



**ESCUELA POLITECNICA DEL EJECITO**

**ESPE – LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA  
DE FRENOS HIDRONEUMATICO (AIR-PACK)**

**VINICIO FERNANDO BAQUERO LEMA  
CHRISTIAN FRANCISCO HERNANDEZ SOLIS**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**NOVIEMBRE 2003**

# **CERTIFICACION**

Certificamos que el siguiente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los Sres. Vinicio Fernando Baquero Lema y Christian Francisco Hernández Solís bajo nuestra dirección.

---

Ing. Juan Castro  
DIRECTOR

---

Ing. Guido Torres  
CODIRECTOR

## **DEDICATORIA.**

En la presente tesis se encuentra plasmados mis conocimientos adquiridos durante mi vida estudiantil, la misma que la dedico con todo mi corazón a mi madre María Teresa Lema Bedón, a mi tío Víctor M. Lema B., y en especial para María Isabel García Robelly ya que me enseñó a luchar en la vida para ser un triunfador y junto con mi madre y mis tíos por medio de sus acertados consejos y ejemplos me guiaron por el camino del éxito para alcanzar mis más anhelados sueños y la felicidad.

---

Vinicio Fernando Baquero Lema

## **AGRADECIMIENTO**

Este es mi más sincero agradecimiento para todas las personas que me apoyaron en los momentos difíciles y de felicidad, en especial vaya mi agradecimiento para mis profesores quienes con sus sabios conocimientos y consejos me ayudaron a alcanzar una correcta formación tanto profesionalmente como personalmente, y así cumplir mis metas propuestas hasta alcanzar el sitio más alto de mi vida.

---

Vinicio Fernando Baquero Lema

# DEDICATORIA

A mis padres y hermano, dedico este esfuerzo, que constituye mi mayor homenaje a su apoyo y esmero.

A Silvana por ser parte fundamental en mi vida y brindarme su amor y apoyo incondicional.

A Santiago G. por ser un amigo leal que ha estado a mi lado en el transcurso de mi vida profesional compartiendo momentos buenos y malos en el tiempo de estadía en esta ciudad y universidad.

---

Christian Francisco Hernández Solís.

## **AGRADECIMIENTO**

Al cuerpo de profesores de la Escuela Superior Politécnica del Ejército sede Latacunga, que a través de los años de vida universitaria me han impartido sus conocimientos y experiencias con dedicación, responsabilidad y esmero, con el propósito de formar profesionales líderes de excelencia para el bien personal y el engrandecimiento del País.

---

Christian Francisco Hernández Solís.



**SISTEMA DE FRENOS  
HIDRONEUMATICOS AIR – PACK**

# INDICE

CONTENIDO

PAG.

## CAPITULO I

|   |    |
|---|----|
| MARCO TEORICO.....  | 1  |
| CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE FRENOS<br>HIDRONEUMATICOS..... | 1  |
| VENTAJAS DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMATICOS...             | 3  |
| SISTEMA NEUMATICO.....  | 3  |
| COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMATICO.....                        | 4  |
| COMPRESOR DE AIRE.....  | 5  |
| VALVULA REGULADORA DE PRESIÓN.....                            | 7  |
| DEPOSITOS DE AIRE O CALDERINES.....                           | 9  |
| VALVULA PRINCIPAL DE FRENO.....                               | 10 |
| CILINDROS DE FRENO.....                                       | 12 |
| VALVULA DE DESCARGA RÁPIDA.....                               | 13 |
| VALVULA REGULADORA DE PRESIÓN DE FRENADO.....                 | 14 |
| VALVULA DE SEGURIDAD.....                                     | 16 |
| MANOMETROS DE PRESIÓN.....                                    | 17 |
| SISTEMA HIDRAULICO.....                                       | 18 |
| COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO.....                       | 19 |
| PEDAL DE ACCIONAMIENTO.....                                   | 19 |
| LIQUIDO DE FRENOS.....  | 19 |
| CILINDRO MAESTRO.....   | 20 |
| CILINDRO PRINCIPAL DE DOBLE CUERPO O TANDEM.....              | 22 |
| TUBULADURA, MANGITOS PARA INSTALACION DE FRENOS               | 23 |

## **CAPITULO II**

|   |    |
|---|----|
| DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICO..... | 25 |
| DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....   | 25 |
| FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO.....  | 26 |
| PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....  | 26 |
| DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMATICO.....  | 28 |
| FUNCIONAMIENTO NEUMATICO.....   | 29 |
| PARAMETROS DE FRENADO Y DISEÑO.....   | 29 |
| PARAMETROS A TOMARSE EN CUENTA EN EL DISEÑO.....                              | 32 |
| SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....                                   | 34 |
| FRENOS MIXTOS DE AIRE E HIDRAULICOS.....                                      | 34 |
| ESQUEMA DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMATICOS....                             | 35 |
| DIMENSIONAMIENTO DEL COMPRESOR DE AIRE.....                                   | 36 |
| DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE AIRE.....                                  | 38 |
| DIMENSIONAMIENTO DE LA VALVULA DE DESFOGUE.....                               | 40 |
| DIMENSIONAMIENTO DEL BOOSTER.....   | 42 |
| DIMENSIONAMIENTO DEL MANOMETRO DE PRESION.....                                | 43 |
| DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERIAS.....   | 46 |
| DIMENSIONAMIENTO DEL DEPOSITO DEL LIQUIDO.....                                | 47 |
| DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA DE FRENO O CILINDRO MAESTRO.....                 | 48 |
| DIMENSIONAMIENTO DE LA LUBRICACION DEL COMPRESOR.....                         | 51 |

## **CAPITULO III**

|   |    |
|---|----|
| DISEÑO DE SOPORTES Y BASES PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMATICOS..... | 53 |
| DISEÑO DE LA POLEA DEL COMPRESOR.....   | 53 |

|  |    |
|--|----|
| DISEÑO DE LA POLEA DEL TEMPLADOR.....                      | 56 |
| DISEÑO DE LA POLEA DEL COMPRESOR PARA 6 RAYOS....          | 58 |
| DISEÑO DE SOPORTES Y BASES PARA PERNOS<br>DEL BOOSTER..... | 60 |
| DE LOS CILINDROS .....                                     | 62 |
| DISEÑO DE CILINDROS.....                                   | 65 |

#### **CAPITULO IV**

|  |    |
|--|----|
| MONTAJE DEL SISTEMA HIDRAULICO.....            | 66 |
| MONTAJE DEL DEPOSITO DEL LIQUIDO.....          | 66 |
| MONTAJE DEL CILINDRO MAESTRO.....              | 69 |
| MONTAJE DE LOS CILINDROS DE ACCIONAMIENTO..... | 70 |
| MONTAJE DEL SISTEMA NEUMATICO.....             | 73 |
| MONTAJE DEL COMPRESOR DE AIRE.....             | 73 |
| MONTAJE DE LA VALVULA DEL PEDAL DE FRENO.....  | 76 |
| MONTAJE DE LAS CAÑERIAS DE AIRE.....           | 81 |
| MONTAJE DEL DEPOSITO DE AIRE.....              | 84 |
| MONTAJE DE LA VALVULA DE DESFOGUE.....         | 86 |
| MONTAJE DEL BOOSTER.....                       | 89 |
| MONTAJE DEL MANOMETRO DE PRESION.....          | 91 |

#### **CAPITULO IV**

|  |     |
|--|-----|
| COMPROBACIONES Y PRUEBAS DEL SISTEMA.....                      | 94  |
| COMPROBACION DE LA PRESION DE AIRE.....                        | 94  |
| COMPROBACION DE LA PRESION DEL HIDRAULICO.....                 | 97  |
| COMPROBACION DE FRENADO EN LOS NEUMATICOS DEL<br>VEHICULO..... | 98  |
| PRUEBAS DE FRENADO.....  | 99  |
| PRUEBAS SIN AIR – PACK.....                                    | 100 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| PRUEBA MENOS DE 50 KM / H..... | 100 |
| PRUEBA MAS DE 50 KM / H.....   | 101 |
| PRUEBAS CON AIR PACK.....      | 102 |
| PRUEBA MENOS DE 50 KM / H..... | 102 |
| PRUEBA MAS DE 50 KM / H.....   | 103 |
| BIBLIOGRAFIA.....              | 104 |
| ANEXOS                         |     |

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

### **1.1.- SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICOS (AIR – PACK)**

#### **1.1.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICOS**

En los camiones de tonelaje medio (hasta 10000 kilogramos aproximadamente) y en algunos camiones con freno de disco delanteros se han generalizado las instalaciones hidroneumáticas, que son instalaciones mixtas con una base hidráulica y servo asistida neumáticamente con aire comprimido.

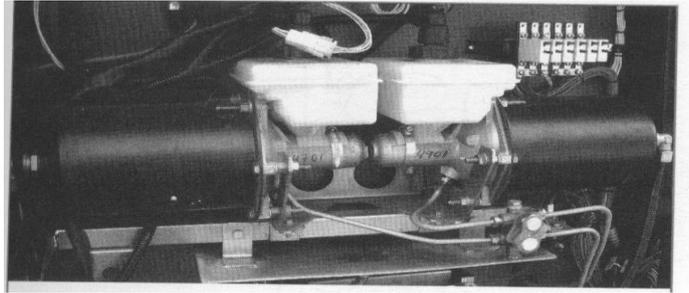
Para ello cuenta con los elementos típicos de una instalación hidráulica y con los de una instalación neumática que sirve de apoyo o asistencia. “La fuerza final en las ruedas la efectúan bombines y receptores hidráulicos”.<sup>1</sup>

Dado que la fuerza necesaria para accionar esta instalación hidráulica es bastante grande por el tonelaje del vehículo, se recurre a una asistencia neumática por aire comprimido, que es la que actúa sobre la bomba hidráulica principal de frenos.

El grupo principal de esta instalación es el convertidor oleoneumático, situado en el centro del camión y que contiene la bomba principal y el cilindro neumático de asistencia.

---

<sup>1</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, pag. 132.



**Fig.1 (Convertidor oleoneumático doble)**

En algunos casos para cumplir la reglamentación y disponer de dos circuitos, el grupo dobla el número de componentes y nos encontramos con dos bombas hidráulicas, cada una con su correspondiente cilindro neumático de asistencia.

El conductor, al accionar el pedal de freno, actúa sobre una válvula neumática, de dos cuerpos generalmente, una para cada circuito.

El aire a presión generado por un compresor arrastrado por el motor, se almacena en los calderines (uno para cada circuito). Al accionar la válvula el conductor, se deja paso de aire desde el calderón hasta el correspondiente cilindro neumático de asistencia.

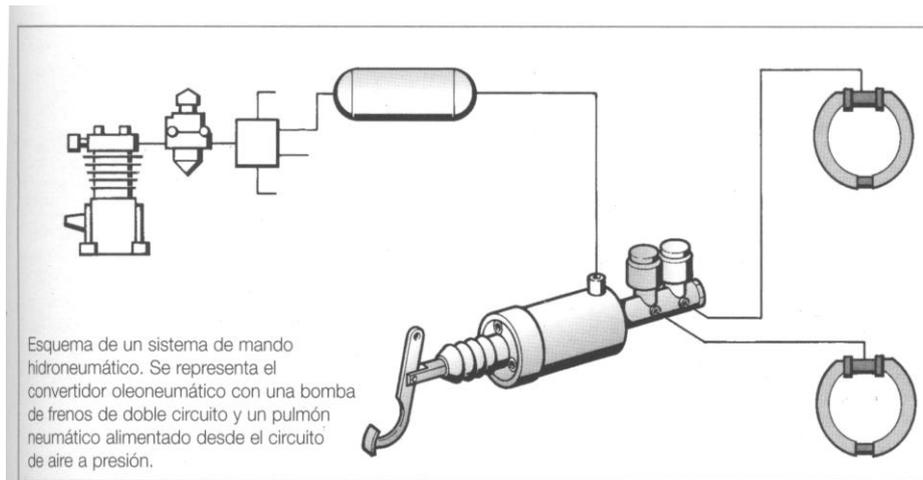
El desplazamiento del émbolo del cilindro actúa directamente sobre el pistón de la bomba hidráulica de freno, pero con una fuerza amplificada imposible de obtener sin este método.<sup>2</sup>

La presión hidráulica generada llega hasta los receptores de las ruedas y frena el vehículo.

En estos sistemas el freno de estacionamiento suele ser de tipo neumático con cámara de muelle, que garantiza la inmovilidad del sistema.

---

<sup>2</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, pag. 133.



**Fig.2 (Esquema del sistema de frenos hidroneumáticos)**

### 1.1.2.- VENTAJAS DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICOS

La ventaja de este tipo de sistema de frenos hidroneumáticos consiste en que se logran altas presiones de frenado con componentes pequeños y la acción directa de los frenos con tiempos de reacción mínimo, debido a la transmisión hidráulica.

Permite además el empleo de frenos de disco.

Otra ventaja importante de este sistema es el de obtener grandes fuerzas de frenado, por ello se utiliza el aire comprimido como fuerza auxiliar.

En vehículos industriales ligeros hasta semipesados se usan instalaciones hidráulicas con amplificador de frenado de aire comprimido, el cual, sirve de ayuda de la fuerza de pie

### 1.2.- SISTEMA NEUMÁTICO

Los sistemas neumáticos son los empleados exclusivamente en camiones pesados y de gran tonelaje. Utilizan el aire comprimido como medio de transmisión de fuerza.

### 1.2.1.- COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Los componentes principales de un circuito básico de aire comprimido son:

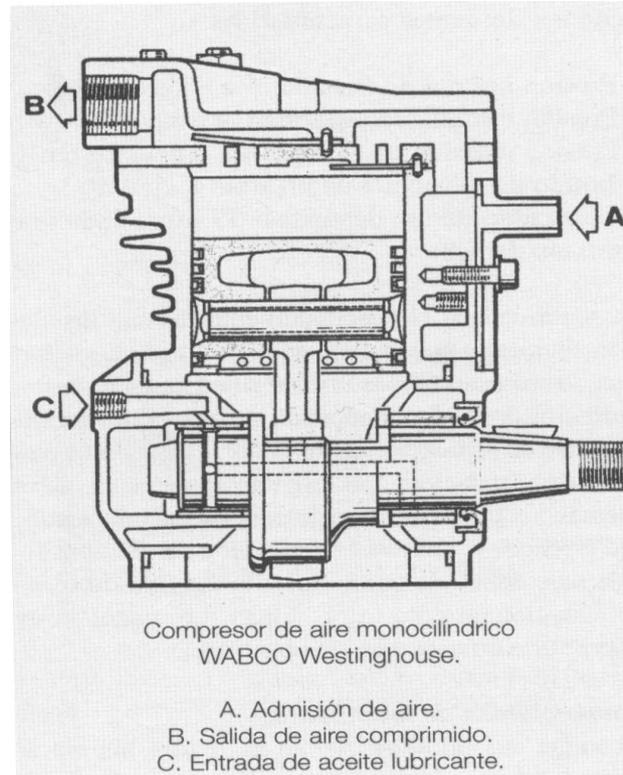
- Un compresor de aire, accionado por el motor del vehículo, el cual suministra aire a presión que se acumula en un depósito a una determinada presión comprendida entre 8 y 12 Kg. / cm<sup>2</sup>, dependiendo del camión y del sistema y que se regula por medio de una válvula de descarga.
- Una válvula de regulación de la presión en el circuito.
- Varios depósitos o calderines, con capacidad suficiente para suministrar aire a presión al circuito de frenos y a otros sistemas servo asistido que puedan instalarse en el vehículo. La presión del depósito es controlada por un manómetro situado en el panel de instrumentos.
- Una válvula principal de frenado, accionada por el pedal de freno, que deja pasar el aire a presión hasta los cilindros de las ruedas.
- Una válvula de descarga rápida para eliminar automáticamente el aire contenido en los cilindros cuando cesa la acción de frenado.

La conexión de todos estos elementos se realiza a través de cañerías con tramos flexibles con objeto de canalizar el aire a los distintos puntos del circuito.

Una instalación de tipo común tiene las siguientes características:

- presión normal de frenado: 5 a 6 Kg. / cm<sup>2</sup>
- presión mínima de seguridad: 4.5 Kg. / cm<sup>2</sup>
- presión máxima en el depósito: 8 a 12 Kg. / cm<sup>2</sup>
- tarado de la válvula de presión: 8 Kg. / cm<sup>2</sup>
- capacidad de los depósitos: 35 litros cada uno aproximadamente.

## COMPRESOR DE AIRE



**Fig.3 (Compresor de aire monocilíndrico)**

El compresor es de simple efecto, es decir, que aspira directamente el aire fresco, a la presión atmosférica, cuando el pistón desciende del punto muerto superior al punto muerto inferior; después lo comprimen y lo impulsan, mientras que el pistón sube del punto muerto inferior al punto muerto superior.

Este conjunto está constituido por un bloque de uno o varios cilindros de fundición de hierro o aluminio, refrigerado por aire o por el líquido del motor, por el interior del cuál se desplaza un pistón de simple efecto capaz de proporcionar hasta 500 litros de aire por minuto, funcionando a una velocidad de giro aproximadamente la velocidad del cigüeñal.<sup>3</sup>

La culata es desmontable y lleva dos válvulas, una de aspiración y otra de presión, controladas automáticamente por el movimiento alternativo del pistón.

<sup>3</sup> Frank, J., Manual Técnico Automotriz, Ed. Prentice, México, 1996, Pág. 458.

Actualmente, las válvulas se sustituyen por una placa metálica de acero tratado, muy delgada elástica, que, con su flexión, produce el mismo efecto que una membrana.

La lubricación del conjunto se realiza por medio del aceite del motor a través de un tubo de entrada al cárter del mismo que engrasa el cigüeñal y las cabezas de biela a presión, siendo el resto de los elementos lubricados por barboteo, retornando el aceite al cárter del compresor y al motor a través del bloque motor, donde se encuentra fijo el compresor.

Para su funcionamiento el compresor recibe movimiento por medio de correas trapezoidales o bien de la distribución del motor, que lo hacen girar continuamente mientras el motor está en funcionamiento, mandando así aire comprimido al depósito hasta alcanzar la presión de regulación tarada en la válvula de descarga.<sup>4</sup>

Cuando se alcanza esta presión la válvula actúa, dejando salir a la atmósfera el aire procedente del compresor, permitiendo, de esta forma que el compresor funcione en vacío, es decir, sin carga.

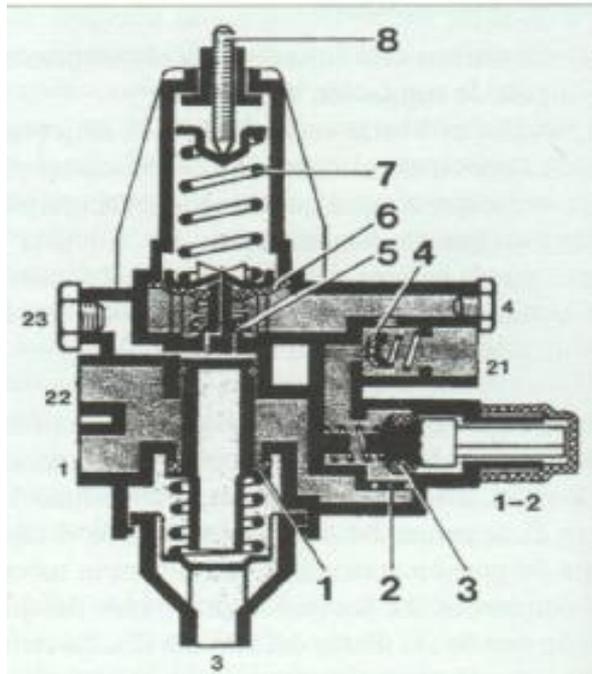
El descenso del pistón crea una depresión en el interior del cilindro. La válvula de aspiración o la placa metálica se abre comprimiendo su resorte y el aire fresco es aspirado después del paso por un filtro. La válvula de compresión permanece aplicada sobre su asiento.

El ascenso del pistón crea una sobrepresión. La válvula de aspiración se cierra, en tanto que la válvula de compresión se abre. El aire es lanzado a presión hacia el depósito. Un sistema de regulación automático limita la presión máxima que no debe ser sobrepasada.

---

<sup>4</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, Pág. 136

## VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN EN EL CIRCUITO



**Fig.4 (Válvula reguladora de presión)**

“Cuando el compresor está generando presión (posición de llenado), el aire que llega al empalme (1) pasa a través del tamiz (2) y la válvula de retención (4) hacia el empalme (21) y a través de un taladro debajo de la membrana (6).

Al alcanzar la presión máxima en el circuito (presión de desconexión), determinada por el fabricante, la membrana (6) es elevada contra la fuerza de los muelles (7) y la válvula doble (5) conmuta.

La membrana se eleva y la válvula de desconexión abre, con ello llega aire al émbolo de desconexión (1). El émbolo de desconexión abre. La válvula de retención (4) cierra y asegura la presión del sistema.

El compresor expulsa aire directamente hacia el exterior a través de la purga de aire.

Los empalmes (1) y (22) están sin presión. Esta posición de desconexión se mantiene hasta que, debido al consumo de aire, la presión en (21) y con ello debajo de la membrana (6) ha caído hasta la presión de conexión.

El émbolo de desconexión (1) abre automáticamente si la presión dentro del regulador aumenta por encima de la presión de seguridad y actúa en casos de obstrucción del circuito”<sup>5</sup>.

En la purga de aire (3) puede montarse un silenciador para evitar ruidos en la descarga de aire al exterior.

Estas válvulas disponen de una toma de aire que puede alimentar un circuito o aparato externo al auto (empalme 1-2), o al contrario, llenar la instalación desde un depósito externo (por ejemplo para desbloquear los frenos en caso de emergencia).

Para llenar la instalación a través de este empalme, se debe acoplar un tubo flexible con cuidado (únicamente debe desplazarse parcialmente, aproximadamente 1,5 mm.) a la válvula de llenado (3).

El aire que llega desde el exterior pasa a través de la válvula de carga hacia la válvula de retención y desde allí hasta la instalación de aire comprimido.

El regulador se desconecta al alcanzar la presión de servicio. En el proceso de llenado puede utilizarse un adaptador. Para obtener aire a través del empalme (1-2), atornillar un tubo flexible de aire y desplazar completamente (aproximadamente 3.5 mm) la válvula de llenado (3).

Todo el aire suministrado por el compresor pasará por el tubo hasta la apertura de la válvula de seguridad.

---

<sup>5</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, Pág. 138, 139.

El (22) es un empalme de conexión, que esta bajo presión en la posición de llenado del regulador y sin presión en la posición de desconexión. El empalme puede utilizarse para comandar aparatos mandados por impulsos.

## DEPÓSITOS DE AIRE O CALDERINES



**Fig.5 (Depósito de aire o calderines)**

Son recipientes metálicos de forma cilíndrica y su capacidad está calculada para que almacene la suficiente cantidad de aire comprimido para accionar los frenos aun en el caso de fallo fortuito del compresor.

En la parte inferior del mismo lleva montado un grifo de purga para vaciar y eliminar las posibles condensaciones de agua que pudieran producirse en el depósito.

El purgado se realiza con facilidad por la posición apropiada del grifo, ya que como la condensación se deposita en la parte inferior del depósito, al accionar el grifo el agua es expulsada automáticamente por la presión interna del aire.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Frank, J., Manual Técnico Automotriz, Ed. Prentice, México, 1996, Pág. 461



Los empalmes (21) y (22) están sin presión y los cilindros de freno sin aire. Al accionar el pedal del freno el émbolo (2) es movido hacia abajo. El asiento de la válvula de escape cierra. El cuerpo de válvula también es movido hacia abajo y de ese modo abre el asiento de la válvula de admisión (3).

La presión del sistema sale ahora como presión de servicio hacia el empalme (21) y simultáneamente hacia la parte inferior del émbolo (2). La presión en la superficie del émbolo eleva éste contra la fuerza de accionamiento hasta que la válvula de admisión esta cerrada de nuevo. Aquí se tensa previamente el muelle cónico de goma (1) (posición final de frenado). El muelle cónico de goma transmite su fuerza al pie del conductor.

Si el conductor suelta el freno, el émbolo (2) y el émbolo de unión (4) son levantados por las presiones existentes de frenado y los muelles recuperadores hasta que las válvulas de escape abren y se vacían los cilindros de freno.

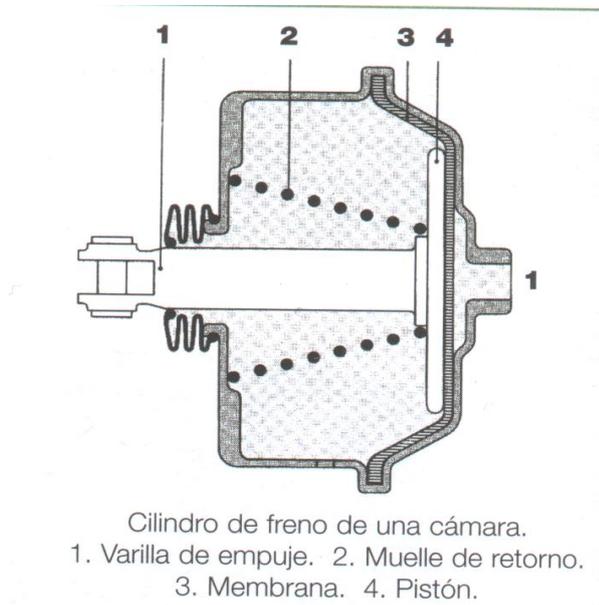
Al frenar a fondo, se ha efectuado el máximo recorrido en el pedal del freno también en la válvula de freno de servicio. El émbolo (2) mantiene la válvula de admisión completamente abierta y la presión del sistema sale hacia los cilindros de freno.<sup>7</sup>

En caso de fallo del circuito trasero el circuito delantero funciona normalmente y el trasero no actúa.

---

<sup>7</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, Pág. 140

## CILINDROS DE FRENO



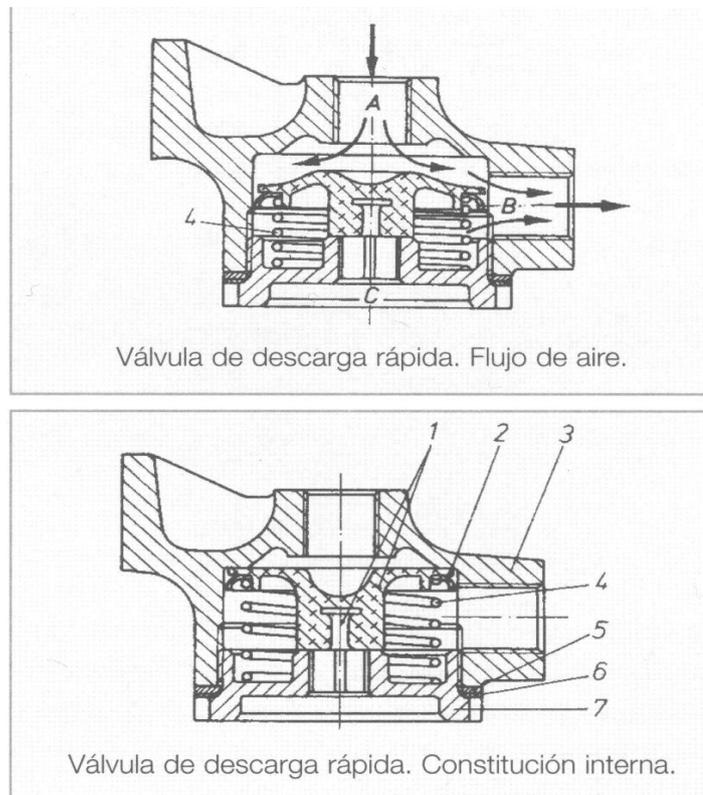
**Fig.7 (Cilindro de freno)**

Estos elementos van situados en los frenos de las ruedas y su misión es el accionamiento de las zapatas o de las pastillas.

Está formado por un cuerpo cilíndrico dentro del cual se desplaza un émbolo, empujado por el aire a presión procedente del circuito cuando se acciona la válvula principal de frenos.

Este embolo acoplado por medio de un vástago a la palanca de accionamiento de las zapatas, desplaza mecánicamente las mismas para efectuar el frenado de las ruedas.

## VÁLVULA DE DESCARGA RÁPIDA



**Fig.8 (Válvula de descarga rápida)**

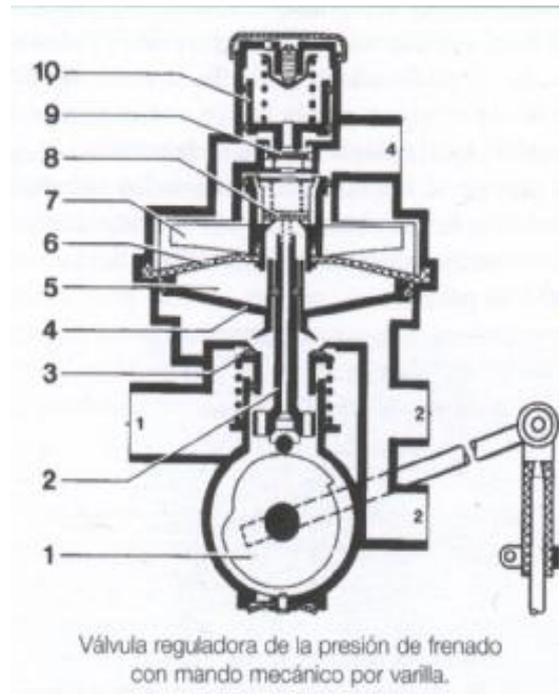
Esta válvula va situada en la bifurcación de los frenos posteriores y anteriores, permite, a través de ella, el paso de aire a los cilindros de las ruedas descargando la presión en los mismos cuando cesa la acción de frenado.

Esta formado por un cuerpo de válvula (3) en cuyo interior se aloja una membrana elástica (1) que hace de válvula de paso que se mantiene en su posición de reposo por el muelle (4).

Cuando se accionan los frenos, la presión de aire procedente de la válvula de accionamiento que entra por ( A ) comprime el muelle (4) dejando pasar el aire que sale por ( B ) a los cilindros de las ruedas.

Cuando cesa el efecto de frenado, la válvula (1) se cierra por la acción antagonista del muelle (4); al cesar la presión en la entrada (A), y la presión de retorno procedente de los cilindros desplaza la membrana (1) en su parte central hacia arriba, dejando libre la salida de aire al exterior por (C).<sup>8</sup>

## VÁLVULA REGULADORA DE LA PRESIÓN DE FRENADO



**Fig.9 (Válvula reguladora de presión de frenado)**

Está conectada entre la válvula principal y los cilindros de freno de servicio trasero.

Regula la presión que llega a los cilindros en función de la carga soportada por el eje para evitar que los neumáticos se bloqueen por frenada excesiva.

Existen dos tipos:

- Con regulación mecánica.
- Con regulación neumática.

<sup>8</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, Pág. 141

La válvula con regulación mecánica tiene un varillaje unido al puente posterior que acusa las diferencias de altura del mismo e interpreta los desplazamientos como diferentes valores de carga.

#### **a) Válvula con regulación mecánica**

En posición de marcha el empalme (1) está sin presión y el émbolo está alojado en el anillo de la carcasa. El empalme (2) está sin aire a través del tubo de válvula y la purga de aire (3). El tubo de válvula está arriba o abajo según sea la posición de la palanca reguladora a través de la leva de mando:

- Vacío: totalmente abajo.
- Plena carga: totalmente elevado.
- Carga parcial: posición intermedia.

En posición de frenado, la presión de frenado en el empalme (1) empuja el émbolo hacia abajo hasta que la placa de válvula descansa sobre el tubo de válvula y levanta desde su asiento el émbolo .

El aire puede pasar ahora desde el empalme (1) al empalme (2) hasta que por debajo de la membrana se haya establecido la suficiente presión para que se eleve algo el émbolo y descanse de nuevo la placa de válvula.

Cuando se circula en vacío (sin carga), la leva de mando acciona la palanca reguladora hasta que el tubo de válvula este en la posición más baja.

El émbolo puede salir completamente de modo de que toda la superficie de la membrana actúe sobre él y puede elevarlo con poca presión de frenado para cerrar la placa de válvula.

Al circular completamente cargado, se levanta la palanca reguladora y el tubo de válvula mediante la leva de mando. El émbolo únicamente puede salir muy poco.

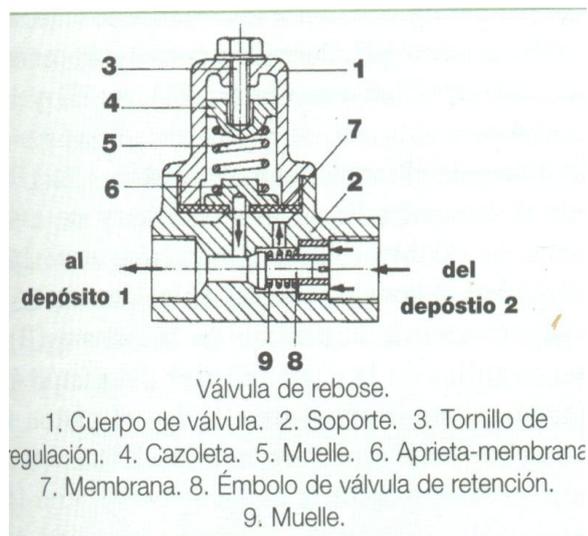
Al soltar el freno, el empalme (1) se vacía de aire a través de la válvula de servicio.<sup>9</sup>

## VÁLVULA DE SEGURIDAD

En los circuitos con más de un depósito, éstos se comunican a través de una válvula de seguridad o de rebose, permitiendo el paso de aire de un depósito al otro a partir de una presión determinada (según el tarado de la válvula).

Cuando la presión en el depósito principal rebasa esa presión de regulación (5,6 a 6 Kg. / cm<sup>2</sup>), la válvula se abre y permite el paso de aire al depósito auxiliar, llenándose conjuntamente como si fueran un solo depósito.

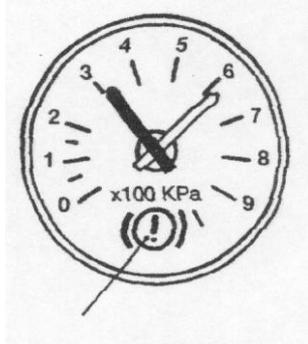
Si la presión en el depósito principal bajase la presión indicada de regulación en la válvula, la presión en el depósito auxiliar abre la válvula de retención (8), pasando el aire del depósito de reserva al principal.



**Fig.10 (Válvula de seguridad)**

<sup>9</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, Pág. 142, 143.

## MANÓMETROS DE PRESIÓN



**Fig.11 (Manómetro de presión)**

Los manómetros de presión son aparatos de control que el conductor debe tener en cuenta y vigilar periódicamente durante la conducción, para asegurarse de la normalidad del circuito de aire comprimido.

Por lo general, estos aparatos se refieren siempre a la situación de presión en el circuito de los frenos delanteros y en el de los frenos traseros de modo que son, en realidad, el conjunto de dos manómetros independientes que, sin embargo, trabajan sobre una sola esfera, de modo que controla dos circuitos independientes.

Estos manómetros de presión constan, pues, de dos agujas. La aguja blanca se refiere siempre al circuito de las ruedas delanteras e indica la presión en bares a que se encuentra la instalación del circuito delantero.

En las mismas condiciones trabaja la aguja roja, pero controlando en este caso la presión reinante en la instalación de las ruedas traseras. Pequeñas variaciones en la presión de uno u otro circuito son normales y no significan la presencia de avería.

El manómetro dispone también de una luz testigo de advertencia (T) que se ilumina cuando el circuito está trabajando a baja presión. Al mismo tiempo se

dispara también un zumbador, cuyo aviso característico se hace inequívoco a los oídos del conductor.

Por lo general, estos manómetros trabajan por medio de señales eléctricas mandadas por reóstatos que se encuentran instalados en los depósitos de aire respectivos.<sup>10</sup>

### **1.3.- SISTEMA HIDRÁULICO**

Los sistemas de mando hidráulico se emplean en camiones pequeños y furgonetas. El esfuerzo ejercido sobre el pedal por el conductor es transmitido a los frenos por medio de un líquido a presión. La presión es generada en una bomba llamada “cilindro principal”, por el esfuerzo del pie del conductor.

Por medio de las canalizaciones, esta presión es transmitida a los bombines de las ruedas que accionan los frenos. En la actualidad, los circuitos que conducen la presión hidráulica son dobles y pueden ser principalmente de dos tipos:

- Delantero y trasero separados, es decir, el eje delantero tiene un circuito y el trasero otro, total mente independientes.
- En “X”, es decir, un circuito comprende la rueda delantera derecha y la trasera izquierda y el otro la rueda delantera izquierda y la trasera derecha.

De esta manera se logra que, si hay una avería o una fuga en uno de los circuitos, siempre queda el otro intacto para detener el vehículo.

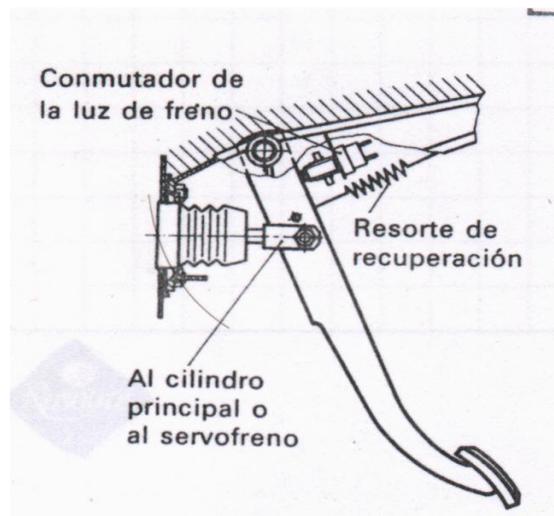
---

<sup>10</sup> Htt/ [www.infoguia.com](http://www.infoguia.com)

### 1.3.1.- COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRÁULICO

#### PEDAL DE ACCIONAMIENTO

Como pedal de accionamiento para el freno se utiliza una palanca unidireccional, con una relación de transmisión de 1:4 a 1:5.



**Fig.12 (Pedal de accionamiento)**

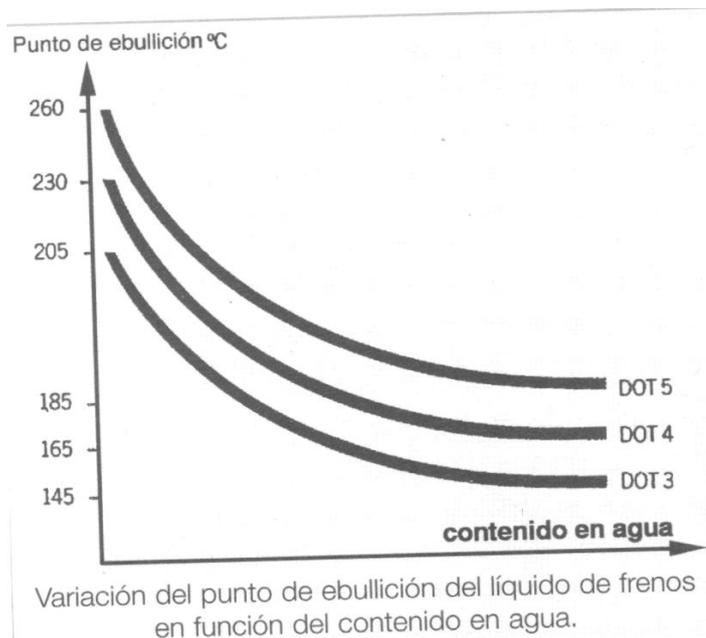
#### Líquido de frenos

En las instalaciones de frenos hidráulicos se utilizan generalmente líquidos obtenidos por síntesis y que corresponden a normas específicas de fabricación SAE, ISO, que las clasifican en DOT (3, 4, 5) con el fin de reglamentar su punto de ebullición.

Los líquidos de freno absorben la humedad del aire. Dado que al aumentar el contenido de agua, el punto de ebullición del líquido desciende considerablemente, aumenta el peligro de que los frenos fallen debido a la formación de burbujas de vapor. Por consiguiente la mayoría de fabricantes recomiendan renovar el líquido de frenos al cabo de uno o dos años.

El punto de ebullición del líquido debe situarse lo más alto posible, a fin de conservar el efecto de frenado en la instalación durante largos trayectos de descenso.

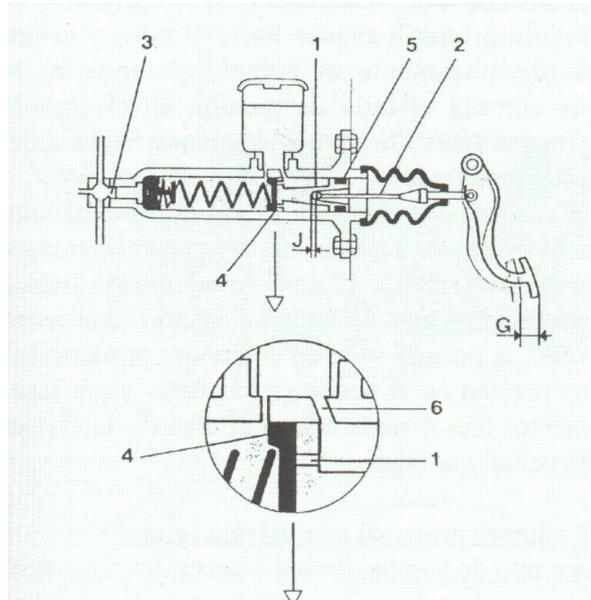
Las piezas hidráulicas deberán trabajar perfectamente, incluso a temperaturas bajas y debe garantizarse la neutralidad respecto a piezas de goma y de metal utilizadas en la instalación de frenos.



**Fig.13 (Relación del punto de ebullición del líquido de frenos en función del contenido de agua)**

## CILINDRO MAESTRO

La bomba de frenos con un solo cuerpo se denomina simple. Su funcionamiento sirve como base para el resto de tipos pero no se utiliza en la actualidad. Consta de las siguientes partes:



**Fig.14 (Cilindro maestro)**

- Pistón deslizante (1), con taladros en su periferia.
- Vástago de mando (2) solidario al pedal y alojado en el pistón
- Orificio calibrado (3) de salida.
- Copela primaria (4) de goma apoyada en el pistón.
- Copela secundaria (5) asegurando la estanqueidad
- Unión con el depósito (6) por un taladro de alimentación y otro de dilatación más pequeño.

### **a) Frenos aplicados**

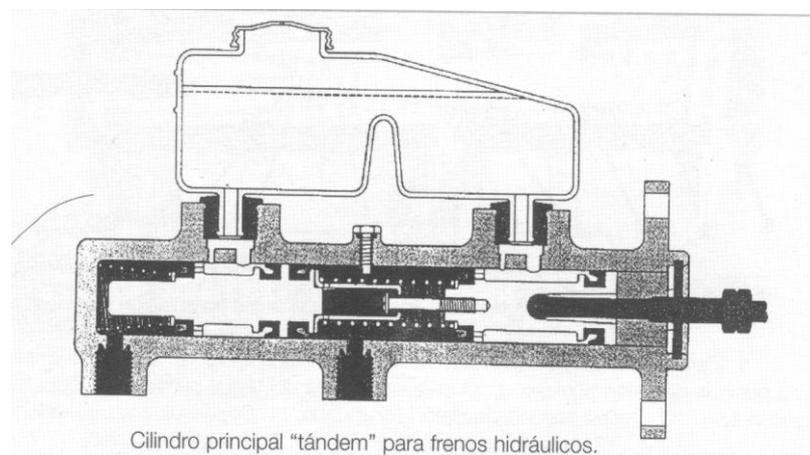
Al avanzar el pedal, el vástago de mando hace tope contra el fondo de su alojamiento después de recorrer un pequeño juego "J".

El pistón avanza y la copela primaria cierra el orificio de dilatación. El desplazamiento del pistón pone el líquido bajo presión y cuando esta presión es superior a la acción del muelle pequeño de cierre, se abre la válvula y el líquido es empujado por las canalizaciones hasta los bombines.

## b) Frenos sin aplicar

El pistón de la bomba, bajo el empuje de su muelle, retrocede más deprisa que los bombines receptores. En efecto, el retorno del líquido es frenado por el rozamiento en las canalizaciones y se genera una depresión en la cámara de la bomba.<sup>11</sup>

### Cilindro principal de frenos de doble cuerpo o “tandem”.



**Fig.15 (Cilindro principal “tandem”)**

El proceso de frenado es iniciado y controlado por el circuito principal de freno. Debido a disposiciones legales, todo automóvil debe contar con dos circuitos de frenos separados. Esto se obtiene mediante el cilindro principal de freno ejecutado en versión **tandem**.

El nombre proviene del hecho de que dispone de dos pistones, colocados uno a continuación de otro, con los que se atiende al suministro de líquido a igual presión para cada uno de los dos circuitos independientes.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Camiones y vehículos pesados, Ed. Cultural, S.A., España, 2003, Pág. 126,127

<sup>12</sup> Idem.

## TUBULADURA, MANGUITOS PARA INSTALACIONES DE FRENOS

Las distintas partes de una instalación de frenos hidráulicos en un vehículo se unen mediante tubos.

Según las normas existentes deberán emplearse tubos de acero sin costura, de doble arrollamiento o estirados o soldados.

Las superficies interna y externa de los tubos serán desoxidadas, pulidas y limpias. Se emplearán tubos con diámetros exteriores de 4,75 mm, 6 mm, 8 mm y 10 mm.

Los tubos, por lo general, llevan por dentro y por fuera un cobreado galvánico y además, por fuera, están cincados con una capa de 12 a 15  $\mu\text{m}$ . La protección contra la corrosión se mejora todavía más con otro recubrimiento de material plástico.

Los tubos cincados y con capa de plástico se pueden curvar y rebordear sin que se arranque o salte el recubrimiento.

Según las normas existentes los tubos pueden suministrarse rebordeados por ambos extremos con sus correspondientes tuercas de racor incorporadas.

A distancias o tramos de 500 mm los tubos hay que fijarlos con abrazaderas y evitar que se muevan. Para empalme de tubos se recomienda el rebordeado cónico, que puede hacerse fácilmente a mano con una bordonera, y el uso de tuercas de racor.

Los **manguitos** cubren los tramos entre la tubuladura fija y las partes del vehículo, como ejes y suspensiones, con movimiento relativo a la tubuladura.

Los manguitos no deben montarse demasiado tirantes, ni combarse ni retorcerse. Los manguitos no deben tenderse en la proximidad del tubo de escape.

Los manguitos han de protegerse del aceite, combustible y materias proyectadas de protección.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> GTZ, Tecnología del automóvil, Ed. Reverte. S.A., Alemania, Pag. 478.

## CAPITULO II

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICOS (AIR PACK)

#### 2.1.- DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

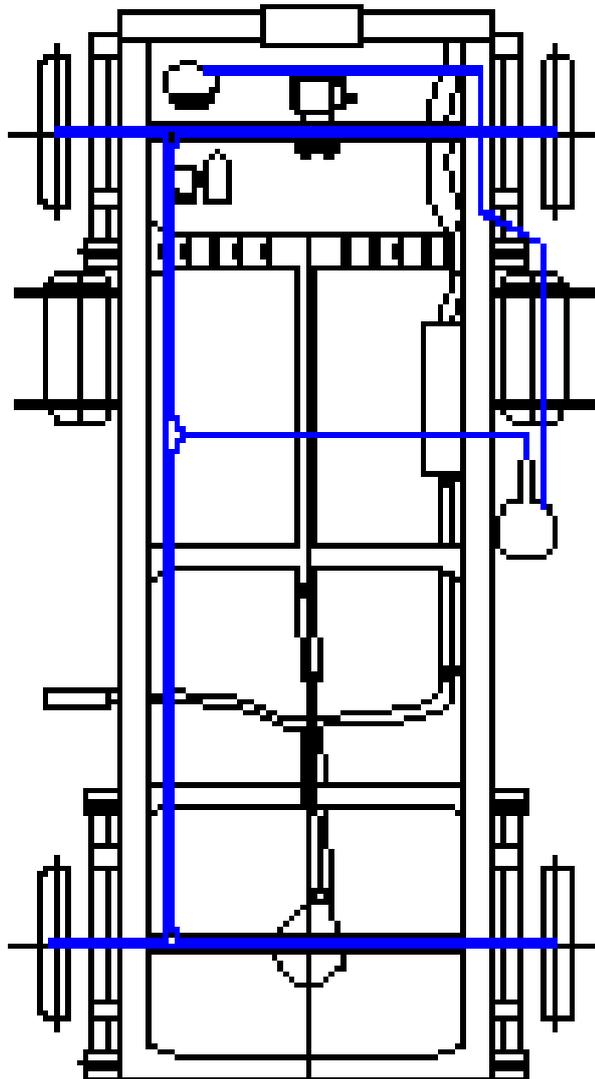


Fig. 2.1 (Esquema del circuito hidráulico)

### **2.1.1.- FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.**

El principio físico por el que trabaja una bomba de freno, en un sistema de frenos hidráulicos, no es diferente del utilizado en las prensas hidráulicas. En todo caso, puede decirse que, si se advierte alguna diferencia, ésta es sólo aparente, pues se refiere a la forma y no al modo de hacer las aplicaciones de estos principios físicos.

Creemos que el mecánico debe recordar estos principios físicos y sus consecuencias siempre que trabaje con la parte hidráulica de los frenos.

### **2.1.2.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Existen dos principios o reglas fundamentales de la física que nos interesa conocer para comprender el funcionamiento de un circuito hidráulico de mando a presión. Estos dos principios son los siguientes:

- A. Los *líquidos son fluidos prácticamente incompresibles*. Ello quiere decir que, por más que los sometamos a presión, no vamos a conseguir reducir su tamaño.

“Todos sabemos que, si tomamos un metro cúbico de gas, por ejemplo, y lo sometemos a presión, fácilmente lograremos hacer que su volumen se reduzca de modo considerable. Un metro cúbico de aire podemos - reducirlo a un centímetro cúbico, es decir, reducir mil veces su volumen inicial. Es totalmente impensable obtener el mismo objetivo con un metro cúbico de agua. Con las presiones propias de nuestro planeta no lograríamos reducir su volumen. A esto nos referimos cuando hablamos de la incompresibilidad de los líquidos”.

- B. *En los líquidos, la presión se propaga uniformemente por todos sus puntos.* Este es el principio físico llamado de Pascal, por haber sido este sabio francés el que lo enunció por primera vez, ya hacia 1655.

Este principio de Pascal nos indica que “un líquido en equilibrio transmite íntegramente, y en todos sus puntos, toda variación de presión que se produzca en cada uno de los lugares de su circuito” <sup>14</sup>.

Estos dos principios son la base teórica en la que se cimenta el funcionamiento de todos los aparatos hidráulicos, tanto de *accionamiento*, como es el caso de la bomba de freno, como de *presión*, como es el caso de los gatos hidráulicos (que pueden levantar grandes pesos con poco esfuerzo de quien los manipula).

Sin embargo, es evidente que el principal objetivo del circuito hidráulico de automoción no es tanto su característica de multiplicar la fuerza proporcionada con respecto a la fuerza dada, sino más bien conseguir una regularidad y estabilidad en la presión dada a todas las ruedas al mismo tiempo, y una comprobada y buena modulación de la misma presión. Ésta es la buena base para que los frenos nunca lleguen a agarrotarse, sin la voluntad del conductor, durante las frenadas, de modo que aquél pueda contar con un elemento fundamental para la seguridad en la conducción del vehículo.

---

<sup>14</sup> Alvarenga, Máximo. Física general, Ed. HARLA. S.A., México, 1983, Pag. 251,252.

## 2.2.- DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

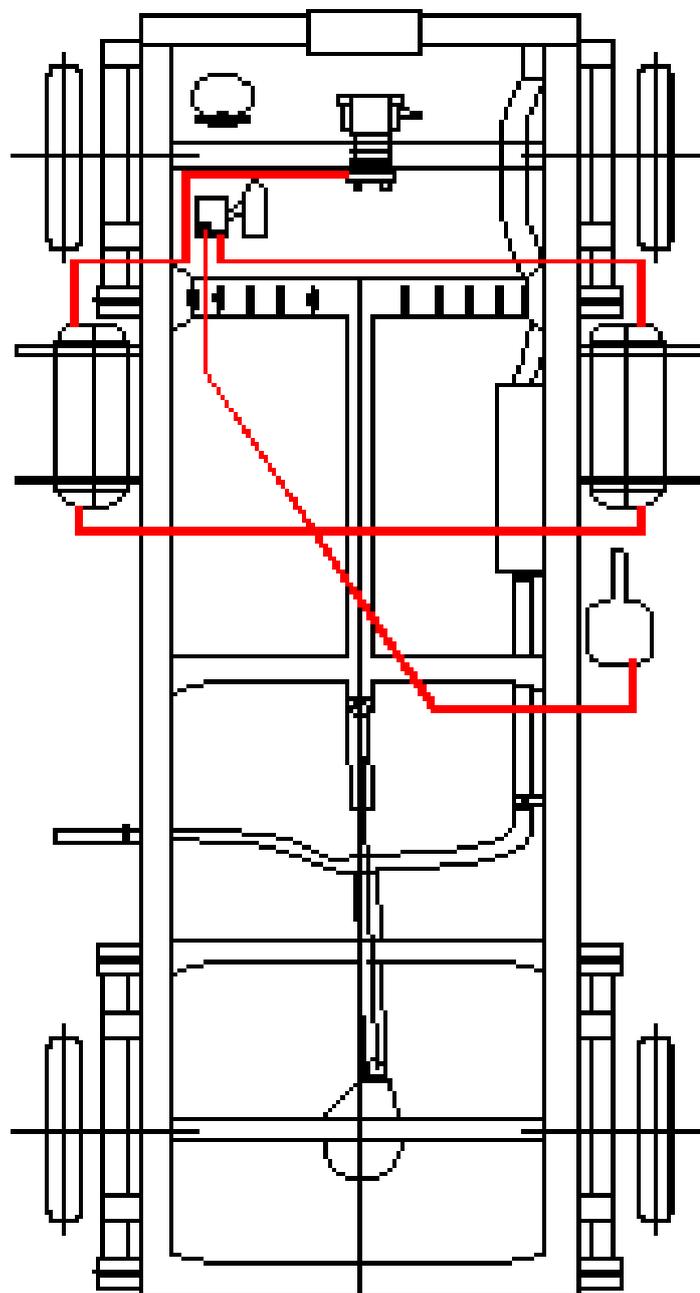


Fig. 2.2 (Esquema del circuito neumático)

### **2.2.1.- FUNCIONAMIENTO NEUMÁTICO**

Partiendo de un compresor, el aire es almacenado en un calderín y su salida de éste se regula por medio de una válvula del pedal del freno, la cual determina el paso del aire hacia el cilindro maestro y, con ello, el accionamiento de las zapatas.

Cuando el aire es sometido a la acción de un compresor, lo que éste hace es reducirlo de tamaño, o sea, hacer que ocupe mucho menos espacio que el que ocupa en estado natural. En estas condiciones, el aire, que se mantiene en la atmósfera a una presión determinada, aumenta su presión en la misma medida que es comprimido, de modo que, por este procedimiento, puede llegar a ocupar muy poco espacio y, por otra parte, estar sometido a una alta presión.

Puede comprimirse desde valores muy próximos a la presión atmosférica hasta valores altísimos, del orden de los 1.000 Kg./cm.<sup>2</sup>, y en estas condiciones es utilizado para determinados servicios industriales. En lo que respecta a la instalación de frenos de aire o frenos mixtos los valores de utilización se mantienen alrededor de los 6 bares, aun cuando, para ello y desde el compresor, deba comprimirse a valores cercanos a los 10 bares de presión.

### **2.3.- PARÁMETROS DE FRENADO Y DISEÑO**

La forma de realizar la conversión de la energía cinética en energía calorífica se lleva a cabo por medio del frotamiento. La unidad móvil que es solidaria de la rueda y, por lo tanto, gira con ella y a la misma velocidad, se halla muy próxima a una superficie que está fija, es decir, sin movimiento. En el intermedio existe una guarnición que cuando se aplica a la parte móvil ejerce un frotamiento que reduce la energía cinética, pero lo hace a costa de una elevada aparición de calor.

Pero esta absorción de energía se ha realizado a costa de la producción de una gran cantidad de calor (tanto más importante cuanto mayor era la energía acumulada por la rueda en el momento en que la zapata se aplicó sobre su cerco), de modo que aquí nos encontramos con una zona muy importante de calor que, si no está prevista, puede fácilmente consumir el mismo material de la zapata y deformar el aro de la rueda.

Aunque con enormes modificaciones y eficaces diseños mucho más complejos a la vez , los frenos modernos de servicio de nuestros autos se mantienen dentro de este sistema para conseguir el frenado de las ruedas.

Una instalación de frenos como la descrita es evidente que no resulta adecuada para un automóvil de las características y condiciones que son propias de los autos modernos. Sin embargo, dado que los sistemas de frenos basan su funcionamiento en la conversión de la energía cinética en energía calorífica, también los frenos más modernos y sofisticados tienen el inconveniente de que han de luchar con un enemigo muy importante y complejo: este enemigo es la temperatura que puede acumularse en su estructura cuando el frenado se efectúa de una forma muy frecuente y a fondo.

La característica fundamental de un buen freno consiste no sólo en transformar la energía dinámica en energía térmica, sino en hacerlo de una forma tan rápida como sea posible. Ello origina focos de calor que pueden llegar a superar los 600 °C en la superficie puntual del roce o zona de frotamiento, con lo que los materiales pueden llegar a ponerse al rojo vivo. Es muy aleccionadora la fotografía que nos muestra la figura 2.3 a donde puede verse el resultado de una frenada al límite de las posibilidades del equipo, mantenida durante demasiado tiempo. El material se pone al rojo, lo que, naturalmente, ocasiona posteriores deformaciones en las piezas de que consta el mecanismo del freno.

Esta prueba se realiza en plan experimental y nada tiene que ver con lo que ocurre en los automóviles modernos en la práctica, ya que están contruidos

de forma que una acumulación tan espectacular de calor pueda ser rápidamente evacuada, de modo que el material próximo a las mordazas debe mantenerse a temperaturas no superiores a valores de 150 a 200°C. Sin embargo, podemos ver que lo importante.



**Fig. 2.3.**

Figura 2.3.- En los laboratorios se exige a los mecanismos de los frenos los máximos esfuerzos hasta que demuestren sus máximas posibilidades. El exceso de calor puede poner al rojo los discos o las mordazas.

Es de tener en cuenta las elevadas temperaturas y los enormes esfuerzos que los frenos han de realizar y soportar.

La temperatura tiene efectos secundarios y ello es lo que ocasiona el fenómeno del *fading*, término anglosajón que podríamos traducir por «desfallecimiento» de los frenos.<sup>15</sup>

Cuando un freno se aplica en una situación límite de eficacia puede fácilmente encontrarse con que el calor acumulado no tiene tiempo de ser cedido

---

<sup>15</sup> Castro, M., Frenos, suspensión, Ed. CEAC, Barcelona, 1994. Pag. 355, 356.

al aire y a las piezas próximas. Si de inmediato se produce una nueva frenada al límite, y otra a continuación, y así sucesivamente, el calor acumulado da origen a una pérdida de capacidad de frenada que exige un mayor apriete del freno. Pero, si se insiste en esta situación, llega un momento en que el material de fricción de las guarniciones se cristaliza en virtud de la alta temperatura adquirida y soportada y, a partir de este momento, los frenos se convierten en prácticamente ineficaces.

Desde el punto de vista del fabricante, la mejor manera de luchar contra el *fading* es la consecución de frenos capaces de deshacerse del calor lo más rápidamente posible.

En este aspecto, los frenos de disco son mucho más efectivos que los de tambor, pues al hallarse el disco en contacto directo con el aire, éste disipa el calor que el disco acumula de una manera sorprendentemente rápida si la comparamos con la condición que en este sentido presentan los frenos de tambor.

### **2.3.1.- PARÁMETROS A TOMARSE EN CUENTA EN EL DISEÑO DEL SISTEMA.**

En este sistema de frenos hidroneumáticos las adiciones que se le realiza al sistema de frenos hidráulico convencional es el accionamiento neumático ya que todos los elementos del sistema hidráulico originales son IDÓNEOS para aplicarlos con el sistema neumático ya que cumplen con las condiciones de funcionamiento extrema requeridas para un empuje neumático tanto las cañerías del líquido, cilindros de accionamiento medidas de los forros o guarniciones etc.

Las características de las cañerías son de 0.198 in o 5.04 mm de  $\Phi$  capaces de resistir elevadas presiones, ya que el material con el cual están construidas es de cobre con aleaciones y se encuentran en muy buen estado.

Los cilindros de accionamiento para las zapatas posteriores tienen un diámetro adecuado cuya medida es de 0.623in o 15.82mm y cuentan con sus respectivos cauchos retenedores y son sujetados con un sistema de retención por binchas lo cuál ayuda satisfactoriamente a la retención del líquido en el sistema.

En los cilindros de accionamiento delanteros no existe inconvenientes ya que consta con un sistema de mordazas y por ende el  $\Phi$  de su cilindro propulsor es adecuado, cuya medida es 2" o 5,08 mm .

En cuanto al sistema **NEUMÁTICO** las adiciones a realizarse son de el compresor de aire para el cual se han tomado ciertas características de funcionamiento como son su caballaje , cilindrada y caudal , factores muy importantes para el funcionamiento del sistema ya que el mismo va a ser arrastrado por el M.C.I y se debe evitar la mayor perdida de potencia del motor puesto que el compresor arrastra o quita cierta potencia al motor lo cuál es perjudicial para el automóvil , razón por lo cual el compresor que hemos escogido es del tipo **LK 15 27 de la casa HINO** con una **cilindrada de 220.8cc** y es el compresor de mas pequeño caballaje en los monocilindrico optimo para insertarlo en la base de el MCI y con el fin de obtener la lubricación de el mismo motor para el compresor, con una **presión** que oscila entre **4,1 bar – 4,8 bar** de presión.

El almacenamiento de el aire comprimido se lo realiza en dos calderines ubicados debajo de el bastidor del auto y a cada lado del mismo ,estos son instalados en serie con el fin de mantener constante la presión del aire en cada calderín , su capacidad esta destinada a 45 lb/plg<sup>2</sup> por tanque es decir las  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad.

El **AIR MASTER** a utilizarse es el de un automotor **HINO FF 1 J** los cuales son autos de mediana capacidad y para su sistema de frenos utilizan 2 AIR MASTER para las ruedas delanteras y traseras respectivamente.

En el caso de vehículos pequeños se ha comprobado que la utilización de un AIR MASTER tiene la suficiente capacidad de frenar al las 4 ruedas del auto debido a que en el interior de el mismo la presión se eleva a valores altos lo cual se compensa en la distribución de todas las ruedas del auto y se consigue una presión adecuada para un frenado optimo.

Las cañerías a utilizarse en el sistema Air pack son la utilizadas en los sistemas de freno neumático con el fin de afianzar un rendimiento optimo del sistema neumático en el traslado de el aire comprimido hacia los tanques y de los tanques hacia el AIR MASTER ya que al momento de existir fugas puede presentarse desperfectos en el sistema de frenos.

La bomba de lubricación del motor fue incrementada su presión ya que lo mismo se va a encargarse del engrase del compresor por lo cual su presión de funcionamiento esta entre los 60 PSI - 4,01 bar.

## **2.4.- SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICO**

### **2.4.1.- FRENOS MIXTOS DE AIRE E HIDRÁULICOS**

En los vehículos siempre de pequeña capacidad y prestaciones (lo decimos y nos referimos a ello en comparación con los grandes autocamiones), se utiliza un sistema mixto de frenos de aire e hidráulicos, cuyo esquema básico se lo puede ver en la figura 2.4.1. La característica fundamental de este sistema consiste en que el accionamiento del servofreno no se efectúa por medio del vacío producido en el colector, sino por una corriente de aire comprimido que se establece desde un compresor que lo traspasa a un calderín . El pedal del freno determina el paso del aire comprimido hacia el servofreno y desde allí se empuja el líquido hidráulico de una bomba que manda esta presión sobre unos bombines de accionamiento de las mordazas o zapatas.

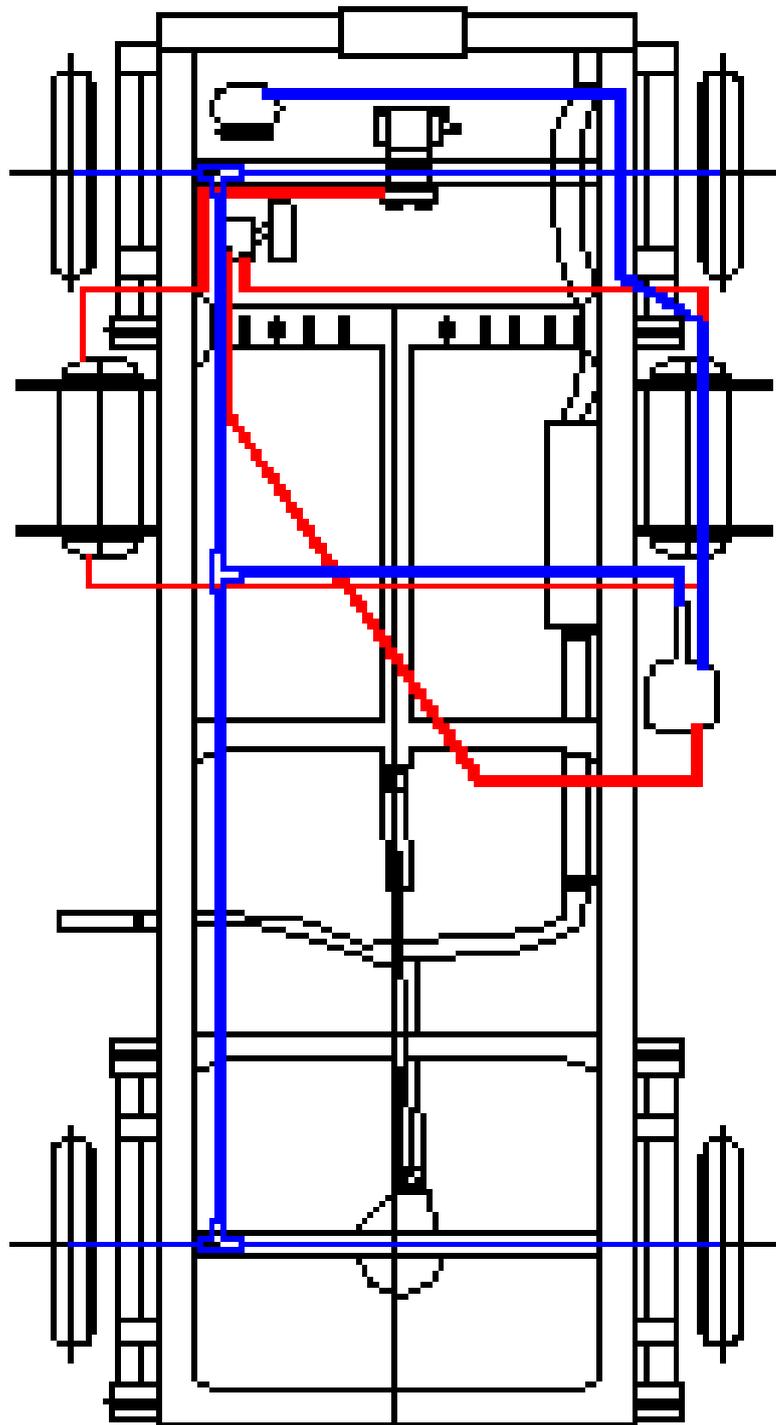


Fig. 2.4.1. (Esquema del sistema de frenos hidroneumáticos)

## 2.4.2.- DIMENSIONAMIENTO DEL COMPRESOR DE AIRE

A continuación vamos a dar los principales datos técnicos del compresor cilíndrico utilizado en este sistema de frenos Air Pack. Daremos los datos de los compresores utilizados en los HINO FF1J modelo LK 15 27, que son los elegidos por la casa\_HINO para sus instalaciones de aire comprimido en sus grandes autocamiones.

| <b>Características</b>            | <b>HINO</b>     |
|-----------------------------------|-----------------|
| Diámetro del pistón               | 75 mm           |
| Carrera del pistón                | 50 mm           |
| Juego entre pistón y cilindro     | 0,08 a 0,11 mm  |
| Juego de los aros en su garganta  | 0,01 a 0,06mm   |
| Estanqueidad                      |                 |
| Rascador                          |                 |
| Juego de bielas con los gorriones | 0,11 mm máximo  |
| Juego diametral del cigüeñal      | 0,09 mm máximo  |
| Juego entre bulón y pistón        | 0,04 mm máximo  |
| Cota reparación de cilindros      | + 0,257+0,30 mm |
| Ovalización máxima en cilindros   | 0,05 mm         |
| Conicidad máxima en cilindros     | 0,08 mm         |
| CILINDRADA                        | 220.8 CC        |

Los datos que se acaban de dar en esta tabla pueden ser orientativos de valores similares para compresores del mismo tipo y cilindrada, pero, sin lugar a dudas, lo más correcto es conocer los datos directamente de mano del fabricante del compresor para tener la seguridad de que se actuará correctamente durante la posible reparación de rectificado que deba hacerse ineludiblemente en estas máquinas neumáticas.

Otros datos, como el tiempo necesario para llenar un depósito de 20 litros bajo una presión de 6 bares y a 2.000 rpm del motor, pueden ser importantes para el mecánico a la hora de hacer una verificación del comportamiento del compresor. En el caso del HINO, su fabricante indica el tiempo de 9 segundos para conseguir este efecto. En el caso del compresor de el FF IJ en este sistema se proporciona el dato de que la máquina necesita de 20 – 50 seg. para efectuar el completo llenado de un depósito de 20 litros, bajo una presión de 6,1 bares.

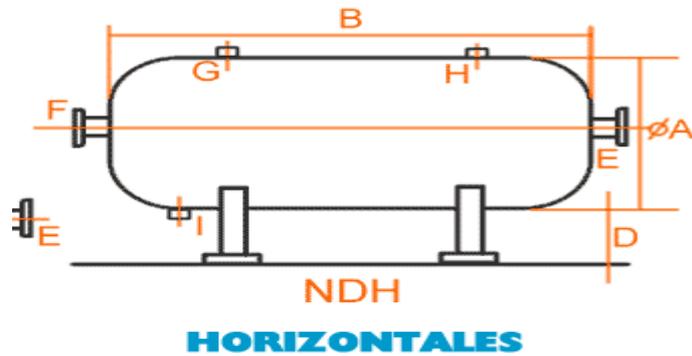
Estos datos ya nos proporcionan una clara visión del trabajo efectuado por estas máquinas neumáticas que son los compresores. También puede ser un dato importante conocer la potencia absorbida por estas máquinas. Cuando alcanzan una presión de 6,5 bares y el Motor está girando a 2.000 rpm, la potencia absorbida se suele encontrar alrededor de los 6 CV. Las reparaciones de rectificado de la parte puramente mecánica del compresor son prácticamente iguales a las que se llevan a cabo con todas las máquinas alternativas<sup>16</sup>

El compresor es el corazón del equipo de aire comprimido y, por tratarse de una máquina alternativa sometida a un funcionamiento muy frecuente y continuado, cabe en él la posibilidad de un desgaste más rápido que el que se produce en el resto de las válvulas del subsistema de alimentación que forma parte del equipo de aire comprimido. En consecuencia, se trata de una máquina que, a fines prácticos, hay que vigilar con cierta frecuencia y sobre la que hay que tener algunos especiales cuidados periódicos.

---

<sup>16</sup> [http/ www.HINO.com](http://www.HINO.com).

### 2.4.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE AIRE



**Fig. 2.4.3.**

Los calderines instalados en el auto andino para el sistema Air Pack son los utilizados en vehículos de pequeña capacidad en decir, los más pequeños encontrados en el mercado y tienen los siguientes datos técnicos:

| Modelo | Volumen                    | A    | B    | C    | D     | E   | F    | Pe    | Ps    | Purga | Peso |
|--------|----------------------------|------|------|------|-------|-----|------|-------|-------|-------|------|
| NHD    | 20465.5<br>cm <sup>3</sup> |      |      |      |       |     |      |       |       |       |      |
| In     |                            | 7.83 | 22.5 | 25.9 | 27.03 | 0.7 | 0.57 | 88psi | 81psi | 1/4V  | 1200 |

|     | A     | B     | C     | D     | E     | F    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Mm: | 198.9 | 571.5 | 657.9 | 686.7 | 17.78 | 14.4 |
| Cm: | 19.89 | 57.15 | 65.79 | 68.67 | 1.778 | 1.44 |

Capacidad del tanque 20 lts

Volumen tanque: 20465,5

Presión de funcionamiento de la valv. De seguridad 90PSI

$$V = \frac{\pi(c^2)}{4} \cdot B \quad 1lt = 1000cm^3$$

$$V = \pi \frac{(19,9)^2}{4} \cdot 65,8 \quad 20465,5cm^3$$

$$V = 20465,5cm^3 \quad cpt = 20lts$$

## PRESIONES MAX. DE LOS TANQUES

Pe = presión de entrada

Ps = presión de salida

Pe = 130 PSI → 8,8 bar

Ps = 98PSI → 6,7 bar

El aire que el compresor va preparando y comprimiendo es, como ya hemos dicho en otra ocasión, una fuente de energía que podemos utilizar. Sin embargo, para ello, lo conveniente es almacenar este aire a presión y utilizarlo en el momento que nos convenga. Ésta es la situación que nos facilitan los depósitos de aire.

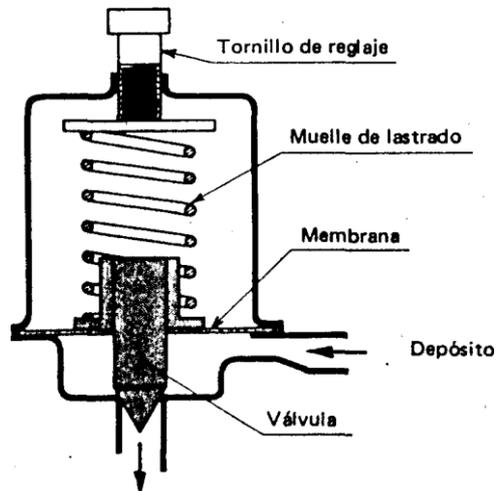
La construcción de los depósitos para estos fines de contener aire a presión debe mantenerse dentro de ciertas normas.

En primer lugar, en lo que respecta al material de su construcción, se utiliza la plancha de acero, la cual acostumbra tener un grosor de entre 2,5 y 3,5 mm, según el servicio esperado del depósito en cuestión. En -sus extremos siempre tienen forma abovedada para dar la mayor resistencia al conjunto y soportar bien las presiones.

En lo que respecta a los autocamiones, la capacidad de cada uno de estos depósitos se puede establecer en valores muy amplios, según sea la instalación

de aire comprimido a la que hay que atender. Se construyen depósitos de este tipo de 8 hasta 40 litros o más.<sup>17</sup>

#### 2.4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA VÁLVULA DE DESFOGUE



Fia 2.4.4

Los datos técnico y de funcionamiento de nuestra válvula de alivio utiliza da en el sistema AIR PACK son los siguientes:

|                                   |                                |          |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------|
| PRESION MÁXIMA DE DESFOGUE        | 150 PSI (Lb/plg <sup>2</sup> ) | 10.2 bar |
| PRESION REGULADA PARA EL DESFOGUE | 90 PSI                         | 6.12 bar |
| Diámetro int. De la válvula       | 0.25 in                        | 6.35mm   |
| Diámetro de el émbolo de reglaje  | 0.212 in                       | 5.8mm    |
| Diámetro del muelle               | 0.211 in                       | 5.35mm   |
| Longitud del muelle               | 0.97 in                        | 24.6mm   |
| Espesor del muelle                | 0.048 in                       | 1.22mm   |
| Nº de espiras de el muelle        | 13 espiras                     |          |
| Desplazamiento de el émbolo       | 1.3 in                         | 33.91 mm |
| Diámetro de la esfera             | 0.212 in                       |          |

<sup>17</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 22.

La válvula de alivio utilizada en este sistema tiene una forma simple esta constituida por una esfera cargada por un resorte. Varias formas de elementos de cierre pueden ser realizados en reemplazo de la esfera y que pueden actuar como del tipo de las válvulas anti-retorno

Estas válvulas de alivio de acción directa deben ser únicamente como elementos de seguridad, su funcionamiento y rendimiento son muy inferiores a las válvulas de alivio compensadas y pilotadas

La acción ideal de una válvula de alivio es la de aliviar el flujo total generado por la bomba una vez que se ha llegado al límite de presión fijado mediante la carga del resorte, desafortunadamente esta condición es prácticamente imposible de lograr.

La presión de ruptura esta definida por el valor de presión al cual el aceite comienza a pasar del circuito principal al tanque. En las válvulas de alivio de acción directa, para que ello ocurra el sistema de presión tiene que balancear la tensión de oposición del resorte. La compresión de este resorte hace que para obtener una apertura total de la válvula de alivio deba incrementarse la presión a valores no aceptables en un circuito bien diseñado.

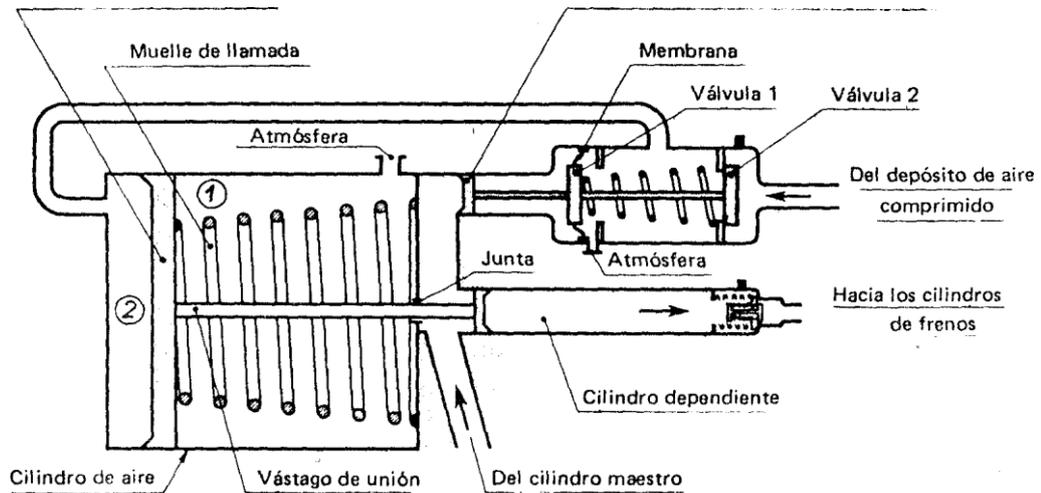
La performance de una típica válvula de alivio de acción directa de construcción sumamente económica, ella está ajustada a una ruptura de 1.000 lb./pulg<sup>2</sup> y está conectada a un sistema que entrega 20 galones por minuto hacia un cilindro o depósito.

Cuando este cilindro o depósito alcanza el final de su carrera o se detiene por acción de su trabajo, la presión se incrementa llegando a 1.000 lb./pulg<sup>2</sup> <sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 24

## 2.4.5.- DIMENSIONAMIENTO DEL BOOSTER



**Fig. 2.4.5.**

El AIR MASTER utilizado en este sistema de frenos AIR PACK es del tipo compacto ya que tiene los sistemas hidráulicos y neumático en un solo conjunto son utilizados en los sistemas de freno mixto de los autos MEDIANOS Y GRANDES de la marca HINO en este caso de la serie FF 1 J que tiene como características técnicas las siguientes:

### PRESION DE ENTRADA MÁXIMA ADMITIBLE

DEL AIR MASTER 145 PSI 9.8 bar

PRESION MINIMA DE FUNCIONAMIENTO 55 3,2bar

PRESION DE FUNCIONAMIENTO 87 PSI 5.9 bar

Diámetro interior de el émbolo neumático 3.68in 93.5mm

Longitud total del cilindro 6in 152.4mm

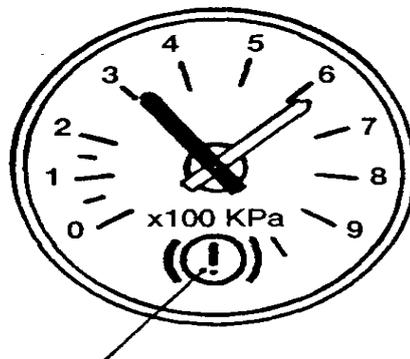
Tipo de cilindro dependiente Bendix

Área total del cilindro 10.6in<sup>2</sup> 270.2mm

La constitución el Air Master es de 2 partes.

1. *El Cilindro de Aire.*- El cual está en contacto con el ingreso del Aire Comprimido para el accionamiento de su émbolo propulsor, el cual vence la resistencia de un muelle y arrastra el vástago propulsor del cilindro dependiente, este cilindro tiene un desfogue de aire para la atmósfera por medio de una válvula de desfogue y también por medio de un conducto que esta siempre en contacto con la atmósfera.
2. *El Cilindro dependiente.*- El cual es del tipo Bendix y esta en contacto con el depósito del líquido el cual es abastecido por gravedad y se encarga de la propulsión del líquido hacia las 4 ruedas en síntesis es una bomba de freno clásica.<sup>19</sup>

#### 2.4.6. DIMENSIONAMIENTO DEL MANÓMETRO DE PRESIÓN



**Fig. 2.4.6**

El manómetro utilizado en este sistema de frenos es de tipo metálico en cuya esfera tiene dos escalas graduadas en diferentes unidades y consta con una sola pluma indicadora la cual se desplaza indicando la presión existente, sus características técnicas son las siguientes:

---

<sup>19</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 25

## ESCALAS STANDAR:

PSI 0 -150

Bar 0 - 10

Escala de funcionamiento Normal del sistema Air Pack

PSI 75 - 90

Bar 5.1 - 6.12

Escala de funcionamiento Anormal de el sistema Air Pack

PSI 45 -74

Bar 3.1 - 5.03

Las unidades más utilizadas en los cálculos de las instalaciones de aire comprimido y para escalas de Manómetros son, en el *Sistema Internacional (SI)*, el pasca/ (Pa), que es la presión ejercida por la fuerza de un *newton* cuando éste actúa uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

En el sistema de unidades CGS se encuentra la *baria* como submúltiplo del pascal, ya que:

$$1 \text{ pascal} = 10 \text{ barias.}$$

Pero en el terreno de los múltiplos nos encontramos con el *bar*, que equivale a 100.000 paséales y, en consecuencia, a un millón de barias, por lo que también se le nombra a veces con la denominación de *megabaria*.

Nosotros, sin embargo, preferimos utilizar la denominación corriente de *bar*. También es habitual la utilización del múltiplo kPa, es decir, del kilopascal que, como puede deducirse de su nombre, tiene un valor de 1.000 paséales. Así pues, un bar es igual a:  $1 \text{ bar} = 100\text{kPa}$ .

Una unidad CGS inferior al bar es el *milibar*, que equivale a 100 paséales y, por consiguiente, a una milésima de bar.

En muchos tratados técnicos y también en manuales de taller podemos encontrar la denominación más antigua del  $\text{kg/cm}^2$ , o también, el  $\text{kp/cm}^2$ , que es lo mismo, ya que kp significa «kilogramo-peso» y es una unidad del llamado sistema técnico.

El  $\text{kp/cm}^2$  es equivalente a 98.000 paséales, por lo que es una unidad ligeramente más pequeña que el bar, que, como se ha dicho, es equivalente a la cantidad de 100.000 paséales. Es preciso tener en cuenta estos valores de presión, pues a ellos nos vamos a referir con frecuencia durante el desarrollo del estudio que vamos a realizar a continuación sobre el circuito de aire comprimido.

Un **manómetro** es un aparato que sirve para medir la presión de los gases contenidos en recipientes cerrados. Existen, básicamente, dos tipos de manómetros: los de líquidos y los metálicos.

Los manómetros de líquidos emplean, por lo general, mercurio que llena un tubo en forma de J. El tubo puede estar o abierto por ambas ramas o abierto por una sola. En ambos casos la presión se mide conectando al recipiente que contiene el gas el tubo por su rama inferior y abierta y determinando el desnivel  $h$  de la columna de mercurio entre ambas ramas. Si el manómetro es de tubo abierto entonces es necesario tomar en cuenta la presión atmosférica  $p_0$  en la ecuación  $p = p_0 \pm g h$ . Si es de tubo cerrado, la presión vendrá dada directamente por  $p = g h$ . Los manómetros de este segundo tipo permiten, por sus características, la medida de presiones elevadas.

En los manómetros metálicos la presión del gas da lugar a deformaciones en una cavidad o tubo metálico. Estas deformaciones se transmiten a través de un sistema mecánico a una aguja que marca directamente la presión del gas sobre una escala graduada

## 2.4.7.- DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS

Las cañerías utilizadas en el sistema neumático tienen las siguientes características:

Diámetro de la cañería    0.526 in        13.36mm



**FC300** AQP Motores , Frenos Neumáticos y Sistemas Hidráulicos



**1503** Motores, Frenos neumáticos, y Sistemas hidráulicos

**Rango de Temperaturas:-** 40°C a +150°C (-40°F a + 300°F)

**Conexiones (Acoples):** Prensables.

La manguera AQP FC498 de Aeroquip ha sido específicamente diseñada para aplicaciones en líneas de retorno de baja y alta presión de válvulas y cilindros. El excelente rendimiento de la fibra de vidrio y plástico AQP permite temperaturas continuas de operación de hasta 300 grados F, y excede con mucho las capacidades de temperaturas intermitentes de otras mangueras SAE100R6.

El tubo de fibra de vidrio y plástico AQP en la manguera FC498 es capaz de soportar largas exposiciones a una extensa gama de presiones es compatible con agua , aire , gasolina, combustibles , y fluidos hidráulicos a base de petróleo resistentes al fuego y aceites lubricantes. La manguera FC498 resiste las temperaturas extremas [ -40°C a +150°C ( -40°F a +300°F)], la oxidación, los ataques del ozono, y los efectos del desgaste en almacén. Siempre que las temperaturas altas continuas o las temperaturas bajas, o la compatibilidad con

fluidos constituya un problema, la FC498 facilita la solución ideal para aplicaciones a baja presión.

Las conexiones y acoples de estas cañerías o mangueras son de bronce o cualquier material prensable debido a la capacidad de deformación de la manguera se la puede disponer por cualquier parte del bastidor del auto siempre y cuando esta este protegida debidamente a las exposiciones de irregularidades y obstáculos del camino como piedras, lodo, lastre, etc.<sup>20</sup>

Datos característicos de las cañerías del Sistema Air Pack.

| Número de parte | D.I de la Manguera ( pulgadas) | D.E de la Manguera ( pulgadas) | Presión para trabajar (psi) | Presión mínima a reventar (psi) | Radio mínimo a doblar (pulgadas) | Servicio de vacio (pulgs./hg) | Peso por pie (lb) |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| FC498-04        | .25                            | .50                            | 250                         | 800                             | 2.50                             | 28                            | .08               |

#### 2.4.8 DIMENSIONAMIENTO DE EL DEPÓSITO DEL LÍQUIDO DE FRENOS



**Fig. 2.4.8.**

El deposito del liquido de frenos a utilizarse es de uso industrial es decir utilizado en vehículos livianos y pesados, el mismo fue escogido debido a su capacidad de almacenar liquido y a su resistencia a diferentes factores como resistencia a presiones y temperaturas elevadas su construcción es de fibra de

<sup>20</sup> <http://www.nostrumdg.com>

vidrio y trenzas textiles las mismas que son utilizadas para sistemas hidráulicos de baja presión la transferencia del liquido se realiza por gravedad hacia el cilindro maestro.

Sus dimensiones son:

Diámetro del deposito 86.09mm

Altura del deposito Min Max 80.05mm

$$vh = \pi \frac{(8.6cm)^2}{4} \cdot 8.005cm$$

$$vh = 464.9cm^3$$

$$1lt = 1000cm^3$$

Volumen 465.97cc 0.46 litros

Diámetro de la tapa de llenado 58.6mm

Capacidad 0.46 lts

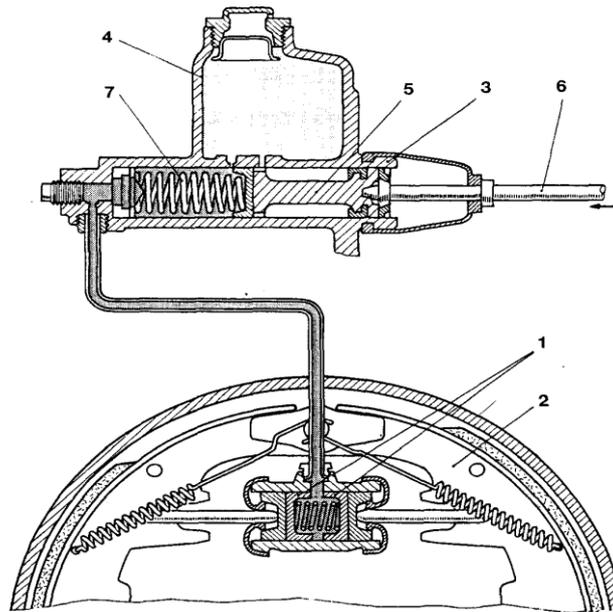
Altura total del deposito 107.42mm

Diámetro del orificio de salida del líquido 25.55mm

#### 2.4.9.- DIMENSIONAMIENTO BOMBA DE FRENO O CILINDRO MAESTRO

El cilindro maestro del sistema AIR PACK se encuentra formando un solo conjunto con el sistema neumático ya que el Air Master es de tipo compacto utilizado en automotores modernos de mediana y gran capacidad.

El elemento principal de un circuito hidráulico es la bomba mediante la cual se consigue establecer en un circuito la presión hidráulica que, de la misma forma que se aprecia en la figura 2.4.9., actuará sobre los bombines (1) de las zapatas (2) de los frenos.



**Fig. 2.4.9.**

**Figura 2.4.9.** Conjunto de la unidad de mando de un freno hidráulico actuando sobre una zapata y tambor. 1, bombín. 2, zapata. 3, cuerpo de la bomba de freno. 4, depósito de líquido. 5, pistón principal. 6, vástago de empuje. 7, cámara.

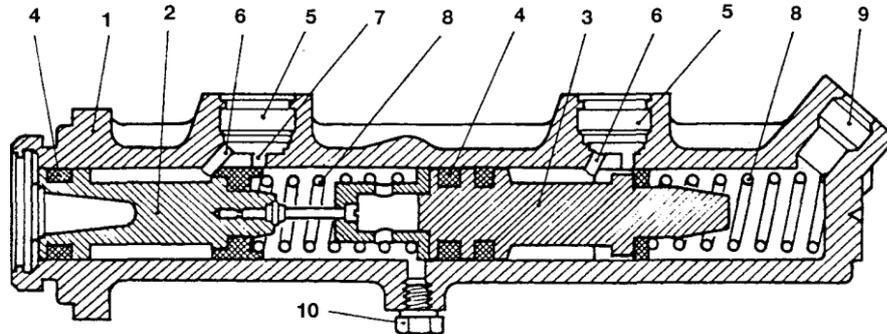
La bomba de freno (3) está alimentada de fluido hidráulico a través del depósito (4) que, por gravedad, mantiene siempre lleno de líquido el interior del cuerpo de la bomba.

Cuando el pistón (5) es empujado en el sentido de la flecha por el vástago (6) en virtud del accionamiento del Air Master, en la cámara (7) se establece un aumento de presión que se traslada hasta el bombín (1) del freno de tambor.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 31

## CONSTITUCIÓN DE UNA BOMBA DE FRENO

En la figura 2.4.9.1. tenemos un despiece que nos muestra el conjunto formado por un cilindro maestro corriente.



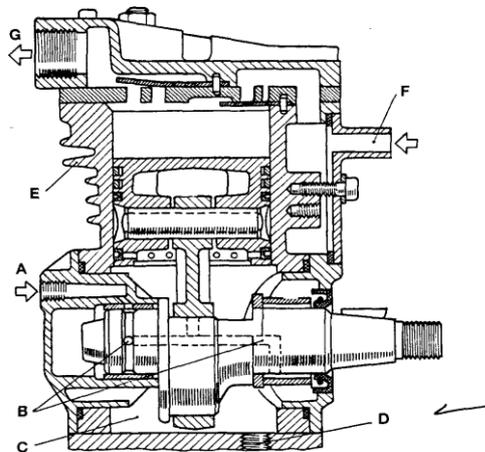
**Fig. 2.4.9.1.**

**Figura 2.4.9.1.** Vista interna de los componentes de una bomba de freno. 1, cuerpo de la bomba. 2, pistón primario. 3, pistón secundario/ 4, copela de estanqueidad. 5, conductos de fijación del depósito de líquido de frenos. 6, conducto de paso del líquido. 7, conducto del paso del líquido a la cámara de presión. 8, muelles de retorno. 9, conducto de salida del líquido a la instalación hidráulica, en este caso el circuito secundario. 10, tornillo de tope.

Forma: la secundaria, a través de canal (9) y la primaria, por otro canal que no se puede apreciar en la figura, dada la posición de la misma.

Por último, tenemos el tornillo de tope (10) que sirve para limitar la carrera total en su cilindro del conjunto formado por los pistones.

## 2.4.10 DIMENSIONAMIENTO DE LA LUBRICACIÓN DEL COMPRESOR



**Fig. 2.4.10**

**Figura 2.4.10.** Esquema de un compresor indicando su circuito de engrase. A, entrada del aceite proveniente del motor. B, circuitos labrados en el interior del cigüeñal. C, cárter. D, conducto de salida del aceite hacia el motor. E, aletas de refrigeración. F, entrada del aire. G, salida del aire ya comprimido.

### ***Sistema de lubricación***

En estos tipos de compresores, el engrase proviene de la misma bomba de engrase del motor principal. Este sistema es cada vez más utilizado, sobre todo para los grandes autocamiones que tienen un consumo de aire considerable y los compresores son de mayor tamaño.

En este caso se trata de un engrase a presión. El aceite llega hasta el compresor proveniente de una rampa del circuito de engrase a una presión mínima de 3 bares. En la figura 2.4.10. tenemos la base de un compresor dotado de este sistema.

El conducto de engrase que le llega desde el motor térmico se une por medio de un racor a la entrada (A) de la base del compresor.

Desde este punto, y tal como ocurre en los grandes cigüeñales de los motores C.I. se han practicado una serie de conductos internos (B) por medio de los cuales el aceite llega a presión sobre los cojinetes de la biela y los gorriones de apoyo del cigüeñal.

El engrase del cilindro con su pistón suele hacerse por medio de barboteo o bien por un conducto que lleva el aceite hasta el pie de biela, y desde allí lo reparte con una técnica muy parecida al sistema utilizado en los motores.

Cuando el aceite ha terminado su ciclo, se acumula en el fondo del cárter (C), desde donde dispone de un orificio con racor que lo hace pasar por un conducto que lo devuelve, por gravedad, al mismo cárter del motor C.I.<sup>22</sup>

Además de estos dos sistemas que hemos indicado, tampoco se descarta la presencia de compresores de aire comprimido que dispongan de su propia bomba de engrase accionada por el mismo cigüeñal del compresor, en cuyo caso su funcionamiento resulta totalmente autónomo en el sentido de la lubricación.

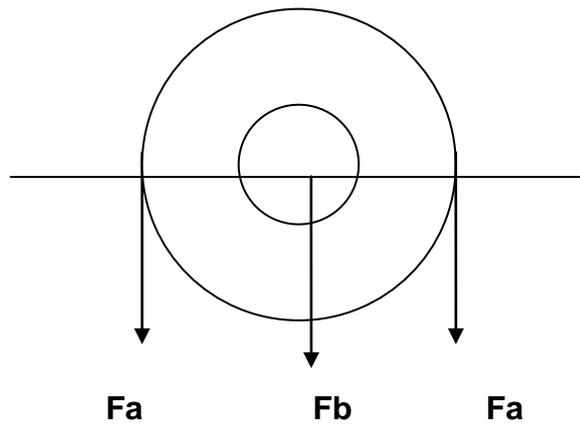
---

<sup>22</sup> Perez J., Técnicas del automovil., Ed. Paraninfo, Madrid, Pag. 267.

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO DE SOPORTES Y BASES PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRONEUMÁTICOS (AIR – PACK)

#### 3.1. DISEÑO DE LA POLEA DEL COMPRESOR.



#### DATOS:

$$D_e = 6.3''$$

$$D_i = 0.79''$$

$$H_p \text{ motor} = 4 \text{ HP}$$

$$n = 6000 \text{ rpm.}$$

$$T = 63000 * P / n =$$

$$T = 63000 * 4 / 6000 =$$

$$\mathbf{T = 42 \text{ lbs / in.}}$$

$$F_n = T / (D/2) =$$

$$F_n = 42 \text{ lbs*in} / (6.3'' / 2) =$$

$$F_n = 42 \text{ lbs*in} / 3.15 \text{ in}$$

$$\mathbf{F_n = 13.3 \text{ lbs.}}$$

$$F_b = 1.5 * F_n$$

$$F_b = 1.5 * 13.3$$

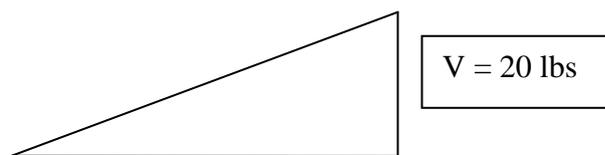
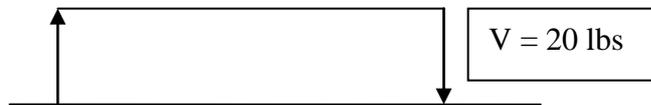
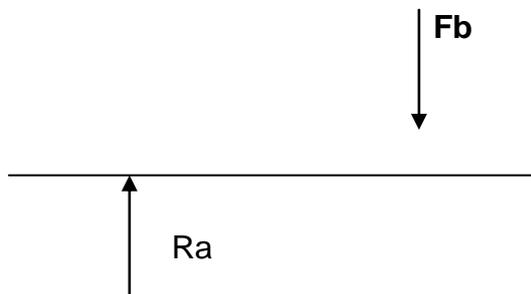
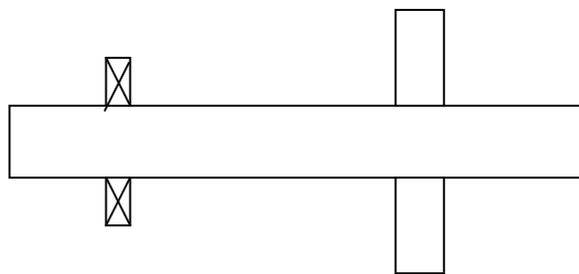
$$\mathbf{F_b = 20 lbs.}$$

$$F_a + F_a = F_b$$

$$2 F_a = 20 lbs.$$

$$\mathbf{F_a = 10 lbs.}$$

### DIAGRAMA DE FUERZAS Y MOMENTOS:



$$T_d = 4 / 3 * V / A.$$

$$D = \text{sqr} ((16*V) / (3*\pi*T_d))$$

$$T_d = 0.57 * S_y / N \quad \text{donde } N = 3$$

$$A = (\pi * D^2) / 4$$

$$A = (\pi * 6.3^2) / 4$$

$$A = 31.1725 \text{ in}^2$$

$$T_d = 4 / 3 * 20 / 31.1725.$$

$$T_d = 0.856$$

$$S_y = (T_d * N) / 0.57$$

$$S_y = (0.856 * 3) / 0.57$$

$$S_y = 4.51. \text{ Ksi aprox. } 6$$

$$D = \text{sqr} ((16*V) / (3*\pi*T_d))$$

$$D = \text{sqr} ((16*20) / (3*\pi*0.856))$$

$$D = \text{sqr} (320 / 8.0676)$$

$$D = 6.298 \text{ in.}$$

### **SELECCIÓN DEL MATERIAL:**

Según el Apéndice 10 (propiedades típicas del aluminio) la polea es de un aluminio con

aleación y templado **AL 3003 – O** con las siguientes propiedades:

Resistencia a la tracción  $S_u = 16 \text{ Ksi}$ .

Resistencia a punto cedente  $S_y = 6 \text{ Ksi}$ .

Ductibilidad = 40

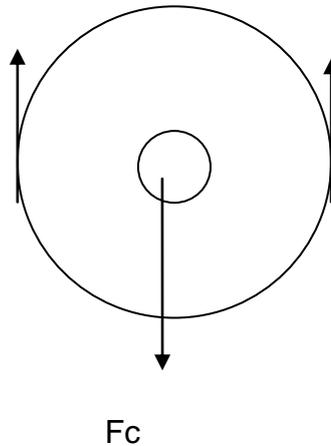
Resistencia al corte = 11 Ksi.

Resistencia por urabilidad = 7 Ksi.

Densidad = 0.095 a 0.102 in<sup>3</sup>

Modulo de elasticidad = 10 a 10.6 \* 10<sup>6</sup> psi

### 3.2. DISEÑO DE LA POLEA DEL TEMPLADOR.



#### DATOS:

De = 3.35"

Hp motor = 4 HP

n = 6000 rpm.

$$T = 63000 * P / n =$$

$$T = 63000 * 4 / 6000 =$$

$$\mathbf{T = 42 \text{ lbs / in.}}$$

$$F_n = T / (D/2) =$$

$$F_n = 42 \text{ lbs*in} / (3.35" / 2) =$$

$$F_n = 42 \text{ lbs*in} / 1.675 \text{ in}$$

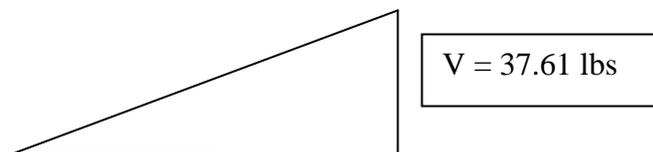
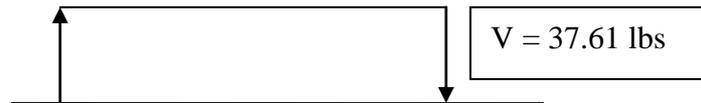
$$\mathbf{F_n = 25.07 \text{ lbs.}}$$

$$F_c = 1.5 * F_n$$

$$F_c = 1.5 * 25.07 =$$

$$F_c = 37.61 \text{ lbs.}$$

## DIAGRAMAS DE FUERZAS Y MOMENTOS.



$$T_d = 4 / 3 * V / A.$$

$$D = \text{sqr} ((16 * V) / (3 * \text{pi} * T_d))$$

$$T_d = 0.57 * S_y / N \quad \text{donde } N = 3$$

$$A = (\text{pi} * D^2) / 4$$

$$A = (\text{pi} * 3.35^2) / 4$$

$$A = 8.8141 \text{ in}^2$$

$$T_d = 4 / 3 * 37.61 / 8.8141.$$

$$T_d = 5.689$$

$$S_y = (T_d * N) / 0.57$$

$$S_y = (5.689 * 3) / 0.57$$

$$S_y = 29.9 \text{ ksi. Aprox } 32$$

$$D = \text{sqr} ((16 * V) / (3 * \text{pi} * T_d))$$

$$D = \text{sqr} ((16 * 37.61) / (3 * \text{pi} * 5.689))$$

$$D = \text{sqr} ( 601.76 / 53.6276)$$

$$D = 3.350 \text{ in.}$$

### SELECCIÓN DEL MATERIAL:

Según el Apéndice 8 es un Hierro maleable **A 47 – 84 ( R1989)** con las siguientes características :

Grado = 32510

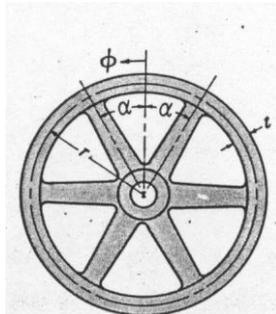
Resistencia a la tracción  $S_u = 50 \text{ Ksi.}$

Resistencia a punto cedente  $S_y = 32 \text{ Ksi.}$

Ductibilidad = 10

Elasticidad =  $25 * 10^6 \text{ psi}$

### 3.3. DISEÑO DE LA POLEA DEL COMPRESOR PARA 6 RAYOS.



$S_t$  = esfuerzo de tensión, en psi

$q$  = peso de la llanta por pulgada de longitud ( bt, en lb/pul )

$v$  = velocidad en el radio medio, en pul/seg

$b$  = ancho de la llanta, en pul

$t$  = espesor de la llanta, en pul

$g$  = 386 pul/seg

$\phi$  = ángulo subtendido desde la línea media entre los rayos hasta la sección donde se encuentra el esfuerzo

$2\alpha$  = ángulo entre dos rayos

$r$  = radio medio de la llanta, en pulg

C = constante que depende del área de la sección transversal de la llanta.

A = área de la sección transversal de la llanta = bt.

A1 = área de la sección transversal de un rayo.

### DATOS:

Espesor = t = 1.1 cm = 0.433 in.

Ancho = b = 1.5 cm = 0.59 in.

A = 31.17 in.

r = 3.15 in.

W = 6000 (rev / min) \* 1/60 (min / seg) \* 2pi (rad/rev) = 628.32 rad/seg.

$\phi = 30^\circ$  y  $0^\circ$

g = 386 in / seg<sup>2</sup>

A sección transv = b \* t = 0.25547.

1. Encontrar el esfuerzo máximo de tracción para  $\phi = 30^\circ$  y  $0^\circ$

Para 6 rayos: 
$$C = \frac{12 * r^2}{t^2} * (0.00169) + 0.957 + (A / A1)$$

$$C = \frac{12 * 3.15^2}{0.433^2} * (0.00169) + 0.957 + (0.25547 / 31.17)$$

$$C = 1.0733 + 0.957 + 0.0082$$

$$C = 2.0385.$$

$$St = (q * v^2) / (b*t*g) (1 - (\cos \phi / (3*C*\sin \alpha))) + (2r / Ct) (1/\alpha - \cos \phi/\sin \alpha)$$

q = b \* t \*  $\zeta$  = 0.59 \* 0.433 \* 0.283 = 0.0723 lb / in.

v = r \* w = 3.15 \* 628.32 = 1979.21

$2\alpha = 60^\circ$  para 6 rayos.

Para 30°

$$St = (0.0723 * 1979.21^2) / (0.59 * 0.433 * 386) (1 - (\cos 30^\circ / (3 * 2.0385 * \sin 30))) + (2 * 3.15 / 2.0385 * 0.433) (1 / \pi/6 - \cos 30 / \sin 30)$$

$$St = 2872.07 (1 - 0.2832 + 1.3337)$$

$$\mathbf{St = 5889.179 \text{ psi.}}$$

Para 0°

$$St2 = (0.0723 * 1979.21^2) / (0.59 * 0.433 * 386) (1 - (1 / (3 * 2.0385 * \sin 30))) + (2 * 3.15 / 2.0385 * 0.433) (1 / \pi/6 - 1 / \sin 30)$$

$$St2 = 2872.07 (1 - 0.327 - 7.14(1.91 - 2))$$

$$\mathbf{St2 = 87.23 \text{ psi.}}$$

2. Encontrar la fuerza axial de cada rayo.

$$F = (2 * q * v^2) / (3 * g * C)$$

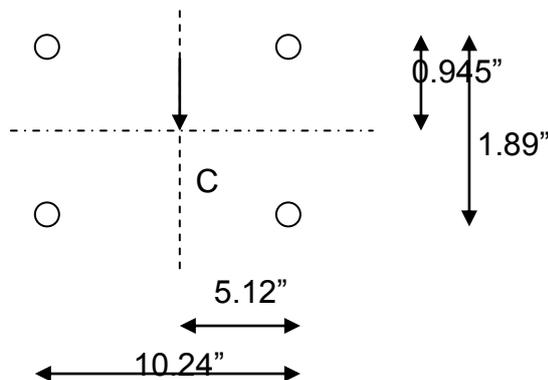
$$F = (2 * 0.0723 * 1979.21^2) / (3 * 386 * 2.0385)$$

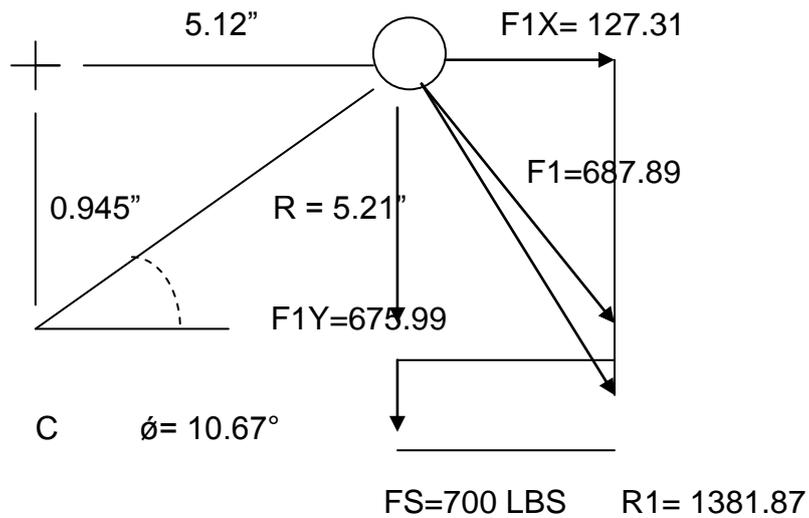
$$\mathbf{F = 239.957 \text{ lbs.}}$$

El esfuerzo de cada rayo es  $239.957 / 16 = 15 \text{ psi}$ .

### 3.4. DISEÑO DE SOPORTES Y BASES DE LOS PERNOS:

#### 3.4.1. Búster.





- Carga por esfuerzo de corte: =  $P = 2800 \text{ lbs.}$
- Carga por tornillo =  $F_s = P/4 = 2800/4 = 700 \text{ lbs/tornillo.}$
- Momento que debe resistir el patrón de tornillos: el producto de la carga indirecta y la distancia respecto al centroide del patrón de tornillos .

$$M = P * a = 2800 * 5.12 = 14336 \text{ lbs/in.}$$

- Distancia radial del centroide del patrón de tornillos al centro de cada tornillo.

$$r = \text{sqr} \left( (0.945)^2 + (5.12)^2 \right)$$

$$r = 5.21''.$$

- Suma de los cuadrados de todas las distancias radiales hacia todos los tornillos .

$$\Sigma r^2 = 4 * 5.21 = 108.58''.$$

- Fuerza que se necesita en cada tornillo para que resistan al momento de flexión de la relación.

$$F_i = M r_i / \Sigma r^2$$

$$F_i = (14336 * 5.21) / 108.58$$

$$F_i = 687.89 \text{ lbs.}$$

- Resultante de todas las fuerzas que actúan sobre cada pernos.

$$F1x = F1 \text{ sen } \phi = 687.89 \text{ sen } 10.67 = \mathbf{127.307 \text{ lbs.}}$$

$$F1y = F1 \text{ cos } \phi = 687.89 \text{ cos } 10.67 = \mathbf{675.99 \text{ lbs}}$$

- Fuerza total en el sentido y.

$$F1y + Fs = 675.99 + 700 = \mathbf{1375.99 \text{ lbs.}}$$

- Fuerza en un tornillo.

$$R1 = \text{sqr} ( (127.307)^2 + (1375.99)^2 )$$

$$\mathbf{R1 = 1381.87 \text{ lbs.}}$$

- Material del tornillo: acero ASTM A325 con esfuerzo de corte es 17550 psi.

$$As = R1 / Ta = 1381.87 / 17550 = \mathbf{0.079 \text{''}^2}$$

- El diámetro que se requiere es.

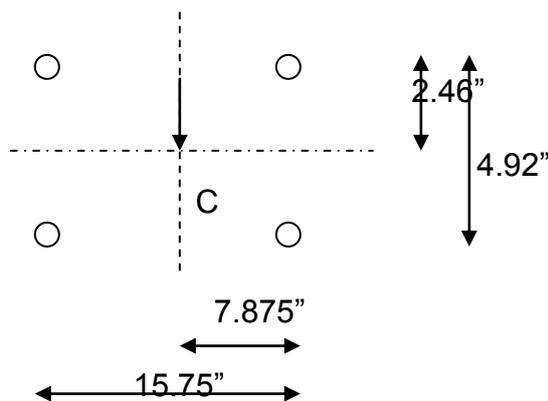
$$D = \text{sqr} ( 4 * As / \text{pi} )$$

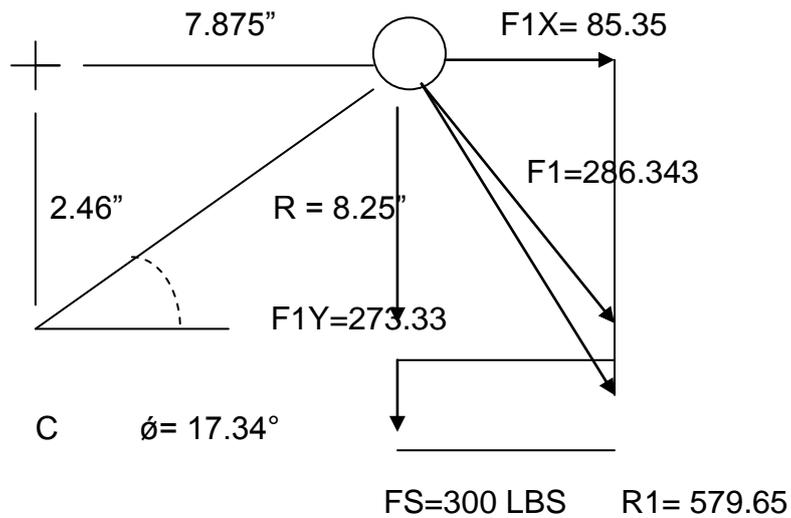
$$D = \text{sqr} ( 4 * 0.079 / \text{pi} )$$

$$\mathbf{D = 0.35 \text{''}}$$

$$\mathbf{D = 3/8 \text{''}}$$

### 3.4.2. CILINDRO.





- Carga por esfuerzo de corte: =  $P = 1200 \text{ lbs.}$
- Carga por tornillo =  $F_s = P/4 = 1200/4 = 300 \text{ lbs/tornillo.}$
- Momento que debe resistir el patrón de tornillos: el producto de la carga indirecta y la distancia respecto al centroide del patrón de tornillos .

$$M = P * a = 1200 * 7.875 = 9450 \text{ lbs/in.}$$

- Distancia radial del centroide del patrón de tornillos al centro de cada tornillo.

$$r = \text{sqr} ( (2.46)^2 + (7.875)^2 )$$

$$r = 8.25''.$$

- Suma de los cuadrados de todas las distancias radiales hacia todos los tornillos .

$$\Sigma r^2 = 4 * 8.25 = 272.27''.$$

- Fuerza que se necesita en cada tornillo para que resistan al momento de flexión de la relación.

$$F_i = M r_i / \Sigma r^2$$

$$F_i = (9450 * 8.25) / 272.27$$

$$F_i = 286.343 \text{ lbs.}$$

- Resultante de todas las fuerzas que actúan sobre cada pernos.

$$F1x = F1 \text{ sen } \theta = 286.343 \text{ sen } 17.34 = \mathbf{85.35 \text{ lbs.}}$$

$$F1y = F1 \text{ cos } \theta = 286.343 \text{ cos } 17.34 = \mathbf{273.33 \text{ lbs}}$$

- Fuerza total en el sentido y.

$$F1y + Fs = 273.33 + 300 = \mathbf{573.33 \text{ lbs.}}$$

- Fuerza en un tornillo.

$$R1 = \text{sqr} ( (85.35)^2 + (573.33)^2 )$$

$$\mathbf{R1 = 579.65 \text{ lbs.}}$$

- Material del tornillo: acero ASTM A307 con esfuerzo de corte es 10000 psi.

$$As = R1 / Ta = 579.65 / 10000 = \mathbf{0.06''^2}$$

- El diámetro que se requiere es.

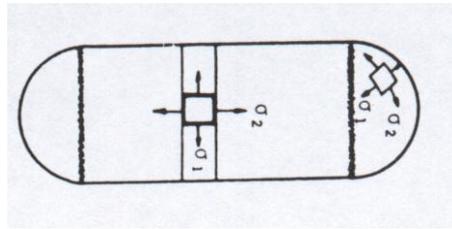
$$D = \text{sqr} ( 4*As / \text{pi} )$$

$$D = \text{sqr} ( 4*0.06 / \text{pi} )$$

$$\mathbf{D = 0.32 ''}$$

$$\mathbf{D = 3/8 ''}.$$

### 3.5. DISEÑO DE CILINDROS.



#### DATOS:

$$R = 16.73 \text{ ''}$$

$\delta$  = esfuerzo permisible para el material  $60 \text{ lb/in}^2$

t = placa de acero de  $0.98 \text{ ''}$ .

$$\delta_1 = (P * R) / t.$$

$$60 = (P * 16.73) / 0.98$$

$$P = 58.8 / 16.73$$

$$P = 3.52 \text{ lb/in}^2$$

## CAPITULO IV

### 4.1 MONTAJE DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Para el montaje del sistema hidráulico los cambios que se realizaron fueron mínimos puesto que las cañerías y cilindros de accionamiento cumplen con las características técnicas para el funcionamiento en un circuito de frenos hidroneumático, por tal razón, se cambió el pedal de accionamiento junto con la bomba del cilindro principal y su depósito.

A continuación describimos cada uno de los elementos utilizados en el montaje del sistema hidráulico:

#### 4.1.1 MONTAJE DEL DEPÓSITO DEL LÍQUIDO DE FRENOS



**FIG. 4.1.1.**

El depósito del líquido de frenos se encuentra instalado en la misma cavidad de el MCI y suministra el líquido por gravedad a la bomba de freno, este depósito tiene las características de soportar elevadas temperaturas y presiones por lo que no representa ningún problema en el sitio de su instalación

El depósito de líquido de frenos es el que suministra el líquido al sistema de frenos del vehículo por lo que su función es sometida a diversas temperaturas y presiones. Se trata de un componente que aunque su función parezca simple requiere un alto nivel de calidad.

También se controla el diseño del depósito, evitando desde un principio los problemas posteriores que pudieran surgir. Tanto durante el proceso de funcionamiento, como en la fabricación, cada uno de los depósitos son sometidos a rigurosos análisis ya que el más mínimo defecto podría producir graves problemas en el vehículo.

Desde pruebas extremas de temperatura a cambios bruscos de presión, pasando por la máquina de vibraciones, son realizadas en los depósitos de líquidos de freno, a fin de lograr depósitos eficaces y así afianzar el sistema de frenos.

Básicamente todos los depósitos tienen el mismo tratamiento que se da a los otros depósitos ya que su diseño y funcionalidad varía según sea el tamaño y ubicación dentro del vehículo, pero las exigencias de calidad son las mismas, pues están expuestos a idénticos cambios de presión y temperatura<sup>23</sup>

### **Depósitos.**

La mayoría de los sistemas hidráulicos de tamaño pequeño a mediano utilizan los tanques o depósitos como base de montaje para la bomba de freno. Este conjunto se llama. "Unidad de bombeo", "Unidad Generada de Presión" etc.

La tapa del depósito puede ser removida para permitir la limpieza e inspección y constituye la parte superior del depósito.

El depósito se completa con un indicador de nivel,(min – Max ) el cuál nos permite inspeccionar visualmente el nivel del líquido de frenos o si existiesen impurezas en el mismo

---

<sup>23</sup> Duchene M., Frenos, Ed.Marcombo, barcelona, 1979, Pag. 152.

**Tapa de llenado:** el orificio de llenado debe ser cubierto por una tapa preferentemente retenida por una cadena que usa una coladera para filtrar el líquido que se verterá hacia el depósito.

Los depósitos hidráulicos están venteados a la atmósfera. Por ello la conexión de venteo debe estar protegida por la carroza del vehículo.<sup>24</sup>

## **EL LÍQUIDO DE FRENOS**

Todos los circuitos de frenos de los automóviles modernos están diseñados para ofrecer el máximo de seguridad activa, para lo que incorporan elementos de elevado nivel de desarrollo como las pastillas de frenada o los líquidos hidráulicos de accionamiento.

Estos dos elementos deben ser objeto de revisión constante, especialmente antes de iniciar viajes más prolongados de lo habitual.

La disminución de espesor de las pastillas ocasiona una reducción del volumen del líquido visible en los depósitos de reserva del mismo, que debe ser repuesto siempre que se superen las indicaciones de “mínimo”.

Una falta de líquido en la bomba en el momento de frenar ocasiona la pérdida total de presión en el circuito, dejando al vehículo fuera del control del conductor. Hemos de tener en cuenta que el líquido de reposición debe ser del mismo grado DOT que el precedente o superior.<sup>25</sup>

La sustitución de las pastillas de frenada representa una excelente ocasión para la sustitución del líquido. Ello es recomendable a partir de los dos años de permanencia del mismo líquido, momento a partir del cual sus propiedades se deterioran de forma acelerada, debido a la acumulación de agua provocada por la gran capacidad de absorción de humedad del ambiente que poseen los líquidos de freno (higroscópicos).

---

<sup>24</sup> Duchene M., Frenos, Ed.Marcombo, Barcelona, 1979, Pág. 152.

<sup>25</sup> GTZ, Tecnología del automóvil, Ed. Reverte. S.A., Alemania, Pag. 486

#### 4.1.2.- MONTAJE DEL CILINDRO MAESTRO

El cilindro principal o de bombeo se encuentra ubicado conjuntamente con el AIRMASTER en la parte central del vehículo.

##### 4.1.2.1.- POSICIÓN DE REPOSO

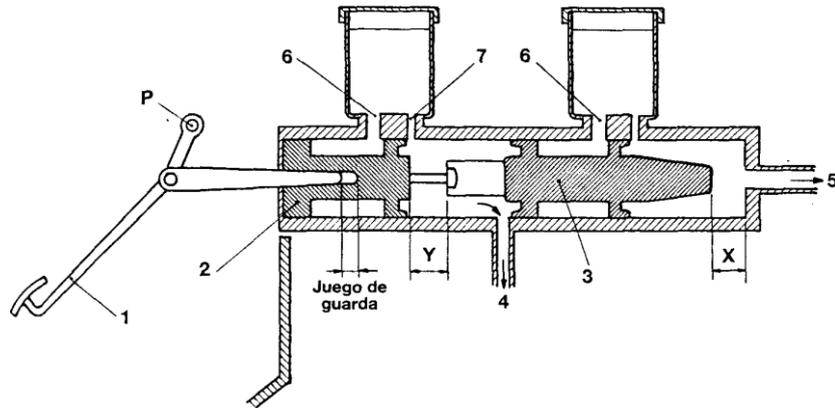


Fig. 4.1.2.1

El esquema de la figura nos muestra la posición que adoptan los pistones en tándem cuando la bomba se encuentra en posición de reposo.

El pedal de mando (1), que puede bascular sujeto por el pivote (P), permanece distendido. Los pistones, debido a la acción de los muelles, quedan desplazados hacia la izquierda del esquema y los conductos de entrada de líquido de frenos al cilindro (6 y 7), o toberas, quedan embocados en cada una de las cámaras que forman los pistones, tanto el primario (2) como el secundario (3).

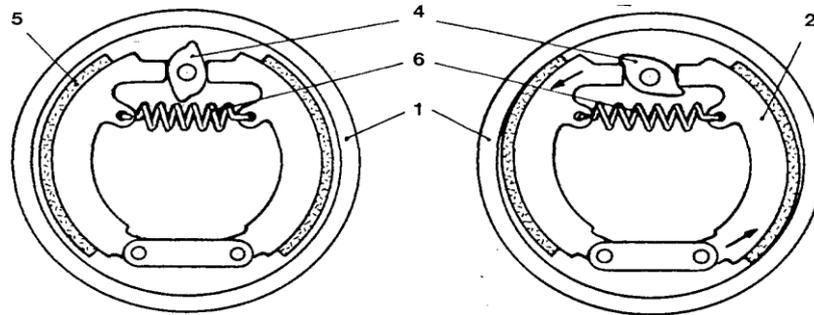
Tanto la salida al circuito primario (4) como al circuito secundario (5) no se hallan bajo presión, de modo que los bombines y las pinzas permanecen distendidas.

Los valores «Y» y «X» corresponden a las carreras de cada uno de los pistones.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 35

### 4.1.3 MONTAJE DE LOS CILINDROS DE ACCIONAMIENTO

#### *Frenos de tambor o zapatas (posteriores)*



**Figura 4.1.3**

El sistema de mecanismo de freno utilizado en nuestros modernos vehículos es el que recibe el nombre de *freno de tambor*. Tan bien suele denominarse *freno de expansión* o *freno de mordazas* o también *freno de zapatas*.

En todos los casos anteriores se hace mención del principal elemento que los compone, ya que las mordazas y las zapatas son la misma cosa; el sistema de expansión hace mención a la forma de abrirse el freno y el tambor es el cubo rodante solidario de la rueda, importante parte integrante del freno.

En primer lugar hemos de destacar la presencia del tambor propiamente dicho, que es una especie de cubo que se halla fijado solidario a la llanta del auto y que, por lo mismo, gira a la misma velocidad y de la misma forma que la rueda del auto.

En la figura 4.1.3. tenemos las dos zapatas o mordazas que se hallan fijadas en unos pivotes , desde los cuales cada una de las mordazas puede

expandirse (y por lo tanto abrirse) cuando desde la leva se imprime un desplazamiento de las puntas, del modo que ya veremos.

Por otra parte, nos encontramos con la presencia de unas guarniciones o forros de un material especial, que recubren la parte exterior de frotamiento de las mordazas. Esta parte es la que debe enfrentarse con el cubo del tambor y, al frotar sobre su superficie interna, hacer que la rueda pierda velocidad y las guarniciones absorban la fuerza de la rueda a base de su transformación en calor.

Un muelle de retorno hace que las mordazas se mantengan siempre alejadas del contacto directo entre tambor y guarniciones, y solamente se acercan estas partes entre sí cuando es obligada la mordaza a seguir el perfil de la leva, la cual está accionada por el conductor cuando desea frenar. En este momento la fuerza de la leva vence la presión del muelle y hace que se aplique las guarniciones o forros sobre la superficie interna del tambor.

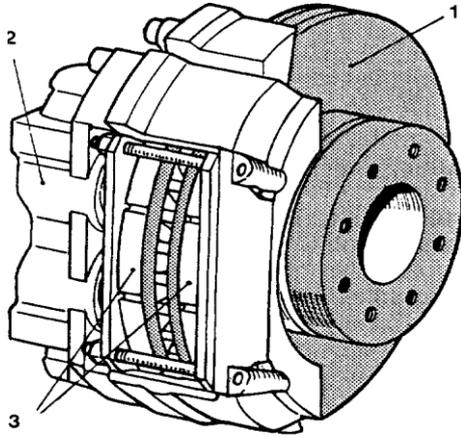
### **Frenos de disco (delantero )**



En su aplicación a los automóviles, el freno de disco se ha mostrado como el más eficiente dada su alta capacidad para deshacerse del calor acumulado, pero cuando se trata de detener o decelerar masas de considerable peso, los frenos de tambor han demostrado su mayor capacidad y su más robusto comportamiento.

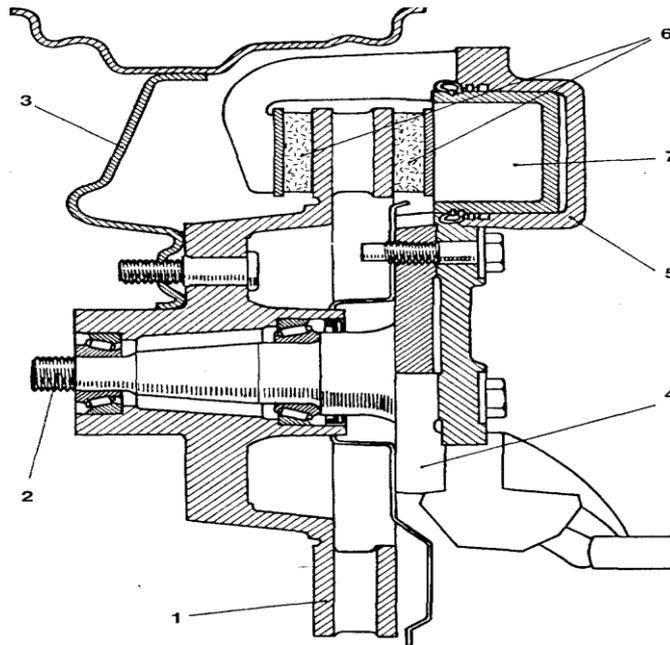
En la figura 4.1.3.1. el conjunto de un freno de disco para auto. Su constitución es la siguiente: En primer lugar consta de un disco (1) que gira

solidario con la rueda y, por lo tanto, a la misma velocidad que ésta. Podríamos decir, al establecer un paralelismo entre los frenos de tambor y los presentes, que el disco realiza la misma función que el tambor.



**Figura 4.1.3.1.**Conjunto de un freno de disco para autocamión.

1. disco solidario de la rueda.
2. pinza de freno.
3. pastillas de freno.



Durante su giro, una parte del disco se desliza siempre por el interior de una pinza (2), fija al chasis, dentro de la cual existe un juego de pastillas (3), provistas de sus correspondientes guarniciones o forros, las cuales son impelidas por medio de unos pistones que actúan en dirección perpendicular al disco

cuando el conductor trata de frenar, y se aplican sobre la superficie del mismo, iniciando el rozamiento que determina la frenada<sup>27</sup>

## **4.2 MONTAJE DEL SISTEMA NEUMÁTICO**

En el montaje del sistema neumático se realizó la adición de elementos muy importantes para el circuito hidroneumático, los mismos que son la base fundamental para el accionamiento de la bomba hidráulica de frenos en el vehículo. A continuación describimos cada uno de los elementos utilizados en el montaje del sistema neumático de el circuito air pack.

### **4.2.1 MONTAJE DEL COMPRESOR DE AIRE**



**Fig. 4.2.1**

Como en todos los casos semejantes, el compresor es la máquina mediante la cual es posible la compresión del aire. Por lo tanto, se trata no solamente de la máquina más importante del circuito de alimentación, sino también del elemento básico de todo el equipo.

---

<sup>27</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 38

1.º Para ciertos compresores, la aspiración se hace directamente en el tubo de admisión del motor, lo que evita montar un filtro sobre la aspiración del compresor, al pasar el aire en el tubo de admisión cuando ya ha sido filtrado cuidadosamente.

2.º Existen diferentes tipos de compresores: el *compresor integrado al motor* que está fijado en un alojamiento acondicionado en la placa delantera del motor. El arrastre es asegurado por una biela y una excéntrica fijada directamente al extremo del árbol de levas.

3.º La potencia absorbida por el compresor depende de su gasto. Varía de un caballo de vapor, para un gasto de 54 litros por minuto, a 4 caballos de vapor, para un gasto de 380 litros por minuto.

El diseño correspondiente a los compresores alternativos tiene su más popular representante en el tipo denominado *de pistones*. Este tipo de compresor es muy conocido en todos los talleres de mecánica, puesto que es uno de los más utilizados para conseguir instalaciones industriales de aire comprimido, ya sea para el accionamiento de maquinaria neumática o para el pintado de carrocerías, inflado de neumáticos y otras muchas aplicaciones que precisan de la aportación del aire comprimido.

Por supuesto, en su aplicación a un circuito de frenos, el compresor alternativo de pistones resulta mucho más reducido de tamaño y su producción de aire comprimido se muestra acorde con las necesidades de este circuito.

El principio de funcionamiento de un compresor alternativo es el siguiente, que puede seguirse por medio de la figura 4.2.1. (a). En este esquema tenemos dibujados solamente los elementos básicos que forman la máquina, sin entrar en más detalles.

Como puede apreciarse, este tipo de compresor no es más que un motor alternativo que, en vez de producir él mismo la transformación de energía de un

determinado combustible, lo que hace es limitarse a ser arrastrado por un sistema mecánico.

Consta de un cilindro (1) dentro del cual se desplaza el pistón (2) en virtud de la fuerza de accionamiento que recibe proveniente del motor del autocamión que está representado en este esquema por la polea (3).

Un sistema de distribución hace que las válvulas 4 y 5 se abran y cierren alternativamente a cada una de las carreras del pistón. Este funcionamiento se produce de la siguiente forma: la fuerza con la que el cilindro desciende hace que exista vacío en la cámara, que se va produciendo a medida que desciende el pistón, y el aire, por presión atmosférica, entra a través de la válvula (4) que entonces automáticamente se abre.

Cuando el pistón ha llegado a su P.M.L, el cilindro ha recogido la máxima cantidad de aire posible, y cuando el pistón invierte su carrera y empieza a ascender, aumenta la presión en el interior del cilindro y la válvula 4 se cierra.

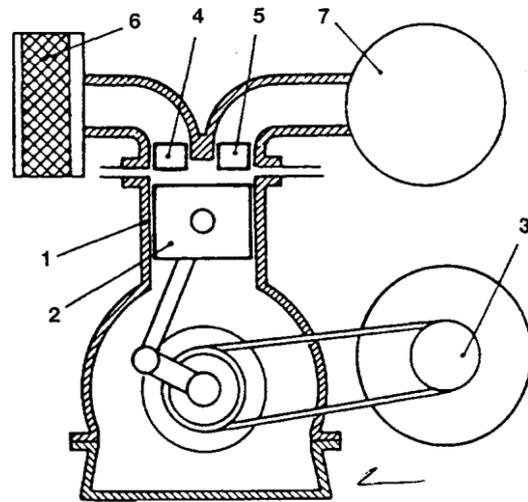
En estas condiciones y ante la presión que asciende a gran velocidad por la ^ compresión del aire, la válvula 5 se abre y manda el aire comprimido al circuito de la instalación neumática y más concretamente al depósito (7), desde donde será posteriormente distribuido este fluido.

Al cabo de un tiempo de funcionamiento del equipo, el depósito (7) se va llenando de aire pero, como el compresor sigue funcionando, el aire no tiene más remedio que irse comprimiendo hasta conseguir valores elevados de cada vez más alta presión, estimada en varios bares.

Un dispositivo auxiliar de seguridad suspende el trabajo del compresor cuando la presión dentro del depósito o calderos supera ciertos valores estipulados como máximos en el diseño.

En la figura 4. 2.1. (a) vemos, además, en la parte izquierda del esquema, la presencia del filtro de aire (6) que tiene la misión de depurar el aire entrado en el interior de la máquina.<sup>28</sup>

**Figura 4.2.1 (a)** Esquema del funcionamiento de un compresor alternativo. 1, cilindro. 2, pistón. 3, toma de fuerza para el accionamiento. 4, válvula de succión. 5, válvula de salida. 6, filtro de aire. 7, calderín de almacenamiento.



#### 4.2.2. MONTAJE DE VÁLVULA DE PEDAL DE FRENO

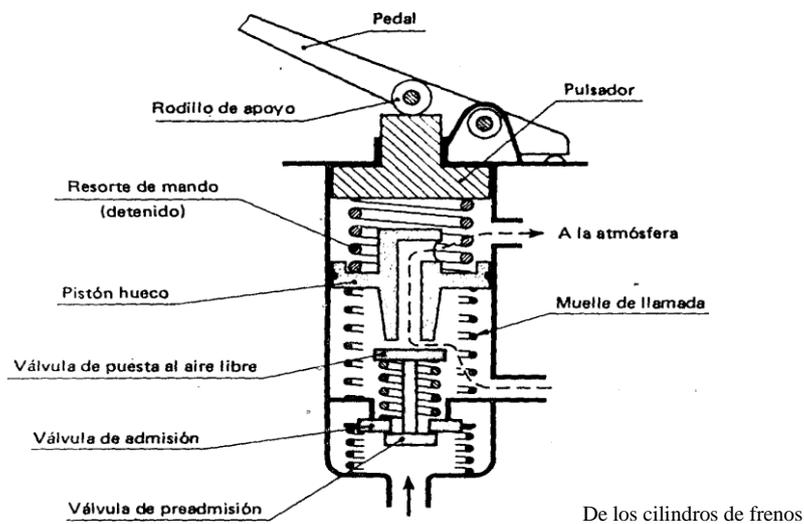


El grifo distribuidor sencillo, o grifo de mando, es alimentado por el depósito de aire comprimido. Está mandado por el pedal de freno y envía el aire comprimido en el momento de frenado.

<sup>28</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 pag 39

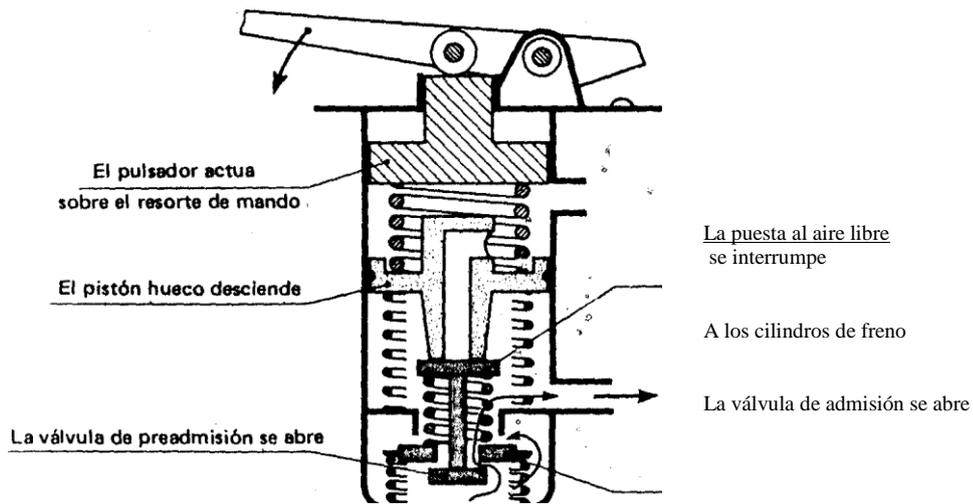
La concepción del grifo distribuidor permite dosificar la cantidad de aire admitida en los cilindros de ruedas, en función de la intensidad de frenado que se quiere obtener.

- En *reposo*, el pedal es rechazado por el resorte de mando y el resorte del pistón hueco. En esta posición, las canalizaciones de los frenos comunican con la esfera por la parte hueca del pistón (Fig. 4.2.2.)



**Fig. 4.2.2**

- Al apoyar sobre el pedal de freno el conductor actúa, por medio del pulsador, sobre el resorte de mando que obliga al pistón hueco a venir a tomar apoyo sobre la válvula de puesta al aire libre. En este momento la comunicación de las canalizaciones con la atmósfera queda interrumpida.
- *Acentuando la acción sobre el pedal* el pistón obliga a la válvula de preadmisión y después a la válvula de admisión a abrirse (Fig. 4.2.2. a).



**Fig. 4.2.2 (a)**

- Si la acción sobre el pedal se suaviza ligeramente, el pistón es actuado por el aire comprimido. Las válvulas de admisión y de preadmisión se vuelven a cerrar, lo que limita la presión admitida en los cilindros de freno. Se produce un equilibrio entre la acción del aire comprimido y la acción del resorte de mando. Esta posición de equilibrio puede obtenerse a todas las presiones, hasta la presión máxima ( $8 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Si la acción sobre el pedal cesa completamente, las válvulas y el pistón hueco son vueltos a su posición de reposo. La comunicación de las canalizaciones con la atmósfera se restablece (Fig.4.2.2). El frenado cesa.
- Al actuar bruscamente sobre el pedal mientras el distribuidor está en reposo el pulsador viene a topar sobre el pistón que provoca la apertura máxima de las válvulas de preadmisión y de admisión. Se obtiene así una admisión de la presión máxima y un frenado de urgencia.

En líneas generales cabe decir que la teoría del funcionamiento de la válvula del pedal de freno consiste en un circuito doble, que rige el paso del aire simultáneamente a los circuitos neumáticos de las ruedas delanteras y de las traseras. Así pues, se trata nada más y nada menos que de una válvula de paso, de doble circuito, que debe poder cerrar herméticamente el paso cuando está

inactiva y proceder a abrirlo en cuanto es requerida, con la máxima salida de aire hacia los centros de comando.

El dispositivo, sin embargo, debe ser algo más sofisticado, por cuanto el conductor debe poder graduar con el pie la fuerza que quiera mandar a los frenos, de modo que la frenada debe ser tanto más enérgica cuanto mayor sea la presión ejercida sobre el pedal.

Para conseguir este efecto se hace que una cantidad de aire, también bajo presión, penetre en la cámara con lo que se establece un equilibrio de fuerzas resultante de la acción del muelle más la fuerza de la presión de la cámara contra la acción del muelle superior. Cuando la fuerza ejercida por este grupo es superior a la del grupo de arriba, la válvula de admisión se cierra o está muy poco abierta (dependiendo ello de la posición del pedal de freno), por lo que el paso de aire es ahora muy pequeño.

Con la puesta en práctica de este mecanismo modulador de la presión, cuando el conductor oprime a fondo el pedal del freno, la abertura de la válvula de admisión es máxima y, por lo tanto, máximo el paso del aire por los conductos de servicio.

El aire acumulado en la cámara se elimina a través de los conductos de acceso directo a la atmósfera, cuando el dispositivo vuelve a la posición de reposo.

Cuando el conductor suelta el pedal del freno para que éstos se desapliquen de una forma definitiva, el muelle impele el empujador hacia lo alto, con lo cual se pone en comunicación con la atmósfera el circuito de los cilindros de mando, la válvula de escape del circuito queda abierta y el aire sale a la atmósfera por los conductos, tal como indican las flechas de la figura. Este circuito permanece descargado tanto tiempo como se mantenga el pedal del freno en

posición de reposo y vuelve a cerrarse automáticamente en cuanto los empujadores bajan impelidos por el brazo

Junto con la válvula de pedal del freno se monta un presocontacto en la línea que va a los frenos traseros como señal de contacto para la iluminación de las luces exteriores de freno.

Cuando por este conducto pasa aire comprimido, se establece automáticamente en el presocontacto un contacto eléctrico que pasa inmediatamente hacia el relé de las luces de freno y se iluminan las lámparas de advertencia en la parte trasera del auto.

### ***Válvula de liberación rápida del pedal***

De acuerdo con el funcionamiento del sistema operativo que hemos descrito hasta ahora, podemos encontrarnos con el inconveniente de que, una vez apretado el pedal del freno y accionados los cilindros de mando de cada uno de los ejes, al soltar el pedal del freno por dar el conductor por concluida la deceleración pedida al vehículo, el aire acumulado que presiona sobre los cilindros se mantenga todavía en ellos, de forma que los frenos no se desapliquen de una forma instantánea.

Para que ello sea posible ya vimos, al estudiar la anterior válvula del pedal de freno, que dispone de un sistema de eliminación de este aire a través de su válvula de escape, pero lo hace de una forma que, en según qué casos, puede resultar algo lenta, de modo que los frenos se desactivan con cierto retraso.

Para evitar este defecto, algunos fabricantes añaden a su diseño una válvula con el objeto de mejorar el tiempo de respuesta de la descarga del circuito.

Así pues, para evitar este inconveniente y conseguir que los frenos se liberen inmediatamente después de que el conductor suelta el pedal del freno, se

dispone de una válvula especial que recibe el nombre de *válvula de liberación rápida* y también es conocida como *válvula S-VeNT*

#### 4.2.3. MONTAJE DE LAS CAÑERÍAS DE AIRE



**FC350** AQP Motores y Frenos Neumáticos



**FC355** AQP Motores y Frenos Neumáticos



**FC300** AQP Motores y Frenos Neumáticos y Sistemas Hidráulicos



**1503** Motores, Frenos neumáticos, y Sistemas hidráulicos

La instalación de las cañerías en el sistema son tan solo en el sistema neumático y su longitud es pequeña debido a la estructura del vehículo, por lo tanto no se necesita disponer de sistemas de sujeción para los mismos, este sistema consta de 3 tipos de cañerías las principales (2) y la indicación o el manómetro.

La situación ideal del flujo en una cañería se establece cuando las capas de fluido se mueven en forma paralela una a la otra. Esto se denomina "flujo laminar" las capas de fluido próximas a las paredes internas de la tubería se mueven lentamente, mientras que las cercanas al centro lo hacen rápidamente. Es necesario dimensionar las tuberías de acuerdo al caudal que circulará por ellas, una tubería de diámetro reducido provocará elevadas velocidades de circulación y como consecuencia pérdidas elevadas por fricción; una tubería de gran diámetro resultará costosa y difícil de instalar.

### **Cañerías de Aire Comprimido:**

Para el transporte del aire comprimido se reconocen tres tipos de canalizaciones

- Cañería principal.
- Cañería secundaria.
- Cañerías de servicio.

Se denomina cañería principal a aquella que saliendo del tanque de la estación compresora conduce la totalidad del caudal de aire. Debe tener una sección generosa considerando futuras ampliaciones de la misma. En ella no debe superarse la velocidad de 8 m/segundo.

Cañerías secundarias son la que tomando el aire de la principal se ramifican cubriendo áreas de trabajo y alimentan a las cañerías de servicio.

### **Cañerías de Servicio.**

Estas cañerías o "bajadas" constituyen las alimentaciones a los equipos y dispositivos de freno, en sus extremos se disponen acoplamientos rápidos y equipos de protección integrados por filtros, válvula reguladora de presión y lubricador neumático. Su dimensión debe realizarse de forma tal que en ellas no se supere la velocidad de 15 m/segundo.

### **Cañerías de Interconexión:**

El dimensionado de estas tuberías no siempre se tiene en cuenta y esto ocasiona serios inconvenientes en los sistemas alimentados por estas líneas. Teniendo en cuenta que estos tramos de tubería son cortos podemos dimensionarlos para velocidades de circulación mayores del orden de los 20 m/seg.

### **Caída de Presión en Cañerías**

Es importante recordar que la pérdida de presión en cañerías "solo" se produce cuando el fluido esta en "movimiento" es decir cuando hay circulación. Cuando esta cesa, las caídas de presión desaparecen y los tres manómetros darán idéntico valor.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> <http://www.orbita.starmedia.com>

#### 4.2.4. MONTAJE DE LOS DEPOSITOS DE AIRE



**Fig. 4.2.4.**

Se considera que los depósitos han de tener una vida útil segura durante un periodo de tiempo de alrededor de 10 años que, por otra parte, es el periodo medio de vida que se le suele dar a un vehículo. En el caso de los depósitos previstos para una vida de 10 años, es necesario que vayan provistos de un tratamiento interno de protección anticorrosión.

La resistencia de los depósitos suele probarse por medio de pruebas que les hagan resistir presiones muchas veces el doble de aquellas para las que están contruidos. Si un depósito va a trabajar a valores de 9 bares, por ejemplo, y en determinados momentos puede tener que soportar valores de 10 bares, las pruebas de los depósitos deben realizarse de modo que soporten perfectamente los 20 bares. Esta prueba de resistencia da la mayor seguridad para su montaje en los autos y hace prácticamente imposible que estos depósitos lleguen a estallar durante su largo periodo de vida y utilización.<sup>30</sup>

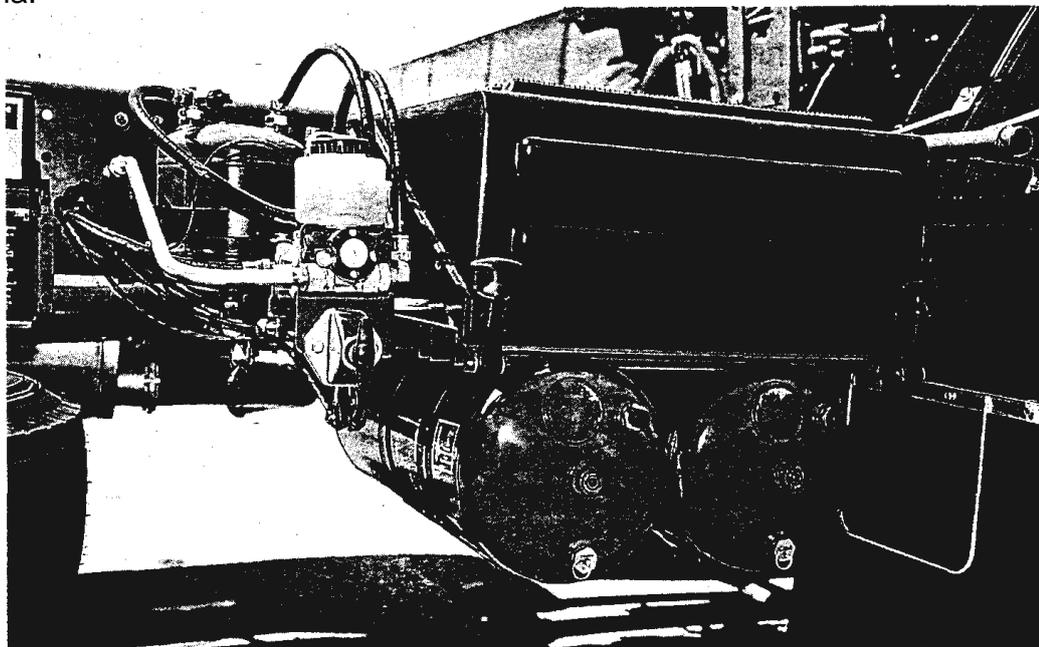
Con respecto a su capacidad, están estudiados de tal forma que acumulen la suficiente cantidad de aire como para tener una reserva y frenar ocho veces a la presión mínima, sin que decaiga la presión de servicio; todo ello, claro está, sin realimentación del depósito durante la prueba.

---

<sup>30</sup> Duchene M., Frenos, Ed.Marcombo, Barcelona, 1979, Pág. 168.

Por otra parte, cabe decir que los depósitos deben ir obligatoriamente provistos de una serie de orificios los cuales permiten la entrada del aire comprimido y el llenado del depósito, para la salida del mismo fluido, la instalación de algunas válvulas de control, etcétera, etcétera. Estos orificios se realizan por medio de taladros y la instalación de refuerzos roscados a paso métrico.

Finalmente, la fijación de los depósitos suele hacerse siempre a partir de cierta agrupación de los mismos. Se puede ver la presencia de los depósitos de aire en un auto de grandes proporciones. La posición más querida de los diseñadores es colocarlos debajo del bastidor e inmediatamente después de la cabina.



**Fig.4.2.4.(a)**

**Figura 4.2.4.(a).** Distribución de los depósitos de aire comprimido montados en un auto

Esta disposición les permite a los depósitos encontrarse cerca del compresor que es su fuente de alimentación, y, por ello, conseguir que sus conductos de alimentación no se encuentren muy separados de los depósitos y las caídas de presión sean mínimas.

#### 4.2.5 MONTAJE DE LA VÁLVULA DE DESFOGUE

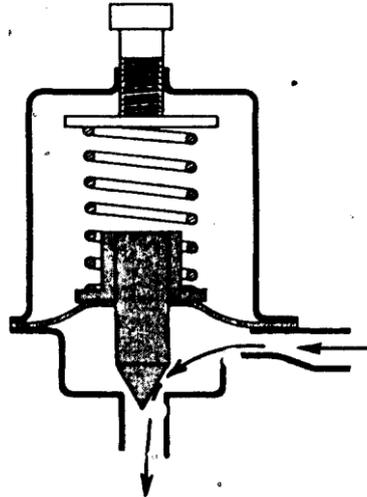


Fig. 4.2.5. (a)

Esta válvula se encuentra ubicada en el primer depósito insertado en un orificio, el mismo que fue taladrado y reforzado con una rosca de acuerdo a la válvula con el fin de obtener un rendimiento óptimo.

El regulador Fig. 4.2.5. (a) está colocado en el calderín sobre la canalización de lanzamiento del compresor. Se comporta como una válvula tarada para una presión límite de aproximadamente 90 PSI

- Cuando la presión del aire comprimido en el depósito es, *inferior a la presión límite*, el resorte de tarado mantiene la válvula sobre su asiento. El aire comprimido no pasa:
- Cuando la presión se hace *superior a la presión límite*, el aire rechaza la membrana combatiendo la acción del resorte tarado. La válvula se levanta abriendo el paso hacia el interruptor.

- Si después de la detención del compresor, la presión en el depósito cae por *debajo de la presión límite*, la válvula vuelve a interrumpir de nuevo el paso del aire, bajo la acción del resorte.
- Cuando la presión del aire comprimido en el depósito es *inferior a la presión límite*, la válvula del regulador permanece cerrada y, como consecuencia, el aire comprimido no llega a la esfera. Esta permanece en su posición de reposo. Los orificios de llegada de aire no son cerrados y el compresor es alimentado con aire nuevo.
- Cuando la presión se hace *superior a la presión límite*, la válvula del regulador se abre y el aire comprimido llega a la esfera. Empuja el pistón que cierra los orificios de llegada de aire. El compresor no es ya alimentado por aire fresco. Hay, pues, interrupción automática del trabajo de compresión, sin parada del compresor.
- Si la presión desciende *por debajo de la presión límite*, el regulador interrumpe la alimentación del interruptor. El pistón impulsado por su resorte, descubre de nuevo los orificios de entrada de aire.

### **Válvulas de retención o check**

El funcionamiento de la válvula de retención es ilustrado por las *figuras a y b*.

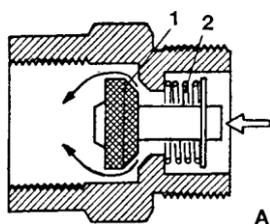
- Cuando el compresor actúa, el aire a presión levanta la válvula y penetra en el depósito (*Fig. a*).



- Cuando el compresor no actúa, la válvula se vuelve a cerrar bajo la acción del resorte. El aire comprimido no puede volver hacia el compresor (*Fig. b*).
- Si la presión desciende en el depósito, como consecuencia del consumo de aire por los diversos aparatos (frenos, pitos etc.), la válvula es actuada por la presión de aire suministrada por el compresor, que vuelve a ponerse en marcha. El compresor puede entonces impulsar de nuevo aire hacia el depósito.

Especialmente en las tuberías que están cerca de los depósitos, muchas veces formando parte de los mismos racores de conexión, se encuentran instaladas unas válvulas muy sencillas, de un solo paso de circulación, que reciben el nombre de válvulas de retención.

En la figura C puede verse la disposición interna de una de estas válvulas, cuyo funcionamiento es bien sencillo. Se trata de una válvula de asiento (1) que cuando recibe el aire a presión en el sentido de circulación de carga (flecha blanca) o de entrada al depósito, esta misma presión puede levantar fácilmente la válvula (1). El muelle (2) solamente tiene por misión sostener la válvula para que ésta no se desplace por efecto de la misma presión de la corriente de aire que la atraviesa.



**Figura C.** Diferentes aspectos del funcionamiento de una válvula de retención. A, en posición de paso del aire que proviene de la derecha. B, en posición de cerrado para la presión del aire de la izquierda.  
1, válvula de asiento. 2, muelle de retención.

De esta manera obliga a la válvula (1) a apretarse sobre su asiento, de modo que hace imposible el paso de esta presión a la zona contraria.

Válvulas de este tipo ya son muy conocidas, y una de las más corrientes es la misma que se utiliza en los neumáticos para efectuar su inflado.<sup>31</sup>

En muchas instalaciones de autocamiones las válvulas de retención pueden ser desmontadas y limpiadas para asegurar su estanqueidad en un solo, sentido, todo ello sin necesidad de desmontar las tuberías. Lo más comente es que las válvulas de retención se hallen colocadas en el mismo racor de unión de la tubería a su depósito correspondiente.

Estas válvulas, a pesar de su sencillez, son muy importantes, pues permiten la inactividad del compresor sin que los depósitos sufran pérdidas de descarga en su periodo de reposo. Pero se ha de tener mucho cuidado en su montaje, ya que una inversión en su sentido podría provocar todos los efectos contrarios que es de imaginar si la válvula evitara el paso del aire en sentido inverso.

En la gran mayoría de los casos, las válvulas van provistas de su correspondiente señalización en su cuerpo para que el mecánico no tenga duda sobre la dirección de su montaje. Generalmente, esta señal es una flecha que indica el sentido de paso.

#### **4.2.6 MONTAJE DE EL BOOSTER**

El dispositivo de frenado, con mando hidráulico asistido por aire a presión, lleva:

- un *circuito hidráulico* normal: pedal, cilindro maestro, cilindros receptores.
- un *AIR MASTER* “, aparato que utiliza la presión de aire suministrada por el compresor para amplificar el esfuerzo de frenado en el circuito hidráulico”<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Auge.R., Mecánica de camiones y autobuses, Ed. Paraninfo S.A., tomo 2 Pág. 41

<sup>32</sup> *Ibíd.*, Pág. 43

El cilindro de aire está dividido por un pistón en dos cámaras las cuales están separadas por una membrana unida a un pistón mandado por el líquido propulsado por el cilindro maestro. Una válvula doble permite interrumpir o establecer la comunicación entre las dos cámaras y, por consiguiente, modificar la presión en estas cámaras.

- El cilindro dependiente comunica, por una parte con el cilindro principal, y por otra con los cilindros receptores situados sobre las ruedas, para mandar las mordazas de frenado.

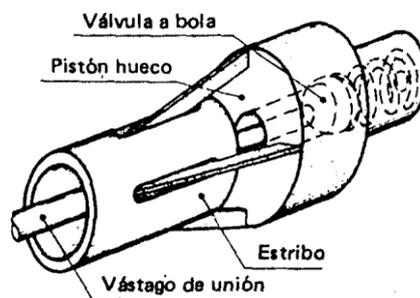


Fig. a

En este cilindro se desplaza un pistón cuyos movimientos son agemelados con los del pistón del cilindro de aire, al que está unido por medio de una varilla de unión (Fig. a). Además, este pistón es hueco, pero, según la posición que ocupe, puede hacerse estanco por una válvula de bola.

La circulación del líquido hidráulico, del cilindro dependiente hacia los cilindros receptores, o inversamente, es controlada por *dos válvulas*, colocadas en la extremidad del cilindro dependiente.

La cámara 1 está siempre en comunicación con la atmósfera.

La cámara 2 puede ser puesta en comunicación, ya sea:

- con la atmósfera, por la válvula 1 (*en reposo*)
- con el depósito de aire comprimido, por la válvula 2 (*en funcionamiento*).



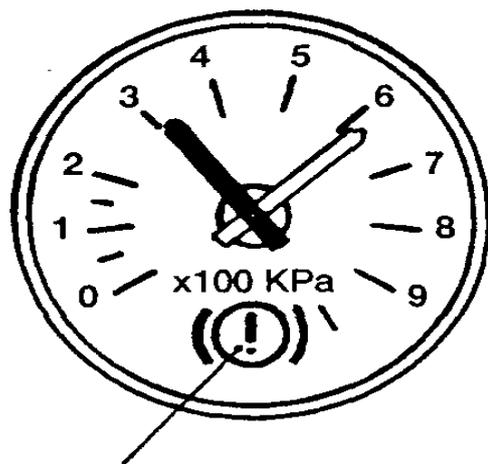
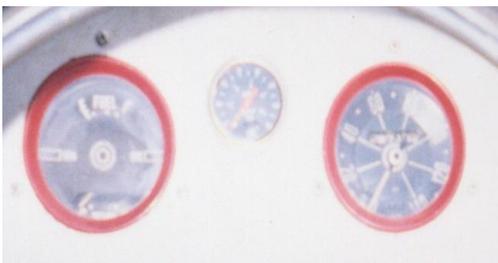
**Fig. 4.2.6.**

Como un circuito hidráulico ordinario, el circuito asistido debe ser purgado.

Después de haber purgado el depósito, se abren sucesivamente los purgadores situados:

- sobre el cilindro maestro,
- sobre la parte superior del sistema air-pack,
- sobre el cilindro dependiente,
- sobre los cilindros de ruedas.

#### 4.2.7 MONTAJE DEL MANÓMETRO DE PRESIÓN



**Fig. 4.2.7.**

Los manómetros de presión son aparatos de control que el conductor debe vigilar periódicamente durante la conducción, para asegurarse de la normalidad del circuito de aire comprimido.

Cuando se ejerce una fuerza sobre un cuerpo deformable, los efectos que provoca dependen no sólo de su intensidad, sino también de cómo esté repartida sobre la superficie del cuerpo. Así, un golpe de martillo sobre un clavo bien afilado hace que penetre más en la pared de lo que lo haría otro clavo sin punta que recibiera el mismo impacto. Un individuo situado de puntillas sobre una capa de nieve blanda se hunde, en tanto que otro de igual peso que calce raquetas, al repartir la fuerza sobre una mayor superficie, puede caminar sin dificultad.

El cociente entre la intensidad  $F$  de la fuerza aplicada perpendicularmente sobre una superficie dada y el área  $S$  de dicha superficie se denomina presión:

“La presión representa la intensidad de la fuerza que se ejerce sobre cada unidad de área de la superficie considerada. Cuanto mayor sea la fuerza que actúa sobre una superficie dada, mayor será la presión, y cuanto menor sea la superficie para una fuerza dada, mayor será entonces la presión resultante”<sup>33</sup>.

El concepto de presión es muy general y por ello puede emplearse siempre que exista una fuerza actuando sobre una superficie. Sin embargo, su empleo resulta especialmente útil cuando el cuerpo o sistema sobre el que se ejercen las fuerzas es deformable. Los fluidos no tienen forma propia y constituyen el principal ejemplo de aquellos casos en los que es más adecuado utilizar el concepto de presión que el de fuerza.

Cuando un fluido está contenido en un recipiente, ejerce una fuerza sobre sus paredes y, por tanto, puede hablarse también de presión. Si el fluido está en

---

<sup>33</sup> Alonso, J. Técnicas del automóvil. Ed. Paraninfo. 4ª edición. Madrid., Pág. 148

equilibrio las fuerzas sobre las paredes son perpendiculares a cada porción de superficie del recipiente, ya que de no serlo existirían componentes paralelas que provocarían el desplazamiento de la masa de fluido en contra de la hipótesis de equilibrio. La orientación de la superficie determina la dirección de la fuerza de presión, por lo que el cociente de ambas, que es precisamente la presión, resulta independiente de la dirección; se trata entonces de una magnitud escalar.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> Op.cit., Técnicas del automóvil,. Pág. 148.

## **CAPITULO V**

### **COMPROBACIONES Y PRUEBAS DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO**

#### **5.1.- COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN DE AIRE**

La presión proporcionada debe mantenerse en todo momento dentro de unos determinados límites que es necesario controlar siempre que nos dispongamos a verificar el estado en que se encuentra una instalación de alimentación de un circuito de aire comprimido.

Para realizar este trabajo lo primero que se necesita es conocer los valores de presión para los que está prevista la instalación, ya que, como es lógico, no todos los compresores son iguales ni de ellos se espera o necesita una presión del mismo valor para todos los casos. De acuerdo con ello será conveniente que el mecánico se provea de los manuales para poder disponer de los datos de presión del circuito neumático de cada uno de los modelos de autos que está reparando o deba hacerlo.

A continuación vamos a dar algunos ejemplos de valores adoptados por marcas y modelos determinados de autos. Sin embargo, antes de hacer esta entrega, conviene aclarar que a tipos de compresores de parecidas características suelen corresponder valores de presión muy similares, por lo que los datos que vamos a dar a continuación pueden servir al mecánico de orientación sobre los valores similares que deben esperarse de los circuitos parecidos en general, todo ello en el caso de que no posea información precisa sobre los valores dados por el mismo fabricante en sus catálogos de características técnicas.

Sin embargo, en cualquier caso, es conveniente dejar bien sentado que la mejor forma de operar es conocer exactamente los valores de presión que reinan

en la instalación, y ello se puede llevar a cabo por medio del conocimiento de los datos dados por el manual de taller del modelo concreto de auto con el que se trabaje.

Hecha esta aclaración, vamos a ver algunos datos al respecto, según las marcas y los modelos indicados:

**IVECO, modelos TurboStar 190.48**

|  |                    |
|--|--------------------|
| Presión de regulación.....                           | De 7,3 a 7,9 bares |
| presión de ajuste del regulador .....                | De 9,3 a 9,7 bares |
| Presión de conexión del regulador.....               | 8,6 bares          |
| Presión de ajuste de la válvula de seguridad.....    | 13,5 bares         |
| Presión de abertura de la válvula de protección..... | de 7,5 a 7,8 bares |
| Presión de cierre de la válvula de protección.....   | 6,3 bares          |
| Presión máxima de la válvula del pedal de freno..... | 9,5 bares          |

*Capacidad de los depósitos*

|  |            |
|--|------------|
| Frenos delanteros y traseros. Cada uno de..... | 28 litros  |
| Frenos de estacionamiento y remolque.....      | 20 litros  |
| Depósito de servicios.....                     | 20 litros  |
| Suspensión neumática. Cada uno de.....         | 28 litros. |

**HINO modelos Serie FF 1J**

|  |                    |
|--|--------------------|
| Presión en el manómetro                      | 5.8 – 6.12 bares   |
| Presión de desconexión del regulador.....    | De 5.5 a 5.8 bares |
| Presión de conexión del regulador.....       | De 4,3 a 5.4 bares |
| Presión de ajuste de la válvula de seguridad |                    |
| En el compresor.....                         | 15 bares           |
| En el depósito.....                          | 6.12 bares         |

|  |                    |
|--|--------------------|
| Presión de abertura de la válvula de protección..... | De 6,0 a 6,7 bares |
| Presión de cierre de la válvula de protección.....   | De 4,5 a 5,5 bares |

*Capacidad de los depósitos*

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Capacidad total.....       | 40litros |
| volvo, series F 10 y FL 10 |          |

*Circuito hidráulico*

|  |                    |
|--|--------------------|
| Presión de desconexión del regulador Tufo 500..... | De 7,4 a 8,0 bares |
| Presión de conexión del regulador Tufo 500.....    | De 6,4 a 7,0 bares |
| Válvula limitadora de presión                      |                    |
| En las unidades con suspensión neumática.....      | De 7,5 a 7,7 bares |

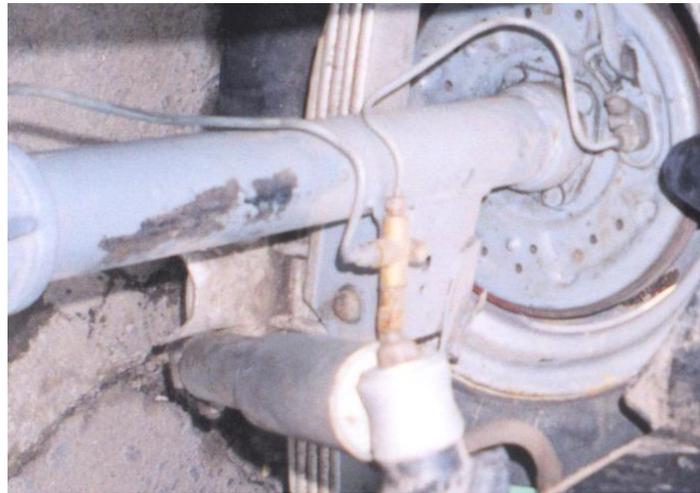
**MAN, modelos M 90**

*Circuito hidráulico*

|   |                      |
|---|----------------------|
| Presión de alimentación con suspensión mecánica.    | De 7,9 a 8,3 bares   |
| Con suspensión neumática                            |                      |
| Modelos 12-14 T.....                                | De 9,8 a 10,2 bares  |
| Modelos 17T .....                                   | De 12,3 a 12,7 bares |
| Presión de funcionamiento                           |                      |
| Con suspensión mecánica.....                        | De 7,9 a 8,3 bares   |
| Con suspensión neumática.....                       | De 7,2 a 7,6 bares   |
| Presión de cierre de la válvula de protección ..... | 4,5 bares            |
| Presión de abertura de los frenos de resorte.....   | 5,5 bares            |

Con los ejemplos que ahora acabamos de dar, ya se puede tener una idea general de los valores que más o menos proporcionan las instalaciones de aire comprimido de los autos.

## 5.2 COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN DEL HIDRÁULICO.



Cuando se emplean bombas de desplazamiento positivo existen cuatro métodos comunes de variar la velocidad de salida del circuito hidráulico. Pudiendo de esta manera controlar el volumen del flujo hacia un cilindro, o actuador:

Controlando el flujo que ingresa o sale de un cilindro.

Descargando una parte del caudal entregado por la bomba de freno;

Variando el desplazamiento de la bomba de freno.

Otros tipos de válvulas como la de globo, esclusa, de tapón, de esfera, pueden ser utilizadas para comprobar el flujo, si bien la válvula de aguja es preferible por su mejor control de calidad. Es aplicable tanto en circuito de alta o baja presión con un costo relativamente reducido.

Una válvula de control de flujo de construcción sencilla, ella está compuesta por una válvula de retención que permite el libre flujo reverso, y una válvula de aguja que efectúa el control del flujo en una de sus direcciones.

Puede ser utilizada en circuitos hidráulicos con presiones de hasta 3.000 lb./pulg<sup>2</sup> y estando construida en acero para compresiones de hasta 5.000 lb./pulg<sup>2</sup>.

Otro diseño de válvula de control de flujo no compensada. Esta válvula ajusta el valor del flujo mediante la acción del volante permitiendo el flujo libre en la dirección opuesta.

### **5.3.-COMPROBACION DE FRENADO EN TODOS LOS NEUMATICOS DEL VEHICULO**

La comprobación de frenado en los neumáticos del vehículo es netamente práctica debido a que es la forma más factible y sencilla de verificar la respuesta de frenado del sistema.

Para las ruedas delanteras procedemos a inmovilizar el vehículo colocando trancas en la rueda posterior tanto en la parte frontal y trasera de la rueda , luego con la ayuda de un gato hidráulico levantamos el primer neumático y lo hacemos girar ya sea manualmente o con la ayuda de una balaceadora, una vez que adquiere movimiento el neumático aplastamos el pedal de freno normalmente y observamos si la rueda se detiene, con lo cual constatamos que el cilindro de la mordaza esta siendo accionado por la presión del liquido impulsado por el airmaster.

El mismo procedimiento realizamos con el neumático del otro lado.

En las ruedas posteriores el procedimiento es similar pero ahora con ayuda del motor y la transmisión para generar movimiento en las ruedas, al momento de atrancar el vehículo en las ruedas delanteras encendemos el motor y ponemos en marcha la transmisión por medio de la caja de velocidades luego hacemos girar el neumático hasta alcanzar cierta velocidad en ese instante aplastamos el pedal de freno y observamos la respuesta de frenado en el neumático al momento en que se detiene con lo cuál constatamos el accionamiento del cilindro auxiliar de las zapatas, este procedimiento lo realizamos con el neumático del otro lado con lo cuál constataremos el accionamiento de todos los cilindros y por ende el frenado de todos los neumáticos.

## 5.4.- PRUEBAS DE FRENADO

### La Velocidad

La velocidad  $V$  de un vehículo es la distancia recorrida durante la unidad de tiempo. Se expresa corrientemente en kilómetros –hora ( $km/h$ ). Pero a veces es necesario evaluar en metros por segundo ( $m/s$ ). Así un vehículo que se desplaza a  $54 km / h$  recorre  $54.000 / 3.600 = 15 m/s$ .

### La deceleración

La deceleración  $\gamma$  (*letra griega gamma*) de un vehículo es la disminución de velocidad que su dispositivo de frenado permite obtener, en un segundo. Cuando la velocidad de un vehículo pasa de  $54 km/h$  ( $15 m/s$ ) a  $36 km/h$  ( $10 m/s$ ), en un segundo, se dice que la deceleración es de 5 metros por segundo por segundo ( $5 m/s/s$  o  $5 m/s^2$ ).

Se demuestra matemáticamente que la deceleración no depende del peso del vehículo, sino solamente del coeficiente de adherencia de las ruedas al suelo.

### El coeficiente de adherencia

El coeficiente de adherencia ( $f$ ) de un vehículo varía según el estado de los neumáticos y el estado de la carretera. Por ejemplo, es:

- *excelente* (0,8) con neumáticos nuevos, sobre un suelo rugoso y seco; este coeficiente se obtiene raramente;
- *bueno* (de 0,6 a 0,7) con neumáticos en buen estado (0 a 50 por 100 de desgaste), sobre un suelo seco norma);
- *prácticamente nulo* (0,03) con neumáticos lisos, sobre un suelo helado liso.

## El calculo de la deceleración

La deceleración de un vehículo se calcula con ayuda de la fórmula siguiente:

$$\gamma = 9,81 \times f \quad \left| \begin{array}{l} \gamma = \text{Deceleración en metros-segundo por segundo.} \\ 9,81 = \text{Coeficiente constante.} \\ f = \text{Coeficiente de adherencia.} \end{array} \right.$$

Así, cuando el coeficiente de adherencia de las ruedas es de 0,7, la deceleración que se puede obtener es de:

$$\gamma = 9,81 \times 0,7 = 6,867 \text{ m/s/s}$$

## La distancia de parada de un vehículo

La eficacia de un sistema de frenado se caracteriza por la distancia de parada  $d$  del vehículo. Esta distancia depende esencialmente de la velocidad del vehículo y de la deceleración que es posible obtener. La distancia de parada se calcula con ayuda de la fórmula siguiente:

$$d = \frac{V^2}{2 \times \gamma} \quad \left| \begin{array}{l} d = \text{Distancia de parada en metros.} \\ V = \text{Velocidad en metros-segundos.} \\ \gamma = \text{Deceleración en metros-segundo por segundo.} \end{array} \right.$$

### 5.4.1.-PRUEBAS SIN AIR PACK

#### 5.4.1.1.-MENOS DE 50 KM/H

Datos:

Velocidad del vehículo  $\Rightarrow$  40 Km/h

Estado de los neumáticos  $\Rightarrow$  lisos

Estado del piso  $\Rightarrow$  bueno = seco – normal

Coef. Adherencia  $f = 0.3$

Constante = 9.81

$$V = 40 \text{ Km./h} \Rightarrow \frac{40.000}{3.600} = 11.11 \text{ m/s}$$

Deceleración del auto

$$\gamma = 9.81 \times f$$

$$\gamma = 9.81 \times 0.3$$

$$\gamma = 2.943 \text{ m/s}$$

Distancia de parada

$$D = \frac{r^2}{2xr} = \frac{(11.11)^2}{2 \times 2.943} = \frac{(11.11)^2}{5.886} = 20.97 \text{ m}$$

Distancia real de parada

$$\frac{11.11}{2} = 5.55 \text{ m.}$$

$$D_{\text{real}} = 20.9 + 5.55 = 26.52 \text{ m.}$$

#### 5.4.1.2.-MÁS DE 50KM/H

Datos:

Velocidad del vehículo  $\Rightarrow$  60 Km/h

Estado de los neumáticos  $\Rightarrow$  lisos

Estado del piso  $\Rightarrow$  bueno = seco – normal

Coef. Adherencia  $f = 0.3$

Constante = 9.81

$$V = 60 \text{ Km./h} = \frac{60.000}{3.600} = 16.67 \text{ m/s}$$

Deceleración auto

$$\gamma = 9.81 \times 0.3$$

$$\gamma = 2.943 \text{ m/s}$$

Distancia parada

$$d = \frac{v^2}{2x\gamma} \quad d = \frac{(16.67)^2}{2x2.943} = \frac{(16.67)^2}{5.886}$$

$$d = 47.2 \text{ m.}$$

$$\text{Distancia real} = \frac{16.67}{2} = 8.34 \text{ m/s}$$

$$8.34 + 47.2 = 55.54 \text{ m}$$

## 5.4.2.- PRUEBAS CON AIR PACK

### 5.4.2.1.- MENOS DE 50KM/H

Datos:

Velocidad del vehículo  $\Rightarrow$  60 Km/h

Estado de los neumáticos  $\Rightarrow$  lisos

Estado del piso  $\Rightarrow$  bueno = seco – normal

Coef. Adherencia  $f = 0.72$

Constante = 9.81

$$V = 40 \text{ Km/h} = 11.11 \text{ m/s}$$

Deceleración del auto

$$\gamma = 9.81 \times f$$

$$\gamma = 9.81 \times 0.72$$

$$\gamma = 7.06 \text{ m/s}$$

Distancia parada

$$d = \frac{v^2}{2x\gamma} = \frac{(11.11)^2}{2x7.06} = \frac{(11.11)^2}{14.12} = 8.74 \text{ m}$$

Distancia real de parada

$$DR = \frac{v^2}{2} = \frac{11.11}{2} = 5.55 + 8.74 = 14.3 \text{ m}$$

#### 5.4.2.2.- MAS DE 50KM/H

Datos:

Velocidad del vehículo  $\Rightarrow$  60 Km./h

Estado de los neumáticos  $\Rightarrow$  lisos

Estado del piso  $\Rightarrow$  bueno = seco – normal

Coef. Adherencia  $f = 0.72$

Constante = 9.81

$$V = 16.67 \text{ m/s}$$

Deceleración del auto

$$\gamma = 9.81 \times f$$

$$\gamma = 9.81 \times 0.72$$

$$\gamma = 7.06 \text{ m/s}$$

Distancia parada

$$d = \frac{v^2}{2x\gamma} = \frac{(16.67)^2}{2x7.06} = \frac{277.88}{14.12} = 19.68 \text{ m}$$

Distancia real de parada

$$\frac{v}{2} = \frac{16.67}{2} = 8.34 + 19.68 = 28.02 \text{ m}$$

## BIBLIOGRAFÍA

- Thiesen, Frank. J: "Manual técnico automotriz: operación, mantenimiento y servicio". 4ª edición. Ed. Prentice, México, 1996.
- Alonso , J.M: "Técnicas del automóvil" ; 4º edición, Ed. Paraninfo, Madrid
- Nichols H: "Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada"; 2º edición. Ed. Mc Graw Hill, México.
- De Castro M: "Frenos, suspensión"; Ed. CEAC, Barcelona. 1994
- Duchene. M: "Frenos"; Ed. Marcombo, Barcelona, 1979.
- Auge. R: "Mecánica de camiones y autobuses"; Ed. Paraninfo S.A.Madrid.
- GTZ: "Tecnología del automóvil", Ed. Reverte. S.A., Barcelona, 1985.
- "Camiones y vehículos pesados", Ed. Cultural, S.A., España, 2003.
- Alvarenga, Máximo."Física general", Ed. HARLA. S.A., México, 1983
- Mott. R: "Diseño de elementos de máquinas", Ed. Prentice Hall. S.A. 2º edición, Mexico, 1995.
- <http://www.orbita.starmedia.com>.
- [http/ www.infoguia.com](http://www.infoguia.com)
- [http/ www.HINO.com](http://www.HINO.com).
- <http://www.nostrumdg.com>

**ANEXOS**

## ANEXO 1

### PROPIEDADES TÍPICAS DEL ALUMINIO

| Con aleación y templado | Resistencia a la tracción |     | Resistencia al punto Cedente |     | Ductibilidad (elongación porcentual en 2pulg) | Resistencia al corte |     | Resistencia Por Durabilidad |     |
|-------------------------|---------------------------|-----|------------------------------|-----|---|----------------------|-----|-----------------------------|-----|
|                         | Ksi                       | MPa | Ksi                          | MPa |   | Ksi                  | MPa | Ksi                         | MPa |
| 1060-O                  | 10                        | 69  | 4                            | 28  | 43  | 7                    | 48  | 3                           | 21  |
| 1060-H14                | 14                        | 97  | 11                           | 76  | 12  | 9                    | 62  | 5                           | 34  |
| 1060-H18                | 19                        | 131 | 18                           | 124 | 6   | 11                   | 121 | 6                           | 41  |
| 1350-O                  | 12                        | 83  | 4                            | 28  | 28  | 8                    | 55  | —                           | —   |
| 1350-H14                | 16                        | 110 | 14                           | 97  | —   | 10                   | 69  | —                           | —   |
| 1350-H19                | 27                        | 186 | 24                           | 165 | —   | 15                   | 103 | 7                           | 48  |
| 2014-O                  | 27                        | 186 | 14                           | 97  | 18  | 18                   | 124 | 13                          | 90  |
| 2014-T4                 | 62                        | 427 | 42                           | 290 | 20  | 38                   | 262 | 20                          | 138 |
| 2014-T6                 | 70                        | 483 | 60                           | 414 | 13  | 42                   | 290 | 18                          | 124 |
| 2024-O                  | 27                        | 186 | 11                           | 76  | 22  | 18                   | 124 | 13                          | 90  |
| 2024-T4                 | 68                        | 469 | 47                           | 324 | 19  | 41                   | 283 | 20                          | 138 |
| 2024-T361               | 72                        | 496 | 57                           | 393 | 12  | 42                   | 290 | 18                          | 124 |
| 2219-O                  | 25                        | 172 | 11                           | 76  | 18  | —                    | —   | —                           | —   |
| 2219-T62                | 60                        | 414 | 42                           | 290 | 10  | —                    | —   | 15                          | 103 |
| 2219-T87                | 69                        | 476 | 57                           | 393 | 10  | —                    | —   | 15                          | 103 |
| 3003-O                  | 16                        | 110 | 6                            | 41  | 40  | 11                   | 121 | 7                           | 48  |
| 3003-H14                | 22                        | 152 | 21                           | 145 | 16  | 14                   | 97  | 9                           | 62  |
| 3003-H18                | 29                        | 200 | 27                           | 186 | 10  | 16                   | 110 | 10                          | 69  |
| 5052-O                  | 28                        | 193 | 13                           | 90  | 30  | 18                   | 124 | 16                          | 110 |
| 5052-H34                | 38                        | 262 | 31                           | 214 | 14  | 21                   | 145 | 18                          | 124 |
| 5052-H38                | 42                        | 290 | 37                           | 255 | 8   | 24                   | 165 | 20                          | 138 |
| 6061-O                  | 18                        | 124 | 8                            | 55  | 30  | 12                   | 83  | 9                           | 62  |
| 6061-T4                 | 35                        | 241 | 21                           | 145 | 25  | 24                   | 165 | 14                          | 97  |
| 6061-T6                 | 45                        | 310 | 40                           | 276 | 17  | 30                   | 207 | 14                          | 97  |
| 6063-O                  | 13                        | 90  | 7                            | 48  | —   | 10                   | 69  | 8                           | 55  |
| 6063-T4                 | 25                        | 172 | 13                           | 90  | 22  | —                    | —   | —                           | —   |
| 6063-T6                 | 35                        | 241 | 31                           | 214 | 12  | 22                   | 152 | 10                          | 69  |
| 7001-O                  | 37                        | 255 | 22                           | 152 | 14  | —                    | —   | —                           | —   |
| 7001-T6                 | 98                        | 676 | 91                           | 627 | 9   | —                    | —   | 22                          | 152 |
| 7075-O                  | 33                        | 228 | 15                           | 103 | 16  | 22                   | 152 | —                           | —   |
| 7075-T6                 | 83                        | 572 | 73                           | 503 | 11  | 48                   | 331 | 23                          | 159 |

Nota: propiedades comunes

Densidad: 0095 a 0.102 lb/pulg (2635—.2829 Kg/m

Módulo de elasticidad: 10 a 10.6 x 10<sup>6</sup> psi (69-73 GPa).

Resistencia por durabilidad a 5 x 1 0 ciclos

## ANEXO 2

### PROPIEDADES DE DISEÑO DEL HIERRO FUNDIDO

| Número de desig. Material (ASTM) | Grado                            | Resistencia a la tracción |     | Resistencia al punto Cedente |     | Ductibilidad (elongación porcentual en 2pulg) | Modulo De elasticidad |     |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----|------------------------------|-----|---|-----------------------|-----|
|                                  |                                  | Ksi                       | MPa | Ksi                          | MPa |   |                       |     |
| Hierro gris A48-83               | 20                               | 20                        | 138 |                              |     | <1  | 12                    | 83  |
|                                  | 25                               | 25                        | 172 |                              |     | <   | 13                    | 90  |
|                                  | 30                               | 30                        | 207 |                              |     | <1  | 15                    | 103 |
|                                  | 40                               | 40                        | 276 |                              |     | <   | 17                    | 117 |
|                                  | 50                               | 50                        | 345 |                              |     | <1  | 19                    | 131 |
|                                  | 60                               | 60                        | 414 |                              |     | <1  | 20                    | 138 |
| Hierro dúctil A536-84            | 60-40-18                         | 60                        | 414 | 40                           | 276 | 18  | 22                    | 152 |
|                                  | 80                               | 80                        | 552 | 55                           | 379 | 6   | 22                    | 152 |
|                                  | 80-55-06                         | 100                       | 689 | 70                           | 483 | 3   | 22                    | 152 |
|                                  | 120                              | 120                       | 827 | 90                           | 621 | 2   | 22                    | 152 |
| Hierro maleable A47-84(R1989)    | 120-90-02                        | 50                        | 345 | 32                           | 221 | 10  | 25                    | 172 |
|                                  |                                  | 53                        | 365 | 35                           | 241 | 18  | 25                    | 172 |
| A220-88                          | 32510                            |                           |     |                              |     |   |                       | 179 |
|                                  | 35018                            | 60                        | 414 | 40                           | 276 | 10  | 26                    | 179 |
|                                  |                                  | 65                        | 448 | 45                           | 310 | 6   | 26                    | 179 |
|                                  |                                  | 70                        | 483 | 50                           | 345 | 5   | 26                    | 179 |
|                                  |                                  | 85                        | 586 | 70                           | 483 | 3   | 26                    | 179 |
|                                  | 40010                            | 105                       | 724 | 90                           | 621 | 1   | 26                    |     |
|                                  | 45006<br>50005<br>70003<br>90001 |                           |     |                              |     |   |                       |     |

**Nota:** Los valores de resistencia son típicos. Las variables en cuanto a fundición y el tamaño de sección afectan a los valores finales. Los módulos de elasticidad también pueden variar. La densidad de los hierros fundidos varía entre 0.25 y 0.27 lb/pulg (6 920 a 7480 kg/in La resistencia a la compresión varía entre 3 y 5 veces más que la resistencia a la tracción.

### ANEXO 3

#### Tensiones permisibles para pernos

| <b>Grado ASTM</b> | <b>Tensión por esfuerzo de corte permisible.</b> | <b>Tensión por esfuerzo de tracción permisible.</b> |
|-------------------|--|---|
| A307              | 10 Ksi (69 MPa)                                  | 20 Ksi (138 MPa)                                    |
| A325 y A449       | 17.5 Ksi (121 MPa)                               | 44 Ksi (303 MPa)                                    |
| A490              | 22 Ksi (152 MPa)                                 | 54 Ksi (372 MPa)                                    |

## ANEXO 4

| TRUCK CHASSIS SPECIFICATIONS  |  | Drawing No. CDRGD120                      |       |
|---|--|---|-------|
| HINO GD1JLTA  |  |   |       |
| 4x2, J08C ENGINE-MOUNTED, FORWARD CONTROL SERIES                        |  |   |       |
| <b>● G. V. M. RATING &amp; AXLE CAPACITY kg</b>                         |  |   |       |
| G. V. M. Rating   | TIRE SIZE  | ON THE ROAD                               |       |
|   | 8.25-20-14PR   | 11,900 ✓                                  |       |
| Axle capacity   | Front  | 4,500                                     |       |
|   | Rear   | 8,500                                     |       |
| Model   |  | GD1JLTA                                   |       |
| Applications  |  | Cargo                                     |       |
| <b>● DIMENSIONS (On standard specifications) mm</b>                     |  |   |       |
| Wheelbase   |  | 4,850                                     |       |
| Overall length  |  | 8,225                                     |       |
| Overall width   |  | 2,255                                     |       |
| Overall height  |  | 2,485                                     |       |
| Cab to rear axle  |  | 4,025                                     |       |
| Rear overhang   |  | 2,060                                     |       |
| Frame height  | at front axle  | 855                                       |       |
|   | at rear axle   | 940                                       |       |
| Road clearance (at front axle)  |  | 225                                       |       |
| Tread   | Front  | 1,715                                     |       |
|   | Rear   | 1,720                                     |       |
| Turning radius<br>(On std. spec.)                                       | Tire   | 8,700                                     |       |
|   | Swept  | 9,450                                     |       |
| <b>● MASS kg</b>  |  |   |       |
| Chassis mass<br>On std. spec. with-<br>out spare tire<br>& std. toolset | Total  | 3,810                                     |       |
|   | Front  | 2,370                                     |       |
|   | Rear   | 1,440                                     |       |
| <b>● GEAR RATIO &amp; CALCULATED PERFORMANCE</b>                        |  |   |       |
| Condition of calculation  | G. V. M. Rating : 11,900 kg<br>Engine speed : 2,900 r/min (at max. engine speed) |   |       |
| Tire size   | <input type="checkbox"/> STD 8.25-20-14PR  | <input type="checkbox"/> OPT 8.25R20-14PR |       |
| Max. speed km/h   | 121  | 122                                       |       |
| Gradeability (tan θ) %  | 44.6   | 44.4                                      |       |
| Transmission  | Model  | LJ06                                      |       |
|   | Gear ratio   | 1st                                       | 6.746 |
|   |  | 2nd                                       | 4.190 |
|   |  | 3rd                                       | 2.451 |
|   |  | 4th                                       | 1.474 |
|   |  | 5th                                       | 1.000 |
|   |  | 6th                                       | 0.823 |
|   |  | Rev.                                      | 6.453 |
| Rear axle carrier   | Model  | S114                                      |       |
|   |  | 5.114                                     |       |



## ANEXO 6

|  |   |
|--|---|
| <p><b>● FUEL TANK</b></p> <p>1. Capacity 200 L</p> <p>2. Fuel pre-filter Equipped</p> <p>3. Filler cap key Equipped</p>  | <p>Air pressure gauge</p> <p>Engine tachometer</p> <p>2. Warning, indicator lamps and buzzers</p> <p>Oil pressure warning lamp &amp; buzzer</p> <p>Air pressure warning lamp &amp; buzzer</p> <p>Charge warning lamp</p> <p>Brake fluid level warning lamp &amp; buzzer</p> <p>Brake adjustment warning lamp and buzzer</p> <p>Beam indicator lamp</p> <p>Turn signal indicator lamp</p> <p>Parking brake pilot lamp</p> <p>Coolant level warning lamp &amp; buzzer</p> <p>Exhaust brake pilot lamp</p> <p>Back up warning buzzer</p> <p>Seat belt warning lamp</p>   |
| <p><b>● CHASSIS FRAME</b></p> <p>1. Type Ladder-shaped, channel section side rails</p> <p>2. Rear chassis width 820 mm</p> <p>3. Max. section (Depth x Flange x Thickness) Side rails 231.4 X 75 X 6.7 mm</p> <p>4. Tensile strength 540 N/mm<sup>2</sup> (55 kgf/mm<sup>2</sup>)</p> <p>5. Hooks Equipped (Front &amp; Rear)</p>  | <p>3. Switches</p> <p>Lighting switch, directional indicator, dimmer &amp; passing switch</p> <p>Wiper &amp; washer switch</p> <p>Hazard lamp switch</p> <p>Fog lamp switch</p> <p>Warning lamp check switch</p> <p>Exhaust brake switch</p> <p>Dome lamp switch</p> <p>Map lamp switch</p> <p>4. Others</p> <p>One-key starting-stopping</p> <p>Engine throttle knob</p> <p>Horn button</p>  |
| <p><b>● CAB</b></p> <p>1. Type Forward control, all steel welded construction with torsion bar tilt mechanism</p> <p>2. Seating capacity Three</p> <p>3. Front windshield Laminated</p> <p>4. Driver's seat Urethane foam pads, high-back and 3-way adjustable seat</p> <p><input type="checkbox"/> With vinyl cover</p> <p><input type="checkbox"/> OPT. With coil suspension and vinyl cover</p> <p><input type="checkbox"/> OPT. With coil suspension and fabric cover</p> <p>5. Side passenger's seat Urethane foam pads, high-back and reclining seat</p> <p><input type="checkbox"/> With vinyl cover</p> <p><input type="checkbox"/> OPT. With fabric cover</p> <p>6. Center passenger's seat/console Dual purpose, fold-away type</p> <p>7. Sun visor Two, on driver's and passenger's side</p> <p>8. Windshield wipers Electric, dual, intermittent &amp; 2-speed</p> <p>9. Ventilator Forced type by electric blower</p> <p>Door ventilators</p> <p>10. Rear view mirrors Outside Two, movable convex type</p> <p>Inside One, flat type</p> <p>11. Seat belt Driver's &amp; side passenger's, 3 point type</p> <p>Center passenger's, 2 point type</p> <p>12. Door pocket &amp; passenger seat console <input type="checkbox"/> OPT. Equipped</p> <p>13. Cigarette lighter Equipped</p> <p>14. Car audio AM/FM radio</p> <p>15. Heater and defroster Equipped</p> <p>16. Sleeping bed <input type="checkbox"/> OPT. Equipped</p> <p>17. Sleeping bed curtain <input type="checkbox"/> OPT. Equipped</p> <p>18. Air conditioner <input type="checkbox"/> OPT. Equipped</p> <p>19. Front air spoiler <input type="checkbox"/> OPT. Equipped</p> <p>20. Air horn <input type="checkbox"/> OPT. Equipped</p> | <p><b>● ELECTRICAL EQUIPMENT</b></p> <p>1. Type 24 volt, negative earth</p> <p>2. Batteries</p> <p>Number per vehicle Two, series connection, each 12 V</p> <p>Capacity <input type="checkbox"/> 234 kC (65 A·h) at 20-hour rate</p> <p><input type="checkbox"/> OPT. 360 kC (120 A·h) at 20-hour rate</p> <p>3. Alternator</p> <p>Type With built-in rectifier and voltage regulator</p> <p>Capacity 24 V, 50 A</p> <p>4. Starter</p> <p>Type Pinion shift</p> <p>Capacity 24 V, 4.5 kW</p> <p>5. Headlamps Semi-sealed beam, halogen type, 2-headlamp</p> <p>High/Low beam 75/70 W x 2</p> <p>6. Fog lamps 55 W x 2 (Yellow halogen)</p> <p>7. Cornering/Clearance lamps 25/10 W x 2</p> <p>8. Licence plate lamp 12 W x 1</p> <p>9. Stop/Tail lamps 25/10 W x 2</p> <p>10. Back-up lamp 25 W x 2</p> <p>11. Turn signal &amp; hazard lamps</p> <p>Front 25 W x 2</p> <p>Side 12 W x 2</p> <p>Rear 25 W x 2</p> <p>12. Dome lamp 10 W x 2</p> <p>13. Parking lamp 10 W x 4</p> <p>14. Map lamp <input type="checkbox"/> OPT. 12 W x 1 + 7 W x 2</p> |
| <p><b>● INSTRUMENTS GROUPED ON DASH PANEL</b></p> <p>1. Meters and gauges km-kg system</p> <p>Speedometer</p> <p><input type="checkbox"/> OPT. Speedometer with tachograph</p> <p>Odometer</p> <p>Trip meter (except when optional tachograph is installed)</p> <p>Fuel gauge</p> <p>Coolant temperature gauge</p>   | <p><b>● OPTIONAL EQUIPMENT OTHER THAN ABOVE</b></p> <p>1. Transmission P. T. O.</p> <p>2. Transmission P. T. O. control &amp; lever</p>   |

Note: All specifications of the equipment are with normal manufacturing allowances and tolerances.  
 HINO MOTOR CO., LTD. reserves the right to alter specifications at any time without a notice in advance.  
 Figures of axle capacity are based on the operating conditions and specifications of equipments concerned.  
 When selecting optional equipments, consult HINO technical staff as the adaptation of some of the optional equipments to the production line may result in some special cases.

Latacunga, Noviembre del 2003

Trabajo realizado por:

---

Sr. Vinicio Fernando Baquero Lema

---

Sr. Christian Francisco Hernández Solís

---

Ing. Juan Castro  
Director de Carrera de Ingeniería Automotriz

---

Dr. Washington Yandun  
Secretario Académico