

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

Diseño, construcción e implementación de un Sistema Electrónico de Seguridad
contra robo aplicado en un Sistema de Frenos de un vehículo liviano marca
Chevrolet Aveo 1.4

Diana Carolina Perugachi Falconí
Carlos Roberto Moromenacho Vega

Director: Ing. Raymond Suárez

2010
Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Nosotros, Diana Carolina Perugachi Falconí y Carlos Roberto Moromenacho Vega, declaramos que somos los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de nosotros. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

Firma del graduado

Diana Carolina Perugachi Falconí

CI: 171355353-3

Firma del graduado

Carlos Roberto Moromenacho Vega

CI: 171390219-3

Yo, Ing. Raymond Suárez, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, a los señores, Diana Carolina Perugachi Falconí y Carlos Roberto Moromenacho Vega, quienes son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Raymond Suárez

Director

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRAFICO DE TESIS**

FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

ESCUELA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TÍTULO: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD CONTRA ROBO APLICADO EN UN SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO LIVIANO MARCA CHEVROLET AVEO 1.4.

AUTOR(ES): Diana Carolina Perugachi Falconí
Carlos Roberto Moromenacho Vega

DIRECTOR: Ing. Raymond Suárez

ENTIDAD QUE AUSPICIO LA TESIS:

FINANCIAMIENTO: SI: NO: X PREGADO: X POSGRADO:

FECHA DE ENTREGA DE TESIS:

Día Mes Año

GRADO ACADÉMICO OBTENIDO:

No. Págs: No. Ref. Bibliográfica: No. Anexos: No. Planos:

RESUMEN:

Nuestro proyecto es una aportación para la seguridad del conductor ya que la mayoría de vehículos no cuentan con un sistema antirrobo y de seguridad incorporado de fábrica. Por este motivo, es muy importante implementar el sistema en nuestra área de investigación a bajo costo y de calidad, poniendo en manifiesto los conocimientos adquiridos durante la carrera y así poder establecer las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática aquí especificada.

Después de haber realizado los cálculos y pruebas requeridas para desarrollar la parte estructural del proyecto, se construyó el mecanismo encargado de generar presión a las ruedas posteriores, siendo utilizado una bomba auxiliar de frenos, un relé auxiliar de arranque y un solenoide de arranque, que trabajando en conjunto generan una presión aproximada de 440 psi en todo el sistema de frenos del vehículo.

A pesar de que en la parte hidráulica del proyecto se utilizó el sistema hidráulico de frenos ya existente en el vehículo, se implementó varios acoples en forma de T, cuyo material es cobre, resistente a la presión, dos válvulas direccionales 2/2 de marca Eaton Vickers SV3-10-C de funcionamiento monoestable con una fuente de alimentación de 12VD y líquido de frenos DOT 3.

Para el desarrollo de la parte electrónica del sistema, se tomó en consideración la adquisición de una PLC marca SIEMENS modelo LOGO ya que dentro del mercado es la más fácil de utilizar. Además se requirió la utilización de un teclado numérico para la desactivación del sistema complementario.

Este proyecto ha logrado cumplir con las expectativas planteadas ya que es una herramienta eficaz y útil para la seguridad del conductor. Igualmente es la base para futuras investigaciones en el campo automotriz.

PALABRAS CLAVES: fluido, líquidos, presión, hidráulica, Sistema de Frenos, PLC

MATERIA PRINCIPAL: 1. Hidráulica

MATERIA SECUNDARIA: 1. Electrónico

TRADUCCIÓN AL INGLÉS

TITLE:

DESIGN, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC SECURITY SYSTEM AGAINST ROBBERY APPLIED TO THE BRAKE SYSTEM OF A CHEVROLET AVEO 1.4 COMPACT CAR.

ABSTRACT:

Our project is a contribution to the driver safety since most vehicles do not have an anti-robbery and security system included from factory. For this reason, it is very important to implement the system in our research area at a low cost and quality, thereby putting on show the knowledge acquired during the college career and thus establishing the basis for further studies based on the problems arising here specified.

Having done the calculations and tests required to develop the project structure, the mechanism to generate pressure to the rear wheels was built, by using an auxiliary brake pump, auxiliary relay starter and a starter solenoid that working together generate an approximate pressure of 440 psi throughout the system brakes.

Although the hydraulic system of the project used hydraulic brake system existing in the vehicle, several T-shaped fittings were implemented; whose material is copper, pressure-resistant, two directional valves 2 / 2 brand Eaton Vickers SV3-10-C-shot operation with a power source 12VD and DOT 3 brake fluid.

For the development of the electronic part of the system, the acquisition of a SIEMENS PLC LOGO model was taken into account because it is easier to use. Besides, it was required the use of a keypad for deactivation of the complementary system.

This project has succeeded in fulfilling the expectations raised as it is an effective and useful tool for the driver safety. It is also the basis for future research in the automotive field.

KEYWORDS: fluid, liquid, pressure, Hydraulics, Brake System, PLC
(Programmable Logic Controller)

FIRMAS:

DIRECTOR

GRADUADO(S)

NOTAS:

AGRADECIMIENTO

Porque la gratitud es un don que tenemos los humanos, en la culminación de esta etapa estudiantil, agradecemos desde lo más profundo de nuestra alma a Dios así como también a nuestros padres, por habernos permitido llegar a un feliz término nuestra enseñanza superior.

A todos los profesores, ingenieros, tecnólogos, etc, quienes en su momento determinado fueron los moldeadores de nuestra instrucción y enseñanza, y, cuyos nombres los llevaremos grabados dentro de nuestros corazones, por haber sido ellos, quienes nos enseñaron que la lucha diaria de la vida es más llevadera si tenemos quien nos sepa guiar con amor y sacrificio.

Diana Carolina Perugachi Falconí
Carlos Roberto Moromenacho Vega

DEDICATORIA

El presente proyecto lo quiero dedicar a mis padres y hermanas, en especial a mi padre por ser la persona más importante en mi vida, por ser la fuente de mi inspiración y por haber compartido su experiencia a fin de lograr un trabajo eficiente.

A mi querido novio, Roberto, quien desde que llegó a mi vida me ha apoyado incondicionalmente y ha estado junto a mí en las buenas y malas.

Diana

Al término de mis estudios universitarios, el presente proyecto de tesis realizado con esfuerzo y sacrificio, lo dedico a Dios por haber sido él quien me ha brindado salud y vida.

A mis padres Alberto y Teresa, cuyo ejemplo de trabajo y esfuerzo ha sido el espejo donde se han visto reflejados mis anhelos, como una demostración de que sus sacrificios no han sido en vano, ya que han sido el crisol donde se ha forjado mi trabajo, mis sueños y mis aspiraciones.

A mi hermana Jacqueline como un ejemplo de que solamente luchando se puede llegar a la cima de nuestras aspiraciones.

A mi amada novia, Dianita, quien con sus consejos, enseñanzas y apoyo incondicional ha llenado mi vida de alegría y amor.

Roberto

INDICE GENERAL

CAPITULO I MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 MISIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS	1
1.3 COMPONENTES	2
1.3.1 Pedal de freno	3
1.3.2 Servo freno.....	4
1.3.3 Cilindro maestro y depósito.....	5
1.3.3.1 Funcionamiento del cilindro maestro	7
1.3.4 Válvula proporcionadora.....	9
1.3.5 Frenos de Disco	11
1.3.6 Frenos de Tambor.....	14
1.3.6.1. Funcionamiento de los frenos de tambor	16
1.3.7 Freno de Estacionamiento.....	18
1.4 SISTEMA HIDRÁULICO DE FRENADO	19
1.4.1 Esquema general	19
1.4.2 Principios Hidráulicos	21
1.4.3 Fundamentos físicos	24
1.4.3.1 Cálculos.....	27
1.5 AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA.....	35
1.5.1 Generalidades	35
1.6 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	36
1.6.1 Electroválvulas	36
1.6.1.1 Funcionamiento	36
1.6.1.2 Representación Esquemática de las Válvulas.....	37
1.6.1.3 Accionamiento de Válvulas	38
1.6.1.4 Características de Construcción de Válvulas	39
1.6.2 PLC (Control Lógico Programable)	39
1.6.2.1 Funcionamiento del PLC	40
1.6.2.2 Interpretación de Señales.....	42
1.6.3 Compuertas lógicas.....	44
1.6.4 Programación del LOGO SIEMENS.....	45

1.6.4.1 Bornes de conexión.....	45
1.6.4.2 Funciones Lógicas	46
1.6.4.3 Funciones Especiales.....	47
1.6.5 Solenoides.....	48
1.6.5.1 Tipos de Solenoides	50
1.6.6 Conductores Eléctricos.....	51
CAPITULO II SISTEMA HIDRAÚLICO.....	54
2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	54
2.2 ELEMENTOS	55
2.3 APLICACIÓN AL SISTEMA DE FRENOS.....	58
CAPITULO III DISEÑO ESTRUCTURAL E IMPLEMENTACIÓN.....	60
3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL	60
3.1.1 Cálculos.....	60
3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AL VEHÍCULO	69
CAPITULO IV SISTEMA ELECTRÓNICO.....	75
4.1 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.....	75
4.1.1 Análisis de Funcionamiento.....	76
4.2 IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO DE CONTROL ELECTRÓNICO AL VEHÍCULO	78
<i>CAPITULO V PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO</i>	82
CAPITULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO	85
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
7.1 CONCLUSIONES.....	87
7.2 RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	89

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I MARCO TEÓRICO

Fig.1.1 Componentes del Sistema de Frenos	2
Fig.1.2 Pedal de freno	3
Fig.1.3 Servo Freno	4
Fig.1.4 Funcionamiento de servofreno en vacío.....	5
Fig.1.5 Funcionamiento de servofreno con carga	5
Fig.1.6 Cilindro Maestro	6
Fig.1.7 Bomba de frenos (Cilindro Maestro) Aveo 1.4.....	6
Fig.1.8 Funcionamiento del cilindro maestro	7
Fig.1.9 Obstrucción del líquido de frenos	8
Fig.1.10 Entrada libre del líquido de frenos.....	8
Fig.1.11 Compensación del líquido de frenos	9
Fig.1.12 Cargas de frenado.....	10
Fig.1.13 Patinaje de neumáticos	10
Fig.1.14 Válvula proporcionadora.....	11
Fig.1.15 Frenos de disco	12
Fig.1.16 Funcionamiento de frenos de disco.....	12
Fig.1.17 Antes del desgaste de las pastillas de freno	13
Fig.1.18 Después del desgaste de las pastillas de freno	13
Fig.1.19 Frenos de tambor Chevrolet Aveo 1.4	14
Fig.1.20 Despiece de los frenos de tambor	15
Fig.1.21 Componentes de los frenos de tambor.....	15
Fig.1.22 Zapatas de freno	16
Fig.1.23 Cilindro de rueda	17
Fig.1.24 Flujo de líquido de frenos en el cilindro de rueda	17
Fig.1.25 Freno de estacionamiento	18
Fig.1.26 Sistema de freno de estacionamiento del Chevrolet Aveo 1.4	19
Fig.1.27 Esquema del sistema de frenos Chevrolet Aveo 1.4	20
Fig.1.28 Ley de Pascal	21
Fig.1.29 Diagrama Ley de Pascal	22
Fig.1.30 Recorrido de las zapatas de freno.....	24

Fig.1.31 Accionamiento de mordazas de freno	24
Fig.1.32 Esfuerzo de la rueda transmitido al suelo.....	25
Fig.1.33 Proceso de frenado	28
Fig.1.34 Generación de la presión del circuito en el cilindro principal de frenado.....	29
Fig.1.35 Fuerzas de apriete de los cilindros de rueda	30
Fig.1.36 Fuerza periférica de los frenos de tambor	32
Fig.1.37 Valor característico de los frenos	33
Fig.1.38 Fuerzas de los frenos de disco.....	33
Fig.1.39 Fuerza de frenado en una rueda	34
Fig.1.40 LOGO SIEMENS	40
Fig.1.41 Ciclo de Scan que cumple una PIC	41
Fig.1.42 Representación de una señal análoga y digital	43
Fig.1.43 Tablas de verdad de compuertas lógicas	45
Fig.1.44 Entradas y salidas de LOGO!	46
Fig.1.45 Funciones lógicas.....	46
Fig.1.46 Funciones especiales	48
Fig.1.47 Representación de una bobina.....	49
Fig.1.48 Solenoide giratorio.....	50
Fig.1.49 Solenoide lineal	51
CAPITULO II SISTEMA HIDRÁULICO	
Fig. 2.1 Manómetro indicador de presión del sistema	54
Fig. 2.2 Bomba auxiliar ubicada en el porta-maletas del vehículo.....	54
Fig. 2.3 Sistema de frenos del Chevrolet Aveo 1.4	55
Fig. 2.4 Válvula Eaton Vickers.....	55
Fig. 2.5 Válvula direccional 2/2 normalmente cerrada.....	56
Fig. 2.6 Acoples en forma de “T”	56
Fig. 2.7 Unión entre cañerías	56
Fig. 2.8 Conos de cañerías de frenos utilizados.....	57
Fig. 2.9 Cañerías de acero utilizadas	57
Fig. 2.10 Líquido de frenos DOT 3 utilizado	57
Fig. 2.11 Procedimiento para la realización del doble cono en las cañerías a ser utilizadas	58

Fig. 2.12 Herramienta utilizada para realización de doble cono	59
CAPITULO III DISEÑO ESTRUCTURAL E IMPLEMENTACIÓN	
Fig.3.1 Bomba de embrague auxiliar.....	60
Fig.3.2 Solenoide de arranque	60
Fig.3.3 Sistema de bloqueo.....	66
Fig.3.4 Ángulos de estructura.....	68
Fig.3.5 Vehículo antes de empezar desmontaje de piezas	69
Fig.3.6 Lugar destinado para colocar electroválvula delantera	69
Fig.3.7 Ubicación de la válvula dentro del vehículo.....	70
Fig.3.8 Ventilador para evitar recalentamiento de bobina de válvula	70
Fig.3.9 Lugar destinado para colocación de electroválvula posterior	71
Fig.3.10 Ubicación de la electroválvula posterior	71
Fig.3.11 Lugar destinado para colocación de sistema de bloqueo.....	72
Fig.3.12 Ubicación de sistema de bloqueo.....	72
Fig.3.13 Cobertor del sistema de bloqueo	73
Fig.3.14 Fibra térmica acústica	73
Fig.3.15 Presentación final del proyecto	74
CAPITULO IV SISTEMA ELECTRÓNICO	
Fig. 4.1 Diagrama del primer circuito.....	76
Fig. 4.2 Diagrama del segundo circuito	76
Fig. 4.3 Diagrama final	77
Fig. 4.4 Solenoide de arranque y automático auxiliar de arranque	78
Fig. 4.5 Cableado requerido para la conexión de la PLC	79
Fig. 4.6 Procedimiento de conexión de los cables hacia la PLC	79
Fig. 4.7 Verificación del funcionamiento del circuito electrónico en la PLC	79
Fig. 4.8 Teclado utilizado para la desactivación del sistema.....	80
Fig. 4.9 Presentación final de la parte electrónica.....	80
CAPITULO V PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
Fig. 5.1 Chevrolet Aveo 1.4	81
Fig. 5.2 Verificación de fugas existentes	81
Fig. 5.3 Neplós con fisuras	81
Fig. 5,4 Verificación de fugas en la electroválvula delantera.....	82
Fig. 5.5 Válvula defectuosa	82

INDICE DE TABLAS

CAPITULO III DISEÑO ESTRUCTURAL E IMPLEMENTACIÓN	
3.1 Propiedades mecánicas	67
3.2 Dimensiones y especificaciones técnicas.....	68
CAPITULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO	
6.1 Análisis económico del proyecto	84

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Esquema Hidráulico	88
Anexo 2 Esquema Eléctrico	88

SINTESIS

Debido al inminente crecimiento de robos vehiculares en la ciudad de Quito por la falta de seguridad existente en los vehículos, se ha visto la necesidad de crear un sistema complementario al sistema de frenos que pueda ser accesible y confiable para el conductor. De esta manera, se desea conseguir que esta alternativa cumpla con las funciones de antirrobo y seguridad.

Previo al diseño y elaboración del sistema se investigó temas fundamentales para el correcto entendimiento del sistema de Frenos convencional y de esta manera determinar la viabilidad del sistema complementario.

Para la realización de este proyecto denominado *“Diseño, construcción e implementación de un sistema electrónico de seguridad contra robo aplicado en un sistema de frenos de un vehículo liviano marco Chevrolet Aveo 1.4”*, se ha tomado en consideración 3 parámetros fundamentales tales como son: diseño estructural, sistema hidráulico y diseño electrónico.

En lo referente al diseño estructural se procedió a diseñar la base y el brazo de palanca para ayudar al solenoide a generar más fuerza y así empujar una bomba de frenos auxiliar cuya función es ejercer presión en todo el sistema de frenos mientras el vehículo se encuentra apagado.

Debido a que en el vehículo ya existe un sistema hidráulico de frenos, se decidió utilizar las mismas cañerías haciendo pequeñas modificaciones en las cañerías pertenecientes a las ruedas posteriores para conectarlas a la bomba auxiliar de frenos.

Para la elaboración del sistema electrónico, se consideró la fuente de energía (12V) que sería proporcionada para el funcionamiento de PLC y la utilización de un teclado numérico para desactivar el sistema complementario.

Es muy importante enfatizar que nuestro proyecto fue diseñado considerando todas las medidas de seguridad para evitar que el conductor corra peligro a causa de la presencia de fallas técnicas al momento de que el vehículo esté en marcha.

CAPITULO I MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

El sistema de frenos juega un papel muy importante al desacelerar, detener y estacionar el automóvil. 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.

1.2 MISIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

Los vehículos 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 o por cualquier eventualidad que suponga un peligro. Este mecanismo se denomina *Sistema de Frenos*.

El Sistema de Frenos tiene la misión específica de reducir la velocidad del vehículo total o parcialmente según sean las necesidades del conductor. El efecto de frenado consiste en absorber la energía cinética producida por el vehículo en movimiento, energía que es transformada en calor por el rozamiento mutuo entre los elementos de frenado, tales como zapatas de freno y tambor, pastillas de freno con su disco, etc.

En la acción de frenado intervienen otras fuerzas, además del sistema de frenos. De ellas destacan los rozamientos de los órganos de la transmisión, la resistencia opuesta por el aire al desplazamiento del vehículo y el mismo motor cuando actúa como freno por girar más rápido las ruedas que el propio motor.

1.3 COMPONENTES

El sistema de frenos del vehículo Chevrolet Aveo 1.4 se compone de varios elementos para controlar y mejorar el frenado del vehículo, los cuales son los siguientes:

- Pedal de freno
- Servo Freno
- Cilindro maestro y su depósito
- Válvula proporcionadora
- Frenos de disco
- Frenos de tambor
- Freno de estacionamiento

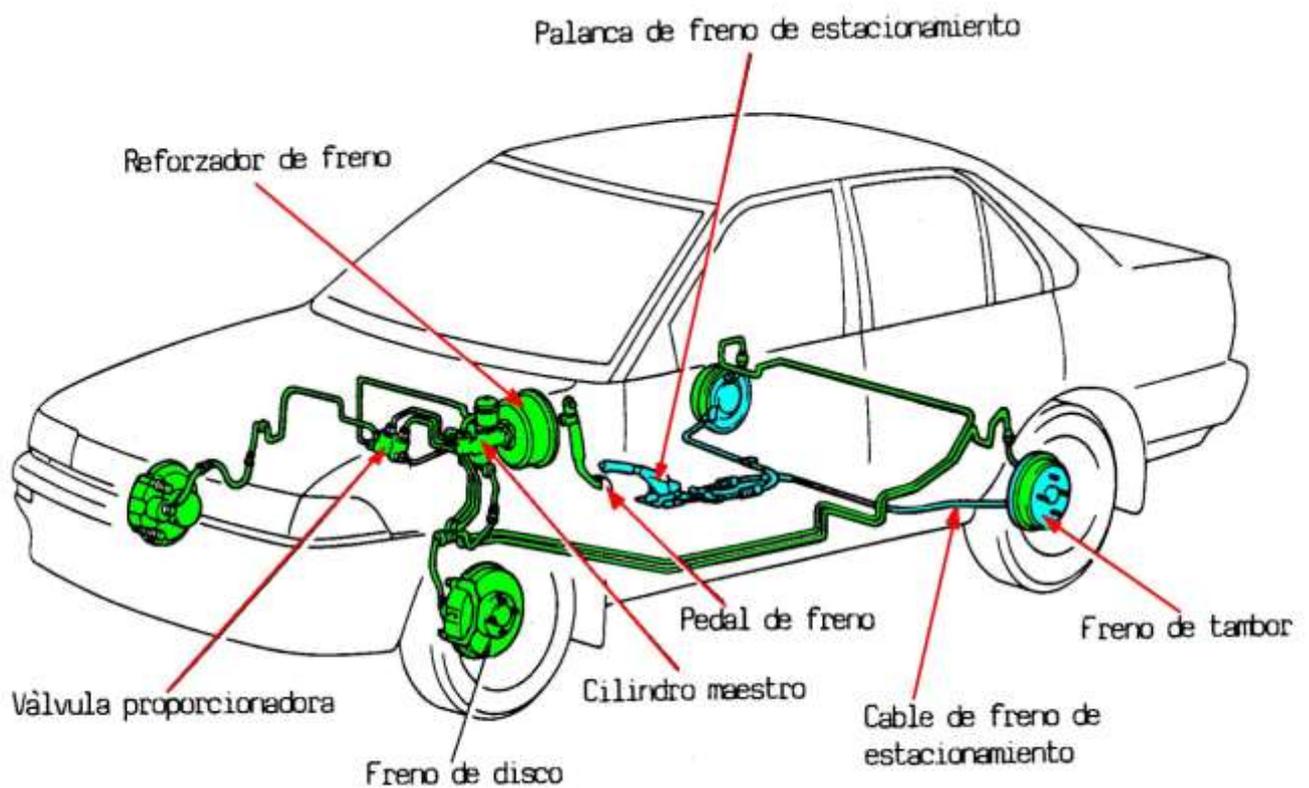


Fig.1.1 Componentes del Sistema de Frenos¹

¹ <http://debates.coches.net>

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 Newtons (N), se transmite a través del varillaje al cilindro maestro. La distancia normal de carrera del 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)².

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.

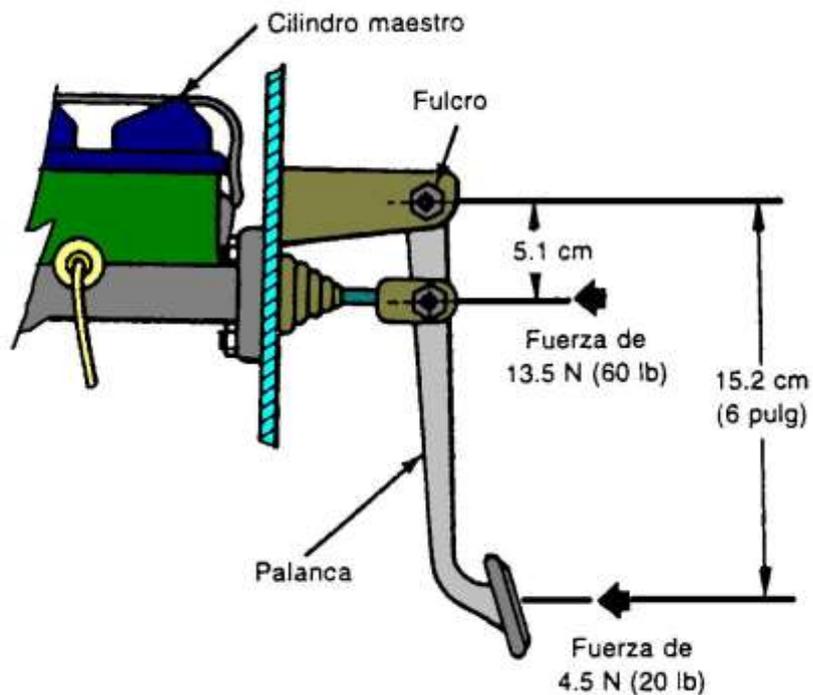


Fig. 1.2 Pedal de freno

La fuerza que se puede ejercer sobre el pedal del freno varía según sea la fuerza que ejerza el conductor. Los sistemas de frenado son proyectados de modo que requieran menos de 667 Newtons (150 lb) de fuerza del conductor, pero que, al

² Manual de Propietario del Vehículo Chevrolet Aveo 1.4

mismo tiempo, proporcionen la fuerza necesaria para detener un vehículo pesado que se mueva a alta velocidad.

1.3.2 Servo freno

El rendimiento del servofreno varía 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 servo 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 (440 lbs) actuado en el servo.

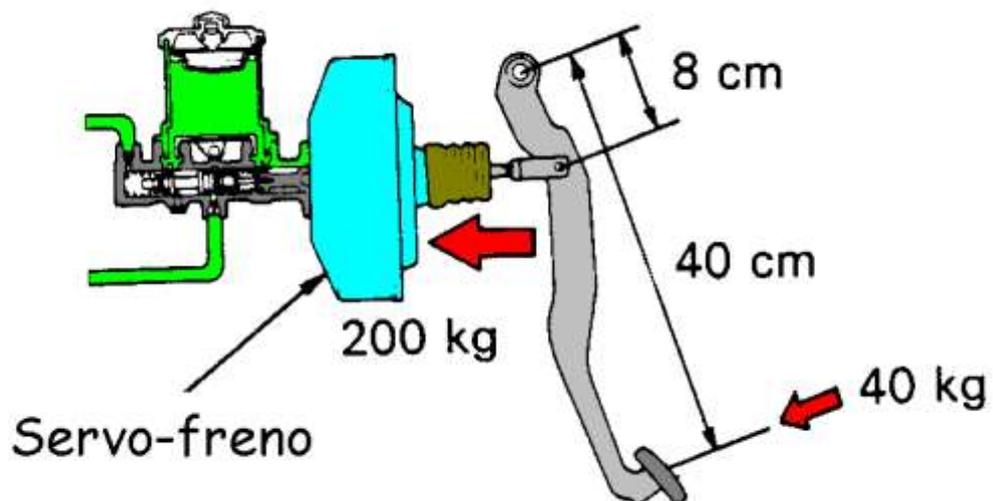


Fig. 1.3 Servofreno

Principio de Funcionamiento

El principio de funcionamiento del servofreno es ilustrado en la Fig. 1.4. Cuando el vacío es aplicado a ambos lados del pistón, el pistón es empujado a la derecha por el resorte y permanece allí.

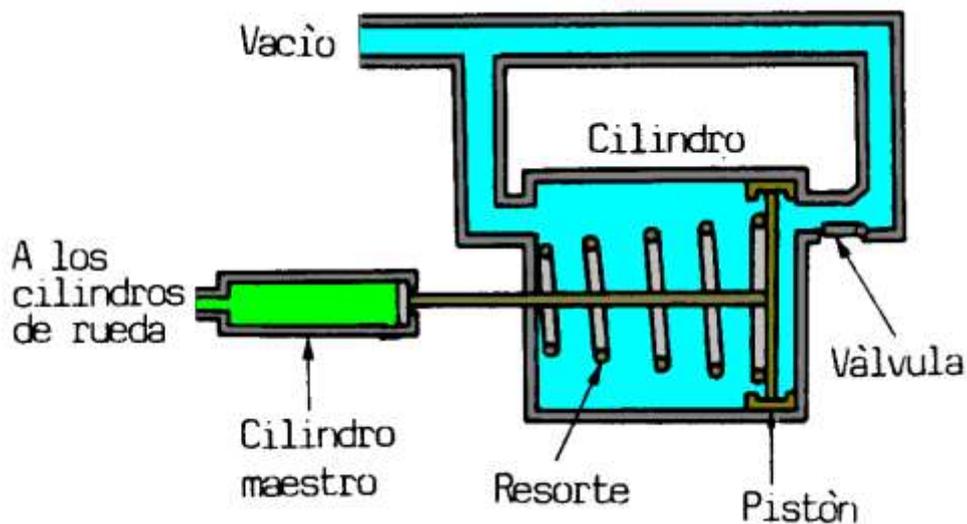


Fig. 1.4 Funcionamiento del Servofreno en Vacío

Cuando se permite entrar aire atmosférico a una de las cámaras (A en el caso mostrado en la Fig. 1.5) el pistón empieza a retraerse debido a la diferencia de presión y se mueve a la izquierda. Esto causa que el vástago del pistón empuje al cilindro maestro generando presión hidráulica.

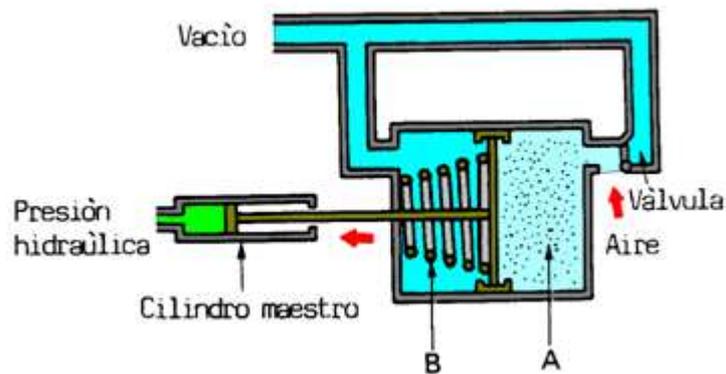


Fig. 1.5 Funcionamiento del Servofreno con carga

1.3.3 Cilindro maestro y depósito

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.

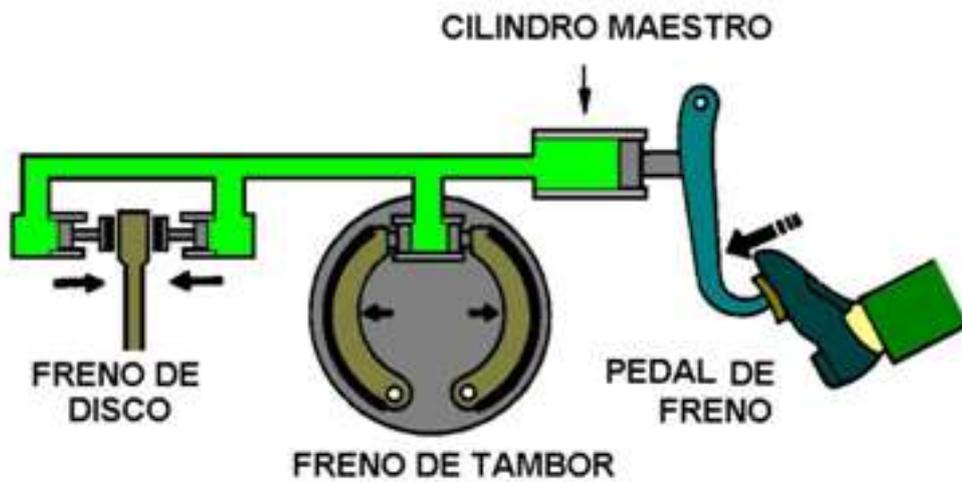


Fig. 1.6 Cilindro Maestro³

La capacidad típica del sistema de frenado completo es normalmente de 1 a 1.5 litros mientras que los vehículos equipados con frenos de disco en las cuatro ruedas suelen contener 2 litros o más. En el caso del Chevrolet Aveo 1.4, la capacidad del depósito es de 0.5 litros⁴.

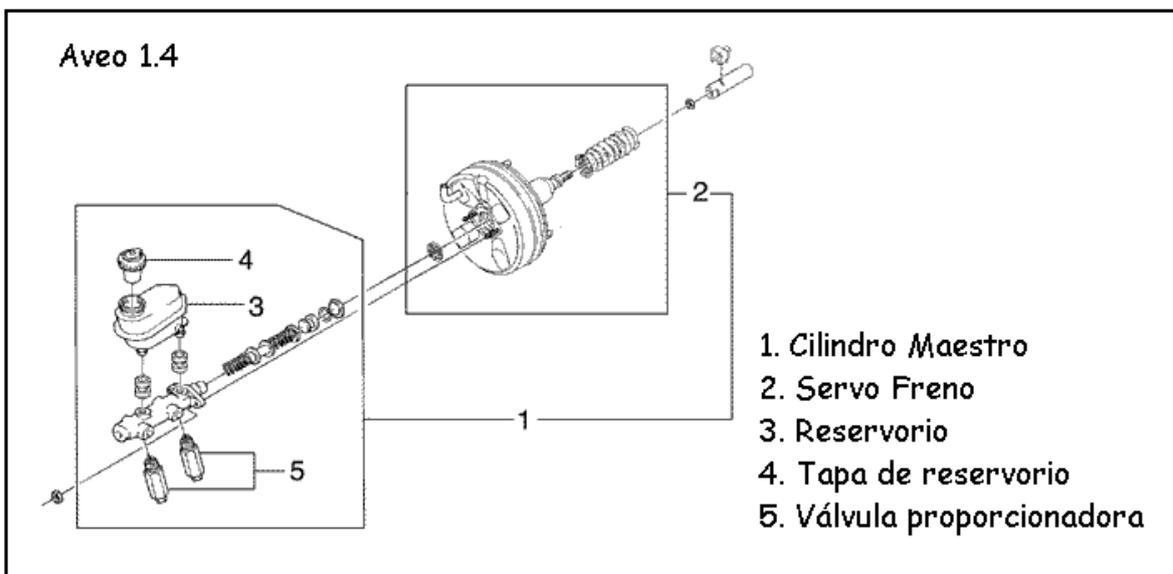


Fig. 1.7 Bomba de Frenos (Cilindro Maestro) Aveo 1.4

³ www.nipponpower.com/mx

⁴ Manual del Propietario del Vehículo Chevrolet Aveo 1.4

1.3.3.1 Funcionamiento del cilindro maestro

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 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.

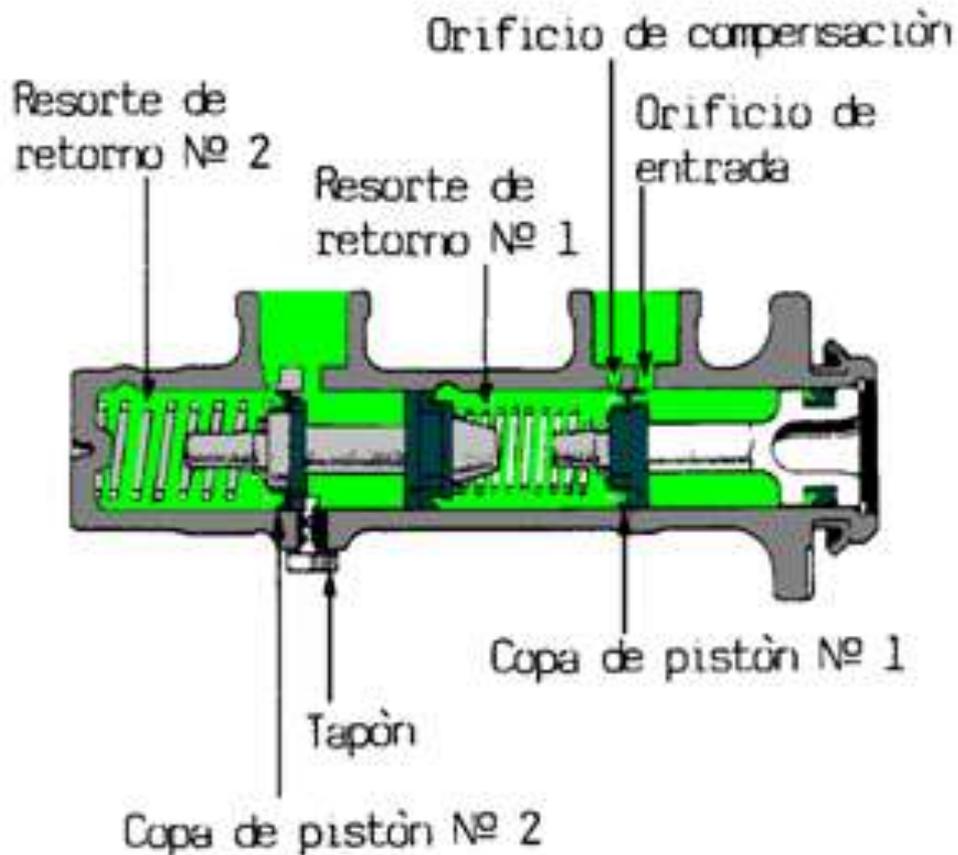


Fig. 1.8 Funcionamiento del Cilindro Maestro

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, éste funciona continuamente del mismo modo que el pistón No. 1 y actúa en los cilindros de las ruedas delanteras.

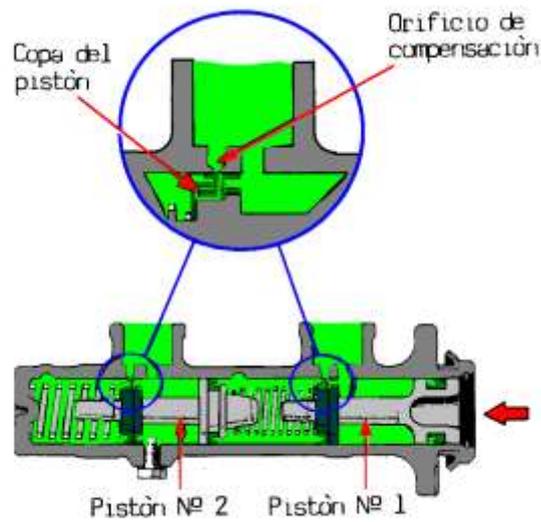


Fig. 1.9 Obstrucción de líquido de frenos

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, mediante los orificios provistos en el extremo del pistón y alrededor de la periferia de la copa del pistón.

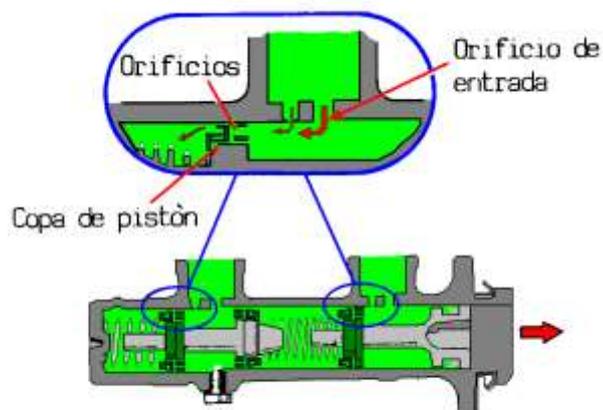


Fig. 1.10 Entrada libre de líquido de frenos

Después que el pistón ha retornado a su posición original, el fluido de frenos retornará desde los cilindros de rueda a los cilindros de la bomba fluyendo hacia el reservorio y 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.

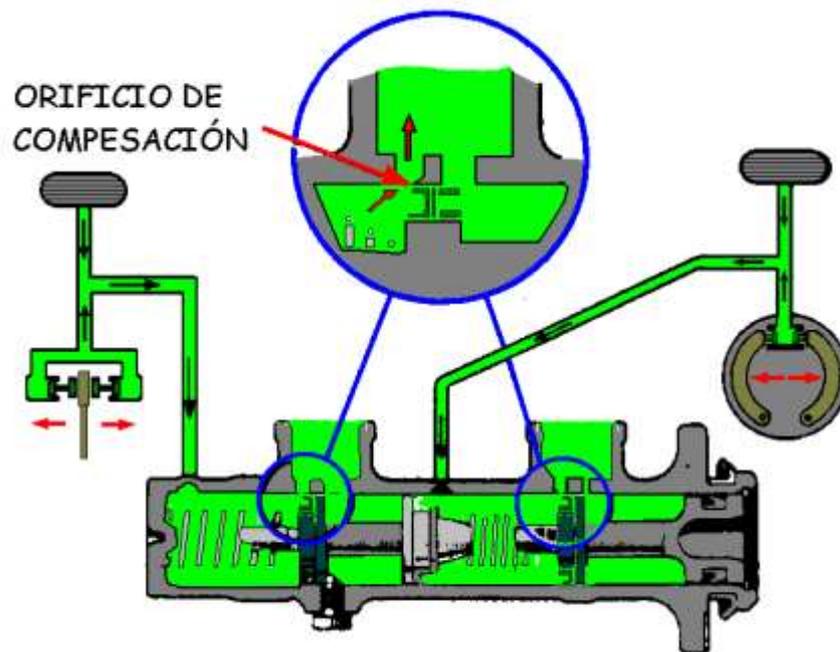


Fig. 1.11 Compensación de líquido de frenos

1.3.4 Válvula proporcionadora

Cargas actuando en los neumáticos delanteros y traseros

La fuerza del frenado es causada por la fricción del neumático y la carretera, el cual se incrementa con la carga. Los vehículos con tracción delantera son más pesados, así cuando los frenos son aplicados, el centro de gravedad de los vehículos tiende 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.

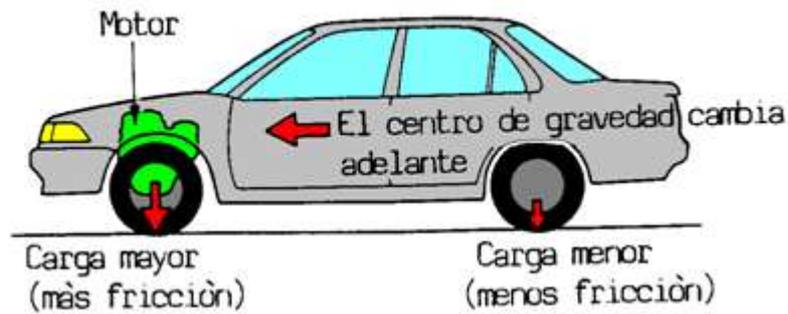


Fig. 1.12 Cargas de Frenado

Peligro de bloqueo prematuro de los neumáticos traseros

Asumiendo que las ruedas delanteras y traseras ejercen una fuerza idéntica de frenado, 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, éste coleará, lo cual puede ser muy peligroso.



Fig. 1.13 Patinaje de Neumáticos

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.

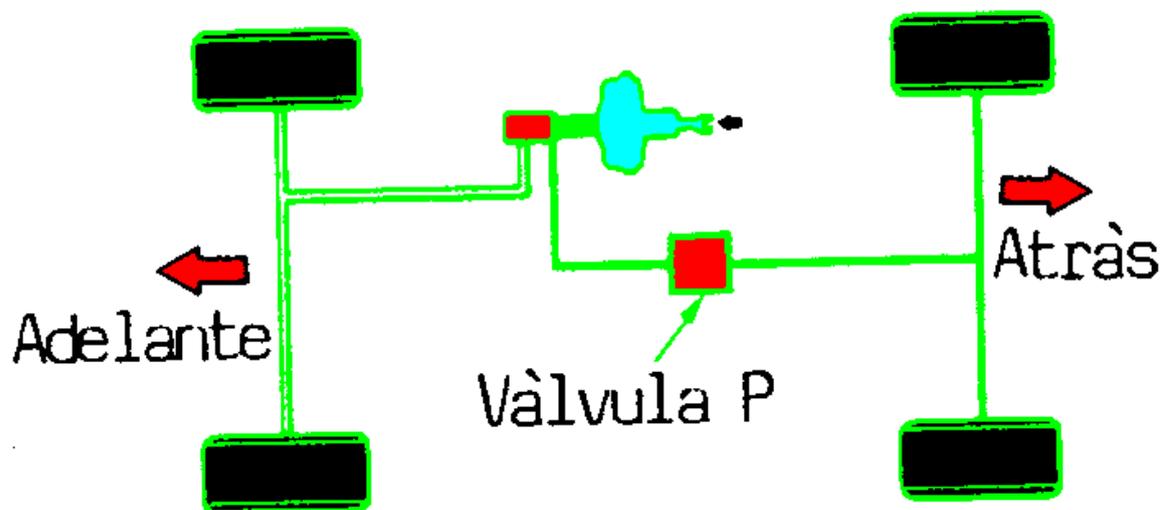


Fig. 1. 14 Válvula Proporcionadora⁵

1.3.5 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.

⁵ <http://.debates.cohces.net>

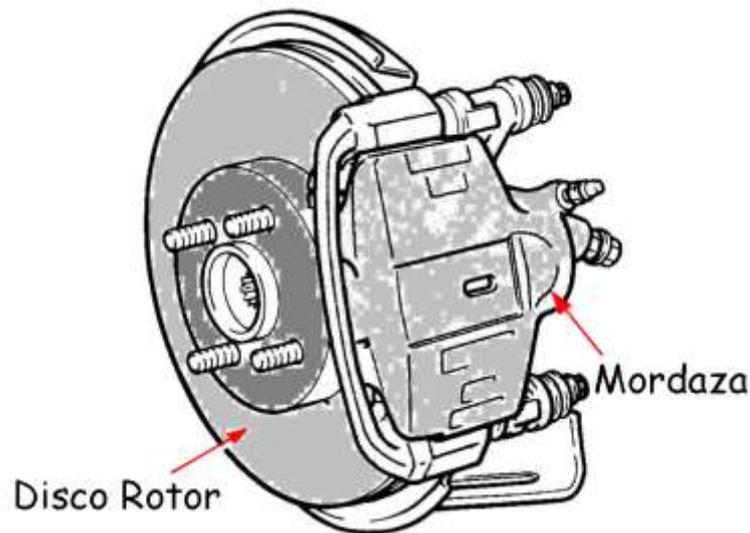


Fig. 1.15 Frenos de Disco

En el Chevrolet Aveo 1.4, tenemos frenos de disco en las ruedas delanteras con mordazas tipo flotante y un pistón. En los frenos de disco, las pastillas de freno son presionadas contra ambos lados del disco (el cual gira con la rueda) para detener el vehículo.

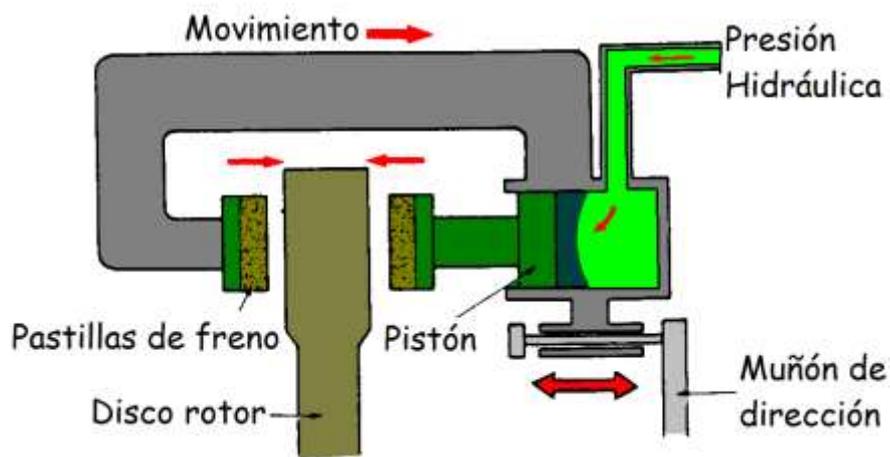


Fig. 1.16 Funcionamiento de frenos de disco⁶

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

⁶ www.nopponpower.com.mx

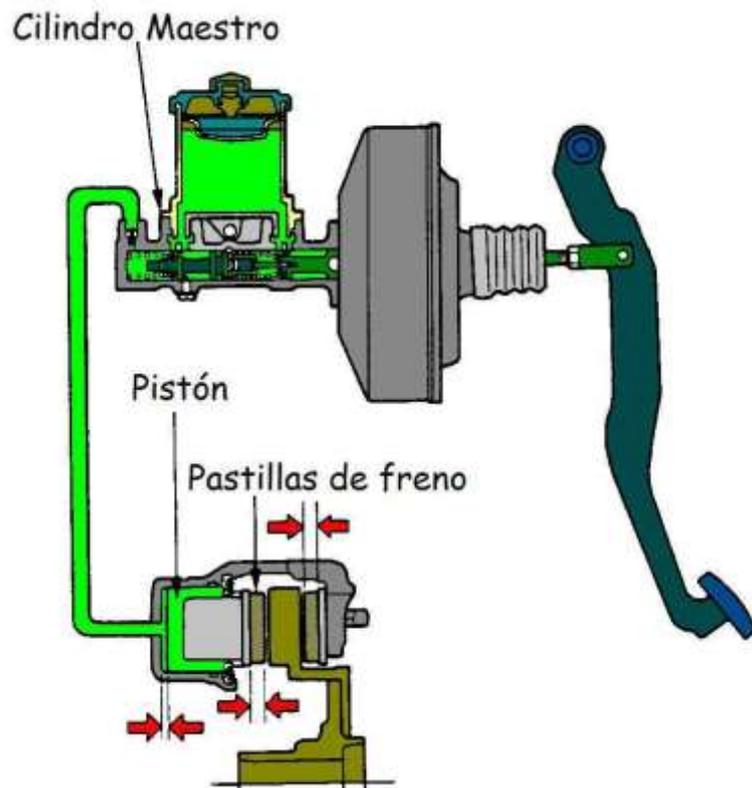


Fig. 1.17 Antes del desgaste de las pastillas de freno

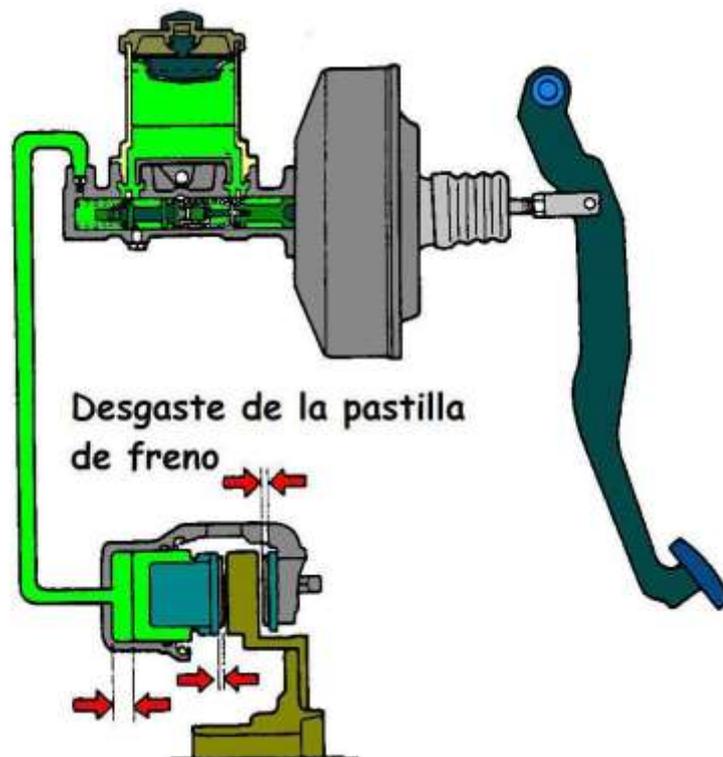


Fig. 1.18 Después del desgaste de las pastillas de freno

Ventajas y desventajas de los frenos de disco

➤ *Más resistentes al desvanecimiento*

El disco y las pastillas de freno se suelen montar donde el aire puede enfriar rápidamente las partes. De hecho, más del 80 por ciento del rotor está expuesto al aire.

➤ *Paradas parejas y rectas*

La fricción de los frenos de disco es proporcional a la presión aplicada.

➤ *Pueden frenar estando mojados*

El agua simplemente resbala de la superficie vertical del rotor y las pastillas de freno frotan constantemente contra la superficie del rotor, lo que efectivamente evita la acumulación de agua.

➤ *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.

1.3.6 Frenos de Tambor

El primer sistema de frenos en las ruedas (después del freno 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. 1.19 Frenos de Tambor Chevrolet Aveo⁷

⁷ Fotografía real del Chevrolet Aveo 1.4



Fig. 1.20 Despiece de los frenos de tambor⁸

En los frenos posteriores del Chevrolet Aveo 1.4, tenemos el sistema de freno de tambor de tipo simplex con apoyo fijo, el cilindro de rueda de doble efecto está empernado al plato de soporte, el cual es un componente no giratorio del freno de tambor.

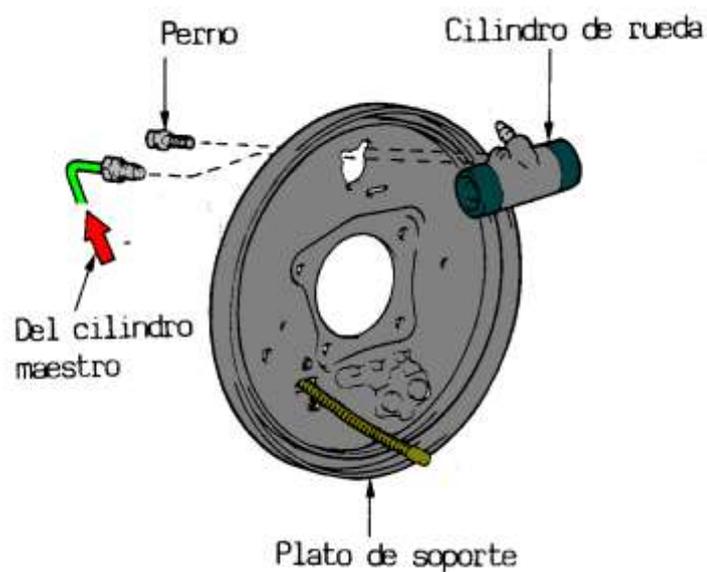


Fig. 1.21 Componentes de los Frenos de Tambor

⁸ www.nipponpower.com.mx

1.3.6.1. Funcionamiento de los frenos de tambor

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.

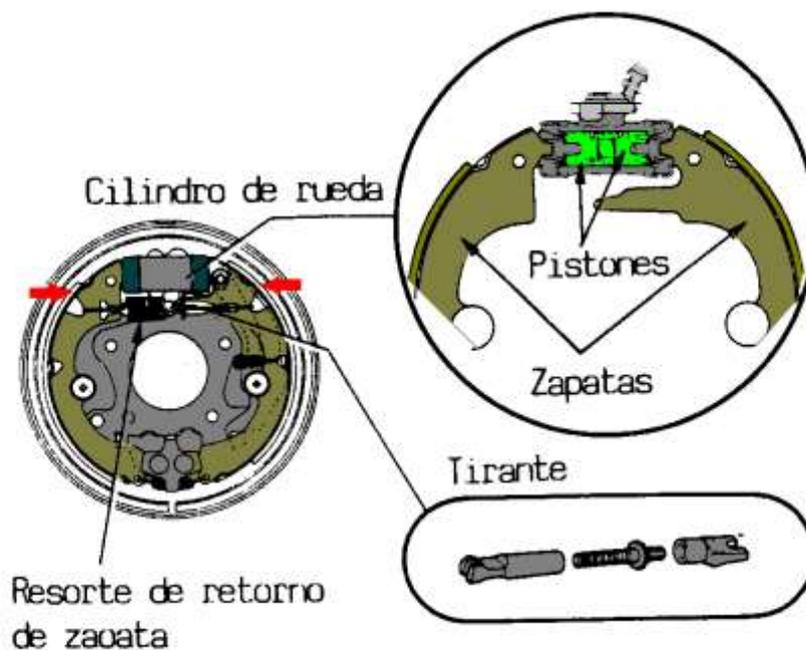


Fig. 1.22 Zapatas de Freno

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, deteniendo así, el vehículo. La presión hidráulica en el cilindro de rueda también actúa sobre los cauchos de la copa del pistón, éste empuja los cauchos contra el cilindro y previene una fuga de fluido.

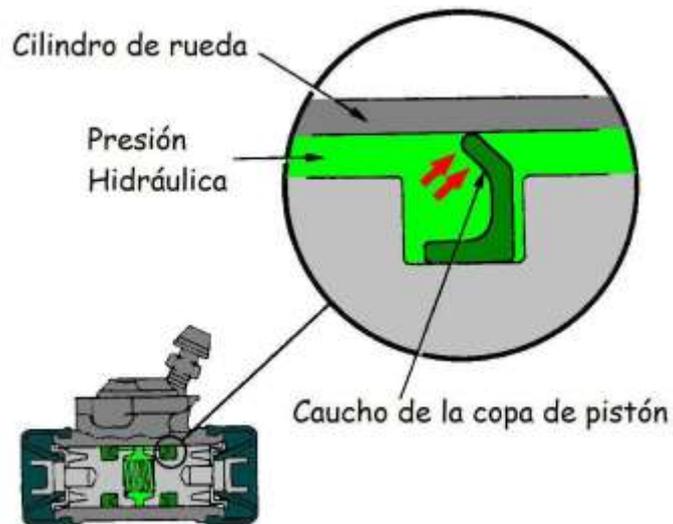


Fig. 1.23 Cilindro de Rueda

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

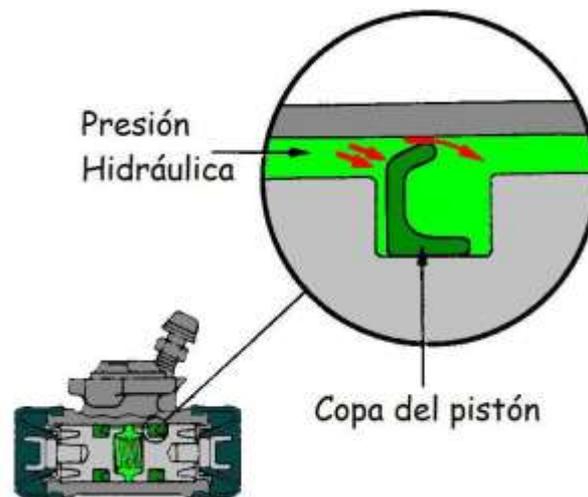


Fig. 1.24 Flujo del líquido de frenos en el cilindro de rueda

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 frenar cuesta abajo de 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 Freno de Estacionamiento

Llamado comúnmente freno de mano, es un mecanismo mecánico donde la transmisión del esfuerzo tiene lugar mediante palanca y cable. La palanca amplifica la presión de frenado y el cable compensa o equilibra las diferencias de movimiento de las varillas.

El funcionamiento del freno de mano es muy sencillo y se divide en dos fases, la de tensión y la de reposo. En la de reposo el freno no interactúa con el vehículo, esto ocurre al halar la palanca con cierta cantidad de fuerza, que provoca que las zapatas presionen el tambor, con lo que el vehículo queda estático en el punto donde se encuentra parado. Para devolver la palanca a su posición inicial basta con bajar ligeramente la palanca apretando el botón que lleva en su parte delantera.

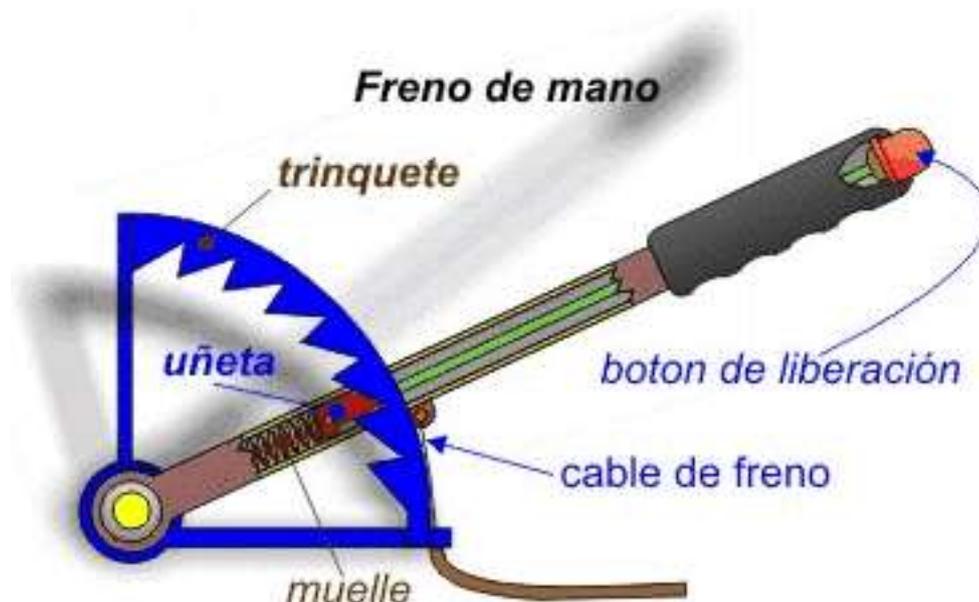


Fig.1.25 Freno de Estacionamiento

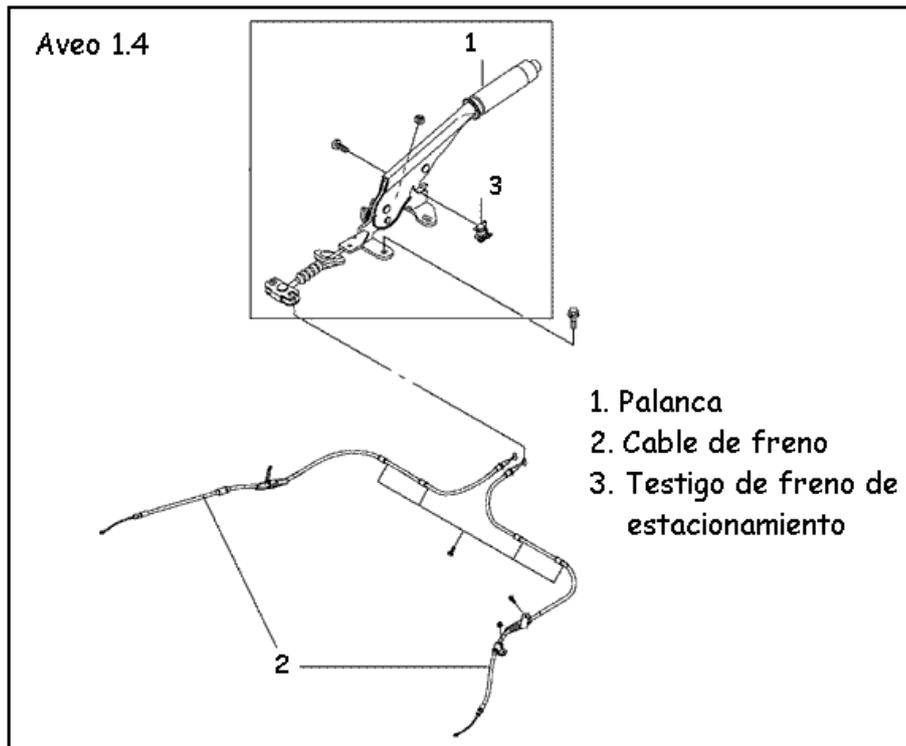


Fig. 1.26 Sistema de Freno de Estacionamiento del Chevrolet Aveo 1.4 ⁹

1.4 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 fabricantes proyectan los sistemas de frenado de modo que requieran menos de 667 Newtons (150 lb) de fuerza del conductor, pero que, al mismo tiempo, proporcionen la fuerza necesaria para detener un vehículo que se mueva a alta velocidad.

1.4.1 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

⁹ Figura tomada del Manual de Despiece de Chevrolet Kalos

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 de frenos denominado de circuito cruzado, o en diagonal. En los sistemas en diagonal cada circuito independiente actúa sobre el freno de dos ruedas situadas en ejes diferentes y en diferente lado del automóvil; 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 automóviles 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.

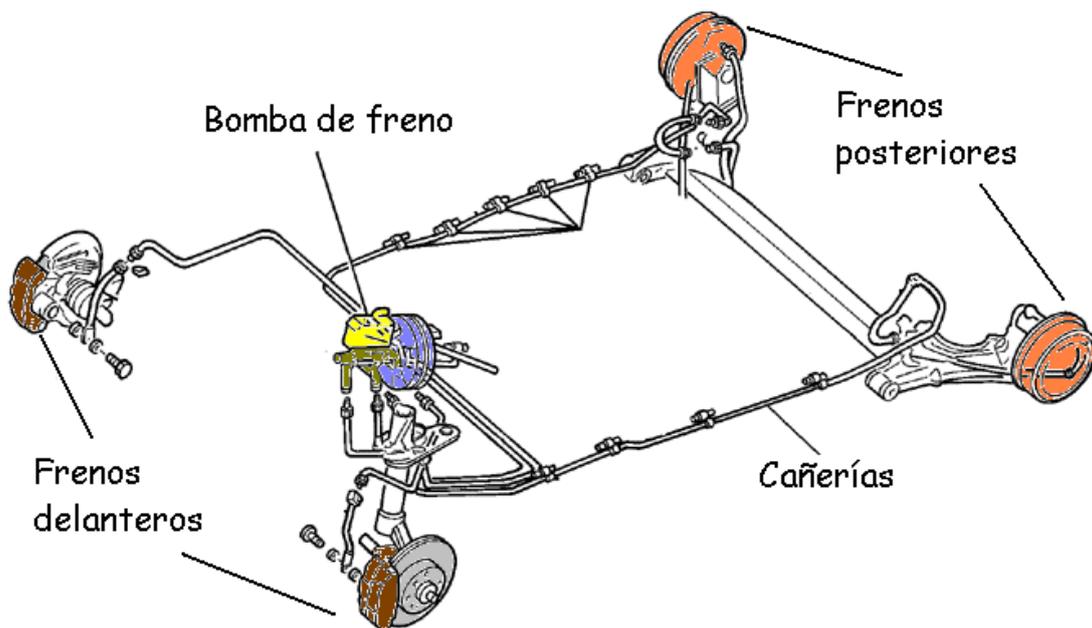


Fig. 1.27 Esquema del Sistema de Frenos del Chevrolet Aveo 1.4¹⁰

¹⁰ Figura tomada del Manual de Despiece del Chevrolet Kalos

1.4.2 Principios Hidráulicos

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”¹¹.

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^2). 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^2) (psi). Ésta es la “presión” que se transmite, sin pérdida, a través de todo el sistema hidráulico.

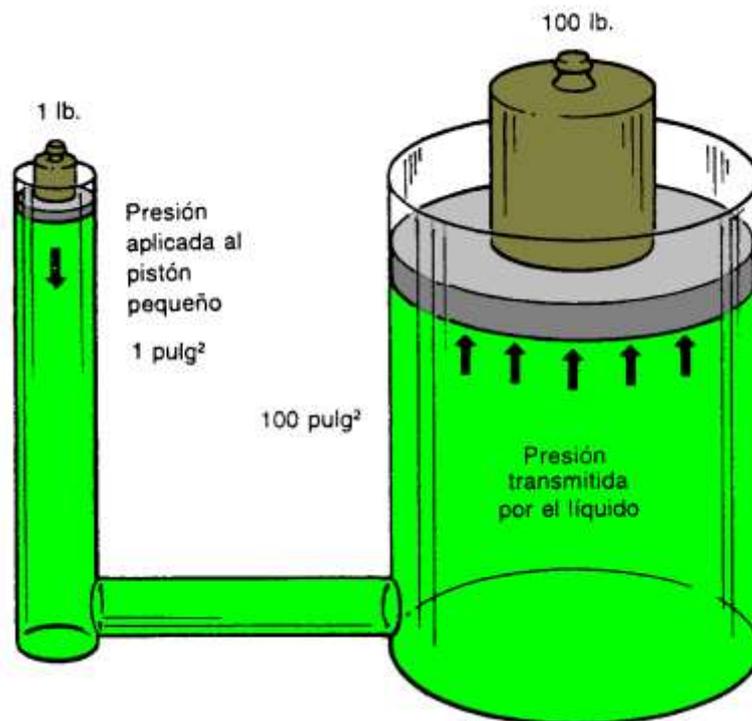


Fig. 1.28 Ley de Pascal

¹¹ WILLIAMS, Gareth. Fundamentos básicos de la Mecánica de los Fluidos, 3ra. Edición, Mc Graw Hill Interamericana. 1996-México.

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/pulg² (Kg/cm²)

A = área en pulg² (cm²)

Un ejemplo práctico es un cilindro maestro con un área de pistón de 1 pulg² (6.45 cm²), un cilindro de rueda con un área de 1 pulg² (6.45 cm²), y un cilindro de rueda con un área de pistón de 2 pulg² (12.9 cm²).

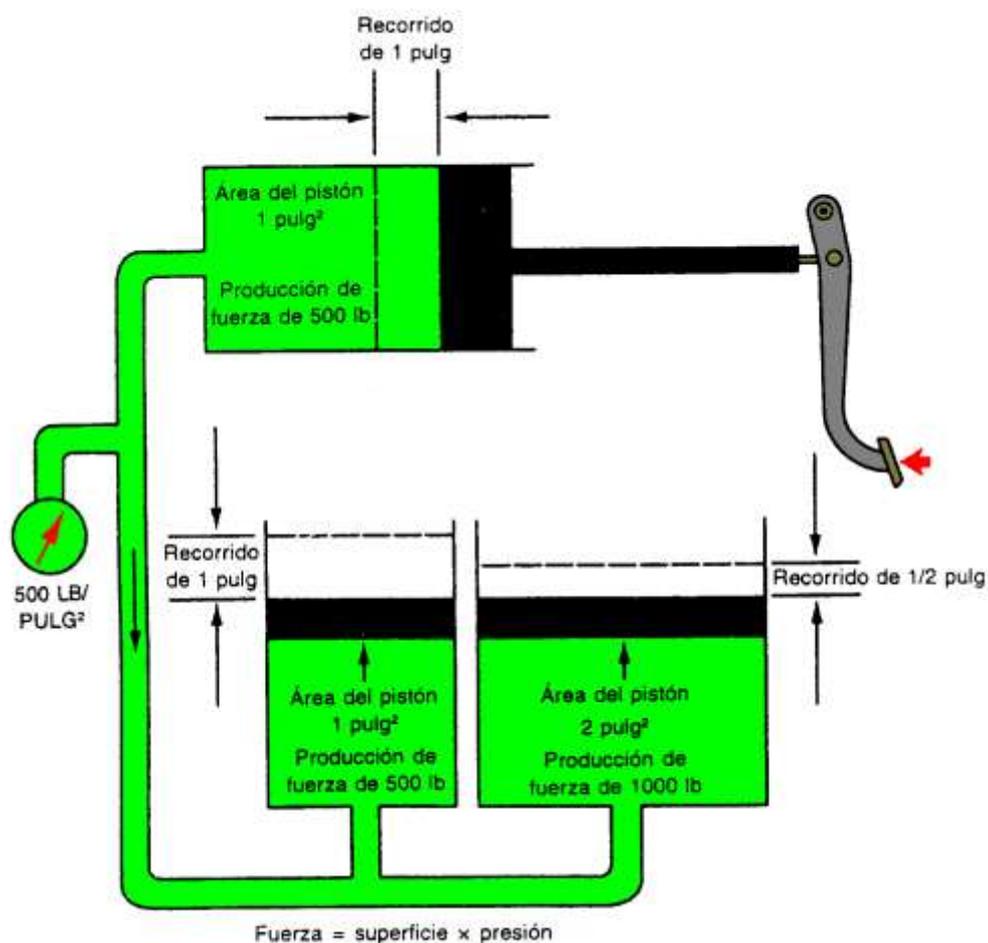


Fig. 1.29 Diagrama Ley de Pascal

Lo interesante de la hidráulica es que la fuerza aplicada se puede enviar a más de un cilindro de rueda. Lo maravilloso 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 sobre 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.

En un vehículo común, una fuerza de 667 Newtons (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/pulg² (11 700 kPa). Durante una aplicación típica de frenos, sólo alrededor del equivalente a 1 cucharadita (5 ml 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.

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) aproximadamente¹². 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 pastillas de freno de disco sujeten como tenazas ambos lados del rotor (disco). La distancia típica que recorren las pastillas de freno es de sólo 0.025 a 0.076 mm (25 a 76 milésimas de milímetro) (0.001 a 0.003 pulg)¹³.

¹² GTZ Tecnología Del Automóvil, 8va. Edición, REVERTE. 1986-Colombia.

¹³ Manual del Propietario del Vehículo Chevrolet Aveo



Fig. 1.30 Recorrido de las zapatas de freno

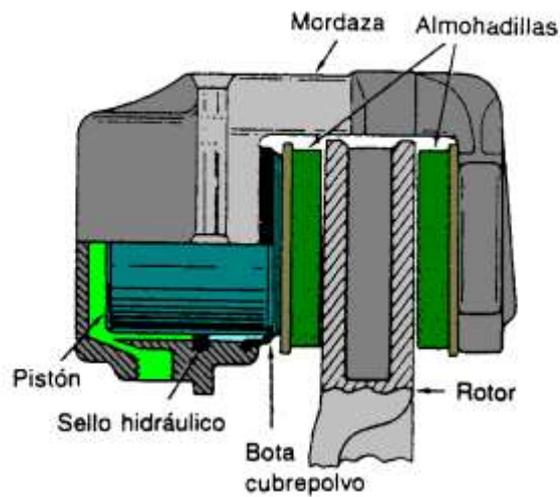


Fig. 1.31 Accionamiento de Mordazas de Frenos

1.4.3 Fundamentos físicos

Las ruedas son el nexo de unión entre el automóvil y el suelo; gracias a este nexo es posible circular, dirigir, acelerar o frenar el automóvil. 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 automóvil, esfuerzos que se traducen en la deseada respuesta del mismo.

Los esfuerzos que las ruedas pueden transmitir al suelo como muestra la fig. 1.32, están limitados por las características de los neumáticos y por las del propio suelo y dependen del peso que soporta la 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 es igual al 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 (μ)¹⁴

$$F=Pu$$

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

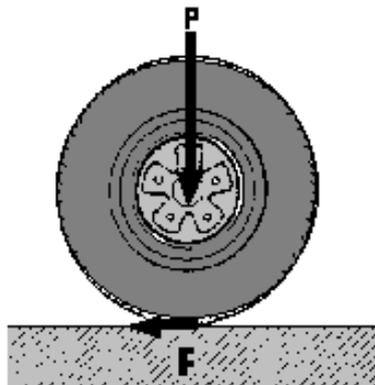


Fig. 1.32 Esfuerzo de la rueda transmitida al suelo

$$F=mg u$$

En esta fórmula, 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 m/s^2 , pues varía en función de la latitud y la altura del lugar, y cuando se dice gravedad se sobreentiende que es la 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

¹⁴ Cuando la rueda gira, u es el coeficiente de rozamiento de rodadura. Cuando la rueda, u es el coeficiente dinámico de rozamiento, de valor menor que el anterior.

contacto; depende de la rugosidad; de la dureza del caucho que forma el neumático, de si la calzada está seca, mojada, o cubierta de barro, de hielo, etc.

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 de freno 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 se consigue 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 (se debe recordar 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.

1.4.3.1 Cálculos

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.

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

Durante este tiempo (acción 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.

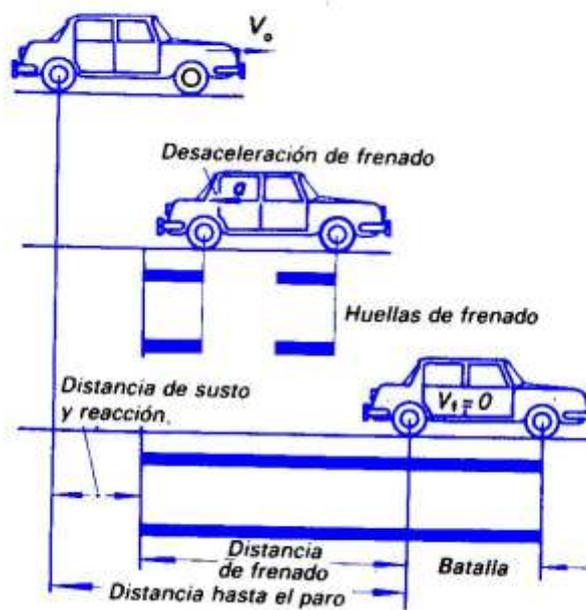


Fig.1.33 Proceso de Frenado

Fórmulas de Desaceleración, tiempo y distancia de 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)

V₀ = Velocidad inicial (m/s)

t = tiempo inicial (s)

t1 = tiempo de susto y reacción (s)

$$V_0 = t \cdot a \quad (\text{m/s})$$

$$S = \frac{V_0 \cdot t}{2} \quad (\text{m})$$

$$S = \frac{V_0 \cdot t}{2} = \frac{V_0 \cdot \frac{V_0}{a}}{2} = \frac{V_0^2}{2a} \quad (\text{m})$$

$$a = \frac{V_0^2}{2S} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$t = \frac{2S}{V_0} \quad (\text{s})$$

$$V_0 = t \cdot a = \sqrt{2a \cdot S} \quad (\text{m/s})$$

$$S_{\text{total}} = S \cdot V_0 + t_1 \quad (\text{m})$$

Presión del Circuito y Fuerza de Aprieto

El conductor 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:

- Mediante palancas
- Transmisión hidráulica
- Fuerzas externas (por ejemplo aire comprimido)
- Aumento automático con frenos de tambor

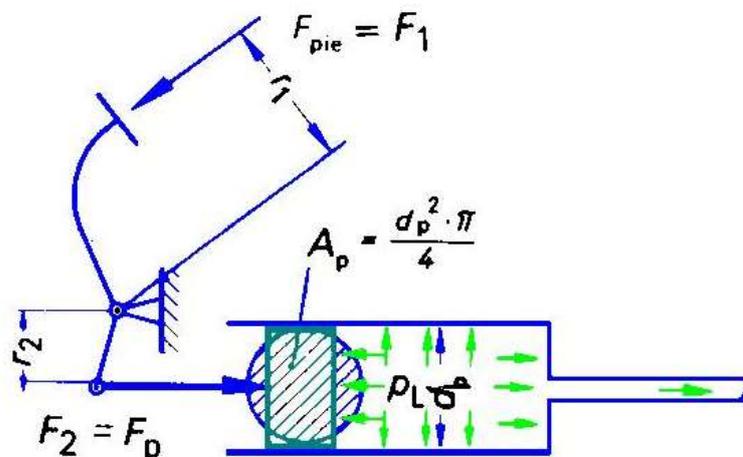


Fig. 1.34 Generación de la Presión del circuito en el cilindro principal de frenado

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 la salida del cilindro la presión del circuito P_L .

Fuerza de apriete

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

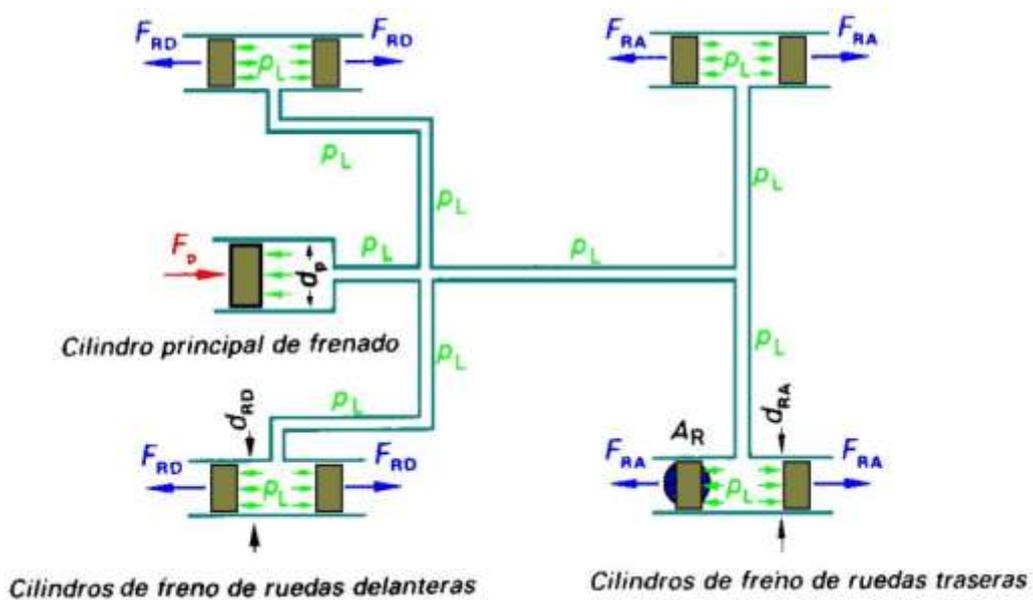


Fig. 1.35 Fuerza de apriete de cilindros de rueda

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 apriete F_{RD} y F_{RA} mediante estas fuerzas de apriete 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]

Ar = Superficie de los cilindros de rueda [cm²]

PL = Presión del circuito [daN/cm² = 1 bar]

FRD = 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/cm² porque 1 daN/cm² corresponde a 1 Bar.

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

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

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

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

Fuerza periférica de los Frenos de Tambor

El freno simplex 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: simplex, dúplex y servo; discos).

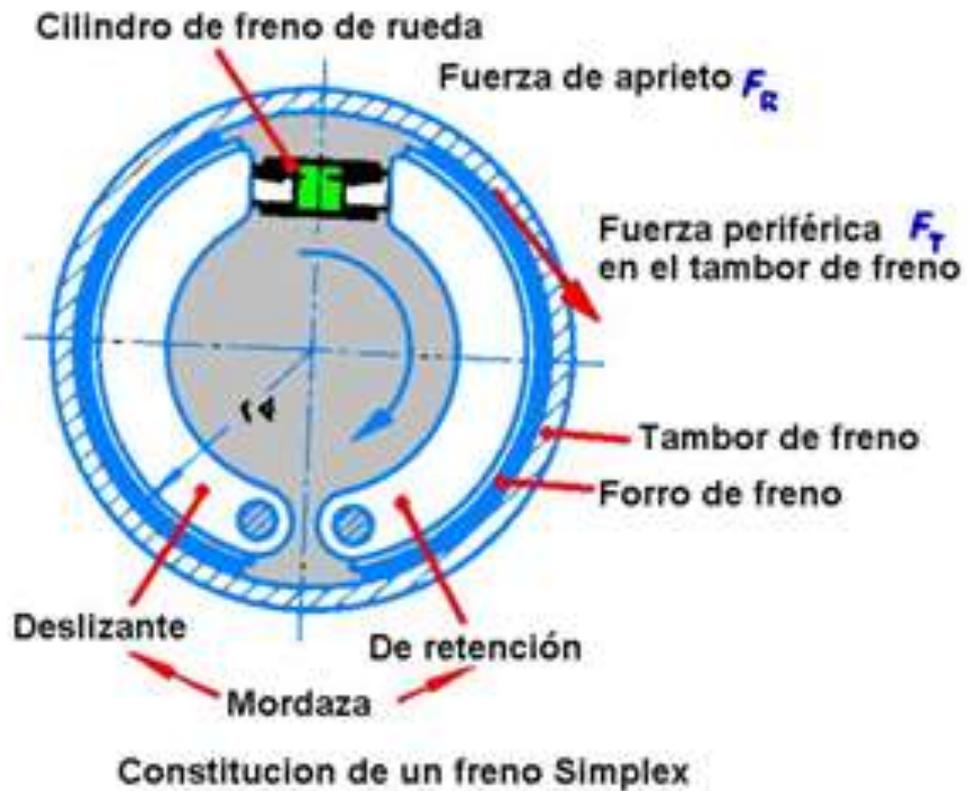


Fig. 1.36 Fuerza Periférica de los Frenos de Tambor

El rozamiento (coeficiente de rozamiento dinámico (de deslizamiento)) 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 el siguiente diagrama.

Notaciones

F_R = Fuerza de aprieto (daN)

F_T = Fuerza periférica en el tambor de freno

C = Valor característico de los frenos (-)

UD = coeficiente de rozamiento din

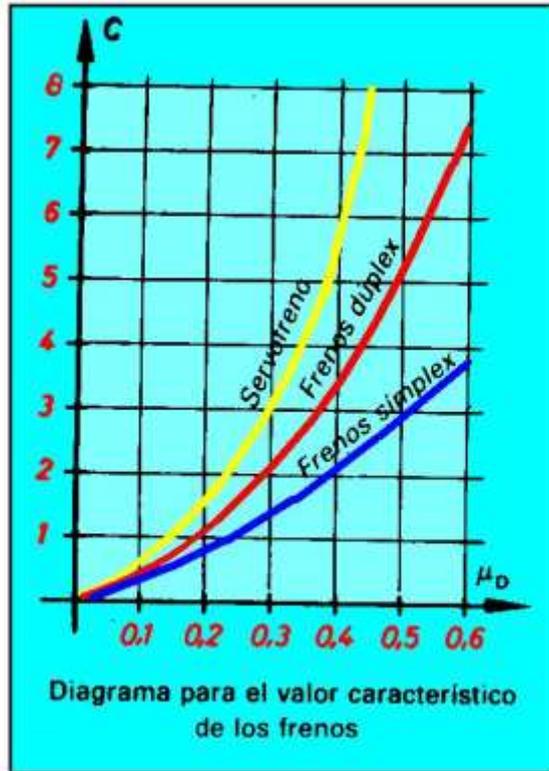


Fig.1.37 Valor característico de los Frenos

Fuerza de Frenado en una rueda con frenos de disco

Al realizar la instalación de frenos, las dos pastillas de freno 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 .

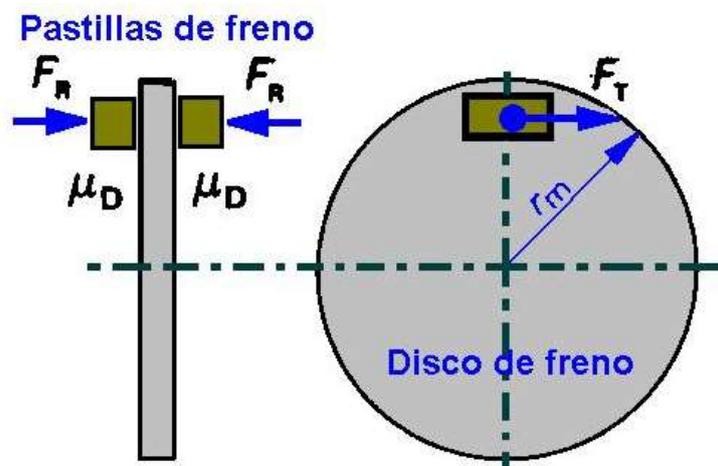


Fig. 1.38 Fuerzas de los Frenos de Disco

La 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 F_{FR} en cada rueda con un brazo igual al radio dinámico R_{din} . Puesto que esa fuerza F_{FR} , es la que se obtiene en cada una de las ruedas, la fuerza total de frenado es igual a cuatro veces ese valor.

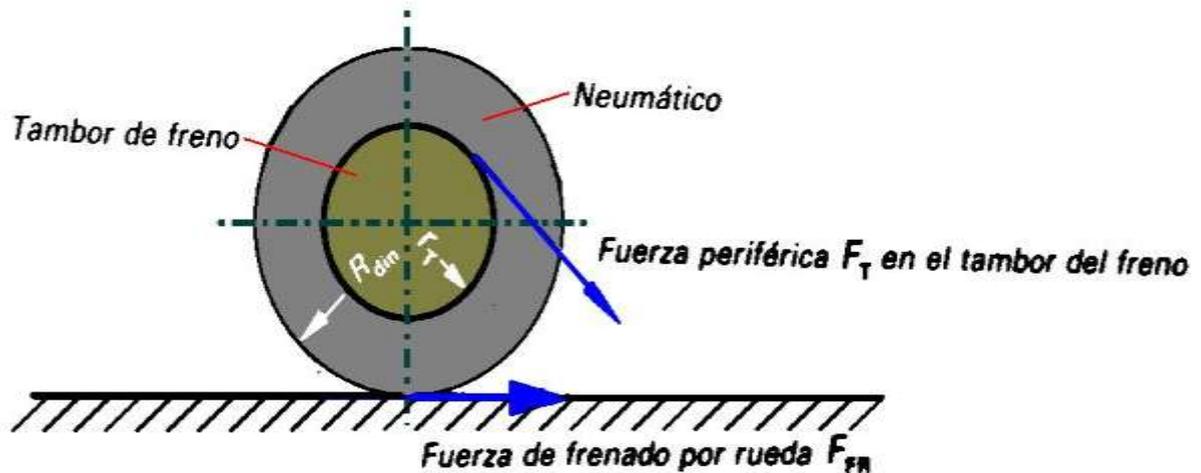


Fig. 1.39 Fuerza de Frenado un una rueda

NOTACIONES

F_T = Fuerza periférica (o tangencial) [daN]

F_R = Fuerza de aprieto [daN]

μ_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]

FF = Fuerza de frenado [daN]

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

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

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

1.5 AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA

1.5.1 Generalidades

La historia de la automatización está caracterizada por períodos de constantes innovaciones tecnológicas, debido 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, los cuales permitirán tareas más 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:** 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.
- **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 las variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).
- **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 sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

1.6 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

1.6.1 Electroválvulas

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 CETOP¹⁵.

1.6.1.1 Funcionamiento

El modo de funcionamiento de las electroválvulas manual o automático, en el caso que se seleccione el funcionamiento en modo manual se podrá cambiar su

¹⁵ Comité Européen des Transmissions Oiéohydrauliques et Pneumatiques

estado: abrirlas o cerrarlas. Si la electroválvula está en automático el sistema controlará las electroválvulas cerrándolas o abriéndolas.

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

- Válvulas de vías o distribuidoras
- Válvulas de bloqueo
- Válvulas de presión
- Válvulas de caudal
- Válvulas de cierre

1,6.1.2 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.



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



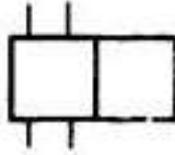
El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de los cuadros.



Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido. Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.

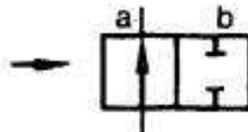


La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto. Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.

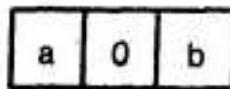


La otra posición se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados hasta que las conexiones coincidan.

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



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



1.6.1.3 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.

1.6.1.4 Características de Construcción de Válvulas

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

➤ **Válvulas de asiento**

En estas válvulas, los empalmes se abren y cierran por medio de bolas, discos, placas o conos. La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y muy robustas. La fuerza de accionamiento es relativamente elevada, puesto que es necesario vencer la resistencia del muelle incorporado de reposicionamiento y la presión del aire.

1.6.2 PLC (Control Lógico Programable)

El PLC es un instrumento electrónico que sirve de herramienta para dar solución a problemas de automatización (es el caso industrial) o de simulación de automatización en el laboratorio (es el caso de este proyecto). Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos.

El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un controlador Programable propiamente dicho está constituido por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- Módulo de memorias
- Unidad de programación

Para nuestro proyecto, hemos decidido utilizar una PLC marca Siemens ya que el módulo lógico LOGO! es la solución más compacta, más fácil de usar y económica para tareas de mando simples. Además el LOGO! es de aplicación universal¹⁶, por ejemplo:

- Instalaciones domésticas (iluminaciones, persianas, toldos, portales, control de entrada, barreras, instalaciones de aire acondicionado)
- Cuadros/tableros eléctricos
- Maquinaria y equipos (bombas, prensas pequeñas, compresores)
- Control especial para invernaderos domésticos e industriales



Fig. 1.40 LOGO SIEMENS

1.6.2.1 Funcionamiento del PLC

Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Una vez que se pone en marcha, el procesador realiza una serie de tareas según el siguiente orden:

¹⁶ Manual del LOGO SIEMENS

- Al encender el procesador ejecuta un auto-chequeo de encendido y bloquea las salidas. A continuación, si el chequeo ha resultado correcto, el PLC entra en el modo de operación normal.
- El siguiente paso lee el estado de las entradas y las almacena en una zona de la memoria que se llama tabla de imagen de entrada.
- En base a su programa de control, el PLC actualiza una zona de la memoria llamada tabla de imagen de salida.
- A continuación el procesador actualiza el estado de las salidas "copiando" hacia los módulos de salida el estado de la tabla de imagen de salidas (de este modo se controla el estado de los módulos de salida del PLC, relay, actuadores, etc.).

Cada ciclo de ejecución se llama ciclo de barrido (scan), el cual normalmente se divide en:

- Verificación de las entradas y salidas
- Ejecución del programa

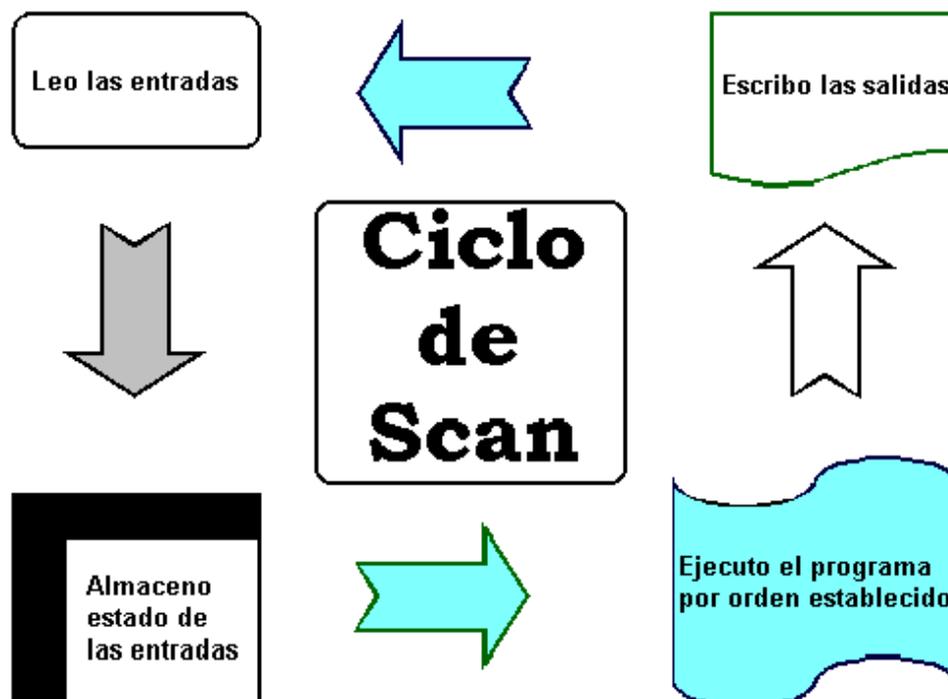


Fig. 1.41 Ciclo de scan que cumple una PLC¹⁷

¹⁷ www.unicrom.com/tut_PLC8.asp

1.6.2.2 Interpretación de Señales

Son las señales que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas en un proceso.

Dado que el PLC recepta la información proveniente del proceso ya sea en forma discreta o análoga, donde la información se almacena en forma de una agrupación binaria, es preciso por lo tanto, disponer de un medio de representación que facilite su manejo y mejore la capacidad de procesamiento. Para ello se emplean con mayor frecuencia tres tipos de representación para la información, estos son:

1. BIT

El bit es la unidad elemental de información donde sólo puede tomar dos valores un "1" ó un "0 ", es decir, un bit es suficiente para representar una señal binaria.

2. BYTE

El byte es una unidad compuesta por una agrupación ordenada de 8 bits, es decir, ocho dígitos binarios. Los bits se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al 7.

En un byte se puede representar el estado de hasta ocho señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud máxima sería:

$\text{Número máximo de un byte} = 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 = 2^8 - 1 = 255$

3. PALABRA

Para obtener mayor capacidad de procesamiento a veces se agrupan los bytes formando lo que se denomina las palabras. La palabra es una unidad mayor compuesta de 16 bits = 2 bytes. Los bits de una palabra se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al

15. En una palabra se pueden representar hasta 16 señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud máxima sería:

$$\text{Número máximo en una Palabra} = 2^{16} - 1 = 65535$$

Tipos de Señales

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga) ha determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC. Existen dos tipos de señales bien definidas que un PLC puede procesar, estos son:

SEÑAL ANÁLOGA

Se conoce como señal análoga, aquella cuyo valor varía con el tiempo y en forma continua, pudiendo asumir un número infinito de valores entre sus límites mínimos y máximos en forma de señal análoga pueden ser controlados y medidos.

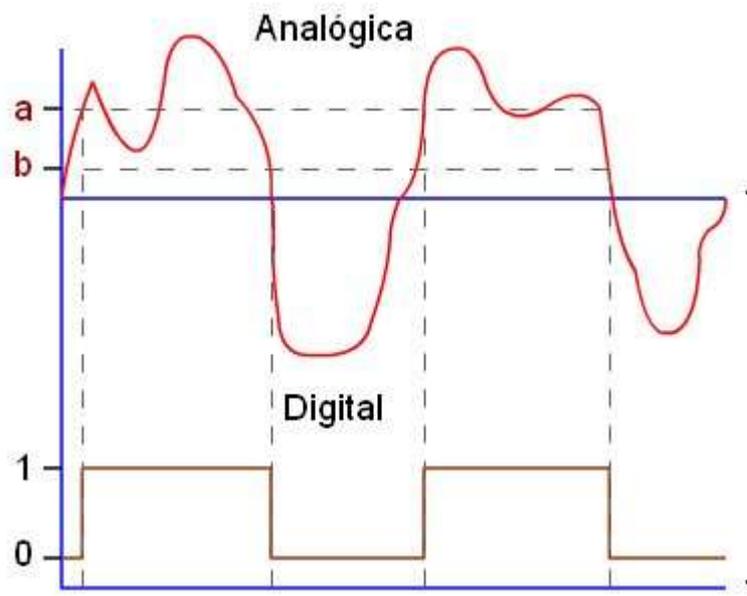


Fig.1.42 Representación de una señal análoga y digital¹⁸

¹⁸ www.mydomainwebhost.com

SEÑAL DISCRETA

Este tipo de señal también conocida como:

- Señal binaria
- Señal digital
- Señal lógica
- Señal todo o nada (TON)

Esta señal se caracteriza porque sólo puede adoptar uno de dos posibles estados o niveles. A estos dos estados posibles se le asocia para efectos del procesamiento el estado de señal "0 " y el estado de señal "1". Asimismo, estos estados cuando se relaciona de acuerdo a su condición eléctrica se dice: no existe tensión y, existe tensión, la magnitud de la tensión no interesa ya que dependerá del diseño del componente electrónico que pueda asumir esta tensión nominal.

1.6.3 Compuertas lógicas

Las compuertas lógicas son dispositivos electrónicos utilizados para realizar lógica de conmutación, es decir, son el equivalente a interruptores eléctricos o electromagnéticos.

Para utilizar apropiadamente estas compuertas es necesario entender la lógica binaria o el álgebra booleana (desarrollada por George Boole en el año de 1854) la cual permite desarrollar y diseñar componentes y sistemas utilizando simplemente proposiciones lógicas verdadero/falso que en electrónica es entendida como "Ceros" y "Unos" lógicos.

Actualmente la tecnología facilita la integración de transistores en los diminutos y ya muy conocidos circuitos integrados. Dichos transistores sirven como puertas que permiten o impiden el paso de corrientes eléctricas con lo cual se puede materializar la idea de las proposiciones lógicas booleanas. Existen diferentes compuertas lógicas y a continuación se detallan las más básicas:

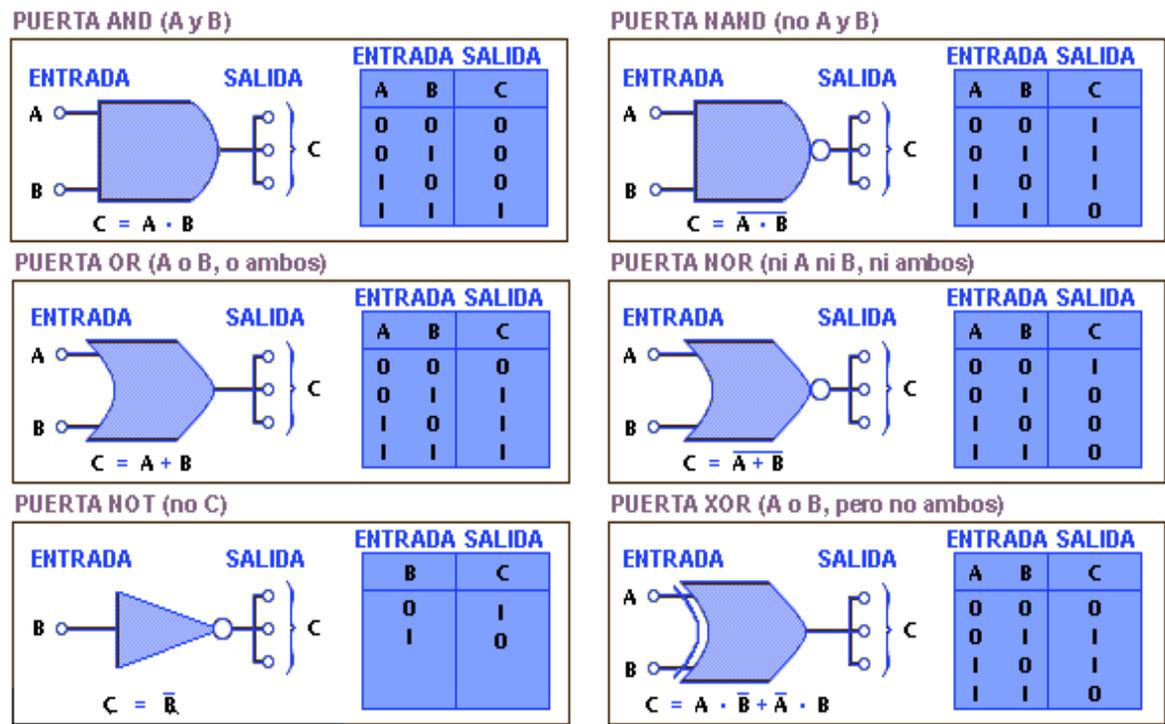


Fig. 1.43 Tablas de Verdad de Compuertas Lógicas¹⁹

1.6.4 Programación del LOGO SIEMENS

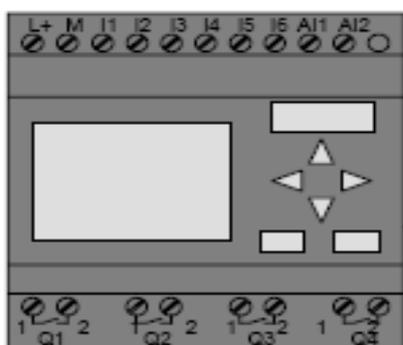
Por programar se entiende la creación de programas. Básicamente, un programa de LOGO! no es más que un esquema eléctrico representado de una forma diferente. Cabe mencionar al LOGO! Soft Comfort, el software de programación para LOGO!, el cual permite crear, probar, simular, modificar, guardar e imprimir los programas cómodamente.

1.6.4.1 Bornes de conexión

Esta herramienta debe estar seleccionada si se desean posicionar bloques de entrada y bloques de salida en el entorno de programación. Las entradas se designan con la letra I y una cifra. Los bornes de las entradas se encuentran en la parte superior. Las salidas se designan con la letra Q y una cifra. Los bornes de las salidas se hallan en la parte inferior.

¹⁹ <http://rockstar103.blogspot.com/>

Entradas



Salidas

Fig. 1.44 Entradas y Salidas de LOGO!

1.6.4.2 Funciones Lógicas

Las funciones lógicas son elementos sencillos del álgebra de Boole. Las entradas y funciones lógicas se pueden negar de forma individual, es decir, que si en la entrada en cuestión hay un “1”, el programa utiliza un “0”; Si hay un “0”, se utiliza un “1”.

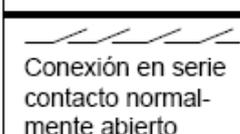
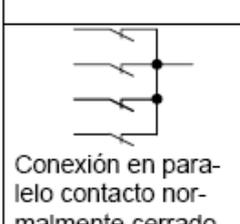
Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en serie contacto normalmente abierto</p>		AND (AND)
		AND con evaluación de flanco
 <p>Conexión en paralelo contacto normalmente cerrado</p>		AND-NEGADA (NAND)
		NAND con evaluación de flanco

Fig. 1.45 Funciones Lógicas

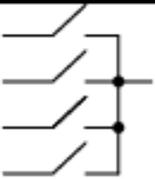
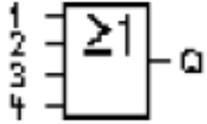
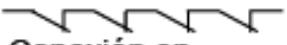
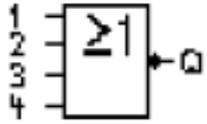
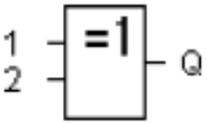
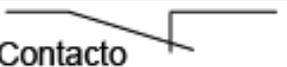
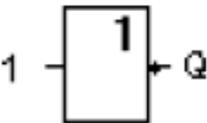
Representación en el circuito eléctrico	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en paralelo contacto normalmente abierto</p>		O (OR)
 <p>Conexión en serie contacto normalmente cerrado</p>		O-NEGADA (NOR)
 <p>Alternador doble</p>		O-EXCLUSIVA (XOR)
 <p>Contacto norm. cerrado</p>		INVERSOR (NOT)

Fig. 1.45 Funciones Lógicas (Cont.)²⁰

1.6.4.3 Funciones Especiales

Las funciones especiales se distinguen a primera vista de las funciones básicas por la denominación diferente de sus entradas. Las funciones especiales contienen funciones de tiempo, remanencia y diferentes posibilidades de parametrización para adaptar el programa a sus necesidades.

Al introducir un programa en LOGO!, aparecen los bloques de las funciones especiales. Es posible negar entradas y funciones especiales de forma individual, es decir, que si en la entrada en cuestión hay un "1", el programa utiliza un "0"; Si hay un "0", se utiliza un "1".

²⁰ Manual LOGO SIEMENS

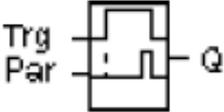
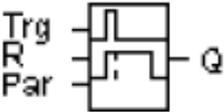
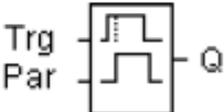
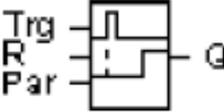
Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
Tiempos		
	Retardo a la conexión	Rem
	Retardo a la desconexión	Rem
	Retardo a la conexión/desconexión	Rem
	Retardo a la conexión con memoria	Rem

Fig. 1.46 Funciones Especiales²¹

1.6.5 Solenoides

Un solenoide se puede definir como una bobina de forma cilíndrica que cuenta con un hilo de material conductor enrollada sobre si a fin de que, con el paso de la corriente eléctrica, se genere un intenso campo eléctrico. Cuando este campo magnético aparece comienza a operar como un imán.

La función principal de un solenoide es activar una válvula que lleva su mismo nombre, la válvula solenoide. Esta válvula opera de acuerdo a los pulsos eléctricos de su apertura y de su cierre.

La bobina con un núcleo apropiado se convierte en un imán (en realidad electroimán). Se utiliza en gran medida para generar un campo magnético uniforme.

²¹ Manual LOGO SIEMENS

Este tipo de bobinas es utilizado para accionar un tipo de válvula, llamada válvula solenoide, que responde a pulsos eléctricos respecto de su apertura y cierre. Eventualmente controlable por programa, su aplicación más recurrente en la actualidad, tiene relación con sistemas de regulación hidráulica y neumática.

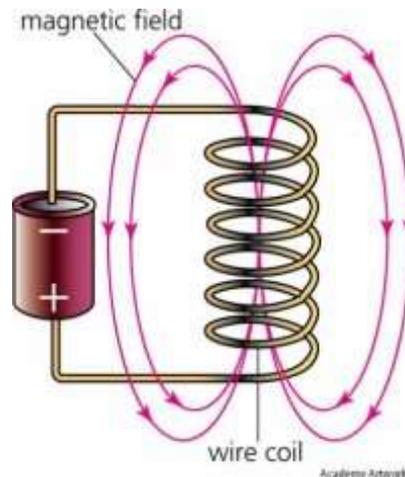


Fig. 1.47 Representación de una bobina²²

Existen dos leyes básicas que gobiernan los solenoides:

1. Ley de Faraday

La tensión inducida en una bobina es proporcional al número de vueltas y a la tasa de cambio del flujo. La corriente inducida fluye en la dirección opuesta al cambio de flujo. El flujo no se acumula, en pocas palabras lo que entra es lo que sale²³.

2. Ley de Ampere

La fuerza magnetomotriz (fmm) alrededor de un bucle cerrado es igual a la corriente neta encerrada por el bucle. El objetivo del diseño de solenoides es transferir la máxima cantidad de NI (energía) desde la bobina al entrehierro de trabajo²⁴.

²² www.forocoche.com

²³ Manual de Electricidad Básica Tomo I

²⁴ Manual de Electricidad Básica Tomo I

1.6.5.1 Tipos de Solenoides

Existen dos principales categorías de solenoides:

Solenoides giratorios

Proporcionan una carrera rotacional que se mide en grados. Algunos son unidireccionales y otros son bidireccionales. La mayor parte tienen un retorno a resorte para devolver la armadura (parte móvil) a la posición inicial. Los solenoides giratorios con frecuencia se usan cuando el tamaño paquete es de la mayor importancia y el trabajo que desempeñan se distribuye de manera más eficaz en toda su carrera. Los solenoides giratorios tienen un fuerza/par de arranque mayor que la de los solenoides lineales. Son más resistentes al impacto. Los solenoides giratorios también ofrecen vida útil más larga (en número de actuaciones) que los solenoides lineales. Una de las aplicaciones más comunes que ayuda a ilustrar la función de un solenoide giratorio es abrir y cerrar un obturador láser.

Los solenoides giratorios tienen aplicaciones en máquinas, herramientas, rayos láser, procesamiento fotográfico, almacenamiento de medios, aparatos médicos, clasificadores, cierres de puertas contra incendios, y máquinas postales, etc.



Fig. 1.48 Solenoide giratorio²⁵

²⁵ www.ledex.com/es/solenoid/what-are-solenoids.html

Solenoides lineales

Proporcionan una carrera lineal normalmente menor de una pulgada en cualquier dirección. Al igual que los giratorios, algunos solenoides lineales son unidireccionales y algunos son bidireccionales. Los solenoides lineales normalmente se clasifican como de tirar o de tipo de empujar en el cual el émbolo / eje se empuja hacia afuera de la caja. Muchos tienen un retorno a resorte para devolver el émbolo o émbolo y eje a la posición inicial. Los solenoides lineales son dispositivos menos complejos y son significativamente menos costosos que los productos giratorios. También ofrecen menos ciclos de vida útil y a veces tienden a ser más grandes.

Los solenoides lineales tienen aplicaciones en electrodomésticos, máquinas vendedoras, seguros de puerta, cambiadores de monedas, disyuntores de circuito, bombas, aparatos médicos, transmisiones automotrices y máquinas postales, etc.

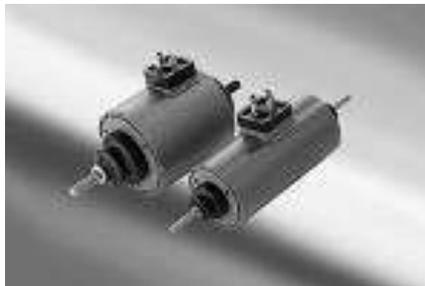


Fig.1.49 Solenoide lineal²⁶

1.6.6 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.

²⁶ www.ledex.com/es/solenoid/what-are-solenoids.html

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 mm²; 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 ² ó 1610 mm
Luz de carretera o cruce	2,5 mm ² ó 25 10 mm
Bocina. Limpiaparabrisas etc.	2,5 mm ² ó 25 10 mm
Luces y testigos	1 mm ² ó 12 10 mm
Indicadores de tablero	1 mm ² ó 1210 mm
Carga de alternador o batería	4 mm ² ó 50 10 mm
Relé de arranque	2,5 mm ² 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.

CAPITULO II SISTEMA HIDRAÚLICO

2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El vehículo Chevrolet Aveo 1.4, posee de fábrica una bomba principal de frenos de capacidad de depósito de 0.5 litros de tipo Tándem, en cuyo interior tiene dos pistones, uno a continuación del otro con cuatro salidas independientes para cada una de sus ruedas, denominado sistema de división diagonal a una presión de 440 psi aproximadamente.



Fig.2.1 Manómetro indicador de presión del sistema

Para la elaboración del Sistema Antirrobo y de Seguridad se utilizó una bomba de frenos auxiliar de capacidad de 0.25 litros de un solo pistón, y de una salida, la cual está ubicada en el porta maletas del Vehículo.



Fig. 2.2 Bomba auxiliar ubicada en el porta maletas del Vehículo

2.2 ELEMENTOS

Para la elaboración de este diseño se utilizaron dos válvulas distribuidoras 2/2, acoples de cobre en forma de "T", conos & cañerías de frenos, líquido de frenos DOT 3 y el sistema original de frenos del vehículo.



Fig. 2.3 Sistema de frenos del Aveo 1.4

Válvula direccional 2/2 normalmente cerrada

Es una válvula direccional 2/2, cerrada en reposo de estructura sencilla permitiendo una construcción pequeña con junta de bola. La bola es comprimida por un resorte contra su asiento, y cierra el paso del líquido de 1 hacia 2. Al descender la leva, la bola es separada de su asiento. Para ello debe vencerse la fuerza del muelle y la presión ejercida sobre la bola.

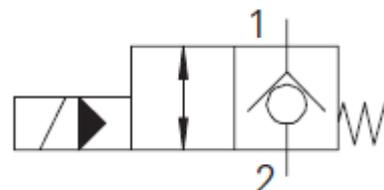


Fig. 2.4 Válvula Eaton Vickers SV3-10-C

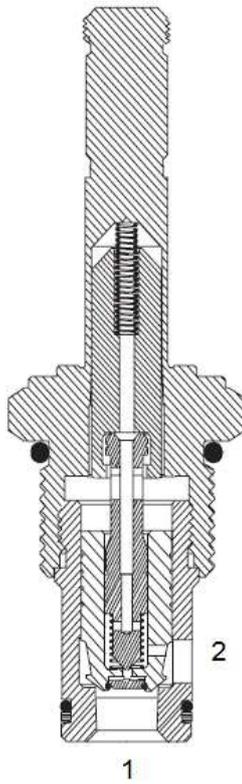


Fig. 2.5 Válvula direccional 2/2 normalmente cerrada²⁷

Acoples de cobre en forma de “T”

Para la elaboración del sistema hidráulico se utilizo acoples en forma de “T” cuyo material es de cobre, rosca NPT (National Pipe Thread Tapered) de 3/8, facilitando la unión entre cañerías. Además son resistentes a la presión y su utilización es para conducir líquidos, gases o vapores.



Fig. 2.6 Acoples en forma de “T”



Fig. 2.7 Unión entre cañerías

²⁷ Eaton Vickers Catridge Valves Manual

Conos y cañerías de freno

Se utilizaron cañerías de acero en cuyo interior están recubiertas de un polímero (mezcla de etileno propileno dieno) resistentes a la corrosión, de diferente longitud con sus respectivos conos de cañerías de rosca 3/8 NPT. En su mayoría son cañerías propias del vehículo.



Fig. 2.8 Conos de cañerías de frenos utilizados



Fig. 2,9 Cañerías de acero utilizadas

Líquido de frenos

Es un elemento que al ser presurizado por la bomba empuja los cilindros de las ruedas posteriores, produciendo así la acción de frenado. El líquido utilizado en el Chevrolet Aveo es el DOT 3 sugerido por el fabricante del vehículo, cuyo punto de ebullición mínimo es de 140°C o 284°F.



Fig. 2.10 Líquido de frenos DOT 3 utilizado

2.3 APLICACIÓN AL SISTEMA DE FRENOS

Una vez seleccionado el espacio físico necesario donde serían colocadas las válvulas direccionales, se tomo las longitudes de las cañerías a utilizar para proceder a la realización de las cabezas cónicas en las mismas, con la herramienta apropiada para así unir con las del vehículo o uniones en forma de “T”.

Instalado en su totalidad los elementos hidráulicos del Sistema Antirrobo y de Seguridad se procedió a la utilización del líquido de frenos DOT 3, para verificar posibles fugas existentes en todas las uniones. Después de haber comprobado alguna fuga, se procedió a sacar todo el aire del sistema de frenos mediante el procedimiento de bombeo con la ayuda del pedal de freno. (*VER ANEXO 1*)

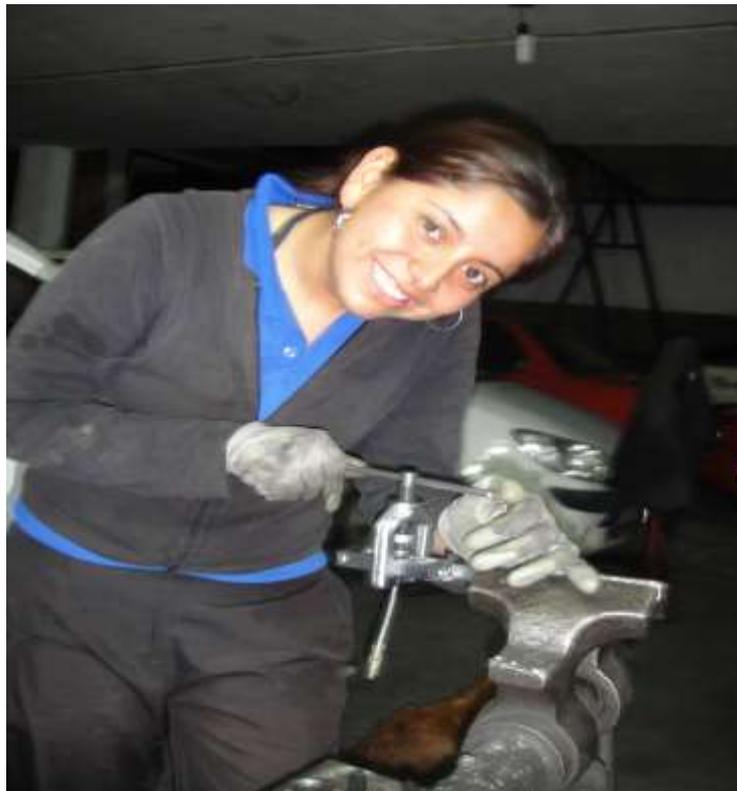


Fig. 2.11 Procedimiento para la realización del cono en las cañerías de frenos a ser utilizadas



Fig.2.12 Herramienta utilizada para la realización del cono en las cañerías

CAPITULO III DISEÑO ESTRUCTURAL E IMPLEMENTACIÓN

3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL

Para el diseño estructural se tomó principalmente en consideración elementos como una bomba de embrague auxiliar y un solenoide de arranque.



Fig.3.1 Bomba de embrague auxiliar



Fig. 3.2 Solenoide de arranque

3.1.1 Cálculos

DETERMINACIÓN DE FUERZA

Notaciones:

P = Presión

F = Fuerza

A = área

D = Diámetro de émbolo de bomba auxiliar

r = radio del émbolo bomba auxiliar

Datos:

P= 440lbf/pulg²

D= 1/4"

r = 1/8"

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$F = P \cdot A$$

$$F = 440 \frac{lbf}{pu \lg^2} \cdot A$$

$$F = 440 \frac{lbf}{pu \lg^2} \cdot (3,14159 \cdot (0,125 pu \lg)^2)$$

$$F = 440 \frac{lbf}{pu \lg^2} \cdot (3,14159 \cdot 0,015625 pu \lg^2)$$

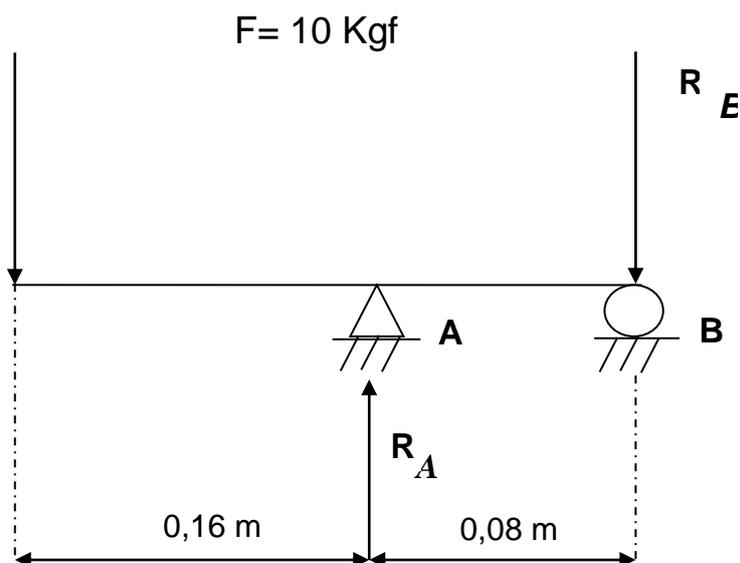
$$F = 440 \frac{lbf}{pu \lg^2} \cdot 0,049087 pu \lg^2$$

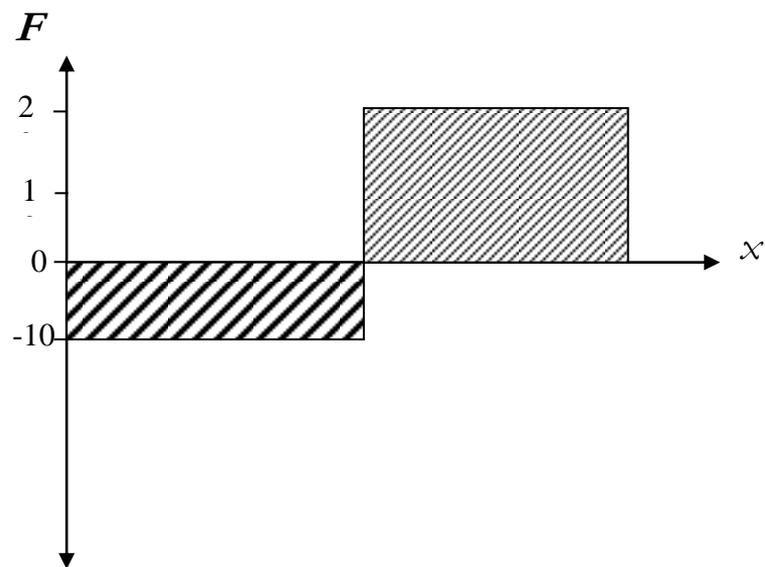
$$F = 21,598 lbf$$

$$1 Kgf = 2,2 lbf$$

$$21,598 lbf \cdot \frac{1 Kgf}{2,2 lbf} = 9,8174 Kgf \approx 10 Kgf$$

SELECCIÓN DE PALANCA DE FUERZA





Notaciones:

$\sum \mathbf{M}_B$ = Sumatoria de Momento en B

\mathbf{R}_A = Reacción en A

\mathbf{R}_B = Reacción en B

d_t = distancia total

d_A = distancia en punto A

d_B = distancia en punto B

F = fuerza

σ = momento flector

Datos:

$d_t = 0,24 \text{ m}$

$$d_t = 0,16 \text{ m} + 0,08 \text{ m} = 0,24 \text{ m}$$

$d_A = 0,16 \text{ m}$

$d_B = 0,08 \text{ m}$

$\sigma \leq 10 \text{ Kpsi}$

$$\sum M_B = 0$$

$$M = F \times d$$

$$10 \text{ Kgf} \times 0,24 \text{ m} - R_A \times 0,08 \text{ m} = 0$$

$$R_A = \frac{10 \text{ Kgf} \times 0,24 \text{ m}}{0,08 \text{ m}}$$

$$R_A = 30 \text{ Kgf}$$

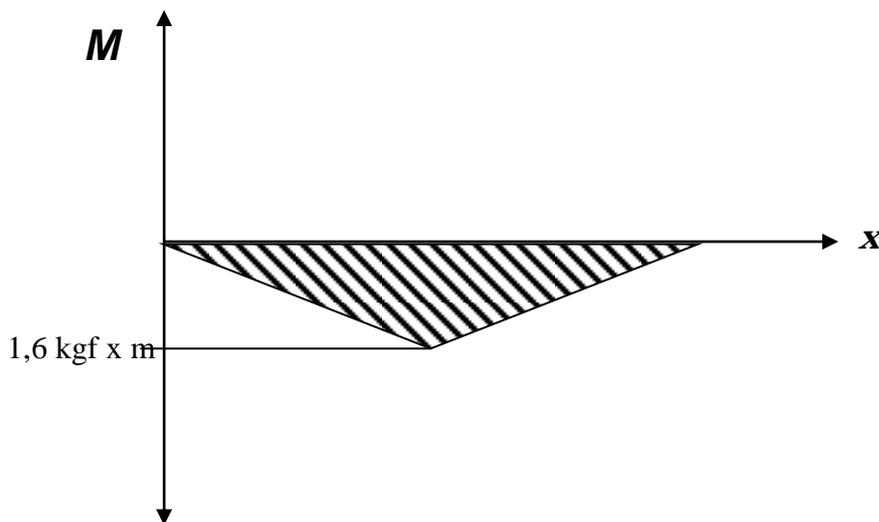
$$\sum F_y = \text{Sumatoria de fuerza en y}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$10 \text{ Kgf} + R_B = R_A$$

$$R_B = R_A - 10 \text{ Kgf} = 30 \text{ Kgf} - 10 \text{ Kgf}$$

$$R_B = 20 \text{ Kgf}$$



$$M_{Max} = F \times d$$

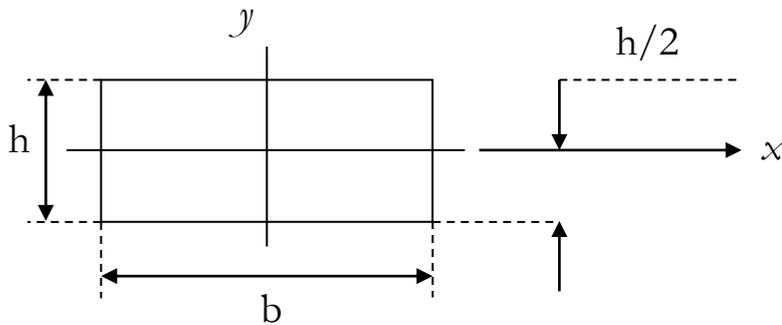
$$M_{Max} = 10 \text{ Kgf} \times 0,16 \text{ m}$$

$$M_{Max} = 1,6 \text{ Kgf} \bullet \text{m}$$

$$\sigma \leq 10 \text{ Kpsi}$$



$$10000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times \frac{1 \text{ kg}}{2,2 \text{ lb}} \times \frac{1550 \text{ in}^2}{1 \text{ m}^2} = 7045454,55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$



Notaciones:

σ = Momento flector

M= momento

C= Distancia al eje de flexión

I= Momento de Inercia

Ecuación

Momento de Inercia respecto
al eje x

$$I = I_{xx} = \frac{bh^3}{12}$$

Ecuación

Momento flector

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I}$$

Igualdad

$$C = \frac{h}{2}$$

$$M = M_{Max} = 1,6 \text{ kg} \cdot m$$

$$\frac{C}{I} = \frac{h \cdot 12}{2 \cdot b \cdot h^3}$$

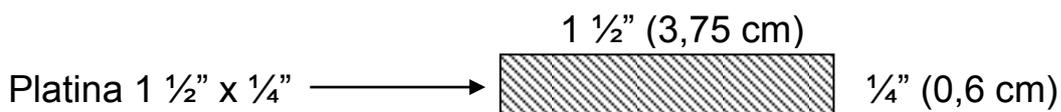
$$\frac{C}{I} = \frac{6}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma = \frac{1,6 \text{ kg} \cdot m \times 6}{b \cdot h^2} \leq 10 \text{ Kpsi}$$

$$\sigma = \frac{1,6 \text{ kg} \cdot m \times 6}{b \cdot h^2} \leq 7045454,55 \text{ kg} / m^2$$

$$(b \cdot h^2) = \frac{1,6 \text{ kg} \cdot m \times 6}{7045454,55 \text{ kg} / m^2}$$

$$(b \cdot h^2) = 1,36 \times 10^{-6} m^3$$



$$(b \cdot h^2) = (3,75 \times 10^{-2}) \times (6 \times 10^{-3})^2$$

$$(b \cdot h^2) = 1,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Como se puede ver, se seleccionó una platina de 1 ½" x ¼" para evitar flexión del elemento.

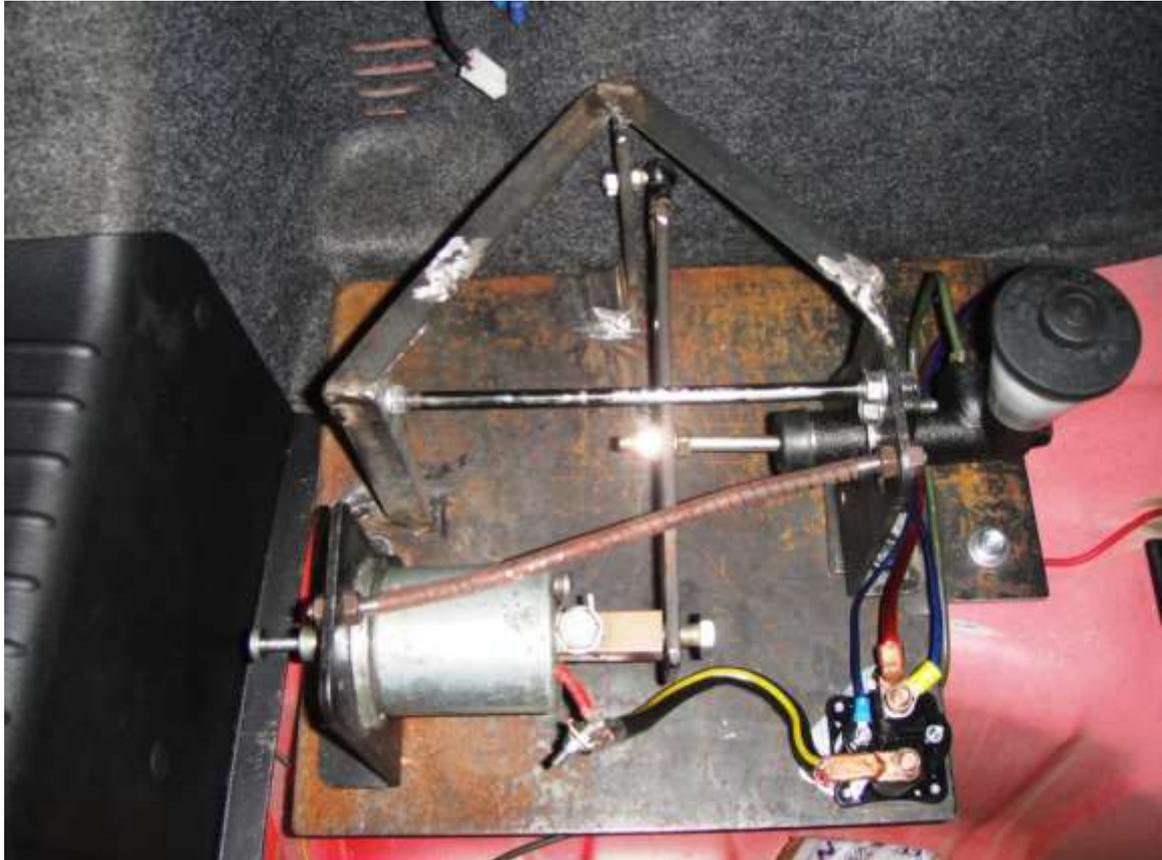


Fig.3.3 Sistema de Bloqueo

CÁLCULOS DE ÁNGULOS DE LA ESTRUCTURA

- Resistencia a la Tensión
- Ac NTE INEN 2215 (Ecuatoriana): Perfil acero laminado en caliente (ángulos estructurales ADELCA)²⁸

Notaciones:

F= fuerza

²⁸ <http://www.adelca.com/angulos.htm>

S_M = Esfuerzo de Fluencia

F_S = Factor de seguridad

Datos:

Tabla 3.1 Propiedades Mecánicas²⁹

PROPIEDADES MECÁNICAS	kgf/cm ²
Límite de fluencia mínimo	2400
Resistencia a la tracción mínima	3400
Resistencia a la tracción máxima	4800
Alargamiento (%) mínimo con probeta $L_0=5.65 \cdot (A_0)^{1/2}$ mm	26%

$F=10$ kgf

$S_M = 2400$ kg/cm²

$$[\phi]_M = \frac{S_M}{F_S} = \frac{2400 \text{ Kgf} / \text{cm}^2}{2}$$

$$[\phi]_M = \frac{S_M}{F_S} = 1200 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = \frac{F}{[\phi]_M} = \frac{10 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}^2}{1200 \text{ Kgf}}$$

$$A = \frac{F}{[\phi]_M} = 8,3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$$

²⁹ <http://www.adelca.com/angulos.htm>

$$A = 9,3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \triangleright 8,3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$$

$\Rightarrow \angle 20 \times 3 (\text{mm}) \text{ ADELCA}$

Tabla 3.2 Dimensiones y especificaciones técnicas³⁰

DIMENSIÓN mm	MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
	kg/m	kg/6m	Ala mm	Espesor mm
20 x 3	0.871	5.226	+ - 1	+ - 0.50
25 x 3	1.107	6.642		
25 x 4	1.444	8.664		
25 x 6	2.072	12.432		
30 x 3	1.342	8.052		
30 x 4	1.758	10.548		
30 x 6	2.543	15.258		
40 x 3	1.813	10.878		
40 x 4	2.386	14.316		
40 x 6	3.485	20.910		
50 x 3	2.284	13.704		
50 x 4	3.014	18.084		
50 x 6	4.427	26.562		

Tolerancia de longitud: + - 50 mm

³⁰ <http://www.adelca.com/angulos.htm>

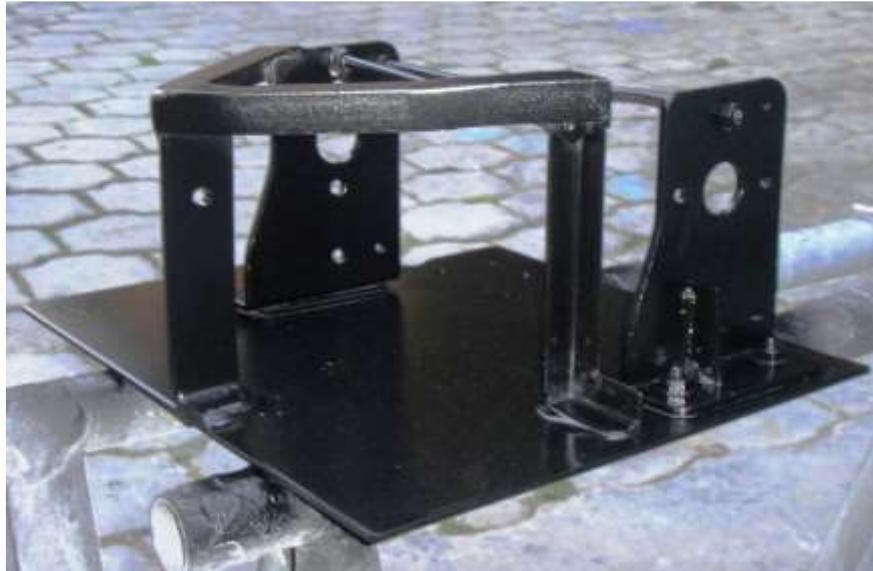


Fig. 3.4 Ángulos de la Estructura

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AL VEHÍCULO

El sistema antirrobo y de seguridad está colocado tanto en la parte delantera como posterior del vehículo Chevrolet Aveo 1.4, como se describe a continuación:

Parte delantera

1. Se empezó a desmontar la batería, la caja de fusibles y el depósito de agua para tener un mejor acceso hacia el lugar destinado para la colocación de la válvula delantera.



Fig. 3.5 Vehículo antes de empezar desmontaje de piezas

ANTES



Fig.3.6 Lugar destinado para colocar electroválvula delantera

DESPÚES



Fig. 3.7 Ubicación de la válvula dentro del vehículo

A pesar de que el sitio que se seleccionó inicialmente era ideal para la colocación de la válvula delantera, se decidió colocarla en una parte donde no esté expuesta directamente al calor que emana el motor y así prevenir el recalentamiento de la bobina de la válvula.



Fig. 3.8 Ventilador para evitar recalentamiento de bobina de válvula

Parte posterior

Para evitar la colocación del sistema en un solo lugar se decidió colocar la válvula posterior en el puente trasero del vehículo.



Fig. 3.9 Lugar destinado para colocación de electroválvula posterior



Fig. 3.10 Ubicación de la electroválvula posterior

Compartimiento posterior del vehículo

Este lugar se designó para la colocación del diseño porque se necesitaba un espacio para que el sistema actuara lejos de la manipulación del conductor.

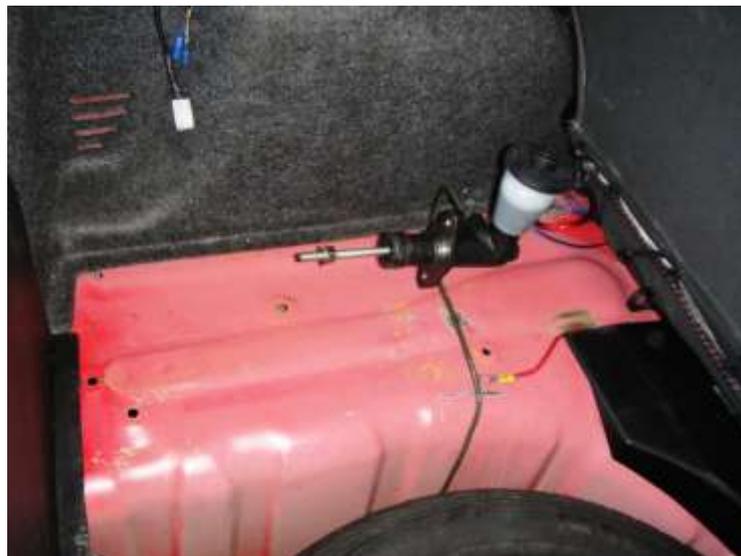


Fig.3.11 Lugar destinado para colocación de sistema de bloqueo



Fig. 3.12 Ubicación del Sistema de Bloqueo

Después de haber colocado el sistema de bloqueo, se decidió adquirir un cobertor para conservar la estética interior del compartimiento de la parte posterior.



Fig. 3.13 Cobertor de Sistema de Bloqueo

Para evitar el fuerte sonido que emite el sistema se colocó una fibra térmica acústica de 1" de grosor. Además tapizamos el compartimiento de la cajuela para camuflar el sistema.



Fig. 3.14 Fibra térmica acústica



Fig. 3.15 Presentación final de proyecto

CAPITULO IV SISTEMA ELECTRÓNICO

4.1 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO

El diseño del circuito electrónico del proyecto consta de los siguientes elementos:

- Batería 12V cc (original del auto).
- Interruptor principal (switch).
- Caja de fusibles.
- Solenoide de arranque
- Automático Auxiliar de arranque
- Electroválvulas
- PLC
- Teclado
- Terminales Varios
- Cable flexible # 16,10

Tomando en consideración el funcionamiento de cada uno de los elementos, se procedió a escoger el espacio donde sería instalado el LOGO (PLC) y el teclado, y así proceder a la instalación del cableado necesario para la conexión de los elementos.

Una vez realizadas las respectivas conexiones, se continuo con la realización del diseño electrónico mediante el programa LOGO! Soft comfort V6.1 considerando las operaciones requeridas para el correcto funcionamiento del sistema implementado (VER ANEXO 2).

4.1.1 Análisis de Funcionamiento

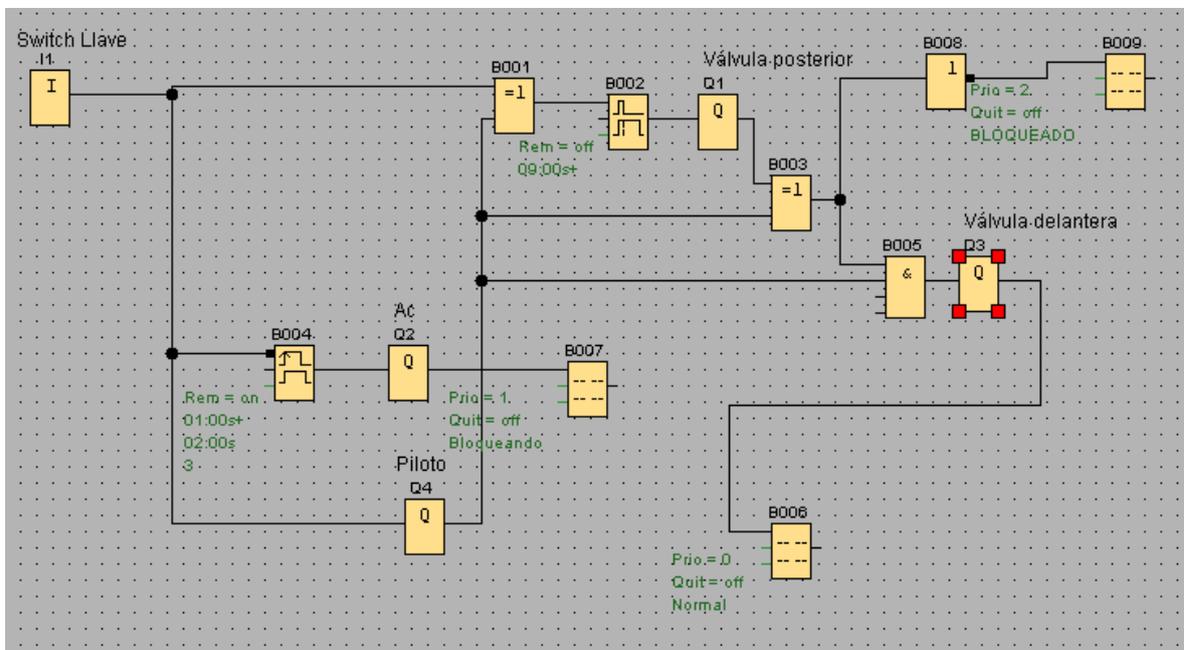


Fig. 4.1 Diagrama del primer circuito

A través de este primer diseño, se logró comandar el sistema pero no de la manera requerida ya que la válvula posterior se mantenía abierta mientras el

sistema se encontraba en función BLOQUEANDO, lo cual ocasionaba una presión insuficiente para el bloqueo de las ruedas posteriores.

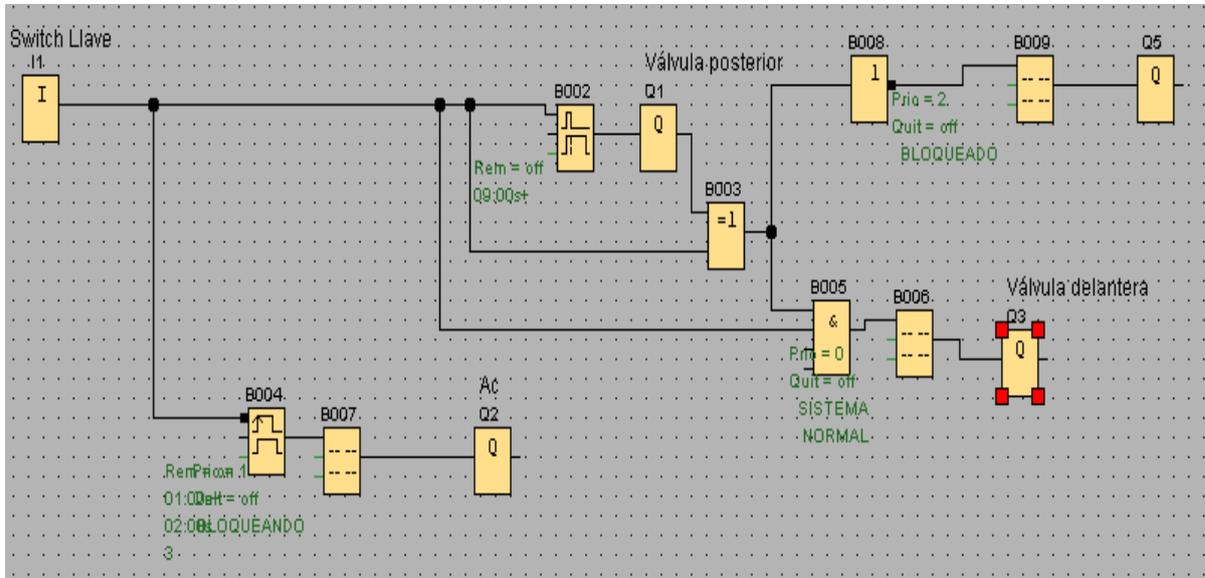


Fig.4.2 Diagrama del segundo circuito

Utilizando este circuito en el sistema, se logró corregir el problema del primer diagrama, pero se encontró que la válvula posterior se quedaba cerrada después de desbloquear el sistema, al igual que la válvula delantera, causando así, que al momento de conducir el vehículo y frenar, las ruedas posteriores se bloquearan ya que no existía un flujo normal de líquido de frenos a través del sistema de frenos del mismo.

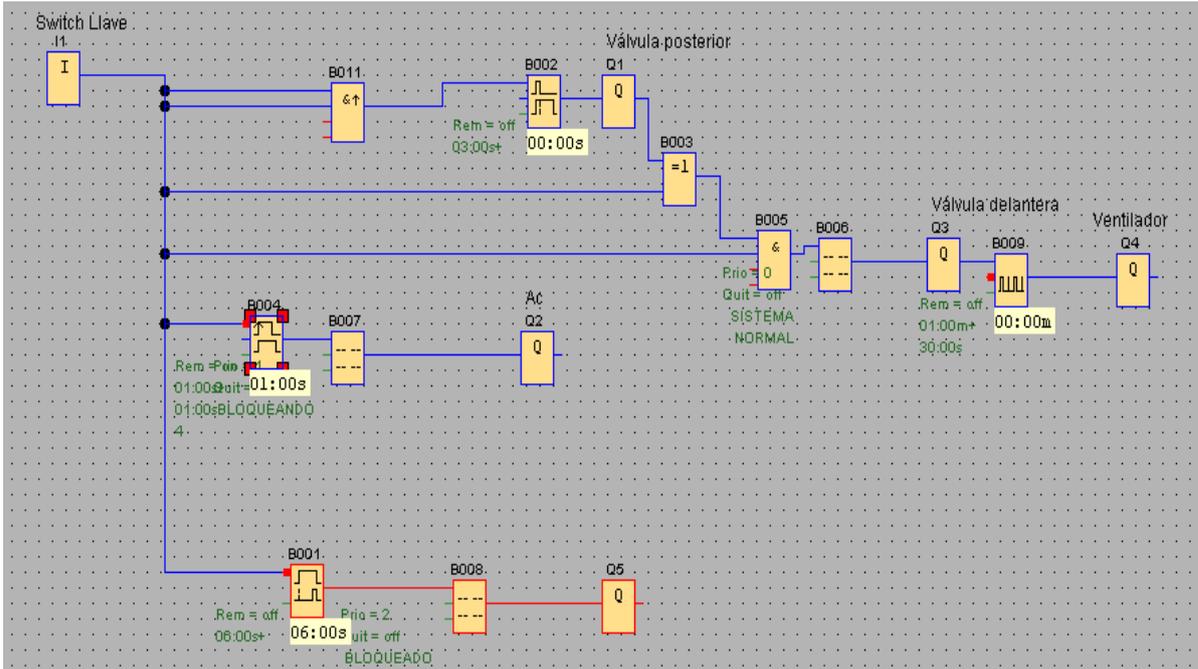


Fig.4.3 Diagrama Final

Finalmente, este circuito está diseñado de manera que cuando el vehículo se apague, se bloqueen automáticamente las ruedas posteriores, procediendo así de la siguiente manera:

- Una vez que se pone contacto en el switch, y después de haber puesto la clave requerida la PLC envía una señal para que la válvula posterior se abra por un tiempo aproximado de tres segundos permitiendo el paso libre del fluido y de esa manera desbloquear el sistema. Una vez culminado su tiempo de apertura, ésta se cierra y se abre la válvula delantera para permitir el uso normal del sistema de frenos del vehículo.

En el momento en que el vehículo se apaga, la PLC envía una señal para que la válvula delantera vuelva a su posición normalmente cerrada, el solenoide empieza a trabajar durante un tiempo aproximado de seis segundos para generar presión a través de la bomba auxiliar de frenos y bloquear el sistema.

4.2 IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO DE CONTROL ELECTRÓNICO AL VEHÍCULO

Para la implementación del circuito electrónico se utilizó como fuente de alimentación la batería del vehículo, un solenoide de arranque cuyo voltaje de trabajo es de 12V, automático auxiliar de arranque de 12V que sirve para activación del solenoide de arranque y así poder ejercer fuerza a la bomba auxiliar de frenos, una PLC marca SIEMEN cuya función es programar las funciones requeridas para el sistema, un teclado numérico para desactivar el sistema y cable flexible # 16 y 20 para la conexión de los elementos.



Fig.4.4 Solenoide de arranque y Automático auxiliar de arranque utilizados



Fig. 4.5 Cableado requerido para la conexión de la PLC



Fig. 4.6 Procedimiento de conexión de los cables hacia la PLC



Fig.4.7 Verificación del funcionamiento del circuito electrónico en la PLC



Fig.4.8 Teclado utilizado para la desactivación del sistema



Fig. 4.9 Presentación final de la parte electrónica

CAPITULO V PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Fig. 5.1 Chevrolet Aveo 1.4

Primera semana de funcionamiento

El Sistema Antirrobo y de Seguridad funcionó de la manera que esperábamos pero después de algunos días de prueba, nos percatamos de que ya no se mantenía la presión necesaria dentro del sistema para bloquear las ruedas debido a que varios de los acoples adquiridos empezaron a presentar fisuras.



Fig. 5.2 Verificación de fugas existentes



Fig. 5.3 Niplos con Fisuras

Segunda semana de funcionamiento

Una vez solucionado el inconveniente de la primera semana, nos percatamos de que ya no existía la presión necesaria para el funcionamiento del sistema debido a que la válvula delantera empezó a presentar fallas de fábrica. Por lo tanto, se tuvo que adquirir una válvula nueva pero tuvimos que suspender las pruebas ya que la válvula se demoró en llegar al almacén.



Fig. 5.4 Verificación de fuga en la electroválvula delantera



Fig. 5.5 Válvula defectuosa

Semanas posteriores de funcionamiento

Apenas se obtuvo la válvula, se procedió a realizar el cambio y la reubicación de la misma para evitar un posible recalentamiento de la bobina de la válvula. Después de haber chequeado el sistema nuevamente, se puso en funcionamiento al vehículo para descartar inconveniente alguno.

Semanas finales de funcionamiento

Una vez resueltos todos los inconvenientes de las semanas anteriores y después de haber probado el sistema nuevamente se obtuvo que cumplió a cabalidad su función sin presentar daño alguno, obteniendo así los resultados deseados para culminar el proyecto.

CAPITULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO

Para la realización de proyecto de grado “*Diseño, construcción e implementación de un Sistema Electrónico de Seguridad contra robo aplicado en un Sistema de frenos de un vehiculo liviano marca Chevrolet Aveo 1.4*” se requirió de un monto aproximado de \$1500. Cabe recalcar que los fondos empleados en este proyecto se reunieron sin necesidad de un financiamiento. Por lo tanto, cada uno de los autores de esta tesis asumió con el 50% del costo total.

Tabla 6.1 Análisis Económico del Proyecto

Material	Cantidad	Valor Total	Proveedor
Válvulas direccionales	2	800.00	Neumac S.A
Platina Válvula delantera	1	2.50	Ferretería Cueva
Platina Válvula posterior	1	2.00	Ferretería Cueva
Acoples para válvulas	Varios	15.00	Coemangueras
Acoples para válvulas	Varios	13.00	Coemangueras
Acoples en forma de “T”	4	20.00	Cucasa S.A
Platina base solenoide	1	3.60	Ferretería Cueva
Pernos/Tuercas	Varios	2.50	Ferretería Castillo
Cañerías de frenos	Varios	22.00	Rectificadora Bolaños
Cabezas cañerías rosca milimetrada	Varios	15.00	Rectificadora Bolaños
Bomba auxiliar de frenos	1	28.00	Lubri Repuestos “El Inca”

Manómetro	1	26.00	Neumac S.A
Acople manómetro	1	1.50	Coemangueras
PLC	1	207.56	INASEL CIA. LTDA
Platina palanca	1	1.10	Ferretería Cueva
Platina base proyecto	1	8.25	Ferretería Cueva
Cables/terminales	Varios	8.00	Electromecánica Records
Solenoides de arranque	1	35.00	Servicio Eléctrico
Automático auxiliar	1	18.00	Servicio Eléctrico
Cobertor de maqueta	1	45.00	Servi Acrílico
Imán	1	2.00	Tecnifrío
Dobladura de platinas y abrazaderas	1	12.00	Taller JC
Pintura de platinas y estructura	Varios	30.00	Talleres RP
Insumos Varios	Varios	40.00	Varios
Teclado	1	35.00	Electrónica Nacional
Tapicería compartimiento posterior	Varios	30.00	Tapicería El Inca
Líquido de frenos DOT 3	Varios	20.00	Varios

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La elaboración del presente proyecto nos permitió aplicar todos los conocimientos obtenidos en el campo de especialización, como profesionales con criterio.
- Mediante la realización de este proyecto, se eliminó la utilización del freno de mano convencional y reemplazarlo por un sistema automatizado.
- El LOGO SIEMENS es un elemento que a pesar de su versatilidad ofrece una elevada rentabilidad en nuestro sistema contra robo y de seguridad.
- La constancia y la dedicación son herramientas primordiales para culminar cualquier objetivo planteado.

7.2 RECOMENDACIONES

- Antes de manipular el sistema se debe conocer el funcionamiento correcto para poder controlar el mismo y evitar daños posibles.
- Es muy importante chequear constantemente la existencia de cualquier fuga en el sistema mediante la inspección visual para evitar cualquier accidente.
- Verificar la tensión existente en el sistema eléctrico del vehículo para obtener un buen rendimiento del sistema electrónico aplicado al vehículo Chevrolet Aveo 1.4
- Se debe considerar las características técnicas de cada uno de los elementos utilizados para prolongar su vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

1. GTZ Tecnología Del Automóvil, 8va. Edición, REVERTE. 1986-Colombia.
2. GTZ Matemática Aplicada Para La Tecnología Del Automóvil, 8va. Edición, REVERTE. 1986-Colombia.
3. CHILTON´S, Ford Repair Manual, 3ra. Edición, Chilton TM. 1996-USA.
4. WILLIAMS, Gareth. Fundamentos básicos de la Mecánica de los Fluidos, 3ra. Edición, Mc Graw Hill Interamericana. 1996-México.
5. PEREZ, José Manuel. Sistema de Transmisión y Frenado, 2da. Edición, Paraninfo. 2007-España.

ANEXOS

Anexo 1 Esquema Hidráulico

Anexo 2 Esquema Eléctrico