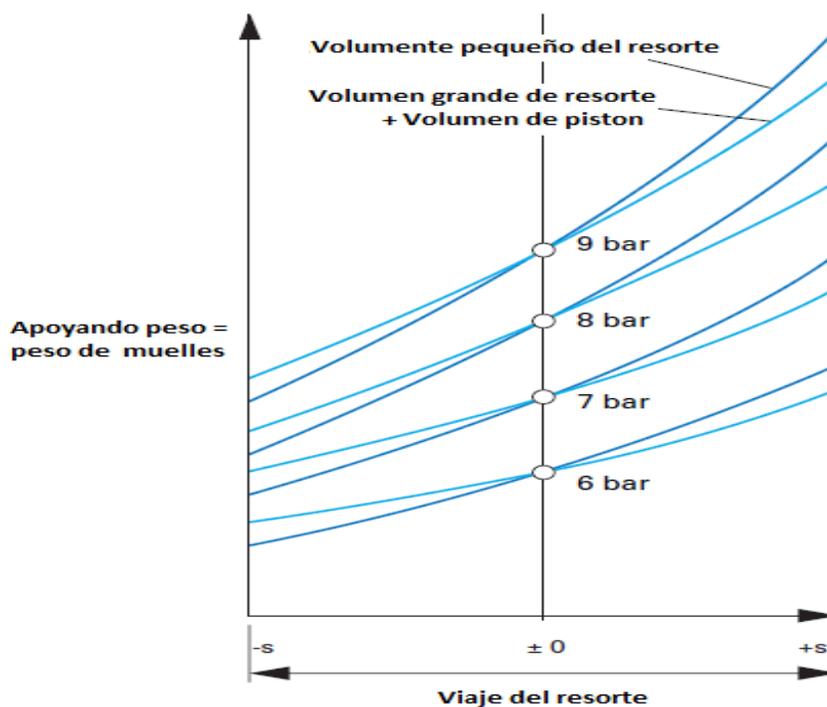


Gráfica 26: Resistencia de los U-fuelles y amortiguador de aire

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

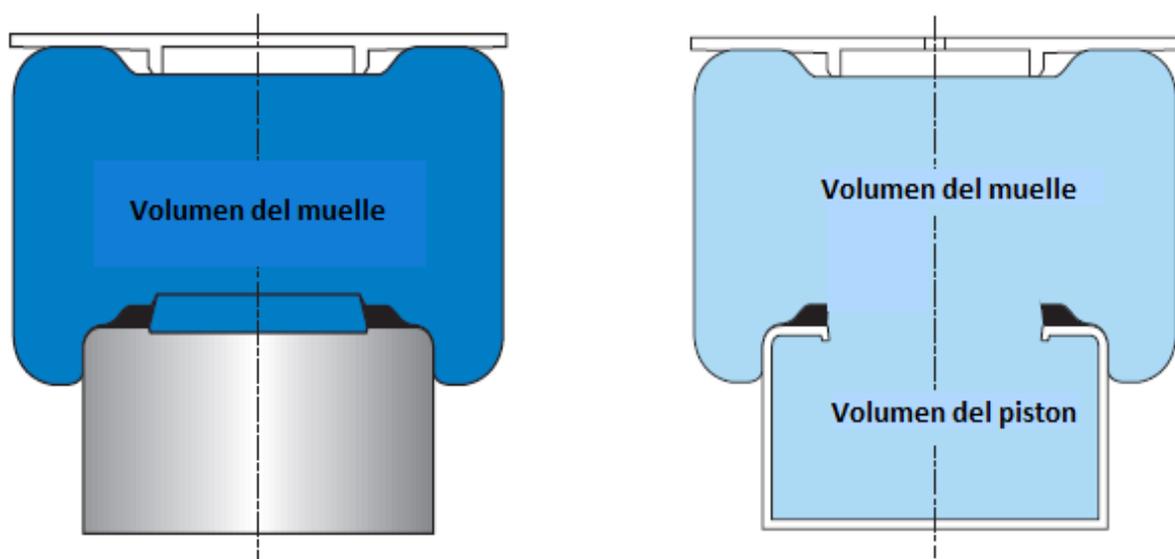
Curva característica del amortiguador

Debido al principio funcional, la curva característica de un amortiguador de aire es progresiva (en el caso de los pistones cilíndricos). El progreso de la curva característica del muelle (inclinación plana / empinada) está determinada por el volumen del amortiguador. Un volumen de gran amortiguación produce una evolución plana de la curva característica (suave resortes), un volumen pequeño de amortiguación produce una fuerte progresión de la curva característica (resortes duros). La progresión de la curva característica de un muelle puede ser influenciado por el contorno del pistón. Cambiar el contorno del pistón modifica el diámetro efectivo y de ese modo la capacidad de recuperación.



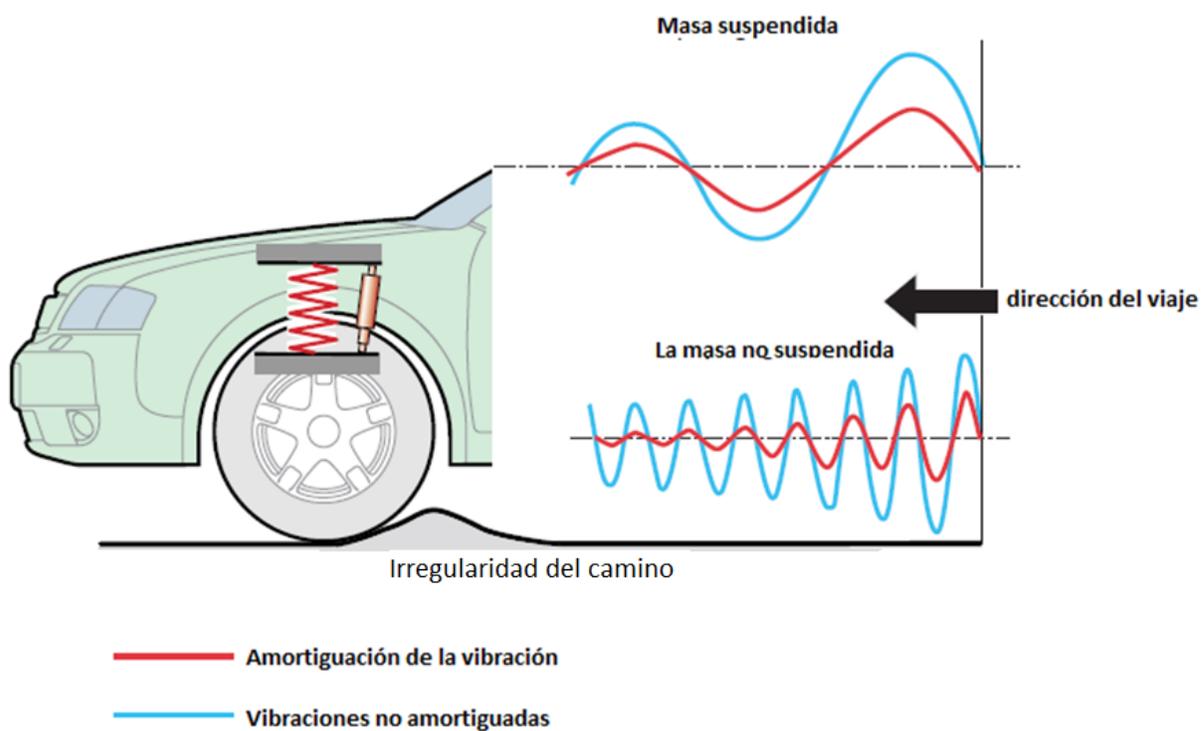
Gráfica 27: Curva de amortiguador

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>



Gráfica 28: Ejemplo del contorno de un pistón

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

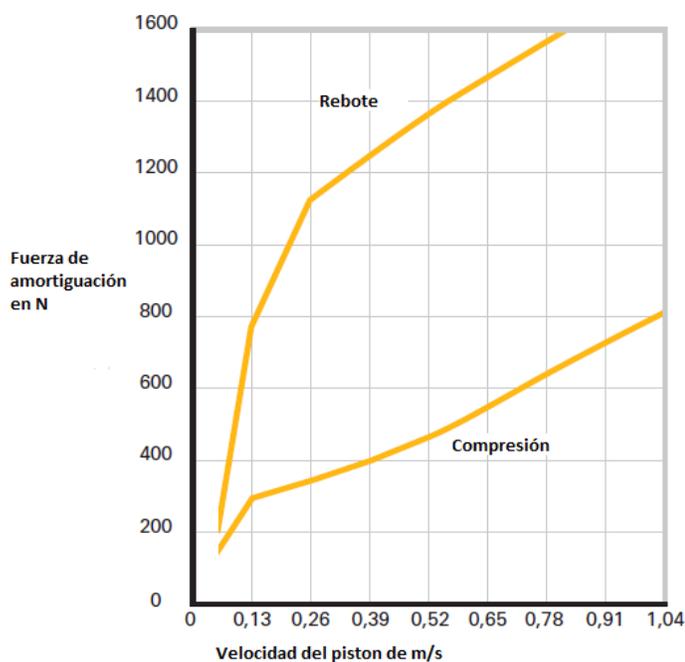


Gráfica 29: Amortiguadores de vibraciones

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Adaptación de amortiguación

Básicamente podemos distinguir entre la compresión y el rebote en el proceso de amortiguación. La fuerza de amortiguación durante la compresión es generalmente menor que durante el rebote. Por consiguiente, las irregularidades en la carretera se transmiten a la carrocería del vehículo con disminución de la fuerza. El resorte absorbe la energía que se disipa rápidamente durante el rebote por la acción más eficiente del amortiguador. La ventaja es una buena respuesta de la suspensión del vehículo que garantiza una mayor comodidad de conducción. La desventaja de esta coincidencia se produce en el caso de una rápida sucesión de irregularidades de la carretera. Si el tiempo entre los efectos individuales ya no es suficiente para el rebote, la suspensión puede "endurecer" significativamente en casos extremos, la comodidad del conductor y perjudican la seguridad del conductor.



Gráfica 30: Curva de funcionamiento

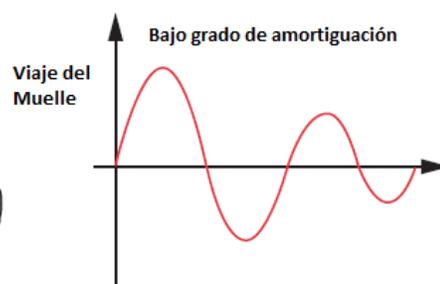
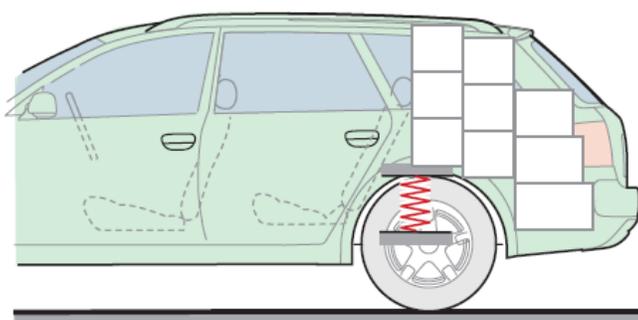
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

El grado de amortiguación

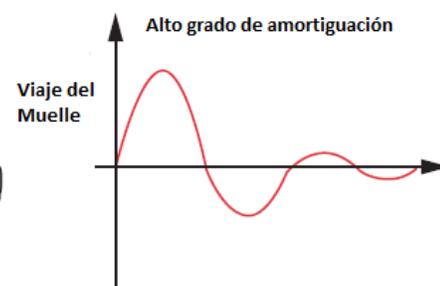
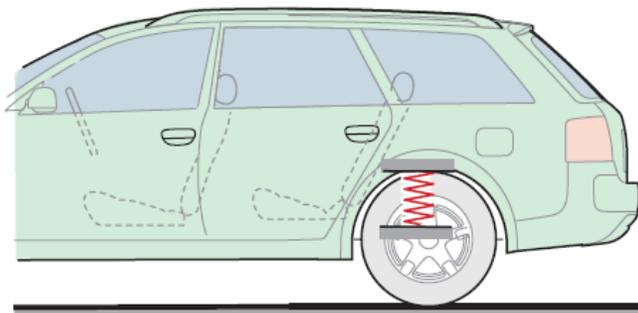
El factor que determina la velocidad con que las vibraciones se eliminan de la carrocería del vehículo depende de la fuerza de amortiguación y de las masas de muelles. Si la fuerza de amortiguación se modifica, se aplica lo siguiente:

Un aumento de las masas de muelles reduce el grado de amortiguación. Esto significa que las vibraciones se eliminan más lentamente. Una reducción de las masas de muelles aumenta el grado de amortiguación. Esto significa que las vibraciones se eliminan más rápidamente.

Aumento de la masa suspendida



Reducción de la masa suspendida

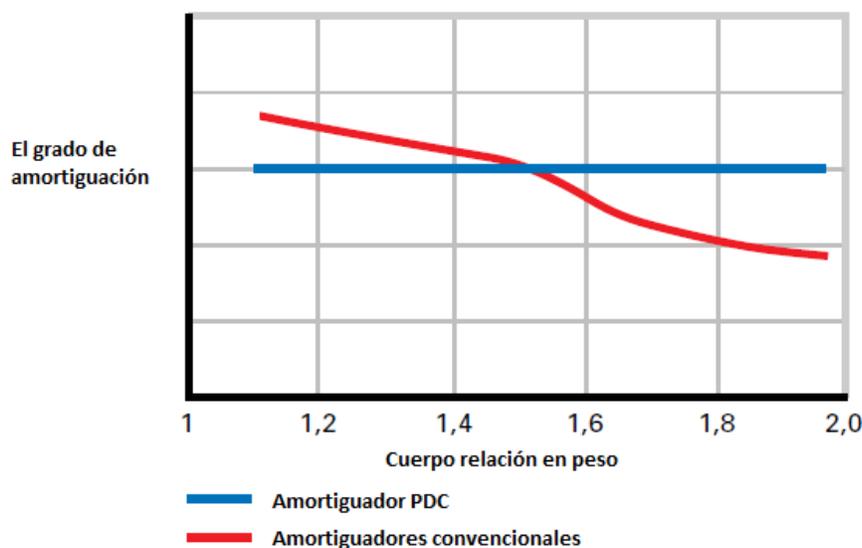


Gráfica 31: Grado de amortiguación

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

El amortiguador PDC

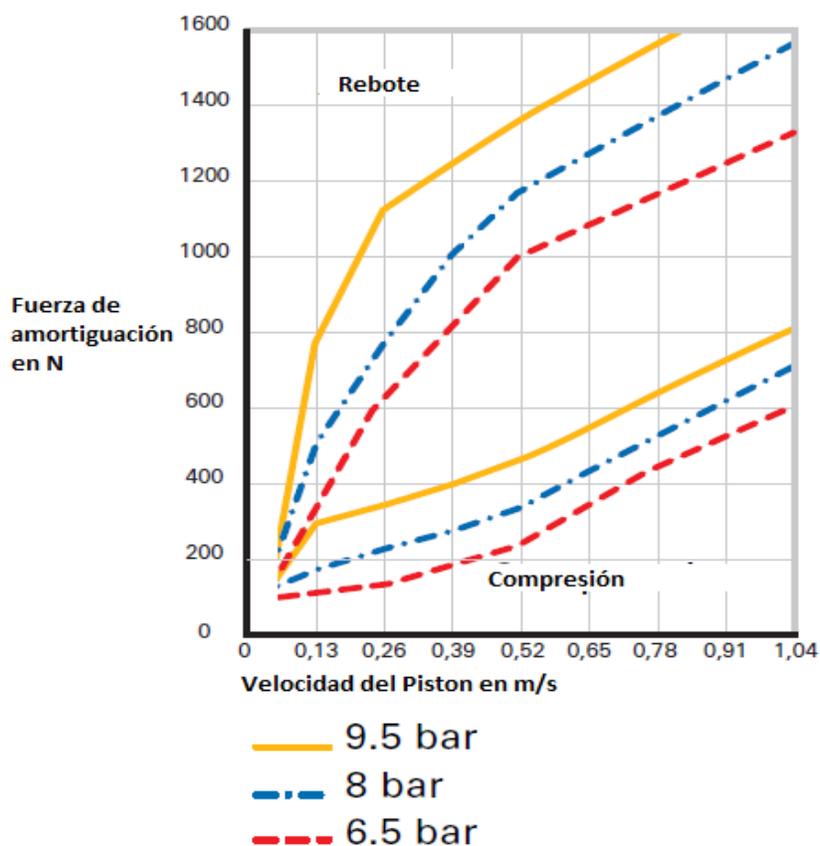
Con el fin de mantener el grado de amortiguación y por lo tanto las características de manejo a un nivel constante entre parcialmente y con su plena carga, la auto nivelación de la suspensión de aire. Junto con la frecuencia natural constante de la carrocería, la carrocería del vehículo mantiene las características de vibración prácticamente constante independientemente de la carga gracias a los muelles neumáticos. Cuando el vehículo está parcialmente cargado, el confort de conducción que se consigue es bueno y los movimientos del cuerpo se amortiguan suficientemente firme a plena carga. El amortiguador PDC (amortiguación neumática de control) es el responsable de esto. La fuerza de amortiguación se puede variar de acuerdo con la presión del muelle neumático.



Gráfica 32: Grado de amortiguación

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

La fuerza de amortiguación se altera por medio de una válvula PDC separado e integrado en el amortiguador. Está conectado a los amortiguadores de aire a través de una manguera. Un estrangulador variable en la válvula de PDC es controlada por la presión del resorte de aire que actúa como una variable de control proporcional a la carga. Esto influye en la resistencia al flujo y por lo tanto la fuerza de amortiguación durante la extensión y compresión.



Gráfica 33: Fuerza de amortiguación

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

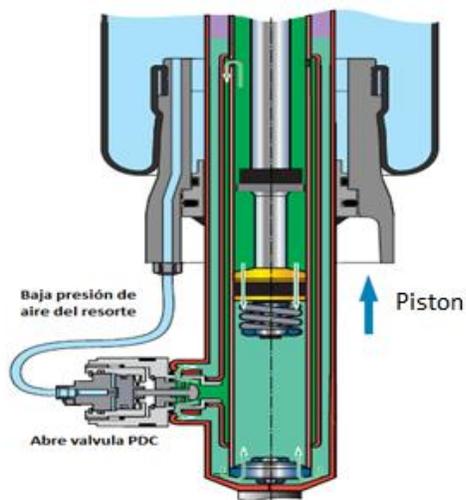
Disposición separada de muelles neumáticos / PDC amortiguador

Estructura y funcionamiento

La válvula de PDC tiene una baja resistencia al flujo cuando la presión del resorte de aire es baja (sin carga o carga parcial pequeño). Parte del aceite pasa por la válvula de amortiguación, reduciendo así la fuerza de amortiguación. La resistencia al flujo de la válvula de PDC tiene una relación fija con el control de presión (presión del muelle neumático). La fuerza de amortiguación depende de la resistencia al flujo de la válvula de amortiguación correspondiente (compresión / rebote) más que de la válvula de PDC.

Funcionamiento tras rebotar a baja presión del muelle neumático

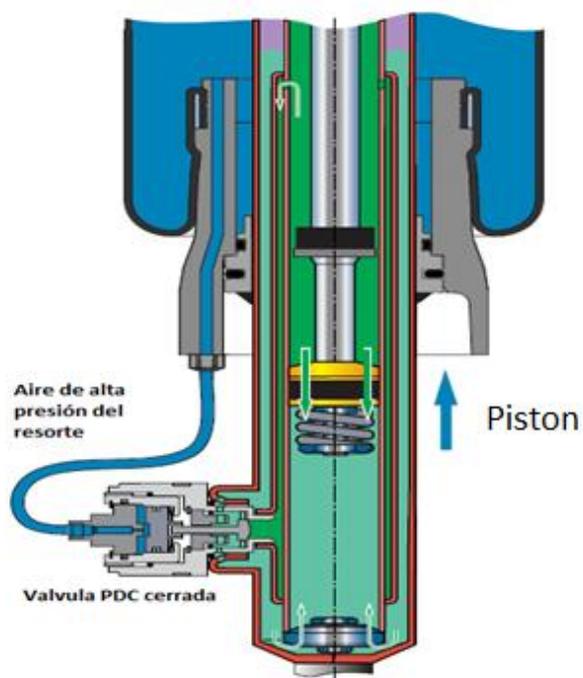
El pistón se arrastra hacia arriba, parte del aceite fluye a través de la válvula de pistón, el resto fluye a través de los taladros en la cámara de trabajo 1 a la válvula de PDC. Como el control de presión (presión de aire de resorte) y en consecuencia la resistencia al flujo de la válvula PDC es baja, la fuerza de amortiguación se reduce.



Gráfica 34: Funcionamiento amortiguador de aire

Funcionamiento tras rebotar en la alta presión del muelle neumático

La presión de control y en consecuencia la resistencia al flujo de la válvula PDC es alta. La mayor parte del aceite (en función de la presión de control) es forzado a fluir a través de la válvula de pistón, aumentando así la fuerza de amortiguación.

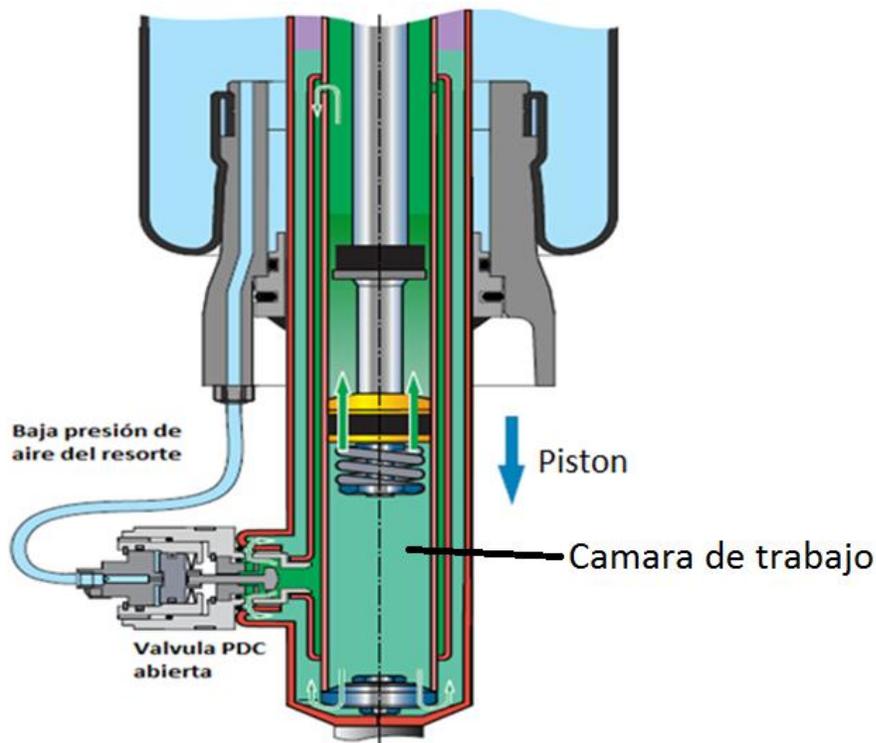


Gráfica 35: Funcionamiento amortiguador en alta presión

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Funcionamiento durante la compresión a baja presión del muelle neumático

El pistón es empujado hacia abajo y la amortiguación se determina por la válvula de fondo y en cierta medida por la resistencia al flujo de pistón. El aceite desplazado por el vástago del pistón fluye en parte a través de la válvula de fondo en el depósito. El resto fluye a través de los taladros en la cámara de trabajo 1 a la válvula de PDC. Como el control de presión (presión de aire de el resorte) y en consecuencia, la baja resistencia al flujo de la válvula PDC es baja y la fuerza de amortiguación se reduce.



Gráfica 36: Funcionamiento en compresión a baja presión

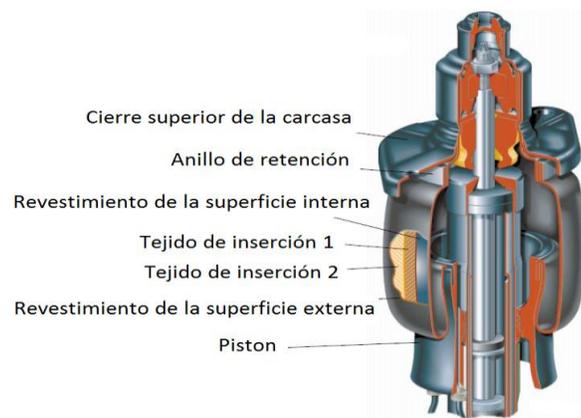
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

Además de las ventajas principales de la auto nivelación, el sistema en cuenta tiene las siguientes ventajas:

- Prácticamente la suspensión independiente de la carga y el comportamiento de las vibraciones.
- Poco requerimiento de espacio gracias a su diseño compacto, especialmente en la zona del eje.
- Menor requerimiento de energía
- Seguridad de funcionamiento buena debido a una gran estabilidad.
- Libre de mantenimiento

Las cámaras de aire

La instalación de las cámaras de aire y la tracción es el mismo que en la versión de resorte de acero. En la versión de tracción delantera del pistón es de forma cónica para permitir espacio suficiente para el movimiento del resorte entre el fuelle y el pistón. En la unidad las cámaras de aire se combinan coaxialmente con los amortiguadores para actuar como una columna de suspensión.

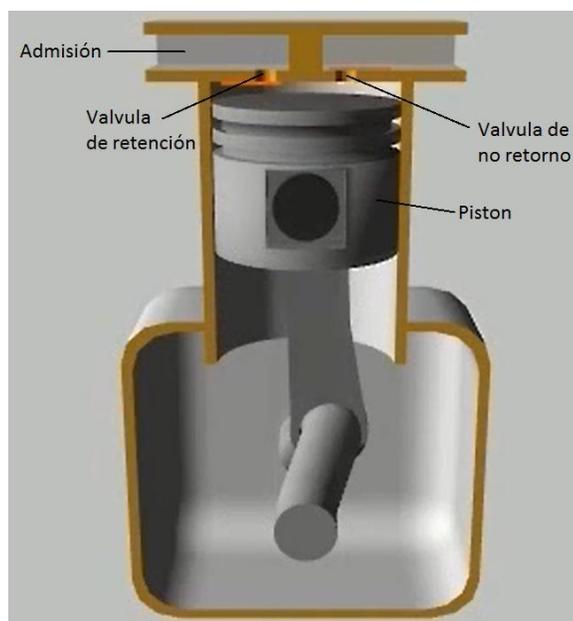


Gráfica 37: Amortiguadores neumáticos

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>

El compresor

El aire comprimido es generado por medio de un compresor de pistón de una etapa. Con el fin de evitar la contaminación del aceite de los U-fuelles y el cartucho del secador, el compresor es un compresor denominado funcionamiento en seco. Rodamientos con lubricación permanente y una PTFE (politetrafluoroetileno) anillo de pistón garantizan una larga vida útil. El compresor es movido mediante electricidad que obtiene desde la batería del vehículo.

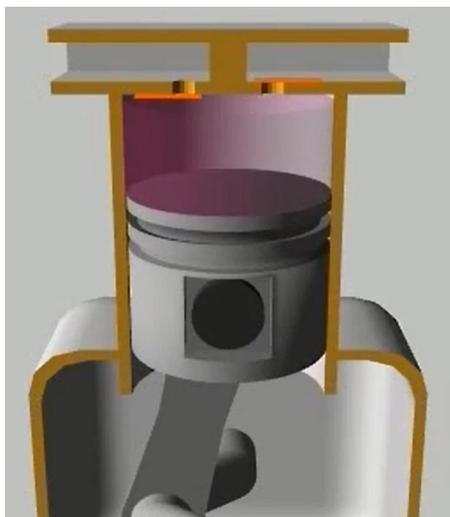


Gráfica 38: Pistón del compresor

Fuente: del Autor

Aspiración / compresión

Cuando el pistón se mueve hacia arriba, el aire es aspirado a través del filtro sinterizado. El aire se comprime por encima del pistón y entra en el secador de aire a través de la válvula de retención 1. El aire comprimido y seco pasa a través de la válvula de no retorno a la toma de presión que conduce a la salida del compresor.

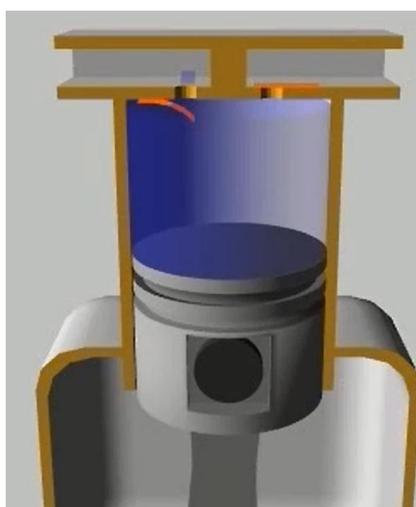


Gráfica 39: Compresión

Fuente: del Autor

Llenado

El compresor y las válvulas de las cámaras de aire son controlados simultáneamente por la unidad de control de llenado. El pistón ejerce una fuerza hacia abajo a la válvula de retención para que deje pasar el aire al cilindro donde va a hacer comprimido, luego de que el cilindro este totalmente lleno.



Gráfica 40: Compresor en aspiración

Fuente: del Autor

El secador de aire

El aire debe ser deshumidificado con el fin de evitar que el condensado y los problemas asociados de corrosión y congelación. El sistema utilizado aquí es un denominado sistema de regeneración del secador de aire. Un granulado de fabricación sintética de silicato se utiliza como agente de secado. Este granulado puede, dependiendo de la temperatura, almacenar hasta 20% de su propio peso en agua. Como el secador de aire funciona regenerativamente, y sólo se opera con aire libre de aceite, filtrada, no está sujeta a intervalos de sustitución y por lo tanto es libre de mantenimiento.



Gráfica 41: Filtro

Fuente: Del autor

Capítulo IV

Modificación de la suspensión

Procedimiento de selección del vehículo

	<ul style="list-style-type: none">• Observar que tipo de suspensión tiene este carro y verificar si se puede modificar sus prestaciones.
	<ul style="list-style-type: none">• Este cavalier de 1996 tiene problemas de estabilidad, aceleración y frenado ya que la resistencia de la suspensión no es suficientemente fuerte y las llantas no permanecen en el suelo.
	<ul style="list-style-type: none">• El espacio del interior en el vehículo debe ser adecuado para instalar el mando de la suspensión neumática, sin incomodar al conductor.



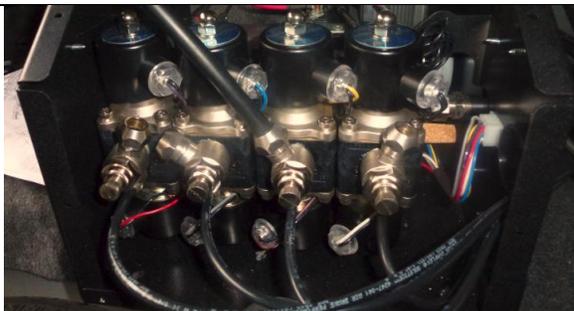
- Comprobar si se tiene el espacio necesario para instalar los equipos en la parte posterior.
- En la parte posterior se debe ubicar donde se puede sujetar correctamente los equipos.

Selección de las partes del sistema

Se debe conseguir los componentes esenciales para poder realizar esta modificación, este conjunto de partes tiene un valor comercial desde los 2500 dólares hasta los 3500 dólares:



- El compresor debe ser capaz de suministrar el aire necesario para que el sistema de amortiguadores neumáticos funcione y atender los requerimientos de todo el sistema para que sea fiable. Debe tener una potencia mínima de 1/4hp y la capacidad de resistir 150 psi.



- Válvulas controladas eléctricamente o electrónicamente para poder subir o bajar la presión de los amortiguadores neumáticos.

	<ul style="list-style-type: none">• Las válvulas de mando es donde se pueda medir la compresión de los amortiguadores y poder controlarlos según necesite el usuario y dependiendo del tipo de carretera por la que circule el vehículo.
 	<ul style="list-style-type: none">• Cableado para poder conectar a la batería y para los mandos del sistema.• Estos cables deben ser capaces de manejar la energía eléctrica necesaria para que el compresor siempre este funcionando cuando el usuario lo necesite.• Deben ser capaces de manejar la información de comando para que el usuario pueda usar la suspensión neumática como el desee y otorgar respuesta instantánea.

	<ul style="list-style-type: none">• Tuberías resistentes a la presión de aire, de las cuales se colocan a los mandos y a los amortiguadores neumáticos.• Deben ser capaces de mandar el flujo de aire constante y una vez adentro de las tuberías deben mantener la presión para que el sistema no pierda la presión y funcione el sistema.
	<ul style="list-style-type: none">• Un espacio donde se pueda almacenar el aire comprimido.• Este tanque debe tener la capacidad de mantener el aire para suministrar a los amortiguadores cuando sea necesario tiene una capacidad de 3galones y llega a una presión de 150psi.

	<ul style="list-style-type: none">• Un filtro para la humedad es muy necesario para evitar la oxidación del sistema y mantener la fiabilidad, para que el carro pueda usar el sistema por mucho tiempo.
	<ul style="list-style-type: none">• Los sujetadores se usan para fijar correctamente las tuberías al vehículo y evitar fugas.• La pega especial para evitar fugas y tuercas de doble acción para sujetar firmemente la tubería.
	<ul style="list-style-type: none">• Los amortiguadores deben ser capaces de almacenar el aire hasta una presión de 150 psi.• Se debe conseguir los amortiguadores neumáticos que puedan ser compatibles con el sistema de suspensión del vehículo en el que se va a trabajar.• En la parte trasera se necesitan

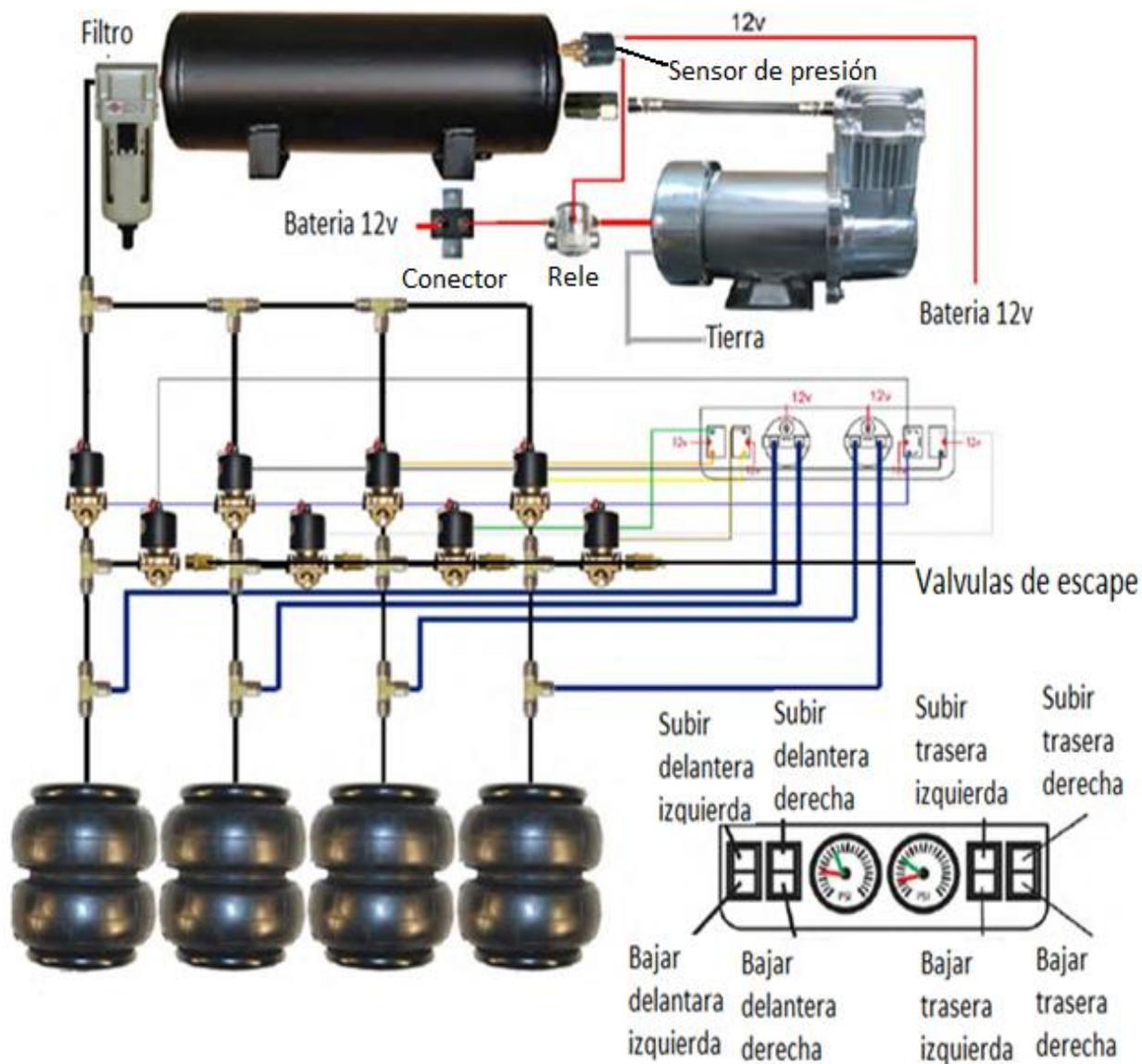


amortiguadores con sujetadores rectos para que puedan pasar por las mismas bases del vehículo.

- En la parte delantera se necesitan amortiguadores con un tipo de sujetador específico para poder sujetar correctamente la suspensión al vehículo.

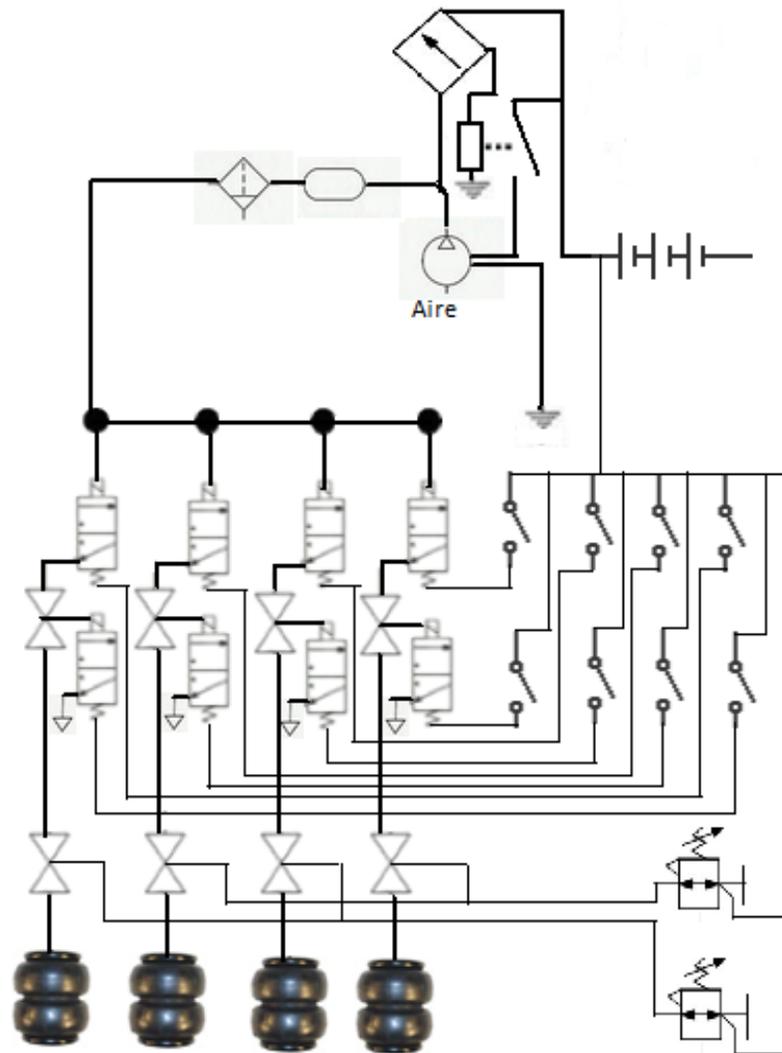
Instalación de sistema neumático

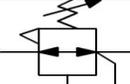
Una vez seleccionados todos los materiales necesarios se debe investigar la mejor ubicación para todos los componentes del sistema y su correcta instalación electro neumática:



Gráfica 42: Sistema electro neumático de la suspensión

Fuente: <http://www.airbagit.com/v/techzone/Airkit%20Instructions.pdf>



				
Compresor	Filtro	Tanque	Electro válvula	Llave de paso
				
Escape de aire	Uniones	Batería	Interruptor	Tierra
				
Medidor de presión	Sensor de presión	Fuelle		

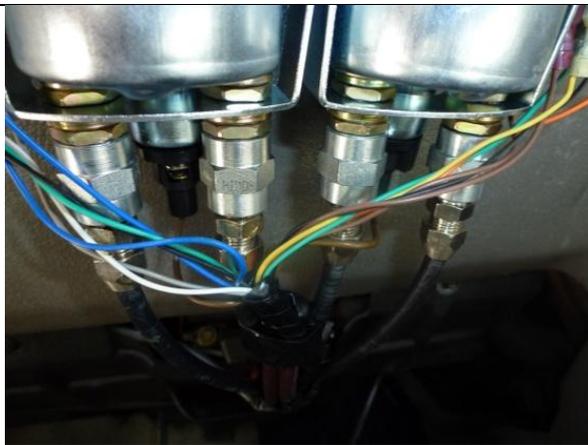
Gráfica 43: Esquema electro neumático

Fuente: Del autor

	<ul style="list-style-type: none">• El compresor debe estar correctamente instalado para evitar vibraciones perjudiciales. Se ubica el compresor y las válvulas de control en un sistema donde se puedan proteger.
	<ul style="list-style-type: none">• Una vez montado este sistema busco un buen lugar en el vehículo donde se pueda sujetar correctamente esta caja con los componentes esenciales a la carrocería del vehículo.
	<ul style="list-style-type: none">• El tanque debe estar montado en un buen lugar del vehículo donde pueda tener fácil accesibilidad para su limpieza.• El tanque está lo más cerca del compresor para tener menos tuberías internas.



- El mando está situado en un lugar de fácil accesibilidad para el conductor, en este caso debajo de volante donde no molesta al conductor. En este caso el conductor tiene fácil visibilidad del mando del sistema neumático.



- Elaboro las conexiones de las válvulas al comando ubicado debajo del volante.
- Estas tuberías van conectadas al conjunto del compresor y las válvulas de control para su correcto funcionamiento.



- Los mandos eléctricos deben estar instalados para controlar el sistema desde las válvulas hacia el comando eléctrico.
- Este cableado debe estar correctamente asegurado para tener seguridad al usar el sistema neumático.



- Se acomoda el cableado necesario para que funcione este sistema sujeto a las tuberías de presión de aire que se dirigen a los amortiguadores.
 - Este cableado y tuberías son enviadas por debajo de los protectores de las puertas para que estén correctamente fijados en el suelo de la carrocería.
 - Por estos lados se envía los tubos de información para la presión en el comando y a los comandos eléctricos de todo el sistema hacia la batería y el comando del conductor respectivamente.
-
- Se ejecuta la instalación integral del sistema de tuberías entre el compresor, el tanque y las válvulas de control.
 - Esto se hace para que el sistema pueda almacenar el aire necesario para que funcionen los sistemas neumáticos en todo momento sin

	necesidad que el compresor este encendido.
--	--

Instalación de amortiguadores



- Se desmonta las llantas traseras para poder acceder al amortiguador antiguo, procedo a quitar los sujetadores de la base en la parte superior del amortiguador.
- El perno que sujeta el amortiguador es aflojado de la parte inferior donde se encuentra en tambor del freno.
- Desmonto el amortiguador de su lugar y continuo removiendo la espiral para retirar la base que necesito usar en el nuevo amortiguador.



Los amortiguadores traseros deben estar listos para su correcta colocación.

- Se instala la parte donde va la tubería en un correcto lugar para no tener problemas de accesibilidad y quede bien colocado.
- El guardapolvo es ubicado para evitar que se dañe el amortiguador.
- La base del amortiguador es montada para proceder a colocar el nuevo amortiguador en el vehículo.



- Los amortiguadores antiguos son retirados y se acopla los amortiguadores neumáticos en la parte trasera.
- Antes de acoplar el nuevo amortiguador se chequea que todo este correcto para su montaje.
- Se añade un aislante para evitar pequeñas fugas de aire en el amortiguador.

	<ul style="list-style-type: none">• Se acomoda el perno en la parte inferior y se sitúan los sujetadores de la base del amortiguador.
	<ul style="list-style-type: none">• Una perforación es necesaria para pasar la tubería para el control neumático.• Se monta correctamente el amortiguador para verificar que no tope con la carrocería porque este amortiguador es más ancho que los normales.
	<ul style="list-style-type: none">• Se instalan las tuberías en las válvulas de control.• Sello el orificio de la carrocería por donde paso la tubería para evitar que se dañe y también para evitar sonidos no deseados.

	<ul style="list-style-type: none">• Aflojo las llantas delanteras para tener acceso a los amortiguadores delanteros.• Se desmonta las arandelas y sujetadores de la base del amortiguador.• Remuevo los dos pernos de la parte inferior para poder remover el amortiguador.
	<ul style="list-style-type: none">• El amortiguador antiguo es removido para retirar la base y la espiral del amortiguador.• El guardapolvo y la base son puestos en el nuevo amortiguador en el vehículo.
	<ul style="list-style-type: none">• Se confirma que todo esté bien colocado para realizar la perforación para la tubería del sistema de suspensión.• La instalación de las tuberías es realizada para el sistema neumático.



- Paso la tubería para realizar las conexiones en el sistema de válvulas delantera.
- La perforación que realice es aislada para evitar el daño de la tubería y también para evitar sonidos no deseados en el vehículo.
- Las válvulas de mando son ubicadas en la parte trasera del vehículo para su correcto funcionamiento.

Revisión Final

Reviso que todo esté bien colocado



- Inspecciono que las tuberías estén correctamente instaladas en la parte delantera y verifico que las bases del amortiguador estén correctamente sujetadas.
- Se verifica que las tuberías estén bien colocadas desde el amortiguador hasta la parte trasera en las válvulas

	<p>de control.</p> <ul style="list-style-type: none">• Confirmando que las tuberías estén correctamente montadas en la parte trasera y verificando que las bases del amortiguador estén correctamente sujetadas.• Se examina que las tuberías estén bien ubicadas desde el amortiguador hasta la parte trasera en las válvulas de control.
	<ul style="list-style-type: none">• Se debe inspeccionar que los componentes del sistema estén correctamente ubicados y conectados para que el sistema funcione sin ningún contratiempo.• Confirmando que las conexiones eléctricas estén bien sujetas con la batería.



- Todos los cables deben estar bien conectados en el mando del conductor.
- Se verifica que las tuberías estén bien instaladas y no tengan fugas para recibir una información correcta desde las válvulas.

Funcionamiento

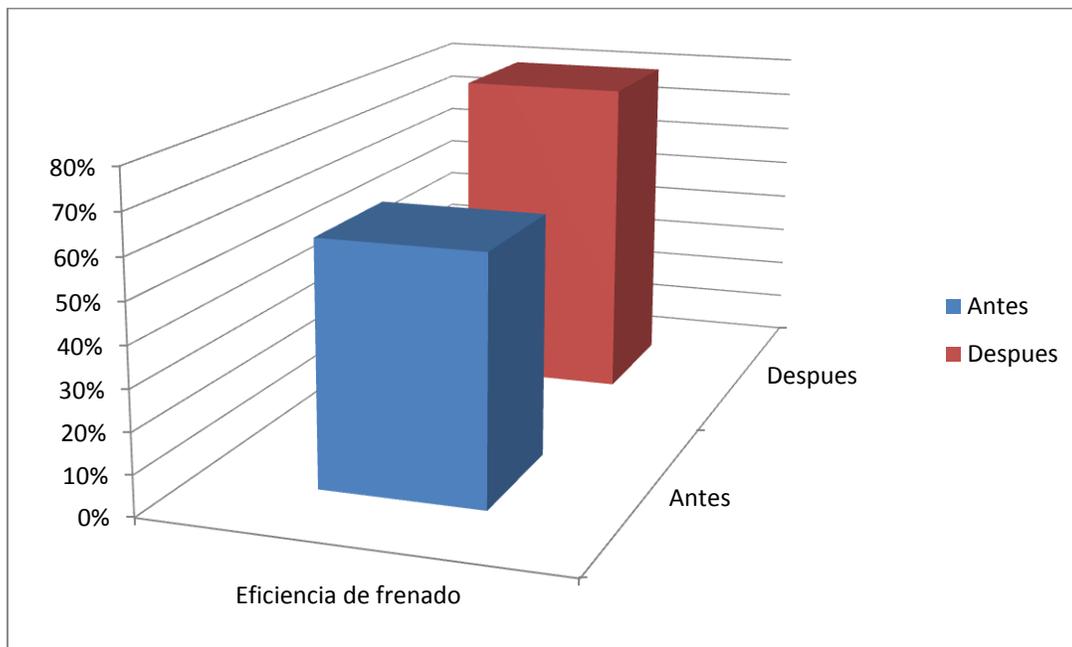


- Se empiezan las pruebas del funcionamiento del sistema cuando el sistema sube.
- Inspecciono las fugas y corrijo cuando es necesario.
- Si el compresor está funcionando correctamente no se tiene problemas al subir el vehículo.

	<ul style="list-style-type: none">• Los amortiguadores deben recibir el aire necesario para levantar el vehículo.• Los cuatro amortiguadores son inspeccionados para identificar si están atascados, porque esto puede dañar el sistema.
	<ul style="list-style-type: none">• Se empiezan las pruebas cuando funciona el sistema para bajar el vehículo.• Identifico las fugas y cambio cuando es necesario.• El compresor no debe tener fugas para que se pueda almacenar el aire.
	<ul style="list-style-type: none">• Los amortiguadores deben dejar salir el aire necesario para bajar el vehículo.• Se inspeccionan los cuatro amortiguadores para ver si están atascados, e inspecciono que los comandos reciban la información de la presión del aire.

Capítulo V

Resultados y discusión de resultados

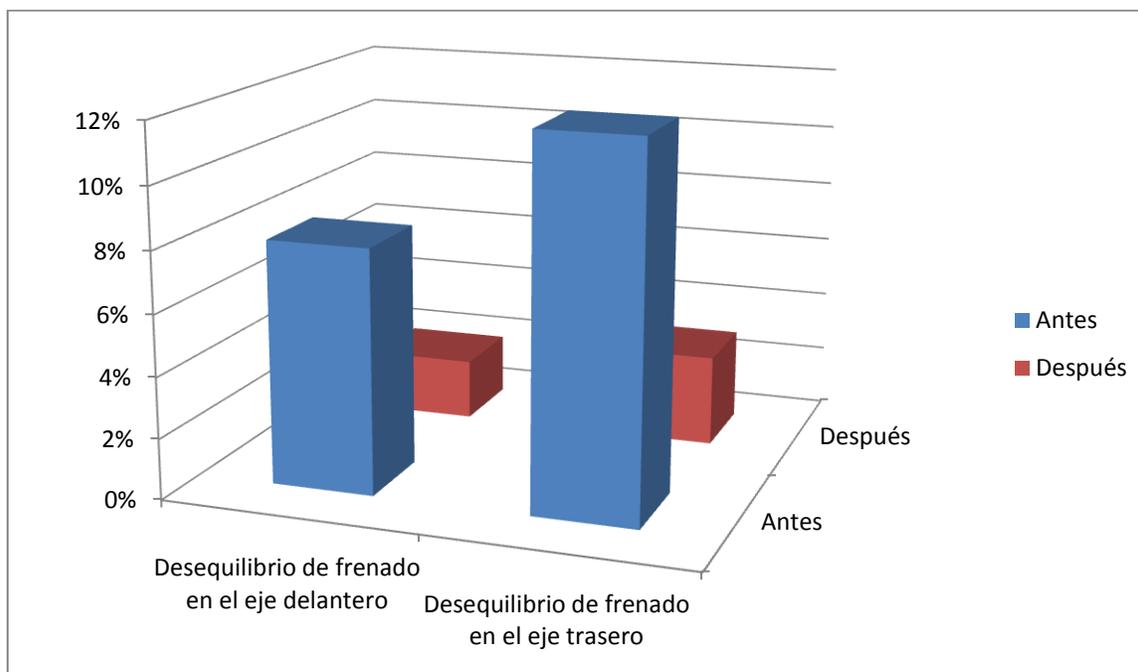


Gráfica 44: Eficiencia de frenado

Fuente: del autor

- En la gráfica de la eficiencia de frenado se verifica las mejoras del frenado del vehículo, según los datos de las pruebas realizadas en uno de los centro de revisión de la Corpaire, con la suspensión McPherson de resorte y amortiguador se logró una eficiencia de frenado del 60%, con la suspensión neumática se logró un 80% de la eficiencia de frenado. Estos resultados se obtuvieron ya que cuando se realizó la prueba con la suspensión McPherson, los neumáticos perdían contacto con el suelo porque la suspensión no era suficientemente rígida, la prueba con la suspensión neumática fue mejor porque los neumáticos del vehículo tuvieron mejor adherencia al suelo por lo cual el frenado es mucho más eficiente y se optimiza el uso del freno al

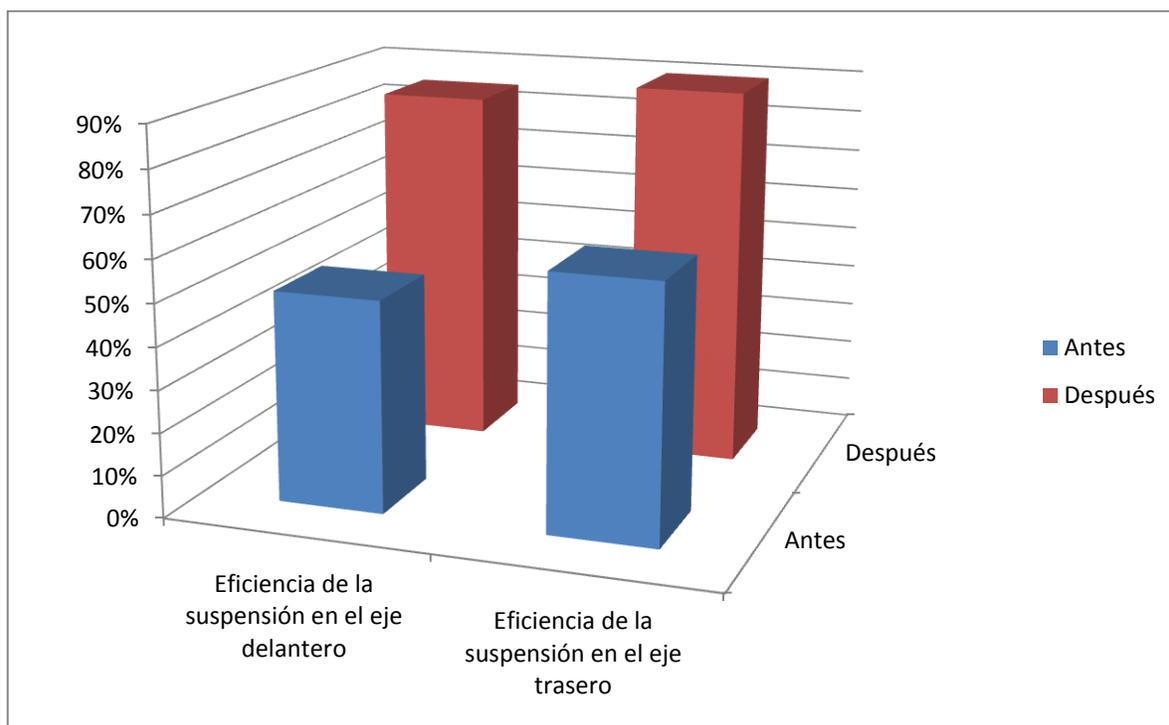
máximo del vehículo. Estas pruebas fueron realizadas con una presión en los amortiguadores neumáticos de 65 psi.



Gráfica 45: Desequilibrio de frenado

Fuente: del autor

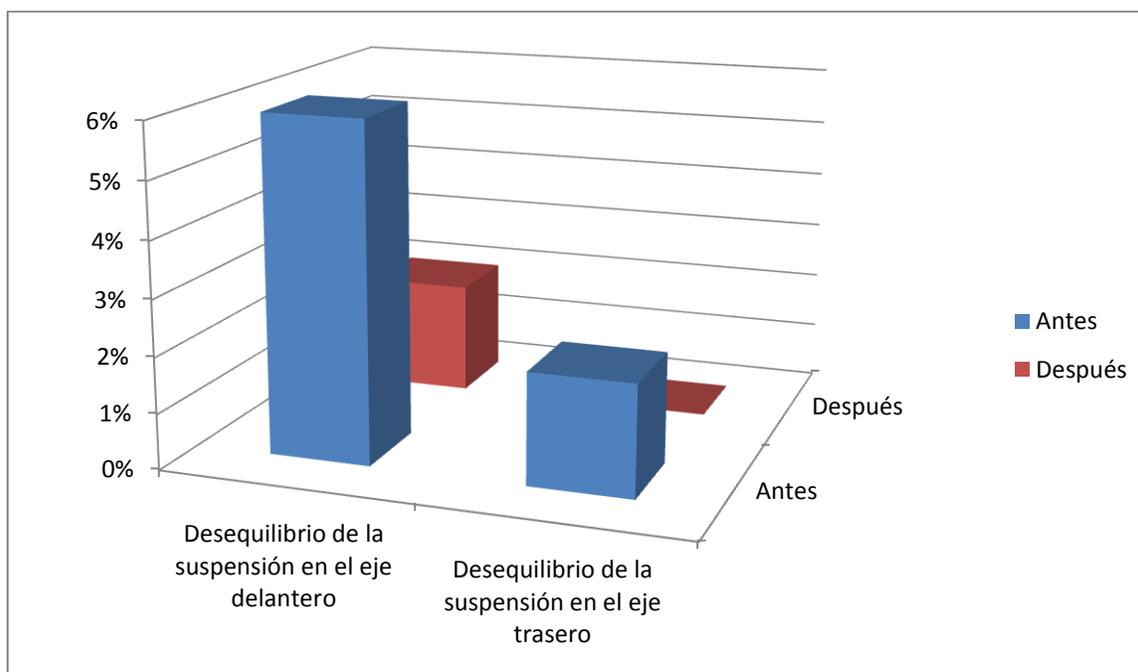
- En la gráfica de desequilibrio de frenado se observa los valores del desequilibrio del frenado en ambos ejes. En el eje delantero con la suspensión McPherson obtuvo un 8% y con la suspensión neumática obtuvo un 2%. En el eje trasero con la suspensión McPherson el desequilibrio de frenado fue de 12% y con la suspensión neumática tiene un 3%. Con estos datos se concluye que la suspensión neumática mejora las prestaciones de frenado del vehículo haciéndolo más estable a la hora del frenado, por lo tanto mejora la distancia de frenado y un frenado seguro sin pérdida de control.



Gráfica 46: Eficiencia de la suspensión

Fuente: del autor

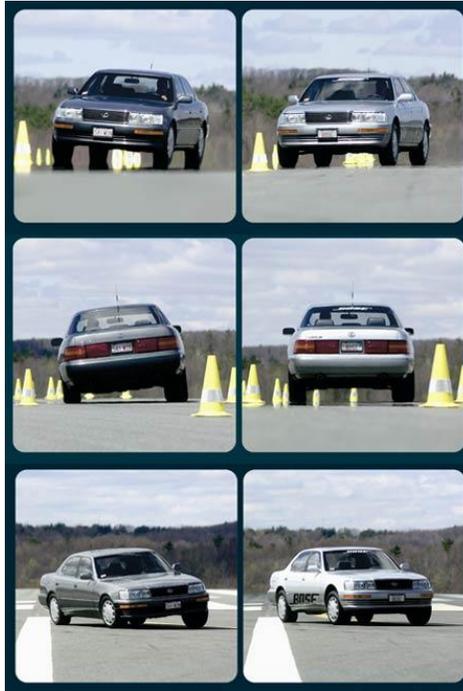
- En la gráfica de eficiencia de la suspensión se encuentra los datos de la eficiencia de la suspensión de ambos ejes. En el eje delantero se puede determinar que con la suspensión neumática la eficiencia de la suspensión mejora alcanzando un 85% y con la suspensión McPherson sólo alcanzó un 50%. En el eje trasero se puede determinar que con la suspensión neumática la eficiencia de la suspensión mejora alcanzando un 90% y con la suspensión McPherson sólo alcanzó un 60%. Estos datos demuestran que la suspensión mejora mucho por estar apoyada sobre bolsas de aire y no sobre un resorte rígido que no puede garantizar la eficacia de la suspensión.



Gráfica 47: Desequilibrio de la suspensión

Fuente: del autor

- En la Gráfica del desequilibrio de la suspensión se observa los datos del desequilibrio de la suspensión en ambos ejes. En la parte delantera con la suspensión McPherson tenía un desequilibrio de la suspensión del 6% y ahora con la suspensión neumática solo tiene un 2%. En la parte trasera con la suspensión McPherson tenía un desequilibrio de la suspensión del 2% y ahora con la suspensión neumática tiene un desequilibrio del 0% que quiere decir que ya no existe ningún tipo de desequilibrio en la parte trasera. Ya que la carrocería está apoyado sobre bolsas de aire la suspensión mejora su rendimiento porque ya no tiene resortes que estén deslizándose para permitir de las llantas delanteras giren, en cambio la suspensión neumática deja que la dirección gire libremente, lo cual disminuye el desequilibrio de la suspensión porque ya no tiene ningún objeto en rozamiento.



Gráfica 48: Suspensión en curvas

Fuente: http://www.siliconeer.com/past_issues/2005/january2005.html

Conclusiones

- La suspensión neumática mejora la estabilidad del vehículo ya que las llantas están siempre bien apoyadas en el suelo y la resistencia que ejerce la suspensión neumática es muy grande y nunca se genera una inestabilidad. En una curva el punto de gravedad se mantiene estable ya que la suspensión neumática no permite que el vehículo se vaya para un lado por la fuerza lateral de la curva, mantiene al vehículo sin mucha inclinación por mayor que sea la fuerza lateral en la curva, esto permite que el conductor este siempre en condiciones de hacer movimientos de emergencia sin ningún problema.

- El vehículo con la suspensión neumática tiene una conducción más segura ya que se puede variar la altura del vehículo sin sacrificar las prestaciones del vehículo. En alta velocidad el carro se mantiene firme al suelo ya que la suspensión ejerce una gran fuerza en la carretera y mantiene el carro bien nivelado para una conducción agradable.
- La suspensión neumática nos ayuda a variar la capacidad de carga del vehículo por lo cual es bien utilizada en transporte pesado y ahora en vehículos, este cambio mejora las prestaciones del vehículo ya que se puede cambiar la altura y la precios en los amortiguadores neumáticos para que resistan más peso sin afectar a la conducción.

Recomendaciones

- Para realizar un cambio de suspensión se debe investigar bien la suspensión que se va a colocar ya que encontramos una gran variedad de amortiguadores neumáticos, que cada uno puede dar diferente prestación como lo hacen los resorte con amortiguador.
- Una vez en la instalación se debe empezar haciendo una planificación de como se va a instalar la suspensión para no tener contratiempo y poder comprar materiales extras que se necesitan para una correcta instalación de la suspensión.
- Siempre se debe verificar las fugas porque es un sistema que necesita tener el aire comprimido todo el sistema debe estar correctamente aislado, por lo tanto se debe adquirir pegamentos especiales que ayuden a mantener el sistema sellado.

Glosario

- **Adaptación:** Adaptación es un concepto que está entendido como la acción y el efecto de adaptar o adaptarse, un verbo que hace referencia a la acomodación o ajuste de algo respecto a otra cosa. La noción, como se desprende de la práctica, posee diferentes acepciones según al ámbito donde se aplique: por ejemplo, la adaptación es hacer que un objeto o un mecanismo cumpla con distintas funciones a aquellas para las que fue construido.
- **Amortiguadores:** Es un dispositivo que absorbe energía, utilizado normalmente para disminuir las oscilaciones no deseadas de un movimiento periódico o para absorber energía proveniente de golpes o impactos.
- **Amplitud:** La mayor distancia de la masa vibrante desde la posición de reposo (medida vibración, recorrido de resorte)
- **Camber negativo:** conocido también por ángulo de inclinación o caída de las ruedas, es el formado por el plano ecuatorial de la rueda con la vertical.
- **Carrocería:** La carrocería o latonería de un automóvil es aquella parte del vehículo en la que reposan los pasajeros o la carga. En los vehículos autoportantes, la carrocería sujeta además los elementos mecánicos del vehículo.
- **Cavitación:** La cavitación o aspiraciones en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.
- **Centro de balanceo:** es el punto imaginario en el que las fuerzas originadas en la suspensión al dar una curva son transmitidas al cuerpo del vehículo.

- **Ciclo:** Duración de una sola vibración
- **Cinemática:** es una rama de la física que estudia las leyes del movimiento (cambios de posición) de los cuerpos, sin tomar en cuenta las causas (fuerzas) que lo producen, limitándose esencialmente, al estudio de la trayectoria en función del tiempo. La aceleración es el ritmo con que cambia su rapidez (módulo de la velocidad). La rapidez y la aceleración son las dos principales cantidades que describen cómo cambia su posición en función del tiempo.
- **Desemboca:** Acabar o terminar una cosa en otra.
- **Elastómero:** Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.
- **Emparejamiento:** Unión de dos cosas formando pareja.
- **Empinada:** Se aplica al terreno o camino que tiene una pendiente o una cuesta muy pronunciada.
- **Engranajes:** Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona' y la menor 'piñón'.
- **Estática:** La parte de la mecánica que estudia las condiciones de equilibrio de las fuerzas sobre un cuerpo en reposo.

- **Fatiga del metal:** la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas.
- **Frecuencia:** Número de vibraciones (ciclos) por segundo.
- **Material elastómero:** Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.
- **Muelles helicoidales:** Están elaborados mediante un hilo metálico normalmente circular o elíptico, enrollados en caliente o frío sobre un cilindro. En los lineales, el diámetro del hilo se conserva constante en todas las espiras del muelle, en tanto que en los variables, el diámetro del hilo varía de unas espiras a otras.
- **Natural frecuencia de la carrocería:** Número de vibraciones de la masa suspendida (el cuerpo) por segundo
- **Poliamida:** Una poliamida es un tipo de polímero que contiene enlaces de tipo amida. Las poliamidas se pueden encontrar en la naturaleza, como la lana o la seda, y también ser sintéticas, como el nailon o el Kevlar.
- **Propenso:** Que tiene inclinación o disposición natural
- **Ralentizar:** Disminución de la velocidad, especialmente referido a un proceso o actividad.
- **Resonancia:** La masa es perturbada en su ritmo por una fuerza que aumenta la amplitud.
- **Retrae:** Acción en la cual un objeto busca refugio o regresa a su lugar de origen.

- **Rigidez:** Es la capacidad de un objeto ortopédico, sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos.
- **Sinterización:** es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas.
- **Sobreviraje:** Se dice que el coche hace un sobreviraje cuando las ruedas traseras no siguen el mismo recorrido que el de las ruedas delanteras, sino que se deslizan hacia el exterior de la curva.
- **Subviraje:** Es un fenómeno que se produce durante la conducción de un vehículo que provoca que el giro real del mismo sea menor al que teóricamente debería inducir la posición de las ruedas delanteras.
- **Vástago:** Barra o varilla metálica que sirve para unir o sostener otras piezas o transmitir un movimiento a un mecanismo.
- **Vibración:** Movimiento hacia arriba y hacia abajo de la masa (cuerpo).

Referencias bibliográficas

Referencias Web:

- Aficionados a la mecánica (2013). *Suspensión*. Extraído de <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>
- Km77 (2013). *Un bastidor con suspensión neumática*. Extraído de http://www.km77.com/marcas/volkswagen/touareg_03/0primera/sumario3.asp
- Porsche (2013) *Suspensión neumática*. Extraído de <http://www.porsche.com/microsite/technology/default.aspx?pool=spain&ShowSingleTechterm=PTLuftF&Category=&Model=&SearchedString=&SelectedVariant=>
- Km77 (2013) *suspension*. Extraído de http://www.km77.com/marcas/bmw/x5_00/suspension.htm
- Hernandez J. (2013) *Guía de Mecánica Automotriz*. Extraído de <http://www.etp.uda.cl/areas/>
- Audi (2013). *Suspensión neumática a 4 niveles allroad quattro*. Extraído de <http://es.scribd.com/doc/105916890/Suspension-neumatica-automotriz>
- Mecánica y motores (2013). *Sistema de suspensión*. Extraído de <http://www.mecanicaymotores.com/sistema-de-suspension.html>
- Tips automotriz (2013). *Como cambiar los amortiguadores*. Extraído de <http://tipsautomotriz.blogspot.com/2012/12/como-cambiar-los-amortiguadores.html>

- Euro 4x4 parts (2013). *Recambios de casquillos*. Extraído de http://www.euro4x4parts.com/recambios/skc3011-1253_kit_casquillos_tirantes_de_puente.html
- Km77 (2013). *Mcpherson*. Extraído de <http://www.km77.com/glosario/m/mcpherson.asp>
- Subaru (2013). *CMS*. Extraído de http://www.subaru.es/CMS/11legacy_chassis.html.
- Velocidad máxima (2013). *Showthread*. Extraído de <http://www.velocidadmaxima.com/forum/showthread.php?t=86542>

Referencia de libros:

- Roldan, J. (2001) *Neumática, hidráulica y electricidad aplicada*. España: Español
- Carot, J. (2010) *Mecánica teórica*. Barcelona: Reverte
- Guijarro, A. (2009) *Diseño y construcción de una vehículo del tipo kart cross para rally*. Quito: Personal
- Anónimo (2008) *Manual CEAC del automóvil*. Barcelona: CEAC
- Cascajosa, M. (2007) *Ingeniería de vehículo: sistemas y cálculos*. Madrid: Tebar
- Pytel, A. (1999) *Ingeniería mecánica: dinámica*. México: International Thomson
- Majumdar, S. (1998) *Sistema neumático: principios y mantenimiento*. México: McGraw-Hill
- Pinches, M. (1997) *Power Pneumatics*. London: Prentice Hall.
- Dent, R. (1975) *Arquitectura neumática*. Barcelona: Blume