



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO  
DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS  
DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO QUE SE UTILIZAN EN  
LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA CAMIONES  
EUROPEOS EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ”**

**CÁCERES MORENORICHARD ROBINSON  
VEGA SANTANDERCHRISTOPHER ANTONIO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2013**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**RICHARD ROBINSON CÁCERES MORENO**

---

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE  
COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE  
FLUJO QUE SE UTILIZAN EN LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA  
CAMIONES EUROPEOS EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Elvis E. Argüello  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Víctor Bravo M.  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CHRISTOPHER ANTONIOVEGA SANTANDER**

---

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE  
COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE  
FLUJO QUE SE UTILIZAN EN LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA  
CAMIONES EUROPEOS EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Elvis Enrique Argüello  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Víctor David Bravo M  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** RICHARD ROBINSON CÁCERES MORENO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO QUE SE UTILIZAN EN LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA CAMIONES EUROPEOS EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2013-11-08

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán G. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Elvis E. Argüello DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Víctor Bravo M. ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CHRISTOPHER ANTONIO VEGA SANTANDER

**TÍTULO DE LA TESIS:** “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO QUE SE UTILIZAN EN LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES PARA CAMIONES EUROPEOS EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

**Fecha de Examinación:** 2013-11-08

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán G. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Elvis E. Argüello. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Víctor Bravo M. ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual e industrial le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Richard Robinson Cáceres Moreno Christopher Antonio Vega Santander

## DEDICATORIA

A Dios, por su respaldo incondicional durante toda mi vida, por darme la fortaleza para seguir adelante cuando los demás abandonan; a mi madre: Mirian Esperanza Moreno Guerrero por su gran amor y constante apoyo no solo durante toda mi carrera estudiantil, sino durante toda mi vida, este éxito es también de ustedes; hermanos, demostrándoles que en esta vida nada es imposible, con esfuerzo y perseverancia todo se puede.

Y más que una dedicatoria este triunfo va dirigida a ti hija mía Bonny Valentina Cáceres Córdova, desde el día que supe que iba a ser padre puse más empeño en mis estudios y nunca decaí por tal grata noticia, te amo y amo a mi familia pequeña "mi madre y mis hermanos". Sin más que decir quiero que quede constancia de que este triunfo cumplido será uno de los muchos que me faltan por cumplir.

**Richard Cáceres Moreno**

Dedico este trabajo principalmente a mi madre por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por ser el pilar más importante demostrándome siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi familia en general porque me ha brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

**Christopher Vega Santander**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por acogerme y darme la oportunidad de cumplir una de mis metas propuestas, ser un profesional y una persona útil para la sociedad. De igual manera a todos los docentes que durante estos cinco años me han guiado hacia el conocimiento; agradezco también a mis compañeros por haberme demostrado una sincera amistad y apoyado de una u otra manera a seguir adelante.

**Richard Cáceres Moreno**

En primer lugar doy infinitamente gracias a mi madre y padre por la confianza y el apoyo brindado, que sin duda alguna que en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi hermana, que con sus consejos ayudado a que pueda afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

También agradezco a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

De igual manera agradezco a mi director de tesis Ing. Elvis Arguello y asesor Ing. Víctor Bravo.

**Christopher Vega Santander**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Fundamentos de neumática .....	3
2.1.1 <i>Definición de términos básicos.</i> .....	5
2.1.1.1 <i>Aire.</i> .....	5
2.1.1.2 <i>Peso específico.</i> .....	5
2.1.1.3 <i>Volumen específico.</i> .....	5
2.1.1.4 <i>Presión</i> .....	5
2.1.1.5 <i>Principio de Pascal.</i> .....	5
2.1.1.6 <i>Atmósfera.</i> .....	6
2.1.1.7 <i>Caudal.</i> .....	6
2.1.1.8 <i>Calor.</i> .....	6
2.1.1.9 <i>Temperatura.</i> .....	6
2.1.1.10 <i>Características fundamentales de los gases.</i> .....	7
2.1.1.11 <i>Ley de Boyle Mariotte.</i> .....	7
2.1.1.12 <i>Ley de Gay-Lussac.</i> .....	7
2.1.2 <i>Unidades de medida.</i> .....	8
2.1.2.1 <i>Unidades de presión.</i> .....	8
2.1.3 <i>Producción de aire comprimido.</i> .....	8
2.1.3.1 <i>Compresores.</i> .....	8
2.1.3.2 <i>Compresor de pistones.</i> .....	9
2.1.4 <i>Tratamiento del aire comprimido.:</i> .....	10
2.1.4.1 <i>Filtrado de partículas abrasivas.</i> .....	11
2.1.4.2 <i>Secado del aire.</i> .....	12
2.1.4.3 <i>Secado por absorción.</i> .....	12
2.1.4.4 <i>Regulador de presión.</i> .....	12
2.1.4.5 <i>Unidad de mantenimiento.</i> .....	13
2.1.5 <i>Calderines y acumuladores de aire.</i> .....	14
2.1.6 <i>Canalizaciones.</i> .....	15
2.1.7 <i>Válvulas.</i> .....	16
2.1.8 <i>Medidores de presión</i> .....	16

2.1.8.1	<i>Manómetro de Bourdon</i> .....	16
2.2	Simbología neumática .....	17
2.3	Principales componentes de los sistemas neumáticos en los camiones europeos.19	
2.3.1	<i>Sistemas de frenos</i> .....	19
2.3.2	<i>Circuito de alimentación</i> .....	20
2.4	Ventajas y desventajas del aire comprimido en los sistemas neumáticos de los camiones europeos.....	21
2.5	Sistemas de frenos.....	22
2.5.1	<i>Válvula de pedal</i> .....	22
2.5.2	<i>válvula de des aireación automática</i> .....	25
2.5.3	<i>Regulador de presión</i> .....	26
2.5.4	<i>Válvulas de control</i> .....	28
2.5.4.1	<i>Válvula de relé</i> .....	28
2.5.4.2	<i>Válvula de protección (APU)</i> .....	30
2.5.5	<i>Válvula de freno de estacionamiento (vehículo tractor)</i> .....	31
2.5.6	<i>Válvula de protección cuatro circuitos</i> .....	32
2.5.7	<i>Válvulas distribuidoras</i> .....	35
2.6	Suspensión neumática.....	37
2.6.1	<i>Esquema y funcionamiento</i> .....	37
2.6.2	<i>Circuito neumático</i> .....	39
2.7	Válvulas sensibles a la carga (suspensión mecánica) .....	40
2.8	Válvula sensible a la carga (suspensión neumática).....	46
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DEL BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO</b>	
3.1	Diseño mecánico del banco de comprobación.....	50
3.1.1	<i>Estructura de hierro</i> .....	50
3.1.2	<i>Análisis de la estructura (SAP 2000 V14.0.0)</i> .....	51
3.1.3	<i>Recubrimiento de tol</i> .....	52
3.1.4	<i>Panel principal</i> .....	53
3.2	Determinación de las presiones de accionamiento de las válvulas.....	54
3.2	Diseño del circuito neumático .....	56
3.4	Dimensionamiento del circuito neumático.....	58
3.4.1	<i>Selección de filtros</i> .....	58
3.4.2	<i>Selección de reguladores</i> .....	60
3.4.3	<i>Selección de manómetros</i> .....	60
3.4.4	<i>Selección de silenciadores</i> .....	61
3.4.5	<i>Selección de mangueras</i> .....	62
3.4.6	<i>Selección del compresor</i> .....	63

<b>4.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DEL BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO</b>	
4.1	Construcción del banco de pruebas.....	64
4.2	Montaje del circuito neumático. ....	66
4.3	Pruebas de funcionamiento. ....	68
4.4	Diagrama de procesos.....	69
4.5	Manual de operación del banco de pruebas. ....	73
4.5.1	<i>Regulador de presión.</i> ....	73
4.5.2	<i>Válvula de drenaje automático (alivio de presión)</i> .....	74
4.5.3	<i>Válvula relé</i> .....	75
4.5.4	<i>Válvula protectora</i> .....	76
4.5.5	<i>Válvula del freno de estacionamiento</i> ....	78
4.5.6	<i>Válvula de cuatro circuitos</i> .....	79
4.5.7	<i>Válvula pedal</i> .....	81
4.5.8	<i>Válvula distribuidora</i> ....	83
4.5.9	<i>Válvula sensible a la carga (suspensión neumática)</i> .....	85
4.5.10	<i>Válvula limitadora de presión</i> .....	87
4.6	Elaboración del manual de usuario y mantenimiento del banco.....	88
4.6.1	<i>Estructura y Función</i> .....	88
4.6.1.1	<i>Funcionamiento</i> .....	89
4.6.2	<i>Instalación</i> .....	90
4.6.3	<i>Mantenimiento</i> .....	90
4.6.3.1	<i>Evacuación del agua condensada de la unidad de mantenimiento</i> .....	90
4.6.3.2	<i>Limpieza de los filtros de la unidad de mantenimiento</i> .....	90
4.7	Medidas de seguridad ....	91
4.7.1	<i>Respecto al uso del aire comprimido</i> .....	91
4.7.2	<i>Respecto a las instalaciones de aire comprimido</i> ....	92
4.7.2.1	Filtro de admisión de aire al compresor. ....	92
4.7.2.2	Compresores.....	93
4.7.2.3	Separador de condensado.....	94
4.7.2.4	Secadores de aire. ....	94
4.7.2.5	Acumulador de aire comprimido. ....	95
4.7.2.6	Líneas de conducción.....	95
4.7.3	<i>Respecto al banco de pruebas</i> ....	96
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	
5.1	Costos directos.....	98
5.1.1	Costos de materiales.....	98
5.1.2	Costo de mano de obra ....	99

5.1.3	Costo de maquinaria y herramientas .....	99
5.1.4	Costos de transporte.....	100
5.2	Costos indirectos .....	100
5.3	Costo total .....	101
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones.....	102
6.2	Recomendaciones.....	103

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**  
**PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Simbología utilizada en válvulas neumáticas ..... 17
2	Tipos de accionamientos de válvulas neumáticas ..... 18
3	Valores de presiones de accionamiento ..... 54
4	Niveles de filtración recomendados ..... 59
5	Clasificación de la calidad de aire según ISO 8573 ..... 59
6	Denominación..... 61
7	Dimensiones del silenciador ..... 62
8	Datos técnicos de la manguera ..... 62
9	Datos técnicos compresor ..... 63
10	Cuadro de procesos de producción del banco de pruebas ..... 69
11	Cuadro de procesos de construcción del panel principal ..... 70
12	Cuadro de procesos de pintura del banco de pruebas..... 71
13	Cuadro de procesos de montaje del circuito neumático..... 72
14	Cuadro de presiones para válvula protectora ..... 78
15	Plan de mantenimiento preventivo ..... 91
16	Costo de materiales de la parte mecánica ..... 98
17	Costo de materiales de la parte neumática ..... 98
18	Costo de mano de obra ..... 99
19	Costo de maquinaria y herramientas..... 99
19	Costo de transporte ..... 100
20	Costos directos ..... 100
21	Costos indirectos ..... 100

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1	Componentes de un circuito neumático..... 4
2	Principio de Pascal ..... 6
3	Ley de Boyle Mariotte ..... 7
4	Compresor..... 9
5	Funcionamiento de un compresor de pistón ..... 10
6	Esquema del circuito del filtrado de aire ..... 11
7	Filtro de partículas y agua ..... 11
8	Secador de camión..... 12
9	Regulador de presión ..... 13
10	Unidad de mantenimiento ..... 14
11	Calderín fijo ..... 15
12	Calderín ubicado en el camión ..... 15
13	Cálculo del diámetro interior de las tuberías de neumática ..... 16
14	Manómetro de Burdon. Esquema interno ..... 17
15	Circuito de freno neumático en un camión..... 19
16	Circuito de alimentación ..... 21
17	Válvula de pedal ..... 22
18	Válvula de pedal. Posición de marcha ..... 22
19	Válvula de pedal. Posición de freno aplicado..... 23
20	Válvula de pedal. Posición de equilibrio..... 23
21	Válvula de pedal. Posición desaireación..... 24
22	Válvula de pedal. Falla en uno de los circuitos. .... 24
23	Válvula desaireación automática ..... 25
24	Válvula de desaireación automática. Posición de alimentación ..... 25
25	Válvulas de desaireación automática. Posición de desaireación ..... 26
26	Regulador de presión ..... 26
27	Regulador de presión. Posición de alimentación ..... 27
28	Válvula de relé..... 28
29	Válvula relé. Posición cerrada ..... 28
30	Válvula relé. Posición abierta..... 29
31	Válvula relé. Posición de equilibrio. .... 29
32	Válvula relé. Posición de desaireación ..... 29
33	Válvula de protección APU ..... 30
34	Válvula de protección. Válvula cerrada..... 30
35	Válvula de protección. Válvula abierta..... 31
36	Válvula de freno de estacionamiento. .... 31
37	Freno de estacionamiento abierto..... 32
38	Válvula de cuatro circuitos..... 33
39	Válvula de cuatro circuitos cerrada..... 33
40	Válvula de cuatro circuitos abierta ..... 34
41	Válvula de cuatro circuitos. Posición de falla en uno de los circuitos ..... 34
42	Válvula distribuidora ..... 35
43	Válvula distribuidora. Posición de alimentación ..... 36
44	Válvula distribuidora. Freno liberado..... 36

45	Válvula distribuidora. Freno de servicio aplicado .....	37
46	Válvula distribuidora. Posición de desaireación .....	37
47	Componentes del sistema de suspensión neumática .....	38
48	Partes del sistema neumático de suspensión .....	39
49	Válvula sensible a la carga .....	40
50	Válvula sensible a la carga. Pre control .....	41
51	Válvula sensible a la carga. Frenado sin carga .....	42
52	Válvula sensible a la carga. Frenado a media carga .....	43
53	Válvula sensible a la carga. Frenado con carga total .....	44
54	Válvula sensible a la carga. Posición de desaireación .....	45
55	Válvula sensible a la carga. Posición de frenado .....	45
56	Válvula sensible a la carga. Suspensión neumática .....	46
57	Válvula sensible a la carga .....	47
58	Válvula sensible a la carga SN. Frenado sin carga .....	48
59	Válvula sensible a la carga S.N. Frenado con media carga .....	49
60	Estructura de hierro (galvanizado) .....	51
61	Análisis de la estructura (factor de seguridad) .....	51
62	Fuerzas resultantes .....	52
63	Recubrimiento de tol .....	53
64	Panel de control .....	53
65	Circuito neumático .....	57
66	Regulador de presión .....	60
67	Manómetro de Latón .....	61
68	Silenciador .....	61
69	Manguera para aire .....	62
70	Compresor .....	63
71	Corte del tubo cuadrado de acero .....	64
72	Ensamblaje de la estructura con suelda SMAW .....	64
73	Fijación del recubrimiento de tol .....	65
74	Fijación del panel principal con elementos de unión .....	65
75	Aplicación de pintura .....	65
76	Fijación de los elementos neumáticos .....	66
77	Colocación de teflón Industrial .....	66
78	Ensamblaje del circuito neumático .....	67
79	Compresor .....	67
80	Ubicación de la unidad de mantenimiento .....	68
81	Pruebas de estanqueidad .....	68
82	Prueba de funcionamiento .....	68
83	Instalación del regulador de presión al banco de pruebas .....	73
84	Instalación de la válvula de drenaje automático .....	74
85	Instalación válvula relé .....	75
86	Prueba de estanqueidad .....	76
87	Disminución de la presión en la línea de señal .....	76
88	Instalación de la válvula protectora .....	77
89	Instalación de la válvula de freno de estacionamiento .....	78
90	Instalación de la válvula de cuatro circuitos .....	80
91	Prueba de estanqueidad .....	81
92	Reglaje de caudal de las salidas .....	81

93	Instalación de la válvula pedal .....	82
94	Prueba de estanqueidad.....	83
95	Instalación de la válvula distribidora .....	83
96	Instalación válvula sensible a la carga (suspensión neumática) .....	86
97	Instalación de la válvula limitadora de presión .....	87
98	Partes del banco de pruebas .....	88
99	Circuito neumático del banco de pruebas .....	89

## LISTA DE ABREVIACIONES

AWS	Sociedad Americana de Soldadura
MBB	Camiones Mercedes- Benz
SI	Sistema internacional
SMAW	Soldadura para arco metálico
WABCO	Westinghouse empresa de frenos de aire

## LISTA DE ANEXOS

- A** Catálogo de perfiles cuadrados
- B** Catálogo de planchas de acero galvanizado
- C** Catálogo de acoples rápidos
- D** Catálogo del compresor
- E** Catálogo de codos y tee
- F** Catálogo de manguera
- G** Catálogo de pistón de simple efecto
- H** Catálogo de válvulas 3/2
- I** Catálogo de la unidad de mantenimiento
- J** Guía de laboratorio

## RESUMEN

La construcción e implementación de un banco de comprobación de válvulas neumáticas distribuidoras y de flujo que se utilizan en los sistemas automotrices para camiones europeos en la Escuela de Ingeniería Automotriz, tiene como finalidad disponer de un equipo donde se puedan realizar aplicaciones reales en el área de neumática, contribuyendo a mejorar la formación académica de sus estudiantes.

Para la elaboración del banco de comprobación se procedió con la recolección de la información del funcionamiento de las válvulas neumáticas utilizadas en los sistemas automotrices de los camiones europeos, posteriormente se diseñó y analizó tanto los componentes correspondientes a la parte mecánica como los de la parte neumática.

La estructura de soporte fue construida con tubo estructural cuadrado y luego se cubrió con láminas de acero con la finalidad de dar una mejor apariencia; para la elaboración del circuito neumático se utilizaron válvulas 3/2 de accionamiento manual las cuales son las encargadas de controlar el paso del aire comprimido hacia los diferentes acoples; así como también, la adaptación de un cilindro de simple efecto que sirve de ayuda para sujetar la válvula a comprobar y evitar que ésta se mueva durante el proceso de comprobación. Al ser un proyecto experimental, este banco se sometió a pruebas de estanqueidad para corregir fugas y pruebas de funcionamiento para controlar presión de apertura y cierre de válvulas.

El banco implementado constituye una herramienta didáctica para conocer y comprender el funcionamiento, partes y reglajes de los componentes neumáticos de los camiones europeos, ya que cuenta con una guía detallada sobre los procedimientos a aplicar en los ensayos. Se recomienda el correcto manejo y utilización del equipo que debe ser manipulado previo a una comprensión y capacitación efectiva de su funcionamiento a fin obtener óptimos resultados durante las prácticas.

## ABSTRACT

The construction and implementation of a check bank for pneumatic valves and flow distribution used in automotive systems for European truck at the School of Automotive Engineering, aims to have equipment which permits to perform real applications in the area of pneumatic and help to improve the skills of the students.

To prepare the check bank it was preceded with collecting performance information of pneumatic valves used in automotive systems of European trucks, subsequently it was designed and analyzed both the components on the mechanical part such as the pneumatic.

The support structure was built with square structural tube and then covered with steel sheets in order to give a better appearance, for the development of the pneumatic circuit 3/2 manually – operated valves were used which are responsible for controlling the passage of compressed air into the vas couplings, as well as the adaptation of a single-acting cylinder that helps to hold the check valve and prevent it from moving during the verification process. As a pilot project, this bank was tested for correct sealing leaks and performance- testing pressure to control opening and closing of valves.

The bank implemented is an educational is an educational tool to know and understand the operation, parts and settings of pneumatic components for European trucks, because it has detailed guidance on the procedures to be applied in the trials. The proper management and used of equipment that must be handled prior to the understanding and effective training operation to obtain optimum results during practice is recommended.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El funcionamiento del banco de pruebas se basa en la utilización del aire comprimido, por lo que se hace necesario conocer algunas referencias sobre sus aplicaciones técnicas, movimientos y procesos.

Aunque el aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Únicamente podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación desde el año 1950 aproximadamente.

Ya en los años ochenta, los camiones se volvieron aún más sofisticados. Con el aumento del uso de los sistemas de suspensión neumática, las carreteras, las mercancías y los conductores podían disfrutar de una vida mucho más cómoda.

La irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inició, sin embargo, hasta que llegó a hacerse más apremiante la exigencia de una automatización y racionalización en los procesos de trabajo. En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Motivo por el que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

Un banco de pruebas como el que se encuentra realizado cuenta con acoples rápidos, conectores, manómetros, reguladores lo que permite que las pruebas sean funcionales de manera que sea compatible con la operación que realizan dichos componentes al momento de estar montados en los vehículos.

### 1.2 Justificación

Lo que se propone con este banco de pruebas es asegurar un mantenimiento tecnificado de las válvulas que depende del aire comprimido para su funcionamiento, ayudándonos a posibilitar la realización de todas las comprobaciones de este tipo de componentes de igual manera haciendo mucho más amigable para el usuario, práctico y versátil.

Por tal motivo nos vemos en la necesidad de implementar un banco didáctico de comprobación de válvulas neumáticas distribuidoras y de flujo que se utilizan en los sistemas automotrices para camiones europeos, para que los alumnos complementen con la práctica los conocimientos teóricos obtenidos en su formación académica especialmente en el área de formación profesional.

Este banco didáctico permitirá observar de una forma fácil y comprensible el funcionamiento de todos los elementos que integran el comprobador de válvulas neumáticas distribuidoras y de flujo para sistemas automotrices.

Con esto se pretende que los futuros Ingenieros Automotrices estén a la vanguardia, de igual manera tengan una sólida formación académica.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Construir e implementar un banco de comprobación de válvulas neumáticas distribuidoras y de flujo que se utilizan en los sistemas automotrices para camiones europeos.

#### **1.3.2** *Objetivos específicos:*

Estudiar las diversas aplicaciones del aire comprimido en los sistemas automotrices.

Entender la importancia de la simbología de las válvulas así como también su funcionamiento.

Distinguir los diferentes circuitos neumáticos existentes en los vehículos a estudiar.

Analizar la unidad de mantenimiento y su función.

Investigar los diferentes tipos de válvulas existentes en el mercado europeo.

Conocer las diferentes fases de las válvulas neumáticas utilizadas en los variados sistemas automotrices de camiones europeos.

Investigar la fiabilidad en cuanto a la seguridad de cada una de las válvulas existentes en los sistemas automotrices de los camiones europeos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentos de neumática

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y que éste ha utilizado y utiliza para ampliar sus recursos físicos. De los antiguos griegos procede la expresión "Pneuma", que designa la respiración, el viento y, desde el punto de vista filosófico, también el alma. Como derivación de las ideas que representa la palabra "Pneuma" se obtuvo, entre otras cosas el concepto Neumática, que trata los movimientos y procesos del aire.

Para comprender el amplio uso de esta tecnología, y aunque posteriormente se verá más detalladamente, expliquemos brevemente el porqué del uso de la Neumática. Algunas de sus ventajas principales son:

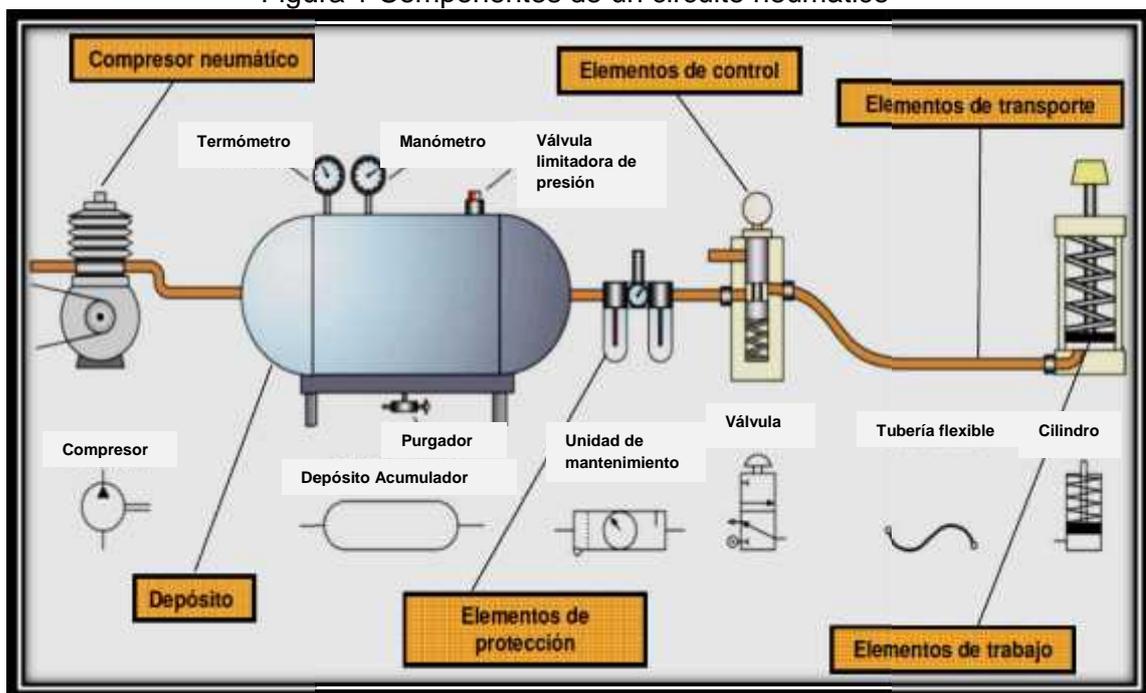
- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.
- Es un tipo de energía limpia.
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Las velocidades de trabajo de los elementos neumáticos son razonablemente altas y de relativa facilidad de regulación.
- El trabajo con aire no provoca efectos de golpes de ariete, con lo que no daña los componentes de un circuito.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan de manera significativa.
- Permite cambios instantáneos de sentido en los componentes.

Todas estas ventajas son de gran importancia, pero no olvidemos que, como todas las tecnologías, también tiene algunos inconvenientes. Para evitar la parcialidad, enumeremos sus desventajas más notables:

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
- Genera altos niveles de ruido debido a la descarga del aire hacia la atmósfera.

Un circuito básico de neumática está formado por los siguientes componentes como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1 Componentes de un circuito neumático



Fuente: [http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA\\_archivos/circuito-neumatico.PNG](http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA_archivos/circuito-neumatico.PNG)

- Compresor.
- Calderín o tanque de almacenamiento.
- Canalizaciones.
- Unidad de mantenimiento.

- Enchufe rápido o toma de presión.
- Manguera con enchufe rápido.
- Actuador (motor, cilindro, pistola de soplado).

### 2.1.1 Definición de términos básicos

**2.1.1.1 Aire.** Se define como la mezcla de gases que envuelven la esfera terrestre formando la atmósfera y está compuesta de la manera siguiente:

- 78% de Nitrógeno
- 20% de Oxígeno
- 1.3% de argón
- 0.05% de Helio, hidrogeno, dióxido de carbono, etc. y
- Cantidades variables de agua y polvo

**2.1.1.2 Peso específico.** Es el peso por unidad de volumen. Para el aire es  $1.293 \text{ kg/m}^3$  a  $0^\circ\text{C}$  y 1 atmósfera de presión.

**2.1.1.3 Volumen específico.** Es el volumen por unidad de peso. Para el aire es  $773 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$  a  $0^\circ\text{C}$  y 1 atmósfera de presión.

**2.1.1.4 Presión.** Es la fuerza aplicada por unidad de superficie. Es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe su acción:

$$P = F/S(1)$$

Dónde:

P= Presión

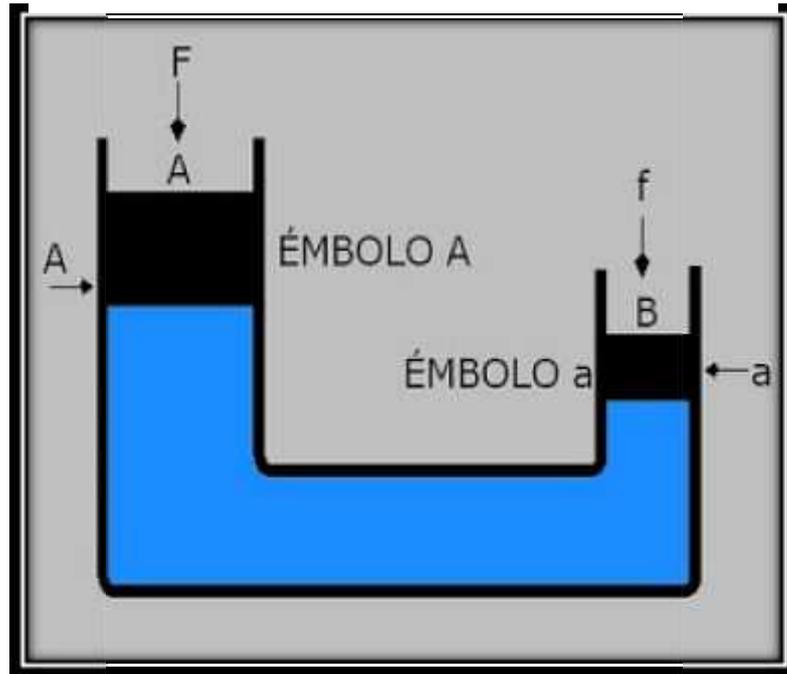
F=Fuerza

S=Superficie

**2.1.1.5 Principio de Pascal.** La presión ejercida en un fluido encerrado en un recipiente se transmite con igual intensidad en todas las direcciones, esto se puede apreciar en la Figura 2. (NAVAS, 2007)

$$P = P1 = P2 = P3 \quad (2)$$

Figura 2. Principio de Pascal



Fuente: [http://4.bp.blogspot.com/\\_s0oGc4f6des/S\\_2dNyKxRJI/AAAAAAAAABE/bzThDAJgR9A/s320/principio+de+Pascal%5B1%5D.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_s0oGc4f6des/S_2dNyKxRJI/AAAAAAAAABE/bzThDAJgR9A/s320/principio+de+Pascal%5B1%5D.jpg)

**2.1.1.5** *Atmósfera*. Es la presión de una columna de mercurio de 760 mm de altura a nivel del mar cuyo valor es  $1.033 \text{ Kg/cm}^2$ .

**2.1.1.6** *Caudal*. Es la cantidad de fluido que pasa por una sección de conducto por unidad de tiempo.

$$Q = V/t(3)$$

Existen dos formas de expresar el caudal:

1. *Caudal másico*. Es la cantidad de masa de un fluido que pasa por una sección de conducto por una unidad de tiempo.
2. *Caudal volumétrico*. Es el volumen de fluido que pasa por una sección en una unidad de tiempo.

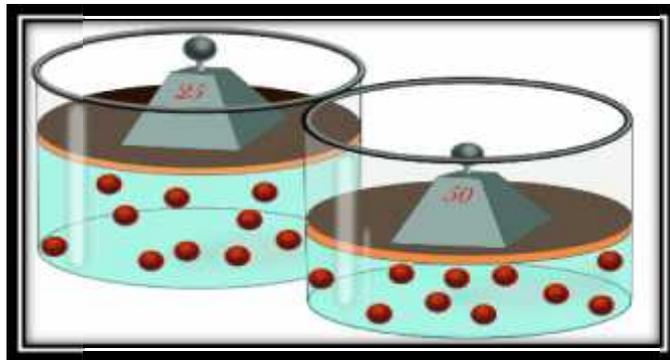
**2.1.1.7** *Calor*. Es la manifestación de la energía que provoca algunas variaciones en las propiedades físicas de los cuerpos. El calor pasa de un cuerpo caliente a otro frío hasta que ambos adquieren la misma temperatura.

**2.1.1.8** *Temperatura*. El aumento de la temperatura la produce el calor.

**2.1.1.10 Características fundamentales de los gases.** El aire toma la forma del recipiente que lo contiene. La presión de un gas encerrado en un recipiente se encuentra en equilibrio en todos los puntos manteniendo su presión igual en los mismos. La densidad de un gas depende de su presión y temperatura. La masa de un gas opone poca resistencia a los esfuerzos de corte, permite ser comprimido y tiene tendencia a la expansión.

**2.1.1.11 Ley de BoyleMariotte.** A temperatura constante, la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen. Es decir el producto de la presión absoluta por el volumen es una constante para una determinada masa de gas.

Figura 3. Ley de BoyleMariotte



Fuente: [http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/ocw/file.php/8/Capitulo\\_VI/Cap6\\_2\\_Leyes\\_Gas\\_Ideal/imagenes/ley\\_de\\_Boyle.PNG](http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/ocw/file.php/8/Capitulo_VI/Cap6_2_Leyes_Gas_Ideal/imagenes/ley_de_Boyle.PNG)

**2.1.1.12 Ley de Gay-Lussac.** El volumen de una cantidad determinada de gas varía proporcionalmente a la temperatura. A presión constante el volumen ocupado por un gas es proporcional a su temperatura absoluta. A volumen constante la presión de un gas es proporcional a su temperatura absoluta.

$$V_1/V_2 = T_1/T_2(4)$$

Si la presión permanece constante y la temperatura se eleva  $1^{\circ}K$  el aire dilata  $1/273$  de su volumen.

$$VT_2 = VT_1 + \frac{VT_1}{273} (T_2 - T_1)(5)$$

- Siendo  $VT_1$ , el volumen a la temperatura 1
- $VT_2$ , el volumen a la temperatura 2

**2.1.2 Unidades de medida.** Se hablará en cuanto al Sistema Internacional.

**2.1.2.1 Unidades de Presión.** La unidad de presión según el SI (sistema internacional) es el Pascal ( $N/m^2$ ) que resulta demasiado pequeño para las aplicaciones. Actualmente se utiliza el bar:

$$1\text{bar} = 10\text{xPa} = 1\text{x}dN/cm^2 \text{ (decaNewton por centímetro cuadrado)}$$

El valor del bar es muy próximo al de las unidades tradicionales:

$$1\text{ atm} = 1.033Kg/cm^2 \approx 1.013\text{ bar}.$$

**2.1.3 Producción de aire comprimido.** En cuanto al Aire comprimido tenemos:

**2.1.3.1 Compresores.** Son los encargados de generar aire comprimido, cuya misión consiste en conseguir la presión de aire conveniente para accionar los elementos neumáticos. Las características principales del compresor son:

- El caudal que es capaz de proporcionar en el circuito. Su unidad de medida es el metro cúbico por hora ( $m^3/h$ ).
- La presión máxima que puede suministrar. Su unidad de medida es el bar.

Los compresores pueden conectarse en los circuitos y realizar su misión del siguiente modo:

- Alimentando directamente el circuito neumático y aumentando la presión en la salida del aire (turbocompresor). De esta forma trabajan con bajas presiones (0,5 a 2 bares) y de forma continua; el compresor no para de girar.
- Almacenando el aire comprimido en recipientes o acumuladores, llamados calderines o tanque de reserva, desde los que se abastece al circuito. El compresor trabaja con presiones medias y altas (6 a 12 bares) de forma intermitente y se para al llegar a la presión de tarado. Una vez que llega a la presión de conexión del presostato vuelve a conectarse.

Los compresores son máquinas que necesitan ser accionadas o movidas por una fuerza externa. Según el tipo de compresor y su colocación dispone de los siguientes accionamientos:

- Correas trapezoidales o poli-V y motores eléctricos conectados a la red a 220V. En el caso de compresores fijos o estacionarios.
- Piñones engranados a la distribución del motor de combustión. En compresores de los circuitos de frenos y suspensión de vehículos industriales.
- Un motor de combustión y correas. En los compresores montados en camiones para descarga de cisternas que transportan producto en polvo.
- Un motor eléctrico de CC, de 12 V. En compresores empleados en los automóviles para la suspensión neumática. Los turbocompresores giran movidos por la salida de los gases del escape.

Figura 4. Compresor



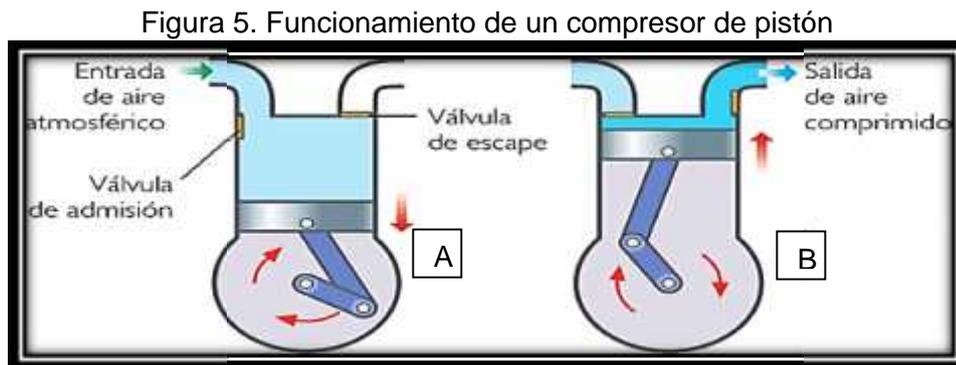
Fuente:[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/compresor-piston-deposito-estacionario-9226-2468163.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/compresor-piston-deposito-estacionario-9226-2468163.jpg)

**2.1.3.2 Compresor de pistones.** Consisten en uno o más cilindros cuyos émbolos se deslazan mediante un mecanismo de biela-manivela. El compresor de pistones tiene una constitución similar al de un motor de combustión y funciona realizando dos etapas o tiempos, el tiempo de admisión y el tiempo de compresión. En el tiempo de admisión, el pistón se desplaza al punto muerto inferior y aspira el gas por la válvula de admisión que se abre. Las válvulas de admisión y escape son de láminas de acero y se abren y cierran por la corriente del aire. No tienen muelles ni dispositivos de apertura sincronizada (ver detalle A de la Figura 5). En el tiempo de compresión, el pistón, movido por el cigüeñal y la biela, se desplaza al punto muerto superior y comprime el aire obligándole a salir por la válvula de escape que se abre (ver detalle B de la Figura 5). Se distinguen entre ellos por fabricarse de baja, media y alta presión, así como de una, dos y tres etapas.

- Hasta 12 bar los de 1 etapa
- Hasta 20 bar los de 2 etapas

- Hasta 200 bar los de 3 etapas

Los compresores de pistones comprimen el aire en la culata, llegando a alcanzar temperaturas que es necesario refrigerar. Para ello se emplean aletas y ventiladores. En los compresores montados en camiones y autobuses la refrigeración se realiza con el líquido refrigerante del motor. La lubricación del compresor estático se realiza por barboteo.



Fuente: <http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTxgrAXTPuxq7wYh6Uz069Wcysbg4x3zXq8Ib6Z71EqcecWCJyU>

**2.1.4 Tratamiento del aire comprimido.** Para su utilización deben eliminarse todas las impurezas en el aire, ya sea antes de su introducción en la red distribuidora o antes de su aplicación. Las impurezas que contiene el aire pueden ser:

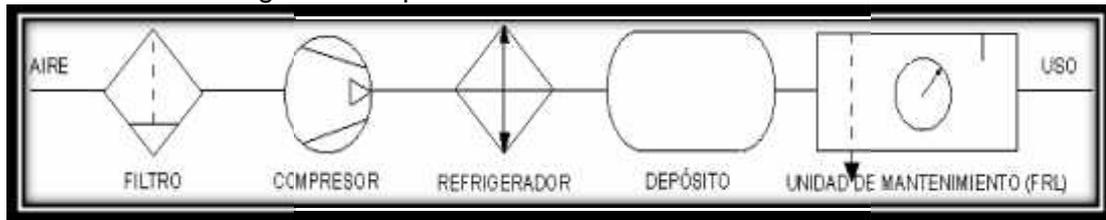
- Sólidas: Polvo atmosférico y partículas del interior de la instalación.
- Líquidas: Agua y niebla de aceite.
- Gaseosa: Vapor de agua y de aceite.

Beneficios:

- Aumenta la vida útil de los componentes neumáticos.
- Disminuye la frecuencia y el tiempo de mantención de los sistemas neumáticos.
- Bajas caídas de presión en la red de aire, que se traducen en ahorro energético.
- Mejor calidad de los productos que están en contacto de alguna manera con el aire comprimido.

Todos los circuitos neumáticos disponen de un sistema para la limpieza y secado del aire. En el compresor y en la entrada del calderín se colocan filtros y secadores, y en las tomas de presión de las instalaciones fijas de los talleres se colocan unidades de mantenimiento que disponen de filtro, regulador y lubricador. (VÁZQUEZ, 2003)

Figura 6. Esquema del circuito del filtrado de aire

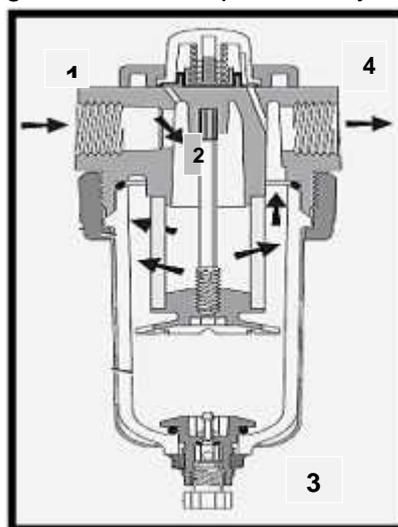


Fuente: [http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/ec5d2f7b-5704-40d3-8036-85a99bf80fe8/tecno\\_industrial\\_2/Neumatica/neumat4.gif](http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/ec5d2f7b-5704-40d3-8036-85a99bf80fe8/tecno_industrial_2/Neumatica/neumat4.gif)

**2.1.4.1 Filtrado de partículas abrasivas.** El aire que aspira el compresor se debe limpiar con filtros de partículas, evitando que estas entren en el interior del mecanismo del compresor o al resto de componentes causando daños o desgaste. En la unidad de mantenimiento también se coloca un filtro de partículas y agua, estos se fabrican en diferentes modelos y deben tener drenajes accionados manualmente, semiautomática o automáticamente (ver Figura7). Este filtro se coloca para recoger partículas de óxido y metálicas que se puedan desprender del calderín y de las canalizaciones.

El filtro funciona del siguiente modo: El aire comprimido entra en el filtro (1) y atraviesa el elemento filtrante (2). Este elemento suele estar compuesto por fibras de vidrio, boro, silicato, etc. El aire circula de a dentro hacia afuera. Existen modelos de filtros con menor poder filtrante; en ellos, el aire pasa de fuera hacia dentro del elemento filtrante. El aire comprimido limpio circula por la salida (4) a los consumidores. La separación de partículas es posible por la finura extraordinaria del tejido filtrante. Las partículas separadas y el agua se eliminan del recipiente del filtro por el tornillo de purga (3).

Figura 7. Filtro de partículas y agua



Fuente: <http://www.hb.com.py/novedades/images/008.jpg>

**2.1.4.2 Secado del aire.** El aire contiene agua en forma de vapor. Esta humedad puede llegar al interior de la red con el aire que aspira el compresor y oxidar los componentes de acero de los circuitos, provocando averías. Por ello es necesario secar bien el aire antes de emplearlo. La cantidad de agua depende de la humedad relativa y de la temperatura del aire: cuanto más caliente esté el aire, mayor cantidad de vapor de agua tiene.

**2.1.4.3 Secado por absorción.**-Se realiza con un producto higroscópico que absorbe la humedad del aire. El producto absorbente se coloca en un cartucho recambiable formando una pieza que se conoce como secador deshidratador. El aire comprimido circula por el secador instalado en el circuito y secando el aire de la humedad, la cual queda retenida en el producto higroscópico.

El secador dispone de un circuito interno que cada cierto tiempo invierte la circulación del aire y limpia el producto higroscópico de la humedad almacenada.

Este es el método de secado empleado por los vehículos (ver Figura.8). Los secadores deshidratadores se montan en los vehículos con circuitos neumáticos y es necesario sustituirlos, como cualquier filtro, en los tiempos que recomienden los fabricantes del vehículo.

Figura 8. Secador de camión

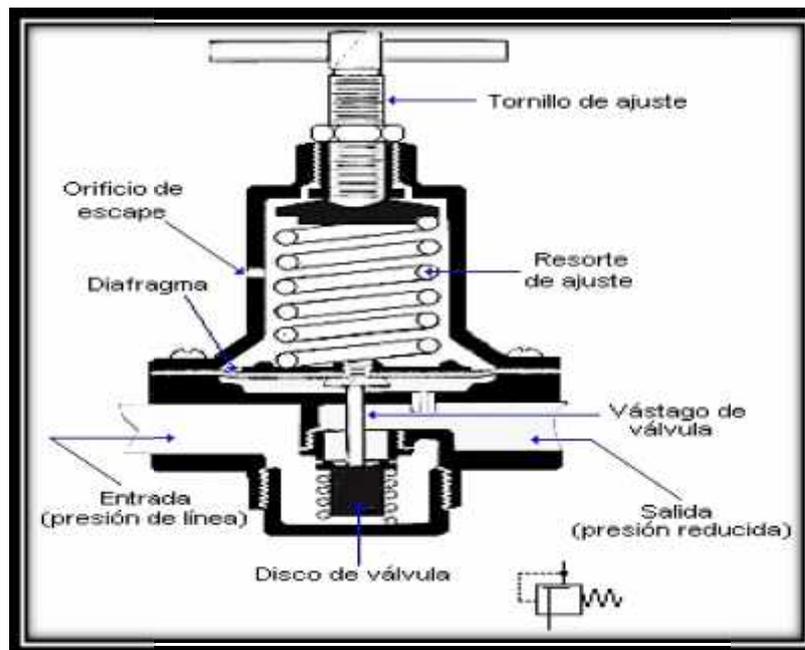


Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1182/2/CAPITULO%20I.pdf>

**2.1.4.4 Regulador de presión.** La válvula utiliza simplemente la presión de un resorte contra un diafragma para abrir la válvula. En la parte inferior del diafragma, la presión de salida (la presión en el sistema de presión reducida) de la válvula fuerza el diafragma hacia arriba para cerrar la válvula. Cuando la presión de salida cae por debajo del punto de ajuste de la válvula, la presión del resorte supera la presión de salida y fuerza al vástago de válvula hacia abajo, abriendo la válvula. A medida que la

presión de salida aumenta, acercándose al valor deseado, la presión debajo del diafragma comienza a superar la presión del resorte, forzando el vástago de válvula hacia arriba, cerrando la válvula. Usted puede ajustar la presión de salida girando el tornillo de reglaje, que varía la presión del resorte contra el diafragma. Esta particular válvula por resorte fallará en la posición abierta si ocurre una ruptura del diafragma.

Figura 9. Regulador de presión

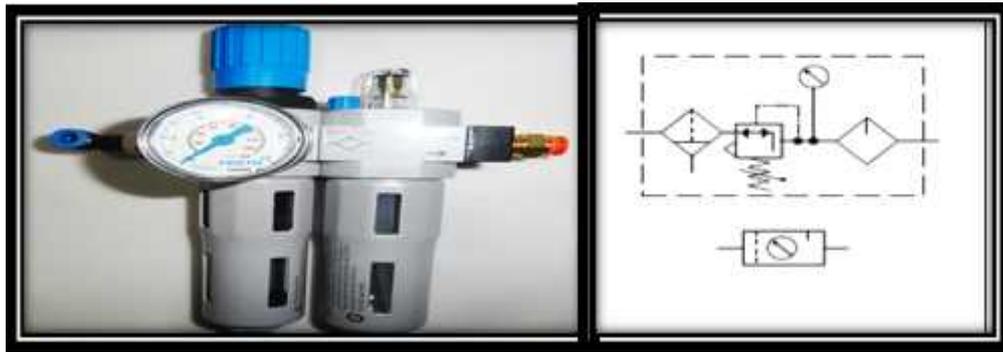


Fuente: <http://www.electricosonline.com/Privado/Fluidos/Neumatica/filtros42.htm>

**2.1.4.5 Unidad de Mantenimiento.** La unidad de mantenimiento se forma con los tres componentes en el orden siguiente: filtro de partículas, regulador y lubricador. La unidad de mantenimiento realiza las funciones de los tres componentes que la forman: (CARNICER, 1994)

- El filtro de partículas y agua limpia el aire de pequeñas gotas de agua y de componentes abrasivos (ver Figura 10).
- El regulador regula la presión de salida y la visualiza en el manómetro.
- El lubricador pulveriza aceite en el circuito para lubricar el aire.

Figura 10. Unidad de mantenimiento



Fuente: Autores

**2.1.5 Calderines y acumuladores de aire.** El aire comprimido tiene la ventaja de poder ser almacenado en acumuladores lo cual presenta ciertas ventajas como:

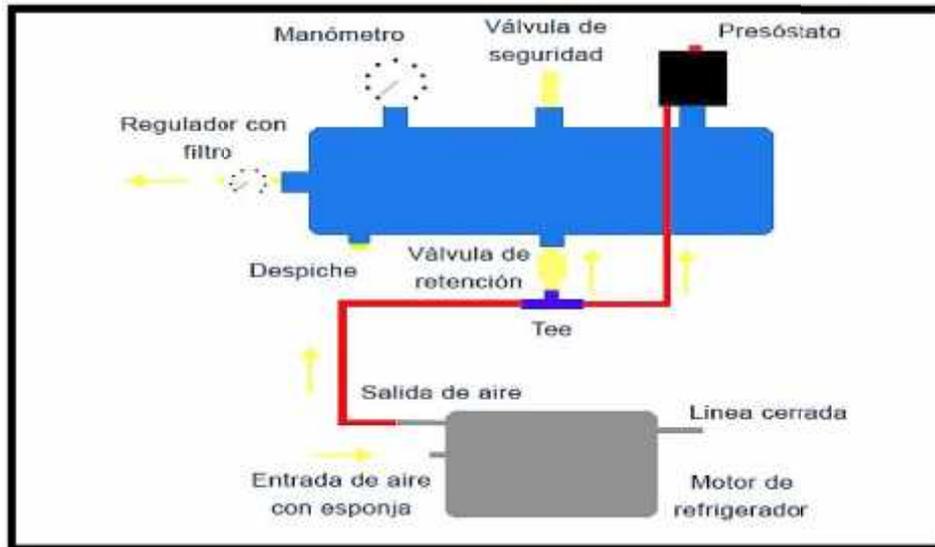
- Compensa los cambios de presión en la red a medida que se consume aire comprimido.
- Posibilita las paradas del compresor durante las que se enfría.
- Se dispone de una reserva de aire a presión que posibilita el funcionamiento del circuito durante un tiempo para garantizar la seguridad del circuito, frenar un vehículo o alcanzar la posición de partida o reposo, en caso de avería de componentes (falta de corriente eléctrica, avería en el compresor, regulador, etc.).
- Los acumuladores se pueden encontrar fijos o montados en los vehículos independientemente de su ubicación y posición de montaje como los de la Figura 12.

Las características y componentes de seguridad con que los calderines deben disponer son las siguientes:

- Los calderines son fabricados con acero de forma esférica o cilíndrica.
- Deben tener una válvula de vaciado del agua en la parte inferior del calderín.
- Los calderines de los camiones disponen de válvulas que se purgan de forma automática al vaciarse el calderín.

- Por seguridad, disponen de una válvula limitadora de presión que se emplea como medida de protección. La válvula se encuentra tarada a una presión superior a la presión de corte del compresor.

Figura 11. Calderínfijo



Fuente:<http://i176.photobucket.com/albums/w180/rickhunters/compresor/diagramaik9.jpg>

Figura 12. Calderín ubicado en el Camión



Fuente: Autores

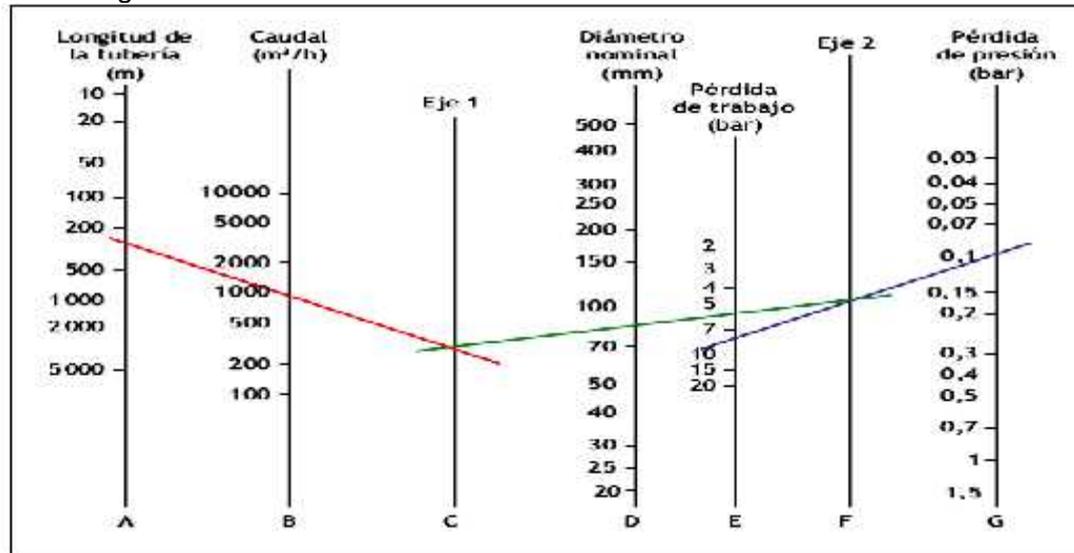
**2.1.6 Canalizaciones.** Permiten el transporte y distribución del aire comprimido desde su generación en el compresor hasta que llega a los receptores que transforman la presión que reciben en fuerza. El cálculo del diámetro de la canalización se realiza empleando tablas de los fabricantes (ver Figura 13).

Para emplear estas tablas es necesario conocer la longitud total de la red, el caudal en metros cúbicos por hora, la presión de trabajo y la pérdida de presión admitida en la

red. Los materiales empleados en la fabricación de las canalizaciones rígidas son: acero, cobre, latón, etc.

En canalizaciones flexibles los materiales que se emplean son el caucho neopreno, poliamida y poliuretano.

Figura 13. Cálculo del diámetro interior de las tuberías de neumática



Fuente: [http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Imagenes/Capitulo5/5\\_45.jpg](http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Imagenes/Capitulo5/5_45.jpg)

**2.1.7 Válvulas.** Las válvulas distribuyen, regulan y controlan la presión o el caudal del aire del circuito, es decir, realizan todo el automatismo de funcionamiento del circuito. Las válvulas se colocan entre la fuente de presión y los actuadores.

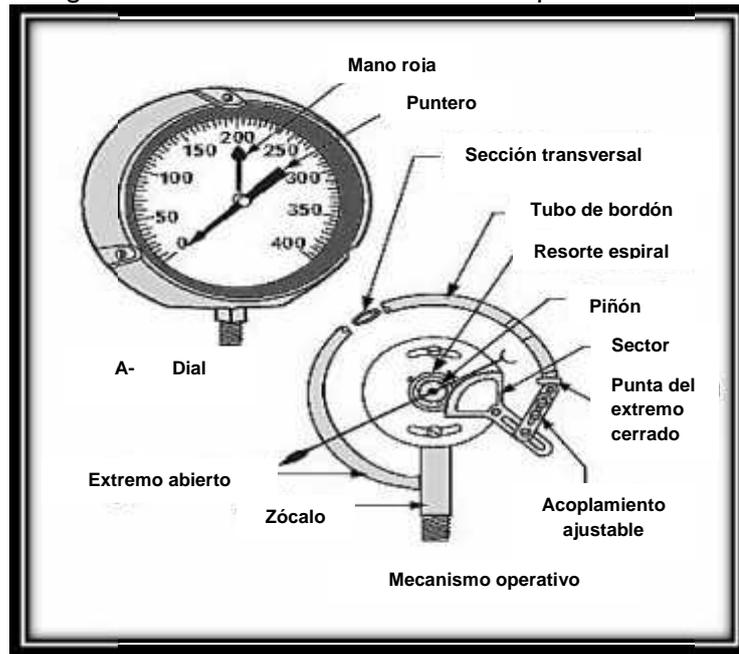
Según la misión que realicen en el circuito las válvulas pueden ser:

- Válvulas distribuidoras y de mando.
- Válvulas de bloqueo y conmutación.
- Válvulas de caudal y presión.
- Válvulas proporcionales.

**2.1.8 Medidores de presión.** Son instrumentos utilizados para la medición de presión en los fluidos.

**2.1.8.1 Manómetro de Bourdon.** Consiste en un tubo curvado de sección elíptica o rectangular soldado a un soporte por un extremo, quedando el otro lado libre, cuando aumenta la presión en el interior, el tubo tiende a desplazar su extremo libre, el mismo que va unido a un amplificador de piñón mecánico, todo el conjunto va encerrado en una caja metálica con cristal frontal donde se visualiza la escala.

Figura 14. Manómetro de Burdon. Esquema interno



Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/images/Bourdon.jpg>

## 2.2 Simbología neumática

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de los circuitos se utilizan símbolos. El símbolo indica gráficamente el número de vías de entrada y de salida, las posiciones que pueden tener y cómo se realiza su accionamiento: de forma manual, eléctrica, neumática, etc.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados: 2 cuadros corresponden a 2 posiciones, 3 cuadros corresponden a 3 posiciones (ver Tabla 1).

Tabla 1. Simbología utilizada en válvulas neumáticas

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO
Líneas	Tubería o conductos	
Flechas	Sentido de Circulación del fluido	
Líneas transversales	Posiciones de cierre	
Punto	Unión de conductos o tuberías	
Trazos unidos a la casilla	Conexiones de entradas y salidas	

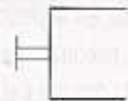
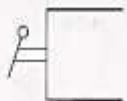
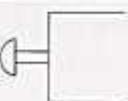
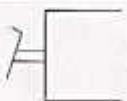
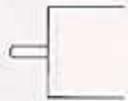
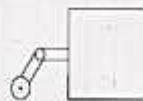
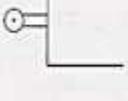
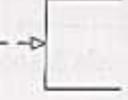
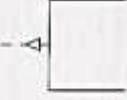
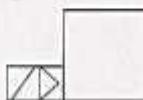
Tabla 1. (Continuación)

VÍAS	SIGNIFICADO
A,B,C	Tuberías o conductos de trabajo
P	Entrada de presión
R,S,T	Salidas de escape
Z,Y,X	Tuberías o conductos de pilotaje

Fuente: Autores

El funcionamiento y paso del fluido se representa esquemáticamente en el interior de los cuadrados mediante líneas, flechas, puntos, etc. La siguiente resume la simbología utilizada para las válvulas.(ROLDÁN, 2003)

Tabla 2. Tipos de accionamientos de válvulas neumáticas

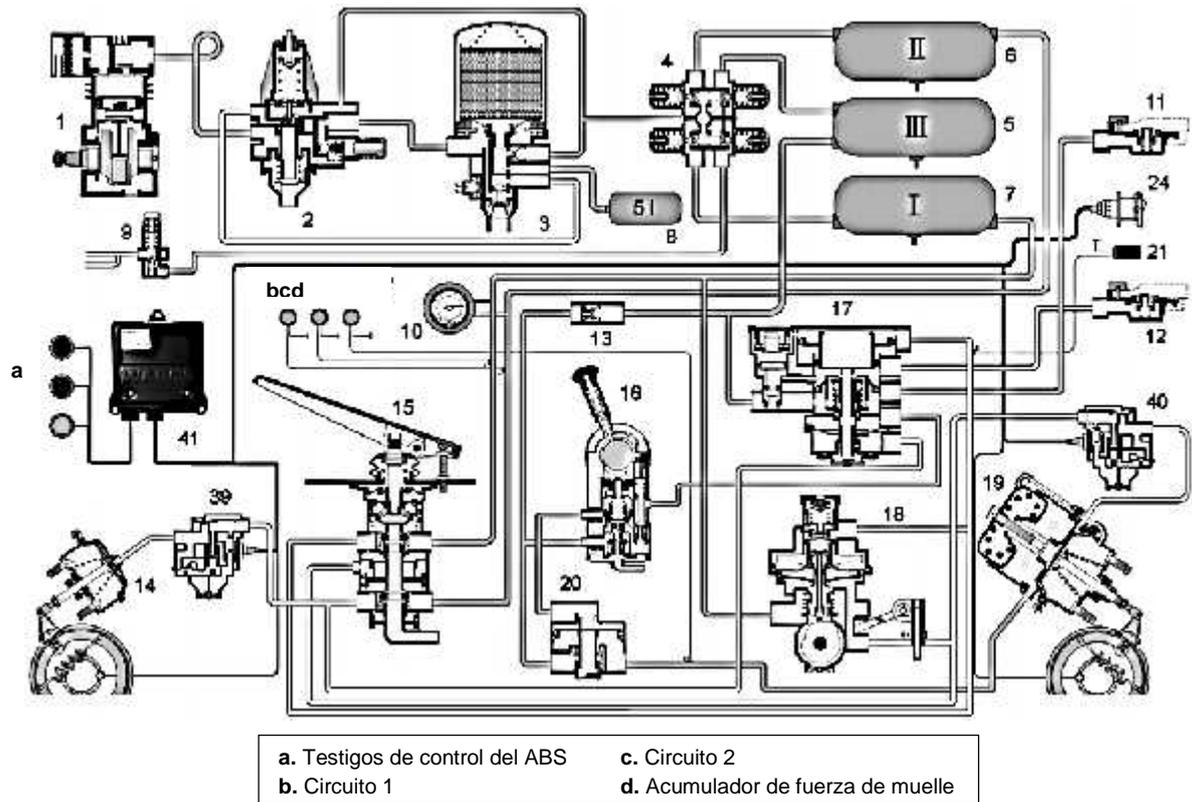
Accionamiento manual			
Manual General		Palanca	
Pulsador de seta		Pedal	
Accionamiento mecánico			
Pulsador Mecánico		Rodillo escamotable	
Rodillo		Muelle	
Accionamiento neumático			
Presión		Depresión	
Accionamiento eléctrico			
Electroimán		Electroimán servo pilotado	

Fuente: <http://crisportero.files.wordpress.com/2012/06/escanear0013.jpg>

## 2.3 Principales componentes de los sistemas neumáticos en los camiones europeos

2.3.1 *Sistemas de frenos.* A continuación en la Figura 15 se puede apreciar el sistema y funcionamiento de frenos.

Figura 15. Circuito de freno neumático en un camión



Fuente: WABCO.2012.Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

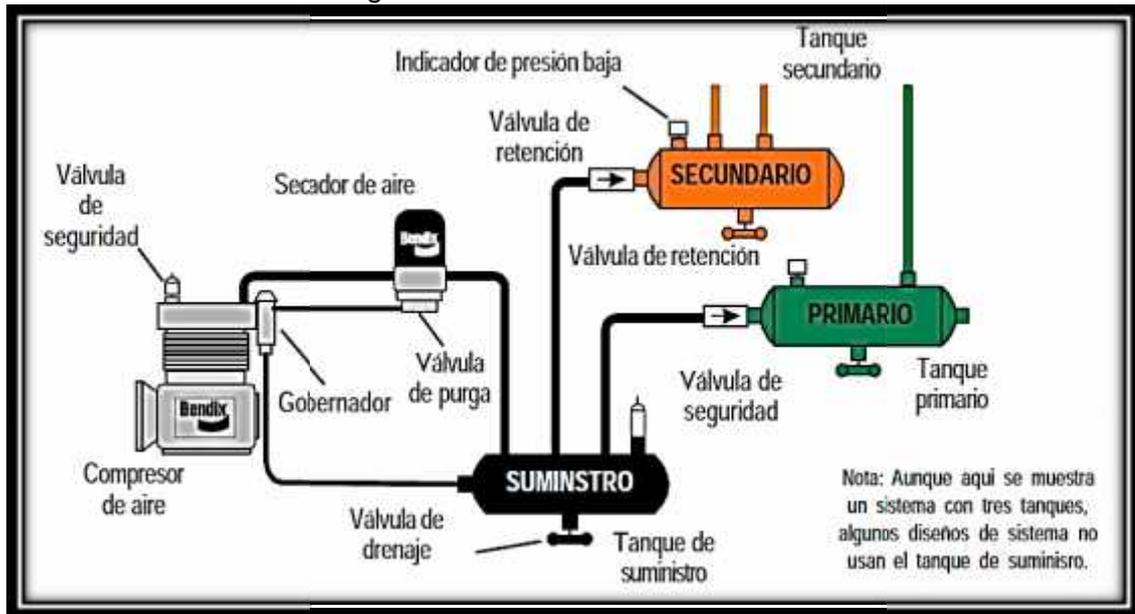
El aire comprimido suministrado por el compresor (1) llega al secador de aire (3) a través del regulador de presión (2), que mantiene la presión del sistema p. ej. Entre 7,2 y 8,1 bar. Aquí se extrae el vapor de agua contenido en el aire comprimido y se canaliza hacia el exterior a través de la purga del secador. El aire seco llega entonces a la válvula cuádruple de protección de circuito. La válvula cuádruple de protección de circuito (4), en caso de fallo de uno o varios circuitos, protege los circuitos intactos frente a una caída de presión. Dentro de los circuitos I y II del freno de servicio, el aire de alimentación llega a la válvula de freno de la cabeza tractora (15) procedente de los depósitos de aire (6 y 7). En el circuito III, el aire de alimentación fluye desde el depósito de aire (5) a través de la válvula de control direccional de 2/2 vías integrada en la válvula de control del remolque (17) y llega al cabezal de acoplamiento

automático (11). También fluye a través de la válvula de retención (13), la válvula del freno de mano (16) y la válvula de relé (20) para llegar al acumulador de fuerza de resorte del actuador Tristop® (19). A través del circuito IV se suministra aire a los posibles consumidores secundarios del sistema de freno motor. El sistema de frenos del remolque recibe aire comprimido a través del cabezal de acoplamiento (11) cuando la manguera de alimentación está acoplada. El aire pasa después por el filtro de tubería (25) y la válvula de freno del remolque (27) hasta el depósito de aire (28) y fluye también hasta las conexiones de alimentación de las válvulas de relé del ABS (38).

**2.3.2** *Circuito de alimentación.* El sistema de alimentación consiste en:

- *Un compresor de aire*, encargado de suministrar el aire a presión
- *Un gobernador*, para controlar cuando el compresor necesite acumular o detener la acumulación de aire para el sistema y también para controlar el ciclo de purga del secador de aire.
- *Un secador de aire*, para quitar el agua y las gotas de aceite del aire. Tanques o calderones para almacenar el aire que se va a utilizar para la frenada del vehículo, etc.
- *Válvulas de seguridad*, para proteger contra la presión excesiva en el sistema en caso de un mal funcionamiento de un componente del sistema de carga, por ejemplo, una línea bloqueada.
- *Válvulas de retención sencilla*, para mantener en una sola dirección el flujo de aire a los tanques. Este arreglo protege que los contenidos se drenen en caso de una pérdida de presión.
- *Válvulas de retención sencilla*, para mantener en una sola dirección el flujo de aire a los tanques. Este arreglo protege que los contenidos se drenen en caso de una pérdida de presión.
- *Indicadores de presión baja*, para alertar al conductor cuando un tanque tiene menos de la cantidad de aire disponible del que se había pre-establecido inicialmente.
- *Indicadores de presión baja*, para alertar al conductor cuando un tanque tiene menos de la cantidad de aire disponible del que se había pre-establecido inicialmente.

Figura 16. Circuito de alimentación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

## 2.4 Ventajas y desventajas del aire comprimido en los sistemas neumáticos de los camiones europeos

Entre las principales ventajas que presentan los sistemas de aire comprimido están:

- Permiten conseguir elevadas presiones que están muy por encima de los que puede conseguir un ser humano por el hecho de apretar el pedal de freno por ejemplo.
- Cuando se comprime aire en su estado libre, se guarda energía en el aire. Esta energía se puede usar para trabajar, y debido a la flexibilidad del aire, esta energía se puede guardar en un espacio relativamente pequeño.
- Podemos controlar la fuerza aplicada por el sistema de frenos controlando la presión de aire.

De igual manera existen algunas desventajas, pero que se ven compensadas con el trabajo que realizan los sistemas neumáticos entre las que tenemos:

- Requieren de un mantenimiento frecuente.
- Necesita dispositivos especiales para su funcionamiento, por lo que sus precios son elevados.
- Se requiere de mano de obra especializada para su mantenimiento.
- Son sistemas ruidosos.

## 2.5 Sistemas de frenos

2.5.1 *Válvula de pedal.* Su función es la de modular la presión del sistema de freno de servicio a través de dos circuitos:

Figura 17. Válvula de pedal

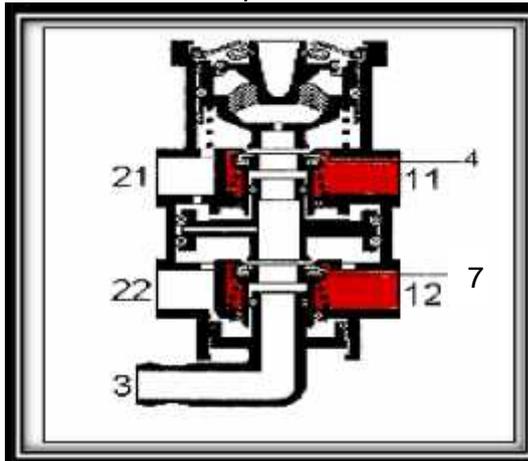


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

### Funcionamiento:

- a) *Posición de marcha:* El aire comprimido proveniente de los depósitos llega a los empalmes (11) y (12), pero no puede pasar a las cámaras de los empalmes (21) Y (22) con las válvulas de admisión (4) y (7) cerradas, estando el freno desaplicado.

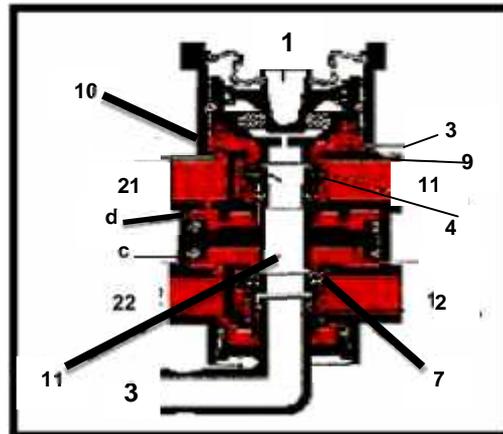
Figura 18. Válvula de pedal. Posición de marcha



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b)** *Posición del freno aplicado:* Al accionar el vástago (1) hacia abajo, el embolo (3) baja cerrando la desaireación (10) y abriendo la válvula (4). El aire fluye para la cámara (a) a través del orificio (f) para el empalme (21). Al mismo tiempo el aire fluye para la cámara (d) a través del orificio (e) donde ejerce presión sobre el embolo (6), el cual cierra la desaireación (11) y abre la válvula (7). De esta forma el aire comprimido a través del orificio (c) fluye para el empalme (22).

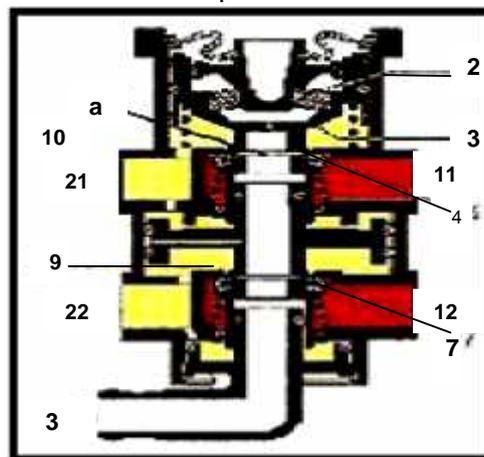
Figura 19. Válvula de pedal. Posición de freno aplicado



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- c)** *Posición de equilibrio:* Con la presión de la cámara (a) en el embolo (3) igualándose con la fuerza del muelle de goma (2), ocurre la elevación del embolo (3), cerrando la válvula (4), pero manteniendo la desaireación (10) todavía cerrada, y asegurando la presión deseada en el empalme 21. De forma similar ocurre en el empalme 22, pues este es comandado por el empalme 21.

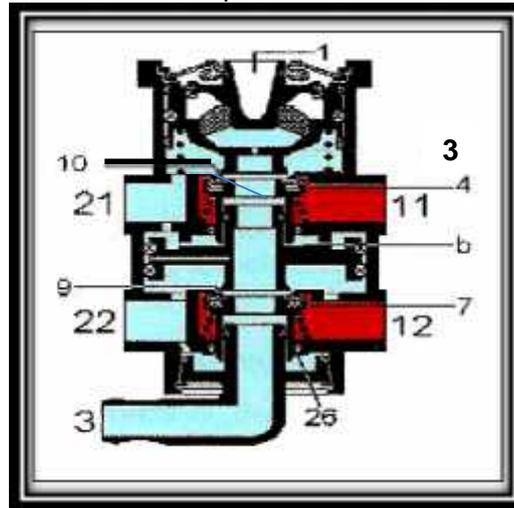
Figura 20. Válvula de pedal. Posición de equilibrio



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- d) *Posición de desaireación:* Al retirar la fuerza sobre el vástago (1), el embolo (3) se desplaza totalmente hacia arriba abriendo la desaireación (10), y cerrando la válvula (4). El aire del empalme 21 sale hacia la atmosfera por la desaireación (3). Pero en este caso, no existe presión en la cámara (b) el aire del empalme 22, también es expelido con la apertura de la desaireación (9)

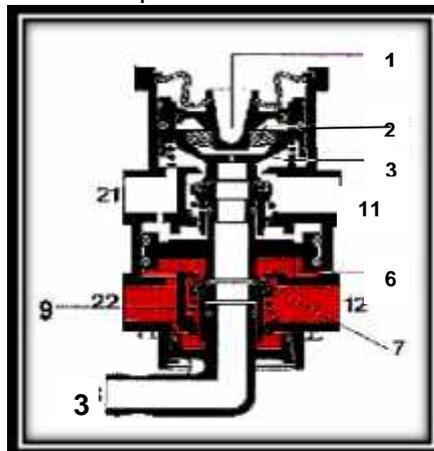
Figura 21. Válvula de pedal. Posición desaireación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- e) *Falla en uno de los circuitos:* Habiendo falla en el empalme 22, el empalme 21 funcionara normalmente, debido a que el empalme 22 es comandado por el empalme 21. Por otro lado, si ocurre una falla en el empalme 21, el empalme 22 será accionado mecánicamente por el embolo (6) abriendo la válvula (7) y cerrando la desaireación.

Figura 22. Válvula de pedal. Falla en uno de los circuitos.



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**2.5.2** *Válvula de desaireación automática.* Su función es retirar el agua del depósito húmedo.

Figura 23. Válvula de desaireación automática

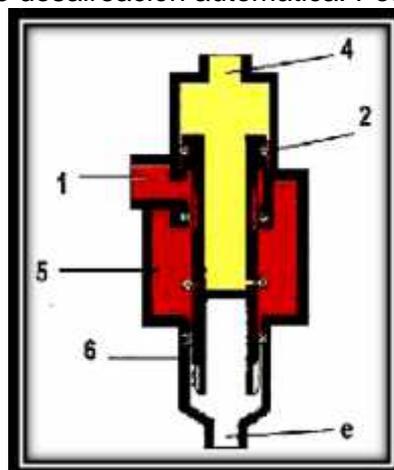


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**Funcionamiento:**

- a) *Posición de Alimentación:* El aire comprimido proveniente del depósito húmedo entra en el empalme (1) de la válvula de desaireación. En la posición de alimentación el aire comprimido proveniente de la línea entre el compresor y el regulador de presión desplaza el embolo (2) hacia abajo. El agua y el aceite existentes en el depósito entran en el empalme (1) acumulándose en la cámara (5) de la válvula. Al mismo tiempo, el aire comprimido entre el compresor y el regulador de presión mantiene la válvula cerrada por el anillo toroidal "O" 6.

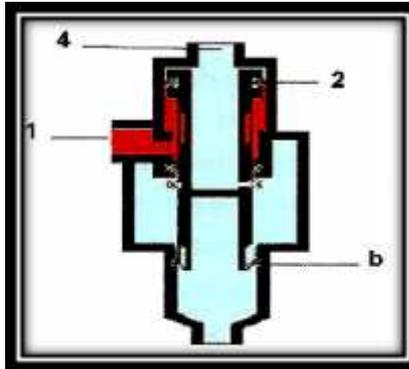
Figura 24. Válvula de desaireación automática. Posición de alimentación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b) *Posición de des aireación:* La presión entre el compresor y el regulador de presión disminuye a cero bar en el empalme (4), la presión del depósito empuja el embolo (2) hacia arriba, de esta forma el agua es expelida a través del canal (b) del embolo (2) hacia la atmosfera.

Figura 25. Válvulas de desaireación automática. Posición de desaireación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- 2.5.3** *Regulador de presión.* Su función es la de controlar automáticamente la presión del sistema de frenos.

Figura 26. Regulador de presión



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**Funcionamiento:**

El aire comprimido empujado por el compresor pasa a través de la boca 1 y el filtro (g) y llega a la cámara B. Tras abrir la válvula de retención (e) el aire llega a través de la

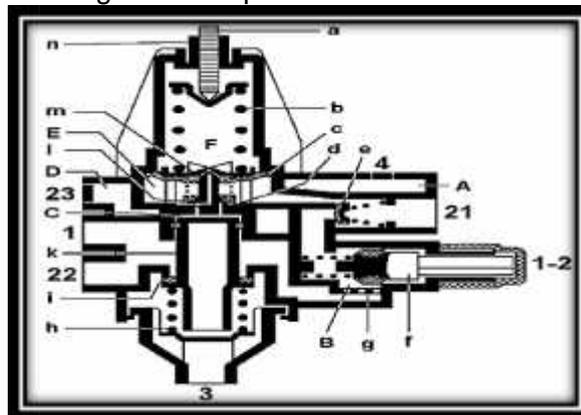
tubería saliente de la boca 21 hasta los depósitos de aire y la cámara E. La boca 22 está prevista para la activación de un dispositivo anticongelante conectado posteriormente. En la cámara B se crea una fuerza que actúa sobre la parte inferior de la membrana (c).

En cuanto esta fuerza supera la fuerza del resorte de compresión (b) ajustada con el tornillo (a), la membrana (c) se curva hacia arriba arrastrando el pistón (m). La salida (l) se cierra y la entrada (d) se abre, de forma que el aire comprimido presente en la cámara E llega a la cámara C y mueve el pistón (k) hacia abajo en sentido contrario a la fuerza del resorte de compresión (h). La salida (i) se abre y el aire comprimido empujado por el compresor sale al exterior por el escape 3. Debido a la caída de presión en la cámara B se cierra la válvula de retención (e) y queda asegurada la presión del sistema.

El compresor continúa funcionando en funcionamiento sin carga hasta que la presión del sistema desciende por debajo de la presión de conexión del regulador. La presión en la cámara E también desciende por debajo de la membrana (c). A continuación, la membrana y el pistón (m) son presionados hacia abajo debido a la fuerza del resorte de compresión (b). La entrada (d) se cierra, la salida (l) se abre y el aire de la cámara C pasa a través de la cámara F y un orificio de unión y sale al exterior por el escape 3. El resorte de compresión (h) mueve el pistón (k) hacia arriba y la salida (i) se cierra.

El aire comprimido empujado por el compresor fluye ahora de nuevo a través del filtro (g) hasta la cámara B, abre la válvula de retención (e) y el sistema vuelve a llenarse hasta alcanzar la presión de desconexión del regulador de presión.

Figura 27. Regulador de presión. Posición de alimentación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**2.5.4** *Válvula de control.* Son aquellas que permiten el paso de aire controlado.

**2.5.4.1** *Válvula de Relé.* Su función es la de presurizar y despresurizar rápidamente los cilindros de los frenos.

Figura 28. Válvula de Relé

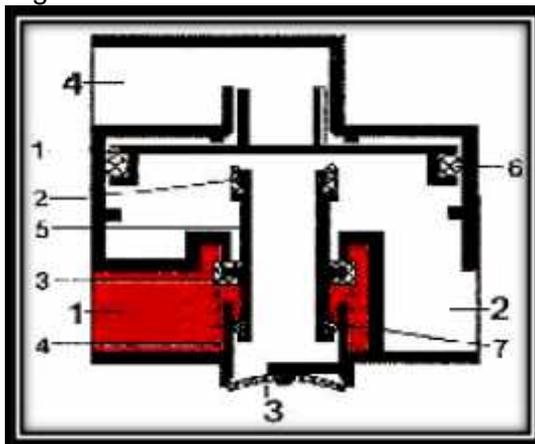


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**Funcionamiento:**

- a) *Posición cerrada:* El empalme (1) es conectado a la línea de presión constante y el empalme (4) a la línea de mando. Cuando la cámara referente al empalme (4) este sin presión, el embolo (5) permanecerá en la posición superior debido a la acción del muelle (4), por lo tanto la válvula (3) estará cerrada, estando la salida del empalme (2) sin presión.

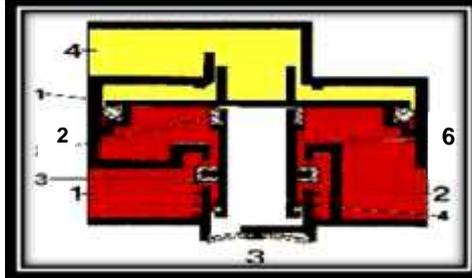
Figura 29. Válvula relé. Posición cerrada



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b)** *Posición abierta:* Al ser presurizado el empalme (4), el embolo (1) baja cerrando la descarga (2) y abre la válvula (3), permitiendo así que el aire comprimido proveniente del depósito en el empalme (1) y para la salida (2).

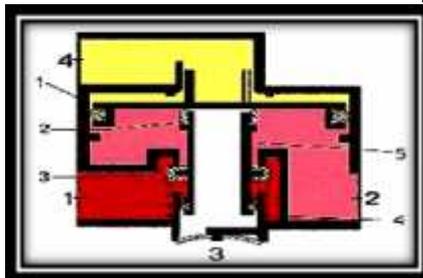
Figura 30. Válvula Relé. Posición abierta



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- c)** *Posición de equilibrio:* Cuando la presión en el empalme (2) sea igual a la presión en el empalme (4), la válvula (3) se cierra manteniendo la presión en la salida (2) constante.

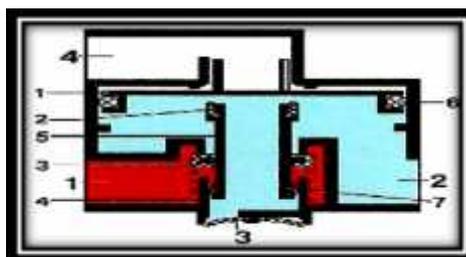
Figura 31. Válvula relé. Posición de equilibrio



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- d)** *Posición de desaireación:* En la medida que la 'presión del empalme (4) es aliviada, la presión del empalme (2) vence la presión sobre el embolo (1) y abre la válvula (2), liberando el aire del empalme (2).

Figura 32. Válvula relé. Posición de desaireación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**2.5.4.2 Válvula de protección (APU).** Su función es la de garantizar una presión preestablecida en los circuitos de los frenos en caso de defecto en uno o más circuitos.

Figura 33. Válvula de protección APU

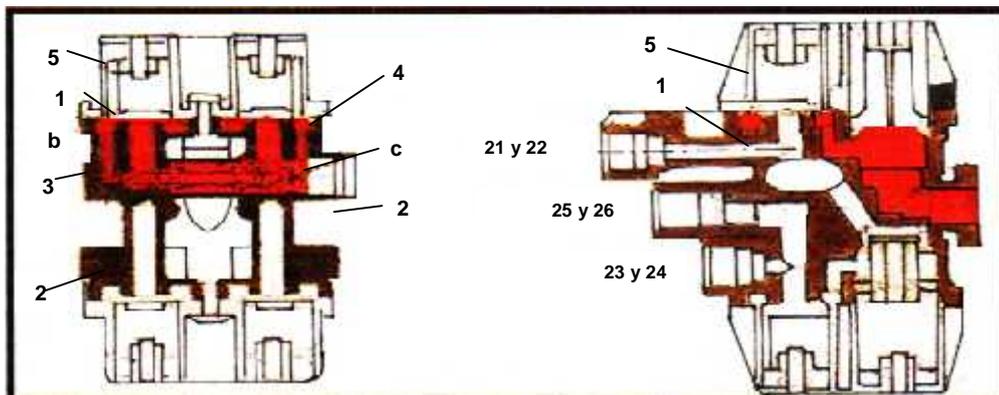


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**Funcionamiento:**

- a) *Posición de válvula cerrada:* El aire proveniente del secador de aire empalme (21) fluye hacia el empalme 1 presurizando la parte inferior de las empaquetaduras (1). Esta presión aumenta gradualmente hasta alcanzar el valor de la presión de apertura establecida, simultáneamente la presión inicia su paso por los orificios (b) y (c) abriendo las válvulas de retención (29) permitiendo el pasaje del aire hacia los circuitos 21 y 22 y presuriza los émbolos (3) hasta alcanzar la presión de apertura.

Figura 34. Válvula de protección. Válvula cerrada.

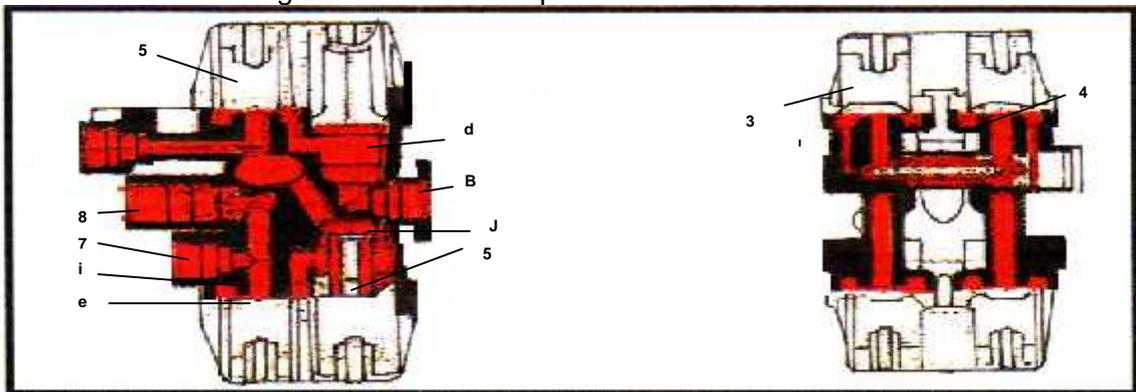


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b) *Posición de la válvula abierta:* Alcanzando la presión de apertura la empaquetadura (1) es empujada venciendo la fuerza del muelle (5), el aire fluye

del empalme (1) para los circuitos 21 y 22 y presuriza los émbolos (3) contra la fuerza del muelle (4), el aire fluye a través del canal (d) pasa por la válvula (8) de la limitadora que se encuentra abierta, por lo tanto el aire pasa por la cámara (e). Esta presión aumenta gradualmente hasta alcanzar el valor de la presión establecida, fluyendo el aire para los circuitos 23, 24, 25, y 26 a través del canal 7. Cuando la presión en los circuitos 23, 24, 25 y 26 se eleva por encima de la presión establecida limitada a (8.5 bares) la presión en la cámara (i) aumenta desplazando el émbolo (5) hacia abajo contra la fuerza (L), cerrando la válvula (8) y el canal (J) del embolo (5) manteniendo la presión en los circuitos constante.

Figura 35. Válvula de protección. Válvula abierta



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**2.5.5** *Válvula de freno de estacionamiento (vehículo tractor)*. Su función es controlar gradualmente el freno de emergencia y de estacionamiento del vehículo tractor y del remolque separadamente.

Figura 36. Válvula de freno de estacionamiento



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

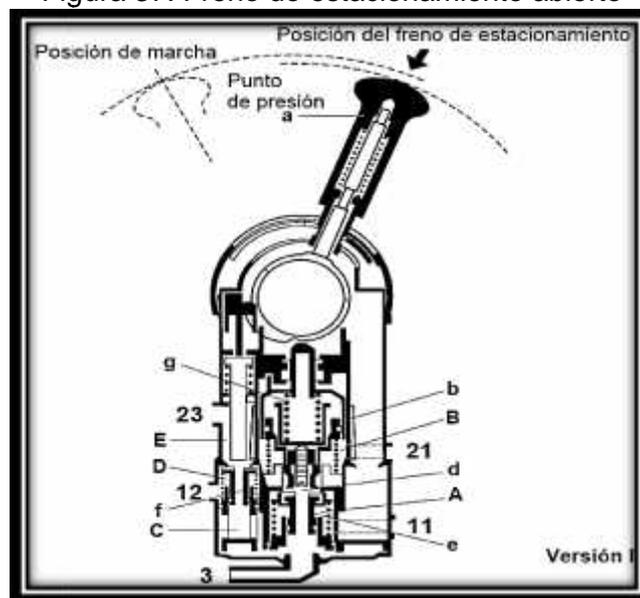
### Funcionamiento:

Las dos bocas 11 y 12 reciben aire comprimido desde circuitos de alimentación separados. En el actuador con cámara de muelle están las presiones reguladas 21 y 23 gracias a una válvula de control direccional de 2 vías. Si la presión cae debido a una rotura en cualquier parte de las tuberías del circuito de cámara de muelle no se produce un frenado forzoso descontrolado.

La válvula de des frenado actúa como seguro contra la rotura de tuberías y se encarga de asegurar la presión en el actuador de freno con cámara de muelle gracias al segundo circuito intacto.

La lámpara de control de des frenado encendida avisa al conductor de la existencia de daños, pero el actuador de freno con cámara de muelle permanece des frenado. Al accionar la palanca de freno (a) aproximadamente 10°, la válvula (f) cierra la unión entre las cámaras E y D. El aire comprimido presente en la boca 23 sale al exterior a través de la cámara C y la boca 3. A continuación comienza el funcionamiento graduable normal de la válvula base para frenar y estacionar el vehículo.

Figura 37. Freno de estacionamiento abierto



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**2.5.6** *Válvula de protección cuatro circuitos.* Su función es la de garantizar una presión preestablecida en los circuitos de frenos en caso de defecto en uno o más circuitos.

Figura 38. Válvula de cuatro circuitos

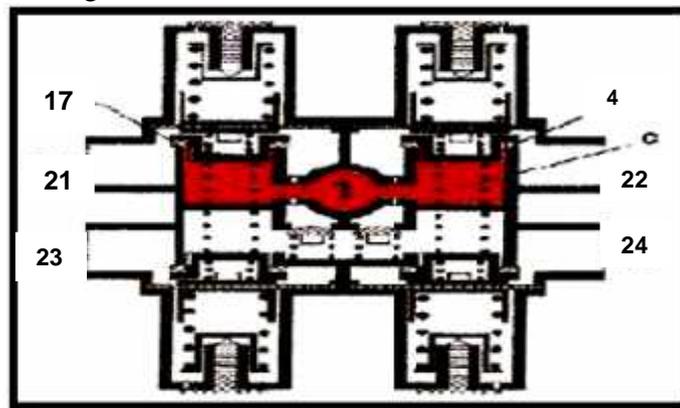


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**Funcionamiento:**

- a) *Válvula cerrada:* El aire entra por la válvula de protección cuatro circuitos a través del empalme (1), de donde se origina la presión en la parte inferior de las válvulas (17). Esta presión aumenta gradualmente, hasta alcanzar el valor de la presión de apertura.

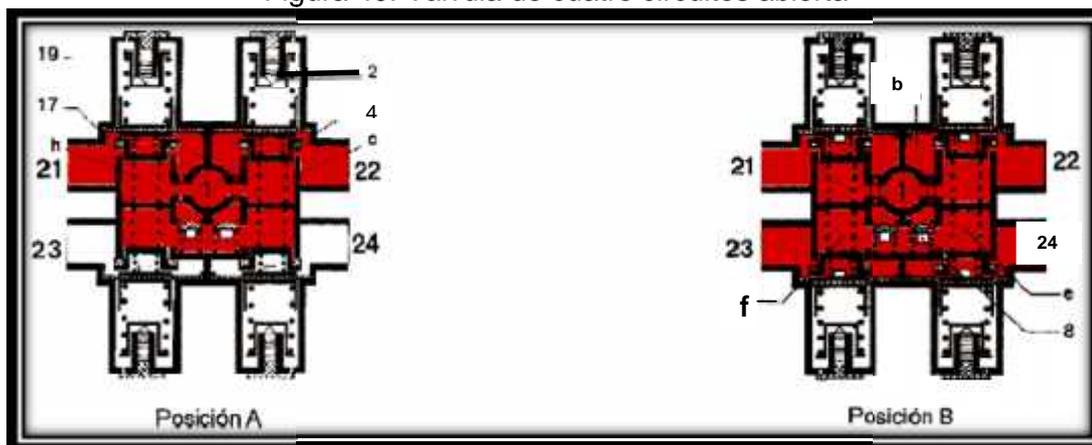
Figura 39. Válvula de cuatro circuitos cerrada



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b) *Válvula abierta:* De esta forma la válvula (17) es presionada contra la fuerza del muelle (19); entonces el aire fluye del empalme (1) para los empalmes (21) y (22) presurizando el circuito de freno de servicio (posición A). Después el aire alcanzará los empalmes (23) y (24) presurizando los circuitos del freno de estacionamiento y auxiliar respectivamente (posición B). Estando los cuatro circuitos intactos ocurre un equilibrio de la presión. Habiendo un consumo excesivo de aire en uno de los circuitos, este puede ser suplido por los demás circuitos hasta el valor de la presión de cierre.

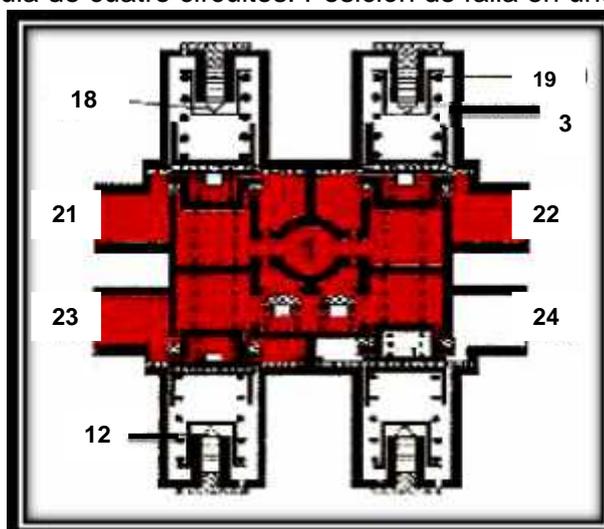
Figura 40. Válvula de cuatro circuitos abierta



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- c) *Falla en uno de los circuitos:* Cuando uno de los circuitos falla, el aire que alimenta la válvula (empalme 1) y el aire de los otros circuitos, fluye a través del escape, hasta que se alcance el valor de la presión de cierre de la válvula (17) que presenta falla (empalme 24). Con las válvulas cerradas la presión provista por el empalme (1) alimenta nuevamente los circuitos sin defectos hasta la presión de apertura, que es ajustada por el muelle (19) del circuito con defecto (empalme 24).

Figura 41. Válvula de cuatro circuitos. Posición de falla en uno de los circuitos



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

**2.5.7 Válvulas distribuidoras.** Su función es controlar el freno de servicio y emergencia del semirremolque.

Figura 42. Válvula distribuidora



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

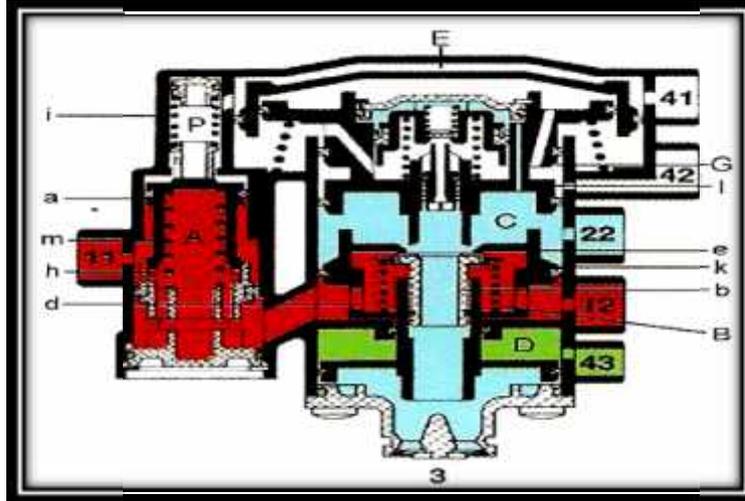
**Funcionamiento:**

- a) Posición de Alimentación:** En la condición de sin presión, el émbolo de mando (a) se mantiene en la posición inferior debido a la acción de la fuerza del muelle (i). Durante el abastecimiento del depósito de aire, el aire comprimido que llega al empalme 11, presuriza la cámara (A) elevando el émbolo de mando (a) contra la fuerza del muelle (i).

El aire comprimido fluye a través del orificio (d) para la cámara (B) presurizando el empalme 12 y consecuentemente, la cabeza de acoplamiento del semirremolque. Del mismo modo el aire comprimido existente en la cámara (B) levanta el émbolo (k) abriendo la válvula de admisión (b) y cerrando la descarga (e). La presión en la cámara (B) fluye para la cámara (C) presurizando el empalme 22 y posteriormente la cabeza de acoplamiento del semirremolque (ver Figura 43).

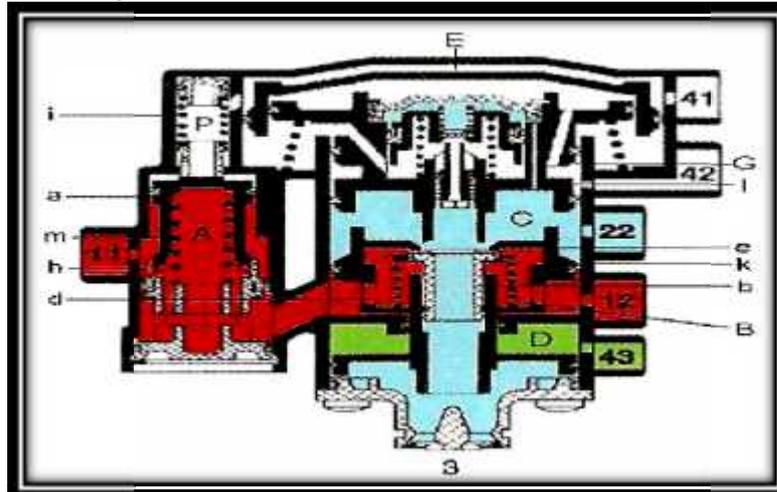
- b) Posición de marcha (freno liberado):** Con el vehículo en movimiento, la cámara (D) referente al empalme 43 es presurizada debido al accionamiento de la válvula de freno de estacionamiento. La cámara (D) al ser presurizada, presiona el émbolo de mando (k) hacia abajo cerrando la válvula de admisión (b) y abriendo la descarga (e). De esta forma, el freno del semirremolque es liberado debido a la despresurización del empalme 22 (ver Figura 44).

Figura 43. Válvula distribuidora. Posición de alimentación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

Figura 44. Válvula distribuidora. Freno liberado

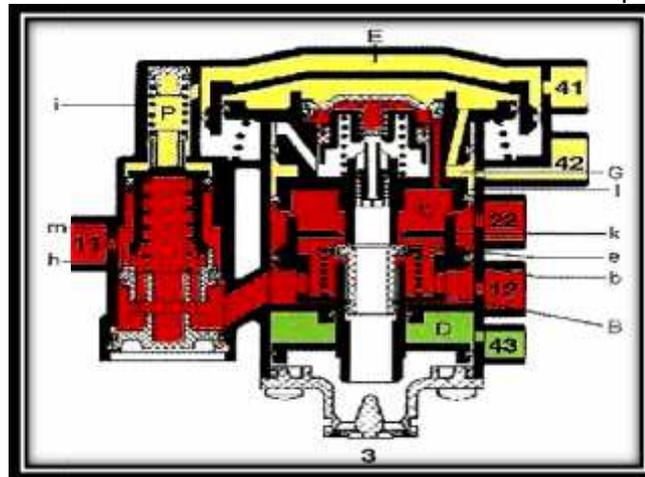


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- c) *Posición del freno de servicio aplicado:* Cuando los empalmes 41 y 42 son presurizados por el freno de servicio, la presión en la cámara (E) y 0 (G) presiona el émbolo de mando (I) hacia abajo, cerrando la desaireación o salida (e) y abriendo la válvula de admisión (b). De esta forma, la presión existente en la cámara (B) fluye para la cámara (C) debajo del émbolo (I) presurizando el empalme 22. Este por su vez está conectado a la cabeza de acoplamiento del semirremolque (ver Figura 45).
- d) *Posición de desaireación.* En la posición de desaireación, el aire comprimido existente en los empalmes 41 y 42 es expelido hacia la atmósfera. De esta forma, la presión existente en la cámara (C) levanta el émbolo (I) hacia arriba,

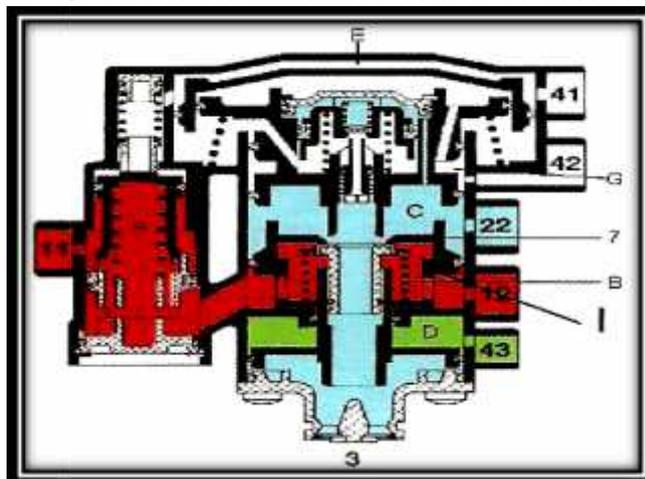
cerrando la válvula de admisión (b) abriendo la válvula de des aireación (e). El aire comprimido existente en la tubería y en la cámara (C) es expelido hacia la atmósfera, a través de la salida de des aireación (ver Figura 46).

Figura 45. Válvula distribidora. Freno de servicio aplicado



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

Figura 46. Válvula distribidora. Posición de desaireación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

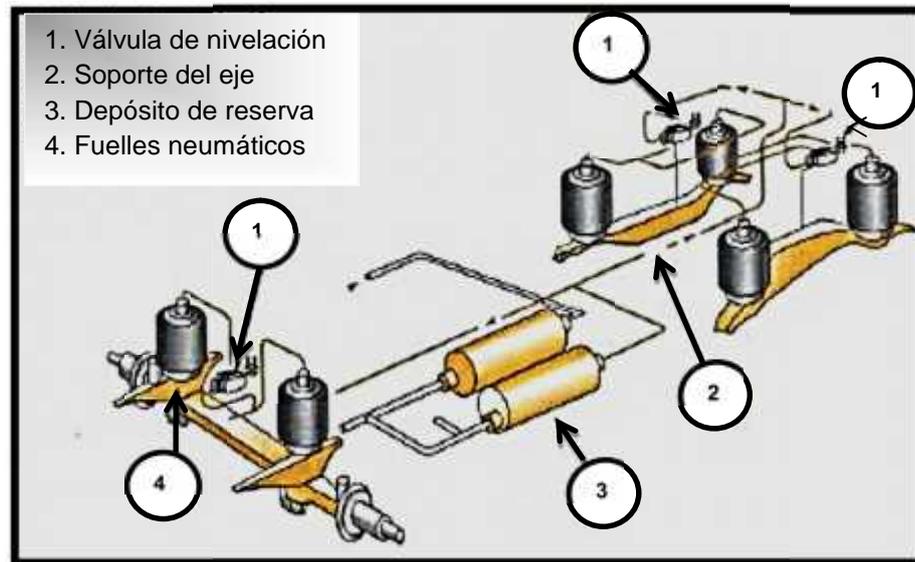
## 2.6 Suspensión neumática

**2.6.1 Esquema y funcionamiento.** En la Figura 47 se puede apreciar los componentes de una suspensión neumática.

**Funcionamiento.-** Esta suspensión se basa en el mismo principio de la suspensión convencional. Consiste en intercalar entre el bastidor y el eje de las ruedas o los

brazos de suspensión un resorte neumático. El resorte neumático (fuelle) está formado por una estructura de goma sintética reforzada con fibra de nailon que forma un cojín vacío en su interior. Por abajo está unido a un émbolo unido sobre el eje o brazos de suspensión.

Figura 47. Componentes del sistema de suspensión neumática



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

Por encima, va cerrado por una placa unida al bastidor. La acción llevada a cabo por los fuelles neumáticos implica un control constante del aire comprimido que se encuentra dentro de ellos.

Esta condición hace posible que la suspensión se adapte a diferentes estados de carga, y la posibilidad de elevar la altura del bastidor a un determinado nivel. La disposición puede ser de un fuelle por cada rueda o incluso dos por cada rueda.

La alimentación del aire comprimido es proporcionada por el compresor para el circuito general de frenos y para la suspensión neumática.

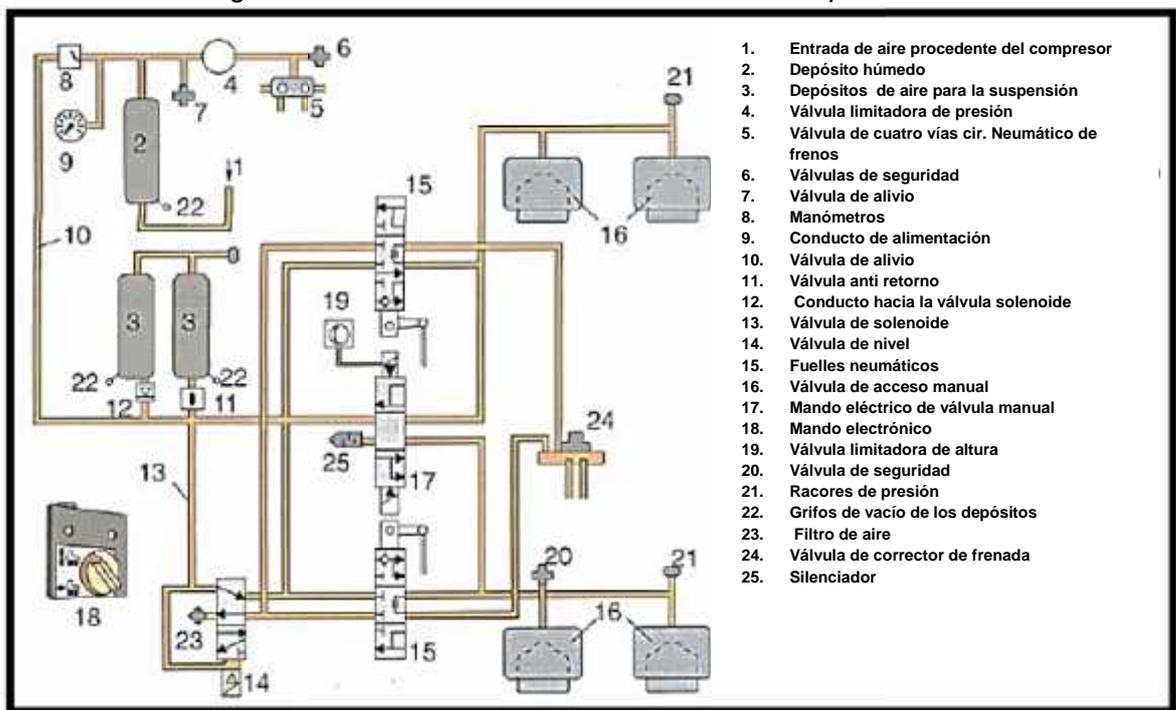
El compresor, que es accionado por el motor térmico, comprime el aire y lo envía hasta el depósito de frenos que son prioritarios por obvias razones, alcanzando una presión en el interior de unos 10 bares. Una vez alcanzada esta presión, una válvula de alivio situada a la entrada del circuito de suspensión, permite el paso de aire hacia dicho circuito.(ALONSO, 1999)

Por debajo de esta presión, el aire sólo alimenta el circuito de frenos; si por cualquier circunstancia, bajara la presión de los frenos, esta válvula permitiría pasar aire de la suspensión a los frenos.

En el depósito de la suspensión se almacena el aire a unos 12 bares. El aire presuriza las mangueras y válvulas de control donde la presión de aire permanece lista para ser utilizada.

**2.6.2 Circuito neumático.** En la siguiente se puede visualizar las partes del sistema neumático de suspensión.

Figura 48. Partes del sistema neumático de suspensión



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

El aire procedente del compresor, pasa por el depósito húmedo para su secado, dicho depósito debe alimentar de alta presión los depósitos de aire de la suspensión. Para llevar a cabo esta operación es necesario disponer de una válvula limitadora de presión (4) dirigida al circuito de frenos, el cual trabaja a valores aproximados de 7.5 a 7.7 bar, partiendo de la válvula limitadora (4) el aire pasa a la válvula de cuatro vías (5) que forma parte del circuito neumático de frenos. Las válvulas de seguridad mantienen la presión permitiendo el paso de aire al circuito de suspensión cuando el de frenos alcanza una presión de alrededor de 10 bar. A la entrada de los depósitos de suspensión, hay una segunda válvula de alivio para controlar la presión de entrada y

llenado de los mismos, estando uno de ellos dotado también de una válvula anti retorno.

A la vez que se llenan los depósitos, el aire puede pasar por la válvula solenoide desde la cual, en determinadas ocasiones, se puede alimentar las válvulas de nivel para regular los fuelles neumáticos.

La válvula de accionamiento manual es pilotada eléctricamente mediante los mandos de la cabina. Las válvulas de nivel (15) son válvulas distribuidoras 4/3 que tienen la misión de regular la cantidad de aire que entra o sale de los fuelles en función de la carga que tenga el vehículo. A ellas les llega la mayor o menor presión que manda la válvula solenoide (14), según la corriente recibida. La instalación está dotada de racores para conexión de manómetros, realizar comprobaciones de presión, grifos de vaciado de depósitos, filtro de aire, alimentación de la válvula del corrector de frenado para su regulación según la carga y un silenciado.

## **2.7 Válvulas sensibles a la carga ( suspensión mecánica)**

Su función es controlar la presión en las cámaras de freno de servicio (en la trasera) en función de la carga del vehículo.

Figura 49. Válvula sensible a la carga



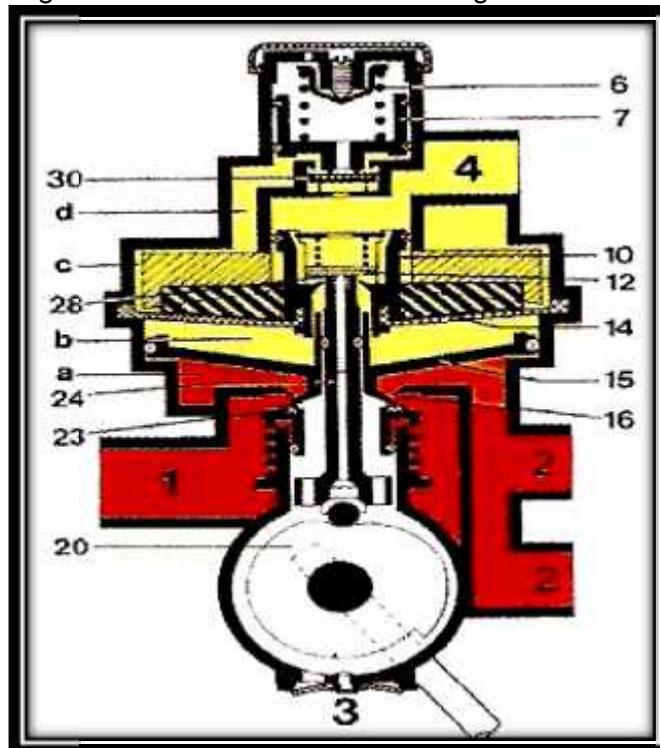
Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

### **Funcionamiento:**

- a) *Pre control:* Cuando es presurizado el empalme 4, el aire comprimido fluye a través de la válvula (30) que está abierta para el canal (d), presurizando la cámara (c) encima de la membrana (14). Simultáneamente el émbolo (10) es presurizado y empujado hacia abajo. Con el movimiento del émbolo (10) hacia

abajo la desaireación (28) es cerrada y la válvula de admisión (12) se abre. Con la apertura de la válvula de admisión (12) el aire que entra en el empalme 4 fluye para la cámara (b) debajo de la membrana (14), presurizando el área superior del émbolo (15) desplazándolo hacia abajo. Con el desplazamiento del émbolo (15) la desaireación (16) se cierra y la válvula de admisión (23) se abre. La presión existente en el empalme 1 fluye ahora para los empalmes 2. Con lo máximo de 0.8 bar de presión, el émbolo (7) sube y comprime el muelle (6) cerrando la válvula de pre control (30). Con el cierre de la válvula (30) la presión existente en la cámara (a) levanta el émbolo (15) cerrando la válvula de entrada (23), encerrando así el ciclo de pre control.

Figura 50. Válvula sensible a la carga. Pre control

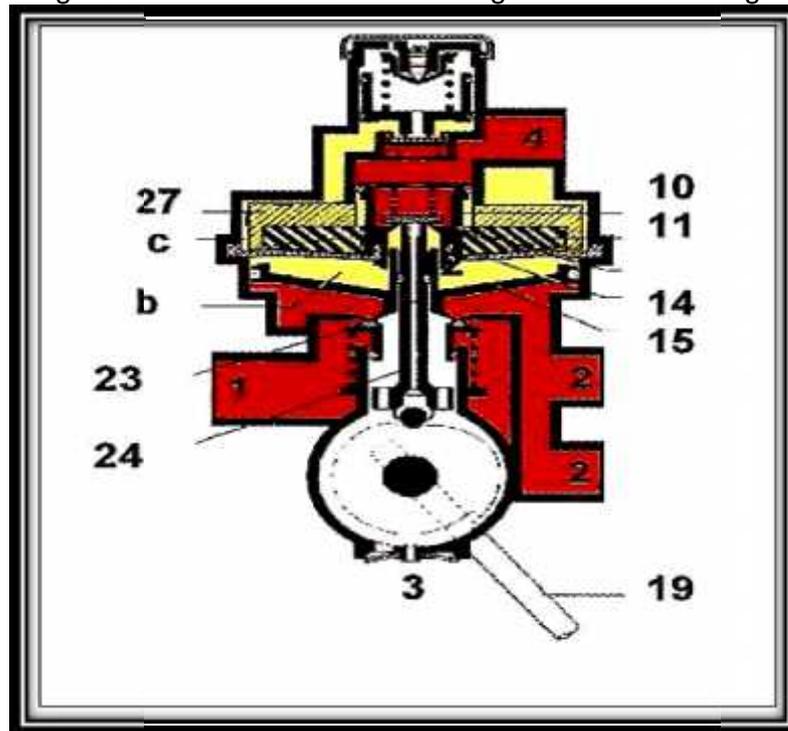


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b)** *Posición de frenado: vehículo sin carga:* En esta condición el vástago (19) que está fijado en el amortiguador de vibración (eje trasero del vehículo) gira el eje (20), como consecuencia el vástago tubular (24) también se mueve para una posición máxima inferior. Al accionar el freno de servicio la presión en el empalme 4 presiona el émbolo de mando (10) hacia abajo contra el vástago tubular (24), abriendo la válvula de admisión (12). La presión fluye ahora para la cámara (b) desarrollándose abajo del diafragma (14). En esta condición el área activa del diafragma (14) es mayor que el área del émbolo de mando (10). Ahora una presión menor es bastante para levantar el diafragma (14) junto con el

embolo de láminas (11) que está acoplado al émbolo (10) y cerrar la válvula de admisión (12). Con la válvula de admisión (12) cerrada la presión existente en la cámara (c) fuerza el émbolo (15) hacia abajo abriendo la válvula (23); el aire fluye del empalme 1 para el empalme 2. En esta condición misma con el aumento de presión en el empalme 4 ocurre una reducción de presión en el empalme 2 y como consecuencia en los cilindros de freno.

Figura 51. Válvula sensible a la carga. Frenado sin carga

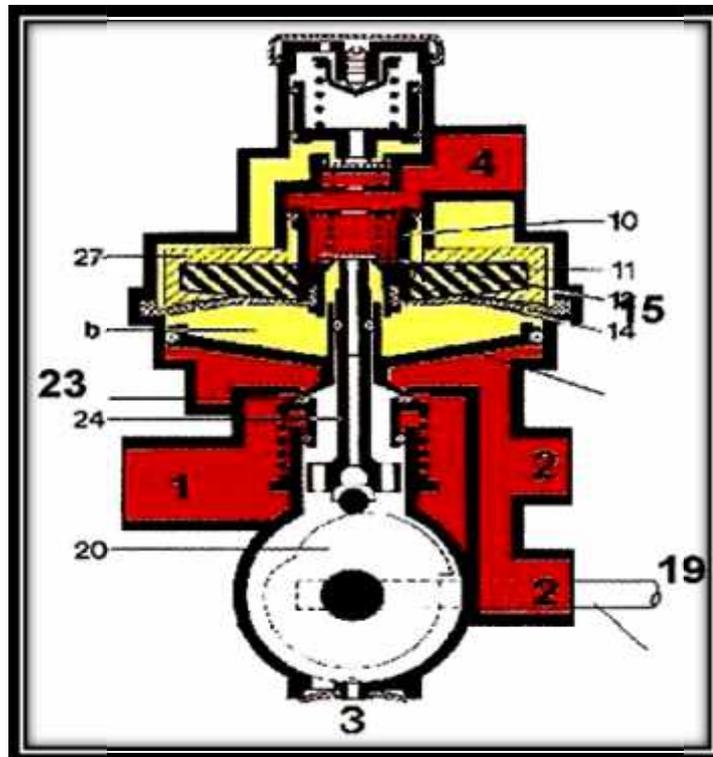


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- c) *Posición de frenado: Vehículo con media carga:* Cuando el vehículo es cargado el vástago (19) gira el eje (20) proporcionalmente a la deflexión de la suspensión. Como consecuencia el vástago tubular (24) se mueve para una posición más elevada. Al accionar el freno de servicio la presión que entra en el empalme 4 presiona el émbolo (10 hacia) abajo contra el vástago tubular (24) que está ahora en un punto más elevado; la presión del empalme 4 fluye para la cámara (b) desarrollándose abajo del diafragma (14) levantando el émbolo de láminas (11). El émbolo de láminas (11) al elevarse se encaja en el espaciador (27). Así una parte del área activa del diafragma (14) se apoya en el émbolo de láminas (27). Como el área activa del diafragma (14) disminuye, la presión en la cámara (b) debe aumentar. De esta forma ocurre un equilibrio de fuerzas entre el émbolo de mando (10) y el diafragma (14) cerrando la válvula de admisión (12). Con la válvula de admisión (12) cerrada, la presión existente en la cámara (b) fuerza el

émbolo (15) hacia abajo abriendo la válvula (23); la presión existente en el empalme 1 fluye para el empalme 2 aumentando la presión en los cilindros de freno.

Figura 52. Válvula sensible a la carga. Frenado a media carga.



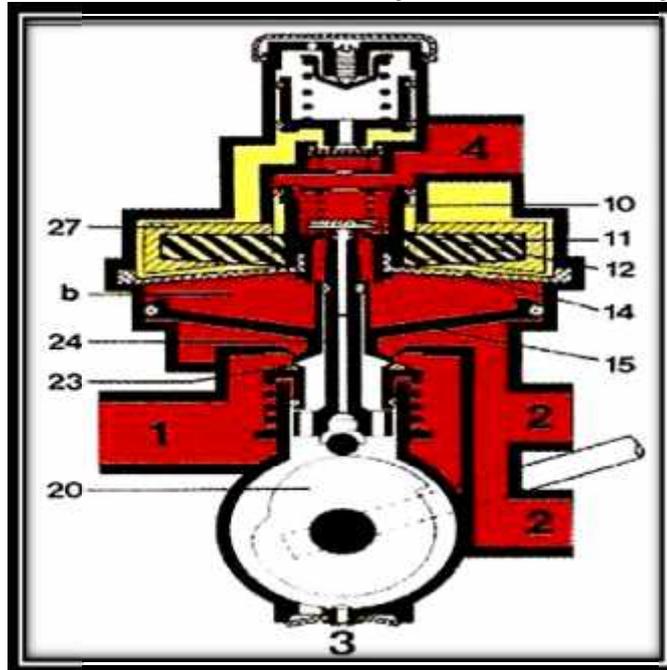
Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- d) *Posición de frenado: Vehículo con carga total:* Cuando el vehículo es cargado hasta su límite total de carga (carga máxima), el vástago (24) es elevado todavía más por el eje (20). El aire comprimido que entra en el empalme 4 durante el frenado desplaza el émbolo (10) hacia abajo. Después de un recorrido relativamente pequeño, el flujo de aire es liberado para la cámara (b) a través de la válvula (12) que está abierta.

De esta forma la membrana (14) junto con el émbolo (10) son nuevamente levantados, el émbolo (11) se encaja completamente en el espaciador (27), haciendo que el área activa de la membrana (14) se apoye en el espaciador (27). Está así neutralizada la contra fuerza.

Con plena presión en la cámara (b) el émbolo (15) es forzado hacia abajo abriendo la válvula (23). El aire ahora fluye del empalme 1 para los empalmes 2 actuando los cilindros de freno.

Figura 53. Válvula sensible a la carga. Frenado con carga total



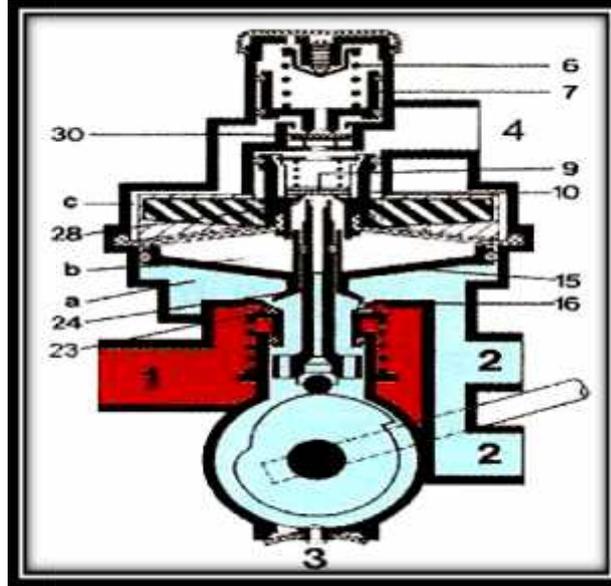
Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- e) *Posición de des aireación:* Independiente de la condición de carga del vehículo, cuando el sistema de freno es desaplicado, es retirada la presión en el empalme 4. Simultáneamente disminuye así la presión encima del émbolo (10) y de las válvulas (9) y (30). La fuerza del muelle (6) desplaza hacia abajo el émbolo (7) abriendo la válvula (30). La presión de pre-control actuante en la cámara (c) es ahora liberada a través del empalme 4. La presión de pre control actuante en la cámara (c) es ahora liberada a través del empalme 4.

La presión existente en la cámara (b) es liberada hacia la atmósfera a través del orificio central del vástago (24). Con la despresurización de la cámara (b) la presión existente en la cámara (a) empuja el émbolo (15) hacia arriba, cerrando la válvula (23) y abriendo la desaireación (16).

El aire comprimido existente en los empalmes 2 y en los cilindros de freno, es liberado hacia la atmósfera a través del empalme 3.

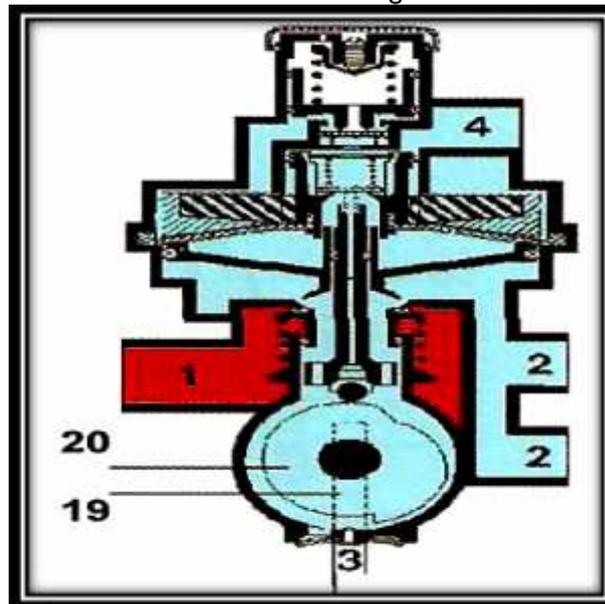
Figura 54. Válvula sensible a la carga. Posición de desaireación



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- f) *Posición de frenado: con la ruptura del vástago:* En el caso de ruptura del vástago (19), automáticamente un muelle acoplado en el eje (20) posiciona internamente la válvula para la condición de “media carga”. En esta condición, al ser accionado el freno de servicio, la válvula sensible a la carga presuriza las cámaras de freno con una presión constante.

Figura 55. Válvula sensible a la carga. Posición de frenado

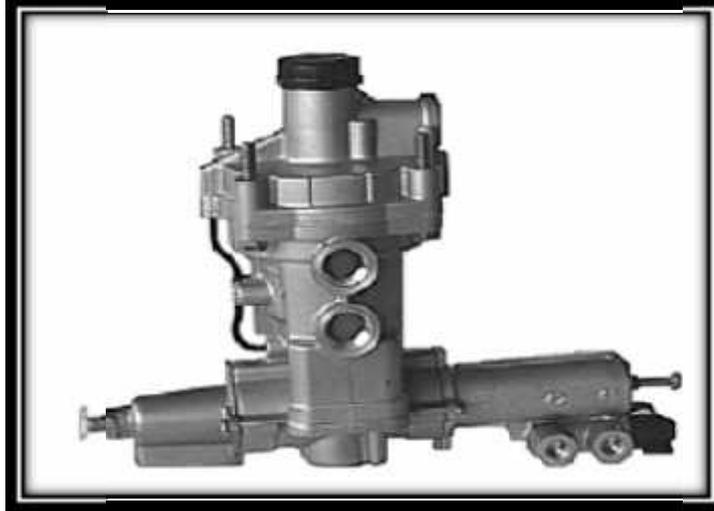


Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

## 2.8 Válvula sensible a la carga (suspensión neumática)

Su función es controlar la presión de las cámaras de freno de servicio trasero en función de la carga del vehículo.

Figura 56. Válvula sensible a la carga. Suspensión neumática



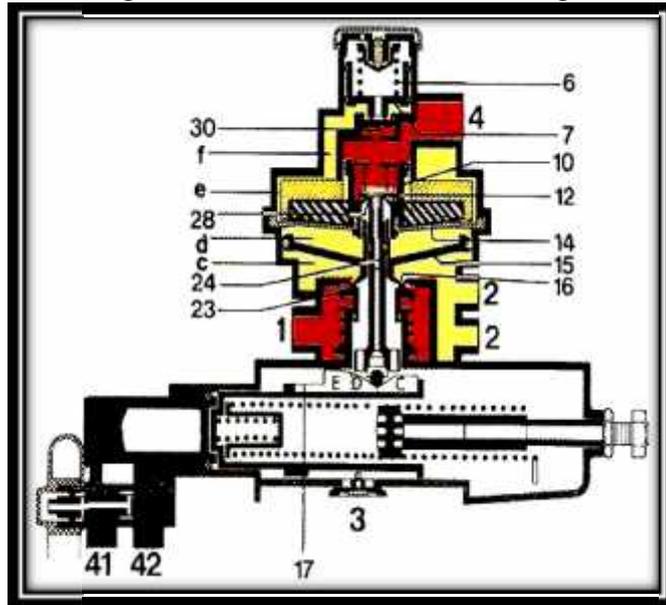
Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

### Funcionamiento:

- a) *Pre control:* Independiente de la condición de carga del vehículo cuando es presurizado el empalme 4, el aire comprimido fluye a través de la válvula (30) que está abierta para el canal (a), presurizando la cámara (e) encima de la membrana (14). Simultáneamente el émbolo de mando (10) es presurizado y empujado hacia abajo. Con el movimiento del embolo (10) hacia abajo, se cierra la desaireación (28) y se abre la válvula de admisión (12). Con la apertura de la válvula de admisión (12) el aire que entra en el empalme 4 fluye para la cámara (b) debajo de la membrana (14) presurizando el área superior del embolo de mando (15) desplazándolo hacia abajo. Con el desplazamiento del embolo (15) hacia abajo la válvula de desaireación (16) se cierra y la válvula de admisión (23) se abre, la presión existente en el empalme 1 fluye ahora para el empalme 2.

Con lo máximo de 0.8 bares de presión del émbolo (7) sube contra la fuerza del muelle (6) cerrando la válvula de pre control (30). Con el cierre de la válvula (30) la presión existente en la cámara (a) levanta el émbolo (15) cerrando la válvula de entrada (23) encerrando así el ciclo de pre control.

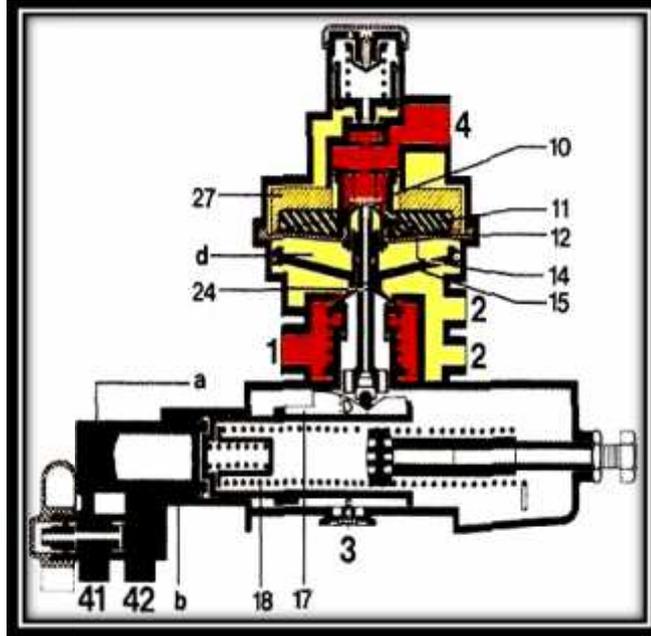
Figura 57. Válvula sensible a la carga



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- b) *Posición de frenado (Vehículo sin carga):* Las presiones existentes en las bolsas de aire de la suspensión del vehículo en las cámaras (E) y (F) de la válvula, presionan el émbolo de mando (17) contra la fuerza del muelle (18) posicionándolo para una ubicación más baja, consecuentemente el vástago tubular (24) también se mueve para una posición máxima inferior. Al accionar el freno de servicio la presión en el empalme 4 presiona el émbolo de mando (10) hacia abajo contra el vástago tubular (24), abriendo la válvula de admisión (12). La presión fluye ahora para la cámara (b) desarrollándose abajo del diafragma (14). En esta condición el área activa del diafragma (14) es más grande que el área del émbolo de láminas (11) que está acoplado al émbolo (10). Ahora una presión menor es bastante para levantar el diafragma (14) junto con el émbolo de mando (10) y cerrar la válvula de admisión (12). Con la válvula de admisión (12) cerrada la presión existente en la cámara (b) fuerza el émbolo (15) hacia abajo abriendo la válvula (23). El aire fluye del empalme 1 para el empalme 2. En esta condición, mismo con el aumento de presión en el empalme 4 ocurre una reducción de presión en el empalme 2 y consecuentemente en los cilindros de freno.

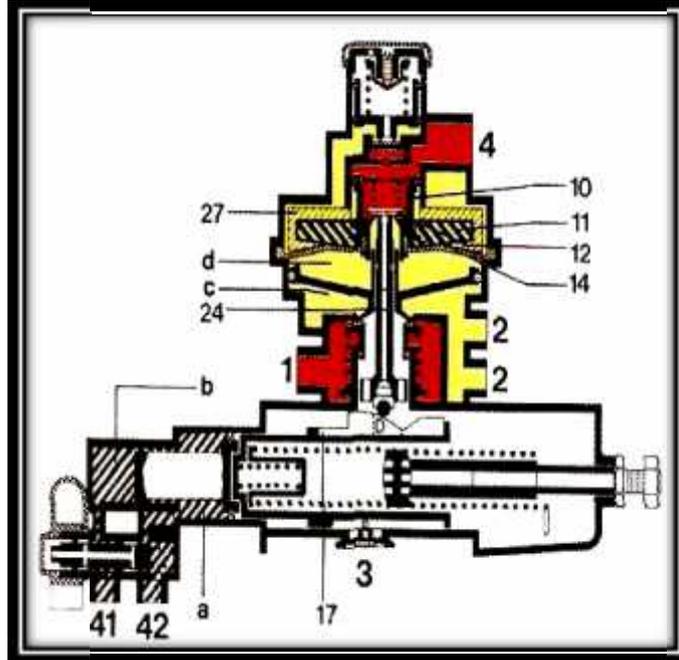
Figura 58. Válvula sensible a la carga SN. Frenado sin carga



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

- c) *Posición de frenado (Vehículo con media carga):* Cuando el vehículo es cargado, las presiones en las bolsas de la suspensión y en las cámaras (E) y (F) de la válvula aumentan. Con el aumento de la presión el émbolo de mando (17) es desplazado para una posición intermedia (área D. Consecuentemente el vástago tubular (24) se mueve para una posición más alta. Al accionar el freno de servicio la presión que entra en el empalme 4 presiona el émbolo (10) hacia abajo contra el vástago tubular (24) que está ahora en un punto más elevado. La presión de freno de servicio fluye ahora para la cámara (b) desarrollándose abajo del diafragma (14) levantando el émbolo de láminas (11). El émbolo de láminas (11) al levantarse se encaja en el espaciador (27). Así, una parte del área activa del diafragma se apoya en el espaciador (27). Como el área activa del diafragma disminuye, la presión en la cámara (b) debe aumentar. De esta forma, ocurre un equilibrio de fuerzas entre el émbolo de mando (10) y el diafragma (14) cerrando la válvula de admisión (12). Con la válvula de admisión (12) cerrando la presión existente en la cámara (b) fuerza el émbolo (15) hacia abajo abriendo la válvula (23); la presión existente en el empalme 1 fluye para el empalme 2 aumentando la presión en los cilindros de freno.(WABCO, 2012)

Figura 59. Válvula sensible a la carga S.N. Frenado con media carga



Fuente: WABCO.2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DEL BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO

El principal objetivo del proyecto es construir e implementar un banco de comprobación de válvulas neumáticas distribuidoras y de flujo que se utilizan en los sistemas automotrices para camiones europeos. EL equipo contará con todos los implementos necesarios para un trabajo garantizado, constituyéndose una herramienta útil, de fácil uso, permitiendo el desarrollo de destrezas en el control y mantenimiento, así como de un desarrollo integral para quien lo implemente en su taller.

#### 3.1 Diseño mecánico del banco de comprobación

El banco de pruebas consta básicamente de tres componentes:

- Estructura de hierro
- Recubrimiento
- Panel principal
- Circuito neumático

**3.1.1 Estructura de Hierro.** El equipo de comprobación tiene una estructura de hierro, con el fin de soportar todos los elementos constitutivos, así como los elementos a comprobar acorde al cumplimiento del objetivo del proyecto. Para la construcción de la estructura se utilizó 3 perfiles cuadrado de hierro de 6m x 1 1/2" x 2mm.

La Figura 60 muestra el esquema del módulo con las siguientes dimensiones:

- Altura= 1600 mm
- Ancho= 1200 mm
- Profundidad= 550 mm

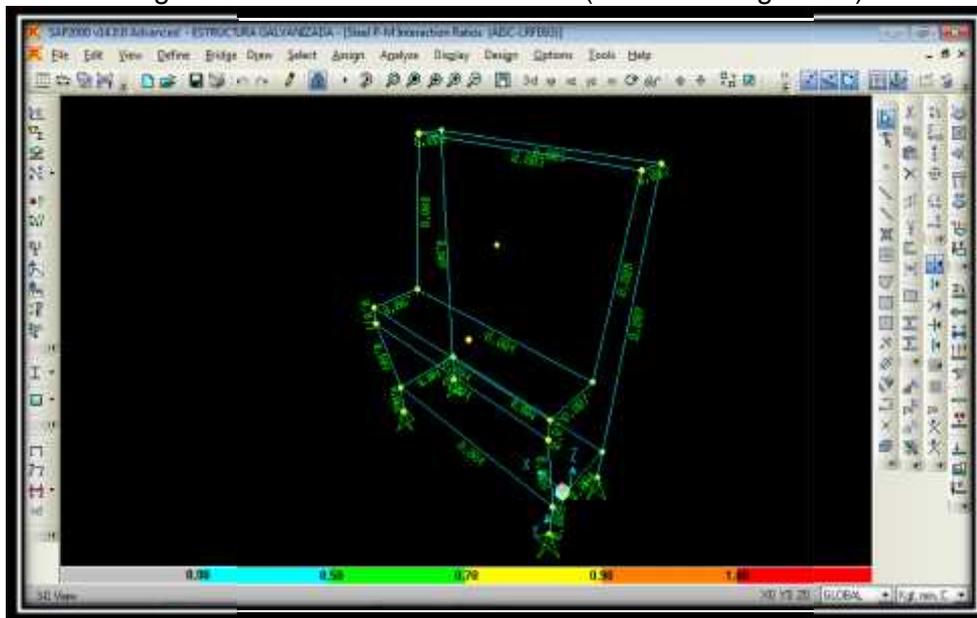
Figura 60. Estructura de hierro (Galvanizado)



Fuente: Autores

**3.1.2 Análisis de la estructura (SAP 2000 V14.0.0).** Este análisis consiste en justificar el Factor de seguridad que ofrece la estructura, demostrando valores que afirmen que el banco es factible para un trabajo seguro.

Figura 61. Análisis de la estructura (Factor de seguridad)



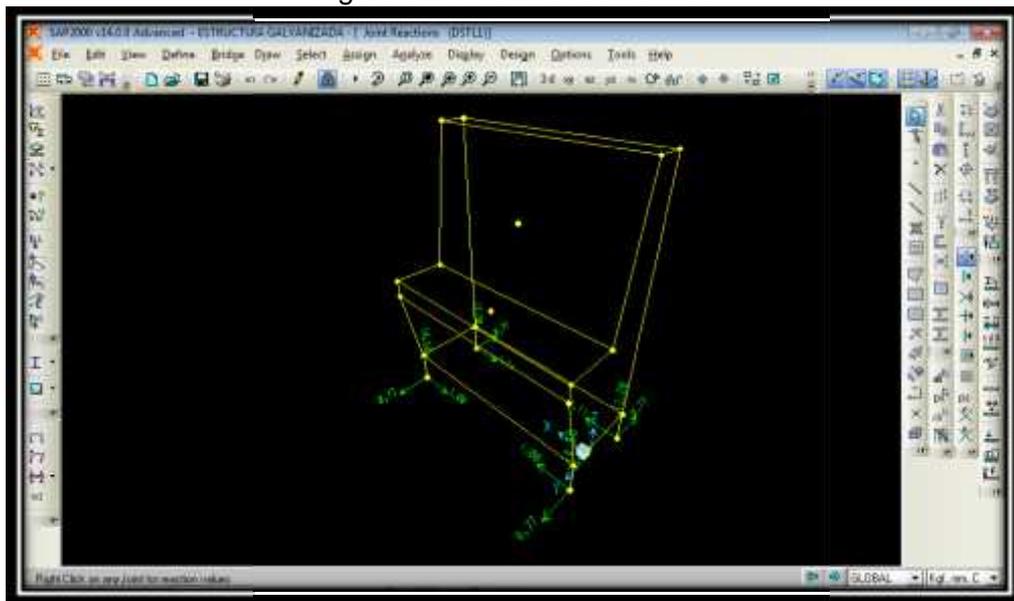
Fuente: Autores

- En la Figura 60 podemos apreciar un rango de valores en colores donde se observa el factor de seguridad que entrega la estructura, dicho rango es de (0-1).

- Se puede ver que la estructura se encuentra en un rango confiable de (0,50-0,70). Demostrándonos que la estructura es factible para empezar a trabajar sobre ella.
- Cuando el rango de factor de seguridad se encuentra de (0,70-0,90) la estructura esta propensa a sufrir un rompimiento en los puntos de suelda.

En la siguiente imagen se puede apreciar las fuerzas resultantes con respecto al suelo.

Figura 62. Fuerzas resultantes



Fuente: Autores

**3.1.3** *Recubrimiento de tol.* Una vez completado el ensamblaje de la estructura de hierro se procede a cortar los recubrimientos de láminas de tol de 1/16" de espesor para realizar los laterales, parte superior y la parte posterior del banco de pruebas.

Los recubrimientos de tol se sujetan a la estructura de hierro mediante suelda SMAW y electrodos 6011 y 6013. Par la construcción de la mesa de trabajo y panel principal se empleara lámina de tol de 3mm de espesor debido a que va soportar el peso de los elementos a ser comprobados así como herramientas que se utilicen durante el desarmado. Adicionalmente el banco de pruebas contará con una puerta de acceso a la parte posterior del panel principal con el objetivo de dar mantenimiento a los diferentes componentes neumáticos.

Figura 63. Recubrimiento de tol

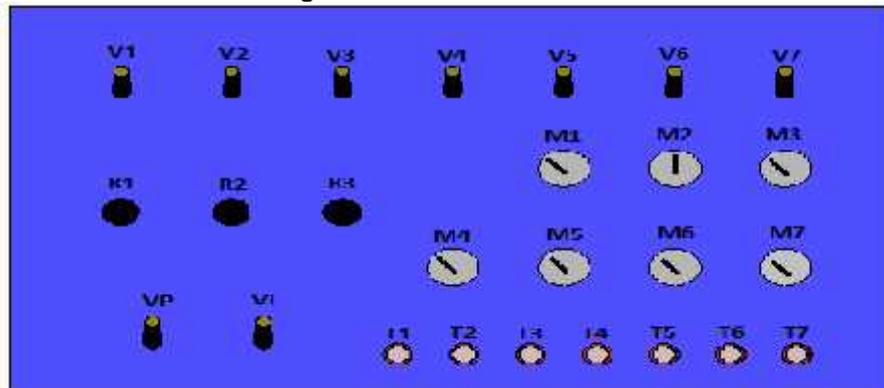


Fuente: Autores

**3.1.4 Panel principal.** En el panel principal se encuentran gran parte de los elementos que conforman el banco de pruebas de válvulas neumáticas, los cuales permiten un manejo adecuado del sistema.

Aquí se encuentran colocados conectores, manómetros de presión, reguladores de presión, válvulas.

Figura 64. Panel de control



Fuente: Autores

A continuación se presenta una breve descripción de los componentes que se encuentran en el panel principal del banco de pruebas.

- M: Manómetros, permiten visualizar el valor de la presión de trabajo de las válvulas a ser calibradas.
- VI: Permite el paso de aire comprimido a los reguladores y a V1, V2, V3 y V4.
- VP: Permite el paso de aire al Cilindro de Simple Efecto Por retorno con muelle.

- R1: Regula la presión de aire para el conector T1
- R2: Regula la presión de aire para los conectores T2.
- R3: Regula la presión de aire para los conectores T3 y T4.
- V5, V6 y V7: Para el desfogue del aire que se encuentra en M5, M6 y M7 respectivamente.
- V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, VI, VP: Palancas de accionamiento del aire controlado.
- T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7: Acoples rápidos con las válvulas a ser probadas.

### 3.2 Determinación de las presiones de accionamiento de las válvulas

Tabla 3. Valores de Presiones de Accionamiento

DISPOSITIVO	PRESION	Nº ORIGINAL CONJUNTO	APLICACION
Secador de aire	175 Psi	MBB 000 430 43 15	1938 S
	145 Psi	MBB 000 430 15 15	L 1218/1218 R/1418/1418 R/1620/1620 R  LK 1418/1620 (a partir de 1996)
	145 Psi	MBB 005 429 20 44	LS 1938 (a partir de 1998)- L/LK/LS 2638 L1218/1418 EL-LK 1218 E L L 1622
	9.3 bar	Scania 1 369 763	Substituido por 432 410 081 0  Todos los vehículos a partir del 2000
	135 Psi	Scania 1 369 763	0 400 RSD
	119 Psi	MBB 664 431 70 15  MBA 390 431 70 15	OH 1621/1721 L  Ómnibus 17 240 OT
	145 Psi	VW 2TB 608 401	

Tabla3. (Continuación)

Regulador de presión	118 Psi	MBB 001 431 00 06	Todos los vehículos con freno de aire
	106 Psi	MBB 001 431 22 06	L/LK 1113/2215 (aire/hidráulico)-L 909/912- LO 809/912
	118 Psi	MBB 688 431 71 06	LS 1924/1924 A – Todos los vehículos con freno de aire/hidráulico  712 C/914 C (a partir de 1998) – L 912 con freno de
Válvula Limitadora de Presión	60 Psi	MBB 003 429 44 44  Iveco 713 9085	O 370/371 – U/UP  Euro cargo 160 E 21
	106 Psi	Volvo 3 038 262	B 10 M/B 10 M artic – B 58/B 58 Artic./Bi-artic_ B 12 R
	29 Psi	Volvo 8 133 572	Todos los ómnibus (excepto B10 M (6x2) – B 12 R) L 113
	18 Psi	Scania 461 925  ZF 0 501 206 150  MBB 669 438 02 81	Ómnibus VW 17 240 OT  OH 1621 L  L 113
	29 Psi	Scania 461 926  ZF 0 501 207 558	Ómnibus VW 17 240 OT  L 113
	43 Psi	Scania 461 927	
	Válvula de flujo	65 Psi	MBB 000 429 83 44

Tabla 3. (Continuación)

65 Psi	Volvo 366 695	B 10 M/B 10 M Artic./Bi-artic. B 12 R
80 Psi	MBB 000 429 63 44	LS 1924- L/LS 1313/1316/1513/1516/1619 - LA/LAK 1313 L/LK 2219 - O 362 - OF 1313
130 Psi	Scania 1 384 864	Todos los vehículos a partir del 2000 LS 1924 - LO 1113
65 Psi	MBB 000 429 62 44	
90 Psi	MBB 000 429 60 44	L/LS 1313/1316/1513/1516/1619 - L 2013/2213/2216 OF

Fuente:WABCO. 2012. Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales

### 3.3 Diseño del circuito neumático

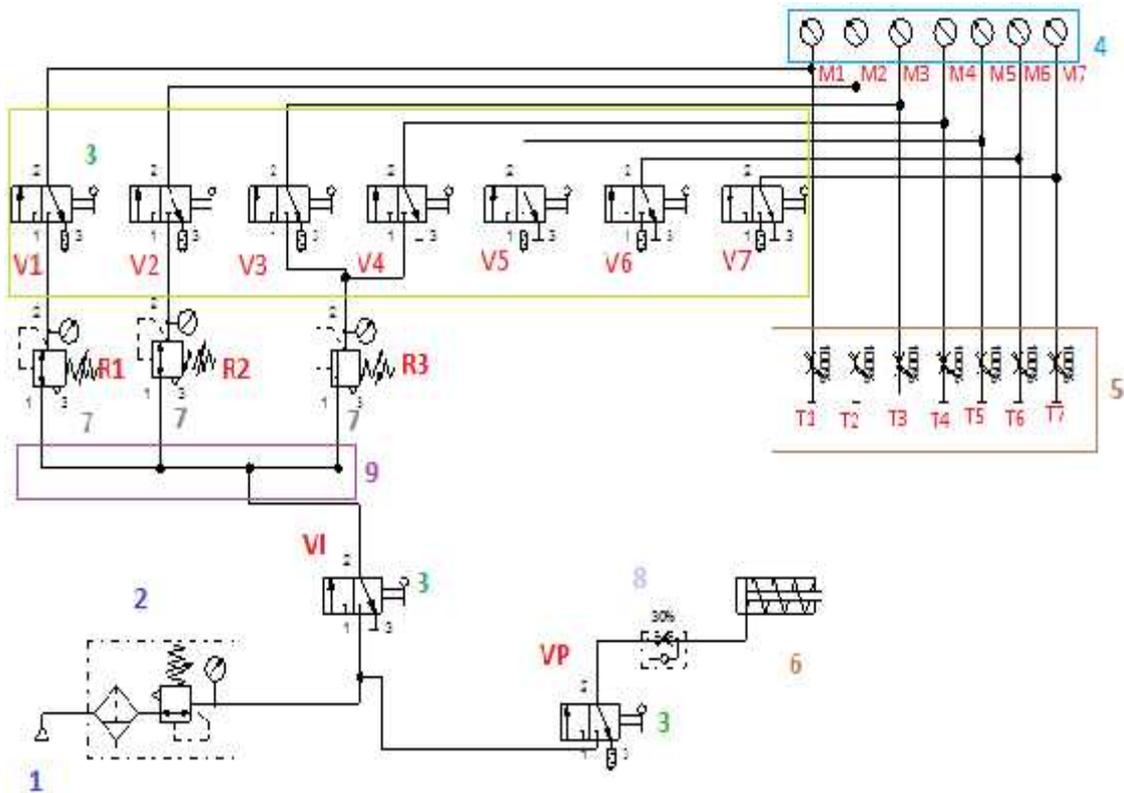
El banco de pruebas es un sistema amigable, en el cual se suministra aire a través de un compresor hacia los elementos de medida y control.

Sus componentes principales son los reguladores que se encargaran de enviar el aire con la presión adecuada hacia las válvulas a ensayar, una vez obtenida esta presión permitirá que las válvulas realicen su trabajo enviando presión a los elementos actuadores, esta presión podrá ser medida mediante los manómetros para luego compararlos con los valores especificados por los fabricantes y tomar una respectiva acción correctiva sobre la válvula o actuador según sea el caso (ver Figura 65). El sistema tiene la capacidad de ser operado en modo manual.

La instalación de aire comprimido consta de los siguientes elementos:

1. *Compresor:* Es el encargado de abastecer aire comprimido al sistema.
2. *Unidad de mantenimiento:* Los filtros permiten eliminar residuos de aceite, vapor de agua y pequeñas impurezas. El regulador de presión y lubricador se coloca para mantener la presión constante, sin fluctuaciones y lubricar los elementos neumáticos respectivos para de esta manera conseguir un rendimiento óptimo de los receptores y evitar un acortamiento de su vida útil.

Figura 65. Circuito neumático



Fuente: Autores

3. *Válvulas 3/2:* Son las encargadas de distribuir el aire comprimido en los diferentes actuadores neumáticos muy esencial para circuitos neumáticos.
4. *Manómetros:* Permiten medir la presión que será enviada hacia los receptores así como la presión de salida de los mismos.
5. *Enchufes rápidos con cierre automático:* Tienen la propiedad de abrir el paso de aire comprimido en el instante en que acopla una toma de aire y cierra cuando se desacopla, de esta forma permitirá que se pueda montar en el banco de pruebas las válvulas a ser ensayadas de manera rápida.
6. *Cilindro de simple efecto:* Es un cilindro el cual solo tiene una entrada/salida de aire, por ella el aire entra cuando se desea accionar y es expulsado por la fuerza que ejerce un muelle.
7. *Reguladores de presión con escape:* El objeto del regulador es el de mantener una presión constante de funcionamiento (presión secundaria), virtualmente

constante, independientemente de las fluctuaciones en la red (presión primaria). Cuando se incrementa el consumo de aire, la presión de funcionamiento cae y el muelle abre la válvula.

8. *Válvula anti retorno Estranguladora:* Utilizamos cuando se quiere que el pistón regrese lentamente, el aire pasa por una válvula la cual impide la circulación completa y el aire vuelve lentamente. Es una mezcla de válvula anti retorno y válvula estranguladora.
9. *Manguera de aire comprimido:*
  - *Tubería principal:* Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal.
  - *Tuberías secundarias:* Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro.
  - *Tuberías de Servicio:* Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos. Debe procurarse no sobre pasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas.

### **3.4 Dimensionamiento del circuito neumático**

Se deberá tener en cuenta las siguientes especificaciones de acuerdo con el consumo de las diferentes válvulas a ser comprobadas.

- Presión de servicio: 140 Psi.
- Presión máxima: 230 Psi.

**3.4.1 Selección de Filtros.** Cuando se elija un filtro para la limpieza de aire comprimido, asegurarse de que:

- Se ha seleccionado el tipo correcto de filtro y el elemento filtrante para la eliminación de partículas.
- La eficiencia de la eliminación de líquido es alta y no es posible la reentrada.
- Exista una facilidad de mantenimiento y de recogida del líquido condensado.

- Mediante una buena visibilidad del condensado y/o del elemento se asegura que la función se ha conseguido o que existe una necesidad de mantenimiento.

Este elemento puede ser un dispositivo de caída de presión, un indicador de nivel de líquido o un recipiente transparente.

Tabla 4. Niveles de filtración recomendados

APLICACIÓN	Clase de Calidad Típica	
	Aceite	Suciedad
Agitación por aire comprimido	1	3
Cojinetes neumáticos	2	2
Calibración neumática	2	2
Motores neumáticos	4	4

Fuente: Autores

Tabla 5. Clasificación de la calidad de aire según ISO 8573

Clase de Calidad	Suciedad Tamaño de Partículas	Presión del Agua Punto de Rocío °C (ppm vol.) a 7 bar g	Aceite (incluido vapor) mg/m <sup>3</sup>
1	0,1	-70 (0,3)	0,01
2	1	-40 (16)	0,1
3	5	-20 (128)	1
4	40	+3 (940)	5
5	—	+7 (1 240)	25
6	—	+10 (1 500)	—

Fuente: [http://resources.norgren.com/document\\_resources/PDF\\_links/product\\_literature/brochures/airline/es\\_clean\\_compressed\\_air.pdf](http://resources.norgren.com/document_resources/PDF_links/product_literature/brochures/airline/es_clean_compressed_air.pdf)

**3.4.2 Selección de Reguladores.** Nos aseguramos de que el regulador elegido se adapte perfectamente a los requerimientos de rendimiento de la aplicación. Se ha elegido un regulador del tipo de aplicación general, debido a que no existe variación en la presión de entrada entonces la característica de regulación del regulador no tiene importancia, pero sí la tiene la característica de caudal la cual se satisface debido a que se manejan caudales pequeños.

Figura 66. Regulador de presión



Fuente: <http://www.gates.com.mx/images/reguladoresnor.gif>

Se ha seleccionado el regulador con las siguientes características:

- Fluido: Aire comprimido.
- Presión máxima: 20 bares (300 psi).
- Temperatura de trabajo: -20° a +80°C (0° a +175°F).
- Caudal con presión de entrada a 10 bares (150 psi), presión de salida a 6,3 bar (90 psi) y caída de presión a 1 bar (15 psi): 60  $dm^3/s$  (127 scfm).

**3.4.3 Selección de Manómetros.** Se ha utilizado el manómetro Caja de acero pintado interno de latón por su gran robustez, usado en todo tipo de procesos y circuitos industriales como son circuitos hidráulicos, neumáticos, filtros, reguladores de presión.

Figura 67. Manómetro de Latón



Fuente: <http://www.crisargi.com/ESPANOL/CATALOGO/MANOMETROS.pdf>

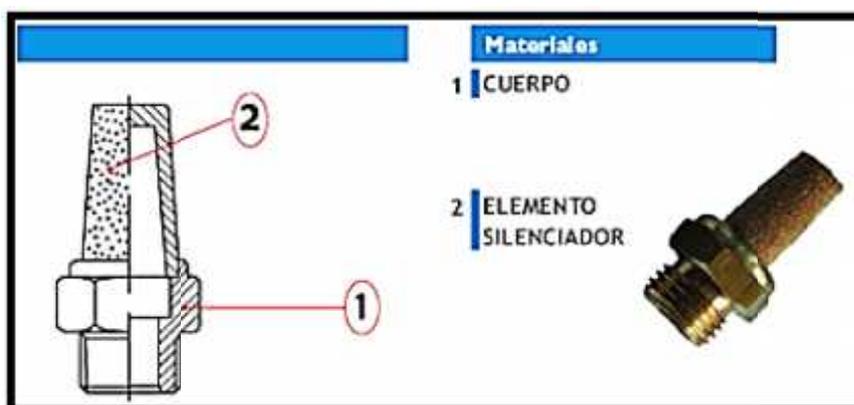
Tabla 6. Denominación

SERIE	Diámetro	Posición	Conexión	Rango (bar)	Unidades	APLICACIONES
51	40	R	1/8 G	-1	Bar	NEUMÁTICA
	50	P	1/4 G	1,6	Otras	HIDRAULICA
	63		1/2 GD	2,5		SOLDADURA EN-552
	80		especial	4		REFRIGERACION
	100			6		MEDICINA
						QUIMICA
						ALIMENTACION
						RIEGO
						PULVERIZACION
						CALEFACCION
						NAVAL
						AUTOMOCION
						FILTRO PISCINAS
						BEBIDAS CARBONICAS
						LABORATORIO

Fuente: <http://www.crisargi.com/ESPANOL/CATALOGO/MANOMETROS.pdf>

**3.4.4 Selección de silenciadores.** Se ha utilizado silenciadores de bronce sinterizado los mismos que disminuyen el ruido generado por el aire comprimido que soportan presiones de hasta 10 bares de acuerdo con la Tabla 7.

Figura 68. Silenciador



Fuente: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/silenciador-61472.html>

Tabla 7. Dimensiones del silenciador

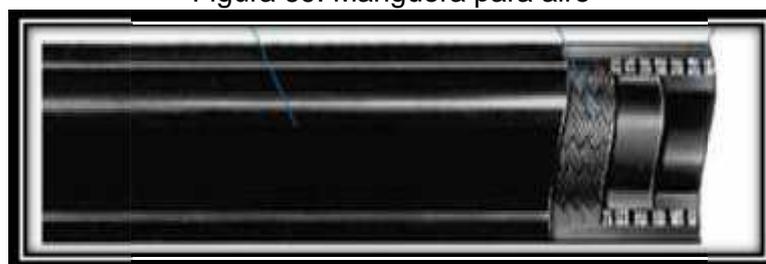
DIMENSIONES									
Mod.	A	D	H	I	L	SW	Max Presión de trabajo	Caudal Ni/min	Ruido db (A)
2931 M5	M5	7,7	4	8	16,5	7	10	450	69
2931 M7	M7	9,2	4,5	7	16	8	10	1130	76
2931 1/8	G1/8	13,2	4,5	12,7	21	12	10	1819	83
2931 1/4	G1/4	16,2	6	16,5	27	15	10	2675	85
2931 3/8	G3/8	20,5	7	23,5	35	19	10	4863	83
2931 1/2	G1/2	25,6	8	26,5	40,5	23	10	7085	84
2931 3/4	G3/4	33,4	9	35	51,5	30	10	12733	78
2931 1	G1	40	11	46	66	36	10	>15000	82



Fuente: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/silenciador-61472.html>

**3.4.5 Selección de mangueras.** Todas las mangueras han sido seleccionadas de acuerdo con las características requeridas para manejar presiones altas. Este tipo de mangueras cuenta varios tipos de revestimientos, lo que garantiza un correcto funcionamiento y resistencia.

Figura 69. Manguera para aire



Fuente: [http://spanish.dixonvalve.com/fgal/lit\\_pdf/2006/catalogo\\_mangueras\\_ESP\\_ESP\\_LDD.pdf](http://spanish.dixonvalve.com/fgal/lit_pdf/2006/catalogo_mangueras_ESP_ESP_LDD.pdf)

Todas las capacidades de presión y temperatura mantienen un factor de 4:1, entre la presión de servicio y la de rotura mínima.

Tabla 8. Datos técnicos de la Manguera

# de parte	D.I. pulgadas	D.E. pulgadas	Presión de Trabajo PSI	Peso kg / mtr	Longitud mtr
A101006R	1/4"	0.500	200	0.15	carretes de 200 m (2 x 100 m por carrete)
A101008R	5/16"	0.590	200	0.20	
A101010R	3/8"	0.669	200	0.25	
A101012R	1/2"	0.866	200	0.40	
A101016R	5/8"	0.964	200	0.47	
A101020R	3/4"	1.157	200	0.61	
A101025R	1"	1.437	200	0.86	

Fuente: [http://spanish.dixonvalve.com/fgal/lit\\_pdf/2006/catalogo\\_mangueras\\_ESP\\_ESP\\_LDD.pdf](http://spanish.dixonvalve.com/fgal/lit_pdf/2006/catalogo_mangueras_ESP_ESP_LDD.pdf)

**3.4.6 Selección del Compresor.** Para alimentar todo el circuito se ha seleccionado un compresor diseñado para los requerimientos que requiere el banco de pruebas, el mismo que está constituido de una bomba de hierro fundido de dos etapas lubricado con aceite con un diseño horizontal el cual ayuda a optimizar el espacio.

Figura 70. Compresor



Fuente: <http://www.hidrocaer.com/recursos/catalogos/04Campbell.pdf>

Tabla 9. Datos técnicos Compresor

<b>Marca: Campbell</b>
<b>Modelo: CHCI1031</b>
Motor: 10.0 HP
Caudal: 37.6 CFM @ 90 PSI
Presión Máxima: 175 PSI
Voltaje: 220V / 60 HZ

Fuente: <http://www.hidrocaer.com/recursos/catalogos/04Campbell.pdf>

## CAPÍTULO IV

### 4. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DEL BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO

#### 4.1 Construcción del banco de pruebas

Primero se cortó el tubo con las dimensiones especificadas en los planos.

Figura 71. Corte del tubo cuadrado de acero



Fuente: Autores

Luego de disponer de los segmentos de tubo se procedió al ensamblaje por medio de suelda eléctrica para de esta manera obtener una buena sujeción.

Figura 72. Ensamblaje de la estructura con suelda SMAW



Fuente: Autores

Una vez completado el ensamblaje de la estructura se procedió a cortar y fijar los recubrimientos de tol del banco de pruebas.

Figura 73. Fijación del recubrimiento de tol



Fuente: Autores

Debido a que en el panel principal van ubicados la mayoría de elementos del banco de pruebas se utilizó una plancha de 3 mm de espesor por lo que para su corte se hizo necesario el uso de plasma de acuerdo con las medidas de los planos.

Figura 74. Fijación del panel principal con elementos de unión



Fuente: Autores

Como paso final se procedió al recubrimiento con pintura para proteger al banco de pruebas del medio ambiente y con fines estéticos.

Figura 75. Aplicación de pintura



Fuente: Autores

## 4.2 Montaje del circuito neumático

Como primer paso se fijó cada uno de los componentes al panel principal, tales como: las válvulas, reguladores, manómetros, Pistón y acoples rápidos.

Figura 76. Fijación de los elementos neumáticos



Fuente: Autores

Se colocó teflón en las roscas para sellarlas y evitar fugas.

Figura 77. Colocación de teflón Industrial



Fuente: Autores

Como paso siguiente se realizó el ensamblaje del circuito neumático según el esquema antes descrito por medio de mangueras y abrazaderas de presión.

Figura 78. Ensamblaje del circuito neumático



Fuente: Autores

El banco de pruebas utiliza un suministro de aire por lo cual se ha empleado el compresor de la Escuela de Ingeniería Automotriz ya que cumplen con las exigencias del trabajo.

Figura 79. Compresor



Fuente: Autores

La unidad de mantenimiento va ubicada en la parte más baja del banco de pruebas mediante pernos lo que permite que el agua existente en el aire se decante con facilidad.

Figura 80. Ubicación de la unidad de mantenimiento



Fuente: Autores

### 4.3 Pruebas de funcionamiento

Una vez culminada la colocación de todo el circuito neumático, realizamos pruebas de estanqueidad mediante agua con jabón y corregimos las posibles fugas que se presenten.

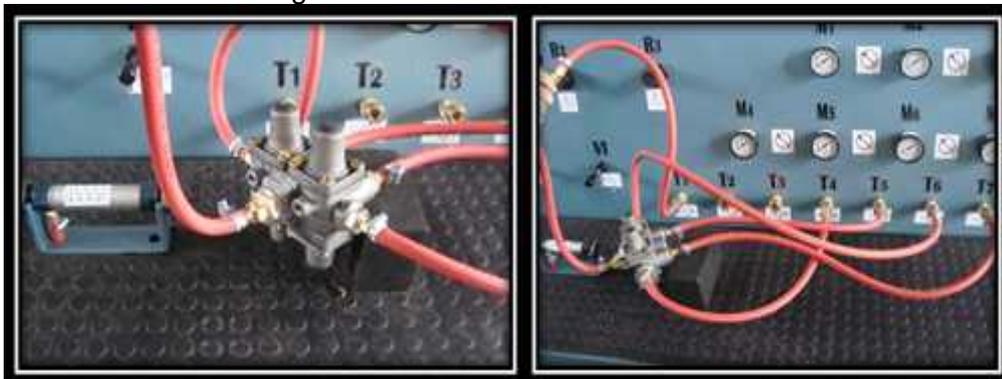
Figura 81. Pruebas de estanqueidad



Fuente: Autores

Verificamos que el banco de pruebas funcione correctamente comprobando una de las válvulas, para este caso hemos utilizado una válvula de cuatro circuitos.

Figura 82. Prueba de funcionamiento



Fuente: Autores

#### 4.4 Diagrama de Procesos

Tabla 10. Cuadro de procesos de producción del banco de pruebas

BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO PARA CAMIONES EUROPEOS						
TAREA: ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS						
			ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	REALIZADO POR:
○	Operación		○	●	13	Richard Cáceres
□	Inspección	□ Actual	□	■	2	Christopher Vega
➔	Transporte		➔	➔	1	
▽	Almacenamiento	■ Propuesto	▽	▽	1	CONCLUSIÓN:
D	Demora		D	D		
			Tiempo (horas)	80.72		
			Distancia (Km)	8,5		
ORD.	DESCRIPCIÓN	TAREA	TIEMPO (Horas)	DISTANCIA (KM)	CANT	OBSERVACIONES
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	○ □ ➔ ▽ D	0.5	8 1/2	3	
2	CORTE DE TUBO CUADRADO	● □ ➔ ▽ D	0.33		26	
3	PUNTEO	● □ ➔ ▽ D	0.33		26	
4	VERIFICACIÓN MEDIDAS	○ ■ ➔ ▽ D	0.16		26	
5	SOLDADURA	● □ ➔ ▽ D	1		26	
6	DESBASTE SOLDADURA	● □ ➔ ▽ D	1		26	
7	TRAZADO RECUBRIMIENTOS	● □ ➔ ▽ D	0.33		7	
8	CORTE DE RECUBRIMIENTOS	● □ ➔ ▽ D	0.33		7	
9	SOLDADURA	● □ ➔ ▽ D	0.5		7	
10	DESBASTE SOLDADURA	● □ ➔ ▽ D	0.5		7	
11	CORTE MESA	● □ ➔ ▽ D	0.16		1	
12	SOLDADURA	● □ ➔ ▽ D	0.83		1	
13	CORTE ANGULO PUERTAS	● □ ➔ ▽ D	1		2	
	CORTE RECUBRIMIENTO DE PUERTAS	● □ ➔ ▽ D	0.25		2	
15	SOLDADURA	● □ ➔ ▽ D	1		2	
16	VERIFICACIÓN	○ ■ ➔ ▽ D	0.5		1	
17	ALMACENAMIENTO	○ □ ➔ ▽ D	72		1	

Fuente: Autores

Tabla 11. Cuadro de procesos de construcción del Panel Principal

BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLEJO PARA CAMIONES EUROPEOS										
TAREA: PANEL PRINCIPAL										
O Operación □ Inspección ⇨ Transporte ▽ Almacenamiento D Demora	□ Actual  ■ Propuesto	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	REALIZADO POR:					
		O	● 6		Richard Cáceres					
		□	■ 1		Christopher Vega					
		⇨	⇨ 1							
		▽	▽		CONCLUSIÓN:					
		D	D							
		Tiempo	2,78							
Distancia	6,5									
ORD.	DESCRIPCIÓN	TAREA					TIEMPO (hora)	DISTANCIA (KM)	CANT	OBSERVACIONES
		O	□	⇨	▽	D				
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	O	□	⇨	▽	D	1	6,2	1	
2	CORTE DE PLANCHA	●	□	⇨	▽	D	0,083		1	
3	CORTE AGUJEROS	●	□	⇨	▽	D	0,25		11	
4	PERFORACIÓN AGUJEROS	●	□	⇨	▽	D	0,1		17	
5	DESBASTE DE REBABAS	●	□	⇨	▽	D	0,5		28	
6	VERIFICACIÓN	O	■	⇨	▽	D	0,1		28	
7	ACONDIC. AGUJEROS VÁLVULAS	●	□	⇨	▽	D	0,25		9	
8	SOLDADURA	●	□	⇨	▽	D	0,5		1	
9										
10										
11										
12										

Fuente: Autores

Tabla 12. Cuadro de procesos de pintura del banco de pruebas

BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO PARA CAMIONES EUROPEOS										
TAREA: RECUBRIMIENTO CON PINTURA										
○ Operación □ Inspección ⇨ Transporte ▼ Almacenamiento D Demora	□ Actual  ■ Propuesto	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	REALIZADO POR:					
		○	●	5		Richard Cáceres				
		□	■	2		Christopher Vega				
		⇨	⇨							
		▼	▼	1		CONCLUSIÓN:				
		D	D							
		Tiempo	75							
Distancia	8,5									
ORD.	DESCRIPCIÓN	TAREA					TIEMPO	DISTANCIA	CANT	OBSERVACIONES
		○	□	⇨	▼	D	(hora)	(KM)		
1	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	●	□	⇨	▼	D	1		6	Se utilizó lija.
2	PREPARACIÓN DEL FONDO	●	□	⇨	▼	D	0,25		3	
3	APLICACIÓN DEL FONDO	●	□	⇨	▼	D	0,5		2	
4	CORRECCIÓN FALLAS	○	■	⇨	▼	D	0,25		1	
5	PREPARACIÓN COLOR	●	□	⇨	▼	D	0,25		3	
6	APLICACIÓN	●	□	⇨	▼	D	0,5		2	
7	CORRECCIÓN FALLAS	○	■	⇨	▼	D	0,25		1	
8	ALMACENAMIENTO	○	□	⇨	▼	D	72		1	
9										
10										
11										
12										
13										
14										

Fuente: Autores

Tabla 13. Cuadro de procesos de montaje del circuito neumático

BANCO DE COMPROBACIÓN DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS DISTRIBUIDORAS Y DE FLUJO PARA CAMIONES EUROPEOS										
TAREA: CIRCUITO NEUMÁTICO										
○ Operación □ Inspección ⇨ Transporte ▼ Almacenamiento D Demora	□ Actual ■ Propuesto	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	REALIZADO POR:					
		○	●	5		Richard Cáceres				
		□	■	1		Christopher Vega				
		⇨	⇨							
		▼	▼	1		CONCLUSIÓN:				
		D	D							
		Tiempo	173.9							
Distancia	8,5									
ORD.	DESCRIPCIÓN	TAREA					TIEMPO	DISTANCIA	CANT	OBSERVACIONES
		○	□	⇨	▼	D	(hora)	(KM)		
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	○	□	⇨	▼	D	5	180	3	
2	MONTAJE DE INSTRUMENTOS	●	□	⇨	▼	D	0.083		11	
3	MONTAJE VÁLVULAS	●	□	⇨	▼	D	0.25		9	
4	MONTAJE ACOPLER	●	□	⇨	▼	D	0.083		7	
5	SELLADO DE ROSCAS	●	□	⇨	▼	D	0.15		60	
6	INSTALACIÓN MANGUERAS	●	□	⇨	▼	D	0.15		30	
7	PRUEBAS FUGAS	○	■	⇨	▼	D	0.15		60	
8	ALMACENAMIENTO	○	□	⇨	▼	D	168		1	
9										
10										
11										
12										
13										
14										

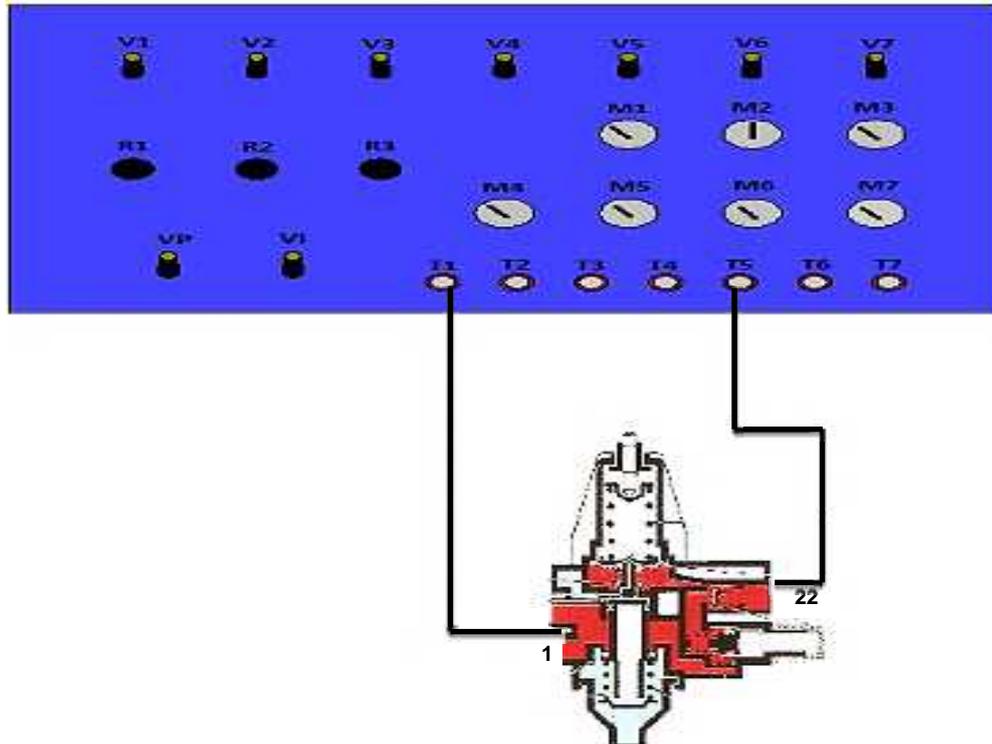
Fuente: Autores

## 4.5 Manual de operación del banco de pruebas

### 4.5.1 Regulador de presión

#### a) Instalación

Figura 83. Instalación del regulador de presión al banco de pruebas



Fuente: Autores

#### b) Prueba de estanqueidad

- Accionar la válvula VI y V1.
- Con la ayuda del regulador R1 alcanzamos la presión requerida observando en el manómetro M1 para el modelo de válvula.
- Abrir parcialmente la válvula V5.
- Comprobar si hay fugas en las uniones del cuerpo de la válvula.

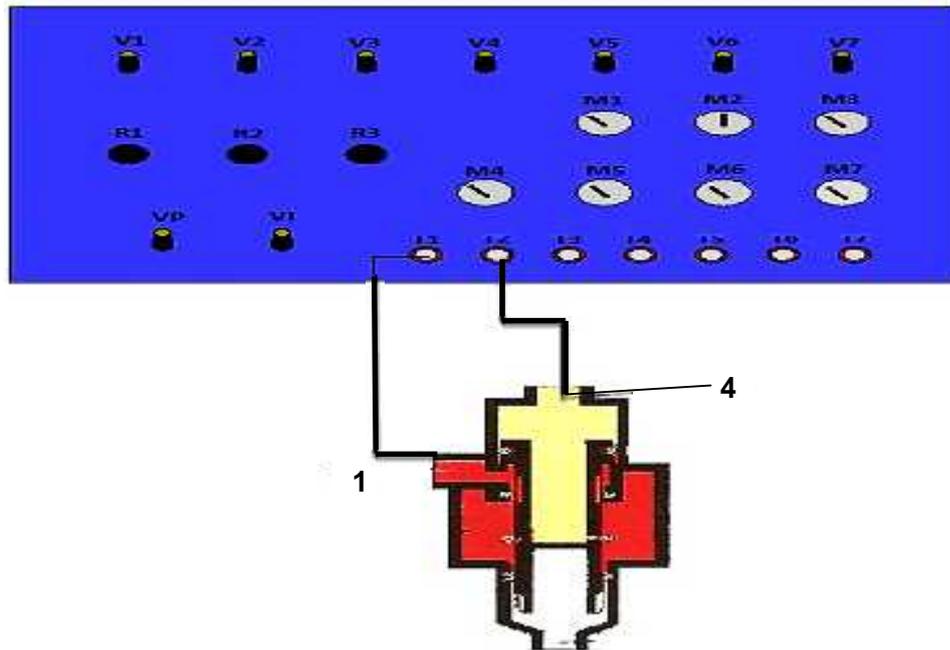
#### c) Prueba de funcionamiento

- Accionar la válvula VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de apertura verificando que no exceda 120 Psi a la presión especificada de funcionamiento.
- Abrir parcialmente la válvula V5 para observar la presión de cierre del regulador.

#### 4.5.2 Válvula de drenaje automático (alivio de presión)

##### a) Instalación

Figura 84. Instalación de la válvula de drenaje automático



Fuente: Autores

##### b) Prueba de estanqueidad

- Accionar la válvula VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión especificada.
- Comprobar fugas en el empalme de descarga y en el área de unión del cuerpo de válvula.
- Accionar R2 hasta que el manómetro M2 alcance igual presión que en M1.
- Comprobar fugas, en caso de ocurrir fugas verificar la necesidad de reemplazo de kit de reparación.

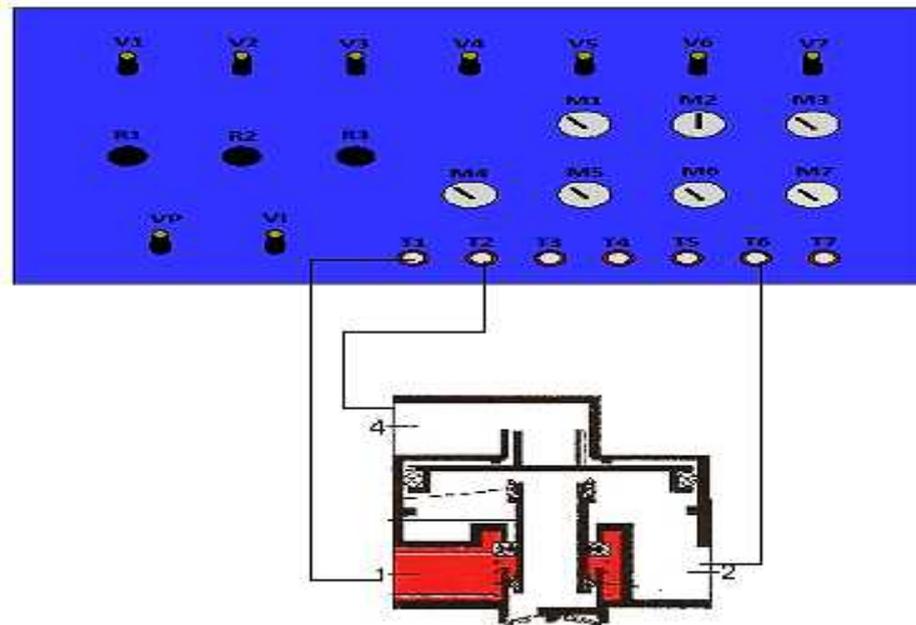
##### c) Prueba de funcionamiento

- Accionar la válvula VI, V1 y V2.
- Accionar R1 y R2 hasta que los manómetros M1 y M2 alcancen la presión específica.
- Desactivar R2.
- Comprobar el alivio de presión de la válvula.

### 4.5.3 Válvula relé

#### a) Instalación

Figura 85. Instalación válvula relé



Fuente: Autores

#### b) Prueba de estanquidad

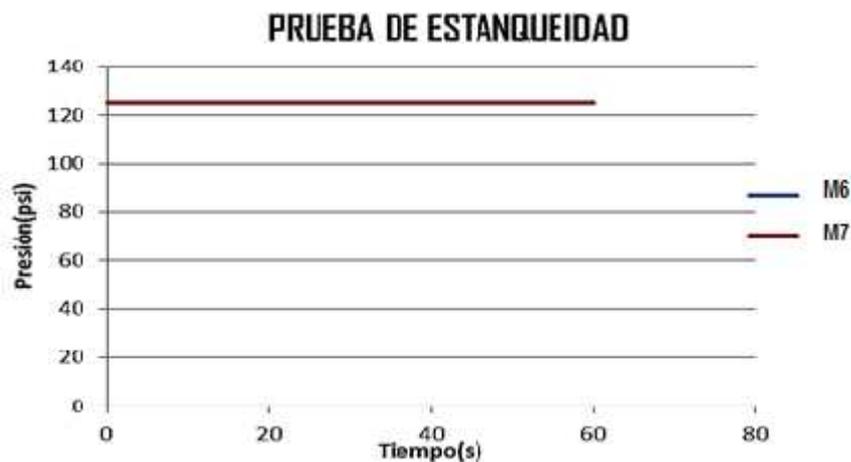
- Accionar la válvula VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 125 Psi.
- Comprobar si hay fugas en las uniones.
- Accionar V2 y regular R2 hasta que el manómetro M2 alcance la presión de 125 Psi.
- Comprobar la presión en el manómetro M3 que deberá ser de 125 Psi.
- Comprobar que existan fugas, caso contrario reemplazar por el kit de reparación.

#### c) Prueba de funcionamiento

- Accionar la válvula VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 125 Psi.
- Accionar V2 y gradualmente R2 hasta que el manómetro alcance 7 Psi.
- Comprobar la presión en el manómetro M6 que deberá presentar inicio de presión.
- Accionar R2 hasta que el manómetro M2 alcance la presión de 125 Psi.

- Comprobar en el manómetro M6 la presión que deberá ser 125 Psi. Instantáneamente.
- Desactivar R2 hasta que el manómetro M2 llegue a 0 Psi, la presión en el manómetro M6 también deberá disminuir hasta 0 Psi.

Figura 86. Prueba de estanqueidad



Fuente: Autores

Figura 87. Disminución de la presión en la línea de señal

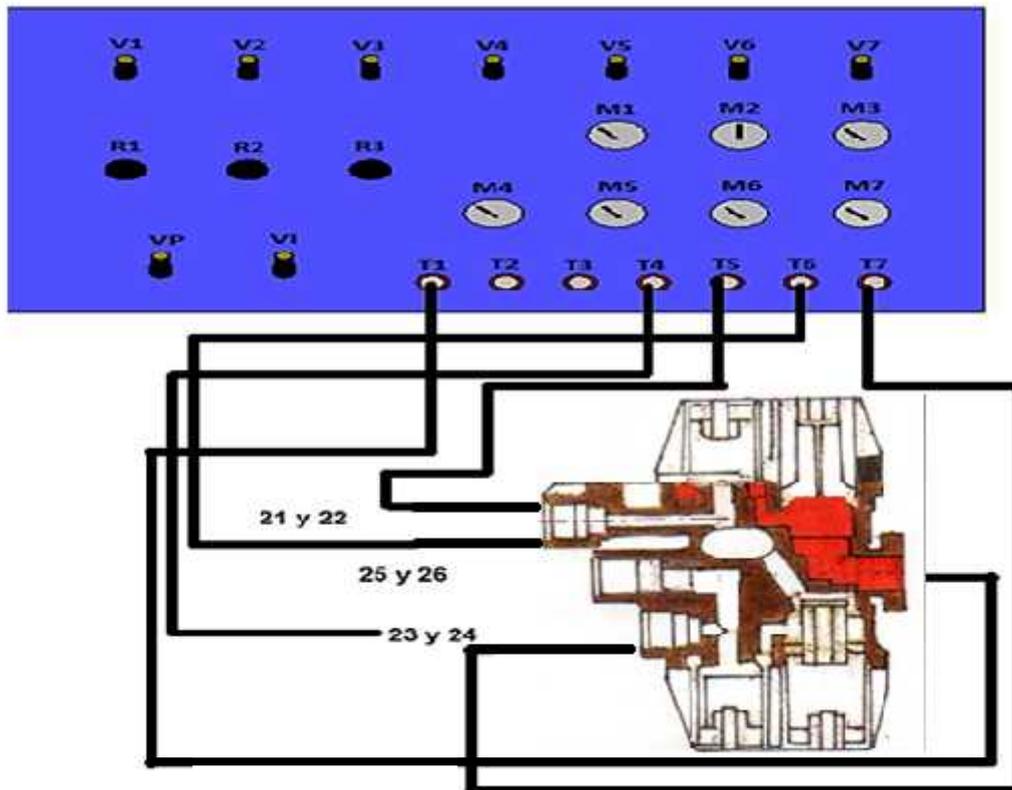


Fuente: Autores

#### 4.5.4 Válvula protectora

- Instalación.* Necesitamos un manómetro adicional con una restricción de 1.5 mm. Antes de proceder al montaje de esta válvula en el banco de pruebas, habrá de retirarse la válvula solenoide del empalme 24 de la válvula protectora y poner tapones en los empalmes 25 y 26.

Figura 88. Instalación de la válvula protectora



Fuente: Autores

b) *Prueba de estanquidad*

- Accionar la válvula VI y V1.
- Regular R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 125 Psi.
- Comprobar si existen fugas.

c) *Reglaje*

- Activar la válvula VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 145 Psi.
- Comprobar la presión en los manómetros M6, M7, M8 y M4 que deberá ser de 145 Psi.
- Abrir la válvula V5 y ajustar la presión del empalme 21 apretando el tornillo de reglaje de manera que el manómetro adicional alcance la presión indicada en la tabla.
- Cerrar la válvula V6.
- Proceder de igual forma para reglar los demás circuitos.

d) *Válvula limitadora de presión*

- Soltar el tornillo de reglaje de la válvula limitadora de presión hasta que los manómetros M8 y M4 alcancen la presión descrita en la tabla.
- Abrir y cerrar los grifos G8 y t4 para comprobar el valor del reglaje de la válvula limitadora de presión.

Tabla 14. Cuadro de presiones para válvula protectora

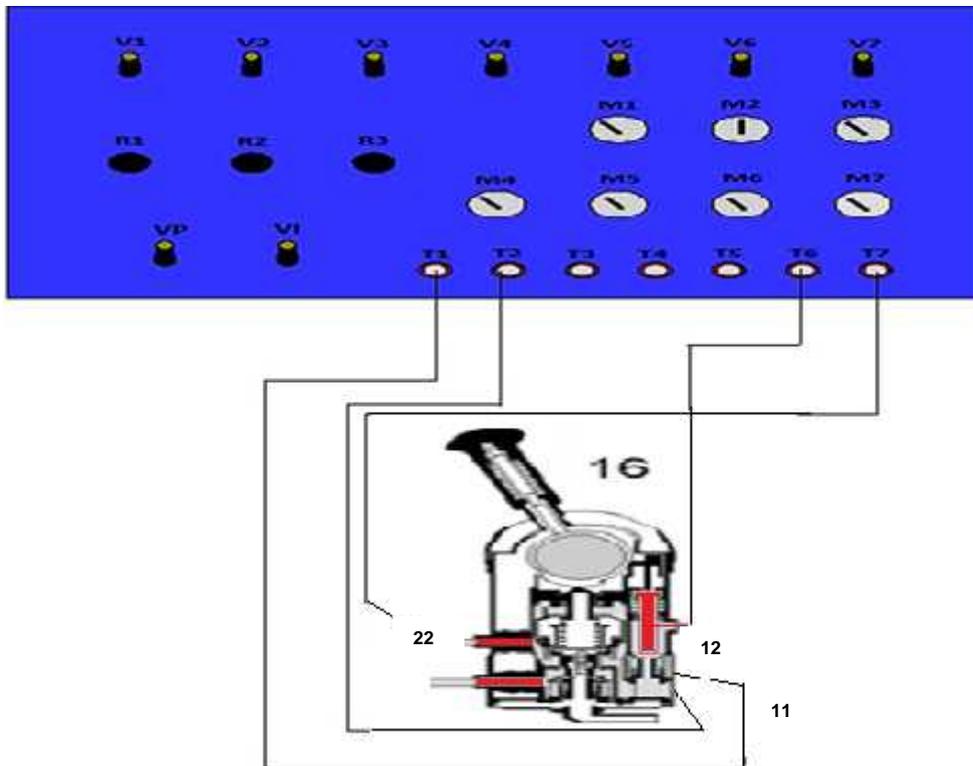
	Circuito 21	Circuito 22	Circuito 23	Circuito 24	Circuito 25	Circuito 26	Válvula limitadora
Presión de apertura (PSI)	130 - 4	130 - 4	110 - 4	110 - 4	110 - 4	110 - 4	125 - 6

Fuente: Autores

4.5.5 *Válvula del freno de estacionamiento*

a) *Instalación*

Figura 89. Instalación de la válvula de freno de estacionamiento



Fuente: Autores

**b) Prueba de estanqueidad**

- Activar la válvula VI, V1 y V2.
- Accionar R1 y R2 hasta que los manómetros M1 y M2 alcancen la presión de 125 Psi o la especificada para el tipo de válvula.
- Con la palanca en la posición de freno desaplicado comprobar la presión en los manómetros M6 y M7 que deberá ser de 125 Psi.
- Comprobar si existen fugas en las uniones.
- Con la palanca accionada comprobar que la presión en los manómetros M6 y M7 deberá ser 0 Psi.
- Comprobar que no existan fugas, caso contrario, verificar la necesidad de reemplazo del kit de reparación.

**c) Prueba de funcionamiento**

- Activar la válvula VI, V1 y V2.
- Accionar R1 y R2 hasta que los manómetros M1 y M2 alcancen la presión de 125 Psi.
- Desplazar la palanca de accionamiento de la válvula a un ángulo de 14°.
- Comprobar la presión en el manómetro M6 que deberá estar entre 80 Psi a 90 Psi.
- Comprobar la presión en el manómetro M7 deberá ser de 0 Psi.
- Seguir accionando la palanca para un ángulo de 55°.
- Comprobar la presión en los manómetros M6 y M7 que deberá ser de 0 Psi.
- Con el ángulo de 73° deberá ocurrir el bloqueo de la palanca de accionamiento.

**4.5.6 Válvula de cuatro circuitos**

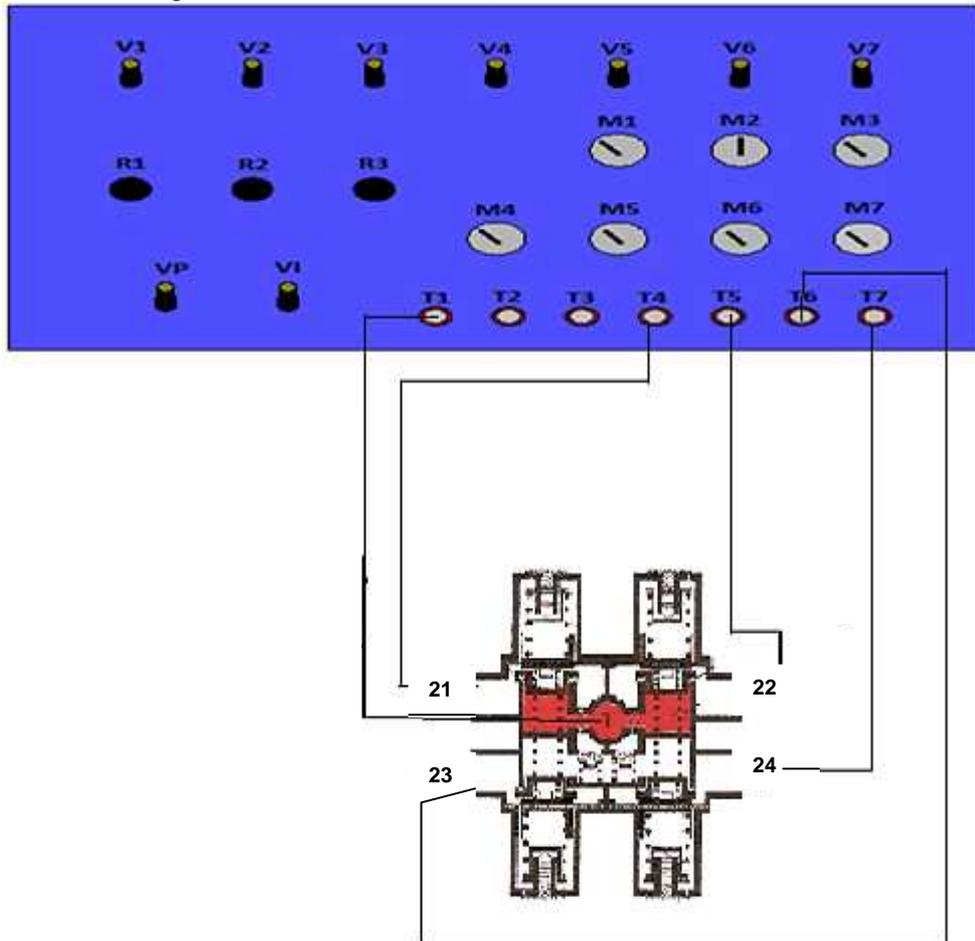
**a) Instalación.** Realizar la instalación como se indica en la Figura 89.

**b) Prueba de estanqueidad**

- Activar la válvula VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 125 Psi.
- Comprobar que no existan fugas, caso contrario reemplazar las partes dañadas.

**c) Reglaje de la válvula.** Para ejecutar el reglaje consultar con las especificaciones del fabricante y de acuerdo al modelo de la válvula.

Figura 90. Instalación de la válvula de cuatro circuitos



Fuente: Autores

- Antes de iniciar el proceso de reglaje aflojar levemente los tornillos de regulación.
- Activar la válvula VI, V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance los 125 Psi.
- Comprobar la presión en los manómetros M4, M5, M6, y M7 que deberá ser 125 Psi.
- Abrir la válvula V5 y ajustar la presión del empalme 22 mediante el tornillo de reglaje de manera que la presión en el manómetro extra alcance las presiones especificadas.

Figura 91. Prueba de estanqueidad

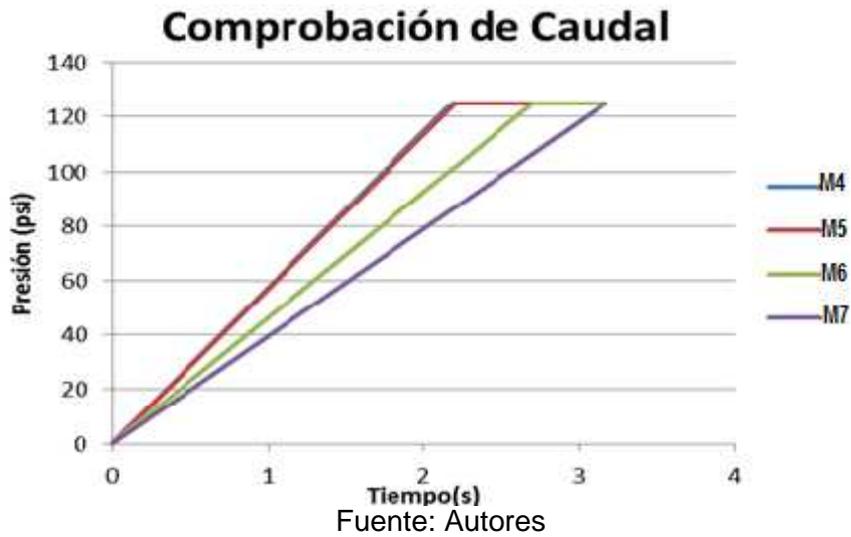


Figura 92. Reglaje de caudal de las salidas



Fuente: Autores

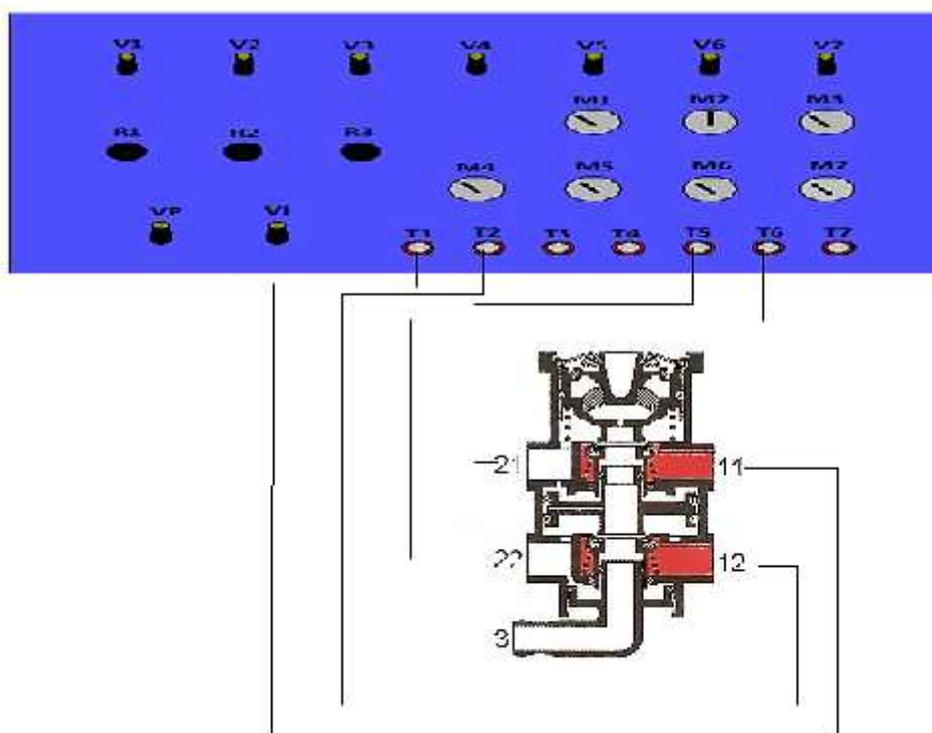
#### 4.5.7 Válvula pedal

a) *Instalación.* Realizar la instalación como se indica en la Figura 93.

b) *Prueba de estanqueidad*

- Activar la válvula VI, V1 y V2.
- Accionar R1 Y R2 hasta que los manómetros M1 y M2 alcancen la presión 73 Psi
- Revisar Fugas.
- Accionar R1 y R2 hasta que los manómetros M1 y M2 alcancen la presión de 125 Psi.
- Comprobar fugas.

Figura 93. Instalación de la válvula pedal



Fuente: Autores

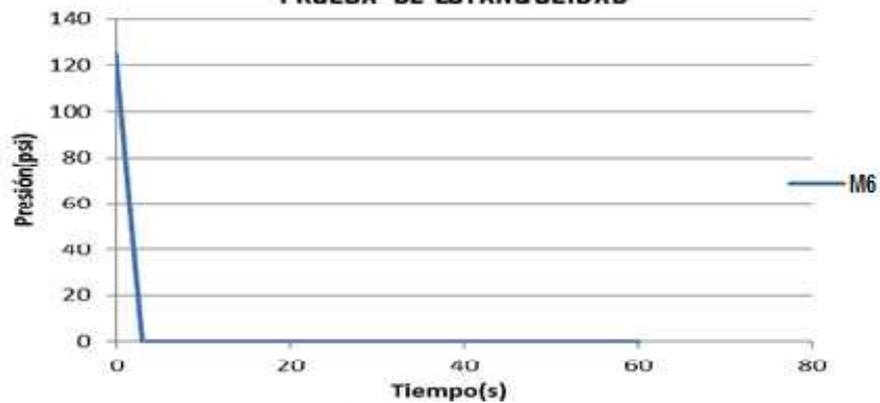
- Accionar la válvula de pedal hasta que los manómetros M5 y M6 alcancen la presión de 73 Psi.
- Comprobar fugas en el empalme de des aireación y uniones.
- Continuar accionando el pedal hasta que los manómetros M5 y M6 alcancen los 125 Psi.
- Comprobar que no existan fugas, caso contrario reemplazar las partes defectuosas.

c) *Prueba de funcionamiento*

- Activar la válvula VI, V1 y V2.
- Accionar R1 y R2 hasta que los manómetros M1 y M2 alcancen una presión de 125 Psi.
- Accionar la válvula de pedal hasta que los manómetros M5 y M6 alcancen la presión de 125 Psi.
- Des accionar totalmente R1.
- Verificar en los manómetros M1 y M5 = 0 bar en cambio en M2 y M6 = 125 Psi.

- Accionar nuevamente R1 hasta que el manómetro 1 alcancen 125 Psi y proceder de igual manera con R2.
- Accionar nuevamente R1 Y R2 hasta que alcancen la presión de 125 Psi.
- Al des accionar la válvula de pedal verifique si no ocurre retardo de la presión en los manómetros M5 y M6.

Figura 94. Prueba de estanqueidad  
**PRUEBA DE ESTANQUEIDAD**

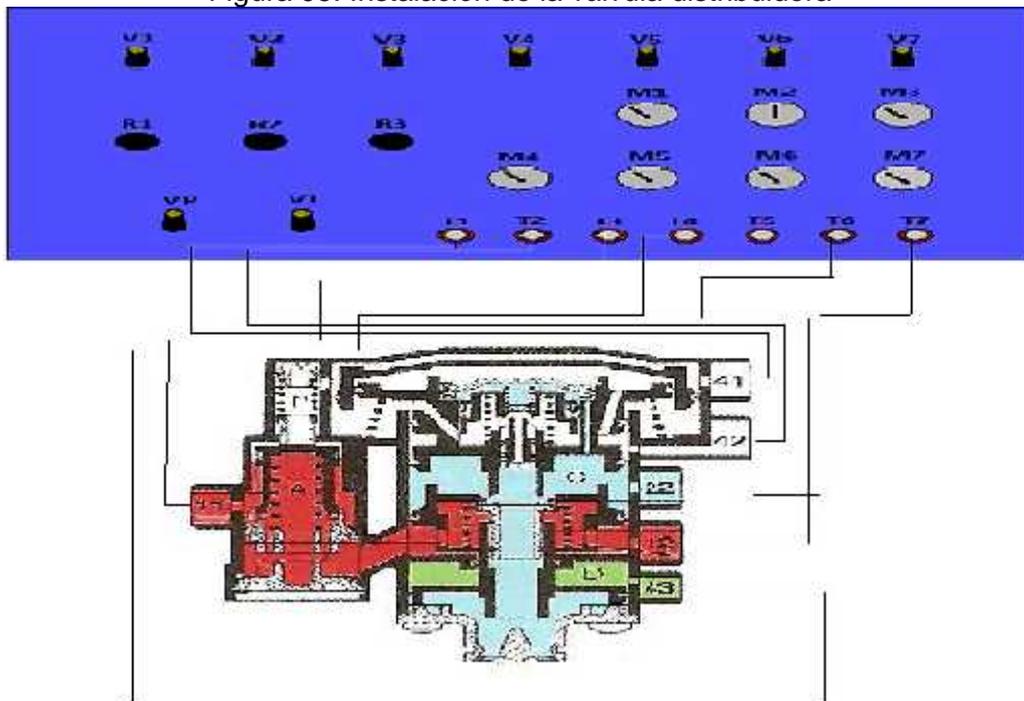


Fuente: Autores

#### 4.5.8 Válvula distribuidora

##### a) Instalación

Figura 95. Instalación de la válvula distribuidora



Fuente: Autores

**b) Prueba de estanquidad**

*Freno de servicio (circuito 41):*

- Activar VI y V3.
- Accionar R3 con presión de 125 Psi en M3.
- Accionar la válvula V4 hasta que el manómetro M4 alcance 125 Psi.
- Comprobar si existen fugas en el empalme de desaireación y uniones.
- Accionar R1 Hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 125 Psi. La presión en el manómetro M3 deberá ser de 125 Psi.
- Comprobar fugas.

*Freno de servicio (circuito 42):*

- Activar VI y V4.
- Accionar R3 hasta que el manómetro M4 alcance la presión de 125 Psi.
- Accionar V2 y R2 hasta que el manómetro M2 alcance la presión de 125 Psi, la presión en el manómetro M7 deberá ser 125 Psi.
- Comprobar si existen fugas en el empalme de desaireación y uniones.

**c) Prueba de funcionamiento**

*Freno de servicio (circuito 41):*

- Activar VI y V1.
- Accionar R1 hasta que el manómetro M1 alcance la presión de 7 Psi.
- Aumentar la presión de R1 hasta 29 Psi, regular la válvula a una presión de 32 Psi en el manómetro M7.
- Aumentar la presión de R1 hasta 106 Psi en el manómetro M1, la presión en 7 deberá ser de 109 Psi.
- Desactivar R1 hasta que al manómetro M1 alcance 0 Psi.
- Freno de servicio (42).
- Activar VI y V2.
- Accionar R2 hasta que el manómetro M2 alcance la presión de 7 Psi.
- Comprobar la presión en el manómetro M7 que deberá ser menor o igual a 7 Psi.
- Aumentar la presión de R2 hasta 29 Psi en el manómetro M2.
- Verificar la presión en el manómetro M7 que deberá ser de 29 Psi.
- Aumentar la presión de R2 hasta 125 Psi en el manómetro M2, la presión en M7 deberá ser de 125 Psi.

- Desactivar R2 hasta que al manómetro 2 alcance 0 Psi.
- Freno de estacionamiento (circuito 43).
- Con una disminución de presión en el circuito 43 de 125 Psi a 91 Psi deberá ocurrir en el manómetro M4 una indicación de presión menor o igual a 7 Psi.
- Abra lentamente la válvula V4 comprobando la disminución de presión de 115 hasta 90 Psi.
- Con una presión de 0 Psi en el manómetro M4 el manómetro M7 deberá indicar una presión de 97 Psi.
- Accionando V4 aumente la presión en el manómetro M4 para 13 Psi.
- El manómetro M7 debe presentar el inicio de reducción de presión.
- Aumentar la presión en el manómetro M4 para una presión menor o igual a 105 Psi el manómetro M7 deberá indicar 0 Psi.
- Accionar R3 hasta que el manómetro M4 indique una presión de c
- Simulación de ruptura.
- En caso diferencia de presión entre el empalme 41 y el empalme de alimentación 11 por causa de ruptura de la tubería del freno de remolque, la válvula de 2/2 vías acoplada a la válvula distribuidora restringe el paso de diámetro 9 mm para 2 mm.
- Con una presión de 120 Psi en el empalme 11 retire cuidadosamente el enganche rápido 6 y accione R1 y compruebe si ocurre una restricción de presión que es liberada por la válvula.

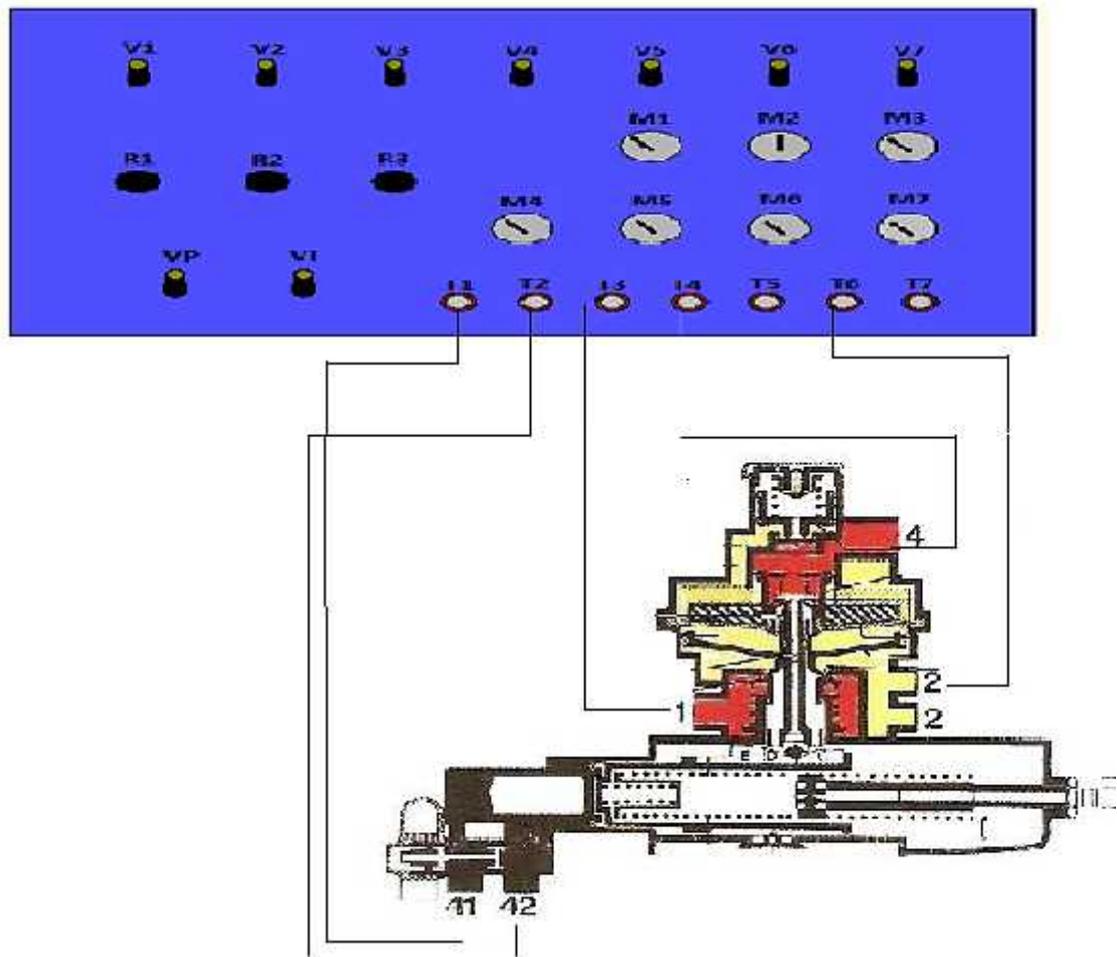
#### **4.5.9** *Válvula sensible a la carga (suspensión neumática)*

**a)** *Instalación.* Realizar la instalación de acuerdo a la Figura 96.

**b)** *Prueba de estanquidad*

- Accionar R3 hasta que el manómetro M3 alcance la presión de 87 Psi.
- Comprobar si hay fugas en la desaireación de la válvula.
- Accionar R1, R2, y V4 hasta que la presión en los manómetros M1, M2 y M4 alcancen los 87 Psi.
- Reducir todas las presiones para 0 bares.
- Aumentar la presión de la válvula V4 hasta que M4 alcance 44 Psi.
- Aumentar la presión de la válvula V4 hasta que M4 alcance c.
- Comprobar fugas.

Figura 96. Instalación válvula sensible a la carga (suspensión neumática)



Fuente: Autores

c) *Reglaje*

- Accionar R3 hasta que M3 alcance la presión de 87 Psi.
- Accionar V4 hasta que M4 marque 20 Psi.
- Comprobar la presión en M6 que deberá de ser de 13 a 1 Psi.
- Ajustar la presión mediante el tornillo hasta los valores antes especificados.

d) *Ajuste de la presión en la posición sin carga*

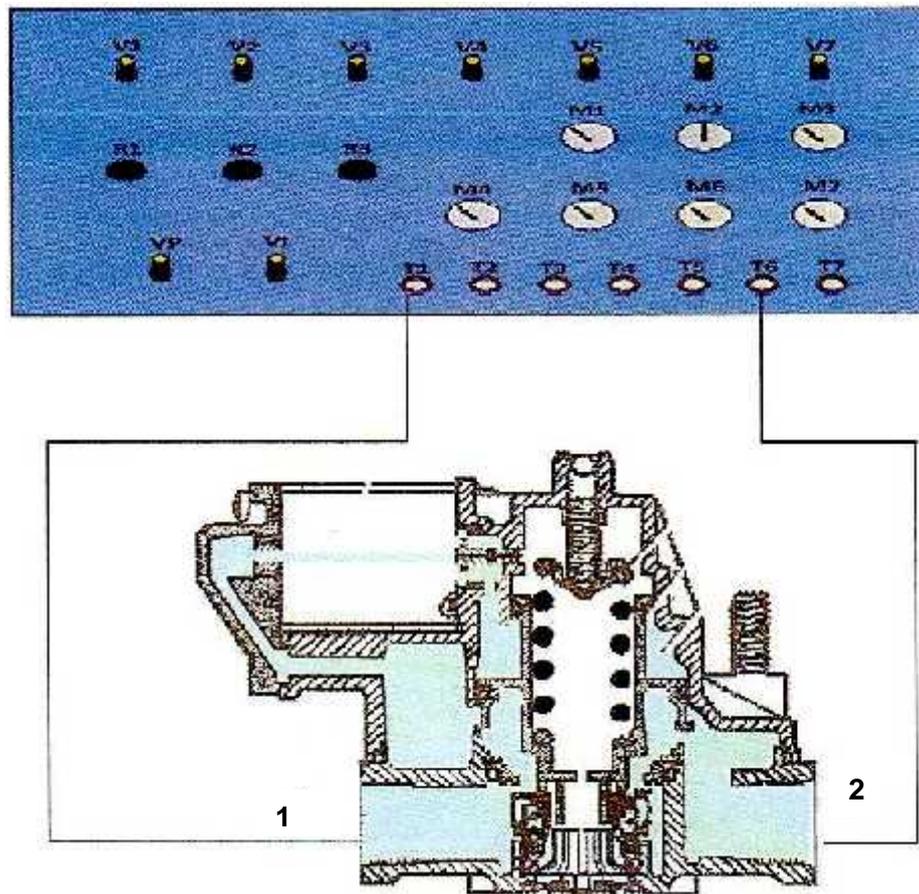
- Reducir todas las válvulas a una presión de 0 Psi.
- Accionar R1 y R2 hasta que M1 y M2 alcancen la presión de 33 Psi.
- Accionar R3 Hasta que M3 alcance la presión de 87 Psi.
- Accionar V4 hasta que M4 alcance los 87 Psi.
- Comprobar la presión en M6 que debe ser de 65 + 1 Psi.

- Ajustar la presión mediante el tornillo de reglaje.
- e) Comprobación de la presión en la posición de carga
- Reducir todas las presiones a 0 Psi.
  - Accionar R3 hasta que M3 alcance 87 Psi.
  - Aumentar la presión de R1 y R2 hasta que M1 y M2 alcancen los 74 Psi.
  - Accionar V4 hasta que M4 alcance los 87 Psi.
  - Comprobar la presión en M6 que deberá ser de 74 Psi.

#### 4.5.10 Válvula limitadora de presión

##### a) Instalación

Figura 97. Instalación de la válvula limitadora de presión



Fuente: Autores

##### b) Prueba de estanquidad

- Accionar R1 hasta que M1 alcance 120 Psi.

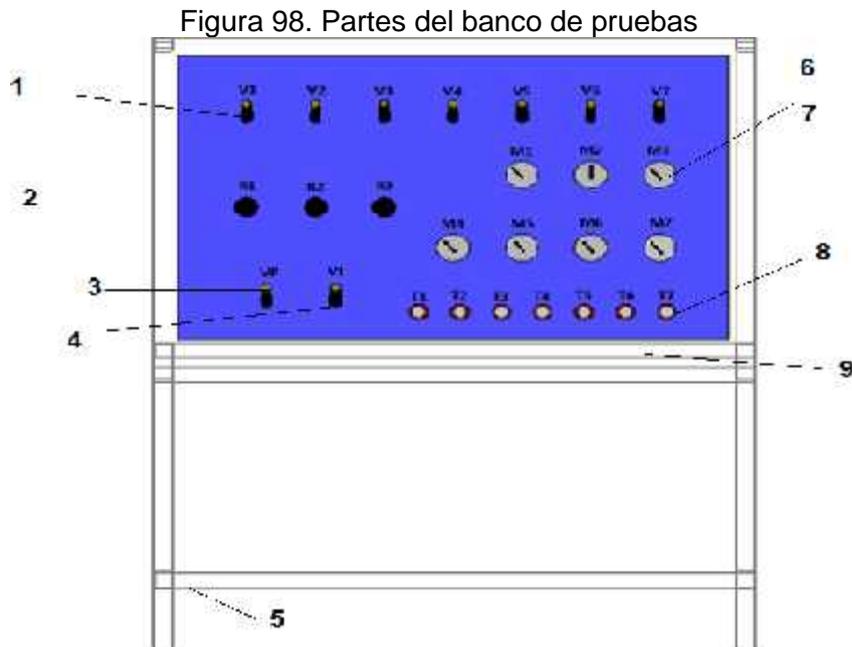
- Comprobar la presión en M6 que debe ser 74 Psi.
- Comprobar que no existan fugas.

c) *Prueba de funcionamiento y reglaje*

- Accionar R1 hasta que M1 alcance 120 Psi.
- Comprobar una presión de 120 Psi en M6.
- Utilizando una fuente de tensión de 24 V aplicar tensión en la bobina de la válvula.
- Comprobar la presión hasta 74 Psi.
- Ajustar la presión en el empalme 2 ajustando el tornillo de reglaje.

#### 4.6 Elaboración del manual de usuario y mantenimiento del banco

4.6.1 *Estructura y Función.* El banco de pruebas se ha previsto para la comprobación de todo tipo de válvulas de camiones que funcionen con aire comprimido.



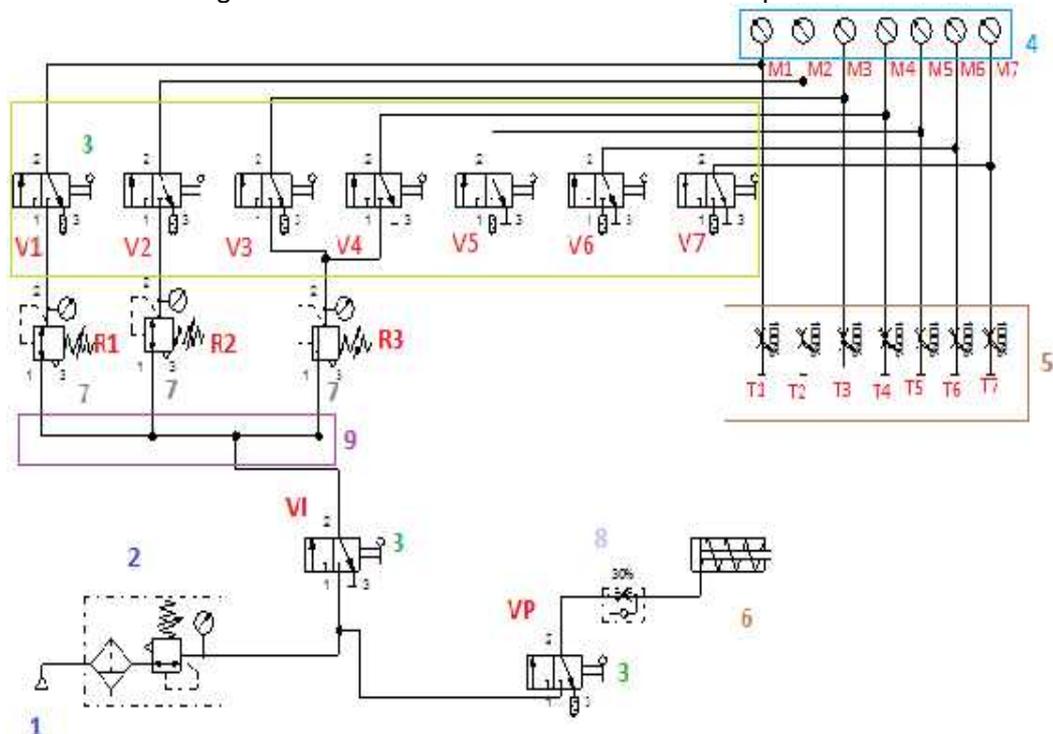
Fuente: Autores

1. Válvula de 3/2
2. Reguladores de presión
3. Válvula del Pistón
4. Válvula Inicial
5. Entrada a la fuente de aire comprimido

6. Panel porta instrumentos
7. Manómetros
8. Acoples rápidos
9. Banco de trabajo

**4.6.1.1 Funcionamiento.** El conducto de alta presión proveniente de la fuente de aire comprimido pasa por la unidad de mantenimiento, donde el aire será regulado lubricado y se eliminaran partículas, llegando el aire hasta a la válvula 3/2 (VI) y a la válvula 3/2 (VP), por consiguiente se deberá manipular la válvula VI para seguir alimentando el circuito, este aire pasará hacia los reguladores R1,R2 y R3 donde procederemos a operar cada uno de estos fijando el aire comprimido necesario para la demostración de cada una de las válvulas neumáticas a comprobar. Al actuar la V1 el aire será censado por el manómetro M1 y se dirigirá hacia el acople rápido T1, de igual manera al actuar V2, V3 y V4 el aire será registrado en los manómetros M2, M3, M4 y rápidamente dirigiéndose hacia los acoples rápidos T2, T3 y T4 respectivamente. Recalcando que T4 y M4 nos ayudara como entra de presión y de salida. Las conexiones del banco de pruebas T5, T6, T7 conducen hacia unidades de medición cada una compuesta por válvulas 3/2, toberas y silenciadores.

Figura 99. Circuito neumático del banco de pruebas



Fuente: Autores

**4.6.2 Instalación.** Las uniones de manguera para las pruebas vienen incluidas en el banco con los respectivos acoples para cada válvula a ser ensayada.

Al conectar el banco de pruebas se debe proceder del modo siguiente:

- Conectar el banco de pruebas a la red de alimentación de aire comprimido de la empresa.
- Presión máxima admisible 233 Psi.
- Presión mínima 145 Psi.
- El banco de pruebas ya cuenta con una unidad de mantenimiento por lo que no es necesaria la instalación de un separador de agua.

Para la conexión de las válvulas a ensayar es necesario seguir las instrucciones de comprobación para cada válvula (Véase el apartado 4.5 Procedimientos para la comprobación de válvulas neumáticas) tomar en cuenta que todas las válvulas deben estar en posición cierre (off) antes de cualquier prueba.

**4.6.3 Mantenimiento.** La frecuencia del mantenimiento depende de la frecuencia con la que se utilice el banco.

#### **4.6.3.1 Evacuación del agua condensada de la unidad de mantenimiento**

- La evacuación del agua se la realiza mediante la válvula ubicada en la parte inferior del vaso de la unidad de mantenimiento.
- Se deberá utilizar aceite SAE 10 en el lubricador de la unidad de mantenimiento.

#### **4.6.3.2 Limpieza de los filtros de la unidad de mantenimiento**

- Cada uno de los vasos de la unidad de mantenimiento es de fácil remoción por lo que se pueden limpiar de manera sencilla.

Nota: Antes de proceder a cualquier actividad de mantenimiento purgar el aire de todo el sistema, en la siguiente Tabla 15. Detallaremos el mantenimiento preventivo que se realizará al banco de pruebas.

Tabla 15. Plan de mantenimiento preventivo

	Trabajo	Período por practicas			
		5P	12P	25P	75P
<b>Elementos mecánicos</b>					
Estructura	Limpiar/Examinar estado de pintura	x		x	
Ruedas	Limpiar/Engrasar		x	x	
Bisagras	Inspeccionar/Limpiar/Engrasar		x	x	x
Pernos y prisioneros	Inspeccionar apriete	x		x	
<b>Elementos Neumáticos</b>					
Conexiones	Inspeccionar	x		x	x
Mangueras	Controlar Fugas	x		x	x
Válvulas	Inspeccionar/Limpiar		x		x
Reguladores	Inspeccionar /Verificar regulación de paso de aire			x	x
Acoples Rápidos	Limpiar/controlar fugas		x		x
Manómetros	Inspeccionar/Verificar entrada de aire		x		x
Unidad de mantenimiento	Evacuar agua/Limpiar filtro		x		x
Compresor	Purgar el condensa de aire comprimido	x	x	x	x

Fuente: Autores

## 4.7 Medidas de seguridad

**4.7.1 Respecto al uso del aire comprimido.** El aire comprimido no es "solamente aire". Es una corriente concentrada de aire impulsada a alta velocidad, la cual puede causar serias lesiones o la muerte a su operador o a las personas que se encuentran en las inmediaciones.

Jugar con el aire comprimido puede resultar mortal. Un chorro de aire comprimido lanzado en dirección equivocada puede sacar un globo ocular de su órbita, romper los tímpanos o causar una hemorragia cerebral.

Dirigido a la boca, puede desgarrar los pulmones y los intestinos. Si se usa para quitar polvo o suciedad de la ropa o del cuerpo, puede hacer que penetren en la sangre burbujas de aire, por encima incluso de la ropa, e inflar y desgarrar órganos del cuerpo.

Para prevenir lesiones accidentales cuando trabaje con aire comprimido, observe las siguientes precauciones:

- Los operadores de herramientas de aire comprimido deben llevar puesta protección ocular y otros equipos de seguridad personal adecuados.
- Antes de usar una manguera de aire, examine todas las conexiones para asegurarse de que estén bien apretadas y que no se aflojaran con la presión. Las mangueras de aire flojas pueden dar latigazos peligrosos.
- Revise la manguera de aire con detenimiento para asegurarse de que esté en buenas condiciones antes de abrir la válvula y dejar entrar aire en la manguera; al terminar el trabajo, cierre las válvulas de la herramienta y del tubo de aire.
- Sujete la boquilla al abrir y cerrar el aire.
- Antes de abrir el aire comprimido, asegúrese de que la suciedad depositada en las máquinas no saldrá despedida en dirección a otros trabajadores.
- No retuerza la manguera para interrumpir la corriente de aire; cierre siempre el aire en la válvula de control.
- Revise continuamente la condición de la herramienta de aire comprimido y de la manguera de aire por si tuviera daños o diera muestras de fallos.
- Nunca apunte la boquilla de una manguera de aire comprimido en dirección a su cuerpo o a otra persona.
- Nunca use aire comprimido para bromas pesadas.
- Nunca mire en el interior del extremo de la herramienta de aire comprimido por donde sale el aire.
- Nunca use aire comprimido para limpiar su uniforme de trabajo ni ninguna máquina.
- No deje mangueras de aire en pasillos, ya que puedan ser dañadas si se pisan o ser causa de tropiezos.
- Las herramientas de aire comprimido son seguras y fiables cuando se usan de modo adecuado y sensato.

**4.7.2** *Respecto a las instalaciones de aire comprimido.* Este punto es muy importante ya que la seguridad se basa en la buena instalación de diferentes componentes neumáticos.

#### **4.7.2.1** *Filtro de admisión de aire al compresor*

*Riesgos.* Los filtros son elementos de gran importancia ya que aún el aire más limpio

presenta elementos en suspensión, que si no son eliminados, pueden deteriorar rápidamente los elementos internos del compresor, dando lugar a situaciones peligrosas.

*Elementos de seguridad.* Un mantenimiento adecuado que mantenga el filtro en unas condiciones de limpieza óptima asegura un correcto funcionamiento, sin embargo se aconseja la instalación de un medidor de caída de presión en el filtro para comprobar su estado de limpieza.

#### **4.7.2.2 Compresores**

*Riesgos.* Pueden presentar una serie de riesgos comunes que vienen determinados por la posible sobrepresión alcanzada, con riesgo de explosión, que puede venir determinada por alguna de las siguientes causas.

- Bloqueo, total o parcial, del aire que sale del compresor.
- Fallo de los controles automáticos, combinado con bajo consumo de aire.
- Mal funcionamiento del compresor, sobre velocidad.
- Sobrecalentamiento, que puede dar lugar a la ignición de los depósitos carbonosos con el consiguiente peligro de explosión. Aunque no es frecuente, pueden iniciarse fuegos y explosiones por combustión de aceites y vapores procedentes de los utilizados para la lubricación del compresor.
- Proximidad de fuego exterior con el consiguiente sobrecalentamiento y sobrepresiones.
- La suciedad y/o humedad puede ser causa de corrosiones, así como el bloqueo de válvulas.
- Un elemento a tener muy en cuenta son las correas y árboles de transmisión entre compresor y motor de accionamiento, que pueden ser causa de graves lesiones por atrapamiento.

*Elementos de seguridad.* Tenemos los siguientes:

- *Válvulas de seguridad:* Irán dotados de una o varias válvulas de seguridad cuyo tamaño y capacidad de descarga vendrá determinado por el caudal de aire máximo que es capaz de suministrar el compresor. Cuando se monte una

válvula de interrupción entre compresor y acumulador de aire comprimido, se instalará una válvula de seguridad en la línea de unión de los mismos y situada entre compresor y válvula de interrupción.

- *Manómetros:* Serán de lectura fácil, bien visible y construidas según UNE, estando determinado su número en función del tamaño del compresor.

#### **4.7.2.3** *Separador de condensado*

##### *Riesgos*

- Corrosión debido a la presencia de agua.
- Presencia de aceite de lubricación y la posibilidad de formarse nieblas del mismo.
- Otro riesgo presente, es el mal funcionamiento del sistema de drenaje debido a la acción de los agentes atmosféricos, como heladas, que pueden llegar a colapsarlos y de obstrucciones por elementos arrastrados.

##### *Elementos de seguridad*

- Debe contar con un sistema de drenaje adecuado al volumen de condensado, generalmente de tipo automático.
- Estará protegido contra las heladas.
- Se mantendrá en condiciones óptimas de limpieza.

#### **4.7.2.4** *Secadores de aire*

*Riesgos.* Los sistemas de secado de aire emplean cámaras presurizadas e intercambiadores de calor, por lo que los riesgos que presentan son los de cualquier aparato a presión.

*Elementos de seguridad.* Si el secador puede aislarse de la red, sus cámaras estarán construidas para soportar la máxima presión que pueda soportar el compresor, o bien irá dotado de una válvula reductora de presión y una válvula de seguridad para evitar que se exceda la presión de seguridad en las cámaras del secador. Cuando no existan medios para aislar el secador, se coloca una válvula de seguridad.

#### **4.7.2.5** *Acumulador de aire comprimido.*

*Riesgos.* Al estar sometidos a presión interna, su principal riesgo es el de explosión, que puede venir determinada por alguna de las siguientes causas:

- Sobrepresión en el aparato por fallo de los sistemas de seguridad.
- Sobrepresión por presencia de fuego exterior.
- Sobrepresión y riesgo de explosión por auto ignición de depósitos carbonosos procedentes del aceite de lubricación del compresor.
- Disminución de espesores de sus materiales, por debajo de los límites aceptables por diseño, debido a la corrosión.
- Corrosiones exteriores, localizadas en el fondo del depósito.
- Erosiones o golpes externos.
- Fatiga de materiales debido a trabajo cíclico.

#### *Elementos de seguridad*

- Válvula de seguridad cuya capacidad y presión de descarga adecuadas.
- Indicador de presión interna del aparato.
- Sistema de drenaje manual o automático.
- Todos los elementos de seguridad serán fácilmente accesibles.

#### **4.7.2.6** *Líneas de conducción*

#### *Riesgos*

- La falta o ruptura del aislamiento en conducciones, válvulas, etc., puede ser causa de sobrepresiones debidas a la acción climática.
- Los componentes no metálicos, empleados en filtros, trampas de vapor, separadores, engrasadores, etc., pueden perder sus características de resistencia debido a la acción de contaminantes presentes en el aire comprimido, con el consiguiente riesgo de ruptura.
- Los lubricadores deben ser compatibles con el recipiente de lubricación y con los equipos a ser lubricados.

### *Elementos de seguridad y medidas preventivas*

- Las líneas de conducción serán diseñadas adecuadamente y de una forma genérica se asegurara que la perdida de carga entre el acumulador de aire comprimido y la toma más lejana, no sobrepasa el 5% de la presión requerida, con un máximo de 0,3 bares.
- El diámetro de la conducción principal no será nunca inferior al diámetro de la tubería de salida del compresor.
- En numerosas ocasiones es necesario disponer de un aire comprimido limpio, empleándose para ello filtros y trampas, así como engrasadores para las maquinas que utilizan el aire comprimido; estos elementos se instalaran detrás de la correspondiente válvula de cierre, en el sentido del flujo, siendo los engrasadores los últimos en la ubicación.
- La limpieza de elementos no metálicos, constituyentes de filtros, trampas, etc., solo se efectuará con trapos completamente limpios y libres de cualquier producto, con objeto de que no se vea atacado el material que lo constituyen.
- Los filtros, separadores, lubricadores, etc., estarán situados de forma que el riesgo de rotura se minimice, cuando los vasos sean de policarbonato es aconsejable dotarles de un escudo protector.
- Se debe instalar una válvula de seguridad tarada a una presión tal que impida excederse la presión del equipo. Se debe colocar de forma que en su descarga se minimice el riesgo a los trabajadores en el entorno.

#### **4.7.3** *Respecto al banco de pruebas*

- La comprobación de la pieza a ensayar sólo podrá ser llevada a cabo por personal que posea conocimientos específicos del sistema.
- Comenzar la comprobación únicamente tras haber leído y comprendido el funcionamiento y las instrucciones del banco de pruebas por completo.
- Antes de comenzar una prueba, cerciorarse que los grifos de cierre estén en la posición correcta.
- Durante la comprobación de la pieza a ensayar es necesario atenerse a la instrucción correspondiente para la comprobación.
- En caso de dudas sobre el ajuste correcto de la pieza a ensayar es necesario consultar el manual del fabricante.

- Es necesario atenerse a las medidas de seguridad mencionadas en los apartados anteriores para prevención de accidentes.
- Verificar que las uniones de enchufe del banco de pruebas y las de la pieza a ensayar estén correctamente conectadas.
- Aflojar los tornillos de cierre, mangueras y piezas del aparato sólo después de haber purgado las tuberías del banco de pruebas.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS DE COSTOS

En el presente capítulo se analizarán todos los costos que intervienen directa e indirectamente en la construcción y ensamblaje del banco de comprobación de válvulas.

#### 5.1 Costos directos

Estos costos son los que intervienen directamente en la construcción de la parte del sistema y su ensamblaje.

**5.1.1 Costos de materiales.** Intervienen los costos de los materiales de la parte mecánica y neumática; estos costos se detallan a continuación:

Tabla 16. Costo de materiales de la parte mecánica

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Perfiles cuadrados 40x40x2mm	6m	3	27,80	83,40
Láminas de acero galvanizado de (1/20plg.)	u	2	46,5	93,00
Láminas de acero en frío (2mm)	u	3	54,50	163,50
Pintura base color verde	lt	2	9,00	18,00
Pintura azul martillado	lt	3	11,50	34,50
Candado marca viro	u	1	4,50	4,50
Bisagras de acero inoxidable 30x19 mm	u	4	8,00	32,00
Tornillos 3 mm de diámetro	u	23	0,15	3,45
Bases de caucho	u	3	3,00	9,00
Ruedas industriales de goma	u	4	3,00	12,00
<b>Total</b>				<b>USD. 453,35</b>

Fuente: Autores

Tabla 17. Costo de materiales de la parte neumática

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Unidad de mantenimiento	u	1	75,80	75,80
Válvulas manuales 1/4 3-2 R/ Manual	u	9	45,00	405,00
Manómetros 50 AC 1/4 B ATCN 200 PSI	u	8	5,00	40,00
Válvula anti retorno con regulador de caudal 3/8	u	1	15,00	15,00
Cilindro de simple efecto 20x50 mm	u	1	26,50	26,50
Reguladores de presión 150 PSI 100 CFM	u	3	28,00	84,00
Silenciadores plano de 1/4 " PT	u	9	1,25	11,25
Terminal de 1/4" ID x 1/4" MPT	u	18	0,97	17,46
Terminal de 1/4" ID x 1/8" MPT	u	1	0,83	0,83

Tabla 17. (Continuación)

Manguera de aire de 200 PSI	m	30	3,00	90,00
Tapones de Bronce de Ø 1/4 " PT	u	18	0,60	10,80
Abrazaderas para manguera de 1/4 "	u	80	0,75	60,00
Acoples Rápidos Milton Bronce de Ø 1/4"	u	7	7,00	49,00
Kit de válvulas a comprobar	u	1	200,00	200,00
"T" De rosca interna de Ø 1/4 "	u	10	3,00	30,00
Aceite SAE 10	lt	1	9,00	9,00
Terminal de 1/4 ID x 3/8 MPT	u	2	1,50	3,00
Codo de rosca interna de Ø 1/4"	u	1	3,00	3,00
Juego de llaves mixtas Stanley	u	1	70,00	70,00
Neblón industrial	u	2	2,50	5,00
<b>Total</b>				<b>USD. 1205,64</b>

Fuente: Autores

**5.1.2 Costo de mano de obra.** Es el costo de los jornales para los trabajadores responsables de fabricar los productos acabados a partir de materias primas.

Tabla 18. Costo de mano de obra

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Hora	Costo total
Pintor	h	10	5,00	50,00
Maestro Soldador	h	6	3,50	21,00
<b>Total</b>				<b>USD. 71,00</b>

Fuente: Autores

**5.1.3 Costos de maquinaria y herramientas.** Aquí interviene cada equipo que se utilizó para la elaboración del banco didáctico.

Tabla 19. Costos de maquinaria y herramientas

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Hora	Costo total
Compresor	h	6	8,00	48,00
Soldadora	h	8	10,00	80,00
Taladro de pedestal	h	1	10,00	10,00
Amoladora	h	2	7,00	14,00
Herramientas de mano	h	3	5,00	15,00
<b>Total</b>				<b>USD. 167,00</b>

Fuente: Autores

**5.1.4 Costo de transporte.** Es aquel que se utilizó para transportar los materiales al lugar de construcción, así como también, para movilizar todo el banco de comprobación hacia el taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Tabla 20. Costo de transporte

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Viajes cortos dentro de la ciudad	50,00
Viajes fuera de la ciudad	95,00
Flete Tena-Riobamba	150,00
<b>Total</b>	<b>USD. 295,00</b>

Fuente: Autores

El total de costos directos es igual a la suma los materiales de la parte mecánica, neumática, costo de mano de obra y más el costo de transporte.

Tabla 21. Costos directos

Costo de materiales de la parte mecánica	453,35
Costo de materiales de la parte neumática	1205,64
Costo de mano de obra	71,00
Costos de maquinaria y herramientas	167,00
Costo de transporte	295,00
<b>Total Costos Directos</b>	<b>USD.2191,99</b>

Fuente: Autores

## 5.2 Costos indirectos

Estos costos son los que no intervienen directamente en la construcción de la parte del sistema y su ensamblaje, es decir, son aquellos costos cuya identificación con un objeto de costo específico es muy difícil, o no vale la pena realizarla; estos costos se detallan a continuación:

Tabla 192. Costos indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Costo Ingenieril	110,00
Imprevistos	100,00
Utilidad	0,00
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>USD.210,00</b>

Fuente: Autores

### 5.3 Costo total

El costo total del proyecto es igual a la suma de los costos directos más los costos indirectos.

$$\text{Costo total} = \text{Costo}_{\text{directo}} + \text{Costo}_{\text{indirecto}} \quad (6)$$

$$\text{Costo total} = \text{USD. } (2191,99 + 210,00)$$

$$\text{Costo total} = \text{USD. } 2401,99$$

Para la realización de este proyecto se tomó la decisión de ocupar el compresor ubicado en los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz con lo cual, se pudo obtener un ahorro de USD. 1043,09 en relación a lo que en nuestro anteproyecto se tenía planificado gastar. Además el equipo cumple con los requerimientos necesarios para el funcionamiento del banco de pruebas.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Deducimos que el aire comprimido está presente en muchas industrias y no podía faltar en la industria automotriz formando parte de los diferentes sistemas automotrices que conforman el vehículo como son: el sistema de frenos, Suspensión, transmisión y el auto inflado de las llantas.

Aprendimos la importancia de conocer la simbología de las válvulas, lo que nos permite una mejor comprensión de cualquier esquema así como su funcionamiento.

Concluimos que los circuitos neumáticos existentes en los camiones cumplen funciones específicas diseñadas para cada necesidad.

Una de las partes primordiales en los circuitos neumáticos es la unidad de mantenimiento, que se encarga de garantizar aire libre de impurezas que pueden ser perjudiciales tanto para el circuito como para los actuadores.

Existen en el mercado diferentes tipos de válvulas las cuales se adaptan a las exigencias y necesidades de cada circuito.

Las válvulas neumáticas utilizadas en los camiones trabajan siguiendo fases de manera similar como son: alimentación, trabajo, equilibrio y desaireación.

Cada elemento con el que cuentan los sistemas neumáticos de los camiones realiza una función específica lo que garantiza un trabajo eficaz de estos sistemas.

## **6.2 Recomendaciones**

Prever que el taller donde se instale cuente con un compresor y un tanque capaz de generar aire comprimido y trabajar de manera óptima a 10 bares.

Evitar que existan fugas en la conexión de la red de aire comprimido al banco de pruebas ya que el ruido producido dificultará la identificación del funcionamiento de las válvulas a ser ensayadas.

Comprender el funcionamiento de cada válvula para su respectiva comprobación y calibración.

Comprobar que los acoples rápidos estén bien sujetos tanto a la válvula a ensayar así como al banco de comprobación antes de proceder a enviar el aire comprimido.

Identificar antes de cada prueba que cada uno de los manómetros esté en cero y las válvulas en posición cerrada.

Verificar que todo el banco de comprobación esté despresurizado antes de proceder a su mantenimiento.

Tener presente el manual de procedimientos para la comprobación de las válvulas en cada trabajo, por tal motivo se tiene que revisar el apartado del capítulo cuatro.

Respetar las normas de seguridad proporcionadas en el presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALONSO, José. 1999.***Circuito de fluidos y suspensión y dirección.* Madrid-España : Paraninfo, 1999. Pág. 46.

**CARNICER, E. 1994.***Aire Comprimido.* Madrid-España : Paraninfo, 1994. Pág. 18.

**NAVAS, Mario. 2007.***Los principios de Pascal, Arquímedes y teorema de Bernoulli.* [En línea] 2007. [Citado el: 05 de 03 de 2013.] <http://www.monografias.com/trabajos32/pascal-arquimedes-bernoulli/pascal-arquimedes-bernoulli.shtml>.

**ROLDÁN, José. 2003.***Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada.* Madrid-España : Paraninfo, 2003. Pág. 59-61.

**VÁZQUEZ, Marcial. 2003.***Mecánica industrial, Tratamiento del aire comprimido.* Madrid-España : J.B. Estudio gráfico, 2003. Pág. 234-238.

**WABCO. 2012.***Manual de entrenamiento, Sistemas y componentes en vehículos industriales.* Madrid- España : Europe BVBA, 2012. Pág. 9-99.