

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
ESPE – LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO**

**“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SISTEMA AUXILIAR  
DE FRENOS CON CONTROL ELECTRÓNICO”**

**REALIZADO POR:**

**FABIÁN AYALA VEGA  
JOSE SUAREZ LOPEZ**

**LATACUNGA --- ECUADOR**

**2005**

## **CERTIFICACION**

**Certificamos que el siguiente trabajo teórico práctico fue realizado en su totalidad por los señores, Ayala Vega Fabián y Suárez López José, egresados de la carrera de ingeniería automotriz, bajo mi dirección y codirección.**

---

**ING. CASTRO CLAVIJO JUAN  
DIRECTOR DE TESIS**

---

**ING. MENA MENA RODRIGO  
CODIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

**Con amor a mi esposa Priscila y a mi hija Kamila por haber sido mi principal motivación y orgullo para llegar a cumplir esta importante meta en mi vida.**

**A mis Padres OLMEDO Y ELENA, quienes en el transcurso de mi existencia me han enseñado a valorar las cosas buenas y malas de la vida, a aceptarlas con orgullo, respeto y responsabilidad.**

**FABIAN**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres que incondicionalmente con su apoyo supieron guiarme hasta lograr conseguir una de las metas mas importantes de mi vida.**

**JOSE**

## **AGRADECIMIENTO**

**A mis Padres OLMEDO Y ELENA así mismo a mis hermanas, cuñados y sobrinos quienes han aportado día a día apoyo y comprensión para obtener una profesión honrosa para el bien mío.**

**A la Escuela Politécnica del Ejercito por sus valiosas enseñanzas, en especial a los profesores de la Facultad de Ingeniería Automotriz.**

**FABIAN**

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios por haberme guiado día a día, agradecer a mis Padres JOSE Y EDILMA quienes sin ellos no hubiera culminado mis estudios para obtener una profesión.**

**A la Escuela Politécnica del Ejercito a su personal Administrativo y Docentes por sus valiosas enseñanzas.**

**JOSE**

# ÍNDICE

<b>Carátula</b>	.....	<b>I</b>
<b>Certificación</b>	.....	<b>II</b>
<b>Dedicatoria</b>	.....	<b>III</b>
<b>Dedicatoria</b>	.....	<b>IV</b>
<b>Agradecimiento</b>	.....	<b>V</b>
<b>Agradecimiento</b>	.....	<b>VI</b>

## CONTENIDO

Págs.

### CAPITULO I

<b>I.- MARCO TEÓRICO</b>	.....	<b>1</b>
1.1.- Nociones preliminares	.....	<b>1</b>
1.2.- Misión del sistema de frenos	.....	<b>3</b>
1.3.- Componentes del sistema de frenos	.....	<b>3</b>
1.3.1.- Pedal de freno	.....	<b>4</b>
1.3.2.- Reforzador (servo)	.....	<b>5</b>
1.3.3.- Cilindro maestro y su depósito	.....	<b>7</b>
1.3.4.- Válvula proporcionadora	.....	<b>9</b>
1.3.5.- Cilindros de rueda	.....	<b>12</b>
1.3.6.- Frenos de tambor	.....	<b>13</b>
1.3.7.- Frenos de disco	.....	<b>14</b>
1.3.8.- Freno de estacionamiento	.....	<b>18</b>
1.4.- Esquema general	.....	<b>18</b>
1.5.- Fundamentos físicos	.....	<b>19</b>
1.6.- Cálculos	.....	<b>22</b>

## **CAPITULO II**

### **II.- DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO**

<b>AUXILIAR DE FRENO</b>	.....	<b>32</b>
2.1.- El sistema hidráulico de frenado	.....	<b>32</b>
2.1.1.- Ley de pascal	.....	<b>32</b>
2.2.- Monitoreo de presión por medio de sensores	.....	<b>36</b>
2.3.- Cilindro maestro en tándem	.....	<b>37</b>
2.4.- Cilindros de rueda	.....	<b>42</b>
2.4.1.- Funcionamiento de los cilindros de rueda	.....	<b>44</b>
2.5.- Control del circuito hidráulico por electro válvulas	.....	<b>46</b>
2.6.- Análisis de funcionamiento	.....	<b>54</b>

## **CAPITULO III**

<b>III.- AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA</b>	.....	<b>56</b>
3.1.- Generalidades	.....	<b>56</b>
3.2.- Elementos	.....	<b>58</b>
3.3.- Electro válvulas funcionamiento	.....	<b>70</b>
3.4.- Diseño del circuito electrónico	.....	<b>71</b>
3.5.- Monitoreo de temperatura de los frenos		
Mediante sensores	.....	<b>72</b>
3.6.- Diagramas	.....	<b>74</b>
3.7.- Análisis del funcionamiento	.....	<b>74</b>

## **CAPITULO IV**

### **IV.- CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL**

<b>CIRCUITO ELECTRO HIDRÁULICO</b>	.....	<b>76</b>
4.1.- Construcción del circuito de control electrónico	.....	<b>76</b>

4.2.- Construcción del circuito hidráulico	.....	<b>77</b>
4.3.- Adaptación del sistema	.....	<b>84</b>
4.4.- Pruebas de funcionamiento	.....	<b>86</b>

## **CAPITULO V**

5.1.- Conclusiones	.....	<b>88</b>
5.2.- Recomendaciones	.....	<b>89</b>

# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 NOCIONES PRELIMINARES

“El sistema de frenos juega un papel muy importante al desacelerar, detener y estacionar el automóvil” <sup>1</sup>, un mal funcionamiento en el sistema de frenos podría resultar peligroso, por tanto es fundamental que los componentes del mismo sean desensamblados, inspeccionados, regulados y ensamblados con cuidado y precisión.

Todos conocemos la ley de conservación de la energía, la cual dice que “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma” <sup>2</sup>. La energía cinética y la calorífica son sólo dos de los diferentes tipos de energía, la primera es aquella energía que tienen los cuerpos al estar en movimiento y la segunda es la energía que toman o desprenden los cuerpos en forma de calor.

Cuando un vehículo se encuentra en movimiento tiene una cierta energía cinética y si queremos detenerlo tenemos que transformar esa energía en alguna de otro tipo de energía que no involucre el movimiento del vehículo como la energía calorífica. Esto se logra mediante la fricción, que es la fuerza que se opone algún movimiento.

<sup>1</sup> Toyota, SISTEMA DE FRENOS, Team, Panamá, 1990, Pág. 1.

<sup>2</sup> Schaum, FISICA, Mac.Graw.Hill, USA, 1991, Pág. 205.

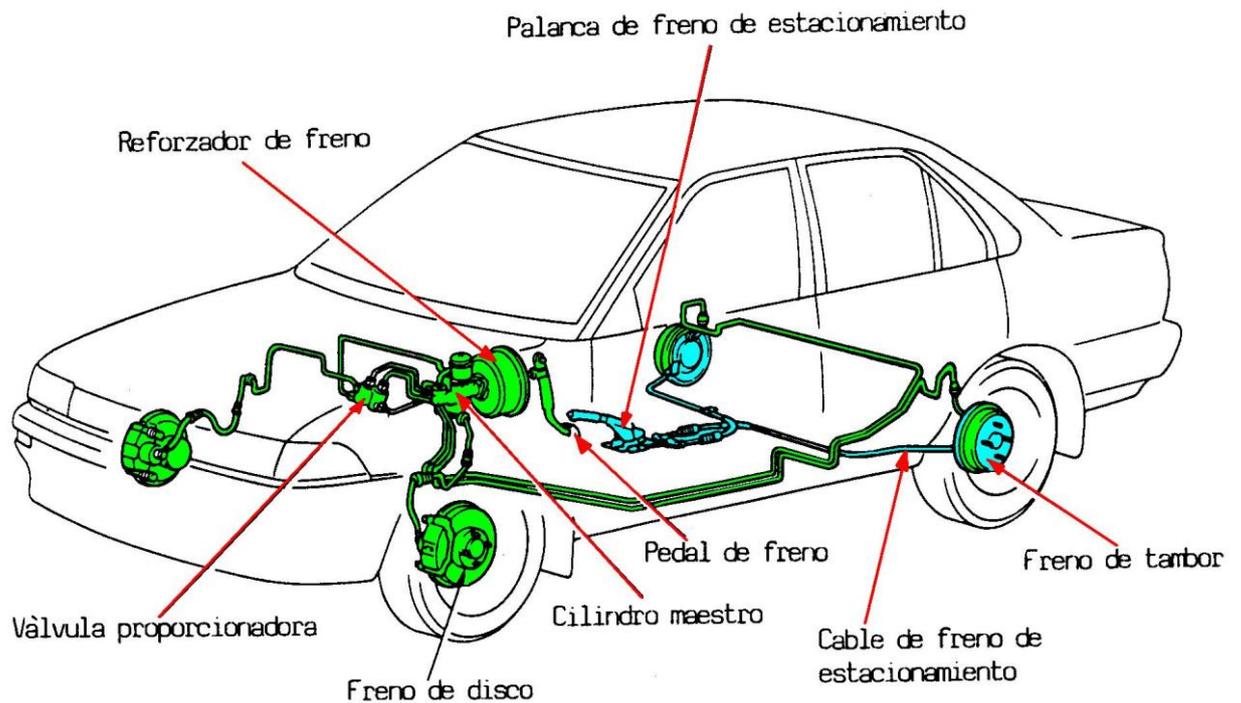


Fig. 1.1 Componentes del sistema de frenos.

Al aplicar los frenos de un auto provocamos una fricción en el disco o tambor (según el tipo) que genera calor. Es decir, transformamos la energía cinética (velocidad) en energía calorífica (calor) y entre más calor pueda desprender el sistema de frenos más velocidad va a disminuir el vehículo. Este principio básico nos permite determinar que el sistema de frenos más efectivo va a ser aquel que pueda disipar más calor. Entre más velocidad y peso tenga un vehículo más energía cinética va a poseer y más difícil resulta detenerlo, lo cual se debe compensar con una mayor presión y una mayor área de frenado para generar más fricción y disipar más calor.

## **1.2 MISIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS**

Los automóviles deben estar dotados de un mecanismo que permita al conductor detener el vehículo a su voluntad; porque así lo imponen las necesidades propias del desplazamiento, las exigencias del tráfico rodado o por cualquier eventualidad que suponga un peligro. Este mecanismo se denomina sistema de frenos.

El sistema de frenos tiene la misión específica de disminuir la velocidad del vehículo total o parcialmente según sean las necesidades del conductor.

Básicamente el sistema de frenos está compuesto por el pedal, la bomba, pastillas y discos ó tambor.

La bomba convierte la presión del pie en movimiento del líquido de frenos hacia los pistones quienes empujan las pastillas para, detener al disco. Todo este sistema es el encargado de parar al vehículo, por lo cual no puede tener fallas.

## **1.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS**

El sistema de frenos tendrá muchos elementos para controlar y mejorar sus prestaciones de servicio, por lo tanto se revisarán los componentes esenciales de un sistema común los cuales son:

- Pedal de freno.
- Reforzador de freno (Servo Freno).
- Cilindro maestro y su depósito.
- Válvula proporcionadora.
- Cilindros de rueda.
- Frenos de tambor.
- Frenos de disco.
- Freno de estacionamiento.

### 1.3.1. PEDAL DE FRENO

Lo primero que sucede cuando el conductor oprime el pedal de freno es que la fuerza, que se mide en libras (lb) o en Newton (N), se transmite a través del varillaje al cilindro maestro. La distancia normal de carrera de un pedal de freno es aproximadamente 3.8 cm (1.5 pulg), pero el recorrido total del pedal no debe exceder de 10 cm (4 pulg). A causa de la relación de desplazamiento del punto de pivotaje (llamado fulcro) del mecanismo del pedal de freno, la fuerza que se ejerce dentro del cilindro maestro aumenta casi 3 veces (el promedio para todos los vehículos es 2.7:1). Como se observa en la (figura 1.2)

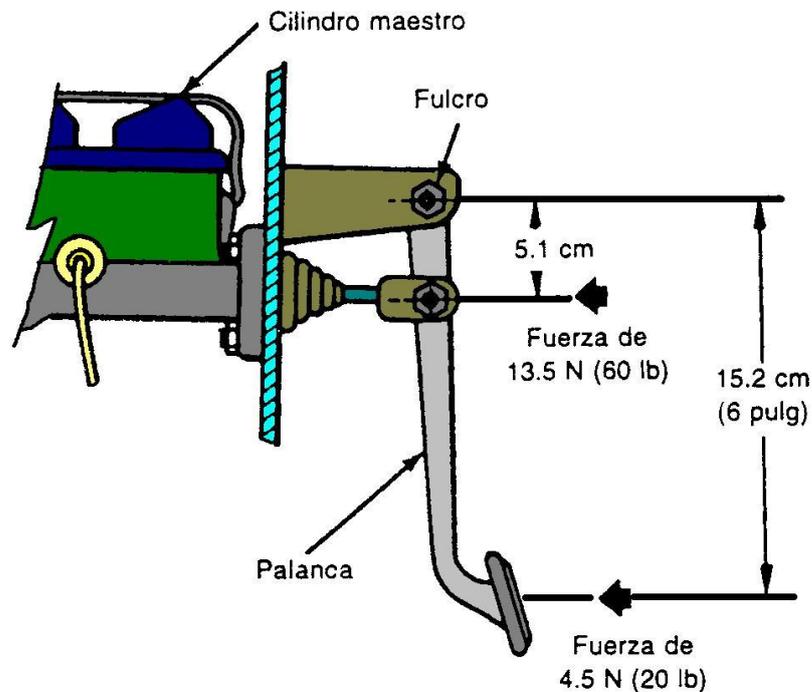


Fig.1.2 Mecanismo del pedal de freno.

La fuerza que se puede ejercer sobre el pedal del freno varía según sea la fuerza que ejerza el conductor. “Los ingenieros proyectan los sistemas de frenado de modo que requieran menos de 667 newton (150 lb) de fuerza del conductor”<sup>3</sup>, pero que, al mismo tiempo, proporcionen la fuerza necesaria para detener un vehículo pesado que se mueva a alta velocidad.

<sup>3</sup> GTZ, TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL, Reverte, Colombia, 1986, Pág. 204.

### 1.3.2. REFORZADOR (SERVO)

El rendimiento del reforzador de freno varia dependiendo del tamaño del área en donde la presión atmosférica y el vacío actúan. Mientras más grande sea el área, más grande la potencia de refuerzo. Normalmente, el reforzador de freno incrementa la fuerza de frenado de 2 a 4 veces.

Ejemplo:

Cuando el pedal de freno es presionado por un esfuerzo del pedal de 40 kg (88 lb), el esfuerzo del pedal es incrementado por el poder de la palanca del pedal de freno a 200 kg (441 lbs) actuando en el reforzador.

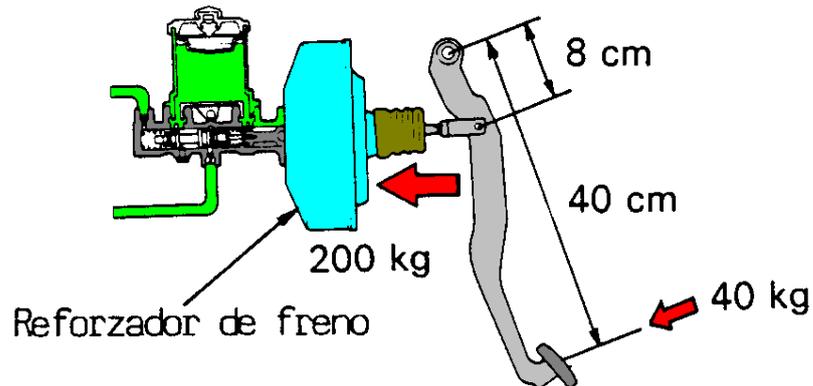


Fig. 1.3 Reforzador de freno.

El gráfico inferior muestra la causa de rendimiento de un reforzador de freno simple diseñado para vehículos compactos. Asumiendo que la presión atmosférica es igual a 500 mmHg (19.7 pulg.) y una carga de entrada de 200 kg (441 lbs) en el reforzador de freno es incrementado a aproximadamente 400 kg (882 lb). Como resultado de ello la fuerza inicial de frenado es duplicada.

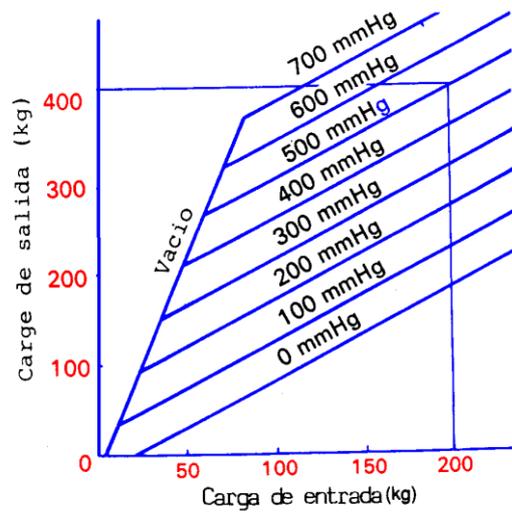


Fig. 1.4 Rendimiento de un reforzador de freno

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento del reforzador de freno se ilustra en la (figura 1.5). Cuando el vacío es aplicado a ambos lados del pistón, el pistón es empujado a la derecha por el resorte y permanece allí.

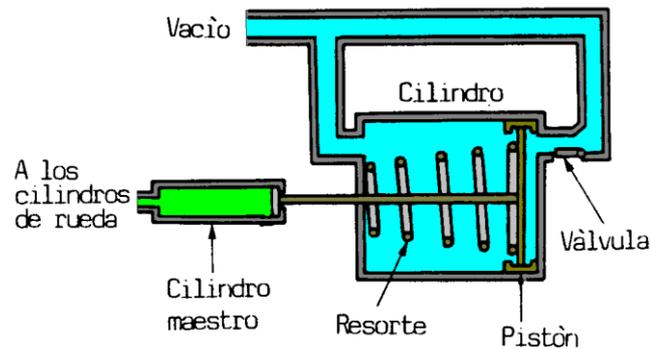


Fig. 1.5 Funcionamiento del reforzador de freno sin accionar.

Cuando se permite entrar aire atmosférico a una de las cámaras (A en el caso mostrado abajo) el pistón empieza a retraerse debido a la diferencia en la presión y se mueve a la izquierda. Esto causa que el vástago del pistón empuje al cilindro maestro generando presión hidráulica.

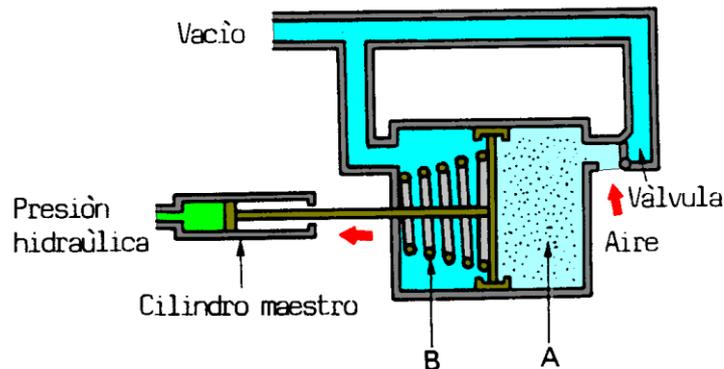


Fig. 1.6 Funcionamiento del reforzador de freno accionado.

### 1.3.3. CILINDRO MAESTRO Y SU DEPOSITO

Casi todos vehículos construidos desde principios de los años ochenta están equipados con depósitos de cilindro maestro translúcidos, que permiten a los propietarios y técnicos de servicio comprobar el nivel de fluido de frenos sin tener que quitar la parte superior del depósito.

La capacidad del depósito es lo bastante grande como para permitir que los frenos lleguen a desgastarse por completo y, aun así, tener suficiente reserva para una operación segura. La capacidad típica del sistema de frenado completo es normalmente de 1 a 1.5 litros. Los vehículos equipados con frenos de disco en las cuatro ruedas suelen contener 2 litros o más.

El cilindro maestro es el corazón de cualquier sistema hidráulico de frenos. El movimiento y la fuerza del pedal de freno se transfieren al fluido de frenos y se dirigen a los cilindros de rueda o las mordazas. El cilindro maestro también está

dividido en dos cámaras (o circuitos) de acumulación de presión separadas, para proporcionar fuerza de frenado a la mitad de los frenos en caso de fuga o daño en uno de los circuitos.

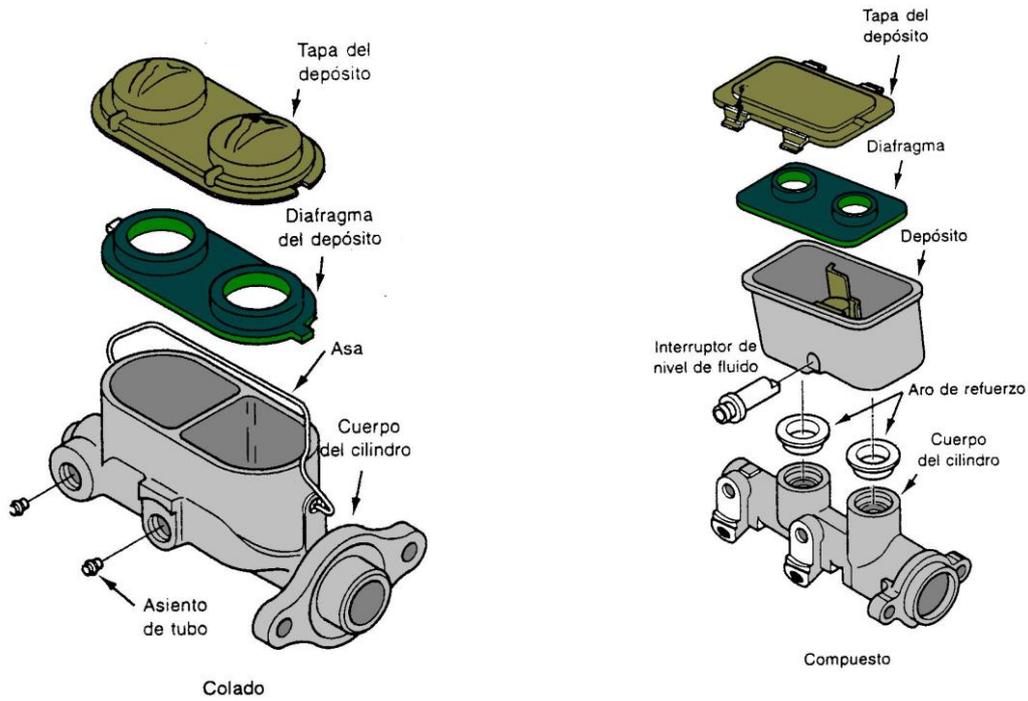


Fig. 1.7 Cilindro maestro.

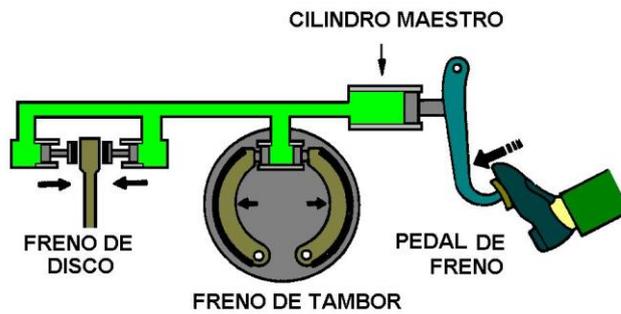


Fig. 1.8 Funcionamiento del cilindro maestro.

### 1.3.4. VALVULA PROPORCIONADORA

#### Cargas actuando en los neumáticos delanteros y posteriores

La fuerza del frenado es causada por la fricción del neumático y la carretera el cual se incrementa con la carga. El frente de los vehículos con motor delantero es más pesado que la parte posterior, así cuando los frenos son aplicados, el centro de gravedad de los vehículos tienden a moverse hacia adelante debido a la inercia. Añadiendo carga a la parte delantera y disminuyendo en la parte trasera como resultado de ello, Como el centro de gravedad se mueve hacia adelante se agrandará la fuerza de frenado, decreciendo la carga posterior aún más.

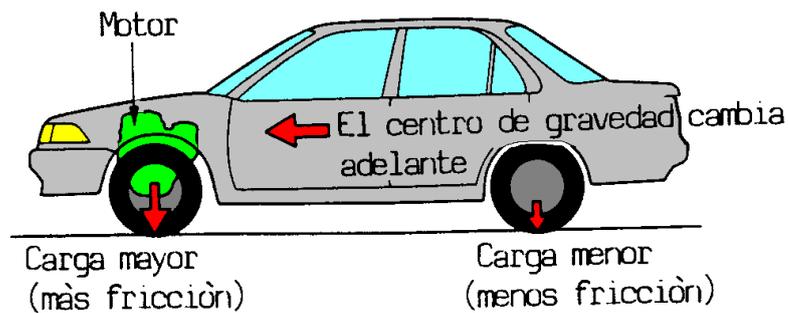


Fig. 1.9 Cargas en los neumáticos delanteros y posteriores.

#### Peligro de bloqueo prematuro de los neumáticos posteriores

Asumiendo que las ruedas delanteras y traseras ejercen una fuerza idéntica de frenado en las condiciones de arriba, las ruedas traseras, las cuales están sujetas a una carga menor tienden a bloquearse prematuramente. Esto causará patinajes de los neumáticos traseros. Cuando los neumáticos patinan, la fricción entre las llantas y el camino se hace pequeña y los neumáticos fallarán para permanecer en contacto suficiente con el camino. A menos que el vehículo se esté moviendo correctamente hacia adelante, este coleará, lo cual puede ser muy peligroso.

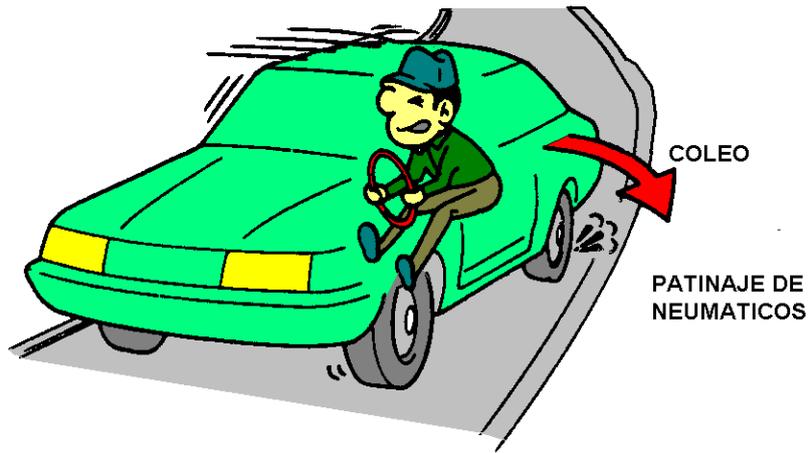


Fig. 1.10 Peligro de bloqueo prematuro en los neumáticos posteriores.

### Medidas para prevenir el bloqueo prematuro de los neumáticos traseros

La fuerza del frenado de los neumáticos traseros debe disminuirse debajo de la fuerza de frenado de los neumáticos delanteros con la finalidad de prevenir un bloqueo prematuro. Esto es llevado a cabo por la válvula proporcionadora (válvula P) que está designada para reducir automáticamente la presión hidráulica, en proporción a la fuerza del pedal, que va desde el cilindro maestro a los cilindros de las ruedas traseras.

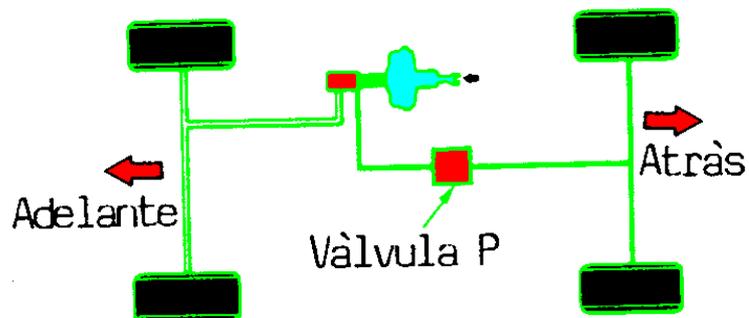


Fig. 1.11 Válvula proporcionadora.

## Curva de presión hidráulica ideal

La gráfica abajo muestra una curva de presión hidráulica ideal para las ruedas delanteras y traseras “los valores reales varían de un modelo de vehículo a otro”<sup>4</sup>. La válvula P está diseñada para llevarlas curvas depresiones reales tan cerca del ideal como sea técnicamente posible.

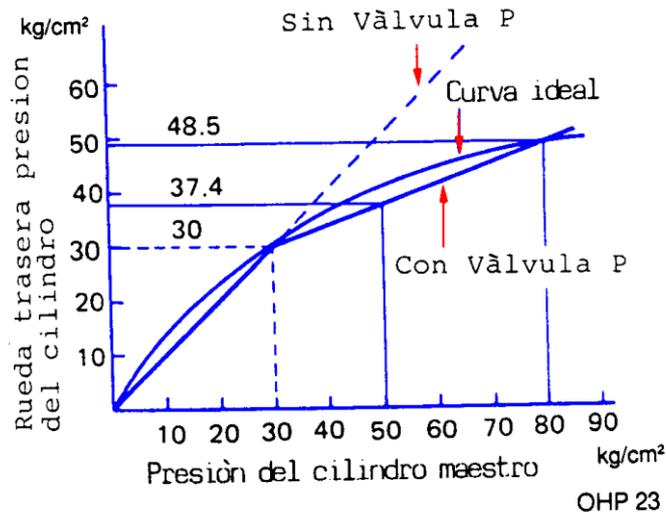


Fig. 1.12 Curva de presión hidráulica ideal.

## Clases de Válvula P

Existen los siguientes tipos de Válvula P, así como otras, cada una diseñada para prevenir el bloqueo prematuro de las ruedas traseras.

- . Válvula Proporcionadora (P)
- . Válvula Proporcionada y de Derivación (P &BV)
- . Válvula Proporcionadora sensible a la carga (LSPV)
- . Válvula Proporcionadora sensible a la desaceleración (DSPV)

<sup>4</sup> GTZ, TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL, Reverte, Colombia, 1986, Pág. 208.

### 1.3.5. CILINDROS DE RUEDA.

La presión hidráulica se transfiere desde el cilindro maestro hasta cada rueda a través del fluido de frenos. La fuerza que ejerce el conductor sobre el fluido de frenos empuja al pistón que está dentro del cilindro de rueda a moverse hacia fuera. A través de varillas de empuje o eslabones, este movimiento actúa sobre las zapatas de freno para forzarlas hacia afuera contra el tambor de freno.

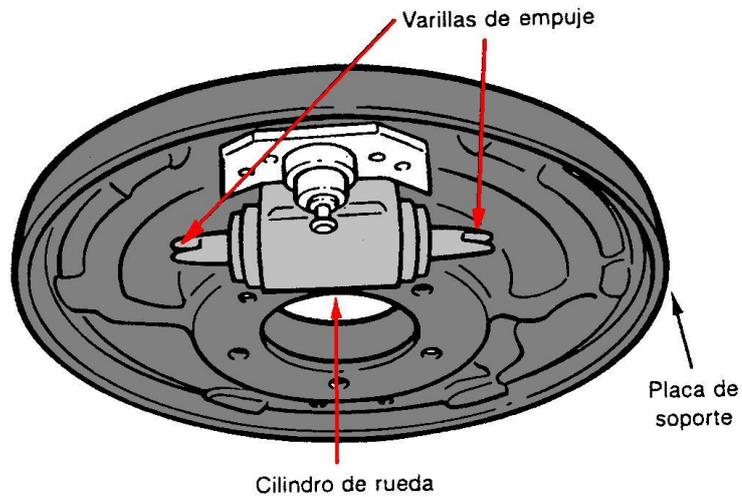


Fig. 1.13 Cilindro de rueda aspecto externo.

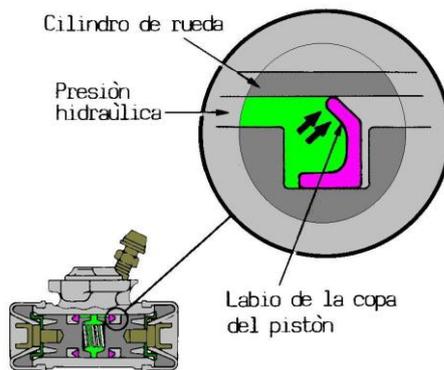


Fig. 1.14 Cilindro de rueda aspecto interno.

### **1.3.6. FRENOS DE TAMBOR**

El primer sistema de frenos en las ruedas (después de los frenos de mano) fue el de tambor, que toma su nombre porque los componentes del freno están dentro de un cilindro en forma de tambor que gira junto con el eje de las ruedas. En el interior se encuentran las zapatas que al oprimir el pedal del freno son presionadas contra el tambor generando fricción para detener el vehículo.



Fig. 1.15 Freno de tambor.

### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FRENOS DE TAMBOR.**

El diseño básico resultó ser muy efectivo para la mayoría de las circunstancias, sin embargo, tienen una desventaja importante. Cuando se somete a altos esfuerzos como frenando cuesta abajo en una pendiente, los frenos pierden su efectividad debido a que se genera mucho calor dentro del tambor, como la ventilación del tambor no es buena se deja de desprender calor y no se puede reducir más la velocidad.

### 1.3.7. FRENOS DE DISCO.

Los frenos de disco utilizan exactamente los mismos principios básicos de frenado (fricción y calor), sin embargo, su diseño es muy superior al de los frenos de tambor. En lugar de tener los componentes encerrados en el tambor, los frenos de disco constan de un disco expuesto al aire que es frenado por una mordaza generando fricción y calor. Este sistema de frenos es muy efectivo ya que el calor se disipa fácilmente al tener todos sus elementos expuestos al aire evitando encerrar el calor.

Esta tecnología fue desarrollada en autos de carreras para permitirles a los pilotos frenar hasta el último momento en las curvas aprovechando las menores distancias de frenado. Con el tiempo esta tecnología llegó a los autos convencionales y actualmente es muy común encontrar frenos de disco en las cuatro ruedas en autos sin intenciones deportivas.



Fig. 1.16 Freno de disco.

## **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS FRENOS DE DISCO.**

Más resistentes al desvanecimiento. El disco y las almohadillas se suelen montar donde el aire puede enfriar rápidamente las partes. De hecho, más del 80 por ciento del rotor está expuesto al aire. Además, conforme el rotor se vuelve más caliente, se expande hacia las almohadillas de fricción, y no se aleja de las zapatas, como ocurre con los frenos de tambor.

Paradas parejas y rectas. La fricción de los frenos de disco es proporcional a la presión aplicada. Los frenos de tambor, sin embargo, tienden a producir frenado disparejo porque la acción de auto multiplicación de fuerza tiende a ser desigual entre un lado y otro.

Pueden frenar estando mojados. El agua simplemente resbala de la superficie vertical del rotor y las almohadillas frotan constantemente contra la superficie del rotor, lo que efectivamente evita la acumulación de agua y el desvanecimiento de los frenos mojados.

Menos partes que requieren servicio. Debido a que tienen menor número de partes, casi todo el servicio de mantenimiento para frenos de disco suele ser más fácil que el servicio similar para frenos de tambor.

## **FRENOS DE DISCO VS FRENOS DE TAMBOR.**

Una vez analizadas las diferencias en términos de efectividad entre los frenos de disco y de tambor uno puede fácilmente concluir que los frenos de disco son mejores. Sin embargo, la mayoría de los autos que actualmente se venden vienen equipados con un sistema de frenos de disco en las ruedas delanteras y de tambor en las traseras. ¿Esto significa que los fabricantes de autos están sacrificando seguridad en los vehículos por cuestiones de costo? Uno pensaría que es así, no obstante, si consideramos el hecho que entre el 60% y 90% de poder de frenado proviene de las ruedas delanteras, encontramos que un sistema

de frenos bien diseñado con discos en la parte delantera y tambores en la parte trasera provee un frenado adecuado para la mayoría de los vehículos.

Además es necesario considerar que tanto los frenos de disco como de tambor han sido mejorados considerablemente a tal punto que los frenos de tambor actuales son mucho más efectivos que los frenos de disco de hace 20 o 30 años.

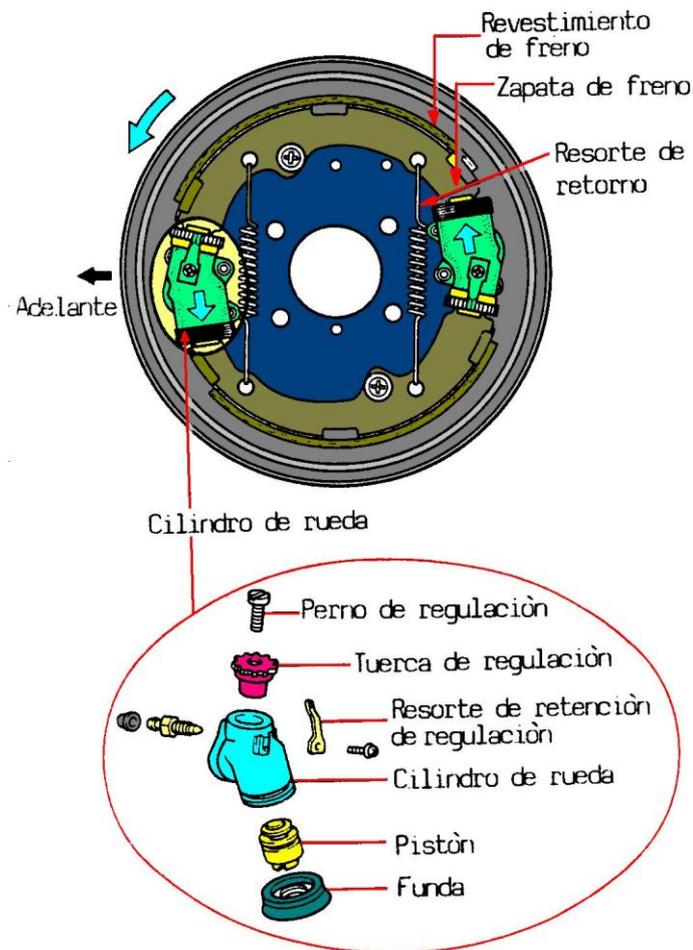


Fig. 1.17 Componentes de freno de tambor.

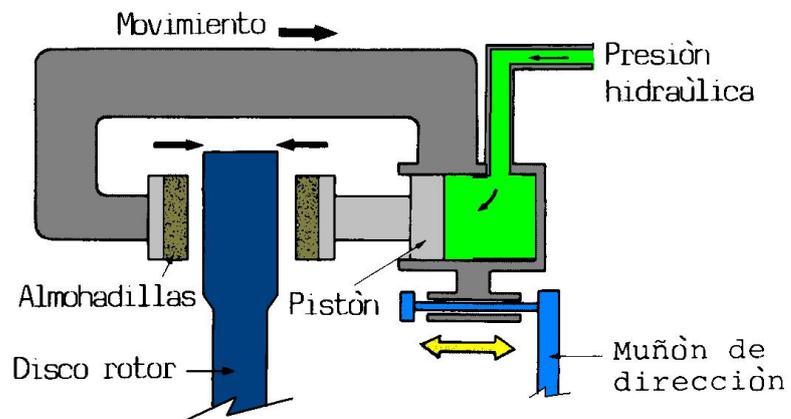
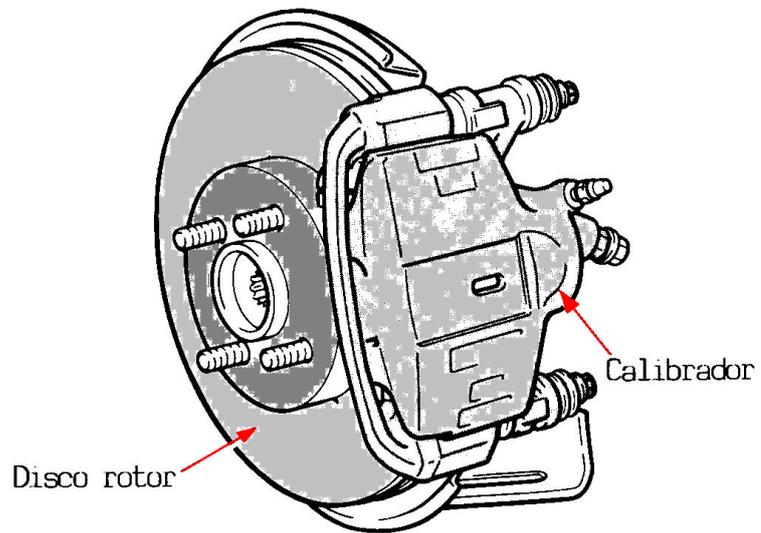


Fig. 1.18 Componentes de freno de disco.

### 1.3.8. FRENO DE ESTACIONAMIENTO

El freno de estacionamiento es un sistema sencillo el cual consta de un varillaje el cual al ser accionado por el conductor y sea con el pie o con la mano, el sistema hace que las zapatas de los frenos posteriores se abran y toquen con su superficie el tambor de freno evitando así su movimiento giratorio.

### 1.4. ESQUEMA GENERAL

Para cumplir las exigencias legales en materia de frenos, los automóviles de turismo van dotados de un sistema de frenos con accionamiento hidráulico (freno de servicio), formado por dos circuitos hidráulicos independientes; uno para accionar los frenos de las ruedas delanteras y otro para accionar los frenos de las ruedas traseras; de esta manera se cumple con la normativa en lo que se refiere al freno de socorro, pues en caso de avería de uno de los circuitos, queda otro en servicio. Algunos vehículos adoptan el sistema denominado de circuito cruzado, o en diagonal.

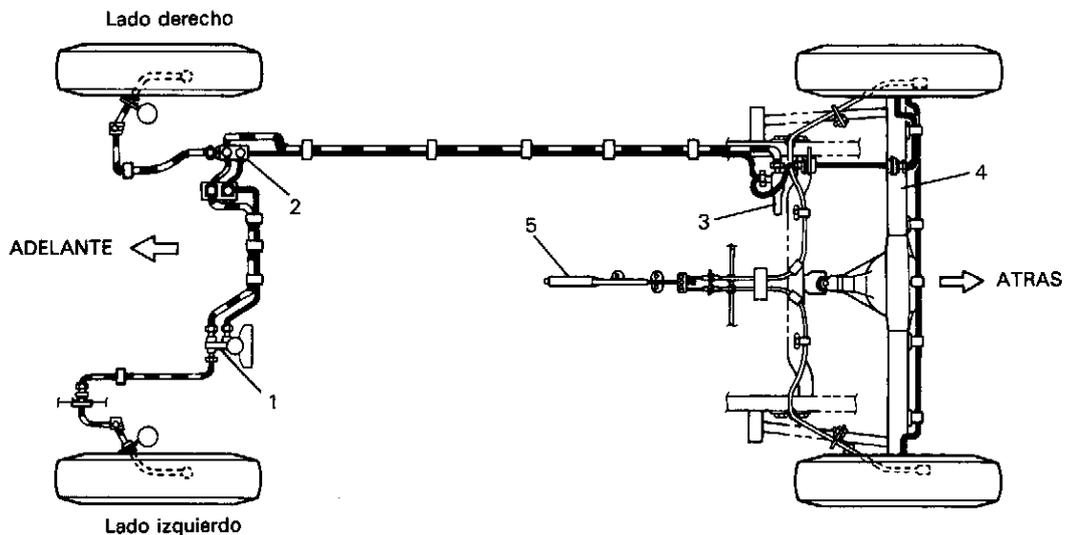


Fig. 1.19 Esquema general del sistema de frenos.

En los sistemas en diagonal cada circuito independiente actúa sobre el freno de dos ruedas situadas en ejes diferentes y en diferente lado del coche; por ejemplo, un circuito actúa sobre la rueda delantera izquierda y la rueda trasera derecha mientras que el otro circuito actúa sobre las otras dos. Además, los coches disponen de un freno que se acciona manualmente; el freno de estacionamiento, cuya misión es inmovilizar el automóvil cuando el vehículo está parado y el conductor está ausente

### 1.5. FUNDAMENTOS FISICOS

Las ruedas de los automóviles son el nexo de unión entre el vehículo y el suelo; gracias a este nexo podemos circular, dirigir, acelerar o frenar el coche. Para realizar cada una de estas acciones, las ruedas deben ejercer sobre el terreno en que se apoyan una serie de esfuerzos generados a voluntad del conductor al accionar el correspondiente mecanismo del vehículo, esfuerzos que se traducen en la deseada respuesta del automóvil.

Los esfuerzos que las ruedas pueden transmitir al suelo como muestra la figura. Están limitados por las características de los neumáticos y por las del propio suelo y dependen del peso que soporta de rueda. El esfuerzo máximo que una rueda puede ejercer sobre el terreno es la fuerza de adherencia  $F$ . Según las leyes de rozamiento, la fuerza de adherencia vale el producto de la fuerza con que la rueda pisa el suelo ( peso que gravita sobre ella  $P$  ) por el coeficiente de rozamiento entre firme y cubierta  $u$  (  $\mu$  ) \*

$$F = Pu$$

\* Cuando la rueda gira,  $u$  es el coeficiente de rozamiento de rodadura. Cuando la rueda no gira ,  $u$  es el coeficiente dinámico de rozamiento, de valor menor que el anterior.

Como el peso  $P$  es el producto de la masa por la aceleración de la gravedad:

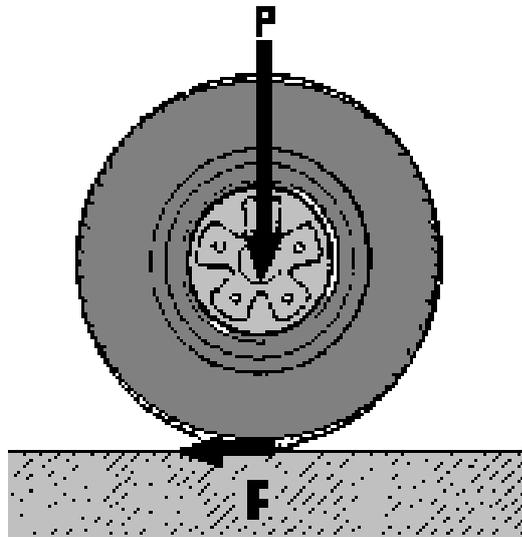


Fig. 1.20  $F = mgu$  (ecuación 1.1)

En esta formula,  $g$  es la aceleración de la gravedad que se ejerce sobre los cuerpos por la fuerza de atracción de la Tierra, que es la gravedad. El valor aproximado de  $g$  es  $9.81 \text{ m/s}^2$ , pues varia en función de la latitud y la altura del lugar, y cuando decimos gravedad se sobreentiende que nos referimos a aceleración de la gravedad. El coeficiente de rozamiento,  $u$ , depende de la naturaleza de los materiales del neumático y de la calzada, y del estado de las dos superficies en contacto; depende de la rugosidad; de la dureza del caucho que forma el neumático, de si el suelo está seco, mojado, o cubierto de barro, de hielo, etc.

En este proyecto, todas las referencias a la interacción entre calzada y cubierta serán considerando a  $u$  en sus valores correspondientes al rozamiento en rodadura, pues lo que pretenden los sistemas antibloqueo de ruedas es que éstas no sean arrastradas sobre el pavimento; en consecuencia, valores de  $u$  como coeficiente dinámico de rozamiento no se tomarán en cuenta.

En la ecuación 1.1 se describen las condiciones límite de apoyo de las ruedas en el suelo. Si se sobrepasa este límite, al utilizar el motor o cuando se usan los frenos, las ruedas patinarán como ocurre con una persona cuando pisa una piel de plátano. Si bien el vehículo no se caerá, como puede ocurrirle a la persona que sufre un resbalón, perderá su control direccional.

Pasemos ahora a analizar el funcionamiento de un sistema de frenos: cuando se pisa el pedal de freno en un automóvil se activa un sistema cuyos mecanismos transforman en calor la energía cinética que habíamos comunicado al vehículo al acelerarlo hasta conseguir la velocidad deseada, energía que debemos eliminar para poder detener al vehículo.

Esta transformación de energía producida gracias al rozamiento entre pastilla y disco o entre zapata y tambor, según el tipo de freno que tenga el vehículo genera en la superficie de la rueda en contacto con el suelo un esfuerzo tangencial llamado retardador, opuesto a la fuerza de inercia que sigue impulsando al coche en su trayectoria.

De esta manera conseguimos que el vehículo se detenga recorriendo un espacio llamado espacio de frenado. Pero si al actuar sobre el sistema de frenos sobrepasamos el límite de la fuerza de apoyo de las ruedas, éstas dejarán de girar, se bloquearán y perderemos el control direccional del vehículo.

Además habrá cesado la transformación de la energía cinética del vehículo en calor porque han dejado de frotar, pongamos por caso, la zapata y el tambor y ahora la energía cinética sólo se elimina por el rozamiento entre el piso y la cubierta del neumático.

El calor generado por el rozamiento con la rueda bloqueada hace aumentar la temperatura en la superficie de la cubierta y llega a producir la fusión del caucho, creándose una película y viscosa sobre la que desliza el neumático patinando, que hace descender el coeficiente de adherencia  $u$  entre el firme y la

calzada en un 20% por término medio. La disminución del 20% en el valor de  $u$  corresponde a la diferencia entre el coeficiente de rozamiento a la rodadura y el coeficiente de rozamiento dinámico (recordemos que este último rige cuando una rueda bloqueada es arrastrada sobre el piso).

En consecuencia, el espacio de frenado aumenta en la misma proporción a partir del momento en que se produce el bloqueo de las ruedas. El caucho desprendido por fusión deja, cuando se solidifica, una huella sobre el asfalto como testigo del patinazo.

## **1.6. CALCULOS**

### **Desaceleración de frenado**

Es la reducción de la velocidad por unidad de tiempo por efecto de la aplicación de los frenos, por ejemplo, un automóvil que marche con una velocidad de 90 Km./h (igual a 25 m/s) se detiene en 10 segundos. Su desaceleración es igual a  $25 \text{ m/s} : 10 \text{ s} = 2,5 \text{ m/s}^2$ .

### **Tiempo de frenado**

Es el intervalo de tiempo durante el cual están actuando los frenos.

### **Distancia de frenado**

Durante el tiempo de frenado el vehículo recorre todavía una distancia determinada. Esa distancia se llama distancia de frenado.

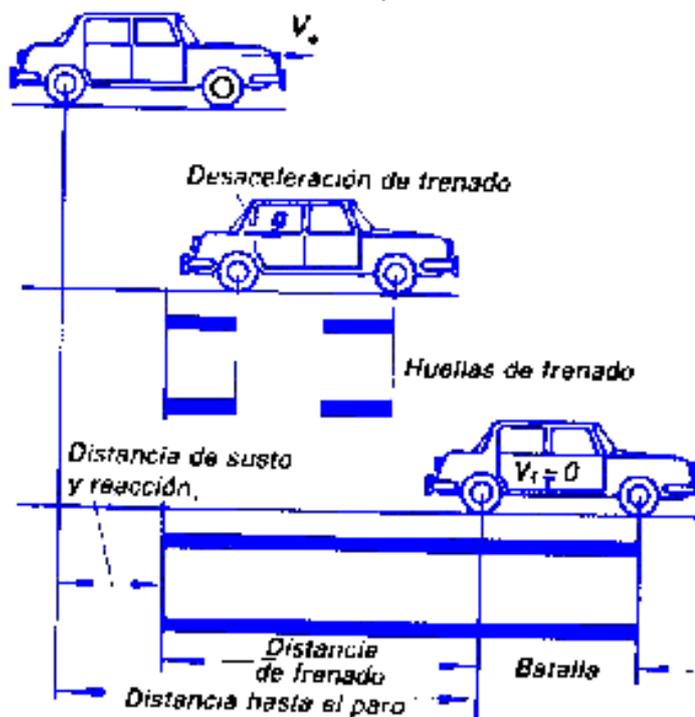


Fig. 1.21 Proceso de Freno.

### Distancia hasta el paro.

Desde que aparece un peligro hasta que se para por completo, un vehículo recorre una distancia superior a la de frenado, por dos razones:

1° El tiempo que tarda en reaccionar el conductor (fracción de segundos), que se denomina tiempo de susto y

2° El tiempo de reacción de los frenos desde que se aplican hasta que ejercen toda su acción.

Durante este tiempo (susto y reacción) el vehículo sigue avanzando con la velocidad inicial. Es pues lógico que la distancia hasta el paro es mayor que la distancia del frenado.

## Notaciones

S total = Distancia hasta el paro (m)

S = Distancia de frenado (m)

S1 = Distancia recorrida durante el susto y reacción (m)

a = Desaceleración de frenado (m/s)

Vo= Velocidad inicial (m/s)

t= tiempo inicial (s)

t1= tiempo de susto y reacción (s)

Desaceleración, tiempo y distancia de frenado.

$$V_o = t \cdot a \quad (\text{m/s})$$

$$S = \frac{V_o \cdot t}{2} \quad (\text{m})$$

$$S = \frac{V_o \cdot t}{2} = \frac{V_o \cdot \frac{V_o}{a}}{2} = \frac{V_o^2}{2a} \quad (\text{m})$$

$$a = \frac{V_o^2}{2S} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$t = \frac{2S}{V_o} \quad (\text{s})$$

$$V_o = t \cdot a = \sqrt{2a \cdot S} \quad (\text{m/s})$$

$$S_{\text{total}} = S + t_1 \quad (\text{m})$$

1.1. Ecuaciones para frenos (física)

## PRESIÓN DEL CIRCUITO Y FUERZA DE APRIETO

El hombre puede como máximo apretar con el pie con una fuerza de 750 N (75 daN). Para la desaceleración que se alcanza en los automóviles de turismo hace falta, sin embargo, una fuerza casi diez veces mayor. Es necesario pues aumentar la fuerza del pie bien sea:

- 1° Mediante palancas
- 2° Transmisión hidráulica
- 3° Fuerzas externas (por ejemplo aire comprimido)
- 4° Aumento automático con frenos de tambor

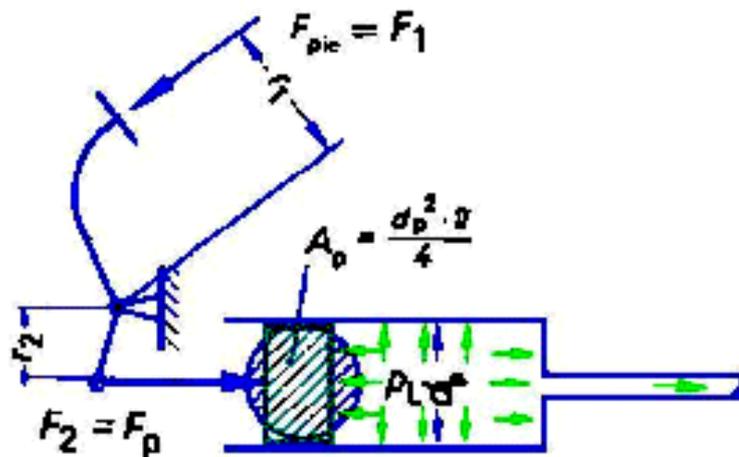


Fig. 1.22 Generación de la presión del circuito en el cilindro principal de frenado.

Por lo general se instalan frenos hidráulicos en los vehículos (turismos). En tal la fuerza del pie  $F_{pie}$ , se aumenta por efecto de palanca de las varillas del pedal del freno. En el cilindro principal de frenado actúa la fuerza aumentada  $F_p$  y genera a la salida del cilindro la presión del circuito  $P_L$ .

## Fuerza de aprieto.

La presión en los líquidos se transmite en todas direcciones con la misma intensidad. Por la ley de Pascal.

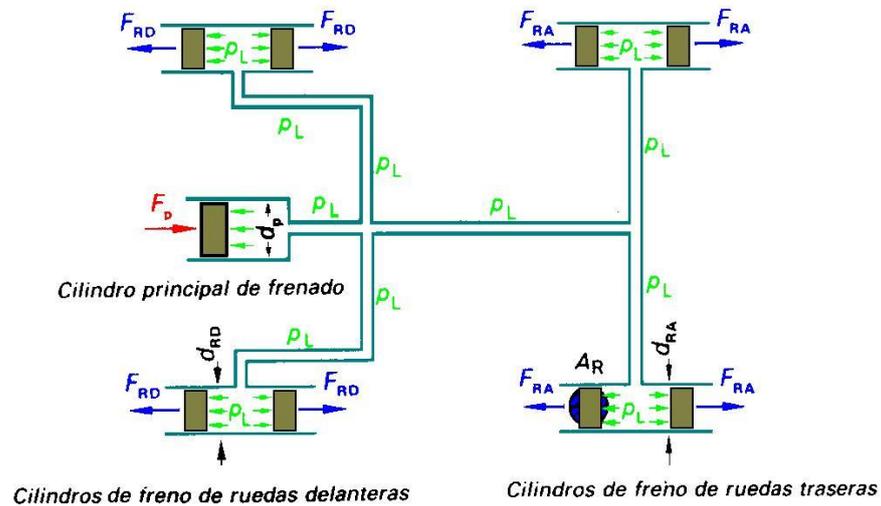


Fig. 1.23 Cilindros de rueda delanteros y Posteriores.

Por esta razón la presión  $P_L$  del circuito actúa en los émbolos de los cilindros de freno y genera en ellos las fuerzas de aprieto  $F_{RD}$  y  $F_{RA}$  mediante estas fuerzas de aprieto las mordazas de freno presionan a los discos y los tambores son detenidos por las zapatas.

### Notaciones:

$F_{pie}$  = Fuerza del pie [daN]

$F_p$  = Fuerza en la cabeza del émbolo del cilindro principal de frenado [daN]

$r_1$  = Brazo de palanca 1 del pedal del freno [cm]

$r_2$  = Brazo de palanca 2 del pedal del freno [cm]

$A_p$  = Superficie del cilindro principal [ $cm^2$ ]

$A_R$  = Superficie de los cilindros de rueda [ $cm^2$ ]

$P_L$  = Presión del circuito [ $daN/cm^2 = 1 \text{ bar}$ ]

$F_{RD}$  = Fuerza de aprieto de los cilindros de las ruedas delanteras [daN]

FRA = Fuerza de aprieto de los cilindros de las ruedas traseras [daN]

dp = diámetro del cilindro principal [cm]

dRD = Diámetro de los cilindros de las ruedas delanteras [cm]

dRA= Diámetro de los cilindros de las ruedas traseras [cm]

Observación: La presión se da en daN/cm<sup>2</sup> porque 1 daN/cm<sup>2</sup> corresponde a 1 Bar.

$$F_p = \frac{F_{pie} \cdot r_1}{r_2} \text{ (daN)}$$

$$P_L = \frac{F_p}{A_p} = \frac{F_p}{\frac{d_p^2 \cdot \pi}{4}} \text{ (daN/cm)}$$

$$F_{RD} = P_L \cdot A_{RD} = \frac{d_{RD}^2 \cdot \pi}{4} \text{ (daN)}$$

$$F_{RA} = P_L \cdot A_{RA} = \frac{d_{RA}^2 \cdot \pi}{4} \text{ (daN)}$$

## 1.2. Ecuaciones de freno (hidráulica)

### FRENOS DE TAMBOR, FUERZA PERIFÉRICA

El freno símplex consta de un cilindro de rueda con dos émbolos y de zapatas giratorias. Si se acciona el freno, ambos émbolos de los cilindros de freno de las ruedas presionan contra las mordazas con la fuerza de aprieto, con lo cual, los forros o guarniciones presionan sobre el tambor que está en movimiento y generan un rozamiento en la periferia del mismo.

La fuerza de rozamiento se denomina fuerza periférica en el tambor de freno depende:

1. La fuerza de aprieto
2. El coeficiente de rozamiento entre el forro y el tambor y, el tipo de freno (tambor: símplex, dúplex y servo; discos).

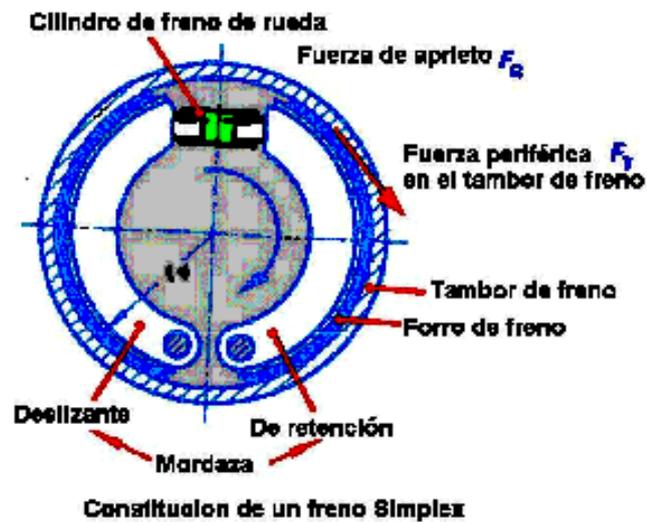


Fig. 1.24 Fuerzas presentes en el freno de tambor.

El rozamiento (coeficiente de fricción) y la clase frenos se contemplan en el denominado valor nominal ó característico C de los frenos. Este valor característico de los frenos se determina mediante fórmulas complicadas se toma del siguiente diagrama.

### Notaciones

FR = Fuerza de aprieto (daN)

FT = Fuerza periférica en el tambor de freno

C = Valor característico de los frenos (-)

UD = coeficiente de rozamiento dinámico

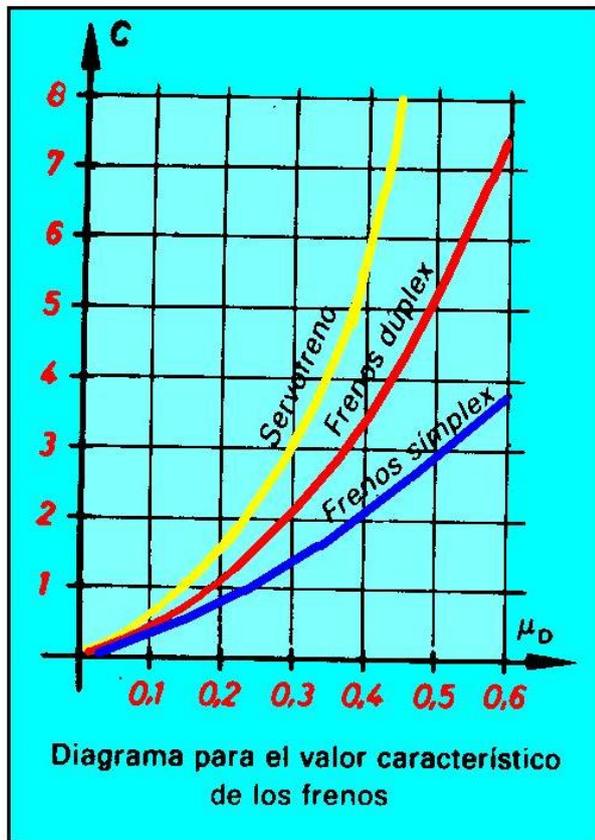


Fig. 1.25 Cuadro de coeficientes de fricción dinámico.

$$F_T = C \cdot F_R \text{ (N)}$$

1.3. Ecuación fuerza tangencial de freno.

### FRENOS DE DISCO, FUERZA DE FRENADO EN UNA RUEDA

En los automóviles de turismo modernos cada vez se emplean más los frenos de disco en lugar de los de tambor. (Ventajas: efecto de frenado más parejo, imposibilidad de autobloqueo).

Al actuar la instalación de frenos, las dos zapatas aprietan cada una con la fuerza  $F$  contra el disco y dan origen a la fuerza periférica  $F_T$ , (fuerza de rozamiento) con brazo de palanca  $r_m$ .

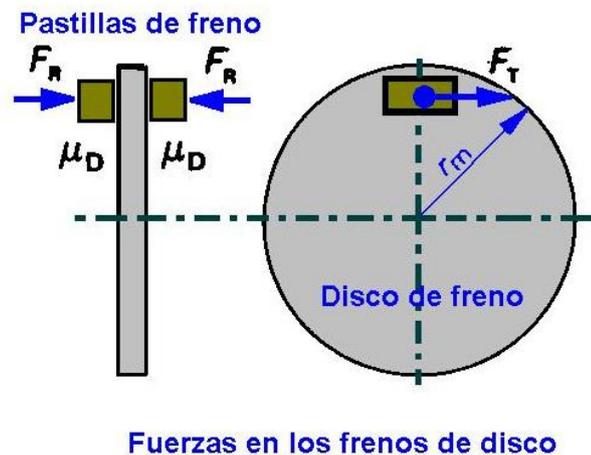


Fig. 1.26 Fuerzas presentes en el freno de disco.

Fuerza de frenado en una rueda, la fuerza periférica  $F_T$  en el tambor del freno actúa con el radio  $r_m$ , (en los frenos de disco con el brazo de palanca  $r_m$ ) y genera así el frenado.

Ese par es el que origina la fuerza de frenado **FFR** en cada rueda con un brazo igual al radio dinámico  $R_{din}$ . Puesto que esa fuerza **FFR**, es la que se obtiene en cada una de las ruedas, la fuerza total de frenado es igual a cuatro veces ese valor.



Fig. 1.27 Fuerzas presentes en el frenado de una rueda.

### NOTACIONES

$F_T$  = Fuerza periférica (o tangencial) [daN]

$F_R$  = Fuerza de aprieto [daN]

$\mu_D$  = Coeficiente de rozamiento dinámico [—]

$r_m$  = Brazo de palanca medio de los frenos de disco [m]

$R_t$  = Radio del tambor del freno [m]

$R_{din}$  = Radio dinámico de la rueda [m]

$F_F$  = Fuerza de frenado [daN]

$F_{FR}$  = Fuerza de frenado por rueda [daN]

$$F_T = 2 \cdot \mu_D \cdot F_R \quad (\text{N})$$

$$F_{FR} = \frac{F_T \cdot r_T}{R_{din}} \quad (\text{daN})$$

1.4. Ecuación fuerza radial de freno.

## CAPITULO II

### DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO AUXILIAR DE FRENO

#### 2.1. EL SISTEMA HIDRÁULICO DE FRENADO

Todos los sistemas de frenado requieren que la fuerza del conductor se transmita a un tambor o rotor unido a cada rueda. La fuerza que se puede ejercer sobre el pedal de freno varía según sea la fuerza que ejerza el conductor. Los constructores proyectan los sistemas de frenado de modo que requieran menos de 667 newton (150 lb) de fuerza del conductor, pero que, al mismo tiempo, proporcionen la fuerza necesaria para detener un vehículo pesado que se mueva a alta velocidad.

##### 2.1.1. LEY DE PASCAL

Los principios hidráulicos que permiten que funcione un sistema de frenos fueron descubiertos por el físico francés Blaise Pascal (1632-1662), quien descubrió que “cuando se aplica presión a un líquido confinado en un recipiente o un espacio cerrado, la fuerza se transmite, igual y sin disminución, en todas direcciones”.

“Para ayudar a comprender este principio, supóngase que se ejerce una fuerza de 10 lb sobre un pistón con un área superficial de 1 pulgada cuadrada (pulg.<sup>2</sup>). Puesto que esta fuerza, medida en libras, se aplica a un pistón con un área que se mide en pulgadas cuadradas, la presión es la fuerza multiplicada por el área, o “10 libras por pulgada cuadrada” (lb/pulg.<sup>2</sup>) (psi). Ésta es la “presión” que se transmite, sin pérdida, a través de todo el sistema hidráulico.”<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Alber Tartí Parera, FRENOS ABS, Alfa Omega, México, 1995, Pág. 55

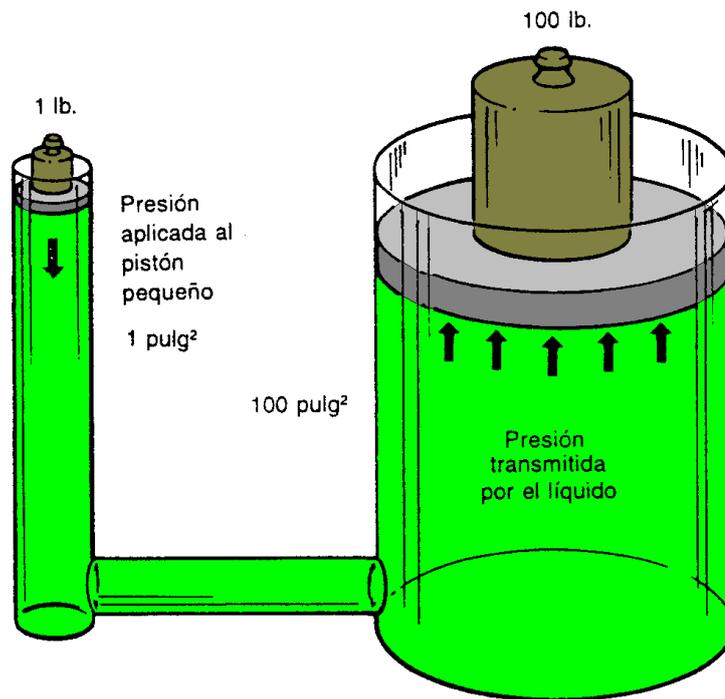


Fig. 2.1 Esquema de la Ley de Pascal.

La ley de Pascal se puede enunciar matemáticamente como sigue:

$$F = P \times A \text{ o } P = F/A \text{ o } A = F/P$$

donde F = fuerza (lb.)(newton)

P = presión en lb/pulg.<sup>2</sup> (Kg./cm.<sup>2</sup>)

A = área en pulg.<sup>2</sup> (cm.<sup>2</sup>)

Un ejemplo práctico es un cilindro maestro con un área de pistón de 1 pulg.<sup>2</sup> (6.45 cm.<sup>2</sup>), un cilindro de rueda con un área de 1 pulg.<sup>2</sup> (6.45 cm.<sup>2</sup>), y un cilindro de rueda con un área de pistón de 2 pulg.<sup>2</sup> (12.9 cm.<sup>2</sup>).

Lo interesante de la hidráulica es que la fuerza aplicada se puede enviar a más de un cilindro de rueda. La verdadera “magia” de un sistema hidráulico de frenos es el hecho de que se pueden crear fuerzas diferentes en cilindros de rueda diferentes. Se necesita más fuerza para los frenos delanteros que para los traseros, porque, conforme se aplican los frenos, el peso del vehículo se desplaza hacia delante. Se usan pistones más grandes (de mayor área) en los cilindros de rueda (mordazas, si los frenos son de disco) de las ruedas delanteras para aumentar la fuerza que se ejerce para aplicar los frenos delanteros. No sólo puede la hidráulica actuar como una “máquina de fuerza” (al variar el tamaño del pistón), sino que, además, se puede variar el sistema hidráulico para modificar las distancias de carrera del pistón.

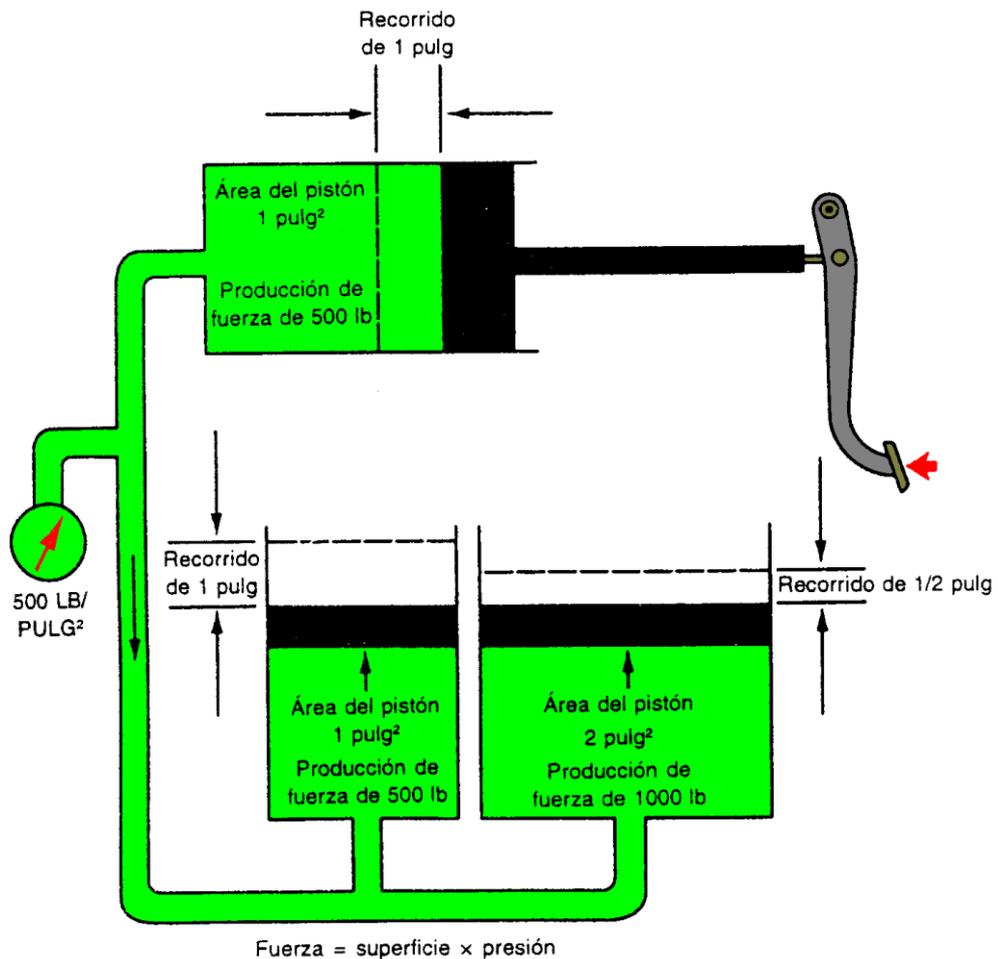


Fig. 2.2 Esquema hidráulico del freno.

“En un vehículo común, una fuerza de 667 newton (150 lb), aplicada por el conductor, se refuerza tanto mecánicamente (a través del varillaje del pedal de freno) como mediante el reforzador de potencia hasta una presión de fluido de alrededor de 1 700 lb/pulg<sup>2</sup> (11 700 kPa). Durante una aplicación típica de frenos, sólo alrededor del equivalente a 1 cucharadita (5 MI o cc) de fluido de frenos se desplaza efectivamente desde el cilindro maestro hasta el interior del sistema hidráulico para hacer que ocurra la acumulación de presión. “<sup>6</sup>

En un freno de tambor, el cilindro de rueda se expande y empuja las zapatas de freno contra el tambor. La distancia que recorren las zapatas es sólo de 0.015 a 0.30 mm (15 a 300 milésimas de milímetro) (0.005 a 0.012 pulg) aproximadamente. En el caso de un freno de disco, la presión del fluido empuja un poco sobre el pistón de la mordaza y causa que las almohadillas del freno de disco sujeten como tenazas ambos lados del rotor (disco). La distancia típica que recorren las almohadillas es de sólo 0.025 a 0.076 mm (25 a 76 milésimas de milímetro) (0.001 a 0.003 pulg).

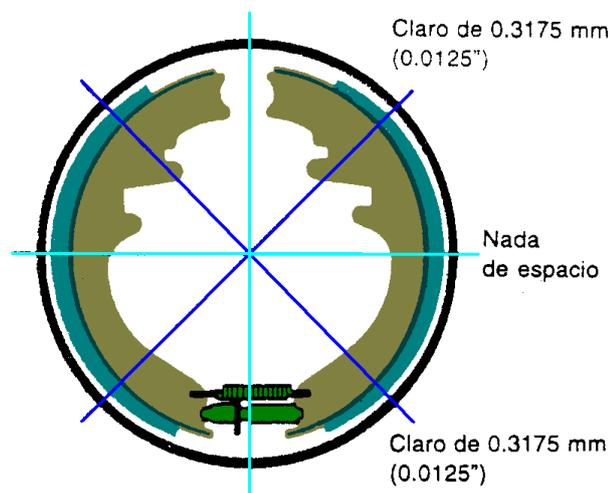


Fig. 2.3 Esquema de la holgura de freno.

<sup>6</sup> Alber Tartí Parera, FRENOS ABS, Alfa Omega, México, 1995, Pág. 68

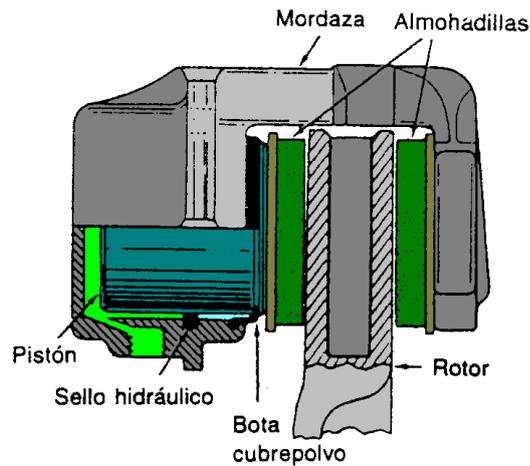


Fig. 2.3 Esquema de la holgura de freno. (Continuación)

## 2.2. MONITOREO DE PRESIÓN POR MEDIO DE SENSORES

La presión en muchos sistemas hidráulicos son controlados mediante sensores de presión, interruptores de presión. Estos son interruptores que abren o cierran circuitos eléctricos dependiendo la presión a la que están sometidos y su configuración interna, es decir que, cuando la presión llega a un valor predeterminado, el interruptor se abrirá o aterrizará a tierra el circuito de control.

Generalmente son utilizados en sistemas de lubricación, cuando la presión cae de su valor nominal estos interruptores de presión aterrizan a masa una luz indicadora en el panel de controles.

En nuestro proyecto utilizaremos las interruptores de presión para informar al controlador electrónico la presencia o ausencia de presión en el circuito principal de frenos, tomándose voltajes altos para la presencia de presión y voltajes bajos para su ausencia.

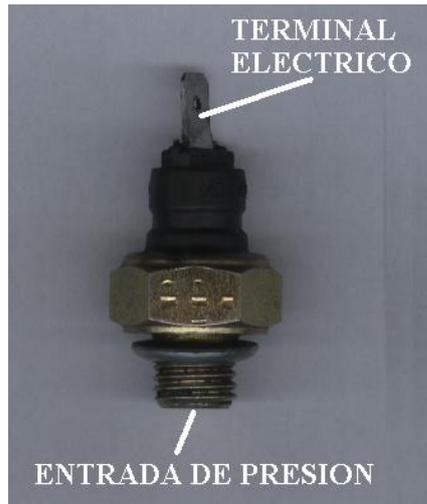


Fig. 2.4 Sensor de presión.

### 2.3. CILINDRO MAESTRO EN TÁNDEM

El cilindro maestro en tandem hace funcionar un sistema hidráulico dividido o partido. Está diseñado de tal manera que si uno de los circuitos fallase, el otro continúa funcionando para proporcionar al menos alguna fuerza de frenado. Este es uno de los más importantes dispositivos de seguridad del vehículo.

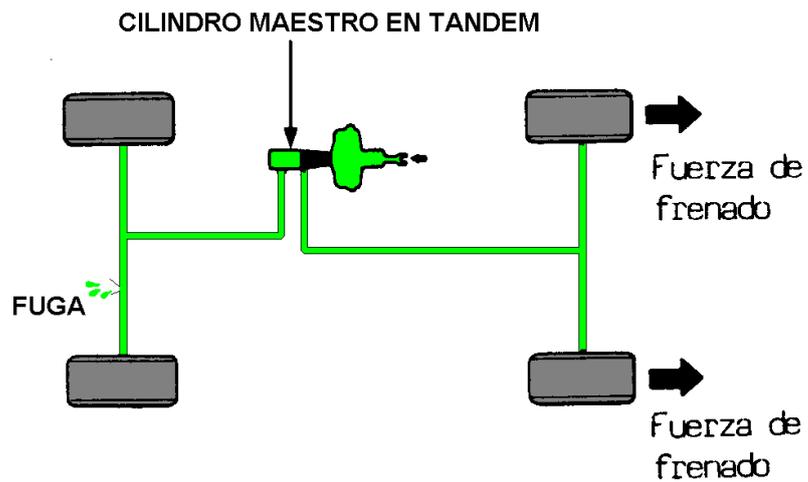


Fig. 2.5 Cañería de freno en vehículos tipo tracción trasera.

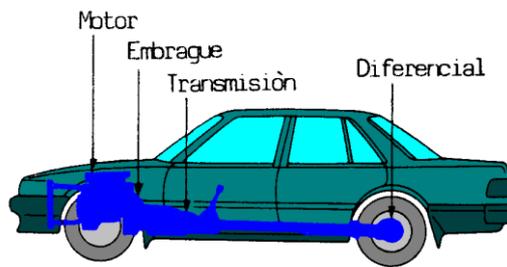


Fig. 2.6 Vehículos tipo tracción trasera.

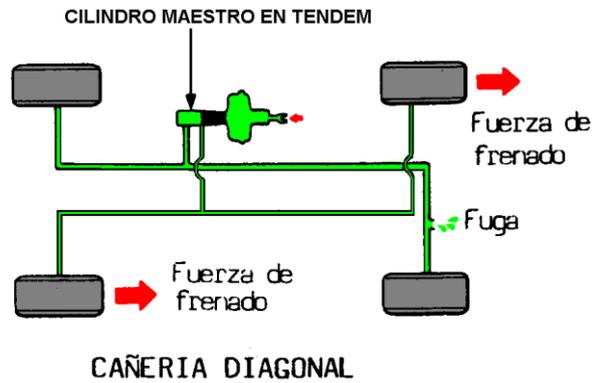


Fig. 2.7 Cañería de freno en vehículos tipo tracción delantera.

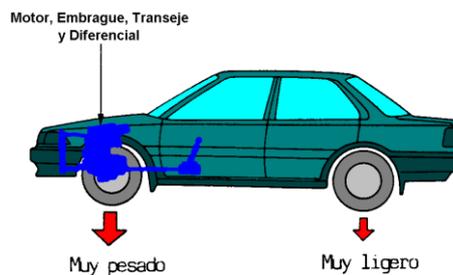


Fig. 2.8 Vehículos tipo tracción delantera.

Si los vehículos del tipo tracción delantera tienen la misma cañería de frenos que los vehículos del tipo tracción posterior y ocurriera algo incorrecto en el sistema hidráulico delantero, un trabado precoz podría ocurrir en las ruedas traseras. Esto es debido a que la resistencia de la fricción entre el neumático y la carretera es menor en la retaguardia, el cual es más ligero en los vehículos tipo transmisión trasera. Una fricción más pequeña generaría una menor potencia de frenado (requiriendo una gran distancia para detener el vehículo). La disposición en diagonal de la cañería de frenos es utilizada para prevenir problemas.

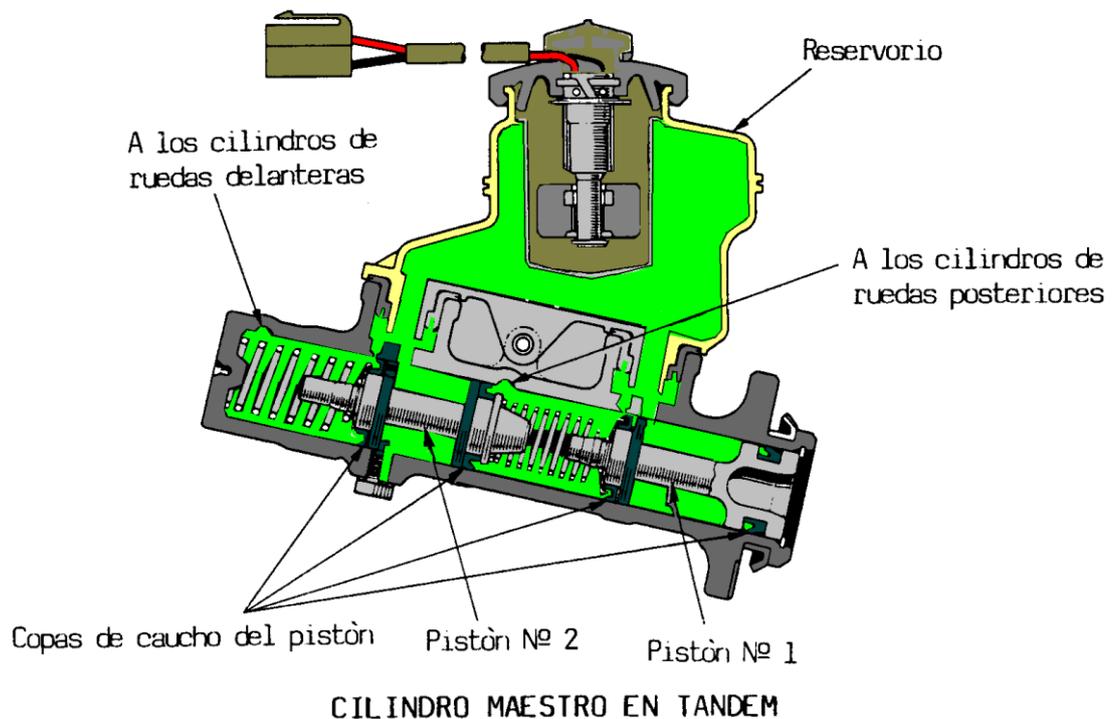


Fig. 2.9 Cilindro maestro en tandem.

### **FUNCIONAMIENTO NORMAL**

Cuando los frenos no están aplicados y las copas de los pistones No. 1 y No. 2 están situados entre el orificio de compensación, proporcionando un pasaje entre el cilindro y el reservorio. El pistón No. 2 es empujado a la derecha por la fuerza del resorte de retorno No. 2, pero tiene el recorrido limitado por un tapón.

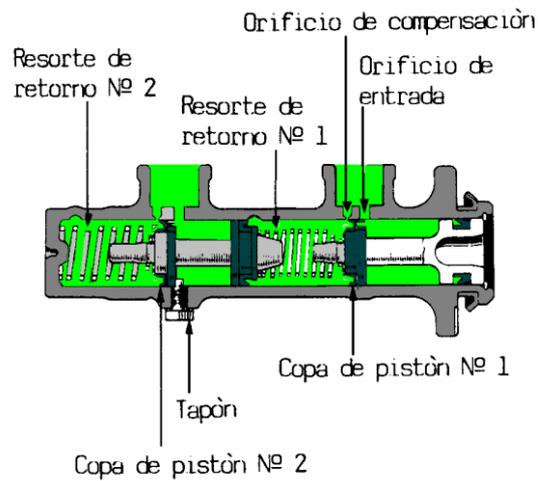


Fig. 2.10 Cilindro maestro en posición libre.

Cuando el pedal de frenos es presionado, el pistón No. 1 se mueve a la izquierda, la copa del pistón cierra lentamente el orificio de compensación para bloquear el pasaje entre el cilindro y el reservorio. Puesto que el pistón es empujado adicionalmente se incrementa la presión hidráulica dentro del cilindro, esta presión activa en los cilindros de las ruedas traseras. Como la misma presión hidráulica también empuja al pistón No. 2, este funciona continuamente del mismo modo que el pistón No. 1 y actúa en los cilindros de las ruedas delanteras.

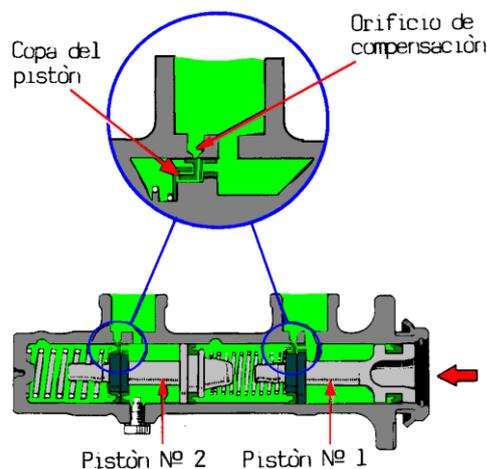


Fig. 2.11. Cilindro maestro en posición de frenos aplicados.

Cuando el pedal de freno es liberado, los pistones han retornado a sus posiciones originales por la presión hidráulica y la fuerza de los resortes de retorno. Sin embargo, debido a que el fluido de frenos no retorna inmediatamente desde los cilindros de rueda, la presión hidráulica dentro del cilindro maestro descenderá momentáneamente (una manifestación de vacío). Como resultado de ello, el fluido de frenos dentro del reservorio fluye hacia los cilindros a través del orificio de entrada, por los orificios provistos en el extremo del pistón y alrededor de la periferia de la copa del pistón.

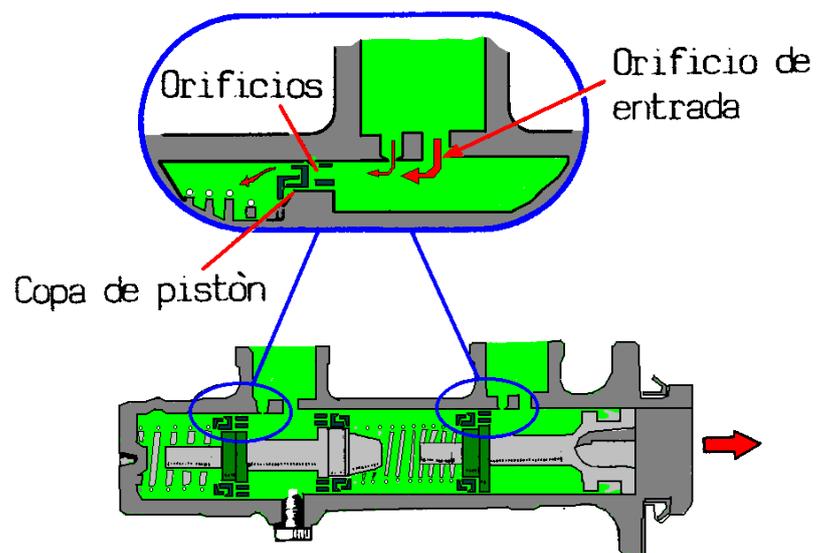


Fig. 2.12 Cilindro maestro en posición de retorno.

Después que el pistón ha retornado a su posición original, el fluido de frenos retornará desde los cilindros de rueda a los cilindros fluyendo hacia el reservorio no a través de los orificios de compensación. Los orificios de compensación también absorben los cambios en el volumen del fluido de frenos, que podrían ocurrir dentro del cilindro debido a los cambios de temperatura. Esta operación previene la elevación de la presión hidráulica cuando los frenos están siendo utilizados.

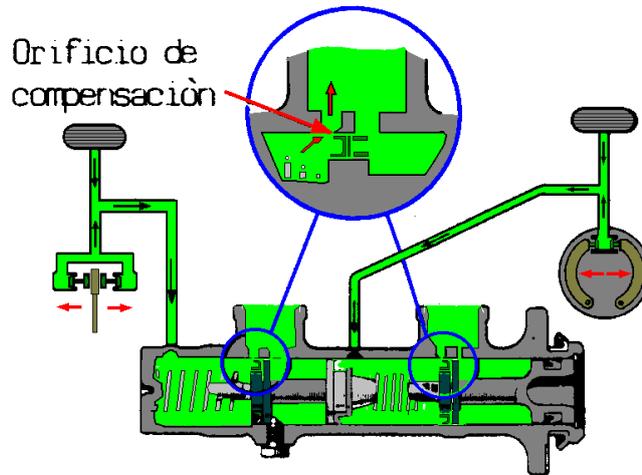


Fig. 2.13 Orificio de compensación.

## 2.4. CILINDROS DE RUEDA

En el Corsa 2003 tenemos frenos de disco en las ruedas delanteras, en los frenos de disco, las almohadillas están presionadas contra ambos lados del disco (el cual gira con la rueda) para detener el vehículo.

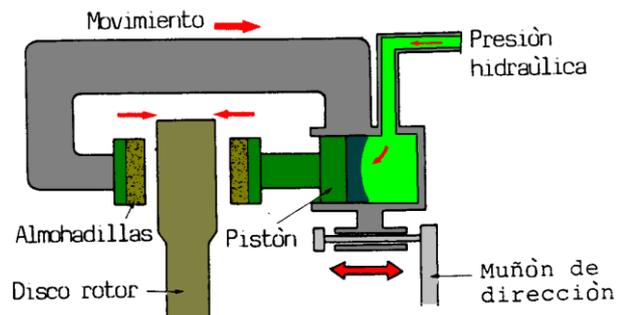
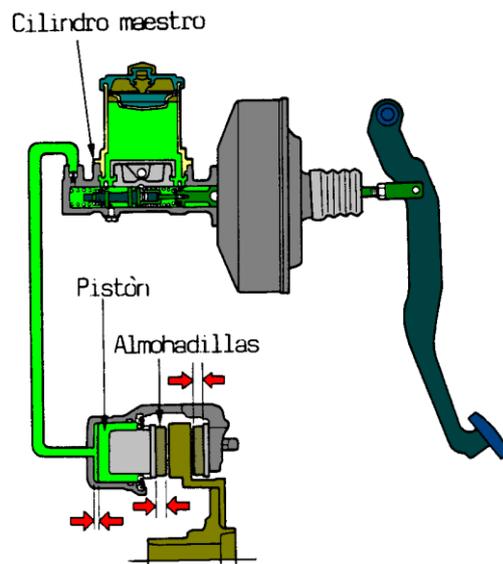


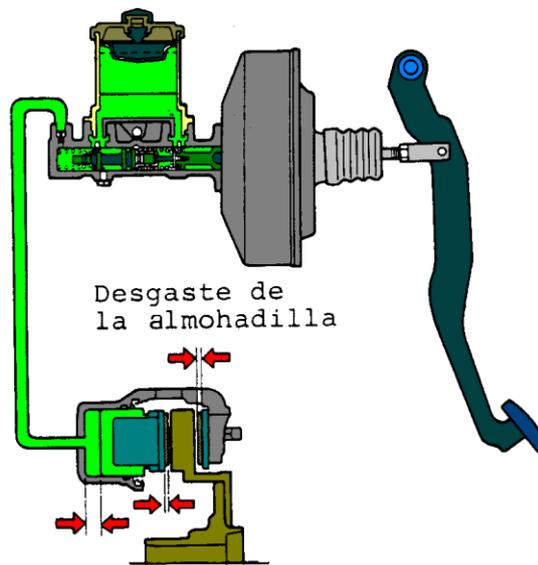
Fig. 2.14 Cilindro de rueda en freno de disco.

Debido al gran diámetro de los pistones en el tipo de freno de disco, el desgaste de las almohadillas ocasiona una gran caída en el nivel de fluido en el reservorio.



ANTES DEL DESGASTE DE LA ALMOHADILLA

Fig. 2.15 Holgura antes del desgaste de la almohadilla.



DESPUES DEL DESGASTE DE LA ALMOHADILLA

Fig. 2.16 Holgura después del desgaste de la almohadilla.

En los frenos posteriores del Corsa 2003 tenemos el sistema de freno de tambor, el cilindro de ruedas está emperrado al plato de soporte, el cual es un componente no giratorio del freno de tambor.

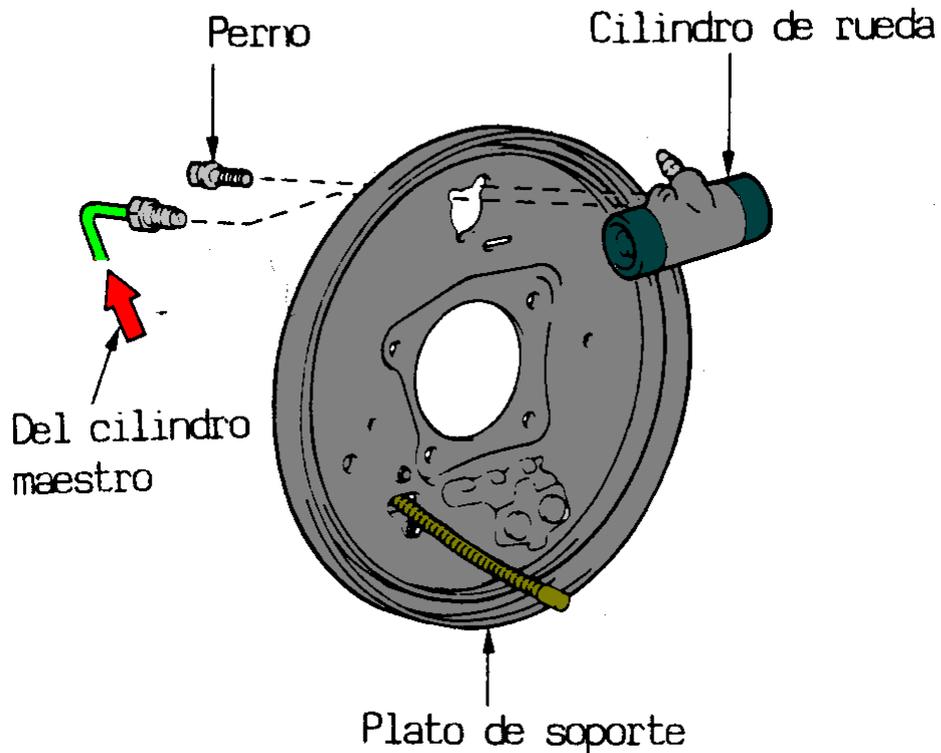


Fig. 2.17 Cilindro de rueda en frenos de tambor.

#### 2.4.1. FUNCIONAMIENTO

##### FRENOS SIN APLICAR

Los pistones dentro del cilindro están constantemente presionados hacia atrás por medio del resorte de retorno, a través de la zapatas del freno. El resorte de compresión en el cilindro de rueda está fijado de modo que los pistones y zapatas estén en contacto todo el tiempo. Esto previene un ruido inusual desde los frenos.

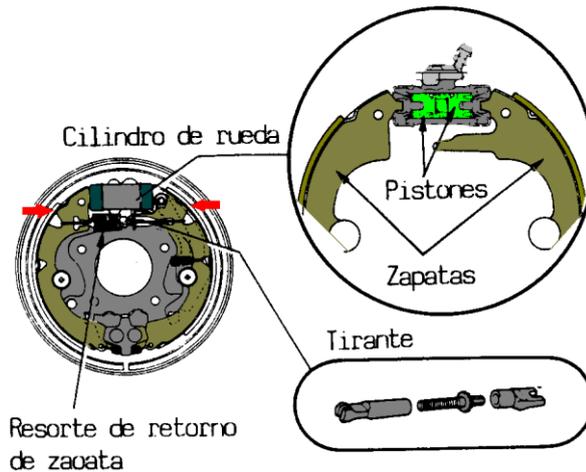


Fig. 2.18 Cilindro de rueda de tambor sin aplicar.

## FRENOS APLICADOS

Cuando el pedal de freno es presionado, la presión hidráulica dentro del cilindro maestro, actúa sobre los cilindros de rueda, forzando a las zapatas a separarse y que rocen contra el revestimiento y detengan el vehículo. La presión hidráulica en el cilindro de rueda también actúan sobre los labios de la copa del pistón, este empuja los labios contra el cilindro y previene fuga de fluido.

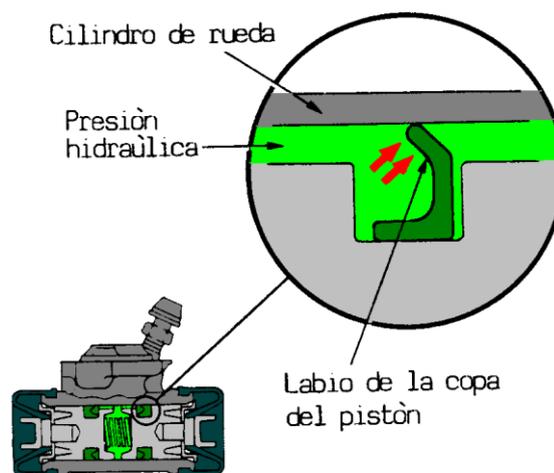


Fig. 2.19 Cilindro de rueda de tambor aplicado.

Si la copa del pistón es colocada incorrectamente en el cilindro de rueda la presión hidráulica dentro del cilindro tenderá a empujar los labios fuera del cilindro y causar fugas de fluido. Se debe asegurar que la copa del pistón esté ensamblada correctamente.

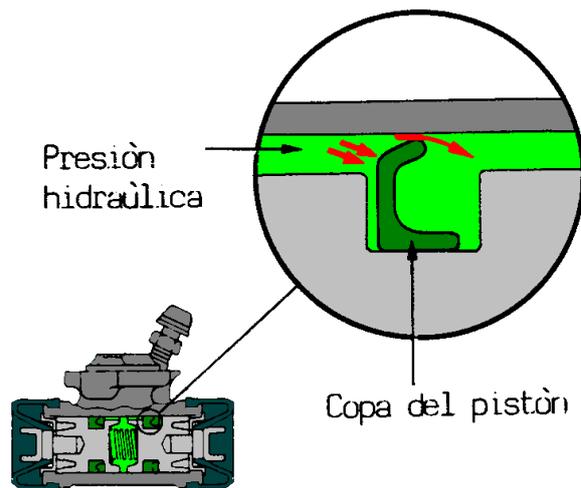


Fig. 2.20 Cilindro de rueda de tambor instalado incorrectamente.

## 2.5. CONTROL DEL CIRCUITO HIDRÁULICO POR ELECTRO VÁLVULAS.

Para nuestro diseño utilizaremos válvulas distribuidoras 4/2 cuyo principio es una combinación de dos válvulas 3/2, una de ellas cerrada en posición de reposo y la otra, abierta en posición de reposo. Los conductos de P hacia B y de A hacia R están abiertos. Al accionar simultáneamente los dos taqués se cierra el paso de P hacia B y de A hacia R. Al seguir apretando los taqués contra los discos, venciendo la fuerza de los muelles de reposicionamiento se abre el paso de P hacia A y de B hacia R.

Esta válvula se emplea para mandos de cilindros de doble efecto, en nuestro proyecto utilizaremos para controlar el flujo de liquido de freno de los dos circuitos hidráulicos que lo componen.

### VÁLVULA DISTRIBUIDORA 4/2

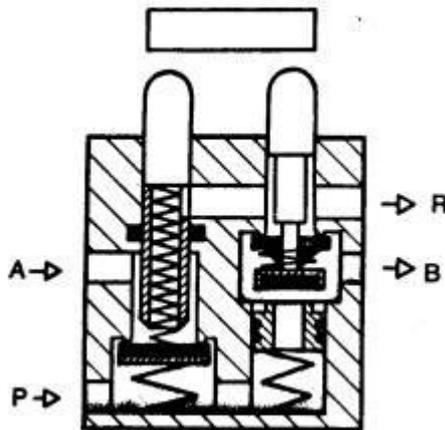


Fig. 2.21. Esquema interno de una Válvula distribuidora 4/2

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y una parte de trabajo, Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP (Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques).

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

- |                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Válvulas de vías o distribuidoras | 4. Válvulas de caudal |
| 2. Válvulas de bloqueo               | 5. Válvulas de cierre |
| 3. Válvulas de presión               |                       |

## VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop).

## REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS VÁLVULAS

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función. Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados.



Fig. 2.22

La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora.

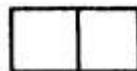


Fig. 2.23

El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros).

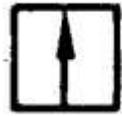


Fig. 2.24

Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido.



Fig. 2.25

Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.



Fig. 2.26

La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto. Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.

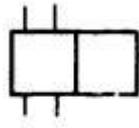


Fig. 2.27

La otra posición se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.

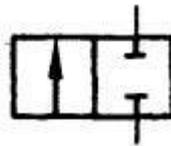


Fig. 2.28

Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c ... y 0.

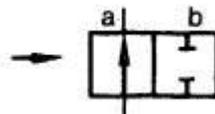


Fig. 2.29

Válvula de 3 posiciones. Posición intermedia = Posición de reposo.

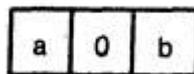


Fig. 2.30

Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición, por ejemplo, un muelle, aquella posición que las piezas móviles ocupan cuando la válvula no está conectada.

La posición inicial es la que tienen las piezas móviles de la válvula después del montaje de ésta, establecimiento de la presión y, en caso dado conexión de la tensión eléctrica. Es la posición por medio de la cual comienza el programa preestablecido. Conductos de escape sin empalme de tubo (aire evacuado a la atmósfera). Triángulo directamente junto al símbolo.

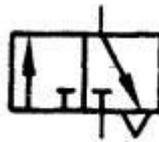


Fig. 2.31

Conductos de escape con empalme de tubo (aire evacuado a un punto de reunión). Triángulo ligeramente separado del símbolo.

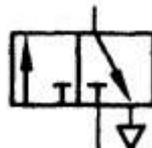


Fig. 2.32

Para evitar errores durante el montaje, los empalmes se identifican por medio de letras mayúsculas:

Rige lo siguiente:

Tuberías o conductos de trabajo A, B, C.....

Empalme de energía P.....

Salida de escape R, S, T.....

Tuberías o conductos de pilotaje Z, Y, X.....

## **ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS**

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

### **ACCIONAMIENTO PERMANENTE, SEÑAL CONTINÚA**

La válvula es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o mecánico por medio de un muelle.

### **ACCIONAMIENTO MOMENTÁNEO, IMPULSO**

La válvula es invertida por una señal breve (impulso) y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que la otra señal la coloca en su posición anterior.

## **CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN DE VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS**

Las características de construcción de las válvulas determinan su duración, fuerza de accionamiento, y tamaño.

Según la construcción, se distinguen los tipos siguientes:

Válvulas de asiento	esférico
	disco plano
Válvulas de corredera	émbolo
	émbolo y cursor
	disco giratorio

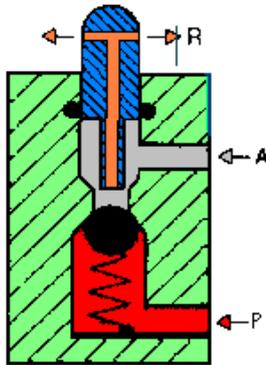


Fig. 2.33. Válvula distribuidora 3/2.

Una válvula 4/2 que trabaja según este principio es una combinación de dos válvulas 3/2, una de ellas cerrada en posición de reposo y la otra, abierta en posición de reposo. En la figura, los conductos de P hacia B y de A hacia R están abiertos. Al accionar simultáneamente los dos taqués se cierra el paso de P hacia B y de A hacia R. Al seguir apretando los taqués contra los discos, venciendo la fuerza de los muelles de reposicionamiento se abre el paso de P hacia A y de B hacia R. Esta válvula tiene un escape sin solapo y regresa a su posición inicial por la fuerza de los muelles. Se emplea para mandos de cilindros de doble efecto.

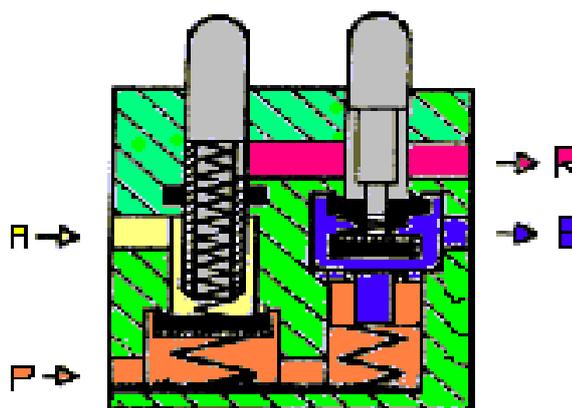


Fig. 2.34. Combinación de 2 válvulas 3/2 para la conformación de una válvula distribuidora 4/2

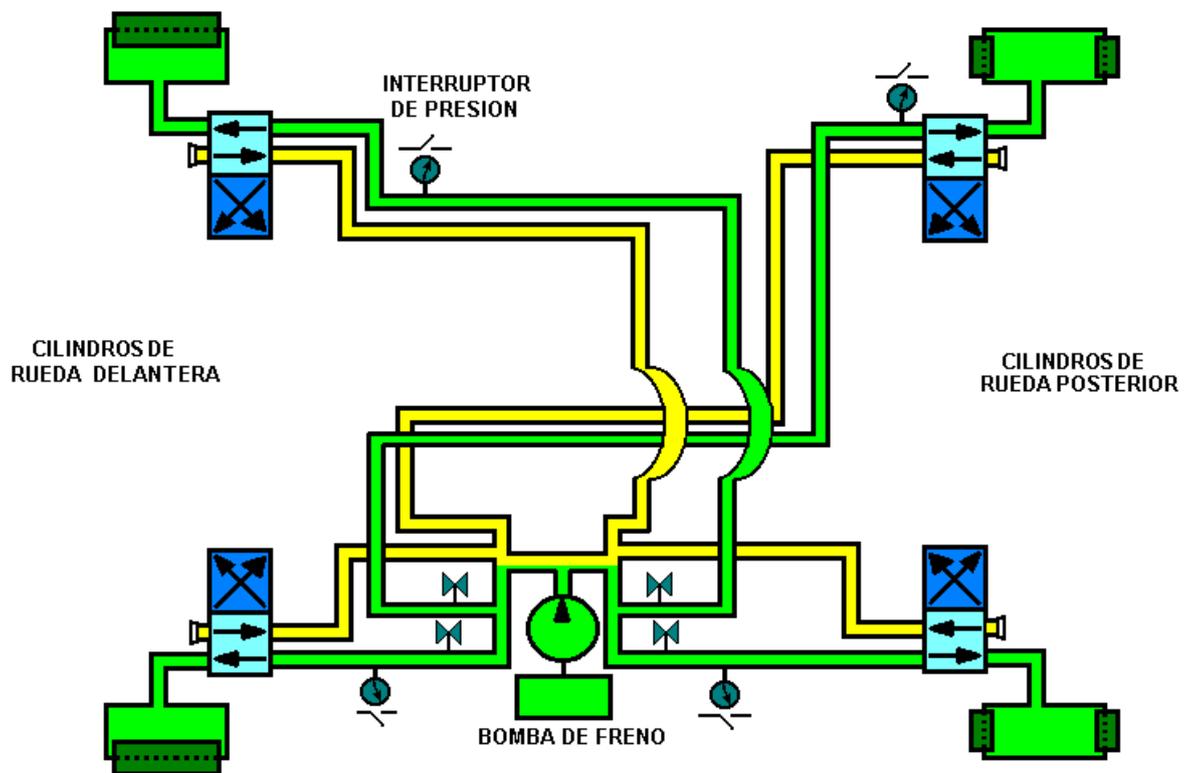


Fig. 2.35. Circuito hidráulico.

## 2.6. ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO

Cuando el controlador electrónico active las electro válvulas mediante su programación con ayuda de los interruptores de presión colocados en las 4 líneas de fluido los cuales generan una señal de falla al presentarse falta de presión en las mismas de la siguiente manera.

Las electro válvulas de distribución 4/2 se mantienen en reposo conectando la línea de freno principal con el pistón del cilindro de rueda y la línea auxiliar con un tapón.

Al ser activadas las válvulas, éstas se enclavarán en la posición de trabajo, es decir la línea principal se bloquea conectándose con el tapón, y la línea auxiliar

se conecta con el pistón del cilindro de rueda entendiéndose que regresaran a su posición original al no recibir señal del controlador electrónico.

Entendiéndose que la línea auxiliar es alimentada con presión mediante la misma bomba de freno, cada vez que el conductor aplique los mismos.

Al presentarse fugas en cualquiera de las líneas principales las electroválvulas mantendrán la posición auxiliar, entendiéndose que para evitar fuga de líquido se cerrará la llave de paso de la línea defectuosa correspondiente. Asegurando así la presión del sistema.

## CAPITULO III

### AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA

#### 3.1. GENERALIDADES

##### **Automatización**

La historia de la automatización está caracterizada por períodos de constantes innovaciones tecnológicas. Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales.

El uso de robots industriales junto con los sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD), y los sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), son la última tendencia y luego se cargaban en el robot inicia en automatización de los procesos de fabricación. Estas tecnologías conducen a la automatización a otra transición, de alcances aún desconocidos.

En la actualidad el uso de los robots industriales está concentrado en operaciones muy simples, como tareas repetitivas que no requieren tanta precisión. Se refleja el hecho de que en los 80's las tareas relativamente simples como las máquinas de inspección, transferencia de materiales, pintado automotriz, y soldadura son económicamente viables para ser robotizadas. Los análisis de mercado en cuanto a fabricación predicen que en ésta década y en las posteriores los robots industriales incrementaran su campo de aplicación, esto debido a los avances tecnológicos en sensores, los cuales permitirán tareas mas sofisticadas como el ensamble de materiales.

En un contexto general se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción.

Hay tres clases muy amplias de automatización: automatización fija, automatización programable, y automatización flexible.

La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

Por su parte la automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada.

Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre si por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

De los tres tipos de automatización, la robótica coincide más estrechamente con la automatización programable.

### **Tipos de Automatización.**

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado.

Los tipos de automatización son:

- Control Automático de Procesos
- El Procesamiento Electrónico de Datos

- La Automatización Fija
- El Control Numérico Computarizado
- La Automatización Flexible.

El Control Automático de Procesos, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

El proceso electrónico de datos frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de computo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfases y computadores.

La Automatización Fija, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los (PLC'S) O Controladores Lógicos Programables.

### **3.2. ELEMENTOS**

#### **MICROCONTROLADOR**

Es un circuito electrónico que actúa como unidad central de proceso de un ordenador, proporcionando el control de las operaciones de cálculo. Los microcontroladores también se utilizan en otros sistemas informáticos avanzados, como impresoras, automóviles o aviones.

Estos suelen estar recubiertos por una carcasa de protección. Los conductores que sobresalen del procesador mostrado en la figura 3.1 se conectan

a unas pequeñas patillas metálicas que se sueldan a las placas de circuito integrado.

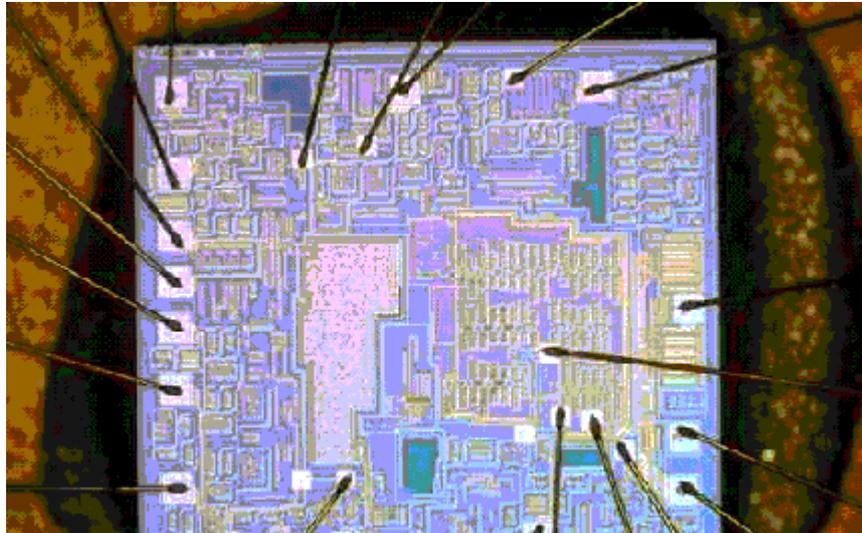


Fig. 3.1. Microcontrolador

El microcontrolador es un tipo de circuito sumamente integrado. Los circuitos integrados, también conocidos como microchips o chips, son circuitos electrónicos complejos formados por componentes extremadamente pequeños formados en una única pieza plana de poco espesor de un material conocido como semiconductor. Hay microprocesadores que incorporan hasta 10 millones de transistores (que actúan como amplificadores electrónicos, osciladores o, más a menudo, como conmutadores), además de otros componentes como resistencias, diodos, condensadores y conexiones, todo ello en una superficie comparable a la de un sello postal.

## **PANTALLA LCD**

La pantalla convierte la información generada por el ordenador en información visual. Las pantallas suelen adoptar una de las siguientes formas: un monitor de rayos catódicos o una pantalla de cristal líquido (LCD, siglas en inglés). En el monitor de rayos catódicos, semejante a un televisor, la información

procedente de la CPU se representa empleando un haz de electrones que barre una superficie fosforescente que emite luz y genera imágenes. Las pantallas LCD son más planas y más pequeñas que los monitores de rayos catódicos, y se emplean frecuentemente en ordenadores portátiles.



Fig. 3.2. Pantalla LCD

### CRISTAL DE CUARZO

Los cristales de cuarzo exhiben una propiedad llamada efecto piezoeléctrico, producen una tensión eléctrica cuando están sometidos a presión a lo largo de ciertas direcciones cristalográficas. Por esta propiedad, los cristales de cuarzo son importantes en la industria electrónica para controlar la frecuencia de las ondas de radio. Tiene también la propiedad de girar el plano de la luz polarizada, y se usa por tanto en los microscopios de polarización.



Fig. 3.3. Cristal de Cuarzo

## LOS RELES

Los relés electromagnéticos juegan un rol muy importante en muchos circuitos eléctricos y electrónicos del automóvil. A continuación, estudiaremos las principales características del relé electromagnético, y demostraremos algunas aplicaciones de los relés en circuitos automotores. Al usar relés, es posible llevar a cabo un número ilimitado de funciones de conmutación.

Una de las funciones más comunes del relé consiste en conmutar ON y OFF altas corrientes, por medio de una corriente de activación mucho más pequeña.

El uso del relé es una verdadera obligación cuando deben controlarse altas corrientes desde una ubicación distante. En este caso, el relé puede ser controlado por interruptores de baja potencia y por cables delgados. Existen dos tipos de relé: el relé de armadura pivotada (en inglés "clapper"), y el relé de lengüeta (láminas magnéticas flexibles, en inglés "reed"). Los relés de armadura pivotada tienen su armadura (elemento móvil del relé) abisagrada.

En la figura se muestra la construcción de un relé simple de armadura pivotada SPDT (unipolar de dos vías).

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Estructura del circuito magnético | 2. Devanado de la bobina             |
| 3. Núcleo de la bobina               | 4. Contacto (fijo) N/O               |
| 5. Entrehierro de los contactos      | 6. Contacto (fijo) N/C               |
| 7. Lado del polo del núcleo          | 8. Resorte del contacto móvil        |
| 9. Armadura                          | 10. Entrehierro de la armadura       |
| 11. Bisagra de la armadura           | 12. Resorte de retomo de la armadura |

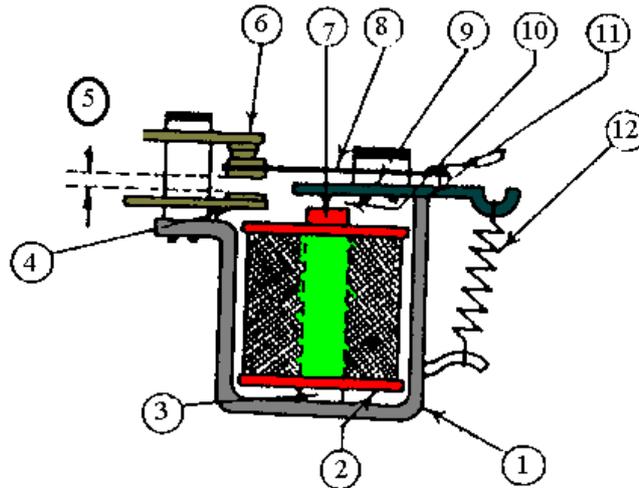


Fig. 3.4 Componentes del Relé SPDT de armadura pivotada.

Cuando la corriente fluye a través de la bobina de alambre devanado en un núcleo ferromagnético, el campo magnético resultante jala del elemento móvil del relé, lo que a su vez conmuta los contactos eléctricos.

Los relés de lengüeta están contruidos a partir de interruptores de laminillas magnéticas. Los relés de lengüeta usan interruptores metálicos flexibles encerrados en cápsulas de vidrio y movidos por magnetismo como elementos de contacto.

En la figura se muestra un relé de lengüeta básico. Cuando las lengüetas están expuestas a un campo magnético generado por un electroimán o un imán permanente, adoptan polaridades magnéticas opuestas y se atraen entre sí. Esto cierra las puntas de las lengüetas, que son los contactos del relé, y que están alineadas y se sobreponen con un pequeño entrehierro entre sí.

La corriente que circula a través de la bobina produce un campo magnético que causa que los contactos de lengüeta se cierren debido a la atracción magnética, generada por un campo magnético producido en el extremo de cada lengüeta. Dicho campo magnético es de signo opuesto en cada una de las dos

lengüetas, por lo que las puntas de las lengüetas se atraen entre sí y establecen contacto.

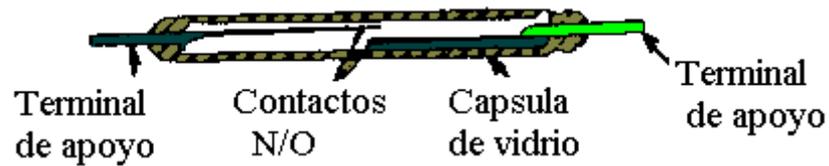


Fig. 3.5. Relé de lengüeta.

“Las especificaciones técnicas de los relés contienen información acerca de la tensión operativa nominal del relé, su capacidad máxima de portador de corriente, su tensión de disparo y su tensión de reposo.”<sup>7</sup>

- La tensión de disparo (o de activación) es la tensión mínima para la cual la armadura se asienta contra el núcleo de la bobina.
- La tensión de reposo (desaccionamiento o paso - vuelta - al reposo) es la tensión máxima para la cual el relé retoma a su posición liberada o de reposo.
- La tensión de disparo típica de un relé de 12 V es de aproximadamente 7 a 9 voltios.
- La tensión de reposo es de aproximadamente 2 a 4 voltios.

<sup>7</sup> ING. German Erazo, Guías de Autotronica , Ecuador, 2003, Pág. 5-15

Cuando el relé es energizado, la distancia entre la bobina electromagnética y la armadura pivotada disminuye, y causa que el campo magnético sea mucho más intenso. Por eso se requiere una tensión menor para jalar de la armadura pivotada y evitar su liberación.

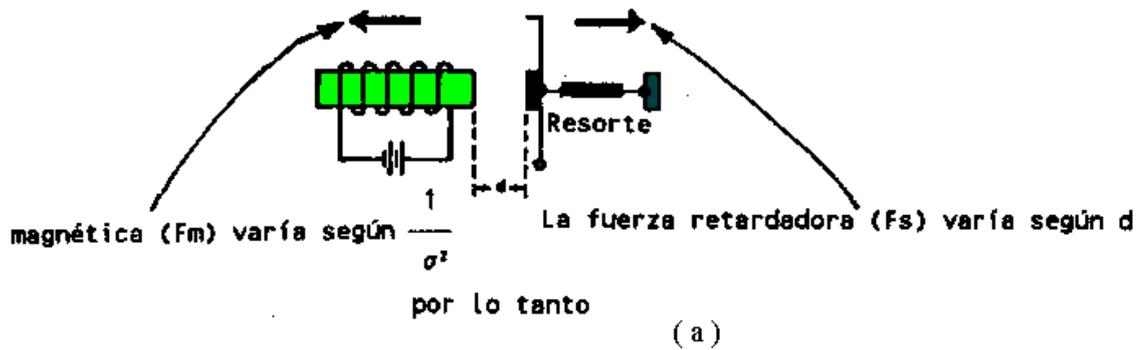


Fig. 3.6. Esquema de funcionamiento del relé.

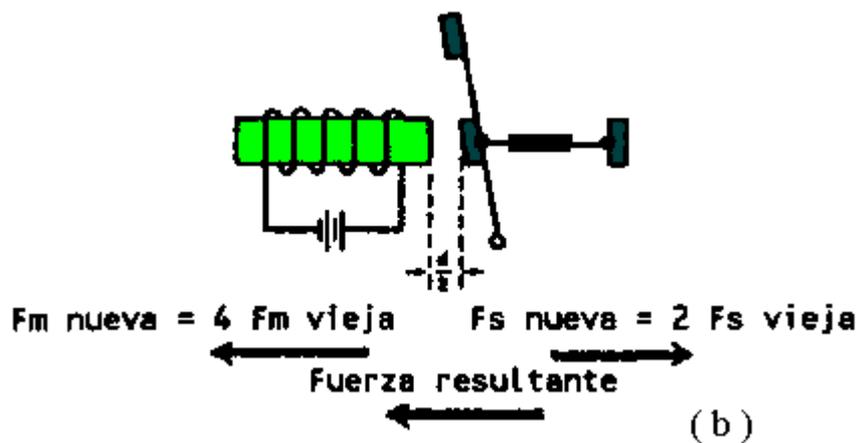


Fig. 3.7. Fuerza resultante del relé.

## SOLENOIDE

Cuando se sitúa una aguja imantada cerca de un solenoide, es desviada de modo que su dirección tienda a ser paralela al eje de las espiras del solenoide. Desplazando la aguja alrededor de la bobina, o espolvoreando limaduras de hierro sobre un plano que atraviesa la bobina, es posible dibujar las líneas de fuerza del

campo magnético creado por el solenoide. Cuando el solenoide tiene la forma de un cilindro muy largo, el campo magnético en el interior del mismo es prácticamente uniforme lejos de sus extremos, paralelo al eje del solenoide y proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que recorre el solenoide, así como al número de espiras de la bobina. La intensidad del campo magnético  $B$  puede calcularse según la fórmula:

$$B = \mu_0 NI / L$$

Ecuación (3.1)

donde  $N$  es el número de espiras,  $I$  la intensidad de corriente,  $L$  la longitud del solenoide, y  $\mu_0$ , la llamada permeabilidad magnética del vacío, tiene un valor de  $4 \cdot 10^{-7}$ .

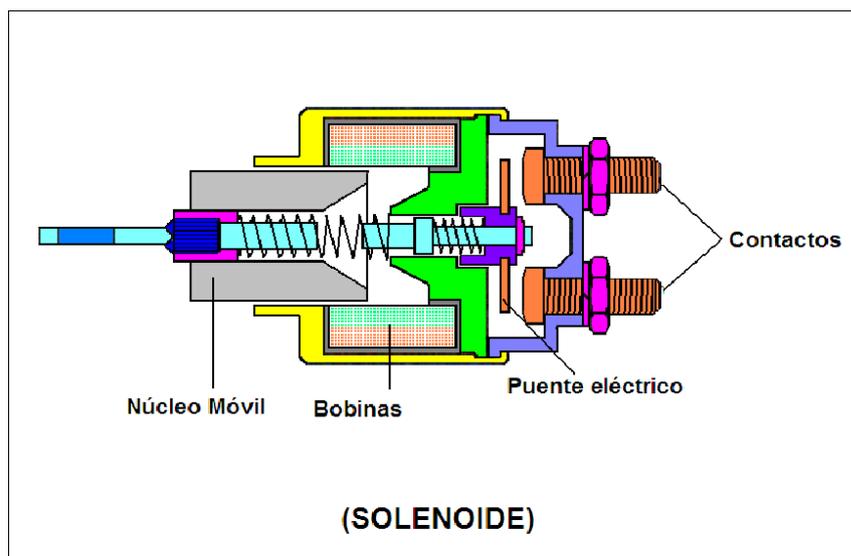


Fig. 3.8. Solenoide

## INTERRUPTORES

Los interruptores son elemento que permite el paso o interrupción de la corriente. Es un mecanismo destinado a interrumpir o restablecer la corriente en

un circuito eléctrico, dependiendo de que se encuentre en la posición de apagado o de encendido, según sean las necesidades del usuario.

La mayoría de los interruptores o conmutadores llevan marcadas señales en cada una de las conexiones para su mejor identificación. En otros casos, cuando se adquiere uno de estos aparatos se acompaña un esquema de las conexiones con lo cual es fácil conocer cada una de las posiciones de la manija. Sin embargo, y de no poseer uno de estos elementos de juicio, tampoco es difícil conocer uno de los bornes del conmutador cuando se haya montado a base de hacer la comprobación efectuando un puente a masa con una lámpara de pruebas.



Fig. 3.9. Interruptores.

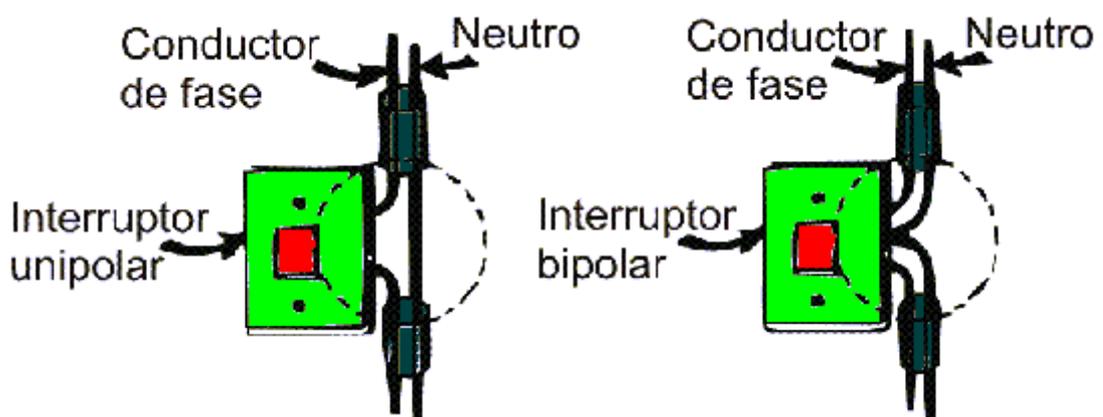


Fig. 3.10. Interruptores unipolar y bipolar

## SENSORES

Un sensor es un dispositivo que detecta, o sensa manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc.

Muchos los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos. Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir a otra para facilitar su medida. Pueden ser de indicación directa (Ej. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano.

Algunos sensores electrónicos son: Termopar, Termistor, Galga extensiométrica, fotodiodo, micrófono, etc. Por lo general la señal de salida de estos sensores no es apta para su procesamiento, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, y amplificadores que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto del circuito.

La medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores. El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como una temperatura, una posición o una concentración química. El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control de las magnitudes medidas. Los sensores y transductores pueden funcionar en ubicaciones alejadas del observador, así como en entornos inadecuados o impracticables para los seres humanos.

Algunos dispositivos actúan de forma simultánea como sensor y transductor. Un termopar consta de dos uniones de diferentes metales que generan una pequeña tensión que depende del diferencial térmico entre las uniones. El termistor es un reóstato especial, cuya resistencia varía según la temperatura. Un reóstato variable puede convertir el movimiento mecánico en señal eléctrica. Para medir distancias se emplean condensadores de diseño

especial, y para detectar la luz se utilizan fotocélulas. Para medir velocidades, aceleraciones o flujos de líquidos se recurre a otro tipo de dispositivos. En la mayoría de los casos, la señal eléctrica es débil y debe ser amplificada por un circuito electrónico.



Fig. 3.11. Sensores.

## CONDUCTORES ELÉCTRICOS

La unión entre los diferentes elementos del equipo eléctrico de un automóvil se realiza, como hemos dicho, por medio de conductores eléctricos, constituidos por un alma de hilos de cobre y una protección aislante que suele ser de plástico.

La resistencia eléctrica de los mismos debe ser lo más pequeña posible, a fin de evitar las caídas de tensión que se producen con el paso de la corriente por ellos y que son perjudiciales para el buen funcionamiento de los aparatos receptores. Como la longitud de los conductores viene impuesta por el emplazamiento de los aparatos eléctricos que ínter conexionan su sección debe ser suficiente para admitir la intensidad necesaria para el buen funcionamiento del

receptor, sin que se produzcan calentamientos por exceso de resistencia eléctrica. Recuérdese que ésta es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la sección. Los conductores se clasifican por su sección, que se expresa en milímetros cuadrados generalmente, o en otros casos, en función del diámetro expresado en décimas de milímetro.

Las secciones normalizadas son: 1-1,5-2,5-4-6-10-16-25-35-50-70-95-120, todas ellas expresadas en mm<sup>2</sup>; o bien las equivalentes 9-12-14-16-20-22, etc., expresadas en 1/10 mm.

En general se tolera una caída de tensión en el cable del 3 % del valor de la tensión de la instalación, aunque este porcentaje aumenta hasta el 4 % en el cable de lanzamiento del motor de arranque.

Las secciones o diámetros de los conductores empleados en las instalaciones eléctricas de los automóviles suelen ser:

Lámparas de alumbrado ordinario .....	1,5 mm <sup>2</sup> ó 1610 mm
Luz de carretera o cruce .....	2,5 mm <sup>2</sup> ó 25 10 mm
Bocina. Limpiaparabrisas etc. ....	2,5 mm <sup>2</sup> ó 25 10 mm
Luces y testigos .....	1 mm <sup>2</sup> ó 12 10 mm
Indicadores de tablero .....	1 mm <sup>2</sup> ó 1210 mm
Carga de alternador o batería .....	4 mm <sup>2</sup> ó 50 10 mm
Relé de arranque .....	2,5 mm <sup>2</sup> ó 25 10 mm

Los conductores eléctricos deben poseer cualidades mecánicas que les permitan resistir, ya sean esfuerzos de torsión o de tracción, y a las vibraciones a que están sometidos en el propio automóvil. A este fin, el alma de los mismos está formada por un conjunto de hilos de cobre, generalmente de menos de una décima de milímetro en diámetro.

El aislamiento debe ser lo más perfecto posible, resistiendo al calor y al ataque de los agentes exteriores de degradación (gasolina, aceite, etc.). Por estas razones, los aislantes están constituidos por un tubo de caucho recubierto con una trenza de algodón. Corrientemente se utilizan fundas flexibles barnizadas.

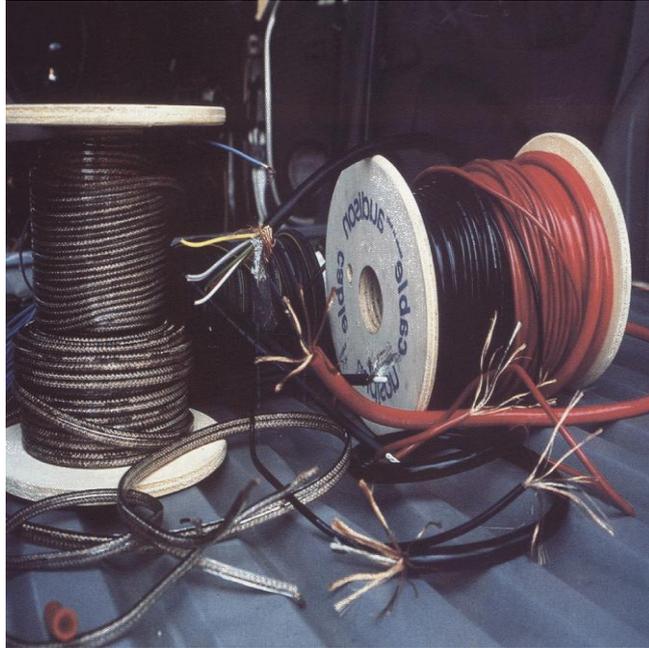


Fig. 3.12. Conductores eléctricos.

### 3.3. ELECTRO VÁLVULAS FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento o accionamiento eléctrico de las electro válvulas es similar al de un solenoide como ya se ha explicado son electro válvulas de retorno por resorte esto quiere decir que cuando el controlador electrónico envíe la señal para activarlas circulará por el bobinado de las mismas una corriente creando un campo magnético que permitirá el movimiento de la electro válvula para el cambio direccional deseado.

### 3.4. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO

El diseño del circuito eléctrico del proyecto consta de los siguientes elementos como son:

- Batería 12V cc (original del auto).
- Interruptor principal (switch).
- Caja de fusibles.
- Interruptor de luz de freno.
- Interruptor de presión de liquido de frenos.
- Transistores de poder.
- Microprocesador.
- Relés.
- Solenoide.
- Solenoide de electrovalvulas.
- Luz indicadora para el tablero.

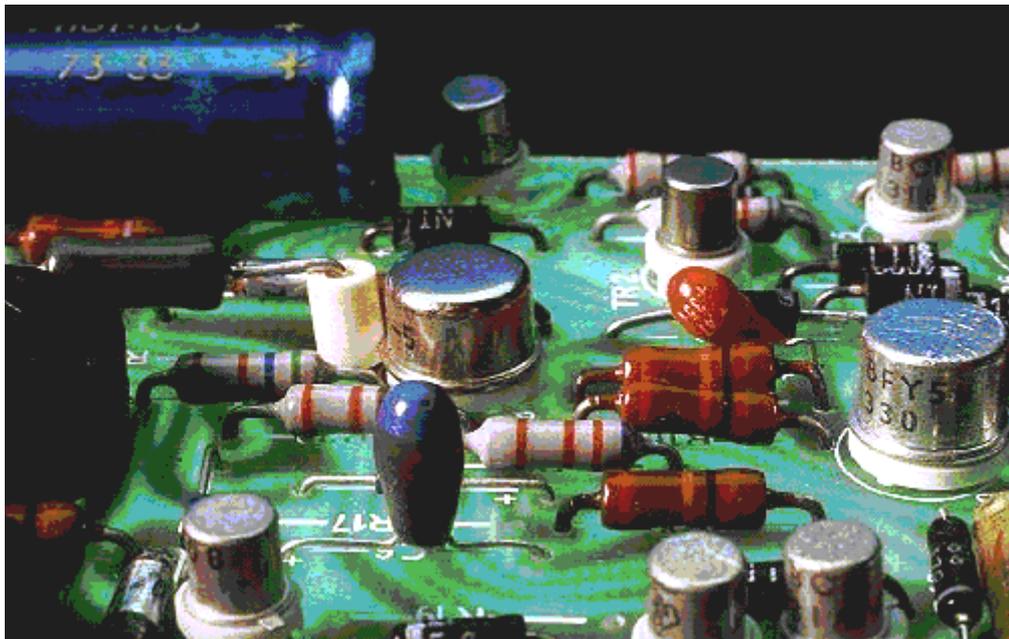


Fig. 3.13. Circuito Electrónico

La automatización del sistema requiere de la señal de la luz de freno la cual indica que se han aplicado los mismos a demás requiere de la señal de los interruptores de la presión de el líquido de frenos el cual indica si existe o falta presión en el sistema ya sea por escasez de fluido o problemas mas graves como rotura de cañerías e incluso daños de la bomba de freno (sellos, empaques, cauchos, etc.). El modulo de control electrónico analiza estas señales y mediante su configuración activará o no el sistema de auxiliar de frenos según sea la necesidad del mismo. Una vez detectado fallas en el sistema de frenos por falta de presión por cualquiera de las causas ya explicadas el controlador electrónico enviara una señal alta hacia el relé el cual a su vez activara el sistema auxiliar, activando las electro válvulas y el solenoide de bomba adicional.

Esta activación se realizara cada vez que se aplique el pedal freno y la falla no sea reparada, la explicación completa de todos y cada uno de los elementos del sistema se realizara mas adelante en el análisis de funcionamiento.

### **3.5. MONITOREO DE TEMPERATURA DE LOS FRENOS MEDIANTE SENSORES.**

#### **EL TERMISTOR (TERMOCUPLA)**

El termistor es un dispositivo que exhibe un cambio considerable en su resistencia óhmica, como función de un cambio de temperatura.

Hay dos tipos diferentes de termistores:

- PTC (coeficiente de temperatura positivo)
- NTC (coeficiente de temperatura negativo).

Al calentarse, los termistores PTC aumenta su resistencia, mientras que los termistores NTC la disminuyen.

Los termistores son ampliamente usados en circuitos de automotores. Sus aplicaciones típicas incluyen:

- Sensores de temperatura del aire en el múltiple para control de inyección de combustible.
- Indicadores de temperatura de refrigerantes del motor.
- Control de temperatura para el sistema de acondicionamiento de aire.

Los termistores pueden ser usados en dos modos. El primero es de modo de “ calentamiento interno” o “auto calentamiento”. En este modo de aplicación, el cambio de la resistencia del termistor se debe a la corriente eléctrica que lo atraviesa, calentándolo. El segundo modo de aplicación es denominado “calentamiento externo”, El cual vamos a utilizar para el **“MONITOREO DE TEMPERATURA DE LOS FRENOS”**.

El termistor es calentado por el fluido del ambiente en que se encuentra, ya sea líquido o gas, convirtiéndolo en un elemento sensor o medidor de temperatura. Cuando se lo usa con propósitos de medición de la temperatura, la corriente que lo atraviesa debe ser tan pequeña como sea posible, para evitar el autocalentamiento interno. Si conectamos un óhmetro al termistor obtenemos un circuito de termómetro básico. Los valores de resistencia indicados por el medidor son convertidos a valores de temperatura.



Fig. 3.14 TERMOCUPLA.

### 3.6. DIAGRAMAS

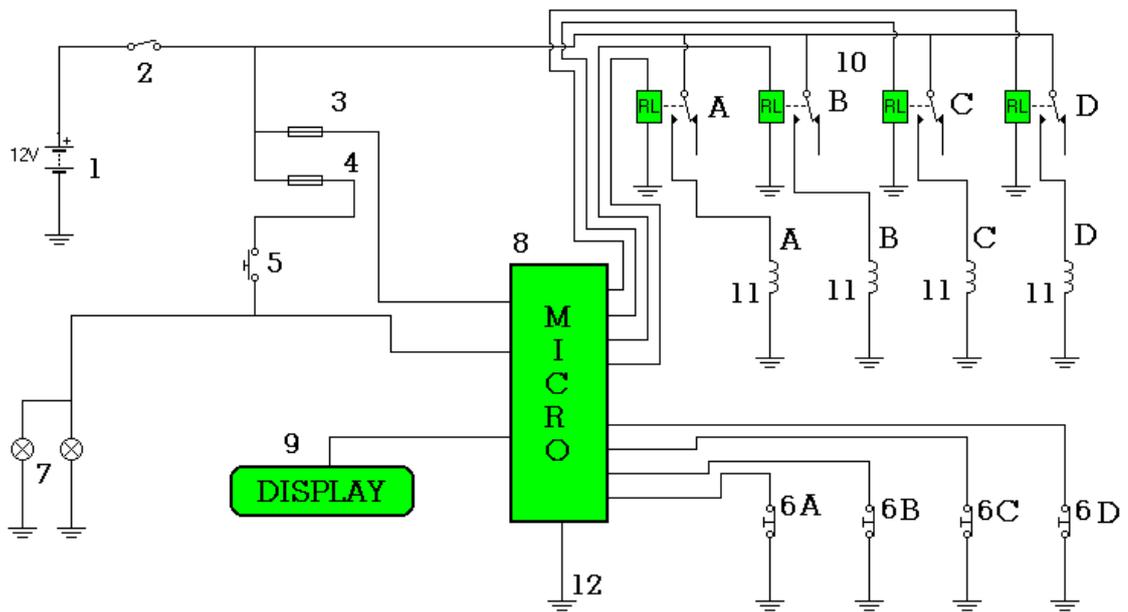


Fig. 3.15 Diagrama eléctrico

### 3.7. ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO.

Una vez en funcionamiento el vehículo, es decir con el interruptor principal (2) cerrado, tendremos alimentación desde la batería (1) hacia los fusibles (3) y (4) y de estos hacia el interruptor de luz de freno (5) y los interruptores de presión (6 A, B, C, D), dichos interruptores facilitan la información del estado de funcionamiento del sistema de frenos al controlador electrónico (8).

El controlador electrónico (8) recibe las señales de los interruptores (5 y 6 A, B, C, D) con las cuales procesara la información para enviar una señal alta al relé (10 A, B, C, D), ya que en este momento aun no se eleva la presión en las cañerías, conforme la presión aumenta los sensores de presión (6) indicarán al módulo de control (8) la desactivación de las electro válvulas (11 A, B, C, D).

En caso de presentarse falla en el sistema hidráulico, la falta de presión activará la electro válvula correspondiente para evitar la pérdida del freno, a partir de este momento se indicará en el display (9) el número de válvula de paso que se deberá cerrar y estará acompañada de el sonido de una alarma intermitente que se presentará cada medio minuto.

## CAPITULO IV

### CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CIRCUITO ELECTRO HIDRÁULICO

#### 4.1. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL ELECTRÓNICO

Como se puede observar en la figura 4.1 tenemos el microcontrolador el cual basado en un programa adecuado para los requerimientos de las variables manejadas en nuestro proyecto facilitará la automatización del sistema auxiliar de freno.

El Microcontrolador **PIC 16F877A** es el mas adecuado para la programación de la lógica necesaria de activación de las electro válvulas y por la velocidad de respuesta necesaria en la aplicación del sistema. El microcontrolador está acompañado de un cristal de cuarzo de 10 Megas que es el encargado de estabilizar las frecuencias de ondas de radio.

Para la facilidad de revisión del funcionamiento del sistema se cuenta con una pantalla líquida en la cual indicará en palabras cualquier falla del sistema al igual que el funcionamiento normal del mismo, contando así con botones de reset para reiniciar el sistema cuando haya sido reparada la falla presentada.

A su vez este control electrónico consta con una interfase para la conexión de una **Termocupla** que permanentemente sensorá la temperatura de los frenos, dato necesario para evitar que los materiales del que están compuestos pierdan sus características a causa del recalentamiento (cristalización de zapatas).

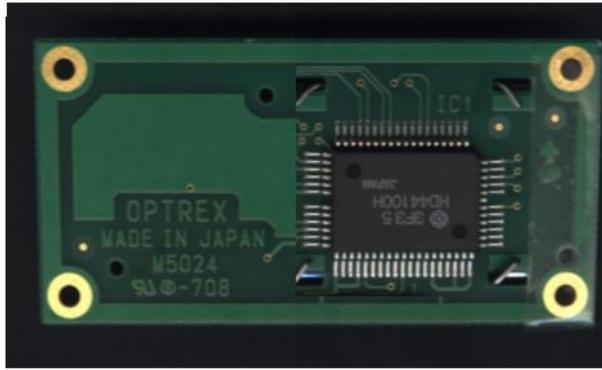


Fig. 4.1. Circuito microcontrolador.

## 4.2. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Para la construcción del circuito hidráulico utilizaremos válvulas de control (electro válvulas). Las cuales son activadas mediante el controlador electrónico.

Los componentes del circuito son:

### ELECTRO VÁLVULAS 4/2, CUATRO CONEXIONES – DOS POSICIONES

#### Características técnicas

TAMAÑO DE LA VÁLVULA	NFPA DO3 / ISO 4401
PRESIÓN MÁXIMA	5000 PSI
FLUJO MÁXIMO	15 GALONES POR MINUTO (US)
MÁXIMA PRESIÓN DEL TANQUE	2500 PSI
MÁXIMA FRECUENCIA DE CAMBIO	240 VECES POR MINUTO (AC-DC)
RANGO DE TEMPERATURA	- 15 <sup>0</sup> A 60 <sup>0</sup> C
VISCOSIDAD DE OPERACIÓN	80 A 1400 SUS
FILTRACIÓN	25 MICRAS O MÁS

La válvula utilizada tiene la siguiente nomenclatura:

### **DG03 - 2A – 12VDC – 81 – DN**

De donde :

DG03.- Solenoide de Control Direccional (DO3).

2A.- Opción de Carrete.

12VCD.- Voltaje 12V corriente continua .

81.- Diseño de Serie.

DN.- Conector DIN.

#### **Ubicación**

La función de las electro válvulas 4/2 es la de cambiar su posición dependiendo si existen fugas en el sistema principal de freno. Al momento que el conductor oprime el pedal de freno el circuito de control electrónico envía una señal a la electro válvula 4/2 que cambia su posición del circuito principal de freno al circuito auxiliar manteniéndose ahí dependiendo de la señal del sensor de presión caso contrario volverá a su posición original.

Estas electro válvulas que posee cuatro vías y dos posiciones están ubicadas dos en la parte posterior muy cerca de las ruedas sujetadas mediante una base metálica hacia la carrocería, para lo cual hemos hecho unos orificios de ¼” para poder sujetarlos con pernos de la misma medida.

Para las dos electro válvulas restantes están ubicadas en la parte delantera del vehículo a los costados del motor y sujetadas de igual manera que las anteriores.

Finalmente las cuatro electro válvulas están conectadas mediante cañería de alta presión hacia los cilindros de rueda que estos a su vez permitirán el frenado del vehículo.



Fig. 4.2. Electro Válvula 4/2

## SENSORES DE PRESIÓN

### Características técnicas

VOLTAJE DE OPERACION	0-12 VCC
PRESION DE OPERACIÓN OFF	0 PSI
PRESION DE OPERACIÓN ON	10 PSI

### Ubicación

Los sensores de presión son los encargados de indicar la existencia o no de presión en las cañerías principales de freno, están conectadas a las cañerías mediante una T de rosca de 3/8" entre las mismas y en su parte superior esta conectada al circuito de control electrónico mediante conectores rápidos.

Los sensores de presión envían una señal al circuito de control electrónico el cual en caso de no existir presión después de unos segundos hará cambiar la posición de las electro válvulas hacia la cañería auxiliar, en caso contrario las electro válvulas permanecerán en su posición inicial es decir en la cañería principal.

Los sensores de presión están ubicados en cada una de las cañerías principales, nótese que al ser la presión igual en todo el sistema no se necesita una ubicación específica de los mismos.



Fig. 4.3. Sensores de Presión

## LLAVES DE PASO

### Características

ANGULO POSICIÓN ON / OFF	90 <sup>0</sup>
TIPO DE VÁLVULA	DE BOLA
MATERIAL	GALVANIZADO

## Ubicación

Las llaves de paso están instaladas en una carcasa hecha de tol ubicada en el costado izquierdo del motor. Sujetada mediante pernos de  $\frac{1}{4}$ " a la carrocería, en su parte superior esta colocada una placa de formica para poder observar el funcionamiento de las llaves de paso. Las cuatro llaves de paso están ubicadas en forma escalonada en la carcasa para su mejor funcionamiento. A un costado de la carcasa esta ubicada una placa de tol en donde hemos hecho unos orificios de  $\frac{1}{8}$ " por donde pasa el cable que accionara las llaves de paso.

El accionamiento lo realizara el conductor desde el habitáculo ya que los cables de accionamiento pasan por la carrocería desde las llaves de paso hacia la parte inferior izquierda del conductor, el cual al momento de saber que existe fuga de liquido de frenos en la cañería principal halara el cable de accionamiento para que la llave cierre el paso de liquido según sea la cañería en la que exista fuga.



Fig. 4.4. Llaves de paso

## CAÑERÍAS DE ACERO Y ALTA PRESIÓN

### Características

MATERIAL	ACERO Y LONA
DIÁMETRO	1/4 "
PRESIÓN	5000 PSI

### Ubicación

Las cañerías de acero están ubicadas en forma muy paralela a las cañerías principales y conectan desde la llave de paso hasta las válvulas 4/2 posteriores la función de las cañerías es de llevar el líquido de frenos en forma auxiliar hasta las electro válvulas las cuales según sea el caso como ya explicamos anteriormente cambiarán de posición.

Las cañerías de alta presión tienen la misma función que las de acero. Están ubicadas desde la bomba de freno hacia una **T**, y posteriormente hacia las electro válvulas 4/2 delanteras, finalmente se conectan de las electro válvulas hacia todos los cilindros de rueda.



Fig. 4.5. Cañerías

## LIQUIDO DE FRENOS

### Características

DOT	3
ESPECIFICACIÓN SAE	J1703
ESPECIFICACIÓN ISO	4925
COMPATIBILIDAD	CON TODAS LAS MARCAS
COLOR	AZUL

### Función

El líquido de frenos por sus cualidades físicas y químicas transmite la presión ejercida por el conductor mediante la bomba de freno hacia los cilindros de rueda produciendo la fuerza de frenado necesaria para detener el vehículo según sean las necesidades del conductor.



Fig. 4.6. Líquido de frenos.

### 4.3. ADAPTACION DEL SISTEMA

La adaptación del sistema en el vehículo lo hemos realizado tomando como referencia las materias de Adaptación y creatividad automotriz, taller mecánico I y II, así como metrología.

Mediante maquinados como los neplos y acoples construidos específicamente para el ensamblaje del sistema hemos completado dicha adaptación sin problemas mayores a la incomodidad y tamaño de los elementos.



Fig. 4.7. Neplos y acoples especiales.

La adaptación del circuito auxiliar de frenos inicia con un acople especial desde la bomba de freno hacia una **T** (1) por uno de los extremos de la **T** (1) con cañería de acero y mediante acoples se conecta hacia las llaves de paso que están ubicadas en el costado izquierdo del motor, y esta a su vez se conecta hacia la cañería principal de frenos del vehículo, en la cañería principal conectamos una te la cual en su parte superior esta conectada mediante un acople al sensor de presión y por el otro extremo de la te hacia la electro válvula 4/2, finalmente de las electro válvulas 4/2 con cañería de alta presión se conecta hacia los cilindros de rueda respectivos.

Por el otro extremo de la te (1) con cañería de acero se conecta hacia las electro válvulas 4/2 posteriores y con cañería de alta presión hacia las electro válvulas 4/2 delanteras.

En la parte superior del sensor de presión se conecta al circuito de control electrónico. Al igual que las bobinas de las electro válvulas, ya que el circuito de control electrónico es el encargado de accionar las mismas dependiendo de la señal de los sensores de presión.

El circuito de control electrónico esta ubicado en la parte superior del panel de instrumentos que con una pantalla (display) indica al conductor las condiciones de funcionamiento del sistema de frenos.

Es importante indicar que este procedimiento lo realizamos cuatro veces ya que es el numero de salidas de la bomba de freno.

## **ADAPTACIÓN DE LA TERMOCUPLA**

Para la adaptación de la termocupla hemos realizado un orificio de ¼" en la base donde se encuentran sujetadas las zapatas de freno posteriores y mediante

una contratuerca aseguramos la conexión de la misma, que mediante el cable de la termocupa se conecta al circuito microcontrolador, el circuito microcontrolador procesa la información que podremos visualizar en la pantalla LCD de esta manera el conductor estará en capacidad de conocer la temperatura de los frenos de su vehículo y así evitar posibles accidentes.

#### 4.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

##### **Tiempo de activación / desactivación de las electro válvulas:**

Esta prueba consiste en la revisión del tiempo de activación / desactivación de la electro válvula una vez que se han aplicado los frenos, ya que cuando el conductor oprime el freno inmediatamente las electro válvulas cambian de la posición A (que conecta el circuito hidráulico principal) a la posición B (que conecta el circuito hidráulico auxiliar), luego que los sensores detectan una presión mínima de 50 PSI. (Valor mínimo con el cual el vehículo puede detenerse con poco resbalamiento), la electro válvula regresa a su posición A, ya que esto significa que el sistema se encuentra en condiciones aceptables.

Este tiempo entre la aplicación del pedal del freno y la elevación de la presión de 0 a 50 PSI, en ensayos netamente experimentales es de 1segundo, por lo que hemos optado dejar un margen de 2 segundos para que la seguridad del sistema permita frenar normal mente con el sistema auxiliar.

Prueba No.	Tiempo (s)	Electro válvulas
1	2	ON/OFF
2	2	ON/OFF
3	2	ON/OFF
4	2	ON/OFF
Promedio	2	ON/OFF

**Volumen de pérdida de líquido desde que se presenta la falla hasta la activación del sistema.**

Para esta prueba hemos abierto completamente la válvula de purga, simulando así una rotura total de la cañería, aplicando el freno tenemos una fuga y una activación del freno auxiliar con su respectivo mensaje en la pantalla lo cual nos indica cual llave de paso cerrar, entendiéndose que el nivel bajo durante dicha prueba, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla.

Activación/desactivación	Volumen inicial (cc)	Volumen Final (cc)
Delantera izquierda	1475	1460
Delantera derecha	1475	1463
Posterior izquierda	1475	1465
Posterior derecha	1475	1468
Promedio	1475	1464

**Funcionamiento general de todo el sistema.**

En la prueba general del sistema hemos realizado una prueba de ruta con el vehiculo para lo cual se viajo una distancia aproximada de 135 Km desde Quito hacia la ciudad de Latacunga, durante el cual no tuvimos fallas en el proyecto, durante el viaje hemos comprobado como se alterna el sistema principal con el auxiliar cada vez que se aplica el freno, cabe aclarar que esta prueba es totalmente práctica por lo cual no tenemos datos cuantitativos pero si cualitativos, puesto que se cumplió el trayecto en un lapso normal de 1 hora con 30 minutos, con un a velocidad promedio de 90 Km./h.

## **CAPITULO V**

### **5.1.- CONCLUSIONES**

1. Con el nuevo sistema de frenos auxiliar con control electrónico hemos aumentado la fiabilidad de los mismos de manera considerable ya que no se presentará pérdida del sistema hidráulico total ni parcial en caso de fugas de líquido.
2. Permite que el vehículo avance de forma segura y confiable hasta un taller de reparación, aún si el vehículo presenta fallas como son la rotura de cañerías, evitando así quedarse varado en el camino o la necesidad de remolcar el mismo.
3. Se puede deducir que el intervalo de mantenimiento de los elementos mecánicos como son las pastillas y zapatas de freno sigue siendo igual al recomendado por el fabricante en el cual también se realizarán las revisiones concernientes al sistema auxiliar hidráulico.
4. El principio de seguridad del sistema auxiliar es de que en caso de falla del módulo de control electrónico el circuito hidráulico principal de freno sigue trabajando normalmente.
5. La pérdida de líquido en caso de fuga es mínima ya que la revisión del sistema por parte del controlador electrónico es permanente durante el tiempo de conducción del vehículo así detecta una falla y la corrige permanentemente cada vez que se aplican los frenos.

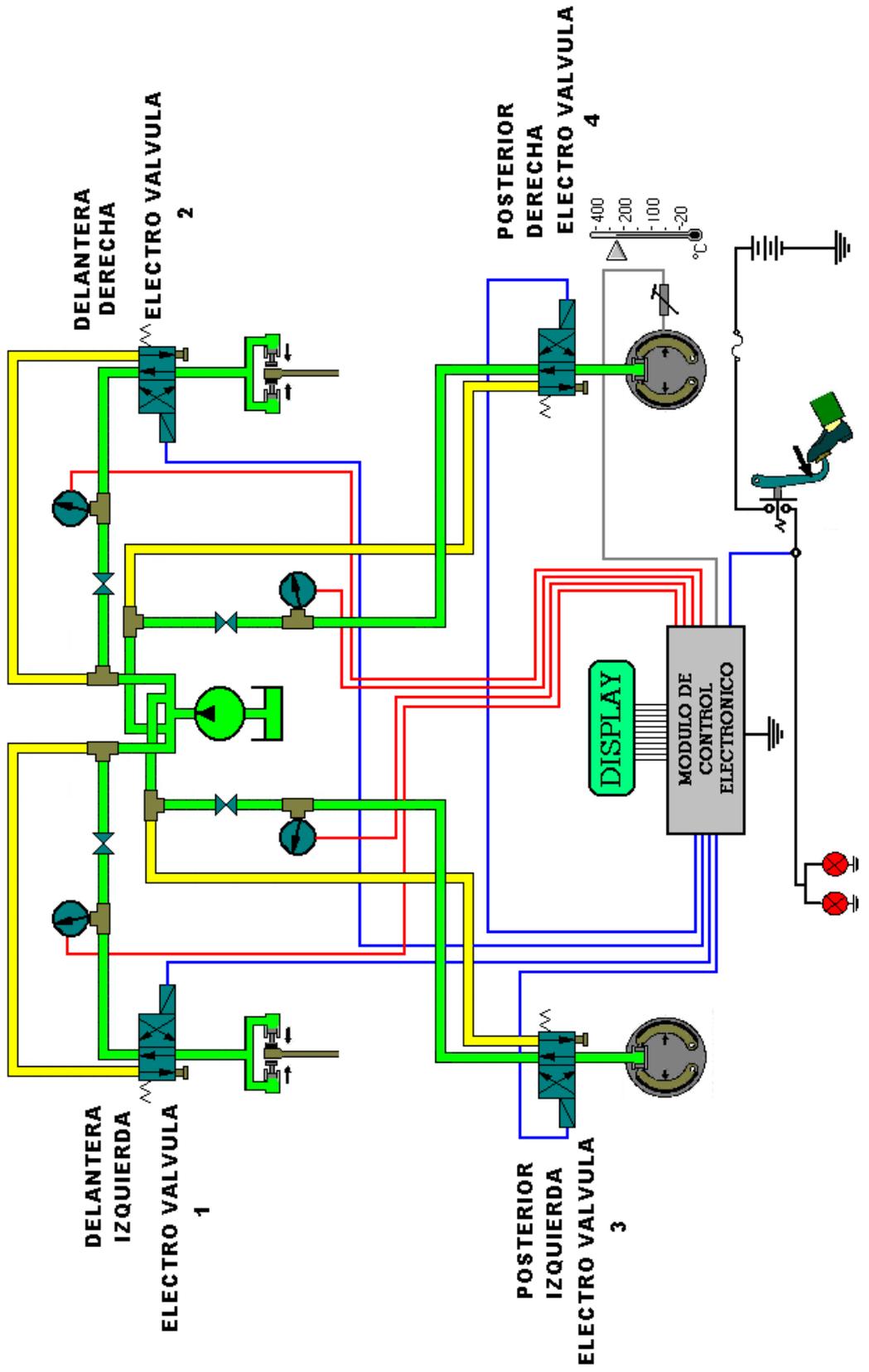
## **5.2. - RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda se mantenga en vigencia el diseño de este sistema y posibles mejoras como lo son la inserción de válvulas tipo 2/2 en lugar de las llaves de paso que sean controladas electrónicamente para que el mismo sea totalmente automatizado.
2. Se debería fomentar el diseño y la creación de proyectos similares que aumenten la fiabilidad de otros sistemas del auto, como por ejemplo los de lubricación, encendido, alimentación, refrigeración, etc.
3. Se recuerda a los usuarios que una vez activado el sistema auxiliar por presencia de fallas, el vehículo debe ser llevado lo antes posible a un taller de reparación vehicular.
4. Se necesita elaborar un plan de producción y comercialización de este sistema auxiliar de frenos.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. TARTI PARERA Frenos ABS, 1ª edición, ALFAOMEGA. 1995-México.
2. GTZ Tecnología Del Automóvil, 8ª edición, REVERTE. 1986-Colombia.
3. GTZ Matemática Aplicada Para La Tecnología Del Automóvil, 8ª edición, REVERTE. 1986-Colombia.
4. TOYOTA MOTOR CORPORATION, Sistema De Frenos, Team, 1990-Panamá.
5. SCHAUM, Física, Mac.Graw.Hill, 8ª edición, 1991-USA.
6. CHILTON'S, Ford Repair Manual, 3ª edición, Chilton TM, 1996-USA.
7. SUZUKI MOTOR CORPORATION, Manual de Servicio Vitara, 1a edición, SE, 1991-Japón.
8. Internet.
9. [www.redtecnicaautomotriz.com](http://www.redtecnicaautomotriz.com)
10. [www.automatizacion.com](http://www.automatizacion.com)
11. [www.chiltononline.com](http://www.chiltononline.com)

# PLANOS



Latacunga, Septiembre del 2005.

## **LOS AUTORES**

---

**FABIAN AYALA VEGA**

---

**JOSE SUAREZ LOPEZ**

## **EI DIRECTOR DE CARRERA**

---

**Ing. Juan Castro**

## **EL SECRETARIO**

---

**AB. Eduardo Vásquez Alcázar.**

