

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DE AIRE
ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR PARA SIMULACIÓN DE
FALLAS EN EL SISTEMA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

**ALEGRÍA GUILLÉN LUIS ALEJANDRO
MASAPANTA GUAYTA CRISTIAN MIGUEL**

Latacunga, Enero 2012

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: ALEGRÍA GUILLÉN LUIS ALEJANDRO, MASAPANTA GUAYTA CRISTIAN MIGUEL, bajo nuestra supervisión.

Ing. Héctor Terán
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. José Quiroz
CODIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Juan Castro
DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ALEGRÍA GUILLÉN LUIS ALEJANDRO y MASAPANTA GUAYTA CRISTIAN MIGUEL

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR PARA SIMULACIÓN DE FALLAS EN EL SISTEMA.”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Enero del 2012.

Luis Alejandro Alegría G.
C.C. N° 171533598-8

Cristian Miguel Masapanta G.
C.C. N° 171612150-2

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR PARA SIMULACIÓN DE FALLAS EN EL SISTEMA.”**, ha sido guiado y revisado periódicamente y, cumple con normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, Si recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado, y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizamos a los señores **ALEGRÍA GUILLÉN LUIS ALEJANDRO; MASAPANTA GUAYTA CRISTIAN MIGUEL**, que le entregue al Ing. Juan Castro C., en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Enero 2012.

Ing. Héctor Terán
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. José Quiroz
CODIRECTOR DE PROYECTO

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, ALEGRÍA GUILLÉN LUIS ALEJANDRO y MASAPANTA GUAYTA CRISTIAN MIGUEL

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca Virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR PARA SIMULACIÓN DE FALLAS EN EL SISTEMA.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2012.

Luis Alejandro Alegría G.
C.C. N° 171533598-8

Cristian Miguel Masapanta G.
C.C. N° 171612150-2

DEDICATORIA

A mis padres gracias a su esfuerzo me han permitido alcanzar tan significativo logro, a mis hermanas, familiares, amigos y a todas las personas que me han alentado a seguir adelante.

En especial quiero dedicar este trabajo a Dios, mi razón de ser, el responsable de todos mis logros, ya que sin su bendición todo hubiese resultado más difícil.

LUIS ALEGRÍA

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mis padres, que son lo más preciado de mi vida, ya que en todo momento fueron los pilares fundamentales que me han enseñado a luchar, perseverar y saber llegar a culminar todas las metas con éxito, sin dejar de lado los valores primordiales como el respeto, honradez y principalmente la humildad.

A mis hermanos por apoyarme incondicionalmente y motivarme a continuar pese a todas las adversidades.

A mi tía por todos sus consejos y enseñanzas sabias, que con su cariño y amor no me permitieron abandonar esta meta.

CRISTIAN MASAPANTA GUAYTA

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios por darme la oportunidad de prepararme y estar a mi lado en cada momento y enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y ser mi motivación en todo lo que emprenda.

A mis familiares, amigos, y todas las personas que con su ejemplo han contribuido en mi formación personal y académica.

LUIS ALEGRÍA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas aquellas personas que durante toda esta etapa estuvieron a mi alrededor, que de una u otra manera me apoyaron, motivaron y complementaron el estar lejos de mi hogar.

A todas estas personas un infinito agradecimiento, de ustedes conservaré gratos recuerdos, los cuales los mantendré presente toda la vida.

CRISTIAN MASAPANTA GUAYTA

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xx
PRESENTACIÓN	xxi
CAPÍTULO 1 – PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	1
1.1. Leyes Físicas.....	1
1.2. Función y necesidad del aire acondicionado.....	1
1.3. Factores que influyen en la confortabilidad.....	3
1.4. Los cuerpos y la energía.....	6
1.5. Los estados de la materia.....	7
1.6. Formas de transmisión de calor.....	9
1.7. Calor y temperatura.....	10
1.8. Entalpía y entropía.....	10
1.9. Presión y temperatura.....	11
1.10. Presión, temperatura y energía.....	14
1.11. La refrigeración.....	15
1.12. Circuito de aire acondicionado.....	17
CAPÍTULO 2 – COMPONENTES DEL CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR	20
2.1. El fluido refrigerante.....	20
2.2. El compresor.....	21
2.2.1. Tipos de compresores.....	22
2.3. Funcionamiento del embrague electromagnético.....	28

2.4.	El condensador.....	30
2.4.1.	Tipos de condensadores.....	31
2.5.	Electroventilador del condensador.....	33
2.6.	Válvula de expansión.....	34
2.6.1.	Tipos de válvulas de expansión.....	35
2.7.	El evaporador.....	38
2.7.1.	Tipos de evaporadores.....	40
2.8.	Ventilador del evaporador.....	42
2.8.1.	Tipos de ventiladores del evaporador.....	42
2.9.	Motor del ventilador del evaporador.....	43
2.10.	El filtro deshidratador.....	43
2.10.1.	Tipos de filtros deshidratadores.....	44
2.11.	El aceite lubricante.....	48
2.12.	Tubos y racores.....	50
2.13.	Presostatos.....	52
2.14.	Termostatos.....	55
2.15.	Funcionamiento del circuito de calefacción.....	57
2.16.	Filtro del habitáculo.....	59
2.17.	Actuadores.....	60
2.17.1.	Actuadores paso a paso.....	61
2.17.2.	Actuadores de corriente continua.....	62
2.18.	Conjunto distribuidor o bloque climatizador.....	65
2.19.	Las trampillas.....	66
2.20.	Sistemas de regulación.....	68
2.20.1.	Sistema de regulación manual.....	68
2.20.2.	Sistema de regulación semiautomático.....	70
2.20.3.	Sistema de regulación automático.....	71
 CAPÍTULO 3 – DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AIRE ACONCIONADO CON CLIMATIZADOR.....		74
3.1.	Parámetros de diseño.....	74
3.2.	Diseño del sistema de aire acondicionado.....	75

3.2.1.	Cálculo de la carga térmica de calefacción.....	75
3.2.2.	Cálculo de la carga térmica de refrigeración.....	77
a.	Intercambio térmico en el condensador.....	78
b.	Intercambio térmico en el evaporador.....	79
c.	Selección del compresor.....	81
3.3.	Diseño del sistema mecánico.....	82
3.3.1.	Selección del motor eléctrico.....	82
3.3.2.	Cálculo de la relación de transmisión.....	83
3.3.3.	Cálculo de la longitud de la banda.....	84
3.4.	Diseño del sistema electrónico.....	85
3.4.1.	Selección de elementos electrónicos.....	86
CAPÍTULO 4 – MONTAJE Y PRUEBAS DEL ENTRENADOR.....		91
4.1.	Montaje del entrenador.....	91
4.2.	Pruebas de funcionamiento del sistema.....	93
4.2.1.	Inspección de fugas.....	93
4.2.2.	Medición de presiones en el sistema.....	93
4.2.3.	Comprobación del nivel de aceite en el sistema.....	94
4.2.4.	Comprobación de componentes eléctricos y electrónicos.....	94
CAPÍTULO 5 - DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA CLIMATIZADOR.....		107
5.1.	Diagnóstico táctil.....	107
5.2.	Diagnóstico estático de las presiones del circuito.....	108
5.3.	Diagnóstico dinámico de las presiones del sistema.....	109
5.3.1.	Diagnóstico de circuitos equipados con válvulas de expansión...111	
5.3.2.	Diagnóstico de circuitos equipados con expansor de orificio fijo...114	
5.4.	Verificación y control de componentes.....	117
5.5.	Diagnóstico eléctrico del sistema climatizador.....	121
CAPÍTULO 6 - MANTENIMIENTO E INTERVENCIÓN DEL EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN.....		122
6.1.	Mantenimiento del sistema de aire acondicionado.....	122

6.2.	Carga y descarga del circuito.....	125
6.3.	Vaciado del circuito.....	127
6.4.	Llenado del cilindro de carga.....	129
6.5.	Desaireado de la instalación.....	131
6.6.	Carga del sistema con fluido refrigerante.....	133
6.7.	Rellenado del circuito.....	135
6.8.	Detección de fugas del fluido refrigerante.....	136
6.9.	Sustitución de componentes y limpieza del circuito.....	137
CAPÍTULO 7 – GUÍA PRÁCTICA.....		144
7.1.	Práctica No. 1.....	144
7.2.	Práctica No. 2.....	147
7.3.	Práctica No. 3.....	154
7.4.	Práctica No. 4.....	158
7.5.	Práctica No. 5.....	164
7.6.	Práctica No. 6.....	172
CONCLUSIONES.....		197
RECOMENDACIONES.....		198
BIBLIOGRAFÍA.....		199
ANEXOS.....		200
	Anexo A.....	201
	Anexo B.....	207
	Anexo C.....	220
	Anexo D.....	224

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Características físicas de los dos fluidos.....	21
--	----

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Características del PIC 16F877A.....	86
Tabla 3.2. Características del PIC 16F628A.....	87

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1	Valores de presión a 3500rpm.....	94
Tabla 4.2	Cantidad de lubricante en el sistema.....	94
Tabla 4.3	Designación de pines del climatizador.....	97
Tabla 4.4	Voltajes de señal del sensor ACP.....	100
Tabla 4.5	Valores de voltaje al variar la velocidad del blower.....	103
Tabla 4.6	Valores de resistencia en el actuador de mezcla de aire.....	104
Tabla 4.7	Valores de voltaje en el actuador de modo.....	105
Tabla 4.8	Valores de voltaje en el actuador de recirculación de aire.....	106

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1. Presiones de acuerdo al tipo de gas refrigerante.....	109
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1	Equilibrio térmico del cuerpo humano.....	2
Figura 1.2	Curvas de sensación de agrado y confort térmico de una persona...4	
Figura 1.3	Grados de confortabilidad del entorno del habitáculo en función de la carga ambiental.....	5
Figura 1.4	Procesos de cambio de estado.....	8
Figura 1.5	Formas de transmisión del calor.....	10
Figura 1.6	Consecución de distintos estados del agua contenida en un recipiente cerrado al modificar los valores de la presión.....	12
Figura 1.7	Curvas de presión y temperatura del agua y de los agentes refrigerantes R12 y R134a.....	13
Figura 1.8	Diagrama de estados de agregación del agente frigorífico R134a..	14
Figura 1.9	Componentes fundamentales de un circuito frigorífico.....	16
Figura 1.10	Circuito acondicionador de aire para automóviles.....	18

CAPÍTULO 2

Figura 2.1:	Compresor alternativo de pistones.....	23
Figura 2.2:	Compresor de cilindrada fija.....	24
Figura 2.3:	Compresor de cilindrada variable.....	24
Figura 2.4:	Rotor centrado y estator de sección ovalada.....	26
Figura 2.5:	Rotor excéntrico y estator de sección circular.....	26
Figura 2.6:	Compresor de espiral.....	27
Figura 2.7:	Funcionamiento del compresor de espiral.....	28
Figura 2.8.:	Embrague electromagnético en corte.....	29
Figura 2.9:	Componentes del embrague electromagnético.....	29
Figura 2.10:	Condensador.....	31
Figura 2.11:	Condensador de serpentín.....	32
Figura 2.12:	Condensador tubo / aletas.....	32
Figura 2.13:	Condensador de flujo paralelo.....	33

Figura 2.14: Electroventilador.....	33
Figura 2.15: Componentes de la válvula de expansión.....	34
Figura 2.16: Válvula de expansión con regulación interna.....	35
Figura 2.17: Estructura interna de la válvula monobloque.....	37
Figura 2.18: válvula de tubo de orificio fijo.....	38
Figura 2.19: Evaporador.....	39
Figura 2.20: Evaporador de serpentín.....	40
Figura 2.21: Evaporador de tubos y aletas.....	41
Figura 2.22: Evaporador de placas.....	41
Figura 2.23: Despiece del ventilador.....	42
Figura 2.24: Tipos de ventiladores.....	42
Figura 2.25: Motor del ventilador.....	43
Figura 2.26: Ubicación de la botella deshidratadora en el sistema.....	44
Figura 2.27: Partes de la botella deshidratadora.....	45
Figura 2.28: Partes del filtro acumulador.....	46
Figura 2.29: Ubicación del filtro colector en el sistema.....	47
Figura 2.30: Tubería de aluminio.....	50
Figura 2.31: Constitución de una tubería flexible.....	51
Figura 2.32: Tipos de racores.....	51
Figura 2.33: Presostato de sobrepresión.....	52
Figura 2.34: Presostatos de alta y baja presión.....	53
Figura 2.35: Diagrama de un presostato de alta presión.....	53
Figura 2.36: Diagrama de un presostato de baja presión.....	54
Figura 2.37: Conexión de los presostatos.....	54
Figura 2.38: Funcionamiento del termostato.....	56
Figura 2.39: Termostato de dos funciones.....	56
Figura 2.40: sensor de temperatura.....	57
Figura 2.41: Componentes del circuito de calefacción.....	58
Figura 2.42: Filtro del habitáculo.....	59
Figura 2.43: Ubicación del filtro del habitáculo.....	60
Figura 2.44: Actuador paso a paso.....	61
Figura 2.45: Conector del actuador unipolar.....	61

Figura 2.46: Conector del actuador bipolar.....	62
Figura 2.47: Actuador de corriente continua.....	62
Figura 2.48: Actuador 2P.....	64
Figura 2.49: Estructura del bloque climatizador.....	65
Figura 2.50: Sistema de control de trampillas mecánico.....	66
Figura 2.51: Sistema de control de trampillas neumático.....	67
Figura 2.52: Sistema de control de trampillas eléctrico.....	67
Figura 2.53: Regulación manual del climatizador.....	68
Figura 2.54: Esquema eléctrico del regulador manual.....	69
Figura 2.55: Mando de control semiautomático.....	70
Figura 2.56: Sistema de control semiautomático.....	71
Figura 2.57: Mandos de un climatizador automático.....	72
Figura 2.58: Esquema eléctrico de un climatizador automático.....	73

CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Disposición de pines del PIC 16F628A.....	86
Figura 3.2: Disposición de pines del PIC 16F628A.....	87
Figura 3.3: Tipos de capacitores.....	88
Figura 3.4: Resistencia.....	88
Figura 3.5: Transistores.....	89
Figura 3.6: Diodo.....	89
Figura 3.7: Oscilador.....	90
Figura 3.8: Regulador de voltaje.....	90

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Climatizador.....	95
Figura 4.2 Esquema de trabajo del climatizador.....	96
Figura 4.3 Conexión de los sensores.....	96
Figura 4.4 Conectores del climatizador.....	97
Figura 4.5 Conector del sensor de presión del refrigerante.....	99
Figura 4.6 Conector del sensor de temperatura ambiente.....	101

Figura 4.7	Conector del sensor de temperatura del interior del habitáculo.....	101
Figura 4.8	Conector del sensor de temperatura del refrigerante.....	102
Figura 4.9	Conector del sensor de carga solar.....	102
Figura 4.10	Ubicación del blower.....	103
Figura 4.11	Ubicación del actuador de mezcla de aire.....	103
Figura 4.12	Estructura del actuador de mezcla de aire.....	104
Figura 4.13	Ubicación del actuador de modo.....	104
Figura 4.14	Salidas de aire.....	105
Figura 4.15	Estructura del actuador de modo.....	105
Figura 4.16	Ubicación del actuador de recirculación de aire.....	106
Figura 4.17	Estructura del actuador de recirculación de aire.....	106

CAPÍTULO 5

Figura 5.1:	Manómetros de presión de gas refrigerante.....	108
Figura 5.2:	Presiones en la válvula de expansión y tubo de orificio fijo.....	110
Figura 5.3:	Presión baja en el circuito.....	111
Figura 5.4:	Obstrucción en la zona de alta.....	112
Figura 5.5:	Válvula de expansión en mal estado.....	112
Figura 5.6:	Termostato antihielo en mal estado.....	113
Figura 5.7:	Avería debido a filtro saturado.....	113
Figura 5.8:	Compresor defectuoso.....	114
Figura 5.9:	Excesiva carga de fluido refrigerante.....	114
Figura 5.10:	Obstrucción en la zona de baja.....	115
Figura 5.11:	Obstrucción en la zona de alta.....	115
Figura 5.12:	Filtro saturado.....	116
Figura 5.13:	Presostato de baja defectuoso.....	116
Figura 5.14:	Excesivo desgaste del compresor.....	117
Figura 5.15:	Salto térmico en el condensador.....	117
Figura 5.16:	Comprobaciones en la válvula de expansión.....	118
Figura 5.17:	Temperatura aproximada constante en el condensador.....	119
Figura 5.18:	Comprobación del termostato antihielo.....	119
Figura 5.19:	Comprobación de la holgura entre poleas.....	120

Figura 5.20: Medición del nivel de aceite.....	120
--	-----

CAPÍTULO 6

Figura 6.1	Incompatibilidad entre refrigerantes R-12 y R-134 ^a	124
Figura 6.2	Usar protección ocular.....	124
Figura 6.3	Usar guantes de protección.....	124
Figura 6.4	Prohibido hacer fuego, llama abierta o fumar.....	125
Figura 6.5	Estación de reciclaje.....	126
Figura 6.6	Equipos de servicio.....	127
Figura 6.7	Conjunto de manómetros.....	128
Figura 6.8	Conexión de la bomba de vacío.....	128
Figura 6.9	Llenado del cilindro de carga.....	130
Figura 6.10	Desairado del sistema.....	131
Figura 6.11	Bomba de vacío.....	132
Figura 6.12	Carga por el lado de alta presión.....	133
Figura 6.13	Carga por el lado de baja presión.....	134
Figura 6.14	Procedimiento de carga.....	135
Figura 6.15	Detector de fugas electrónico.....	136
Figura 6.16	Precauciones para evitar el polvo, la humedad.....	138
Figura 6.17	Precauciones al montar los elementos de conexión.....	138

CAPÍTULO 7

Figura 7.1	Componentes del entrenador de aire acondicionado con climatizador.....	142
------------	--	-----

RESUMEN

Durante los últimos años los vehículos han experimentado diversos cambios, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental, aumentar la seguridad y confortabilidad del vehículo.

Uno de estos cambios lo constituyen los sistemas de aire acondicionado y climatización, que han aumentado su presencia en el mercado, hasta tal punto que hoy en día es difícil encontrar un automóvil que no disponga de este tipo de equipamiento.

En la actualidad los sistemas de climatización controlados electrónicamente ejercen control sobre el sistema de aire acondicionado, ventilación y calefacción, con lo cual el conductor únicamente tiene que seleccionar la temperatura que desea, descargando de trabajo al conductor y aumentando de esta manera la capacidad de concentración y resistencia del individuo a periodos prolongados de circulación.

Este proyecto se basa en la construcción de un entrenador que ayude en la formación técnica concerniente al sistema de climatización controlado electrónicamente y además desarrolle la habilidad para diagnosticar y dar solución a problemas reales que se presentan en la vida práctica.

El entrenador se compone de un sistema de refrigeración que se encarga de enfriar el aire que ingresa al interior del habitáculo; un sistema de regulación, control y distribución del caudal de aire; un sistema que permita calentar el refrigerante para la calefacción; un sistema eléctrico que proporciona la energía eléctrica para el funcionamiento del entrenador; un conjunto de interruptores para ingresar fallas no destructibles al sistema y dispositivos de medición y comprobación.

PRESENTACIÓN

El sistema de climatización constituye un sistema importante dentro de la seguridad activa del vehículo ya que influye en la seguridad de la conducción proporcionando un agradable entorno en el interior del vehículo.

El entrenador de aire acondicionado con climatizador es una herramienta de experimentación concerniente a uno de los más recientes sistemas de climatización controlados electrónicamente y aplicados al automóvil.

El entrenador nos permite distinguir fácilmente los componentes del sistema de aire acondicionado con climatizador, observar su funcionamiento, realizar distintas mediciones, comprobaciones, y simular fallas reales en el sistema.

Para el desarrollo de éste tema hemos dividido nuestro trabajo en siete capítulos los cuales detallaremos a continuación.

El capítulo 1 define los principios y los fundamentos técnicos de la climatización.

El capítulo 2 describe cada uno de los componentes del sistema y su función dentro del mismo.

El capítulo 3 enmarca los parámetros de diseño y selección de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos del entrenador.

El capítulo 4 detalla el procedimiento de montaje y pruebas de funcionamiento realizadas al entrenador.

El capítulo 5 especifica las tareas de diagnóstico que se deben realizar al sistema.

En el capítulo 6 se establecen los trabajos de mantenimiento e intervención del sistema.

Finalmente en el capítulo 7 se proporciona una guía práctica, por medio de la cual se podrán realizar diferentes prácticas en el entrenador.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

1.1. LEYES FÍSICAS

El funcionamiento del aire acondicionado está sometido a tres leyes naturales:

- 1ª ley.- El calor se mueve siempre desde el objeto más caliente hacia el objeto más frío. El calor es una forma de energía; la temperatura es una medida para su intensidad.
- 2ª ley.- Para convertir un líquido en vapor es necesario calor.
- 3ª ley.- Al comprimir un gas aumenta su temperatura y su presión.

El ciclo fundamental de refrigeración en el que encuentran aplicación las citadas leyes se efectúa en la siguiente forma:

- El agente frigorífico líquido absorbe calor del medio ambiente al evaporarse (1ª y 2ª leyes).
- El vapor caliente es comprimido y alcanza una temperatura superior a la del aire del medio ambiente (3ª ley).
- El aire del medio ambiente (que está más frío) absorbe calor y condensa el vapor convirtiéndolo en líquido (1ª y 3ª leyes).
- El líquido fluye hacia el punto de partida del ciclo y se vuelve a utilizar.

1.2. FUNCIÓN Y NECESIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO¹

El bienestar del conductor es una parte importante de la seguridad activa, puesto que ejerce una gran influencia sobre la capacidad de concentración del ser humano, así como sobre su resistencia física y mental a periodos de conducción




¹ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 9

prolongados, reduciendo de este modo muy significativamente la fatiga y aumentando la seguridad en la conducción.

Para lograr cierto grado de confort debe actuarse sobre diversos factores, tales como la temperatura, la humedad, la calidad del aire, etc., función que desempeña el equipo de climatización, adaptándose en todo momento a las condiciones ambientales cambiantes que afectan al entorno del vehículo y al habitáculo.

Así pues, el sistema climatizador debe tener la capacidad de modificar la temperatura del aire que entra al habitáculo, el caudal y el grado de humedad del mismo, para lo cual y en función de las condiciones exteriores, debe generar una corriente de aire elevada (cerca de los 8 kg de aire por minuto) en condiciones extremas de frío y calor, como son $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente, o reducidas (4 kg de aire por minuto), cuando la temperatura ambiental sea por ejemplo de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Al mismo tiempo, la temperatura del aire debe estar comprendida entre unos valores adecuados que no supongan riesgos de congestión para los ocupantes del vehículo, logrando al mismo tiempo un salto térmico suficiente, de entre 15 y $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de diferencia entre la temperatura del exterior y la temperatura del interior del vehículo, produciendo para ello los intercambios de calor convenientes hasta conseguir unas condiciones agradables para los pasajeros.

Temperaturas en un turismo de clase media a: tiempo en circulación 1h temperatura ambiental $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ radiación solar sobre el turismo			
Área		con climatizador	sin climatizador
Cabeza		$23\text{ }^{\circ}\text{C}$	$42\text{ }^{\circ}\text{C}$
Tórax		$24\text{ }^{\circ}\text{C}$	$40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Pie		$28\text{ }^{\circ}\text{C}$	$35\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 1.1: Equilibrio térmico del cuerpo humano

La calidad del aire en el interior del habitáculo también es un factor determinante de la confortabilidad del vehículo. Otra misión que debe cumplir el sistema climatizador es la de depurar el aire que entra al interior del automóvil, eliminando posibles restos de partículas y malos olores, logrando así un ambiente en el interior del vehículo menos cargado.

Los sistemas de acondicionamiento de aire basan su funcionamiento en principios termodinámicos que hacen referencia a transformaciones o intercambios del calor. Las transformaciones termodinámicas tienen relación, a su vez, con las nociones de temperatura, presión y cambio de estado de los fluidos, todo ello tratando de lograr la mayor confortabilidad posible de los pasajeros del vehículo, para lo cual el sistema debe actuar adecuando los valores de temperatura, humedad, calidad del aire, etc., del interior del automóvil.

1.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONFORTABILIDAD

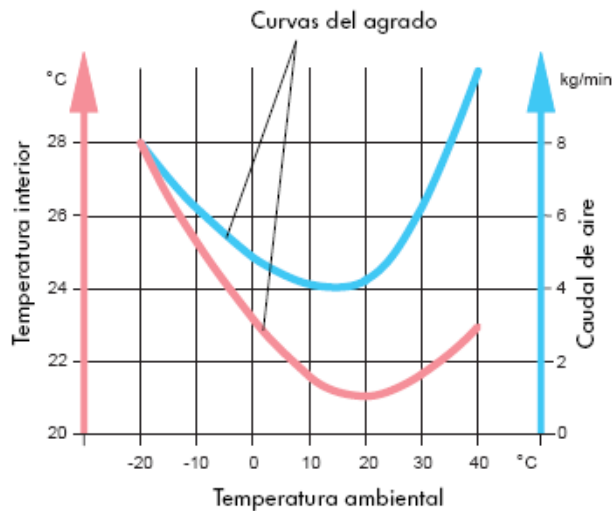
Los primeros automóviles de la historia no protegían al pasajero de los agentes meteorológicos externos, procediendo a cubrir la carrocería para conseguir este efecto, pasando después a introducir un sistema de calefacción que mejorase la temperatura del habitáculo cuando el vehículo circula con condiciones meteorológicas adversas (frío), terminando con la inserción en el mercado automovilístico de los últimos años del aire acondicionado, que combate los efectos del calor en la incomodidad de los pasajeros.

El sistema acondicionador de aire debe ser capaz, de generar un ambiente en el interior del vehículo que agrade a los ocupantes del mismo, para lo cual es necesario reducir en primer término la temperatura del mismo. El cuerpo humano desprende calor, manteniendo su temperatura interna dentro de un entorno

razonable (cercano a los 37 °C), para lo cual es necesario que el aire exterior que nos rodea tenga una temperatura inferior.²

Otro factor que influye en este proceso es el grado de humedad del ambiente, en función del cual, como ya sabemos, se modifica la sensación térmica de los ocupantes, al variar sustancialmente la capacidad de transpiración del cuerpo, motivo por el que debemos proceder al secado del aire que penetra al habitáculo para evitar la saturación de humedad en el ambiente.

El sistema de aire acondicionado, debe tener la capacidad de modificar los valores de temperatura, humedad, pureza y caudal de aire en el interior del vehículo, adecuándolos a las curvas de confortabilidad reflejadas en la Figura 1.2 y 1.3, en las que se observan las zonas de confort, en función de la temperatura ambiente y caudal de aire y cómo influyen los distintos factores como el calor, la humedad, en la capacidad de transpiración, frecuencia cardiaca y temperatura corporal.

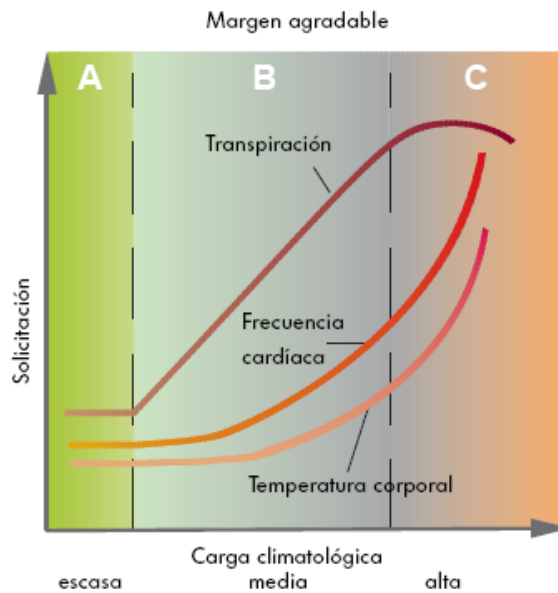


Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 1.2: Curvas de sensación de agrado y confort térmico de una persona

² Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 10

Como se puede ver en la Figura 1.2, la sensación de agrado y confort térmico se obtiene por el ocupante del vehículo cuando la temperatura del ambiente que lo rodea se sitúa entre los 21 y 24 °C aproximadamente, valor que se modifica en función de la corriente de aire que renueva el entorno del habitáculo, lográndose la misma sensación de confort térmico con una temperatura más elevada si la acompañamos de un mayor caudal de aire.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 1.3: Grados de confortabilidad del entorno del habitáculo en función de la carga ambiental

La Figura 1.3 muestra en sus tres zonas los distintos grados de confortabilidad del entorno del habitáculo en función de la carga climatológica reinante en el mismo. Se puede observar en estas curvas que el grado de transpiración es máximo en la zona A, mientras que la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal son mínimas, todos estos factores aumentan a medida que evoluciona el entorno hacia ambientes con mayor carga ambiental, ya sea por aumento de la temperatura del mismo, disminución de la corriente de aire que lo atraviesa, aparición de olores desagradables en el aire, etc.

1.4. LOS CUERPOS Y LA ENERGÍA³

La materia en la naturaleza se encuentra formada por millones de pequeñas partículas llamadas átomos; los átomos se unen entre sí formando moléculas, que son las unidades más pequeñas de sustancia que conforman los cuerpos.

De la misma forma, en función de la cantidad de energía que poseen las partículas que conforman el cuerpo objeto del estudio, se establecen distintos estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

El estado físico de un cuerpo depende de la energía interna que contenga, esto es, del nivel de agitación de las moléculas que los componen, determinándose este nivel de agitación en función de la cantidad y libertad de movimientos que se permitan en las moléculas dentro del cuerpo tratado, siendo el nivel de energía interna tanto más alto cuanto mayor grado de libertad posean las moléculas.

Se denomina energía a la capacidad de producir un determinado efecto, siendo por tanto el calor una forma de transmisión de energía y una energía en sí, puesto que fluye en virtud de una diferencia de potencial térmico o diferencia de temperatura entre dos cuerpos cualesquiera.

Las unidades de energía utilizadas normalmente son la caloría (Cal) y la unidad térmica británica (Btu), definiéndose la kilocaloría como la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 0 a 100 °C de un kilogramo de agua.

Como relación entre la energía interna y la masa de un cuerpo se establece la temperatura del mismo, determinando una temperatura mínima posible de 0° Kelvin o -273,2° Celsius, temperatura en la cual el nivel de agitación de las moléculas de cualquier tipo de sustancia es nula, caracterizándose este valor de temperatura por un nivel energético nulo. La temperatura es, pues, la causante del flujo térmico entre los sistemas.

³ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 12

Según estos conceptos, se establece una relación en cualquier cuerpo y sistema físico entre la energía interna, el calor y la temperatura del mismo, conocida como ecuación de estado del sistema, caracterizada por los valores de diversas variables que influyen en el mismo como la presión, el volumen, la densidad.

1.5. LOS ESTADOS DE LA MATERIA⁴

La materia se conoce en la naturaleza en tres estados distintos, los componentes en estado sólido poseen una forma definida, mientras que los líquidos y gaseosos carecen de elasticidad de forma, por lo que adoptan la forma del recipiente que los contiene.

Los compuestos líquidos y gaseosos reciben el nombre de fluidos, éstos se caracterizan por la ausencia de rigidez en la unión de sus moléculas, característica que define por otro lado las sustancias en estado sólido. La principal diferencia entre los fluidos líquidos y gaseosos está en que los gases son altamente compresibles, mientras que los líquidos apenas admiten presión sin romper la uniformidad de la mezcla, separando sus moléculas unas de otras.

El estado físico de un compuesto es proporcional a su nivel energético. La comprobación de este principio se puede realizar simplemente aportando energía a un cuerpo sólido, observando que cambia de estado a medida que va almacenando energía en sus moléculas.

Para que un cuerpo pueda pasar de un estado a otro, se necesita una determinada cantidad de energía aportada al sistema y para que el cuerpo regrese a su estado original en cambio se debe extraer energía al sistema.

El factor más importante que modifica los cálculos de estos procesos es la masa de sustancia con la que se trabaja, que está relacionada con el volumen en lo que

⁴ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 13

conocemos como densidad. Es decir, existe una relación directa y proporcionada entre la masa de un cuerpo, su volumen, su densidad y su estado de agregación.

Así, un cuerpo en estado sólido tiene un volumen compacto con una determinada masa que le proporciona una densidad constante, valor que se modifica cuando se provoca un cambio de estado, en el que el volumen aumenta, por ejemplo al evaporarse, por lo que podemos decir que la cantidad de energía que contiene un sistema es proporcional al estado físico de dicha sustancia y se modifica cuando lo hacen cualquiera de los factores fundamentales, como son la temperatura, volumen, presión, densidad.

El primer principio de la termodinámica establece la base científica de este tipo de experiencias, determinando que la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma, por lo que el balance energético de cualquier transformación debe ser nulo, es decir, teóricamente toda la energía aportada al sistema es absorbida por el mismo.

En la Figura 1.4 se puede ver los tres estados de la materia así como el nombre que recibe cada uno de los cambios de estado que pueden producirse, donde se encuentra que tanto la fusión como la evaporación son procesos que se producen con una aportación de energía al sistema y la condensación y solidificación necesitan desprenderse de una parte de la energía almacenada en el sistema.



Fuente: Autores

Figura 1.4: Procesos de cambio de estado

1.6. FORMAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR⁵

Existen tres formas de transmitir el calor: por conducción, por convección y por radiación.

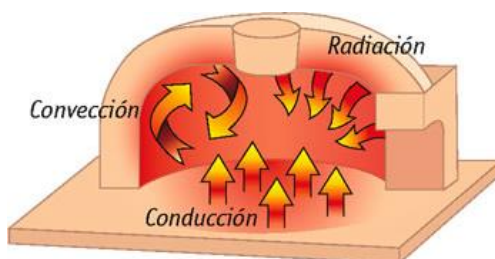
La conducción es la forma más lenta de transmitir calor. Se produce a través de los cuerpos y siempre del más caliente al más frío, sea cual sea la temperatura de los mismos, hasta que se igualen sus temperaturas. Para que se produzca el fenómeno de la conducción es necesaria la existencia de un cuerpo por el que se transmita la energía, ya que en ausencia del mismo no se produce.

La convección es la transmisión de calor generado por corrientes de movimiento de las partículas de un fluido. Los cuerpos sólidos, al no permitir el movimiento de sus moléculas no admiten la transmisión del calor por convección. Este movimiento se origina por la diferencia de densidad de las partículas recientemente calentadas en el seno del fluido que ascienden a la zona superior del sistema, siendo ocupado el volumen de las mismas por partículas de mayor densidad, que tienen una temperatura menor y que se depositan en las partes bajas de la mezcla.

La radiación basa la transmisión del calor a través de ondas electromagnéticas no perceptibles por el ojo humano, puesto que sus longitudes de onda se sitúan en la franja infrarroja. Únicamente cuando la temperatura del foco emisor es suficientemente elevada se percibe esta radiación y vemos el objeto de color rojo, como sucede, por ejemplo, cuando un trozo de hierro se calienta y se pone incandescente.

Los sistemas de aire acondicionado del automóvil basan su funcionamiento en estos cambios de estado, para lo que son necesarios intercambios de calor que se producen por conducción principalmente. A la capacidad de un cuerpo para transmitir calor por conducción se le denomina conductividad térmica.

⁵ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 15-16



Fuente: Autores

Figura 1.5: Formas de transmisión del calor

1.7. CALOR Y TEMPERATURA

El calor es una forma de energía, utilizada para provocar la transformación de los estados de la materia, por ejemplo de sólido a líquido. Esta fusión, sin embargo, no se produce con un aumento de la temperatura, sino que se lleva a cabo con un valor constante de la misma, mientras se continúa aportando energía calorífica al sistema. Por este motivo podemos afirmar que el calor y la temperatura no son iguales, es decir, que un aumento de la cantidad de calor contenida en un sistema no se corresponde en todos los casos con un aumento de la temperatura de dicho sistema. Sin embargo, siempre que se produzca una variación de temperatura de un cuerpo se habrá modificado la cantidad de energía almacenada en el mismo.

1.8. ENTALPÍA Y ENTROPÍA⁶

La entalpía puede definirse como la cantidad de energía que es necesario aportar a un cuerpo para llevarlo a una condición específica, partiendo de un nivel inicial de entalpía de valor cero, es decir, la entalpía es una medida del estado energético absoluto de los cuerpos.

⁶ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 18

La entalpía está relacionada directamente con el nivel energético de los cuerpos y con el estado de los mismos, esto es, con el producto de la presión y el volumen del sistema objeto del estudio, razón por la cual podemos explicar la transformación de la materia de unos estados a otros sin intercambio térmico con el exterior, actuando en su lugar sobre otros factores, como la presión.

La entropía mide el grado de desorden existente en un sistema. El aumento de la entropía de un sistema implica un incremento del desorden interno del mismo. La entropía establece que siempre existe una cantidad determinada de energía contenida en un sistema que no se puede reutilizar, a la vez que aumenta de forma continuada en el tiempo, puesto que el estado de equilibrio perfecto es el caracterizado por un menor nivel energético. Por este motivo, el concepto de entropía explica la tendencia que caracteriza a todo sistema de igualar la temperatura de todos sus cuerpos.

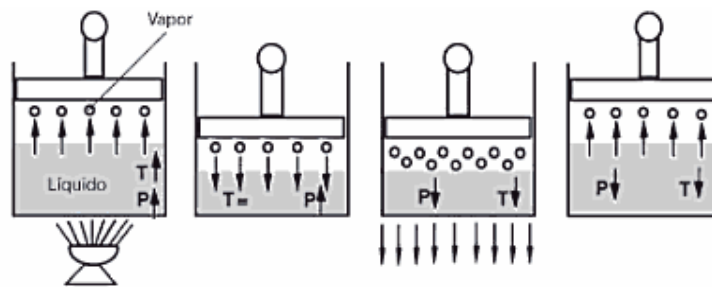
1.9. PRESIÓN Y TEMPERATURA⁷

Los cambios de estado pueden también lograrse provocando cambios en los valores de presión a los que está sometido para modificar la temperatura.

Por ejemplo, el punto de ebullición del agua a nivel del mar es de 100 °C, en cambio, si el agua está contenida en un recipiente a 10 bares de presión, la temperatura de vaporización es mayor de 180 °C, con lo que deducimos que controlando la presión puede variarse el comportamiento de un elemento en función de la temperatura, o lo que es lo mismo, ya que el estado de un cuerpo viene determinado por la entalpía del mismo, si no se desea modificar la temperatura del sistema tendremos que variar el valor de la presión del mismo para lograr el mismo efecto, ya que la energía interna del sistema no es susceptible de cambio de otro modo.

⁷ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs.18-20

La Figura 1.6 muestra la consecución de distintos estados del agua contenida en un recipiente cerrado al modificar los valores de presión a los que se encuentra sometida. Para ello, primeramente se calienta el sistema, aportando una cantidad de energía térmica para aumentar la temperatura del conjunto, elevándose al mismo tiempo la presión por ser un sistema cerrado y logrando vaporizar una parte del agua, alcanzando el conjunto valores de entalpía superiores a los del estado de partida del sistema.



Fuente: Técnicas del Automóvil-Sistemas de climatización

Figura 1.6: Consecución de distintos estados del agua contenida en un recipiente cerrado al modificar los valores de la presión.

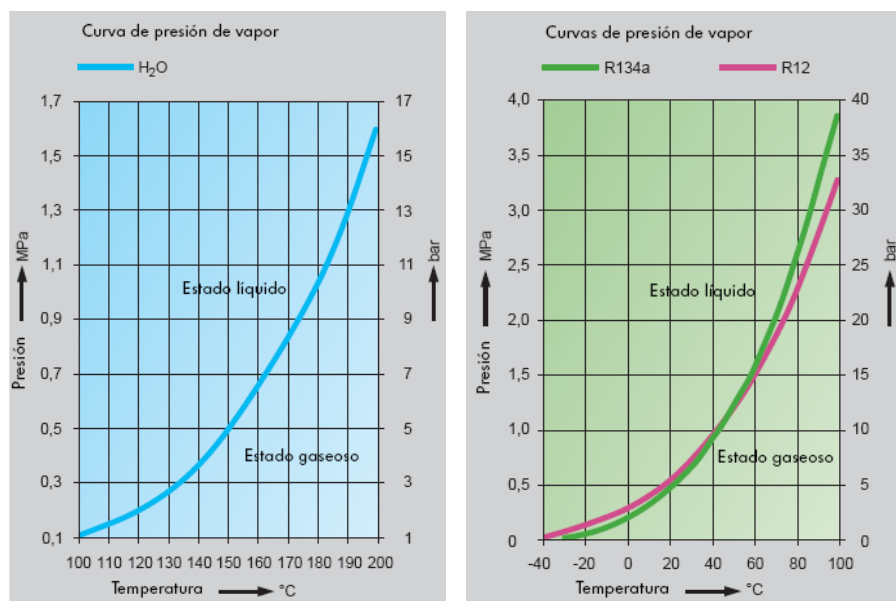
Si se reduce el volumen del recipiente introduciendo un pistón en él, aumenta la presión e inmediatamente una parte del agua se condensa en el interior del recipiente, ya que su entalpía no ha variado pero sí su nivel interno de energía. Dejándolo ahora en reposo, se produce una cesión de calor al medio exterior, con el consiguiente descenso de la temperatura y la presión.

Si se aumenta el volumen (desalojando el pistón), una parte del agua pasa nuevamente al estado de vapor, con un descenso de la presión y temperatura del fluido, absorbiendo ahora el sistema calor del exterior, provocando una reducción en la atmósfera que rodea este conjunto, produciéndose frío o, mejor dicho, puesto que en física no existe el concepto de frío, solamente el de calor, diremos que en el ambiente que rodea al sistema ha disminuido su temperatura al reducirse la energía calorífica contenida en el mismo, transmitida por conducción al sistema tratado.

Se establece así un equilibrio entre la presión, la temperatura y el volumen del sistema, siguiendo una ley fija que establece el producto de estos tres factores en

los dos estados, regla que podemos utilizar para alterar el grado de agregación de los cuerpos sin que sea necesaria ninguna aportación de calor exterior.

En la Figura 1.7 se puede ver representada una curva de presión y temperatura del agua y de los agentes refrigerantes R12 y R134a, donde observamos que manteniendo la presión constante, al reducir la temperatura el vapor pasa a estado líquido (condensación). Del mismo modo, si el valor de la temperatura del sistema aumenta con una presión constante, se logra la evaporación del fluido en cuestión.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 1.7: Curvas de presión y temperatura del agua y de los agentes refrigerantes R12 y R134a

Según estos principios termodinámicos, el paso de un fluido del estado líquido al gaseoso se produce con absorción de calor del medio exterior. Recíprocamente, el paso del fluido del estado gaseoso al líquido se realiza con cesión de calor al medio que le rodea.

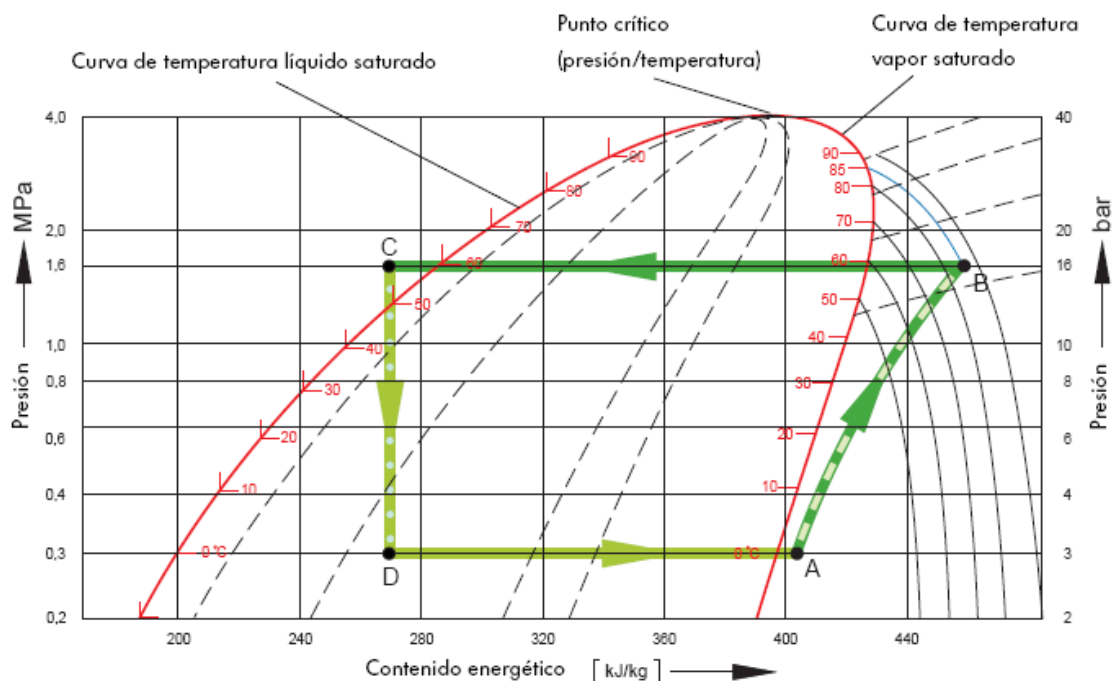
Basados en estos principios físicos funcionan las instalaciones frigoríficas, en las cuales se utiliza alternativamente la compresión y la expansión de un fluido, así como sus variaciones de temperatura, para hacerlo pasar del estado gaseoso al líquido y viceversa, con el fin de producir intercambios de calor.

1.10. PRESIÓN, TEMPERATURA Y ENERGÍA

La Figura 1.8 establece la relación entre la presión y temperatura de un fluido y el nivel energético del sistema en un diagrama de presión-entalpía, pudiendo determinar entonces de una forma precisa el estado del mismo.

En el eje horizontal se representa el contenido energético del compuesto, es decir, la entalpía del sistema o su contenido de calor aumentan a medida que se desplaza hacia la derecha del gráfico, por lo que este tipo de movimiento debe ir acompañado para que pueda producirse con una absorción de calor por parte del fluido. Del mismo modo, los desplazamientos hacia la parte izquierda del diagrama son procesos que se llevan a cabo con la necesaria disipación de calor, es decir, la entalpía del sistema desciende, con lo que debe reducirse el contenido de energía del mismo.

En el eje vertical se representa la presión, ascendiendo el valor de la misma a medida que nos desplazamos hacia la parte superior del diagrama y reduciéndose según se desciende en el mismo.





Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI


Figura 1.8: Diagrama de estados de agregación del agente frigorífico R134a


Dentro del diagrama representado se puede ver los distintos procesos a los que se somete el agente frigorífico, estableciéndose un circuito cerrado y continuo en el que se van sucediendo intercambios de temperatura y presión asociados a estados energéticos de la masa de fluido empleada, provocando de esta forma la absorción de calor en una zona del circuito (evaporador) y la dispersión en otra (condensador).⁸

A continuación se detalla lo que sucede en cada tramo del diagrama:

A  B Compresión en el compresor; aumenta la presión y temperatura, el fluido se encuentra en estado gaseoso, se produce un aporte de energía al sistema por lo que aumenta la entalpía.

B  C Proceso de condensación en el condensador; alta presión, la temperatura disminuye lo que provoca el cambio de estado del fluido, de gaseoso a líquido.

C  D Expansión del agente frigorífico, cae bruscamente la presión así como la temperatura; conduce a la evaporación.

D  A Proceso de evaporación (absorción de calor) en el evaporador. Cambio del estado evaporado al gaseoso, la presión disminuye.

El contenido energético es un factor importante para el diseño del climatizador. Expresa la cantidad de energía que es necesaria para que el proceso pueda funcionar, con objeto de alcanzar el rendimiento frigorífico previsto.

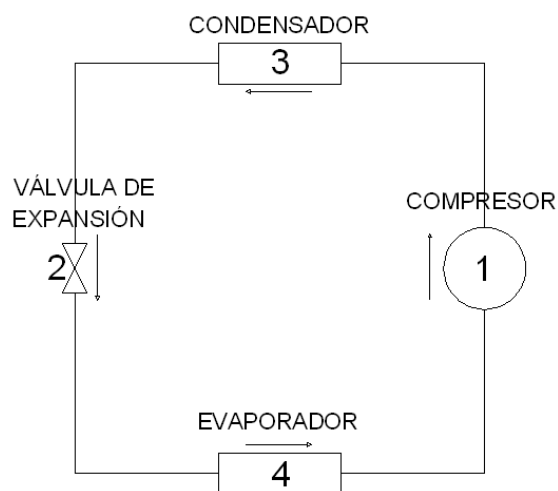
1.11. LA REFRIGERACIÓN

Para lograr acondicionar el aire que penetra en el interior del habitáculo del automóvil es necesario provocar una serie de variaciones de presión y

⁸ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 22

temperatura. Para esto los vehículos actuales incorporan un circuito frigorífico que realizará dicha función poniendo en práctica todos los procesos conocidos. El más básico consta de cuatro elementos fundamentales, donde van a producirse estos intercambios.

En la Figura 1.9 se puede apreciar en esquema la disposición de los componentes de este circuito, donde disponemos de un compresor 1 que aspira el fluido en estado de vapor a través de una tubería para posteriormente comprimirlo e impulsarlo de nuevo a alta presión y temperatura.



Fuente: Técnicas del Automóvil-Sistemas de climatización

Figura 1.9: Componentes fundamentales de un circuito frigorífico

A través de distintas canalizaciones diseñadas para tal fin se conduce el fluido en estado gaseoso hasta un serpentín 3, en el que se producirá el intercambio térmico necesario con el ambiente exterior, para disminuir la temperatura del fluido refrigerante sin que se reduzca notablemente la presión del mismo, para lograr su licuefacción.

El fluido continúa su recorrido a través de la instalación hasta llegar al expansor 2, donde se produce nuevamente una variación de la presión y la temperatura del fluido, con las que se consigue iniciar su vaporización, para enviarlo hasta otro serpentín 4, atravesado por la corriente de aire canalizada desde el exterior hacia el interior del vehículo, aportando de esta manera calor al fluido refrigerante y

favoreciendo su total vaporización, mientras que el aire soplado se enfría. Después, el fluido es canalizado de nuevo al compresor para iniciar el proceso otra vez, motivo por el que reciben el nombre de circuitos de ciclo continuo.⁹

1.12. CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO

Los acondicionadores de aire son instalaciones de refrigeración que, complementan la calefacción de equipo de serie y, conjuntamente con ésta, climatizan totalmente el vehículo.

El acondicionador de aire instalado en el vehículo está integrado en el sistema de ventilación y calefacción.

Climatizar o acondicionar el aire significa regular la temperatura, la humedad, la pureza y la circulación del aire. Un acondicionador de aire en el vehículo enfría el aire y extrae de éste la humedad y el polvo.

Por medio de las unidades manuales o automáticamente combinadas de refrigeración y calefacción el conductor puede regular a su elección la temperatura en el interior del vehículo.

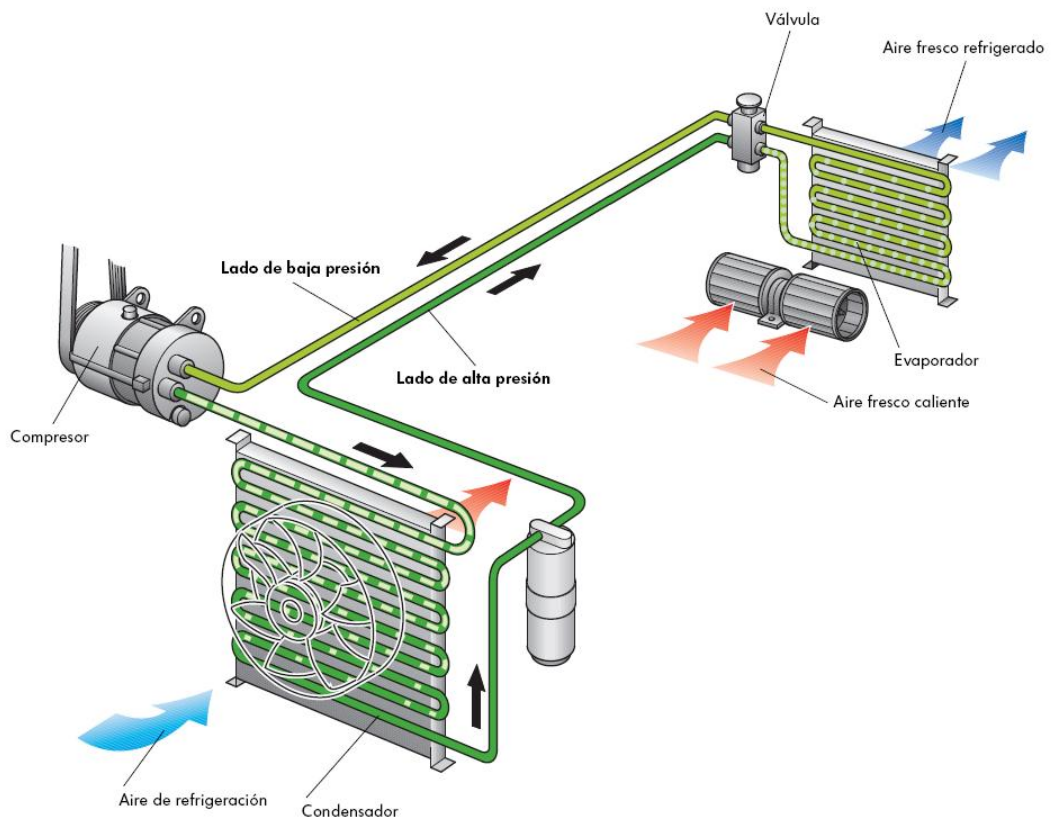
El acondicionador de aire se compone de los siguientes elementos principales:

- Compresor
- Condensador
- Evaporador
- Acumulador
- Válvula estranguladora o de expansión
- Diversos órganos de regulación, tuberías flexibles, agente frigorífico.

⁹ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 23


El circuito de aire acondicionado realiza su trabajo en cuatro etapas que son la compresión, condensación, expansión y evaporación.

El compresor aspira agente frigorífico frío, gaseoso, sometido a baja presión. El agente frigorífico se comprime en el compresor, calentándose durante esa operación. Luego es impelido hacia el lado de alta presión.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 1.10: Circuito acondicionador de aire para automóviles

 En esta fase el agente frigorífico se encuentra en estado gaseoso, está sometido a una alta presión y tiene una alta temperatura.

El agente frigorífico pasa hacia el condensador, donde se extrae calor al gas comprimido, haciendo pasar aire mediante el viento de la marcha y de la turbina de aire. En cuanto el agente frigorífico alcanza el punto de rocío en función de la presión, se condensa poniéndose líquido.

■ En esta fase, por tanto, el agente frigorífico se encuentra en estado líquido y sometido a alta presión y a una temperatura media.

El agente frigorífico líquido y comprimido sigue fluyendo hasta llegar a un estrechamiento, que puede estar constituido por una válvula estranguladora o por una válvula de expansión. Allí se rocía hacia el interior del evaporador, produciéndose una caída de presión.

El agente frigorífico líquido rociado hacia el interior del evaporador se distensa y se evapora. El calor necesario para la evaporación se extrae del aire fresco caliente que pasa por las aletas del evaporador, con motivo de lo cual se enfría. En el habitáculo bajan las temperaturas, produciéndose una refrigeración agradable.

●●● En esta fase, el agente frigorífico está en estado gaseoso y tiene una baja presión y una baja temperatura.

El agente frigorífico, ahora nuevamente gaseoso, sale del evaporador y vuelve a ser aspirado por el compresor, para recorrer nuevamente el circuito. De esta forma queda cerrado el ciclo.

CAPÍTULO 2

COMPONENTES DEL CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR

2.1. EL FLUIDO REFRIGERANTE

Anteriormente los sistemas de aire acondicionado de automóviles utilizaban como el fluido refrigerante del sistema el diclorofluorometano-12 (freón 12); pero estudios determinaron que este refrigerante daña la capa de ozono, por lo que se dejó de fabricar en 1995.

Un átomo de cloro que proviene de un diclorofluorometano viaja a la atmósfera, una vez ahí puede combinarse con uno de los átomos de oxígeno de una molécula de ozono (O₃) y convertirse en monóxido de cloro y O₂, lo que destruye efectivamente esa molécula de ozono. El efecto no termina allí; el cloro puede desprenderse y atacar otras moléculas de ozono (se piensa que un átomo de cloro es capaz de destruir de 10 000 a 100 000 moléculas de ozono).¹⁰

Para sustituir al R-12 se utiliza el R-134a, el cual es el único refrigerante alternativo que ha sido probado y recomendado por los fabricantes de automóviles, y además aceptado por la EPA (Agencia estadounidense para la protección ambiental, por sus siglas en inglés).

El R-134a tiene las mismas características que el R-12 como son:

- Baja toxicidad.
- No es inflamable ni explosivo en condiciones normales.
- Elevado calor latente de vaporización.
- Cambia de estado a presiones poco elevadas.
- Temperatura de evaporación apropiada para sistemas de climatización.

¹⁰ Manual de Aire Acondicionado y Calefacción Automotriz, Tom Brich Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. Tomo I 1ª edición 1996.

En cuanto a los efectos medio ambientales, al no tener cloro en su composición, el R-143a es inofensivo para la capa de ozono, sin embargo también contribuye al efecto invernadero, aunque en menor medida que el R-12.¹¹

Pero el R-134a también tiene algunas desventajas como:

- Es corrosivo en presencia de agua.
- No es miscible con aceite minerales, sino con aceites sintéticos.
- El tamaño de sus moléculas es inferior, por lo que la posibilidad de fugas es mayor.

Característica	R12	R134a
Denominación Química	Diclorofluorometano	Tetrafluoroetano
Fórmula	CCl ₂ F ₂	CH ₂ F-CF ₃
Punto de ebullición	-29.8 °C	-26.3 °C
Calor de vaporización	36.43 kcal/kg.	47.19 kcal/kg.
O.D.P	1	0
H.G.W.P.	3	1
Presiones del fluido a 0°C/80 °C	3.089/23.191 bar	2.928/26.324 bar
Solubilidad del agua en el fluido	0.009 % en masa	0.019 % en masa
Tiempo de permanencia en la atmósfera	120 años	15.5 años

Fuente: Autores.

Tabla 2.1. Características físicas de los dos fluidos

O.D.P. : Ozone Depleting Potential (potencial de destrucción del ozono).

H.G.W.P. : Global Warming Potential (potencial de calentamiento global de la atmósfera).

2.2. EL COMPRESOR

El compresor es un elemento muy fundamental en el sistema de aire acondicionado, por lo que se lo denomina como el corazón de este, el compresor transforma la energía mecánica que es suministrada por el motor del vehículo, en aspiración del fluido refrigerante, que es procedente del evaporador en forma de

¹¹ LOS FLUIDOS; Manual Valeo Clim Service; España;1999; págs 2-4.

vapor a baja presión y temperatura, para después comprimirlo e impulsarlo hacia el condensador, en forma de vapor a alta presión y temperatura.

El compresor se encuentra ubicado en la parte frontal del motor, la polea del cigüeñal es la encargada de proporcionar el movimiento mediante una correa que aparte de mover al compresor también impulsa a la bomba de la dirección hidráulica y al alternador. Para la climatización del automóvil se utilizan compresores de tipo volumétrico.

2.2.1. TIPOS DE COMPRESORES

Los compresores se dividen de acuerdo a la forma en que comprimen el gas refrigerante, distinguiéndose dos tipos principales, los compresores volumétricos y los turbocompresores (axiales y centrífugos).

En los sistemas de climatización del automóvil se utilizan los compresores volumétricos, y estos se clasifican en:

Alternativos

- De pistones con sistema biela-manivela.
- De pistones tipo revólver.

Rotativos

- De paletas

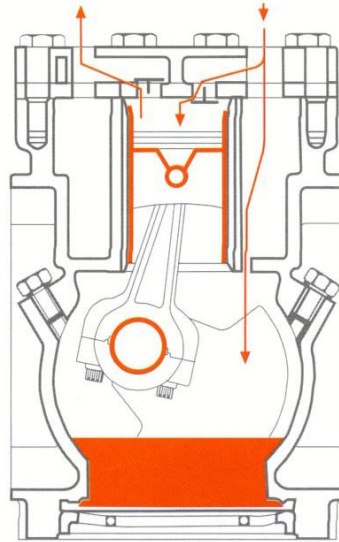
Pseudo Rotativos

- De espirales (skroll).

a. Compresores alternativos

Compresor alternativo de pistones con sistema biela manivela: está constituido por un cilindro con un pistón interior con su respectiva biela, manivela

y las toberas de aspiración y descarga, equipadas con sus válvulas automáticas, como se puede ver en la Figura 2.1.



Fuente: Manual Valeo Clim Service.

Figura 2.1: Compresor alternativo de pistones.

La tubería de descarga siempre es de un diámetro menor que la de aspiración debido a que el refrigerante a alta presión necesita una menor sección de paso.

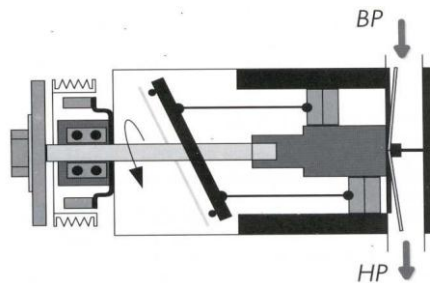
Estos compresores tienen un elevado rendimiento volumétrico, entre un 80 y un 90%, pero producen un nivel elevado de vibraciones. En este valor de rendimiento se tienen en cuenta las pérdidas de fluido producidas durante el llenado del cilindro y las posibles fugas del mismo hacia el exterior a través de los tubos.

Compresor alternativo de pistones tipo revolver:¹² el principio de funcionamiento de estos compresores consiste en la transformación del movimiento rotativo del eje en un movimiento alternativo de los pistones por medio de un plato oscilante inclinado. La unión entre la varilla del pistón y el plato se efectúa mediante rótulas.

¹² EL COMPRESOR; Manual Valeo Clim Service; España;1999; págs 4-6.

Compresor de cilindrada fija: estos compresores comprimen la misma cantidad de fluido en cada rotación, ya que disponen de un cigüeñal en forma de plato que no puede modificar su ángulo en relación con el árbol del compresor.

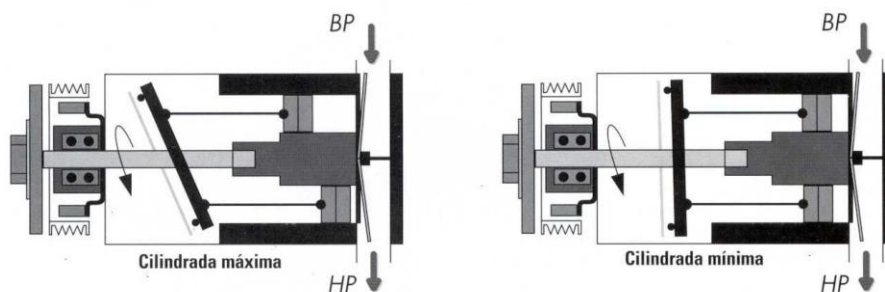
Los sistemas de climatización que emplean estos compresores conectan y desconectan la bobina del embrague, dependiendo de la temperatura del aire a la salida del evaporador, la decisión de conectar o desconectar el compresor es tomada por un sensor de temperatura que se encuentra en la salida del aire del evaporador. Se desconecta el compresor cuando el sensor detecta una temperatura del aire demasiado baja que podría producir hielo en el evaporador.



Fuente: Autores.

Figura 2.2: Compresor de cilindrada fija.

Compresor de cilindrada variable: tienen en su interior un cigüeñal en forma de plato pero que puede variar el ángulo que forma respecto al árbol del compresor, girando alrededor de un punto. Cuanto mayor sea el ángulo, mayor será el desplazamiento de los pistones y por lo tanto mayor será la cilindrada del compresor.



Fuente: Autores.

Figura 2.3: Compresor de cilindrada variable.

Así pues el ángulo de inclinación depende de la presión en el cárter. Por medio de un orificio calibrado existe constantemente una inyección de parte del gas comprimido hacia el cárter. Además, una válvula de control pone en equilibrio las presiones de aspiración, de salida y del cárter, permitiendo la reinyección hacia la aspiración de la cantidad sobrante de fluido refrigerante en el cárter, de manera que el caudal coincida con las necesidades de refrigeración.

La variación de la cilindrada se lleva a cabo mediante la válvula de control. Al aumentar la carga térmica en el evaporador (aumenta la temperatura del habitáculo), la presión de evaporación aumenta ya que aumenta la temperatura.

Al aumentar la cilindrada, el flujo de refrigerante en circulación aumenta, con lo que el frío generado es mayor, la temperatura en el evaporador bajará junto con la del habitáculo y la presión de succión disminuye hasta estar por debajo del valor de regulación de la válvula.

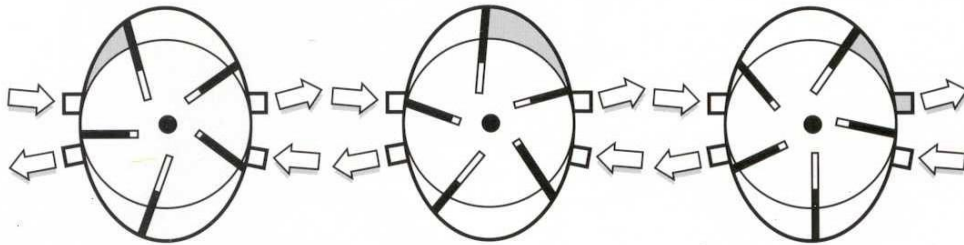
Las ventajas de los compresores de cilindrada variable son:

- Reducción del consumo de combustible del vehículo, ya que el compresor solo consume la potencia necesaria.
- Evolución lineal de la temperatura del habitáculo.
- Eliminación de los golpes bruscos de puesta en marcha del compresor.
- Mayor confort de marcha.
- Compresor con una duración de vida superior.
- Supresión del sensor de temperatura del evaporador.
- Mayor duración del resto de los accesorios del compresor, como embrague electromagnético, correa y rodamientos.

b. Compresores rotativos¹³

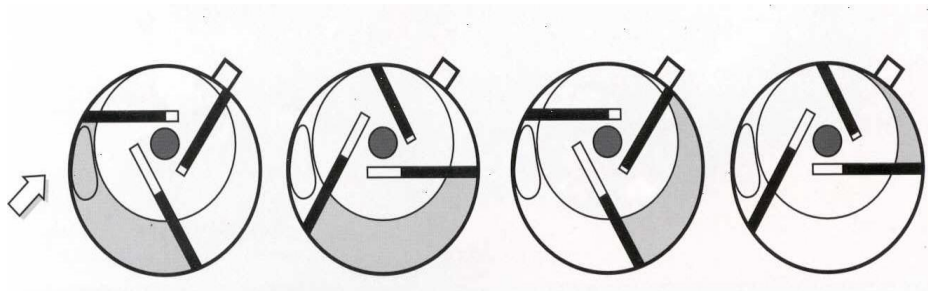
Compresor de paletas: el principio de funcionamiento de un compresor de paletas se basa en la rotación de un rotor y la disminución progresiva del espacio ocupado por el fluido atrapado entre las paletas. La estanqueidad se asegura por el contacto entre las paletas y el estator, producida por la fuerza centrífuga aplicada a las paletas al girar el rotor a gran velocidad.

Existen dos tipos de compresores rotativos:



Fuente: Autores.

Figura 2.4: Rotor centrado y estator de sección ovalada.



Fuente: Autores.

Figura 2.5: Rotor excéntrico y estator de sección circular.

En el núcleo se disponen una serie de ranuras en oposición, en las que introducen las paletas. La excentricidad del núcleo al girar hace que en función de las respectivas posiciones unas paletas están introducidas en las ranuras

¹³ <http://www.electriauto.com/electriauto/mecanica/climatizacion/>

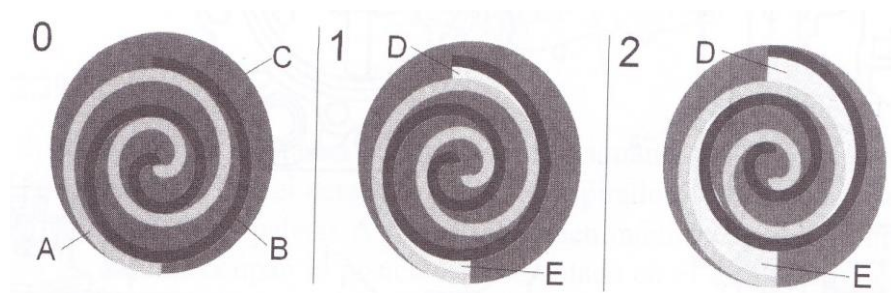
mientras que otras salen al exterior siguiendo tangencialmente el perfil del cuerpo cilíndrico.

En estos compresores el rendimiento volumétrico es del orden de 75 al 90 %, debido a las pérdidas por los juegos existentes entre las paletas y el cuerpo cilíndrico.

c. Compresores pseudo rotativos

Compresor de espiral:¹⁴ constituyen la última incorporación al mercado automovilístico en cuanto a compresores para sistemas de climatización. Basan su funcionamiento en la compresión del espacio existente entre dos espirales, una de las cuales permanece fija, a medida que se desplazan relativamente una sobre otra.

Este tipo de compresores disponen para este conjunto una espiral A estática y otra B que rota sobre su eje. Esta rotación genera la aspiración y compresión del fluido refrigerante contenido entre las dos espiras y entre la espira fija y las paredes del cilindros C que las contiene. La aspiración se efectúa al mismo tiempo en dos sectores distintos de la periferia del sistema, inundando el fluido las zonas D y E, tal y como muestra el detalle la Figura 2.6.

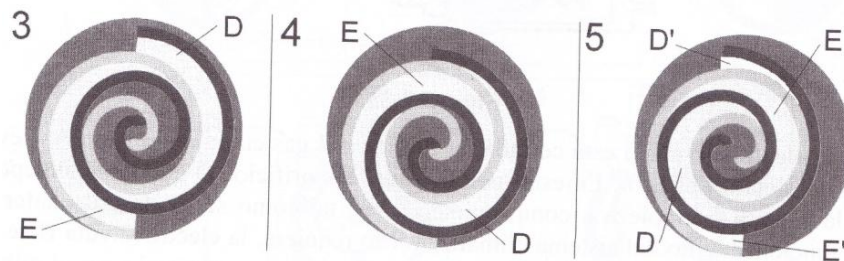


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.6: Compresor de espiral

¹⁴ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 58-60.

A medida que se desplaza la espira B aumenta la cantidad de gas refrigerante contenido en estas dos zonas hasta su valor máximo (detalle 2). De forma continuada, la espira B inicia su desplazamiento entorno a la espira fija, cerrando paulatinamente las cámaras D y E formadas entre las dos espirales comenzando a comprimir el fluido Figura 2.7.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.7: Funcionamiento del compresor de espiral.

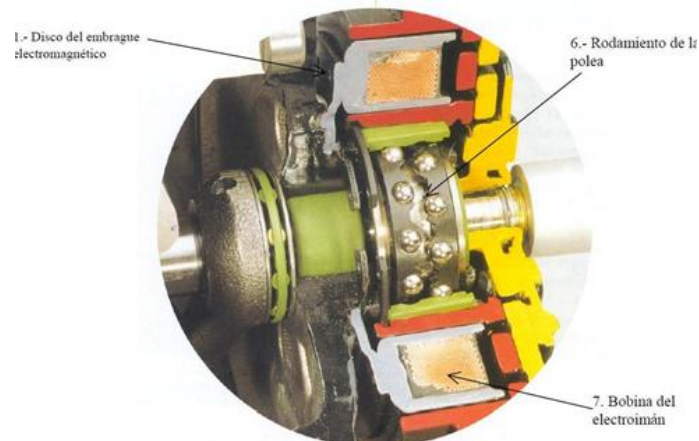
Este tipo de compresores presenta entonces varias ventajas, como son la disminución del número de componentes en movimiento, con el aumento de la vida útil del elemento. Se reduce también el ruido del sistema por este mismo motivo, al tiempo que el suministro de fluido al circuito se realiza ahora de una forma más progresiva, omitiéndose en todo caso los golpes de presión generados durante el funcionamiento de un compresor de pistones.

2.3. FUNCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO¹⁵

En los compresores que se emplean en los equipos de climatización se utiliza un dispositivo especial, llamado embrague electromagnético, que permite mantener solidario el compresor con el motor. Es el elemento que posibilita la interrupción de la conexión entre el motor del vehículo y el compresor. Esta interrupción puede realizarse a voluntad del conductor o bien de forma automática cuando se ha alcanzado la temperatura adecuada.

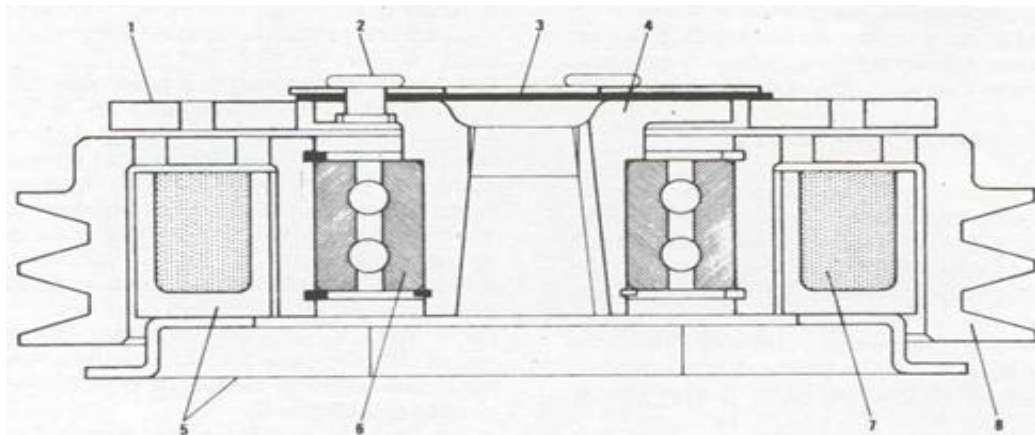
¹⁵ <http://www.electriauto.com/mecanica/climatizacion/compresores-funcionamiento-del-embrague-electromagnetico/>

De este modo, el embrague transmite el movimiento, generalmente mediante una correa, desde la polea motriz del motor del vehículo al compresor. El embrague electromagnético se compone de los siguientes elementos:



Fuente: Autores.

Figura 2.8.: Embrague electromagnético en corte.



Fuente: Autores.

Figura 2.9: Componentes del embrague electromagnético.

- Un remache de fijación de ballesta (2).
- Una placa de soporte del electroimán (5) con una bobina electromagnética (7), que desempeña la función de electroimán. Este cuerpo está fijado al compresor mediante tornillos.

- Un cuerpo cónico de fijación del plato al cigüeñal (4) sujeto al eje del compresor mediante una chaveta
- Un cojinete de doble rodamiento de bolas(6), montado sobre el cubo
- Una polea de 2 canales (8), montada sobre el cojinete
- Un plato de embrague electromagnético (1), sujeto mediante tres láminas o muelles al cubo
- Tres láminas(3) que unen el cuerpo de fijación del plato y el plato de embrague y que sirven para mantener a distancia a este último de la polea durante la desconexión y para reducir la sollicitación dinámica en el momento de la conexión

Cuando el equipo no está en funcionamiento la polea gira loca sobre el cojinete ya que se mantiene siempre en rotación accionada por la correa que le une con la polea sujeta al eje del motor. Mientras tanto, el compresor permanece en reposo. En el momento de conectarse el equipo se crea un campo magnético debido a la circulación de la corriente eléctrica por la bobina. La fuerza generada por ésta atrae el disco hacia la polea, venciendo la fuerza de las láminas elásticas, haciendo que el movimiento de ésta se transmita al compresor.

Cuando se han alcanzado en el interior del vehículo las condiciones climáticas requeridas, el termostato que regula la temperatura interior desconecta el compresor.

2.4. EL CONDENSADOR

El condensador es un disipador de calor, y tiene un gran parecido con el radiador y normalmente se encuentra ubicado delante de éste, y tiene por función evacuar el calor absorbido por el refrigerante durante las fases de evaporación y compresión, el condensador debe tener un buen flujo de aire siempre que el sistema este en funcionamiento por lo que generalmente se encuentra ubicado en la parte frontal del vehículo, dentro del condensador el refrigerante que es proveniente del compresor, que normalmente se encuentra caliente, es enfriado; y

durante el enfriamiento el gas se condensa para convertirse en líquido a alta presión.

La rapidez con la que fluya el calor a través de las paredes del condensador al medio condensante depende de tres factores:

- Área de superficie condensante.
- Coeficiente de conductancia de las paredes del condensador.
- La diferencia de temperaturas entre el condensador y el medio condensante.

Las temperaturas del condensador oscilan entre 50°C y 93°C. Mientras que, las sobrepresiones oscilan entre 1050 kPa y 2100 kPa. Presiones excesivas pueden presentarse si no es suficiente el paso de aire esto puede suceder debido a suciedad en el condensador o por laminillas aplastadas del condensador.



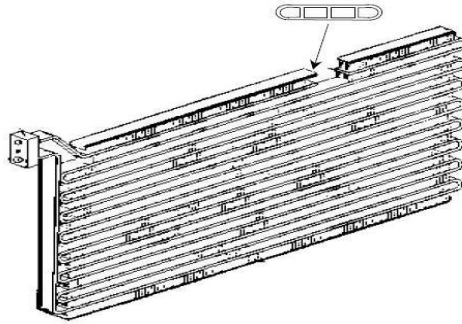
Fuente: Autores.

Figura 2.10: Condensador.

2.4.1. TIPOS DE CONDENSADORES

a. Condensador de serpentín

Este tipo de condensador está compuesto de un tubo plano extruido cuya sección ovoide está dividida en 3 o 4 partes, con el fin de crear el mismo número de canales paralelos. Este tubo forma un serpentín, entre cuyas curvas se intercalan las aletas en acordeón. Los componentes son soldados por calor.

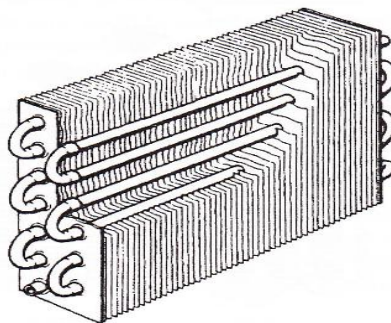


Fuente: Autores.

Figura 2.11: Condensador de serpentín.

b. Condensador tubo / aletas

Están constituidos de tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente en un conjunto de aletas, que son expandidos mecánicamente para asegurar un buen contacto térmico con éstas. Se unen los tubos entre ellos en cada extremidad mediante codos. El conjunto forma uno o varios tubos serpentín por donde circula el fluido frigorífico.

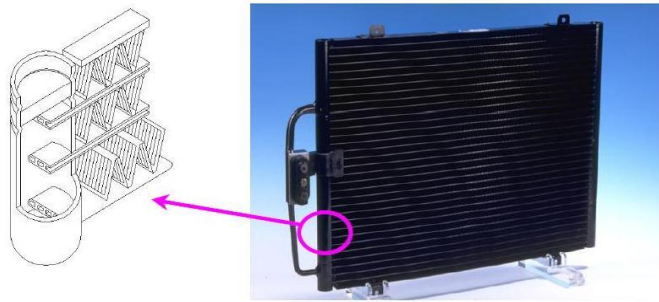


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.12: Condensador tubo / aletas.

c. Condensador de flujo paralelo

Están constituidos de tubos planos extruidos, de la misma sección que la del tubo serpentín, y que desembocan en sus dos extremidades en unos tubos colectores.



Fuente: Autores.

Figura 2.13: Condensador de flujo paralelo.

Estos últimos se subdividen en varios tramos, por medio de separadores, de forma que se producen varias pasadas del fluido por el intercambiador. Los tubos, más finos y numerosos que en el caso del serpentín, están separados por unas aletas en acordeón. El conjunto se galvaniza en un horno.

2.5. ELECTROVENTILADOR DEL CONDENSADOR¹⁶

Debido a la ubicación del condensador, delante del radiador, se reduce consecuentemente la cantidad de aire de paso. En determinadas condiciones de marcha del vehículo puede suceder que la corriente de aire que se genera no sea suficiente y que el intercambio térmico logrado en este elemento no provoque un salto térmico lo bastante grande como para lograr condensar el refrigerante.



Fuente: Autores.

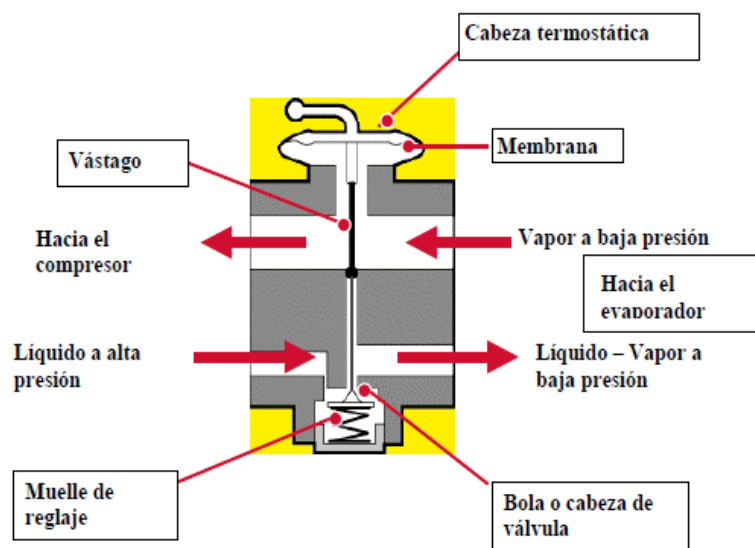
Figura 2.14: Electroventilador.

¹⁶ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 63.

Por este motivo se sitúan uno o dos electroventiladores fijados a él, que permitan crear una corriente de aire de caudal suficiente cuando, por ejemplo, estemos circulando en la ciudad y la velocidad desarrollada sea mínima, al mismo tiempo que las condiciones climáticas son adversas (40°C) y el sistema climatizador debe funcionar a pleno rendimiento, este ventilador eléctrico es conectado o desconectado por un conmutador de temperatura.

2.6. VÁLVULA DE EXPANSIÓN

El compresor sirve para asegurar el paso de la baja a la alta presión. Para el proceso inverso se utiliza una válvula de expansión. La expansión es el paso de un fluido del estado de alta presión y temperatura al estado de baja presión y temperatura.



Fuente: Autores.

Figura 2.15: Componentes de la válvula de expansión.

La función de una válvula de expansión termostática es la de expandir el fluido y regular el recalentamiento de este fluido a la salida del evaporador. Esta regulación es función del caudal de fluido que atraviesa el evaporador.

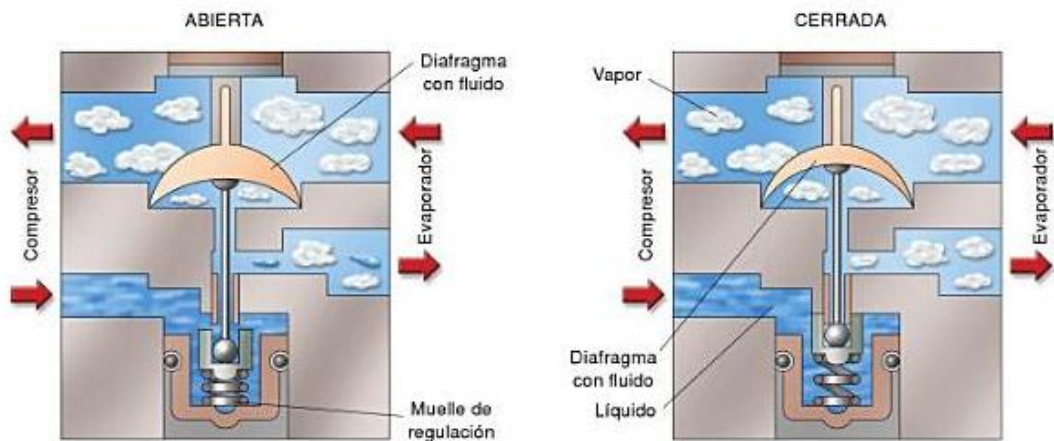
El grado de apertura de la válvula es mayor o menor según las necesidades energéticas del evaporador.

El fluido frigorífico entra en la válvula de expansión en estado líquido a alta presión. Al pasar a través del orificio formado por el cuerpo y la bola o cabeza de válvula, sufre una expansión que le lleva al estado difásico (líquido-gas), a baja presión y temperatura. Seguidamente atraviesa el evaporador donde por intercambio de calor con el aire, se evapora y se recalienta ligeramente.

2.6.1. TIPOS DE VÁLVULAS DE EXPANSIÓN

a. Válvula de expansión con regulación interna¹⁷

Este tipo de válvula de expansión consta de un diafragma accionado por la presión de un fluido volátil contenido en una cápsula situada dentro del conducto de salida del evaporador.



Fuente: Autores.

Figura 2.16: Válvula de expansión con regulación interna.

¹⁷ Sistemas de seguridad y confortabilidad; González, Miguel Ángel; Editorial Editex; España; 2007; págs. 41-42.

El volumen del fluido volátil varía según la temperatura de los vapores que salen del evaporador. Mediante el vástago, controla el paso del fluido frigorífico. Así pues, con la válvula de expansión es posible llegar a controlar el rendimiento del sistema y también evitar la posible congelación del evaporador.

Este tipo de válvula tiene la ventaja de tomar el valor de la temperatura desde el interior del propio conducto, lo que da un control de la variación de temperatura mucho más rápida y menos afectada por la temperatura exterior.

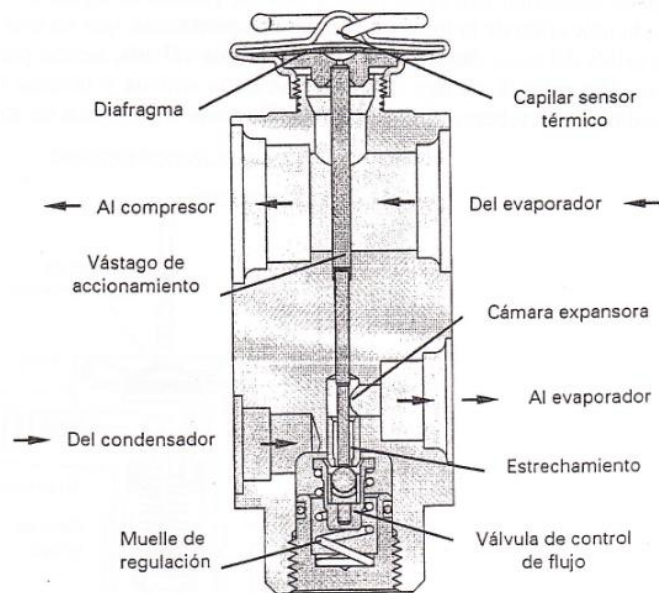
b. Válvula de expansión con regulación externa o monobloque¹⁸

El funcionamiento de la válvula de expansión monobloque es muy similar a las válvulas de expansión termostáticas con estabilizador de presión. El fluido a alta presión procedente del condensador llega hasta la válvula expansora, agolpándose el refrigerante en estado líquido a la entrada del estrechamiento, en el que el agente frigorífico experimenta un aumento de velocidad que provoca un descenso brusco de presión en el momento en el que rebasa este estrechamiento y aumenta su volumen, inundando la cámara expansora, de mucha mayor capacidad, para lo cual debe permanecer abierta la válvula de control de flujo.

El fluido que atraviesa la válvula de control del expansor circula a través del evaporador, absorbiendo el calor necesario para terminar su vaporización de la corriente de aire que entrega al habitáculo y que roza las aletas soldadas a las tuberías del evaporador, enfriándose el aire de la forma conocida. Al terminar su recorrido por el evaporador, el gas refrigerante regresa a la válvula de expansión para atravesarla de nuevo en su camino hacia el compresor, transmitiendo su temperatura al cabezal térmico de regulación, que conforma una cámara estanca donde se cierra un gas especial (generalmente el propio R-143a) entre las paredes de la misma y el diafragma, que permite la dilatación del volumen de gas encerrado en la misma, provocando de esta manera el desplazamiento del

¹⁸ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 71-73.

vástago de accionamiento que apoya contra la bola de la válvula de control de flujo, en oposición a la presión ejercida por el muelle de regulación.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.17: Estructura interna de la válvula monobloque.

c. Válvula de expansión de tubo de orificio fijo¹⁹

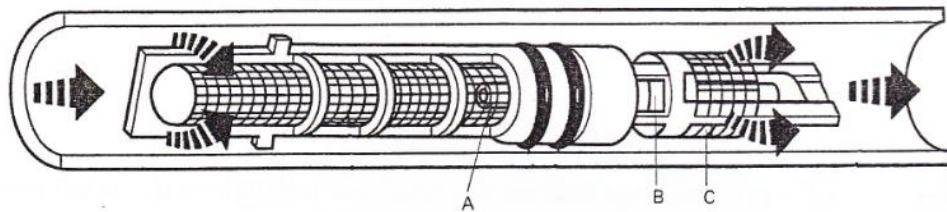
Está constituido por un dispositivo no ajustable de longitud fija, que posee un elemento de dosificación de orificio fijo y un colador de malla fina. A diferencia de la válvula de expansión, carece de sensor de bulbo y piezas móviles y no modifica de igual forma la cantidad de refrigerante que entra al evaporador. El tubo de expansión regula la cantidad adecuada de refrigerante que debe acceder al evaporador a partir de un diferencial de presión.

El refrigerante líquido a alta presión procedente del condensador llega hasta el tubo de expansión, donde se agolpa ante el orificio calibrado A (1,2-1,8 mm) en su

¹⁹ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 75-76.

zona central, a través del cual pasa hacia la cámara de expansión B en la que se produce su vaporización, con el consiguiente descenso de presión y temperatura. La pantalla C pulveriza finamente el fluido antes de su entrada al vaporizador, donde terminará de completarse su vaporización.

Cuanto mayor sea la presión de envío que consigue el compresor, mayor será la cantidad de refrigerante que atraviese el paso calibrado del expansor, con lo que el ajuste del caudal de este tipo de instalaciones se realiza de un modo automático, razón por la cual estos sistemas suelen emplear compresores de cilindrada variable. Cuando la presión a la salida del evaporador sea alta, indicio de una temperatura del vapor excesiva, se aumenta la cilindrada del compresor, aumentando la presión de envío del mismo y, por lo tanto, el caudal del refrigerante que circula por el sistema.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.18: válvula de tubo de orificio fijo.

2.7. EL EVAPORADOR

El evaporador se encuentra localizado en el conjunto de distribución de trampillas, después del soplador y antes del radiador de calefacción, y sirve para absorber tanto el calor como el exceso de humedad dentro del vehículo.

El evaporador es un intercambiador térmico cuya función es indisoluble con la de la válvula termostática de expansión (válvula reductora o dosificación). El evaporador desempeña la función de enfriar el aire puesto en movimiento por el impulsor (ventilador centrífugo) al pasar entre las laminillas del núcleo del

evaporador, condensándose en él la humedad existente en el aire, para luego, enviarlo hacia el habitáculo del vehículo.

Al entrar en contacto el aire con las superficies húmedas del evaporador (temperatura ideal 0°C), las partículas de polvo y polen, se adhiere a la superficie mojada de las aletas, luego el agua es drenada hacia el exterior. La humedad absoluta en el habitáculo es reducida lo que reduce el empañado de los cristales al conducir con tiempos lluviosos, húmedos y fríos.

La temperatura del agente refrigerante en el evaporador es regulada de modo que la humedad que se presenta no pueda helar la superficie del núcleo del evaporador, cosa que bloquearía el paso del aire.

En cuanto se haya alcanzado en el evaporador la temperatura del agente refrigerante más baja admisible; es decir una determinada presión en el mismo, sin que se congele aún el evaporador, regula el compresor la cilindrada, reduciendo la cantidad de agente refrigerante hacia el evaporador.



Fuente: Autores.

Figura 2.19: Evaporador.

2.7.1. TIPOS DE EVAPORADORES²⁰

a. Evaporadores de serpentín

Están compuestos de un solo tubo plano extruido que contiene múltiples canalizaciones internas con el fin de hacer circular el fluido. El tubo plano tiene forma de serpentín, y entre sus curvas están intercaladas las aletas en forma de acordeón. El conjunto es soldado por calor.



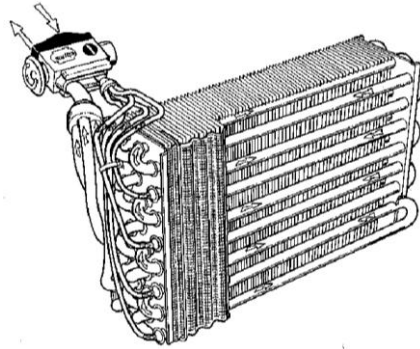
Fuente: Autores.

Figura 2.20: Evaporador de serpentín.

b. Evaporadores de tubos y aletas

Están constituidos por tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente entre unas aletas, y expandidos mecánicamente para favorecer los intercambios térmicos entre los tubos y las aletas. Los tubos se unen entre ellos en cada extremo mediante unos codos, de manera que se subdivide el intercambiador en varias secciones paralelas, de longitud e intercambio térmico idénticos.

²⁰ EL EVAPORADOR; Manual Valeo Clim Service; España;2001; págs 7-8.



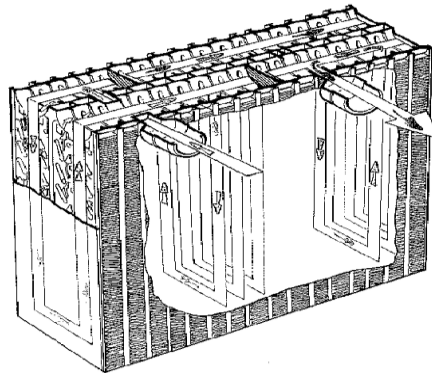
Fuente: Autores.

Figura 2.21: Evaporador de tubos y aletas.

Cada sección está alimentada por un capilar por dónde entra el fluido proveniente de un venturi que conecta dichos capilares con la válvula de expansión.

c. Evaporadores de placas

Están sustituyendo progresivamente los evaporadores de tubos y aletas ya que resultan más económicos para grandes series.



Fuente: Autores.

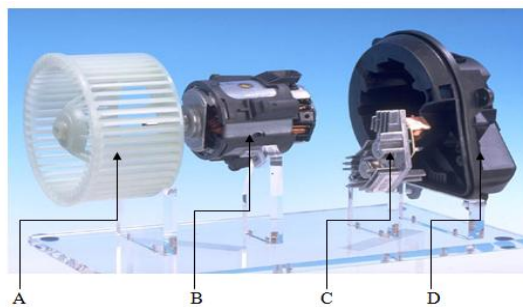
Figura 2.22: Evaporador de placas.

El circuito está formado por placas colocadas unas sobre otras, en forma de cubetas. Entre dichos tubos planos se intercalan las aletas en forma de acordeón. El conjunto se galvaniza en un horno, al vacío o bajo una atmósfera neutra.

2.8. VENTILADOR DEL EVAPORADOR

Es usado para enviar el aire al interior del habitáculo pasando entre las placas del evaporador y soplar este aire frío al interior del vehículo.

Este encuentra ubicado en el interior del bloque del climatizador, detrás del evaporador y está conformado por un ventilador “sirocco” A, un motor eléctrico B, dispositivo de control de potencia C y la coraza que es la que protege al conjunto D.

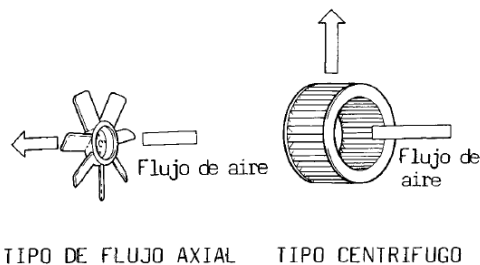


Fuente: Autores.

Figura 2.23: Despiece del ventilador.

2.8.1. TIPOS DE VENTILADORES DEL EVAPORADOR²¹

Los ventiladores pueden ser del tipo de flujo axial y el tipo centrífugo, dependiendo de la dirección del flujo de aire.



Fuente: Manual Toyota

Figura 2.24: Tipos de ventiladores

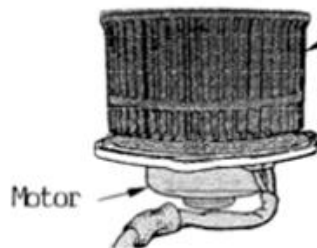
²¹ CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Vol 18 Etapa 2, Japón, 1991; pág. 12.

En el tipo de flujo axial, el aire aspirado paralelo al eje de rotación es soplado hacia fuera paralelo al eje de rotación.

En el tipo centrífugo, el aire aspirado paralelo al eje de rotación, es soplado perpendicular al eje de rotación, es decir en la dirección de la fuerza centrífuga.

Los ventiladores que se usan en los sistemas de aire acondicionado son del tipo de flujo axial y del tipo sirocco, el primero se usa como ventilador de enfriamiento del condensador y el otro como ventilador del evaporador.

2.9. MOTOR DEL VENTILADOR DEL EVAPORADOR



Fuente: Manual Toyota.

Figura 2.25: Motor del ventilador.

Este motor se utiliza para hacer girar el ventilador, que envía el aire al interior del vehículo haciéndolo pasar través del intercambiador térmico (evaporador). La entrada del motor alcanza de 60 W a 200 W de potencia. La velocidad del motor está controlada por resistores y así obtener de 1 a 4 velocidades.

2.10. EL FILTRO DESHIDRATADOR²²

El filtro deshidratador conforma uno de los elementos básicos de un sistema climatizador, siendo su función principal limpiar el fluido refrigerante reteniendo todas las impurezas que contenga, para devolverlo a la instalación en perfectas

²² Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 79-81.

condiciones de uso. Al mismo tiempo, retiene la humedad que circule con el gas por la instalación, depositándose éstas en un material filtrante de óxido de silicio o alúmina principalmente, capaz de almacenar hasta un 10% de su peso en agua.

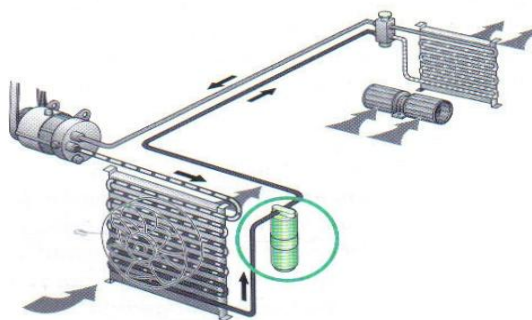
Este material filtrante no permite el paso de las moléculas de agua pero sí de refrigerante y aceite, evitando así la formación de hielo en la válvula de expansión, que podría llegar a taponar su conducto de entrada provocando un funcionamiento intermitente del conjunto, a la vez que se elimina la corrosión sufrida por juntas tóricas y tuberías del sistema provocada por la descomposición del aceite y del refrigerante al contacto con el agua.

2.10.1. TIPOS DE DESHIDRATADORES

Existen dos tipos de filtros deshidratadores, denominados comúnmente botella deshidratadora y filtro acumulador, cuyas diferencias residen en la colocación en el circuito y en su aspecto exterior, aunque el funcionamiento interno de este elemento difiere ligeramente, a pesar de que desarrollan funciones similares.

a. Botella deshidratadora

La botella deshidratadora se ubica entre el condensador y la válvula de expansión, en la zona de alta presión, en serie con el circuito de circulación del refrigerante, Figura 2.26.

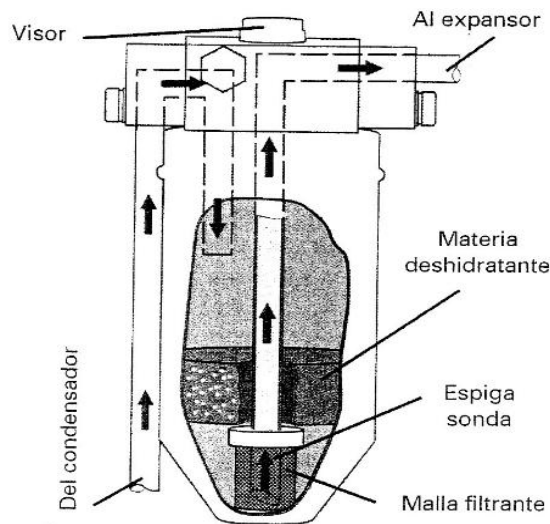


Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI.

Figura 2.26: Ubicación de la botella deshidratadora en el sistema.

La Figura 2.27 muestra un filtro deshidratador de este tipo, donde el fluido procedente del condensador llega a la botella en fase líquida, en la que penetra y se ve obligado a atravesar la materia filtrante para continuar su recorrido por el sistema hacia la válvula de expansión.

En esta materia filtrante se depositan las moléculas de agua y residuos que arrastra el fluido en su camino a lo largo del sistema, evitando la circulación por los elementos de la instalación de cuerpos extraños. El filtro, compuesto por una rejilla metálica unida a la espiga sonda, retiene cualquier impureza procedente de la propia materia filtrante deshumidificante, que permite almacenar entre 6 y 12 gramos de agua (unas 60 gotas).



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

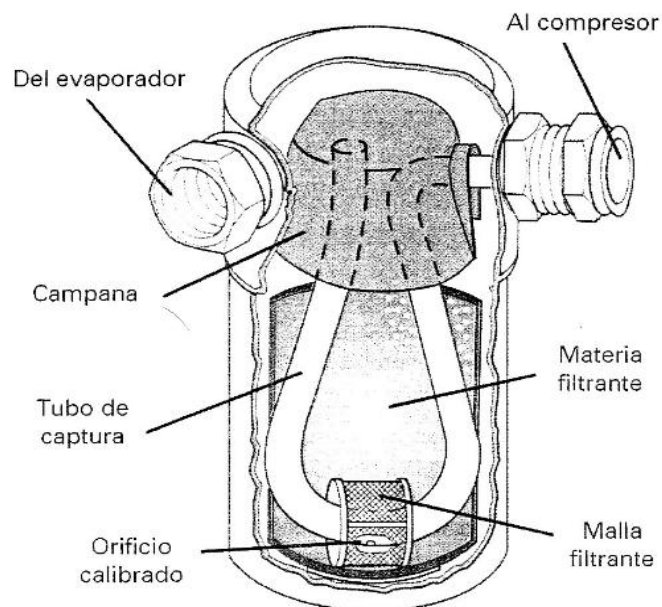
Figura 2.27: Partes de la botella deshidratadora.

Una vez que se satura el filtro, puede llegar a desprenderse una parte del mismo y circular por la instalación, motivo por el que se incluye este segundo filtro a la salida de la propia botella. Del mismo modo, el aceite que atraviesa la materia desecante puede arrastrar partículas de la misma cuando su eficacia disminuye, debiendo permitir el sistema el paso del aceite, pero no así de estas partículas.

En la parte alta de la botella deshidratadora se dispone una mirilla o visor, a través de la que puede verse el paso de fluido refrigerante por la instalación y gracias a la cual se permite conocer el estado aproximado de carga del sistema, según aparezcan o no burbujas en la misma.

b. Filtro acumulador

La Figura 2.28 nos indica un filtro deshidratador del tipo filtro acumulador, en el que apreciamos la ausencia del visor, que ya no es útil por el tipo de aceite empleado en estos sistemas, pero que tiene otras ventajas como su ubicación en la instalación, que en este caso se sitúa entre el evaporador y el compresor, Figura 2.29, impidiendo la llegada a este último de cualquier partícula de suciedad, humedad o fluido en estado líquido, puesto que hace también las veces de una segunda válvula de expansión, estando expuesto en este caso a una temperatura superior a la temperatura de trabajo de su predecesor para lograr la reevaporación del fluido.

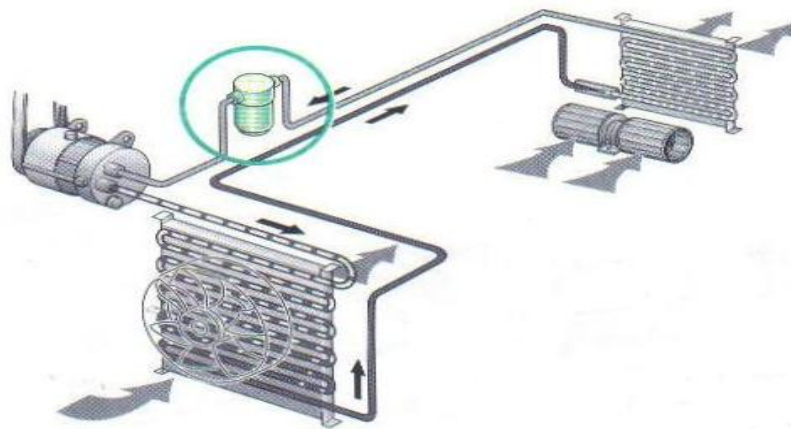


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.28: Partes del filtro acumulador.

El funcionamiento del filtro acumulador es similar al de la botella deshidratadora. La salida del evaporador se canaliza hacia el filtro, en el que cualquier partícula en suspensión cae al fondo del mismo.

Un tubo de captura en forma de U garantiza la salida del filtro acumulador de fluido únicamente en estado gaseoso hacia el compresor, al tiempo que la materia deshumidificante absorbe cualquier resto de humedad que circule en compañía del refrigerante, del mismo modo que ocurría con las botellas deshidratadoras. El tubo de captura se encuentra rodeado de la materia filtrante y soporta en su extremo superior una campana que conduce el gas hacia la toma de aspiración del mismo.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI.

Figura 2.29: Ubicación del filtro colector en el sistema.

Un orificio calibrado en la parte inferior del tubo curvado dosifica una pequeña cantidad de líquido (cuando está presente) en el conducto de aspiración. Este orificio se dimensiona convenientemente, de forma que se garantice que todo el líquido suministrado se vaporizará antes de su llegada al compresor.

Al mismo tiempo, permite el paso de pequeñas cantidades de aceite de vuelta al compresor. Este orificio se encuentra cubierto por una malla filtrante idéntica a la instalada en las botellas deshidratadoras para evitar el paso de aceite o fluido sucio.

En un principio, los vehículos equipados con válvula de expansión instalaban filtros del tipo de botella deshidratadora, quedando reducido el uso de los filtros acumuladores para los sistemas con válvula de expansión de orificio calibrado. Actualmente se ha eliminado el empleo de las botellas deshidratadoras, que han sido sustituidas por los filtros acumuladores, tanto en los modelos equipados con válvula de expansión como con tubo de orificio fijo.

2.11. EL ACEITE LUBRICANTE²³

Toda instalación de aire acondicionado tiene un sistema de engrase, para sus partes móviles tales como el compresor o la válvula de expansión a fin de evitar el agarrotamiento, movimiento dificultoso, etc. Para lo cual se hace necesaria la utilización de un lubricante en estos componentes. Así pues, el circuito climatizador dispone de una cierta cantidad de aceite que circula libremente por la instalación, disponiéndose de un depósito acumulador del mismo en el cárter del compresor, siendo este mismo elemento el que impulsa a circular por el circuito mezclado con el fluido refrigerante.

El aceite utilizado en este tipo de instalaciones es un tanto especial, ya que debe cumplir varias funciones en condiciones de funcionamiento extremas, dentro de las cuales destacamos:

- Lubricar las piezas en movimiento para evitar el desgaste del compresor.
- Lubricar la válvula de expansión.
- Refrigerar el compresor.
- Evitar las fugas en los puntos de unión de los tubos y racores.
- Evacuar las impurezas.
- Prevenir la corrosión, absorbiendo la humedad para luego depositarla en el filtro deshidratador.

²³ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 75-76.

Para lograr llevar a buen término las misiones que tiene encomendadas, el lubricante debe cumplir una serie de requisitos, disponiendo para ellos de unas características bien determinadas que varían de un tipo de aceite a otro, en función de la clase de fluido refrigerante, utilizado en la instalación de aire acondicionado del vehículo como son:

- Miscibilidad alta entre el refrigerante y el aceite, que tenga facilidad de solución o mezcla entre el refrigerante y el lubricante, incluso con las altas temperaturas producto de la compresión producida en el compresor.
- Estabilidad térmica alta, con un margen de aplicación suficiente que garantice la no descomposición química del aceite con altas y bajas temperaturas.
- Estabilidad química suficiente, que permita el contacto del lubricante con los materiales utilizados en la fabricación del sistema de aire acondicionado, impidiendo la descomposición de estos y la formación de depósitos carbonáceos, que puedan dar lugar a un excesivo desgaste del compresor.
- Punto de fluidez bajo, para impedir la solidificación del lubricante cuando se ve sometido a bajas temperaturas al mismo tiempo que se mantiene una densidad adecuada.
- Viscosidad adecuada, puesto que como acabamos de decir la mezcla refrigerante aceite varía su concentración a lo largo de su recorrido por el sistema.
- Capacidad antiespumante, para que no disminuya la capacidad lubricante de la película de aceite que se forma sobre los elementos de la instalación, principalmente en las paredes de los cilindros del compresor.
- Punto de floculación bajo, temperatura por debajo de la cual se precipitan las parafinas contenidas en el aceite, y se depositan sobre las paredes del evaporador.

Los primeros lubricantes utilizados en los sistemas de refrigeración aplicados en el automóvil fueron de tipo mineral, esto es, derivados del petróleo, en donde su

base principal es nafténica, razón por la cual este tipo de lubricante es incompatible con el R-143a.

Hoy en día se utilizan lubricantes de base sintética, no derivados del petróleo, que presentan varias ventajas, como una mayor estabilidad térmica y química en presencia de refrigerantes a altas temperaturas, una óptima lubricidad y unas mejores relaciones de viscosidad en un más amplio abanico de temperaturas.

Actualmente, en el sector del automotriz se utilizan aceites PAG, es decir, sintéticos de base polialquilenglicol o poliglicoles, (PG), que representan una excelente lubricidad, bajo punto de fluidez, alto índice de viscosidad, alta estabilidad térmica y oxidativa entre otras cosas. Sin embargo, se deberá tener en cuenta la indicación del fabricante del compresor de la instalación a la hora de rellenar el nivel del aceite del mismo teniendo en cuenta siempre que:

- Con el refrigerante R-134a se utilizara exclusivamente lubricante del tipo PAG, salvo indicación contraria del Manual del constructor.

2.12. TUBOS Y RACORES

Las tuberías interconectan los diversos elementos que conforman el sistema para la circulación del agente frigorífico formado un circuito cerrado y estanco aislado del ambiente exterior, para esto se emplean distintos tipos de materiales en la fabricación de las tuberías rígidas como el cobre, el acero o el aluminio Figura 2.30.

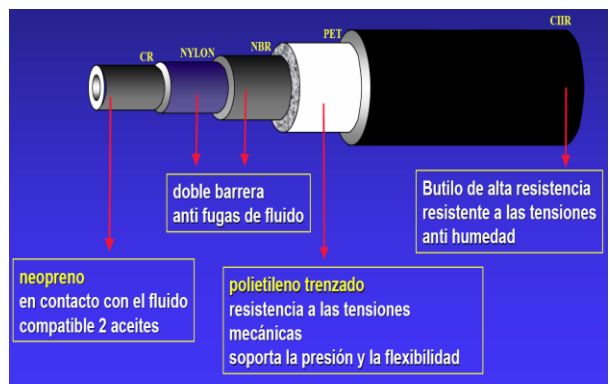


Fuente: Autores

Figura 2.30: Tubería de aluminio.

En función del tipo de gas utilizado en la instalación, y para la fabricación de tuberías flexibles se utilizan distintos tipos de caucho y nilón.

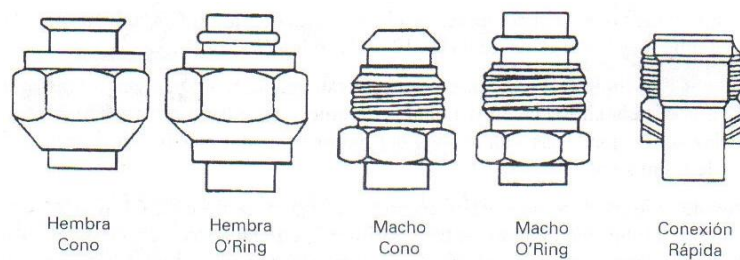
Las tuberías flexible tienen un recubrimiento de neopreno, el mejor aislante de la humedad, que permite la eliminación de bolas de fluido que pueden formarse con el agente refrigerante, luego posee dos capas que conforman una barrera anti fugas de fluido, polietileno trenzado para conferir al conjunto una mayor compactación y resistencia mecánica, y finalmente butilo de alta resistencia a las tensiones antihumedad Figura 2.31.



Fuente: Autores

Figura 2.31: Constitución de una tubería flexible.

Los racores también se encuentran normalizados, y existen diferentes modelos como podemos apreciar en la Figura 2.32, utilizados en las uniones roscadas entre las tuberías y los elementos del sistema. Normalmente en el compresor existen unos racores de conexión que permiten la carga y descarga del sistema, así como para realizar un diagnóstico del sistema.

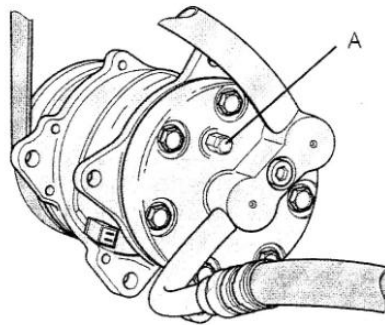


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.32: Tipos de racores.

2.13. PRESOSTATOS

Su misión es interrumpir la señal eléctrica de activación del embrague electromagnético del compresor en caso de que la presión en el sistema sea incorrecta, bien por falta o por exceso de presión. Este conmutador o presostato puede estar ubicado en diferentes partes del sistema como lo veremos posteriormente.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

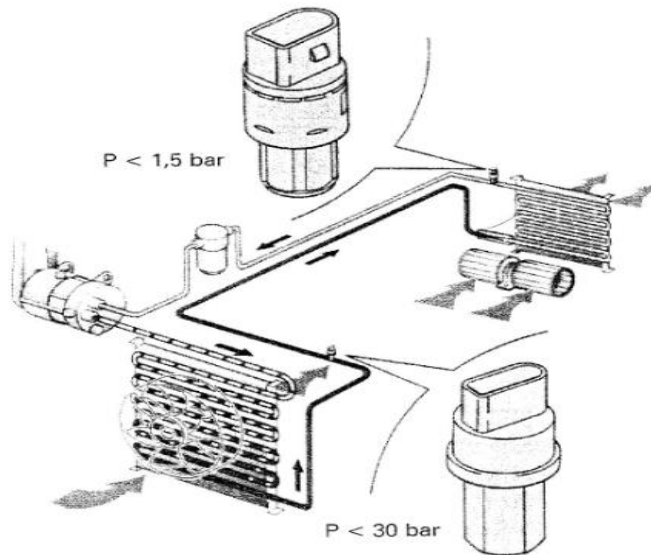
Figura 2.33: Presostato de sobrepresión.

Presostato de sobrepresión o válvula de descarga, ubicada en el propio compresor Figura 2.33, encargado de mantener la presión del circuito por debajo de 40 bares, sean cuales sean las condiciones de funcionamiento del mismo. Ya que un exceso de presión provocaría deformaciones en el evaporador y condensador pudiendo llegar a fisurarse y provocando fugas de gas refrigerante.

Para vigilar y limitar las presiones del sistema, se incorporan a la misma varios presostatos, generalmente en números de dos, que controlan los valores en la zona de alta y baja presión.

Como se puede observar en la Figura 2.34 en los que se dispone de dos presostatos tanto en la tubería del condensador y la válvula de expansión, denominado presostato de alta presión y sobre la tubería de unión del evaporador y el compresor, comúnmente llamado presostato de baja presión, cada uno de los cuales desactiva la alimentación del embrague electromagnético del compresor,

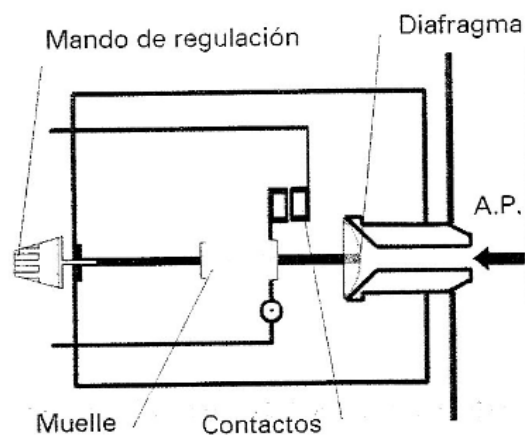
cuando la presión supera los 30 bares, o cuando la presión se encuentre por debajo de 1,5 bar en el segundo.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.34: Presostatos de alta y baja presión.

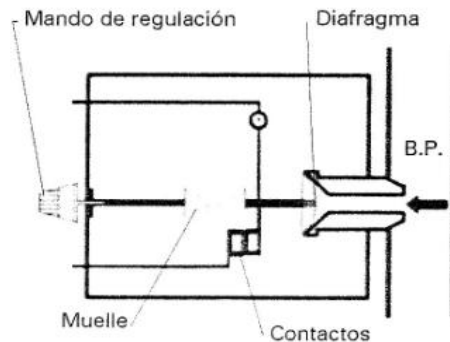
El diafragma presiona la placa móvil del interruptor, Figura 2.35, ayudado de la fuerza del muelle, cuando la alta presión (A.P.) del refrigerante sube por encima del valor de tarado del muelle (30 bares), el interruptor se abre y se corta la alimentación del compresor.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

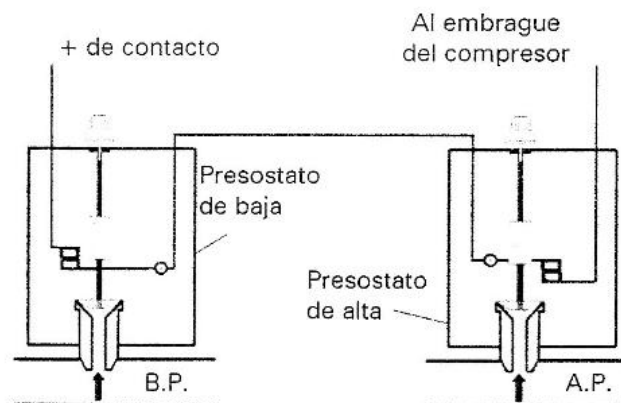
Figura 2.35: Diagrama de un presostato de alta presión.

En el presostato de baja presión, Figura 2.36 cuando la presión es insuficiente (B.P.) (1,5 bar) el muelle de control empuja los contactos separándolos, cortando así la alimentación al compresor. Estos presostatos se conectan en serie para controlar el funcionamiento del embrague electromagnético del compresor. Figura 2.37.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.36: Diagrama de un presostato de baja presión.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.37: Conexión de los presostatos.

Existen otros presostatos que aparte de controlar el embrague electromagnético también controlan el ventilador del condensador. En este caso, se le denomina presostato de tres funciones o trinario y funciona de la siguiente manera:

- Desconecta el circuito por debajo de unos 2 bares (presión mínima).
- Desconecta el circuito por encima de 32 bares (presión máxima).

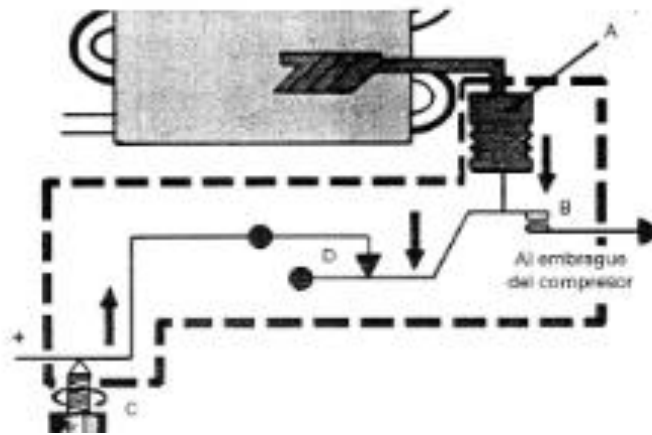
- Conecta el electroventilador del condensador al alcanzar unos 16 bares (presión media de trabajo), desconectándolo cuando este valor sea inferior a 14 bares aproximadamente.

En otros circuitos se incorporan a los sistemas de acondicionamiento de aire los presostatos de cuatro funciones. La diferencia con los anteriores es que el electroventilador es de dos velocidades, con lo cual hay una conexión para la primera velocidad a partir de 15 bares, y otra conexión para la segunda velocidad a partir de 20 bares.

2.14. TERMOSTATOS

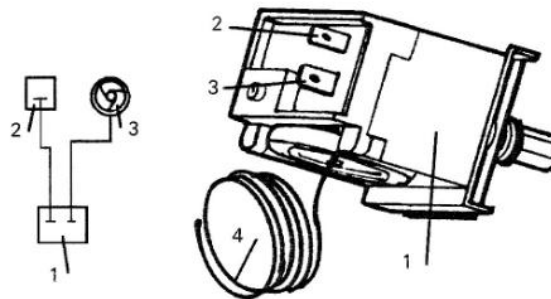
Los termostatos controlan la temperatura de funcionamiento del conjunto climatizador del vehículo. Estos elementos pueden ser del tipo mecánico-eléctrico y electrónico, empleados para medir las temperaturas de distintas partes del circuito de aire acondicionado, como también la temperatura del exterior, la temperatura del habitáculo, la temperatura a la salida del vano reposapiés, y la temperatura en el conducto de entrada de aire al grupo motoventilador del sistema climatizador.

Los termostatos de tipo mecánico funcionan como un interruptor, tal es el caso del termostato del evaporador que cuando la temperatura esta cerca a 0°C corta la alimentación del embrague del compresor para evitar la formación de hielo, este termostato consta de un bulbo sensor en serpentín, conectado a la unidad termostática de fuelle A que presiona el contacto B, cuyo conjunto está lleno de gas freón, cuya presión es función de la temperatura, la posición del interruptor B está dada por la regulación C. Si la temperatura del aire que pasa por el evaporador es alta, el fuelle A se dilata y cierra el contacto eléctrico, alimentando al embrague del compresor, consiguiendo el recirculamiento del refrigerante y enfriando el habitáculo.



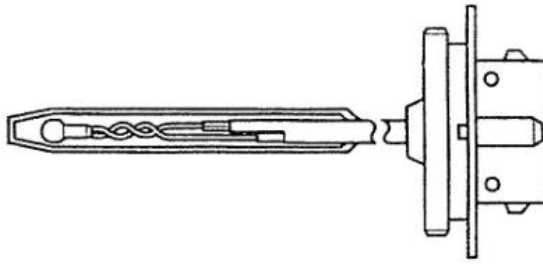
Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización
 Figura 2.38: Funcionamiento del termostato.

También existen termostatos de dos funciones sin regulación posible por el conductor, y disponen de un solo interruptor, y poseen un bulbo sensor 4, dos conectores 2 y 3 que conexionan con la alimentación de corriente y el embrague del compresor respectivamente.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización
 Figura 2.39: Termostato de dos funciones.

En los equipos automáticos de climatización se utilizan sensores de temperatura de tipo electrónicos, que informan a la unidad de control de temperatura en las zonas específicas del sistema, como el ambiente exterior, el habitáculo, el evaporador, etc. Estos sensores son en esencia una termistancia, cuya resistencia eléctrica varía en función de la temperatura a la que está sometida, provocando una caída de tensión variable.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.40: Sensor de temperatura.

Por efecto de las variaciones de temperatura de aire, la resistencia de la sonda evoluciona haciendo variar la señal emitida, que debidamente controlada por la caja electrónica a la que se envía, produce el corte de corriente para el embrague del compresor.²⁴

2.15. FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN²⁵

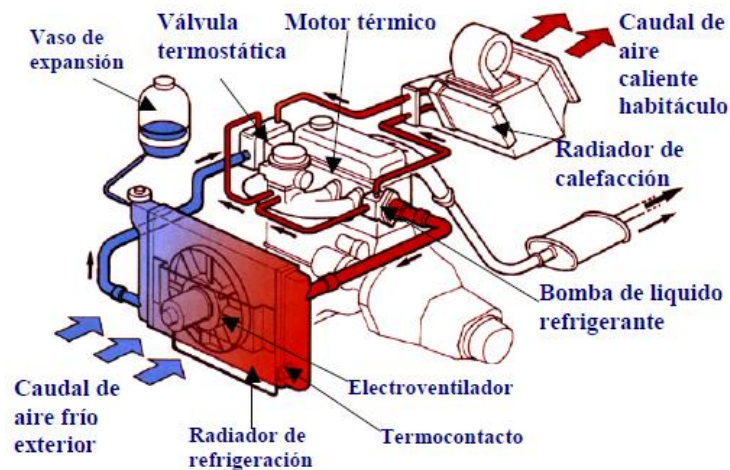
La calefacción está presente hoy en día en la totalidad de los automóviles, y es la función básica de todo sistema de climatización.

Su funcionamiento es muy sencillo y se basa en la circulación del líquido refrigerante del motor, que transporta el calor desprendido por el motor térmico, y mediante un intercambiador de calor llamado radiador de calefacción, lo transmite al aire que entra en el habitáculo.

El intercambio se realiza por conducción, al entrar en contacto el aire con las aletas del radiador.

²⁴ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 100-103.

²⁵ <http://es.scribd.com/doc/1008575/FUNCIONAMIENTO-DEL-CIRCUITO-DE-CALEFACCION>



Fuente: Autores.

Figura 2.41: Componentes del circuito de calefacción.

Sin embargo, este intercambio no se produce inmediatamente, ya que el líquido de refrigeración tarda entre dos y cuatro minutos en alcanzar una temperatura adecuada (55°C). Las nuevas motorizaciones, que mejoran el rendimiento térmico (motores con inyección directa, intercooler), incrementan este tiempo aún más, por lo que se están introduciendo sistemas nuevos para conseguir calefacción durante esos primeros minutos. Se trata de las resistencias de calefacción eléctricas que son las encargadas de durante estos primeros minutos de funcionamiento calentar el aire que ingresa al habitáculo impulsado por el soplador.

Durante el arranque, y hasta que la temperatura del líquido refrigerante alcance los 55°C , la válvula termostática (termostato) se mantiene cerrado, produciendo un aumento rápido de la temperatura motor. Este líquido está impulsado por la bomba de agua, y una vez que la válvula termostática se abre, el líquido se dirige al radiador de la calefacción y hacia la parte delantera del vehículo, para poder evacuar su calor.

Este intercambio se realiza mediante el radiador de refrigeración, cediendo el líquido su calor al aire frío del exterior.

El líquido refrigerante a baja temperatura vuelve al motor térmico, donde se comienza de nuevo el ciclo. La función del termocontacto consiste en conectar el electroventilador, en el caso de que el caudal de aire que atraviesa el radiador de refrigeración no sea suficiente (vehículo a ralenti) para evacuar todo el calor que contiene el líquido refrigerante.

2.16. FILTRO DEL HABITÁCULO²⁶

El aire que ingresa al interior del vehículo alcanza al concentrarse en un lugar cerrado un nivel de contaminación de 2 a 8 veces superior al registrado en el exterior. Este efecto aumenta en autopistas congestionadas, carreteras con mucho tráfico y condiciones climáticas adversas. Así pues la contaminación representa para los conductores un peligro importante. El filtro del habitáculo o filtro antipolen retiene gran parte de los agentes contaminantes, evitando así su entrada en el vehículo.



Fuente: Autores.

Figura 2.42: Filtro del habitáculo.

Este producto, relativamente reciente, es utilizado tanto en vehículos dotados de aire acondicionado como en vehículos que no disponen de él.

La presencia de gases procedentes de la combustión en el habitáculo es aún más perjudicial para la salud, ya que se ha demostrado que los hidrocarburos poli

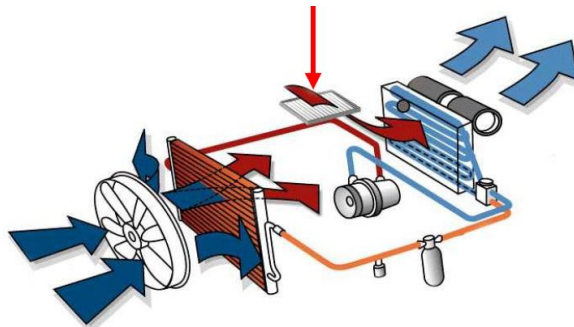
²⁶ EL FILTRO DEL HABITÁCULO; Manual Valeo Clim Service; España; 1999; págs 1-10.

cíclicos (por ejemplo el benceno) que proceden del humo del escape de los motores diesel pueden provocar reacciones cancerígenas.

Ventajas aportadas por el filtro del habitáculo:

- Impide la entrada de partículas al interior del habitáculo.
- Evita lagrimeos y estornudos.
- Reduce riesgos de infecciones nasales, alergias y ataques de asma
- Favorece la eliminación del empañado del parabrisas, ya que permite la entrada de aire seco que acelera el desempañado.
- Purifica el aire del interior del vehículo evitando el depósito de suciedad en salpicadero y parabrisas, al filtrar las partículas y el polvo exterior.

El filtro del habitáculo se sitúa en la entrada de aire en el compartimento motor o entre el soplador y el evaporador bajo el salpicadero.



Fuente: Autores

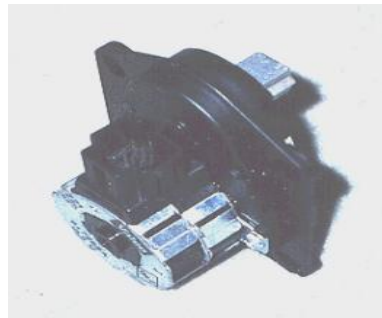
Figura 2.43: Ubicación del filtro del habitáculo.

2.17. ACTUADORES²⁷

En los sistemas de climatización se utilizan dos tipos de actuadores para mover las diferentes trampillas, actuadores de corriente continua o DC y actuadores paso a paso o steppers.

²⁷ CLIMATIZACION AUTOMATICA; Manual Valeo Clim Service; España; 2001; págs 50-63

2.17.1. ACTUADORES PASO A PASO



Fuente: Manual Valeo Clim Service.

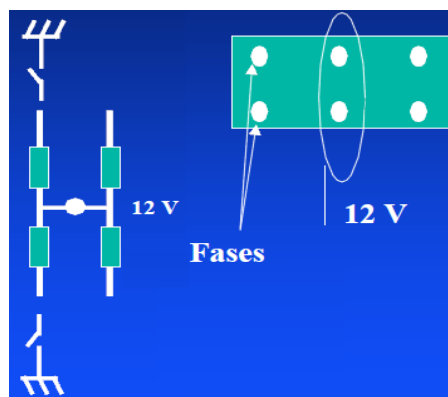
Figura 2.44: Actuador paso a paso.

Existen dos tipos de steppers:

- De 1,67 rpm: para trampillas de distribución y de mezcla (Unipolares).
- De 3,5 o 7 rpm: para trampillas de recirculación (Bipolares).

a. Unipolares

Están constituidos por 5 o 6 cables, en donde uno es el cable de alimentación +12V, cuatro bobinas de 200 Hz con una resistencia siempre menor a 100 Ω , la señal de +12V esta fija en el punto central y la centralita va variando las señales de masa, dependiendo de la posición deseada por el usuario o por el automatismo. Estos actuadores tienen un par nominal de 40 Ncm.

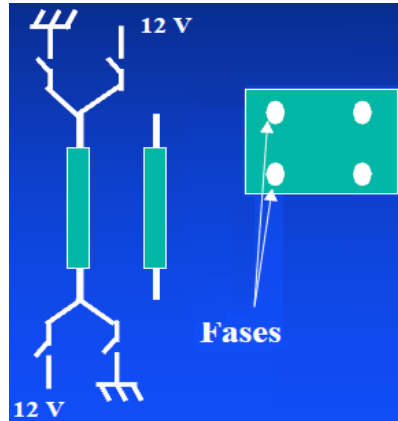


Fuente: Manual Valeo Clim Service.

Figura 2.45: Conector del actuador unipolar.

b. Bipolares

Están constituidos de cuatro cables y cuentan con dos bobinas de 200 Hz con una resistencia siempre menor de 110Ω .



Fuente: Manual Valeo Clim Service.

Figura 2.46: Conector del actuador bipolar.

2.17.2. ACTUADORES DE CORRIENTE CONTINUA

Existen cinco tipos de actuadores de corriente continua:

- De tipo ON/OFF.
- Con potenciómetro.
- 2P.
- 3P.
- De tipo ON/OFF electrónico.



Fuente: Manual Valeo Clim Service.

Figura 2.47: Actuador de corriente continua.

La velocidad de rotación de los actuadores DC es de:

- 6 a 7 rpm en vacío.
- 4 a 5 rpm para un par de 40 Ncm.

a. Actuadores de corriente continua de tipo on/off

Localizados generalmente en la entrada de aire. Se utiliza para mover la trampilla de recirculación.

- Constituido por dos cables: uno positivo (+) y otro negativo (-).
- Un actuador DC ON/OFF está siempre acoplado a un temporizador.
- Si se invierte la polaridad, se invierte el sentido de rotación.
- Está controlado por la centralita: + 12 V durante 10 o 15 s (tiempo necesario para asegurar que la orden ha sido transmitida).

b. Actuadores de corriente continua con potenciómetro

Ubicados en la trampilla de mezcla o distribución, a veces en la entrada de aire. Constituido de 5 cables, uno positivo (+), uno negativo (-) y tres para el potenciómetro.

- Es un actuador de tipo ON/OFF con potenciómetro.
- Señal de 12 V en bornes del motor.
- Señal de 0 - 5 V en potenciómetro (Resistencia variable).
- Resistencia entre bornes = 4.7 kΩ.
- Entre un borne y el neutro $R < 4.7 \text{ k}\Omega$.
- Si R aumenta en más de un 15 %, actuador defectuoso.

c. Actuadores de corriente continua 2p (dos posiciones)

- Idéntico que un actuador de tipo ON / OFF.
- No tiene problemas de bloqueo al final de recorrido.

- Cambio de posición mediante inversión de la polaridad.
- Los cursores circulan por pistas resistivas.
- R en bornes del motor $\approx 4.7 \text{ k}\Omega$.



Fuente: Manual Valeo Clim Service.

Figura 2.48: Actuador 2P.

d. Actuadores de corriente continua 3p (tres posiciones)

- Idéntico a un 2P con una posición intermedia, en general al 50% del recorrido.
- Se encuentra en la entrada de aire.
- Los cambios de posición no se realizan por inversión de polaridad sino por elección de la pista 1, 2 o 3.
- R en bornes $\approx 4.7 \text{ k}\Omega$.

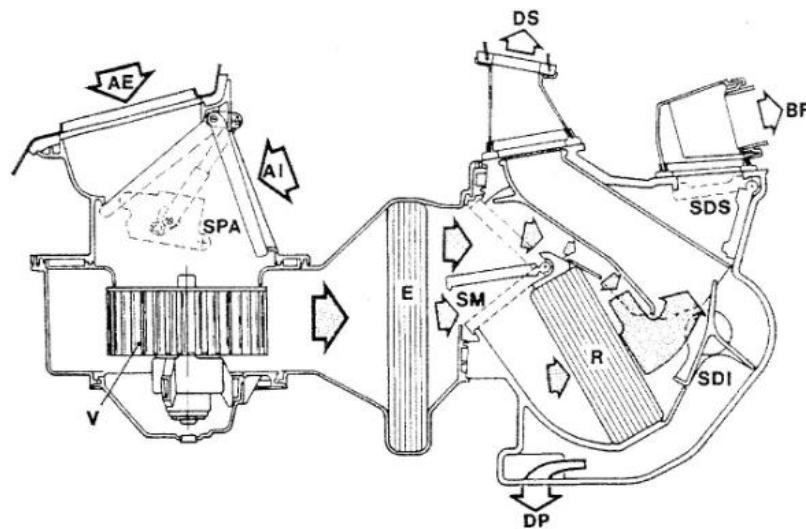
e. Actuadores de corriente de tipo on/off electrónicos

- Se trata de un actuador de tipo ON / OFF clásico con un temporizador integrado.
- El motor no es accesible desde el exterior.
- Existe una impedancia de la tarjeta electrónica que se encuentra delante del motor.
- No se puede verificar su correcto funcionamiento.

2.18. CONJUNTO DISTRIBUIDOR O BLOQUE CLIMATIZADOR

En los vehículos dotados con un sistema de aire acondicionado disponen de un bloque climatizador, en el cual va instalado el evaporador y el radiador de la calefacción, así como una serie de trampillas que pueden modificar total o parcialmente el flujo de aire impulsado por el ventilador de soplado, como también orientar el flujo hacia las distintas salidas de aire como, zona de pies, parabrisas, zona frontal y lateral del tablero, etc.

Al circular el flujo de aire por el bloque climatizador adquiere distintas temperaturas, cuando pasa por el evaporador el aire se enfría, al pasar por el radiador de calefacción se calienta, con el fin de lograr una temperatura adecuada en el interior del vehículo, mediante la mezcla de aire frío y caliente.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.49: Estructura del bloque climatizador.

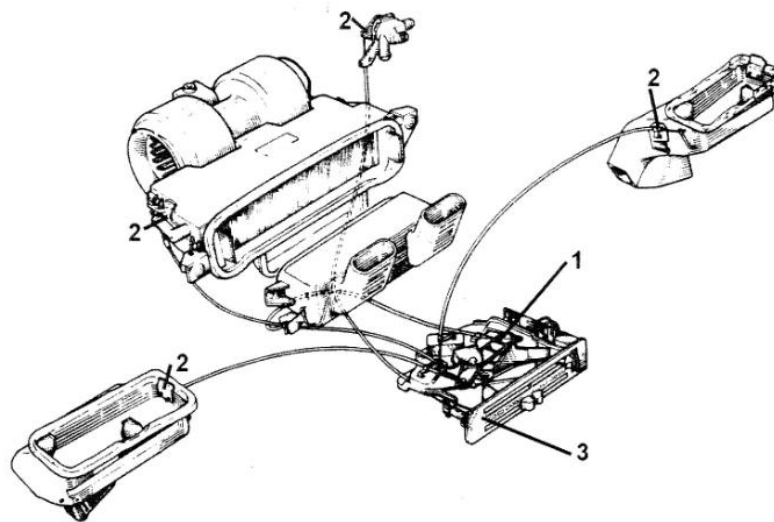
En la figura 2.49 se puede observar la estructura interna del bloque climatizador, y observar el evaporador E, el radiador de calefacción R, el ventilador de soplado V, el aire ingresa a través de AE y es impulsado por el ventilador hacia las zonas de salida DS, BF y DP el flujo de aire es conducido hacia el exterior por medio de las trampillas SPA, SM y SDI, de las cuales SM es la trampilla encargada de hacer la mezcla de aire frío y caliente, SDI reparte el aire hacia las diferentes

salidas y SPA permite el reciclado, es decir que el ventilador de soplado tome aire del interior del vehículo, para acelerar el proceso de enfriamiento.

2.19. LAS TRAMPILLAS

Las trampillas del bloque climatizador son las encargadas de la distribución de la corriente de aire, la toma del aire ya sea interior o exterior y de la mezcla del aire frío y caliente de acuerdo a lo indicado por el conductor.

Existen diferentes sistemas de control de estas, ya sean mecánicos, neumáticos y eléctricos. Para los primeros se dispone de una corona dentada asociada al eje de giro de la trampilla y sobre la que se fija un cable rígido cubierto por una funda no flexible dentro de la cual se desplaza el cable, mientras que el otro extremo va unido a una palanca ubicada en el panel de control, de donde se gobierna la apertura y cierre de dicha trampilla.

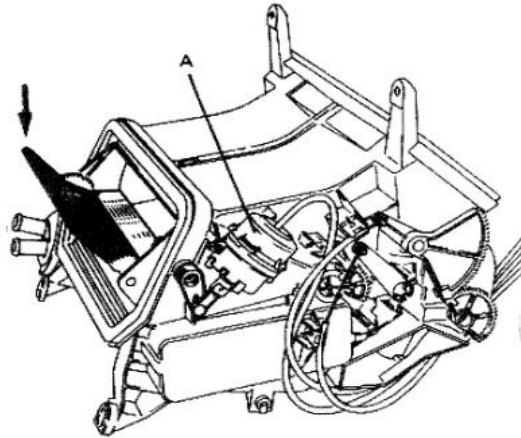


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.50: Sistema de control de trampillas mecánico.

Las trampillas neumáticas disponen de un pulmón activador en cada trampilla, el vacío para el funcionamiento lo toman del colector de admisión. Un mando de distribución permite aplicar el vacío según su posición, unos sistemas más

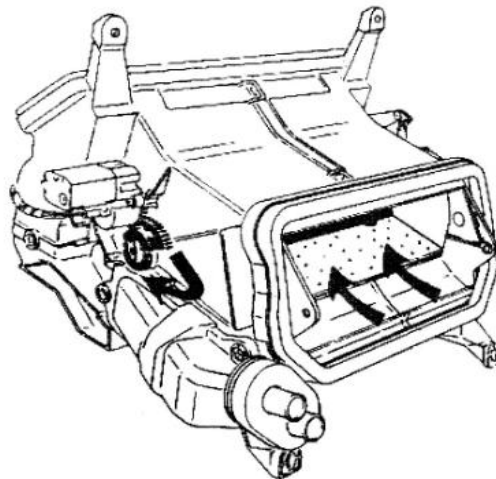
modernos también traen unas electroválvulas, por las que se comunica el vacío a la cámara de la membrana, al circular corriente por ellas.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.51: Sistema de control de trampillas neumático.

En los sistemas de climatización automáticos y semiautomáticos las trampillas son accionadas por motores eléctricos, en cuyo eje tienen un piñón que engrana en un sector dentado que está en el eje de la trampa, los motores son controlados por el módulo del climatizador.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

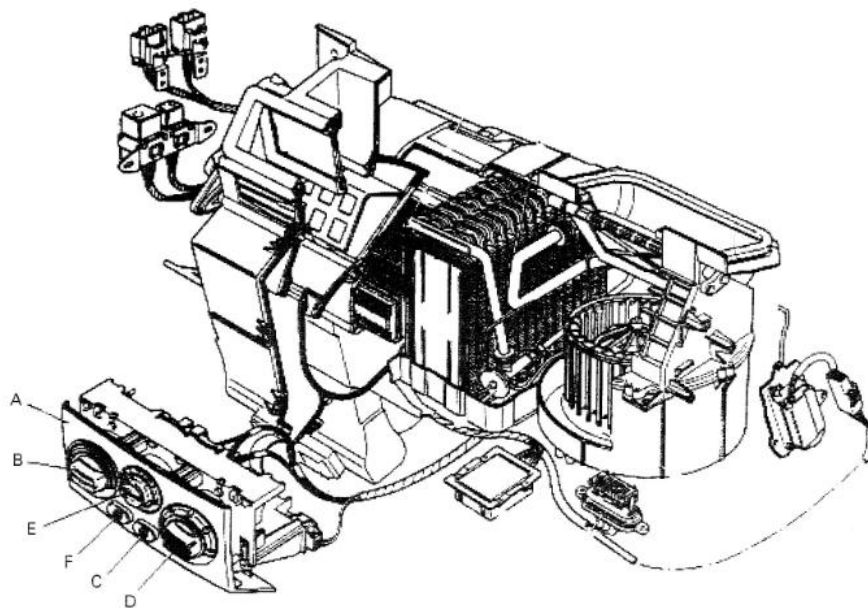
Figura 2.52: Sistema de control de trampillas eléctrico.

2.20. SISTEMAS DE REGULACIÓN²⁸

La temperatura del interior de un vehículo dotado de climatizador puede ser regulada de forma manual, semi-automática y automática actuando sobre la trampa de mezcla, que como se ha mencionado con anterioridad, posibilita todas las combinaciones de aire frío y caliente, de manera que pueda regularse la temperatura de aire que es vertido al habitáculo, cualesquiera que sean las condiciones ambientales en las que trabaje el sistema.

2.20.1. SISTEMA DE CONTROL MANUAL

La Figura 2.53 muestra la disposición de los mandos de un sistema manual y su interconexión con el grupo climatizador. En el salpicadero A se encuentran los mandos de mezcla de aire frío y caliente, el de distribución de aire D hacia las diferentes salidas y el de velocidad del motoventilador E.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

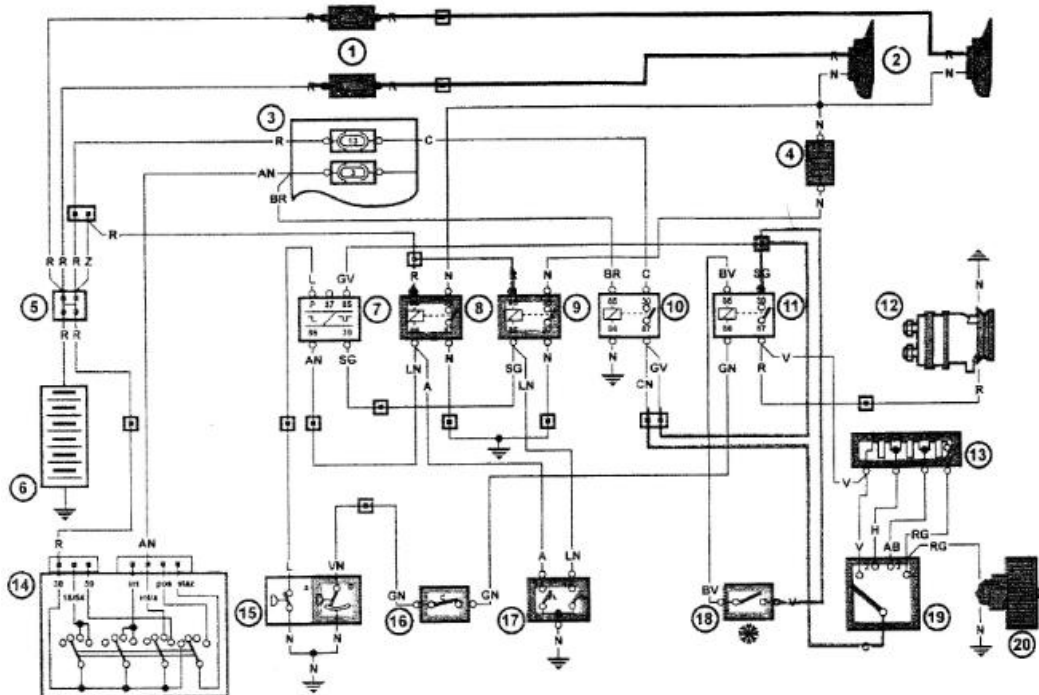
Figura 2.53: Regulación manual del climatizador.

²⁸ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 121-127.

Junto a ellos se disponen también los mandos C y F, cuyas funciones son, respectivamente, la de recirculación del aire del climatizador.

La puesta en funcionamiento del aire acondicionado se realiza mediante el interruptor F, que pone en marcha, tomando el aire del exterior para ser enfriado e introducido en el habitáculo. Si se acciona el interruptor C, se obtiene la función reciclado, en la cual se corta la entrada de aire del exterior y se recicla el del habitáculo. Esta función se utiliza en los casos de excesiva temperatura en el interior, como ocurre después de que el vehículo haya estado largo tiempo expuesto al sol.

El caudal de aire se regula con el mando E que determina la velocidad del motor eléctrico del ventilador de soplado. El control de temperatura del aire está a cargo del mando B, que gobierna directamente la trampilla de mezcla, mediante la cual se permite el paso del aire a través del radiador de calefacción (aire caliente) y del evaporador (aire frío), mezclando sus caudales para conseguir la temperatura más adecuada.



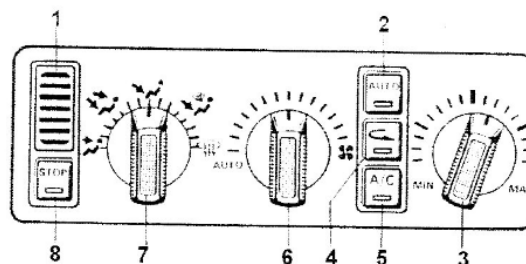
Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.54: Esquema eléctrico del regulador manual.

La Figura 2.54 muestra el esquema eléctrico de conexiones de un sistema climatizador de mando enteramente manual, en los que utiliza: 1 fusibles, 2 motoventiladores, 3 fusibles, 4 resistencia, 6 positivo de batería, 7 temporizador, 8 y 9 relés de los motoventiladores, 10 relé, 11 relé del compresor, 12 embrague del compresor, 13 caja de resistencias, 14 interruptor de encendido y arranque, 15 presostato, 16 termostato antihielo, 17 termocontacto, 18 interruptor de puesta en marcha de la climatización. 19 mando de regulación de velocidad.

2.20.2. SISTEMA DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO

La Figura 2.55 muestra el cuadro de mandos de un sistema climatizador que dispone en su frontal de tres teclas 2, 4 y 5 de las cuales la ultima es el interruptor de puesta en marcha del sistema climatizador, la 4 es la tecla de mando de reciclado de aire y la 2 es el interruptor de funcionamiento en modo automático.

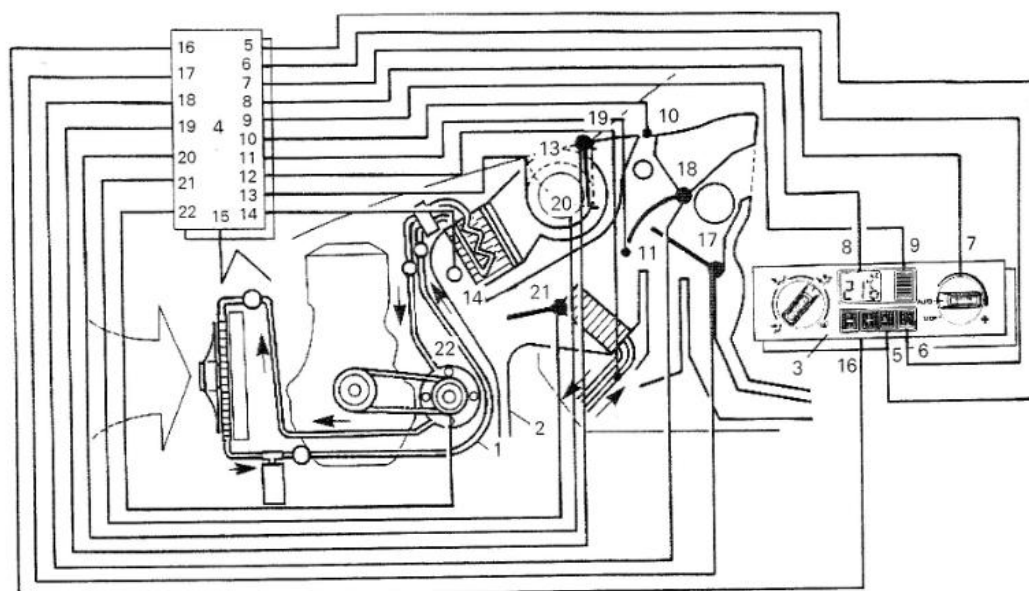


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.55: Mando de control semiautomático.

También se dispone de los potenciómetros de mando y regulación, de los cuales el 3 corresponde al nivel de confort (más o menos frío), el 6 a la regulación del motoventilador del climatizador, que presenta la peculiaridad de que en su posición tope de la izquierda queda seleccionada la regulación automática de la velocidad, y el mando 7 corresponde a la selección de salida de aire hacia el habitáculo por los diferentes aireadores del tablero de a bordo. La tecla 8 es la de parada del sistema de climatización y la rejilla 1 es la de aspiración de aire del habitáculo, detrás de la cual se coloca la sonda correspondiente de temperatura y el pequeño motor eléctrico de aspiración.

En la Figura 2.56 podemos observar el conexionado de instrumentos con la unidad de proceso donde destacamos que el control de la distribución de aire es de tipo manual, determinando entonces un sistema semiautomático, en el que el calculador electrónico le llegan señales de temperatura del habitáculo (sonda 9), nivel de insolación (sonda 10), temperatura del aire impulsado al habitáculo (sonda 11), temperatura del motor (sonda de agua 12), temperatura exterior (sonda 13), y temperatura del aire en el evaporador (sonda 14). En función de estas señales, el calculador electrónico determina y activa la posición de la mariposa de distribución de aire 17, la de desempañado 18, la de entrada de aire 19 y la mezcla aire frío/caliente 21. Por otro lado, el calculador envía la corriente de mando del embrague del compresor 22 y la del ventilador 20 del climatizador.



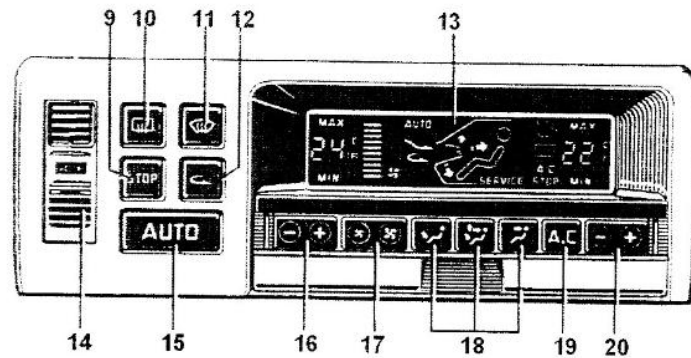
Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.56: Sistema de control semiautomático.

2.20.3. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

El cuadro de mandos para un climatizador automático Figura 2.57 suele disponer de una ventana digital 13 en la que se ven visibles las condiciones de funcionamiento del climatizador, como temperatura seleccionada en cada lado del habitáculo, activación del reciclado, etc. Por debajo de esta ventana se sitúan los

mandos de regulación de temperatura 16 y 20, velocidad del ventilador 17 y distribución de aire de soplado 18, así como el interruptor 19 de puesta en funcionamiento del sistema. En la izquierda del tablero se emplea la rejilla 14 de la sonda de temperatura del habitáculo, el interruptor 15 de mando automático o manual del climatizador, el interruptor de parada 9, el de reciclado 12 y los de desempeño de luneta trasera 10 y parabrisas 11.



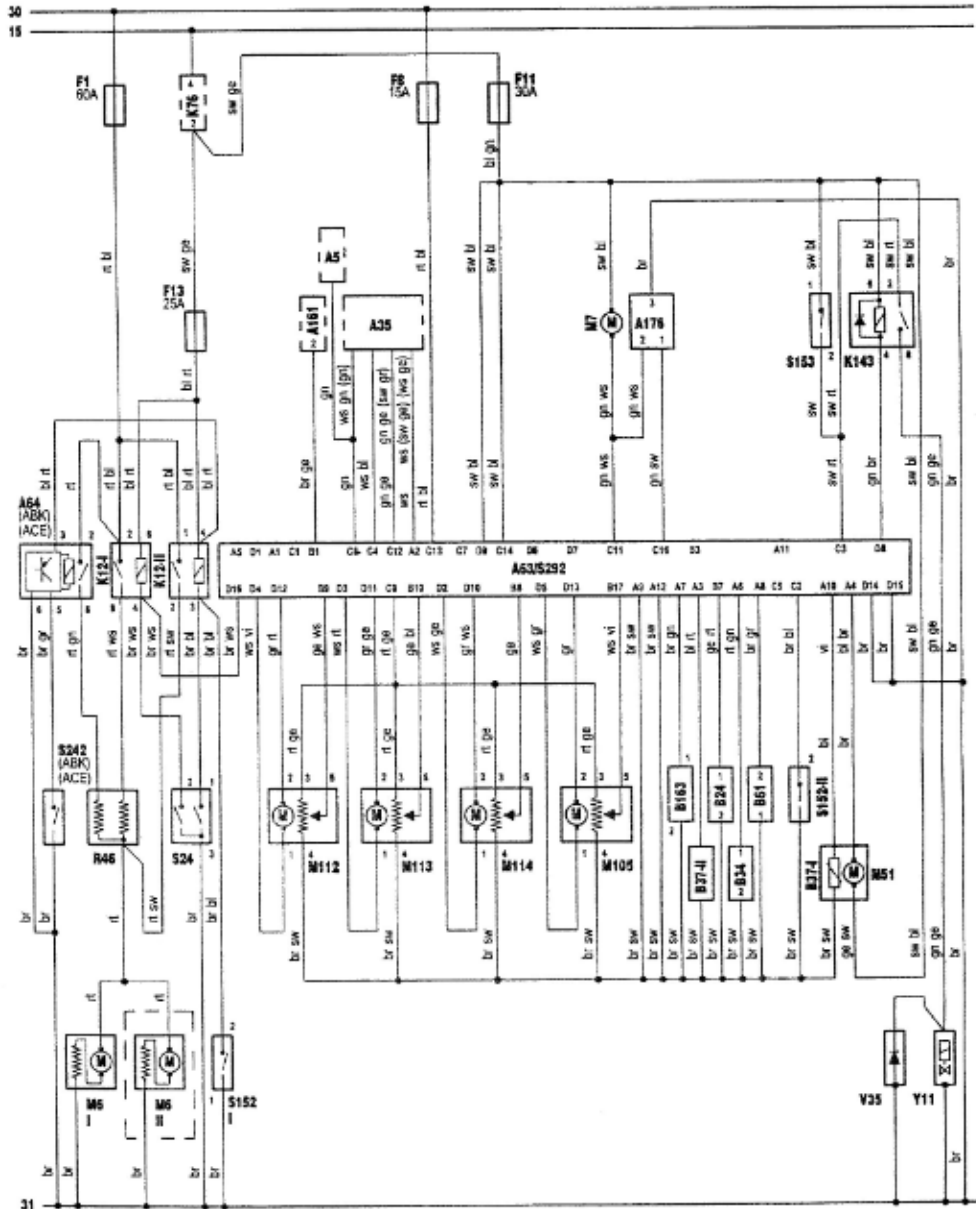
Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.57: Mandos de un climatizador automático.

La Figura 2.58 muestra el esquema eléctrico de un sistema de climatización con regulación automática, que dispone de una unidad de control electrónico A/63, sonda de temperatura de entrada de aire B163, temperatura en el evaporador B24, salida de aire del climatizador B34, temperatura del exterior B61, temperatura del habitáculo B37, dotada del ventilador de soplado M51, presostato de baja presión S153 y de alta presión S152.

La unidad de control comanda los motores de las diferentes trampillas de aire, cuyos movimientos son detectados por los correspondientes sensores potenciométricos, cuya señal es enviada a la unidad de control, trampilla de distribución M112, trampilla de deshielo del parabrisas M113, trampilla de mezcla M114 y trampilla de recirculación M105. También desde la unidad de control se comanda el embrague del compresor Y11, a través del relé K143, cuyos contactos de alimentan a través del presostato de baja S153. Ventilador de soplado M7, controlado por el modulo de control A176 de regulación de velocidad.

Electroventiladores de refrigeración del motor M6 son comandados por los relés K12 activado por el presostato de alta S154 cuando funciona el climatizador, o comandado por el termocontacto de refrigeración S24. La unidad electrónica de control de la climatización se interconexiona con otras unidades electrónicas, como la de gestión del motor A35, la pantalla multifuncional A161 y el tablero de instrumentos A5.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 2.58: Esquema eléctrico de un climatizador automático.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR

3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para realizar los cálculos se va a tomar como referencia los datos de la ciudad de Quito, mediante los cuales posteriormente se procederá a seleccionar los elementos apropiados para nuestro sistema de climatización.

- Temperatura promedio del aire ambiente = 17 °C = 290 °K (Anexo A, Tabla 1)
- Presión atmosférica en Quito = 728,8 mb = 72880 Pa. (Anexo A, Tabla 1)
- Constante de los gases = 29,26 kgm / kg°K. = 286,75 Nm / kg°K (Anexo A, Tabla 2)
- Caudal máximo de aire requerido = 500 m³/h = 0,139 m³/s.

En base a estos parámetros y mediante la ayuda de la mecánica de fluidos se procede a calcular el flujo másico de aire, que necesita el sistema para un correcto funcionamiento.

Antes de calcular el flujo másico de aire es necesario calcular la densidad (ρ) que tiene el aire en Quito a partir de la siguiente fórmula.

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

P = Presión atmosférica.

R = Constante de los gases.

T = Temperatura ambiente.

$$\rho = \frac{72880 \text{ N/m}^2}{286,75 \text{ Nm/kg}^\circ\text{K} \cdot 290^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 0,876 \text{ kg/m}^3$$

Una vez encontrado la densidad del aire, se calcula el flujo másico de aire mediante la siguiente fórmula.

$$\dot{m} = \rho \cdot v \quad \text{Ec. 3.2}$$

v = Caudal máximo de aire requerido = 0,139 m³/s.

$$\dot{m} = 0,876 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 0,122 \text{ kg/s}$$

Este flujo másico se mantendrá constante para todos los valores que se calculará posteriormente en el sistema de climatización.

3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

3.2.1. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN

Para realizar el cálculo de la carga térmica de calefacción hay que tomar como datos la temperatura mínima registrada en la ciudad de Quito obtenida del (Anexo A, Tabla 1), en la que el promedio de la temperatura es de 11°C.

Tomando en cuenta esta temperatura registrada, y sabiendo que la temperatura de confort para el conductor y sus acompañantes oscila entre 21 y 24°C, hay que determinar la cantidad de calor que debe ganar el aire al momento de ingresar al habitáculo del vehículo y esto se lo calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p (T_{\text{hab}} - T_{\text{amb}}) \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

Q = Calor ganado por el aire.

\dot{m} = Flujo másico de aire = 0,122 kg/s

C_p = Calor específico del aire = 1010 J/Kg^oK (Anexo A, Tabla 3)

T_{hab} = Temperatura del habitáculo = 21 °C = 294 °K

T_{amb} = Temperatura ambiente = 11 °C = 284 °K (Anexo A, Tabla 1)

$$Q = 0,122 \frac{Kg}{s} \times 1,010 \frac{KJ}{Kg^oK} (294 - 284)^oK$$

$$Q = 1,23 \text{ KW}$$

Esta es la cantidad de calor que debe ganar el aire antes de ingresar al habitáculo, y es en el radiador de calefacción donde adquiere este calor, ya que por el interior de este circula agua a 90°C.

Debido a que el intercambio de calor entre el aire y el radiador de calefacción se realiza por convección, se procede a calcular el área de transferencia de calor (A), requerida en el radiador para que el aire alcance la temperatura deseada, mediante la siguiente formula.

$$Q = h_{\infty} \cdot A(T_s - T_{\infty}) \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

Q = Calor ganado por el aire

h_{∞} = Coeficiente de transferencia de calor por convección = 200 W/m²°K (Anexo A, Tabla 4)

A = Área de transferencia de calor

T_s = Temperatura del radiador de calefacción = 90 °C = 363 °K

T_{∞} = Temperatura del Fluido (aire) = 11 °C = 284 °K

$$A = \frac{Q}{h_{\infty} \times (T_s - T_{\infty})}$$

$$A = \frac{1230 \text{ W}}{200 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \times (363 - 284)^{\circ}\text{K}}$$

$$A = 0,077 \text{ m}^2$$

Mediante este cálculo hay proceder a seleccionar un radiador de calefacción, en el mercado local no existe un radiador con estas medidas exactas, por lo que se debe seleccionar el más próximo que existe, que tiene las siguientes medidas 22 x 28 cms, y nos da una área total de 0,062 m².

3.2.2. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN

Tomando en cuenta la función que cumple cada elemento en el sistema de refrigeración, hay que calcular la ganancia o la pérdida de calor del aire al circular por el condensador y evaporador respectivamente.

Además, según el principio de conservación de la energía para un dispositivo cíclico (como es el caso del sistema de aire acondicionado) se debe cumplir lo siguiente.

$$Q_{cond} = Q_{evap} + W_{comp} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

Q_{cond} = Calor cedido por el refrigerante al aire en el condensador.

Q_{evap} = Calor absorbido por el refrigerante del aire en el evaporador.

W_{comp} = Potencia de compresión.

a. Intercambio térmico en el condensador

El condensador se encuentra ubicado en la parte delantera del vehículo entre el radiador de refrigeración y los electroventiladores, su función es evacuar el calor absorbido por el refrigerante durante las fases de evaporación y compresión, en consecuencia es un intercambiador térmico de calor, por lo que para calcular la cantidad de calor que recibe el aire al circular sobre el condensador, al entrar en contacto con sus paredes viene dado por la siguiente formula.

$$Q_{cond} = \dot{m} \cdot C_p (T_i - T_f) \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

Q_{cond} = Calor cedido por el refrigerante al aire en el condensador.

\dot{m} = Flujo másico de aire = 0,122 kg/s

C_p = Calor específico del aire = 1010 J/Kg^oK (Anexo A, Tabla 3)

T_f = Temperatura del fluido a la salida del condensador = 40 °C = 313 °K

T_i = Temperatura del fluido a la entrada del condensador = 70 °C = 343 °K (Anexo A, Figura 1)

$$Q_{cond} = 0,122 \frac{Kg}{s} \times 1,010 \frac{KJ}{Kg^oK} (343 - 313)^oK$$

$$Q_{cond} = 3,696 KW$$

Es la cantidad de calor que cede el refrigerante al aire que pasa a través del condensador.

Como se sabe que el intercambio de calor entre el aire y el refrigerante se realiza por convección, se procede a calcular el área de transferencia de calor que necesita el condensador para alcanzar el intercambio requerido.

$$Q_{cond} = h_{\infty} \cdot A \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

Q_{cond} = Calor cedido por el refrigerante al aire en el condensador.

h_{∞} = Coeficiente de transferencia de calor por convección = 200 W/m²°K (Anexo A, Tabla 4)

A = Área de transferencia de calor

T_s = Temperatura del condensador = 70 °C = 343 °K

T_{∞} = Temperatura mínima del fluido (aire) = 10 °C = 283 °K

$$A = \frac{Q_{cond}}{h_{\infty} \times (T_s - T_{\infty})}$$

$$A = \frac{3696 \text{ W}}{200 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}} \times (343 - 283) \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$A = 0,3 \text{ m}^2$$

En el mercado se puede encontrar el condensador más próximo, el cual mide 40 x 65 cms, y nos da un área de transferencia de calor de 0,26 m².

b. Intercambio térmico en el evaporador

El evaporador se encuentra localizado en el bloque climatizador, después del blower y antes del radiador de calefacción, el evaporador es un intercambiador térmico que tiene como función enfriar y deshumidificar el aire que pasa a través de él.

Para ello absorbe calor del aire, produciéndose dos fenómenos físicos:

- El aire se enfría y el vapor de agua presente en este aire se condensa en las aletas del evaporador.
- El fluido se evapora y se recalienta.

El evaporador es el encargado de enfriar el aire enviado por el blower, y mediante el conjunto de trampillas enviado hacia el interior de vehículo.

Por lo que el calor absorbido por el refrigerante del aire en el evaporador viene dado por:

$$Q_{evap} = \dot{m} \cdot C_p (T_f - T_i) \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde:

Q_{evap} = Calor absorbido por el refrigerante del aire en el evaporador.

\dot{m} = Flujo másico de aire = 0,122 kg/s

C_p = Calor específico del aire = 1010 J/Kg^oK (Anexo A, Tabla 3)

T_f = Temperatura del fluido a la salida del evaporador = 7 °C = 280 °K

T_i = Temperatura del fluido a la entrada del evaporador = 5 °C = 278 °K (Anexo A, Figura 2)

$$Q_{evap} = 0,122 \frac{Kg}{s} \times 1,010 \frac{KJ}{Kg^oK} (280 - 278)^oK$$

$$Q_{evap} = 0,246 KW$$

Debido a que el intercambio de calor en el evaporador también se realiza por convección se aplica la siguiente formula.

$$Q_{evap} = h_{\infty} \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_s) \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

Q_{evap} = Calor absorbido por el refrigerante del aire en el evaporador.

h_{∞} = Coeficiente de transferencia de calor por convección = 200 W/m²°K (Anexo A, Tabla 4)

A = Área de transferencia de calor

T_s = Temperatura del evaporador = -1 °C = 272 °K

T_{∞} = Temperatura del aire = 18 °C = 291 °K

$$A = \frac{Q_{evap}}{h_{\infty} \times (T_{\infty} - T_s)}$$

$$A = \frac{246 \text{ W}}{200 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}} \times (291 - 272) \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$A = 0,06 \text{ m}^2$$

Basándose en este cálculo se procede a seleccionar un evaporador que tiene las siguientes medidas 22 x 24 cms el cual nos da una área total de 0,053 m².

c. Selección del compresor

El compresor es un elemento que transforma la energía mecánica del motor, de forma que aspira el fluido refrigerante procedente del evaporador en forma de vapor a baja presión y temperatura, para después enviarlo hacia el condensador en forma de vapor a alta presión y temperatura.

Para determinar la potencia del compresor, se utiliza la siguiente ecuación, en base al principio de conservación de la energía, y reemplazar los datos ya calculados.

$$Q_{cond} = Q_{evap} + W_{comp} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Donde:

Q_{cond} = Calor cedido por el refrigerante al aire en el condensador.

Q_{evap} = Calor absorbido por el refrigerante del aire en el evaporador.

W_{comp} = Potencia del compresor.

$$W_{comp} = Q_{cond} - Q_{evap}$$

$$W_{comp} = 3,696 - 0,246$$

$$W_{comp} = 3,45 \text{ KW}$$

Esta es la potencia teórica del compresor, para el sistema de climatización se va a utilizar un compresor volumétrico Delphi/Harrison modelo V5.

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO

3.3.1. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

Para seleccionar el motor eléctrico primero hay que saber la potencia real del compresor, mediante la siguiente formula.

$$P_r = W_{comp} \times n_i \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$n_i = \frac{(h_{B'} - h_A)}{h_B - h_A} \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde:

n_i = Rendimiento indicado

$h_{B'}$ = Entalpía de compresión teórica (Anexo A, Figura 3)

h_B = Entalpía de compresión real.

h_A = Entalpía de evaporación.

$$n_i = \frac{460 - 426 \text{ KJ/Kg}}{480 - 426 \text{ KJ/Kg}}$$

$$n_i = 0,629$$

Potencia real del compresor

$$P_r = 3,45 \text{ KW} \times 0,629$$

$$P_r = 2,17 \text{ KW}$$

Una vez ya calculado la potencia real que necesita el compresor, se procede a seleccionar el motor eléctrico.

$$P = 2,17 \text{ KW} = 2,93 \text{ HP}$$

Es por esta razón se debe seleccionar un motor eléctrico de 3 HP.

3.3.2. CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

La relación de transmisión (i), de las poleas tanto del motor como del compresor, calculamos mediante la siguiente formula.

$$i = \frac{N_m}{N_c} = \frac{d_c}{d_m} \quad \text{Ec. 3.13}$$

Donde:

N_m = Número de revoluciones de la polea motriz

N_c = Número de revoluciones de la polea conducida

d_c = Diámetro de la polea conducida

d_m = Diámetro de la polea motriz

$$N_m = 3600 \text{ RPM (revoluciones de motor)}$$

$$N_c = 3400 \text{ RPM}$$

$$i = \frac{3600 \text{ RPM}}{3400 \text{ RPM}}$$

$$i = 1.06$$

Una vez calculado la relación de transmisión, se debe a calcular el diámetro de la polea del motor eléctrico, ya que la polea del compresor se conoce su diámetro,

$$i = \frac{d_c}{d_m} \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$d_m = \frac{d_c}{i}$$

$$d_m = \frac{12,5 \text{ cm}}{1.06}$$

$$d_m = 13,2 \text{ cm}$$

3.3.3. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA BANDA

La longitud de la banda se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$L = 2C + 1,57(D_2 + D_1) + (D_2 - D_1)^2 \quad \text{Ec. 3.15}$$

Donde:

L= Longitud de la banda (pulg).

C= Distancia entre centros de las poleas.

D₂= Diámetro de la polea conducida.

D₁= Diámetro de la polea motriz.

Del entrenador se obtiene los siguientes datos

D₁= 13,2 cm = 5,19 pulg

D₂= 12,5 cm = 4,92 pulg

C= 31,2 cm = 12,28 pulg

$$L = 2(12,28) + 1,57(4,92 + 5,19) + (4,92 - 5,19)^2$$

$$L = 40,44 \text{ pulg} = 102,72 \text{ cm}$$

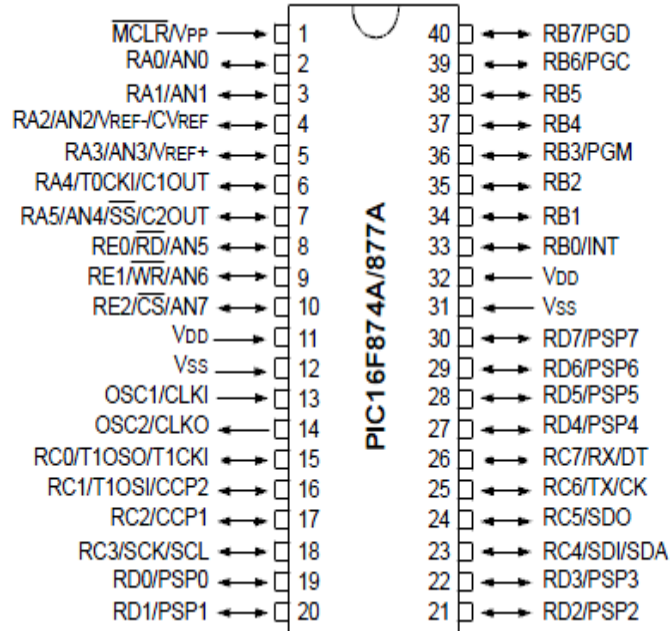
Por esta razón se debe seleccionar una banda de 41 pulgadas

3.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para controlar el encendido y apagado del compresor y del electroventilador, que en el automóvil lo realiza la ECU, mediante los valores de voltaje que envía el sensor de presión de refrigerante, hay que diseñar un circuito electrónico que reemplace la función que realiza el computador del vehículo, para lo cual hay que diseñar una tarjeta electrónica, que en base a los valores de presión del refrigerante que envía el sensor, encienda y apague tanto el compresor como el electroventilador, ya sea cuando existe una elevada presión, como cuando hay una baja presión en el sistema.

3.4.1. SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

PIC 16F877A



Fuente: Autores.

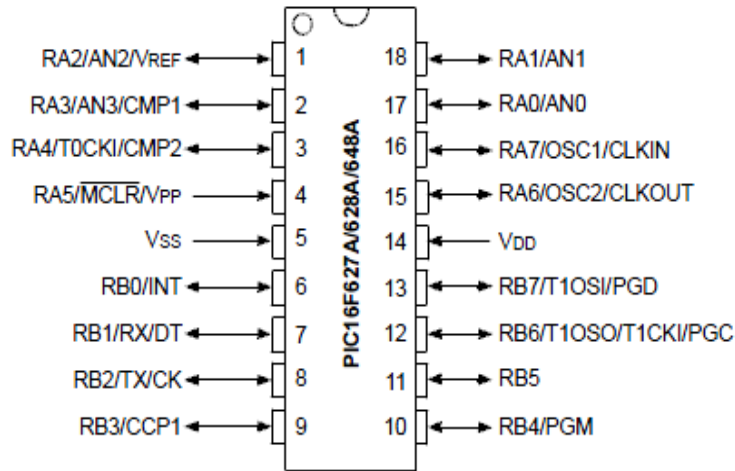
Figura 3.1: Disposición de pines del PIC 16F628A.

Key Features	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory (bytes)	256
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Fuente: Autores.

Tabla 3.1. Características del PIC 16F877A

PIC 16F628A



Fuente: Autores.

Figura 3.2: Disposición de pines del PIC 16F628A.

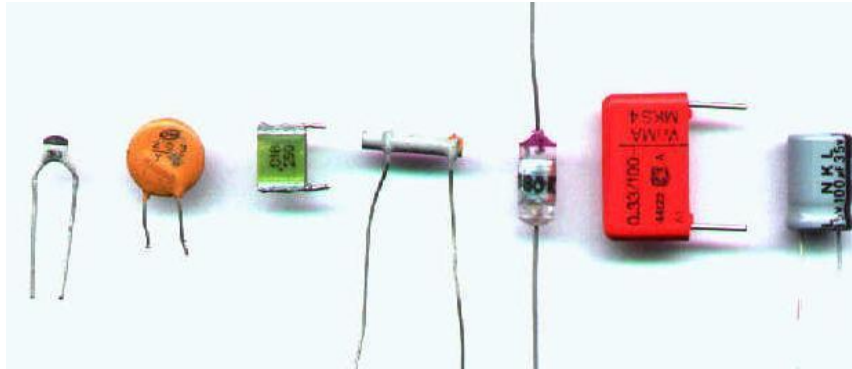
		PIC16F627A	PIC16F628A
Clock	Maximum Frequency of Operation (MHz)	20	20
Memory	Flash Program Memory (words)	1024	2048
	RAM Data Memory (bytes)	224	224
	EEPROM Data Memory (bytes)	128	128
Peripherals	Timer module(s)	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2
	Comparator(s)	2	2
	Capture/Compare/PWM modules	1	1
	Serial Communications	USART	USART
	Internal Voltage Reference	Yes	Yes
Features	Interrupt Sources	10	10
	I/O Pins	16	16
	Voltage Range (Volts)	3.0-5.5	3.0-5.5
	Brown-out Reset	Yes	Yes
	Packages	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN

Fuente: Autores.

Tabla 3.2. Características del PIC 16F628A.

Capacitores

Un condensador o capacitor es un dispositivo que almacena energía eléctrica, de tal forma que cuando la tensión varía a lo largo de un ciclo, la energía puede acumularse durante un tiempo y ser devuelta a la fuente.



Fuente: Autores.

Figura 3.3: Tipos de capacitores.

Resistencias

Se emplean para controlar la corriente en los circuitos electrónicos, se elaboran con mezclas de carbono, láminas metálicas o hilos de resistencia, y disponen de dos cables de conexión.



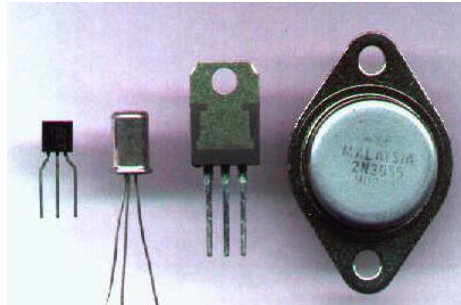
Fuente: Autores.

Figura 3.4: Resistencia

Transistores

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.

Los transistores comúnmente tienen tres terminales, llamados Base, Colector y Emisor, que dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden ser distribuidos de varias formas.



Fuente: Autores.

Figura 3.5: Transistores.

Diodos

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un sentido. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad; consta de una pieza de cristal semiconductor conectada a dos terminales eléctricos



Fuente: Autores.

Figura 3.6: Diodo.

Oscilador

Un oscilador electrónico es un circuito electrónico que produce una señal electrónica repetitiva, a menudo una onda senoidal o una onda cuadrada.

Un oscilador de baja frecuencia, es un oscilador electrónico que engendra una forma de onda de C.A. entre 0,1 Hz y 10 Hz.



Fuente: Autores.

Figura 3.7: Oscilador

Regulador de voltaje

Un regulador de voltaje (también llamado estabilizador de voltaje o acondicionador de voltaje) es un equipo eléctrico que acepta una tensión eléctrica de voltaje variable a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante (regulada).



Fuente: Autores.

Figura 3.8: Regulador de voltaje.

CAPÍTULO 4

MONTAJE Y PRUEBAS DEL ENTRENADOR

4.1. MONTAJE DEL ENTRENADOR

El entrenador constituye una herramienta de experimentación, inherente a uno de los más recientes sistemas de climatización controlados electrónicamente y aplicados a los automóviles, con el objeto de obtener un ambiente interior confortable e ideal, independientemente de las condiciones climáticas del ambiente exterior y de las situaciones de manejo.

El entrenador nos permite distinguir fácilmente los componentes del sistema de aire acondicionado con climatizador, observar su funcionamiento, realizar distintas mediciones, comprobaciones, y simular fallas reales en el sistema.

El equipo comprende los siguientes circuitos y dispositivos:

Circuito de generación de aire frío

- Compresor
- Condensador
- Evaporador
- Válvula de expansión
- Botella deshidratadora
- Electroventilador del condensador

Dispositivos de control, regulación y distribución del caudal de aire

- Placa electrónica para simular la activación/desactivación del compresor y del electroventilador del condensador a través del sensor de presión del refrigerante (ACP) que envía señales de voltaje en función de las presiones existentes en el sistema.
- Climatizador, que cumple las siguientes funciones:
 - Fijación de la temperatura del aire al valor requerido
 - Control de la mezcla de aire
 - Regulación de la velocidad del soplador

- Control de la distribución del aire
- Mando de la trampilla de recirculación
- Soplador (Blower)
- Motor para controlar la trampilla de recirculación de aire
- Motor de mezcla de aire
- Motor de control de salida de aire
- Regulador de velocidad del soplador
- Sensor de presión del refrigerante (ACP)
- Sensor de temperatura ambiente
- Sensor de temperatura del interior del habitáculo
- Sensor de temperatura del refrigerante
- Sensor de carga solar

Dispositivos eléctricos

- Motor trifásico de 3HP
- Batería de 12V
- Alternador
- Conmutador de llave
- Fusibles
- Relés
- Pulsadores

Circuito de calentamiento del agua para la calefacción

- Niquelinas
- Electrobombas
- Radiador de calefacción

Dispositivos de medición y comprobación

- Esquema eléctrico de la instalación para una rápida localización de los componentes y sus conexiones
- Conjunto de manómetros para medir la presión del sistema

- Puntos de medición, en correspondencia de todas las conexiones de los componentes eléctricos del sistema
- Multímetro

El montaje del entrenador consiste en ubicar adecuadamente todos los componentes del sistema en una estructura metálica diseñada para ser utilizada fácilmente en diferentes ambientes.

4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

4.2.1. INSPECCIÓN DE FUGAS

Es importante verificar que el sistema se encuentre perfectamente sellado para evitar pérdidas de refrigerante y una alteración en el rendimiento del sistema.

Para la inspección de fugas recurrimos a dos métodos:

- Mediante solución jabonosa, aplicamos a todas las uniones, tuberías y componentes del sistema observando la posible formación de burbujas.
- Detector de fugas electrónico, un método empleado para encontrar fugas imperceptibles al ojo humano.

4.2.2. MEDICIÓN DE PRESIONES EN EL SISTEMA

Las presiones en el sistema de aire acondicionado dependen de diversos factores, uno de ellos es el número de revoluciones del motor, es decir en función del giro del motor vamos a tener diferentes presiones en el sistema.

El entrenador trabaja con un motor eléctrico trifásico que gira constantemente a 3500 rpm, por lo tanto la medición de la presión sólo se la puede realizar a éste régimen de giro.

Para realizar las mediciones se debe instalar el conjunto de manómetros en las respectivas válvulas de servicio.

	Lado de baja presión	Lado de alta presión
Compresor desacoplado	60 - 70 psi	60 - 70 psi
Compresor acoplado	30 - 40 psi	150 – 225 psi

Fuente: Autores

Tabla 4.1. Valores de presión

4.2.3. COMPROBACIÓN DEL NIVEL DE ACEITE EN EL SISTEMA

Es de vital importancia que el sistema se encuentre lubricado para su correcto desempeño, para lo cual se debe verificar en el manual del fabricante el tipo y la cantidad de aceite que ingresa al sistema y a cada componente.

COMPONENTE	CANTIDAD DE LUBRICANTE
Compresor	105 cc
Condensador	30 cc
Evaporador	40 cc
Botella deshidratadora	25 cc
Tuberías	20 cc
Total	220 cc

Fuente: Autores

Tabla 4.2. Cantidad de lubricante en el sistema

4.2.4. COMPROBACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Embrague electromagnético del compresor

- Desconectar el conector eléctrico del compresor
- Alimentar 12V desde la batería
- Verificar que se accione el embrague

Electroventilador del condensador

- Desconectar el conector eléctrico del Electroventilador

- Alimentar 12V desde la batería
- Verificar que el electroventilador empiece a girar

Electrobombas

- Alimentar 12V desde la batería
- Verificar que la bomba empiece a funcionar.

Climatizador

El climatizador es el control que sobre el sistema de calefacción, aire acondicionado y ventilación, controla la temperatura en el interior del habitáculo, el cual gobierna, todos los parámetros de temperatura, caudal de aire e incluso lugar de salida del mismo.

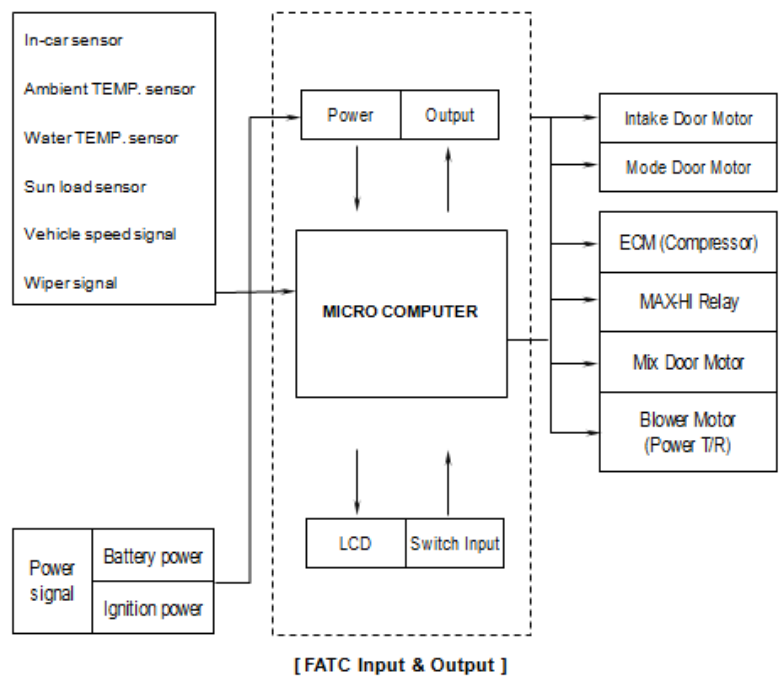
Un climatizador descarga de trabajo al conductor y aporta principalmente comodidad, básicamente el conductor solo tiene que seleccionar la temperatura que desea, aunque todos disponen de funciones manuales, para seleccionar las salidas de aire, así como el caudal, su único inconveniente es el mayor precio.



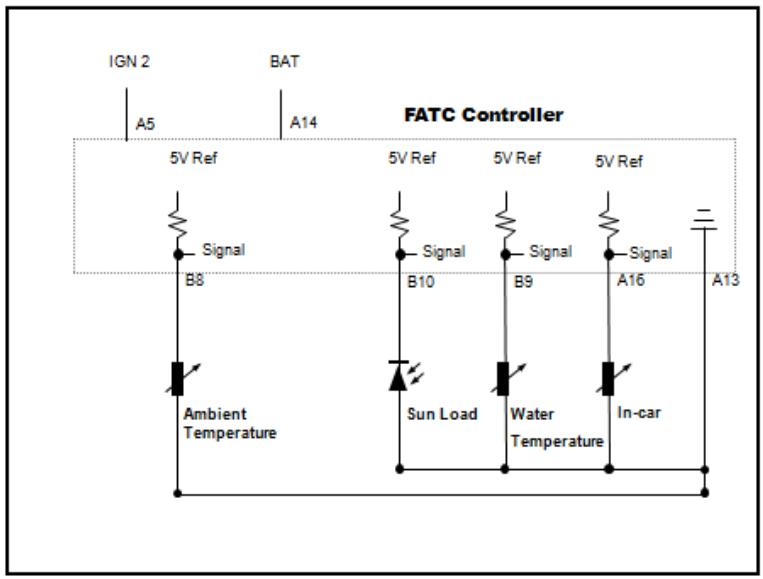
Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.1: Climatizador

El climatizador es un modulo electrónico que procesa todas las señales de entrada procedentes de los sensores, las desparasita y las alimenta al microprocesador en la propia unidad de control. El microprocesador calcula las señales de salida en función de los valores teóricos pre programados. A través de etapas finales se transmiten las señales de salida hacia los actuadores.

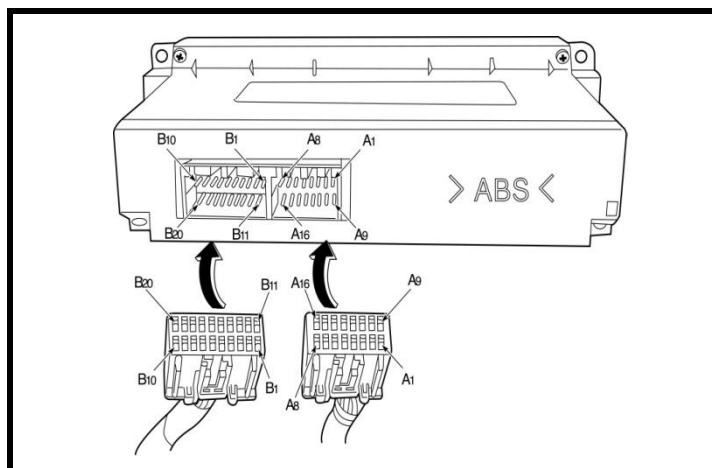


Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra
 Figura 4.2: Esquema de trabajo del climatizador



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra
 Figura 4.3: Conexión de los sensores

El climatizador tiene dos conectores a los cuales llegan los cables de alimentación de voltaje, señales de los sensores, salidas a los diferentes actuadores.



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.4: Conectores del climatizador

NO	COLOR	FUNCTIONS	NO	COLOR	FUNCTIONS
A1	B	Main Ground	B1	GrB	Power Transistor Base Control
A2	SB	Air MixDoor Motor (Hot)	B2	GR	VSS
A3	G	Illumination (-)	B3	-	Not used
A4	BrW	Illumination (+)	B4	Br	Air MixDoor Position (PBR) 5V REF
A5	BrW	IGN1 + (F12)	B5	YB	Air MixDoor Position(PBR) Signal
A6	-	Notused	B6	B	Air MixDoor Position(PBR) Ground
A7	-	Notused	B7	G	Wiper Operation Signal
A8	Y	Air MixDoor Motor (COOL)	B8	YGB	Ambient Temperature Signal
A9	-	Notused	B9	GrB	Water Temperature Signal
A10	LB	Blower Max Hi Relay	B10	SBB	Sun Load Signal
A11	GW	A/C Engagement Signal	B11	B	Main Ground
A12	W	Rear Defogger Relay	B12	L	Power Transistor Feedback Signal
A13	Y	Ground (Sensors)	B13	PW	FRESH Control
A14	Or	BAT + (Efl,F22)	B14	GB	RECIRCULATION Control
A15	-	-	B15	-	-
A16	G	In-car Sensor Signal	B16	GB	DEFMODE Control
			B17	P	DEF/FOOT MODE Control
			B18	YL	FOOT MODE) Control
			B19	WB	VENT/FOOT MODE Control
			B20	PB	VENT MODE Control

Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Tabla 4.3. Designación de pines del climatizador

Para el control del sistema el climatizador cuenta con algunos botones, los cuales describiremos a continuación.

➤ **Perilla de control de temperatura**

Permite elevar o bajar la temperatura que ingresa al habitáculo con incrementos de 0,5°C (1°F), consecuentemente acciona la trampilla de mezcla de aire con un motor eléctrico y con ello se regula la cantidad de aire que fluye a través del radiador de calefacción.

➤ **Perilla de control de velocidad del soplador**

Permite variar de forma manual la velocidad del soplador.

➤ **Botón AUTO**

Al presionar este botón se regula la temperatura de forma automática y el climatizador ejerce control sobre los siguientes componentes:

- Motor de mezcla de aire
- Motor de selección de salida de aire
- Velocidad del motor del soplador
- Motor de recirculación de aire
- A/C (ON /OFF)

➤ **Botón OFF**

Desactiva el control del aire acondicionado y del soplador.

➤ **Botón MODE**

Este botón permite seleccionar de forma manual la dirección de salida de aire.

➤ **Botón A/C**

Permite la selección manual del aire acondicionado

➤ **Botón de entrada de aire**

Permite seleccionar el ingreso de aire fresco o hacer recircular el aire del interior del habitáculo.

➤ Pantalla de visualización

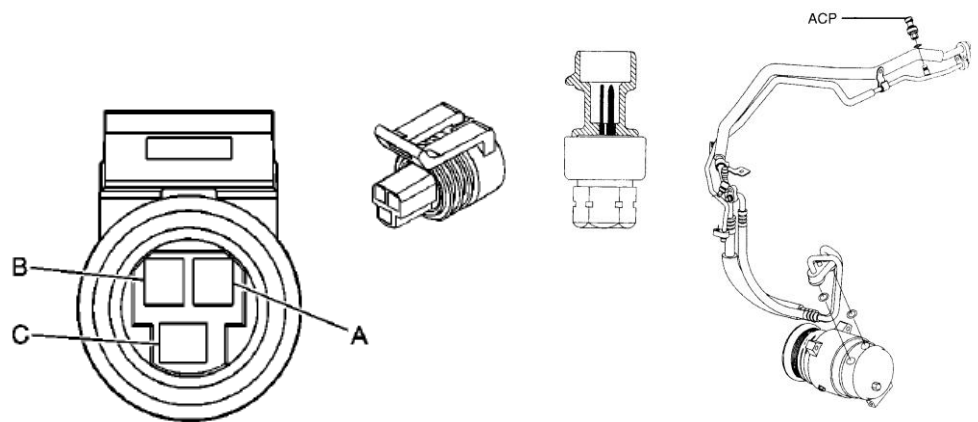
Permite observar el estado de los ajustes de control seleccionados.

Para la comprobación del climatizador:

- Comprobar el voltaje de alimentación entre los terminales A5/A13, y A14/A13
- Accionar cada uno de los botones de control descritos anteriormente para verificar la regulación de temperatura, velocidad del soplador, direccionamiento a las respectivas salidas de aire, y el trabajo en modo automático.

Sensor de presión del refrigerante (ACP)

- Desconectar el conector del sensor y medir el voltaje entre los terminales A y B, el valor debe estar entre 4,8 y 5,2V.



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.5: Conector del sensor de presión del refrigerante

- Conectar el sensor, poner el switch en ON y medir el voltaje de señal en el terminal C, éste valor debe variar de 0 a 5V conforme varíe la presión.

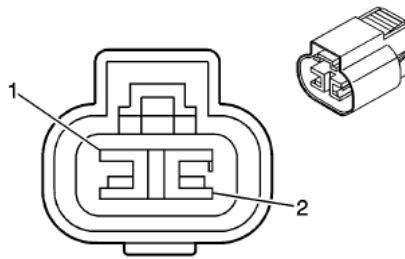
PRESION (PSI)	VOLTAJE DE SEÑAL
40	0,64
65	0,93
70	1,02
100	1,33
110	1,44
120	1,55
130	1,66
140	1,78
150	1,88
160	1,99
170	2,10
180	2,20
190	2,31
200	2,41
210	2,52
220	2,63
230	2,74
240	2,76
250	2,8
285	3,16
355	3,9
425	4,6

Fuente: Autores

Tabla 4.4. Voltajes de señal del sensor ACP

Sensor de temperatura ambiente

- Desconectar el conector del sensor, y medir la resistencia entre los terminales del conector del sensor, el valor debe estar entre 2200 y 2600Ω.



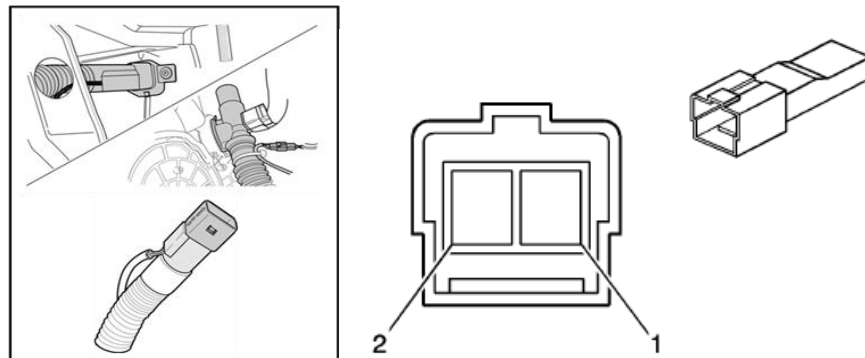
Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.6: Conector del sensor de temperatura ambiente

- Conectar el sensor, ponemos en ON el conmutador de llave y medimos voltaje entre los terminales del sensor, éste valor debe ser de 4V.

Sensor de temperatura del interior del habitáculo

- Desconectar el conector del sensor y medimos resistencia entre los terminales del conector del sensor, el valor debe estar entre 2200 y 2600Ω



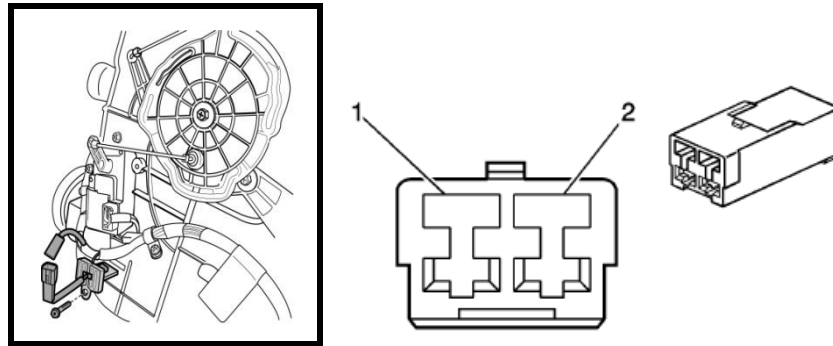
Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.7: Conector del sensor de temperatura del interior del habitáculo

- Conectar el sensor, ponemos en ON el conmutador de llave y medimos voltaje entre los terminales del sensor, éste valor debe ser de 4V.

Sensor de temperatura del refrigerante

- Desconectar el conector del sensor y medimos resistencia entre los terminales del conector del sensor, el valor debe estar entre 2200 y 2600Ω



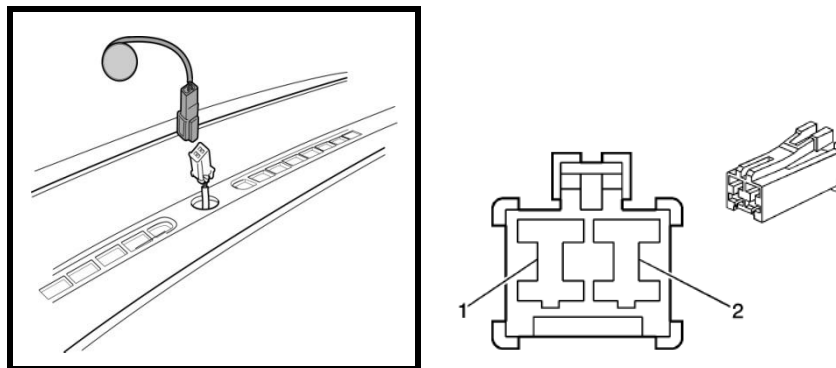
Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.8: Conector del sensor de temperatura del refrigerante

- Conectar el sensor, ponemos en ON el conmutador de llave y medimos voltaje entre los terminales del sensor, éste valor debe ser de 4V.

Sensor de carga solar

- Desconectar el conector del sensor y medimos resistencia entre los terminales del conector del sensor, el valor debe ser de 0Ω



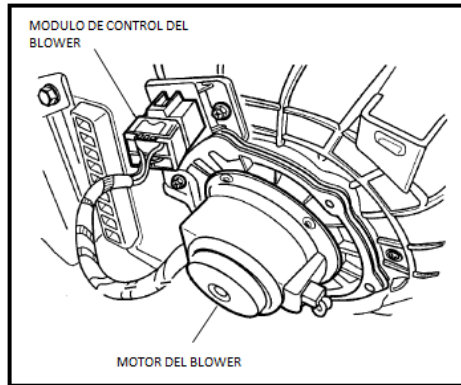
Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.9: Conector del sensor de carga solar

- Conectar el sensor, ponemos en ON el conmutador de llave y medimos voltaje entre los terminales del sensor, éste valor debe ser de 2,5V con luz y 4,8V con sombra.

Soplador (Blower)

- Ubicar el módulo de control y el motor del blower



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.10: Ubicación del blower

- Variar la velocidad del blower desde el climatizador, y debemos obtener los siguientes voltajes

VELOCIDAD	1	2	3	4	5	6	7	MAX
VOLTAJE	9,2	8,9	8,2	7,3	6,23	4,92	3,40	0,60

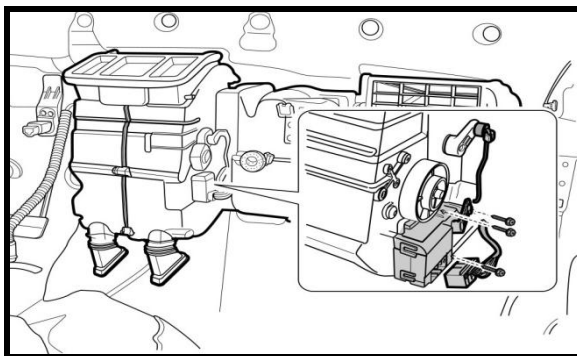
Fuente: Autores

Tabla 4.5. Valores de voltaje al variar la velocidad del blower

- Medir la resistencia entre los terminales del motor del blower, el valor debe ser de 5Ω

Motor de mezcla de aire

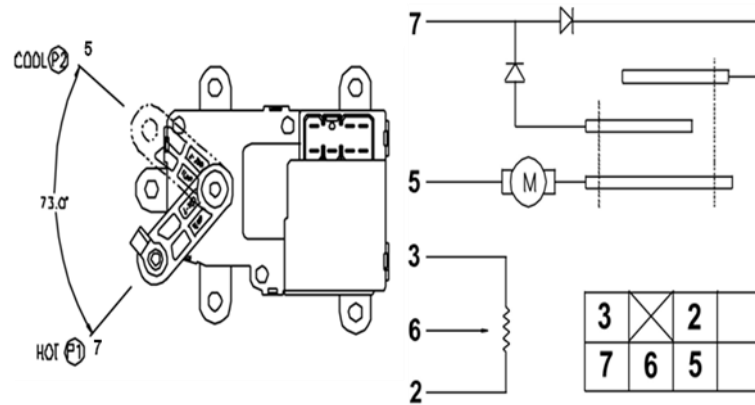
- Ubicar el motor de mezcla de aire



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.11: Ubicación del actuador de mezcla de aire

- Tomar las siguientes mediciones



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.12: Estructura del actuador de mezcla de aire

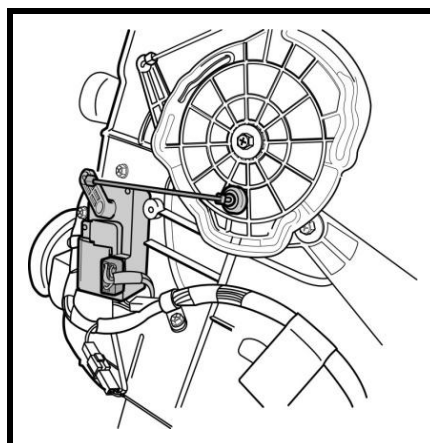
CONDICION	MODE	RESISTENCIA 3(B4) Y 6(B5)
Caliente	A2(-), A8(+)	250Ω
Frío	A2(+), A8(-)	2400Ω

Fuente: Autores

Tabla 4.6. Valores de resistencia en el actuador de mezcla de aire

Motor de selección de salida de aire

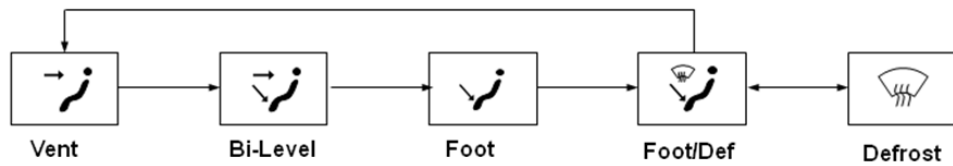
- Ubicar el motor de modo de salida de aire



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.13: Ubicación del actuador de modo

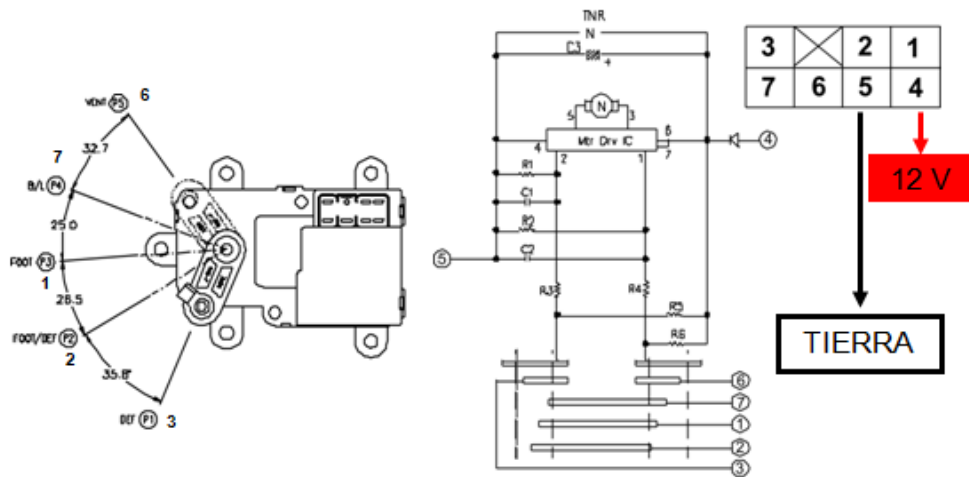
- Desde el climatizador seleccionar las diferentes salidas de aire



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.14: Salidas de aire

- Realizar las siguientes mediciones



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.15: Estructura del actuador de modo

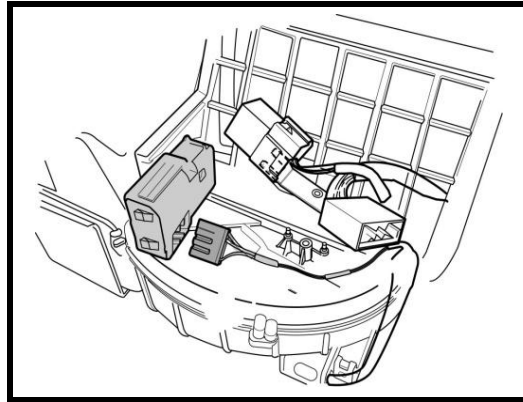
Mode Setting	Mode Motor				
	Connector Terminal				
	Controller/Motor	Controller/Motor	Controller/Motor	Controller/Motor	Controller/Motor
—	B16/3	B17/2	B18/1	B19/7	B20/6
Vent	11–14 V	11–14 V	11–14 V	11–14 V	0 V
Bi-Level	11–14 V	11–14 V	11–14 V	0 V	11–14 V
Foot	11–14 V	11–14 V	0 V	11–14 V	11–14 V
Foot/Defrost	11–14 V	0 V	11–14 V	11–14 V	11–14 V
Defrost	0 V	11–14 V	11–14 V	11–14 V	11–14 V

Fuente: Autores

Tabla 4.7. Valores de voltaje en el actuador de modo

Motor de recirculación de aire

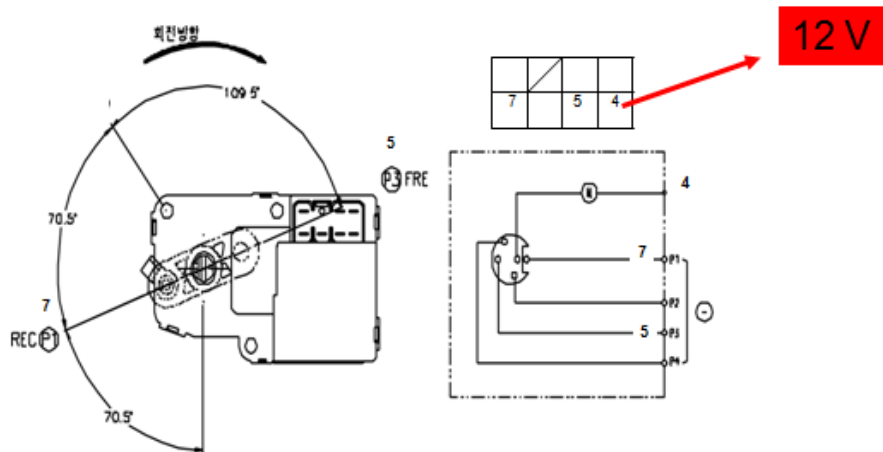
- Ubicar el motor de recirculación de aire



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.16: Ubicación del actuador de recirculación de aire

- Realizar las siguientes mediciones



Fuente: HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra

Figura 4.17: Estructura del actuador de recirculación de aire

Intake Setting	Intake Motor	
	Connector Terminal	
—	Controller/Motor	Controller/Motor
Recirculate	B14/7	B13/5
Fresh	11–14 V	0 V
	0 V	11–14 V

Fuente: Autores

Tabla 4.8. Valores de voltaje en el actuador de recirculación de aire

CAPÍTULO 5

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA CLIMATIZADOR

5.1. DIAGNÓSTICO TÁCTIL

Los defectos en el funcionamiento de un sistema de aire acondicionado con climatizador se producen generalmente por un descenso considerable de su capacidad frigorífica, que es detectado por el conductor. Para lo cual es aconsejable realizar una serie de verificaciones en las distintas partes del sistema para determinar las averías del mismo, estos diagnósticos se los puede dividir en dos fases: diagnóstico de las presiones del circuito hidráulico y el diagnóstico eléctrico del sistema.

Antes de empezar con el diagnóstico se debe tener una idea general del estado de funcionamiento, para lo cual empezaremos con un diagnóstico táctil que nos orientará en la localización del problema, puesto que mediante este procedimiento de control podremos determinar si la afección del sistema es hidráulico, como un defecto de carga o suciedad, o el defecto se encuentra en un subsistema de control como un presostato cuyos contactos están defectuosos y no permanecen unidos cuando el sistema lo requiere.

Procedimiento para realizar un diagnóstico táctil del sistema ²⁹

1. Encender el vehículo y mantenerlo en marcha hasta que se active el ventilador de refrigeración.
2. Encender el conjunto climatizador.
3. Mantener al vehículo a unas 2000 RPM durante 5 minutos.
4. Dejar al vehículo en ralentí y realizar las siguientes pruebas que nos indican un buen funcionamiento.
 - Compresor caliente.
 - Salida de alta presión del compresor al condensador caliente.
 - Condensador caliente en la entrada y templado en la salida.

²⁹ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 147-148.

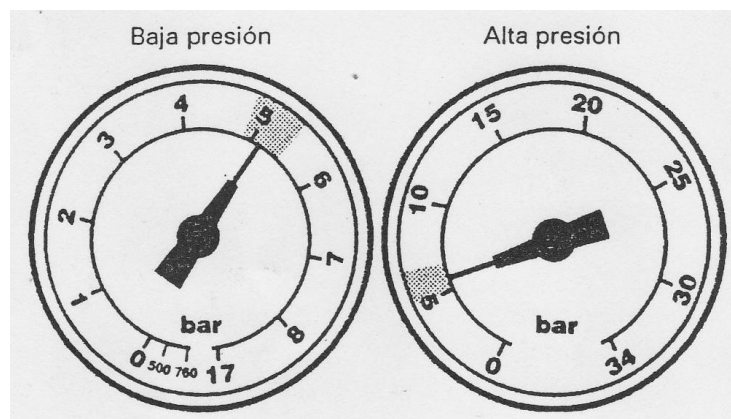
- Salida de alta presión del condensador al expansor templada.
- Entrada del expansor templada, salida fría.
- Entrada al evaporador fría y salida fría, aunque a mayor temperatura.
- Tuberías con la misma temperatura a la entrada que a la salida.

De no cumplir con estos requisitos se puede estar seguro de la existencia de una avería en el circuito, mientras que si estos primeros controles resultan satisfactorios, no implica el correcto funcionamiento del sistema climatizador.

5.2. DIAGNÓSTICO ESTÁTICO DE LAS PRESIONES DEL CIRCUITO

Para que el sistema funcione correctamente es necesario que exista una cantidad exacta de gas estipulada por el fabricante, ya que un exceso o un defecto de carga en el equipo provocan una disminución en el rendimiento.

Para determinar la cantidad de gas que se encuentra en el sistema, conectamos los manómetros, estando el motor apagado y el climatizador desconectado unos 20 minutos con el fin de permitir que las presiones de alta como de baja se igualen.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.1: Manómetros de presión de gas refrigerante.

Al conectar los manómetros se debe observar la misma presión en la zona de alta

como en la de baja. De no ser así es un síntoma de que existe un obstáculo en el circuito y se debe proceder a realizar una limpieza, en la que utilizaremos solo productos químicos compatibles con los contenidos en el circuito.

La presión indicada en los manómetros Figura 5.1 es directamente proporcional al estado de carga del circuito tomando como referencia 25°C de temperatura ambiente. Una presión aceptable de funcionamiento varía entre 5 y 6 bares (73 - 88 PSI) los valores que se encuentran muy por encima o debajo de este rango son indicadores de una carga incorrecta del vehículo y se debe proceder al vaciado y posteriormente a realizar una carga correcta del gas.

5.3. DIAGNÓSTICO DINÁMICO DE LAS PRESIONES DEL SISTEMA

Una vez revisado el nivel de carga de la instalación se procede a realizar un diagnóstico dinámico de las presiones, para ello hay que tener en cuenta el tipo de gas refrigerante ya que las presiones en los manómetros va a variar en pequeñas proporciones dependiendo del mismo, especialmente en la zona de baja presión donde hay que tomar en cuenta que el R134a se sitúa entre 0,5 y 0,8 bar por debajo del R12.

En la Tabla 5.1 nos indica los valores de presión y temperatura para el tipo de gas refrigerante, para lo cual debemos tomar una medida de temperatura a la salida del condensador, y los manómetros conectados nos indicaran los valores que aparecen en la tabla.

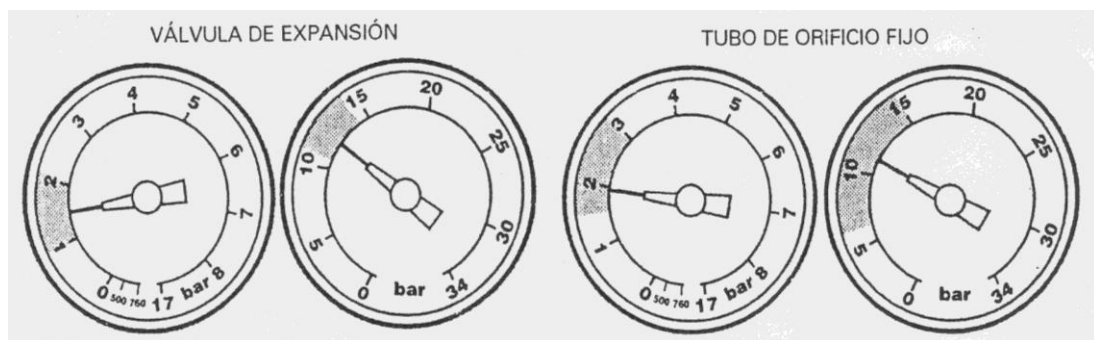
Temperatura	Fluido R12	Fluido R134a
-10 °C	2,19 bar	2,01 bar
0 °C	3,09 bar	2,93 bar
10 °C	4,23 bar	4,15 bar
20 °C	5,67 bar	5,72 bar
30 °C	7,45 bar	7,70 bar
40 °C	9,61 bar	10,16 bar

Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Tabla 5.1. Presiones de acuerdo al tipo de gas refrigerante.

También hay que tomar en cuenta el tipo de expansor utilizado, puesto que también existe una variación ligera para la válvula de expansión con respecto al tubo expansor, siendo los valores registrados en los manómetros algo más bajos en los primeros.

Durante este proceso de verificación se va a controlar las presiones mínimas y máximas de funcionamiento de las zonas del circuito, para lo cual hay que poner a funcionar el climatizador a pleno rendimiento, siendo necesario primeramente abrir las ventanas del vehículo, mantener al motor a más de 2000 RPM y esperar a que se encienda el ventilador de refrigeración, con estas condiciones de funcionamiento poner en marcha el climatizador a la temperatura más fría posible.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.2: Presiones en la válvula de expansión y tubo de orificio fijo.

En la Figura 5.2 se puede apreciar las presiones de funcionamiento tanto en el sistema con válvula de expansión como con tubo de orificio fijo.

Válvula de expansión zona de baja presión 1 a 2 bar (14 a 30 PSI), zona de alta presión 11 a 14 bar (160 a 205 PSI). Tubo de orificio fijo zona de baja presión 1,5 a 3 bar (22 a 44 PSI), zona de alta presión 6 a 15 bar (88 a 220 PSI).

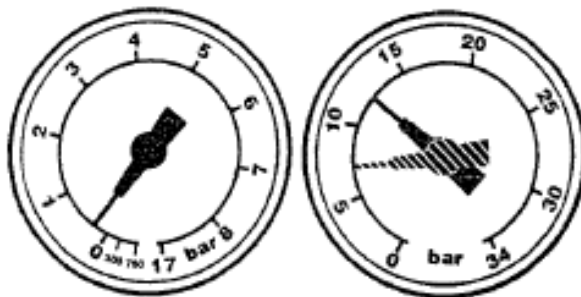
Sin embargo, encontrar las presiones del equipo dentro de estos valores de tolerancia no implica el correcto funcionamiento del mismo, para efectuar un correcto diagnóstico tendremos en cuenta los intervalos de conexión y

desconexión del embrague del compresor, la duración de los mismos y la temperatura de suministro de aire al interior del habitáculo.

5.3.1. DIAGNÓSTICO DE CIRCUITOS EQUIPADOS CON VÁLVULA DE EXPANSIÓN³⁰

En un sistema climatizador con válvula de expansión cuya temperatura de suministro ligeramente fría, en torno a los 12 °C y que al conectar los manómetros indican los valores representados en la Figura 5.3.

La presión en la zona de alta desciende hasta los 7 bares aproximadamente cuando no se activa el embrague del compresor. Bajo estas circunstancias se puede decir que el nivel de carga del circuito es bajo, por lo que deberá llevar a cabo un vaciado del mismo, la búsqueda de las posibles fugas del sistema y una correcta carga.

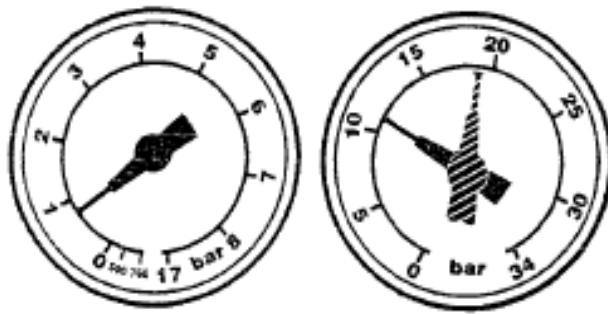


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.3: Presión baja en el circuito.

Si con las mismas condiciones del ejemplo anterior, las presiones fuesen las de la Figura 5.4, subiendo el valor de la zona de alta hasta 18 bares cuando actúa el compresor del circuito, podríamos pensar que existe una obstrucción en la zona de alta.

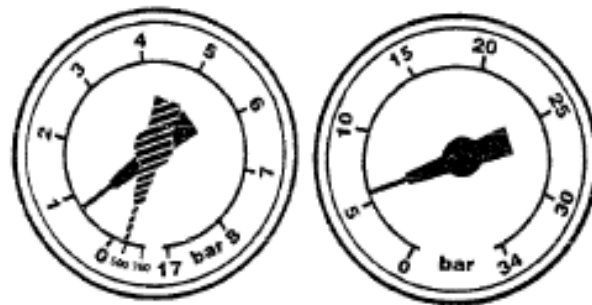
³⁰ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 151-154.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.4: Obstrucción en la zona de alta.

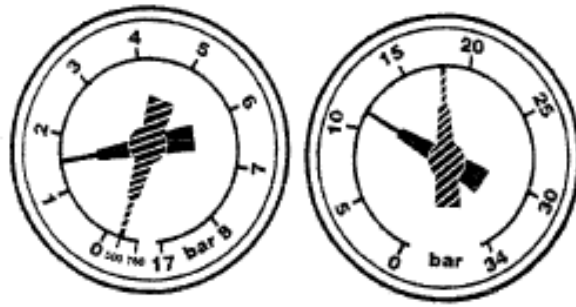
Se tiene el mismo valor de presión en la zona baja, mientras no actúe el compresor y si la presión en la zona alta fuese inferior a este valor, tal como nos indica la Figura 5.5 se puede pensar que la válvula de expansión no se abre, esto es seguro si se observa escarcha en las tuberías de entrada y salida de fluido del depósito del conjunto acondicionador.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

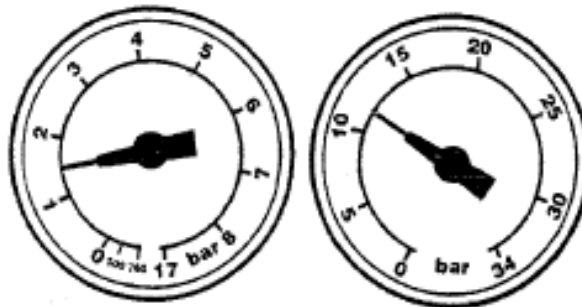
Figura 5.5: Válvula de expansión en mal estado.

Otro fallo del sistema es el representado en la Figura 5.6 la diferencia con el anterior reside en la presión alcanzada en la zona de alta, que además no permanece constante, sino que también oscila la aguja del manómetro de baja. Esto ocurre debido a que no hay un control en la formación de hielo en el evaporador. La reparación de esta avería exige la revisión del circuito del termostato antihielo o la sustitución del mismo.



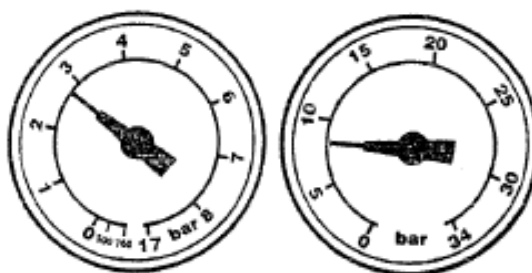
Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización
 Figura 5.6: Termostato antihielo en mal estado.

Si se tiene las presiones normales de trabajo indicadas en la Figura 5.7, y no tenemos formación de hielo en el evaporador, se puede determinar que la avería reside en un filtro saturado, por lo que existe un porcentaje elevado de humedad, debiendo proceder a su apertura, sustitución del filtro y carga, realizando un vacío prolongado para favorecer la vaporización de las moléculas de agua en suspensión que permanecen en el circuito.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización
 Figura 5.7: Avería debido a filtro saturado.

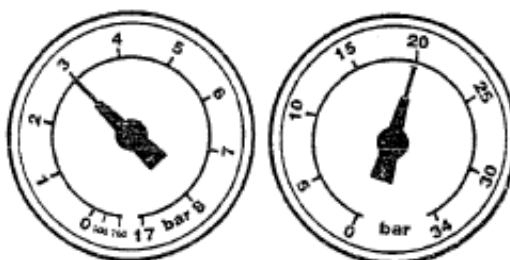
La Figura 5.8 muestra las presiones para un circuito con un compresor defectuoso, ya que no se alcanzan valores adecuados en la zona de alta ni en la de baja, puesto que en el compresor no están las válvulas estancas y se produce fugas hacia la zona de baja presión. En ocasiones también existe ruido en el compresor debido a un bajo nivel de aceite. La reparación consistiría en la sustitución del compresor



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.8: Compresor defectuoso.

La Figura 5.9 muestra una falla típica debido a un exceso de carga de fluido refrigerante. Este mismo síntoma se presenta si no existe un correcto descenso de temperatura en el condensador debido a que existe suciedad en las aletas y no hay un correcto flujo de aire, por otro lado también sucede por un mal funcionamiento del electroventilador por lo que se recomienda revisar los relés de accionamiento o el presostato que activa dichos relés.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

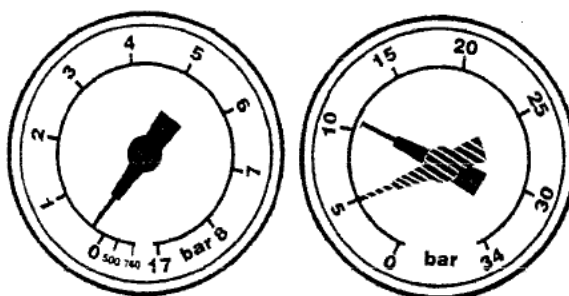
Figura 5.9: Excesiva carga de fluido refrigerante.

5.3.2. DIAGNÓSTICO DE CIRCUITOS EQUIPADOS CON EXPANSOR DE ORIFICIO FIJO³¹

Las presiones van a verse modificadas sustancialmente aunque, como se observa a continuación, los síntomas relativos a los fallos tratados son prácticamente idénticos.

³¹ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 154-158.

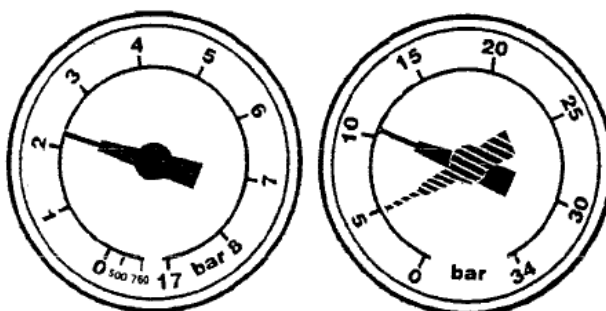
Cuando existe una obstrucción en la zona de baja presión la lectura en los manómetros será la de la Figura 5.10 donde se tiene una lectura excesivamente baja en la zona de baja y una presión normal en la zona de alta con golpes de presión.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.10: Obstrucción en la zona de baja.

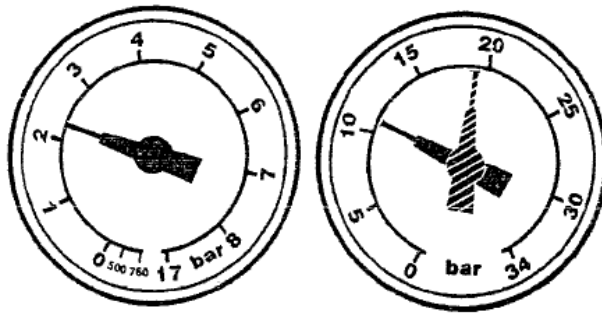
Por otro lado los golpes de presión en la zona de alta pueden orientar a una restricción de paso por la zona alta, motivo por lo que el manómetro de baja se encuentra estable y a una presión adecuada de funcionamiento Figura 5.11.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.11: Obstrucción en la zona de alta.

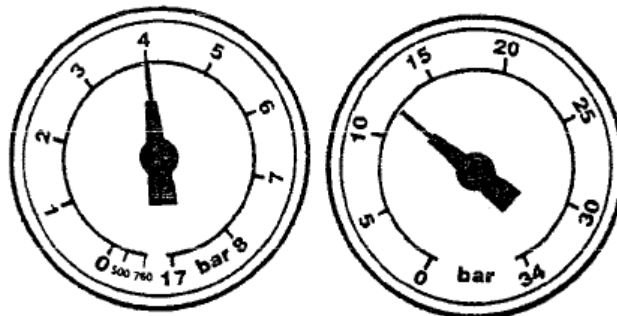
Cuando existen variaciones bruscas y puntuales de presión que provoquen la subida de la presión máxima en la zona de alta, hasta los 19 bares, como nos indica la Figura 5.12 se procede a la sustitución del filtro ya que este se encuentra saturado, realizando un vacío prolongado en el circuito para luego cargar el sistema.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.12: Filtro saturado.

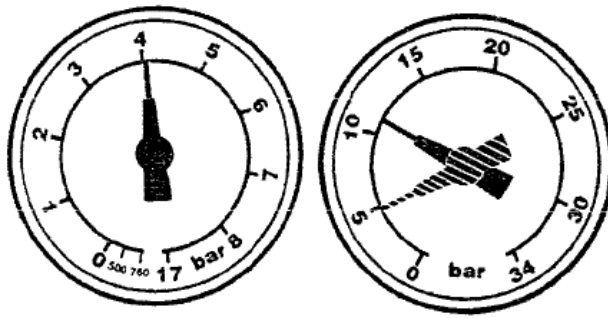
Suponiendo que la avería reside en un presostato de baja defectuoso, cuyo valor de conexión sea excesivamente alto, se tendrá unas presiones como las mostradas en la Figura 5.13 cuyos valores son elevados en la zona de baja presión, acompañado de un aire ligeramente frío, pero no lo suficiente, y con tiempos de activación y desactivación del embrague del compresor largos en una serie de ciclos lentos.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.13: Presostato de baja defectuoso.

Cuando el compresor presente un desgaste excesivo, la banda de transmisión de movimiento se encuentra destensada y la distancia entre el plato del embrague y el rodillo es excesiva y no permiten un correcto acoplamiento del mismo, las presiones que presenten los manómetros serán las indicadas en la Figura 5.14



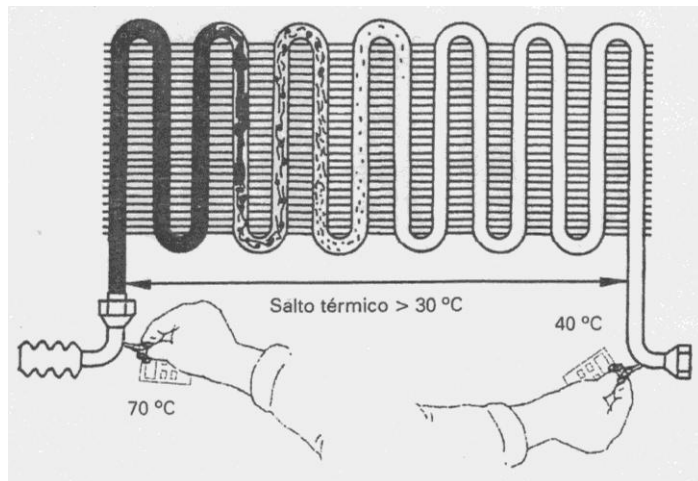
Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.14: Excesivo desgaste del compresor.

5.4. VERIFICACION Y CONTROL DE COMPONENTES

Cada elemento tiene su función en el circuito y se establecen distintos procesos para el correcto funcionamiento de los mismos.

Para controlar la eficiencia del condensador se debe medir la temperatura del gas refrigerante en la tubería de entrada y salida de dicho componente, debiendo encontrar un salto térmico no inferior a 30 °C como nos indica la Figura 5.15.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

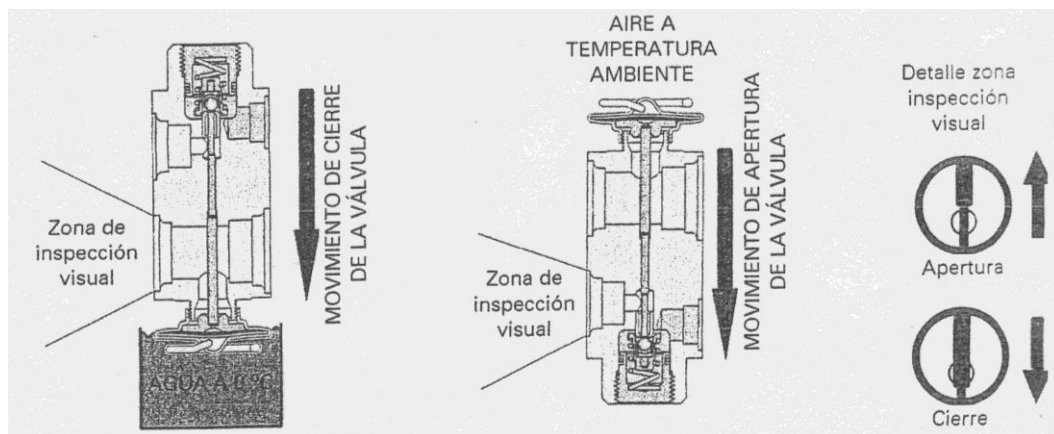
Figura 5.15: Salto térmico en el condensador.

Una de las causas defectuosas del funcionamiento del condensador es la acumulación de suciedad en las aletas del mismo, por lo que hay que

desmontarlo, para limpiar dicho componente, sustituyendo siempre la botella deshidratadora o el bote acumulador.

Las tuberías del circuito climatizador, deben encontrarse en perfecto estado, presentando la misma temperatura en la entrada y salida del fluido, de no ser así existe un atascamiento por lo que hay que proceder a limpiar la zona afectada con mucho cuidado, y ver que no existan cortes o grietas en la superficie de las mismas.

La verificación dinámica que se lo realiza al expansor, consiste en localizar y desmontarlo, buscando la acumulación de depósitos en la zona de entrada del fluido, verificar el correcto desplazamiento del vástago de control de caudal en la válvula de expansión. También hay que comprobar el estado del bulbo sensor o capilar térmico, que no presente roturas o deformaciones que puedan haber provocado la fuga de su contenido a la atmósfera. En el caso de encontrar estas anomalías se procede a sustituir el mismo.

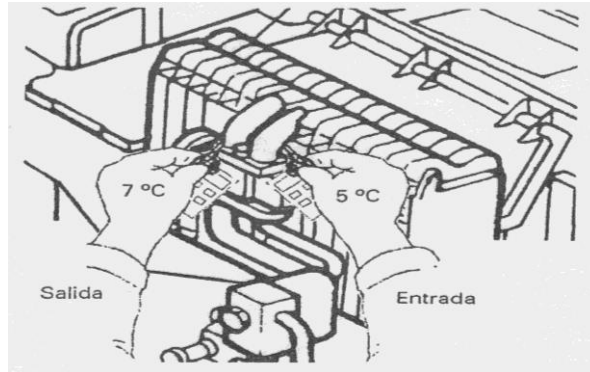


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.16: Comprobaciones en la válvula de expansión.

Para la verificación del evaporador como se encuentra ubicado en una zona de difícil acceso, únicamente hay que controlar que la temperatura tanto a la entrada como a la salida sea igual, puesto que en el sistema el expansor regula la

cantidad de refrigerante que atraviesa el evaporador, puesto que la temperatura es constante y en torno a los 5 °C.

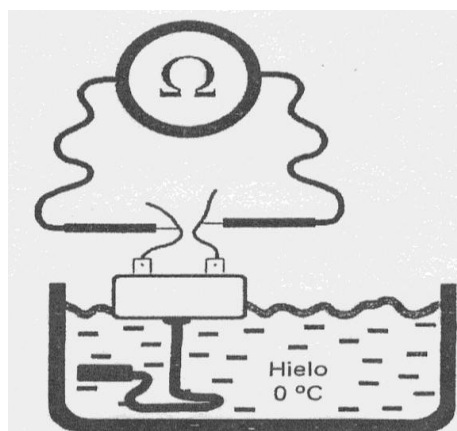


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.17: Temperatura aproximada constante en el condensador.

Un diagnóstico del termostato antihielo del evaporador se lo realiza siempre que se sospecha de un defecto en el funcionamiento, esto ocurre cuando se visualiza escarcha en el evaporador.

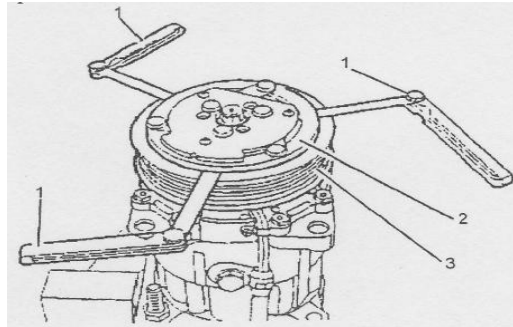
Como este elemento interrumpe la alimentación de corriente al embrague del compresor cuando la temperatura del evaporador este próxima a los cero grados, entonces hay que sumergir al mismo en un recipiente con hielo como nos muestra la Figura 5.18 y se procede a medir con el óhmetro la apertura del interruptor interno en estas condiciones, así como el cierre a temperatura ambiente.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.18: Comprobación del termostato antihielo.

Los factores que hay que considerar en el compresor es la holgura que existe entre el plato de arrastre y la polea que deben estar comprendidas entre (0,4 y 0,8 mm) generalmente, esto se lo realiza con un calibrador de laminas en tres puntos distintos de la polea como nos indica la Figura 5.19.

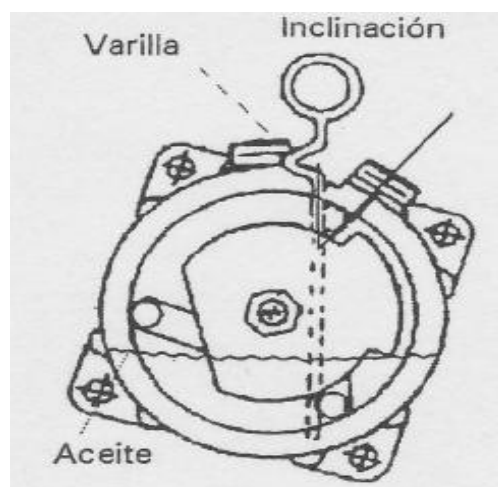


Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.19: Comprobación de la holgura entre poleas.

Otro de los puntos a tomar en consideración para el compresor es el nivel de aceite, que en la mayoría de los casos es necesario respetar el ángulo de inclinación del compresor utilizado en el montaje sobre el propio vehículo.

La cantidad de aceite debe corresponder con la especificada por el fabricante, y en general para la posición del compresor en su montaje sobre el motor alcanza un nivel en la varilla medidora de aproximadamente 30 mm.



Fuente: Técnicas del automóvil-Sistemas de climatización

Figura 5.20: Medición del nivel de aceite.

La saturación del filtro deshidratador es otra de las causas principales de mal funcionamiento del sistema de aire acondicionado, sobre todo cuando se ha realizado alguna intervención o apertura del sistema y no se ha sustituido dicho filtro, también hay el indicio de un mal funcionamiento de este cuando se observa formación de escarcha en las tuberías de conexión al circuito, ya que esto se produce cuando se ha roto el sistema contenedor de la materia deshidratante, que ahora se encuentra obstruyendo el paso del fluido líquido por el sistema.

5.5. DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO DEL SISTEMA CLIMATIZADOR

Cuando no se detecta ninguna anomalía de funcionamiento en los componentes antes mencionados y las presiones del sistema indican valores adecuados, a pesar de lo cual no se consigue un correcto funcionamiento del sistema, hay que proceder hacer un diagnóstico eléctrico de los circuitos afectados o que intervienen en el normal funcionamiento del conjunto climatizador, para lo cual hay que seguir un orden racional de operaciones las cuales detallamos en el Capítulo 4.

CAPÍTULO 6

MANTENIMIENTO E INTERVENCIÓN DEL EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN

6.1. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE AIRE

Los sistemas de aire acondicionado no requieren grandes atenciones para lograr que su funcionamiento sea correcto. Las operaciones de mantenimiento son sencillas y se reducen a un control periódico de su funcionamiento y una correcta utilización del mismo, lo que redundará en una mayor durabilidad del sistema con un mínimo margen de error.

En invierno, cuando la instalación se mantiene sin funcionar durante largos periodos de tiempo, es preciso poner el compresor en marcha de vez en cuando y por un periodo de tiempo suficiente, con el fin de hacer circular el fluido refrigerante por la instalación, evitando así que las juntas de unión de tubos y componentes se resequen al no entrar en contacto directo con el aceite y fluido refrigerante del sistema, lo que provocaría la aparición de fugas del agente frigorífico de la instalación, con el consiguiente funcionamiento defectuoso del conjunto.

La mayor eficacia de funcionamiento del sistema se obtiene con las ventanas cerradas, por lo cual, cuando se active el sistema deberán permanecer en esta condición. No obstante, cuando el vehículo haya estado estacionado al sol, para lograr un rápido descenso de la temperatura interior será conveniente rodar algún tiempo con las ventanas abiertas y posteriormente poner en marcha el climatizador. De este modo, se logra renovar el ambiente interior del vehículo, expulsando el aire caliente contenido en el mismo, permitiendo de esta forma la entrada de aire más fresco y limpio en el interior del vehículo, aunque éste se encuentre a la temperatura ambiente y la misma sea elevada.

El goteo de agua por debajo del vehículo con el aire acondicionado en marcha no es preocupante. Proviene de la condensación que ha sido extraída del aire por la acción deshumidificante del evaporador, por lo que tras un largo periodo de

funcionamiento del sistema es normal encontrar un charco de agua debajo del vehículo.

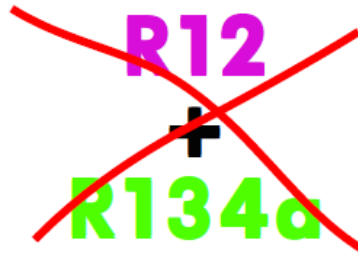
Es recomendable cada año o cada 20.000 km efectuar una limpieza exterior del radiador de refrigeración y del condensador con aire a presión y verificar el estado de carga de agente frigorífico del sistema de aire acondicionado. También deben revisarse las fijaciones de los conductos, cuidando que no rocen con partes metálicas en su recorrido, lo que podría traducirse en un corte en el caucho o neopreno del exterior del manguito, facilitando de esta forma el escape de pequeñas cantidades de refrigerante, que provocan la descarga total de la instalación en largos periodos de tiempo.

En algunas ocasiones, las deficiencias en el funcionamiento de un sistema climatizador son provocadas por el mal estado del filtro de entrada de aire al habitáculo, que debe ser sustituido periódicamente. Este filtro está compuesto de fibras de poliéster por el exterior y policarbonato cargado electrostáticamente por el interior. Tiene la capacidad específica de combinar el filtrado mecánico con un efecto electrostático para depurar el aire y eliminar cualquier partícula sólida. Con el uso se va colmatando dificultando el paso de aire a su través, lo que causa deficiencias de funcionamiento del climatizador.³²

Al trabajar con el refrigerante R-134a se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Los refrigerantes CFC- 12 (R-12) y HFC- 134a (R-134a) no son compatibles. Estos refrigerantes no deben mezclarse nunca, incluso en las cantidades más pequeñas. Si se mezclan los refrigerantes, es posible que se averíe el compresor.

³² Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 129-131



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 6.1: Incompatibilidad entre refrigerantes R-12 y R-134a

- En el transcurso de las intervenciones que se realicen en un sistema de aire acondicionado, deben llevarse siempre gafas de protección, pues el fluido refrigerante puede dañar los ojos de forma permanente, ya que dispone por su composición química de una naturaleza altamente higroscópica, absorbiendo en contacto con los ojos el agua del tejido ocular y provocando el secado del mismo, por lo que en caso de contacto deberán lavarse rápidamente con agua abundante.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 6.2: Usar protección ocular

- El refrigerante líquido R- 134a es muy volátil. Una gota en la piel de la mano podría causar congelación localizada del tejido. A la hora de manipular el refrigerante asegúrese de utilizar siempre guantes.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 6.3: Usar guantes de protección

- El envase de refrigerante R- 134a está altamente presurizado. No lo deje nunca en un lugar caliente, y compruebe que la temperatura de almacenamiento sea inferior a 52°C.
- No deben calentarse nunca con llama los componentes de un sistema climatizador, pues el fluido refrigerante produce fosfógeno en presencia de llama y este gas es altamente tóxico. Por la misma razón no se debe fumar cerca del circuito cuando se realizan intervenciones en él.



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

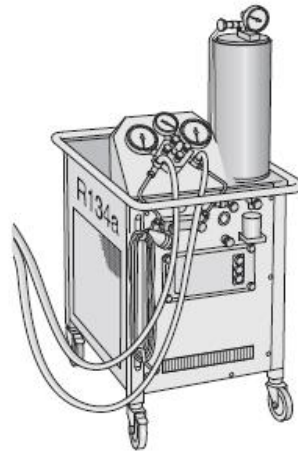
Figura 6.4: Prohibido hacer fuego, llama abierta o fumar

- Utilice sólo el lubricante recomendado para los sistemas R- 134a. Si utiliza un lubricante diferente al especificado, puede haber fallos en el sistema.
- Si se presenta una fuga o se descarga el sistema de forma accidental, el refrigerante desplazará el oxígeno, por lo tanto cerciórese de trabajar en zonas bien ventiladas para evitar ahogarse.
- No haga pruebas de presión o de fugas del equipo de aire acondicionado con aire comprimido durante la reparación. Algunas mezclas de aire y R- 134a han demostrado ser combustibles a temperaturas elevadas.
- No descargue el refrigerante en la atmósfera. Utilice un equipo de recuperación/reciclaje para capturar el refrigerante siempre que se descargue el sistema de aire acondicionado.³³

6.2. CARGA Y DESCARGA DEL CIRCUITO

Las operaciones de carga o vaciado de un sistema de aire acondicionado se realizan por medio de una máquina especialmente diseñada con este fin, como la representada en la figura.

³³ ACONDICIONADOR DE AIRE; Manual de Servicio Suzuki SQ416/SQ420; pág. 89



Fuente: Climatizadores en el vehículo VW-AUDI

Figura 6.5: Estación de reciclaje

Con ayuda de esta estación se puede cumplir con todos los requisitos que se plantean desde el punto de vista de la técnica frigorífica a un climatizador para vehículos, en lo que respecta a mantenimiento, comprobación y puesta en funcionamiento.

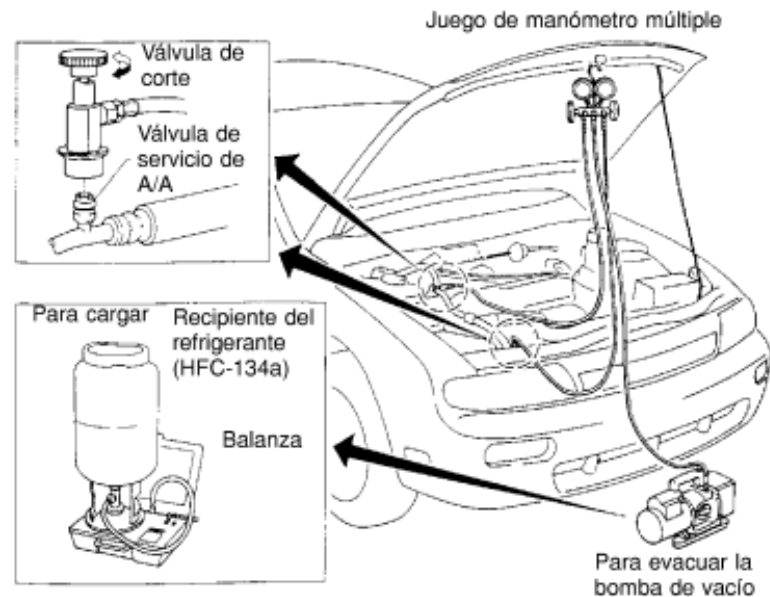
Una estación consta de un cilindro de carga, manómetros, bomba de vacío, válvulas de cierre, tubos flexibles de llenado que se complementan mediante adaptadores de acoplamiento rápido para los empalmes de servicio en las partes de alta y baja presión del sistema de aire acondicionado.

En la utilización de la estación de carga deben tenerse algunas precauciones, con el fin de evitar incidentes, tanto del equipo como de la instalación:

- En el momento de conectar la estación de carga a la instalación, deberán encontrarse cerradas todas las válvulas y los interruptores desactivados.
- Es muy importante que con el circuito cargado no se encuentren abiertas a la vez las válvulas de alta y baja presión, pues se produciría un cortocircuito en la instalación que podría dañar el compresor.

En talleres o centros que se dediquen a dar mantenimiento a sistemas acondicionadores de aire, es posible que no dispongan de una estación de servicio, en este caso se dispone como se puede apreciar en la figura una bomba

de vacío, juego de manómetros, válvulas de servicio y el recipiente que contiene el fluido refrigerante. Pudiéndose realizar todas las operaciones que normalmente la hace una estación de servicio, debiéndose tomar las respectivas medidas de seguridad.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.6: Equipos de servicio

6.3. VACIADO DEL CIRCUITO³⁴

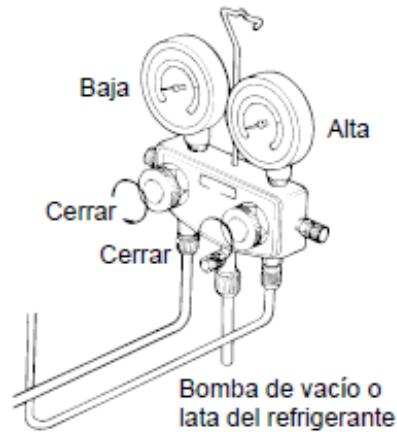
La operación de vaciado del circuito se realiza siempre que sea necesario desmontar alguno de sus componentes, o cuando se desee efectuar la deshumidificación o limpieza del mismo. El agente frigorífico extraído no debe volverse a utilizar, debido a las posibles impurezas y humedad captadas.

Para proceder al vaciado del circuito se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Se debe conectar un juego de manómetros al sistema. Para ello se debe empalmar la manguera de baja presión al racor de baja presión situado en

³⁴ ACONDICIONADOR DE AIRE; Manual de Servicio Suzuki SQ416/SQ420; pág. 88

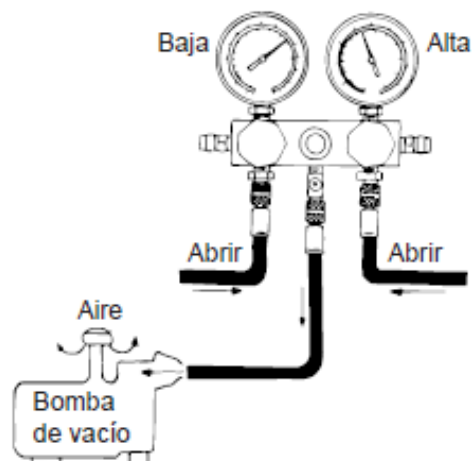
el lado de succión del compresor y la manguera de alta presión al racor de alta presión situado en el lado de suministro del compresor. Se debe tomar la precaución de cerrar las válvulas manuales de los manómetros.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.7: Conjunto de manómetros

- Instalar la manguera de carga central del conjunto de manómetros a la bomba de vacío.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.8: Conexión de la bomba de vacío

- Haga funcionar la bomba de vacío y abra las válvulas de baja y alta presión del juego de manómetros.

- Unos diez minutos después, el medidor de baja presión debe mostrar un vacío de menos de 760 mmHg, siempre que no haya fugas. Si el sistema no muestra un vacío por debajo de 760 mmHg, cierre ambas válvulas, pare la bomba de vacío y observe el movimiento del medidor de baja presión. Un aumento de la lectura del medidor es un indicio de que hay fugas, en este caso se debe reparar el sistema antes de seguir con la evacuación. Si el medidor muestra una lectura estable (sugiriendo que no hay fugas) se debe seguir con la evacuación.
- Se debe hacer el drenaje durante un total de por lo menos 15 minutos.
- Seguir con el drenaje hasta que el medidor de baja presión indique un vacío de menos de 760 mmHg y cierre ambas válvulas.
- Parar la bomba de vacío. Desconecte la manguera de carga central de la boca de entrada de la bomba de vacío.

6.4. LLENADO DEL CILINDRO DE CARGA³⁵

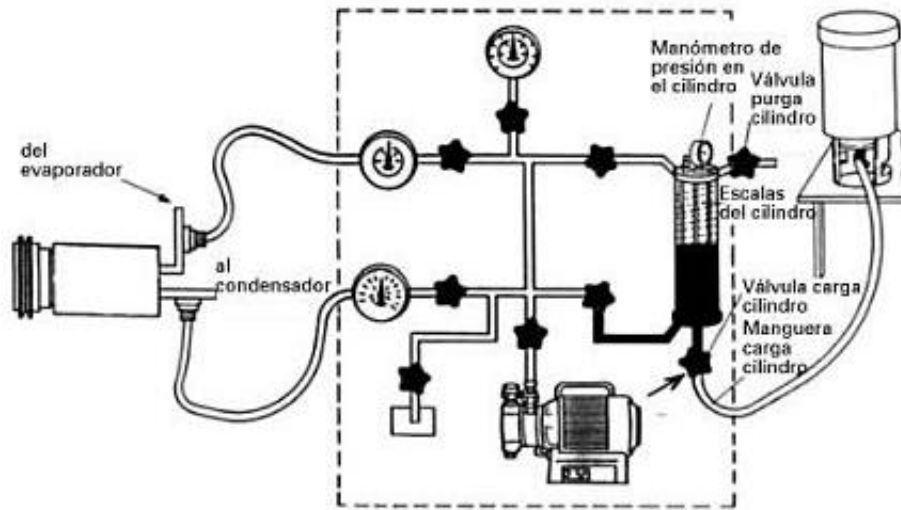
El cilindro de carga es el depósito de la estación de servicio sobre el que se descarga el fluido refrigerante, que posteriormente será introducido en la instalación de acondicionamiento de aire del vehículo.

Para ello se introduce una determinada cantidad de agente frigorífico en fase líquida, conectando al equipo la botella contenedora de fluido refrigerante.

En el cilindro de carga debe ser introducido un volumen de fluido refrigerante superior en una vez y media al necesario para llenar totalmente la instalación del vehículo, evitando de este modo la posible entrada de aire en el sistema durante el proceso de carga del mismo. Dado que este volumen varía de acuerdo a la presión de almacenamiento, el cilindro dispone de unas escalas de peso del refrigerante introducido, en correspondencia con otras de presión. Haciendo

³⁵ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 136-138

coincidir la escala de presión con el valor que está indicado por el manómetro del cilindro de carga, puede leerse en la escala de peso el contenido de refrigerante.



Fuente: Técnicas del Automóvil-Sistemas de climatización

Figura 6.9: Llenado del cilindro de carga

Para el llenado se debe abrir la llave señalada con la flecha, lentamente, observando la altura alcanzada por el fluido sobre la escala graduada. Cuando se alcance el nivel deseado, se cierra la válvula de paso de fluido y se desconecta la bombona depósito de la estación de servicio.

En esta operación debe evitarse el llenado del cilindro de carga, ya que éste podría quedar destruido como consecuencia de una posterior subida de presión, provocada por un aumento de la temperatura ambiente que genera la dilatación del agente frigorífico y que no se puede ver acompañada de un aumento de volumen del cilindro de carga.

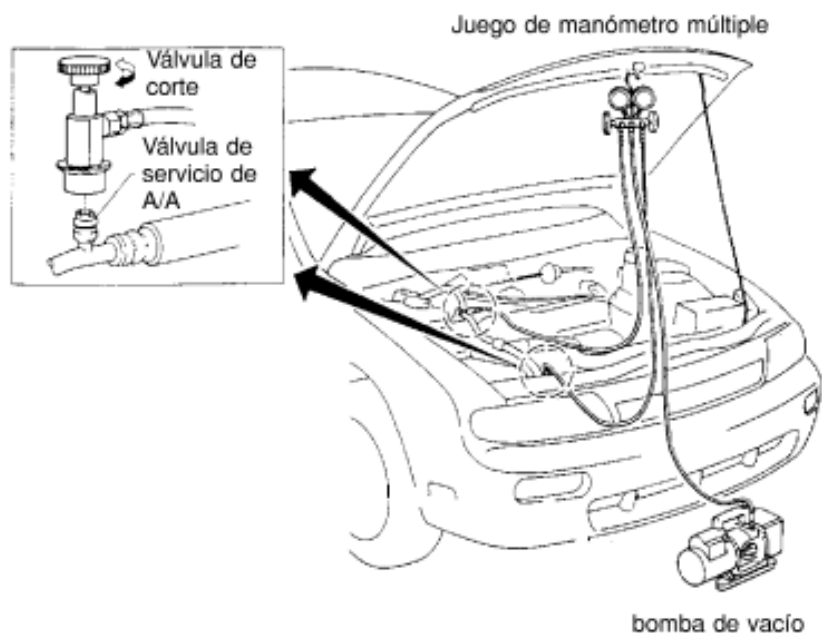
Actualmente en las estaciones de servicio más modernas, disponen de una balanza electrónica sobre la que se apoya la bombona del refrigerante. El usuario introduce en el sistema la cantidad de fluido en peso que desea y es la propia máquina la que realiza la carga hasta que el peso restante en la botella sea el resultado de restar al inicial el indicado por el usuario como requisito de carga del circuito climatizador del vehículo, con lo que esta operación del proceso de carga queda suprimida.

6.5. DESAIREADO DE LA INSTALACIÓN

Antes de proceder al llenado del circuito con fluido refrigerante, debe hacerse el vacío en la instalación, con cuya operación se extrae al mismo tiempo el aire y la humedad que pueda contener el circuito. Esta humedad, al contacto con el fluido refrigerante, puede oxidar los componentes metálicos de la instalación, produciendo corrosiones no deseables. Por otra parte, favorece la formación de cristales de hielo a nivel del reductor de presión, lo que provoca a su vez anomalías en el funcionamiento del sistema.

Para llevar a cabo este proceso, se debe conectar previamente el conjunto de manómetros a las respectivas válvulas de servicio del sistema acondicionador de aire, luego de esto se pone en marcha la bomba de vacío y se abren las válvulas de alta y baja presión de los manómetros.

De esta forma la depresión generada por la bomba de vacío es aplicada a la instalación de aire acondicionado, tanto por el lado de baja como por el lado de alta presión, efectuándose el vacío en la misma.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

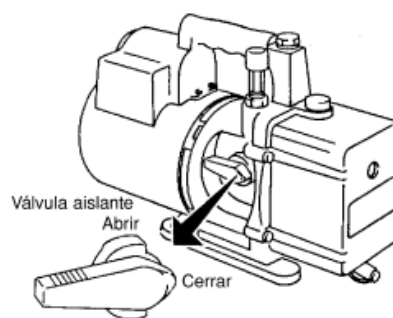
Figura 6.10: Desaireado del sistema

La operación de vacío tiene una duración comprendida generalmente entre 30 y 45 minutos, según sea la capacidad de la bomba de vacío.

Si al final de la operación el medidor indica un grado de vacío correcto (735 mmHg aproximadamente), puede procederse al llenado de la instalación. Por el contrario, si no se alcanza el grado de vacío estipulado por el fabricante, deberá procederse a un control de estanqueidad del circuito. Para ello, una vez parada la bomba de vacío, se observará si la presión descende en el transcurso de una hora. De ser así, existe una falta de estanqueidad en el circuito, que debe ser subsanada antes de proceder a la carga del mismo.

Los defectos de estanqueidad son debidos generalmente a componentes defectuosos o juntas de unión en mal estado, por lo cual, se subsana este incidente sustituyendo el componente o la junta defectuosa. Se establece en términos generales que el valor de presión acusado por el manómetro no debe descender por debajo de los 0,5 kg/cm² (7 psi) de presión absoluta en los siguientes 15 minutos al cierre de las válvulas y la parada de la bomba.³⁶

Una vez terminado el proceso, antes de desconectar la bomba de vacío debe cerrarse la válvula de la misma, evitándose así que pueda entrar al circuito parte de aceite de la bomba de vacío, ya que éste no es compatible con el lubricante especificado para los sistemas de aire acondicionado



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.11: Bomba de vacío

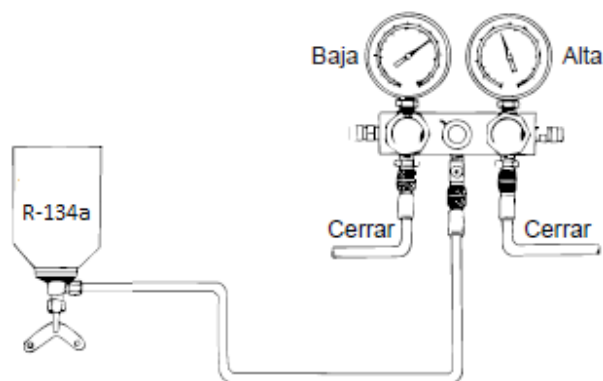
³⁶ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 139-140

6.6. CARGA DEL SISTEMA CON FLUIDO REFRIGERANTE³⁷

Durante este proceso se introduce la cantidad adecuada de refrigerante en el circuito acondicionador de aire del vehículo para un correcto funcionamiento del mismo. Esta operación puede realizarse tanto por el lado de baja presión como por el de alta, siendo recomendable efectuar el llenado por el lado de alta presión hasta completarlo, evitando así la entrada en el compresor de agente frigorífico en estado líquido por la zona de aspiración y que dañaría el mismo de manera irreversible. Si ello no fuera posible se completará el llenado por el lado de baja presión.

Para la carga del refrigerante se debe seguir el siguiente procedimiento:

- La carga inicial del sistema es efectuada desde el lado de alta presión con el motor parado. El fluido refrigerante ingresa al sistema en estado líquido.
- Instale la válvula de cierre en el depósito del refrigerante, procediendo después al purgado de la manguera, aflojando la tuerca de la manguera central conectada al racor central del conjunto de manómetros.
- Abrir completamente la válvula de alta presión y mantener el recipiente de refrigerante boca abajo.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.12: Carga por el lado de alta presión

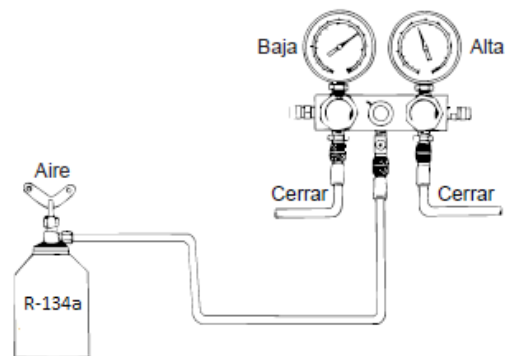
³⁷ CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de Taller Hyundai Accent; págs. 9-10

- Cargar la instalación con la cantidad especificada por el fabricante, pesando el refrigerante con una balanza.
- Una vez llenada la instalación con la cantidad indicada de refrigerante, cerrar la válvula del conjunto de manómetros.

Como precaución no se debe arrancar nunca el motor durante la carga de la instalación a través del lado de alta presión y también no se debe abrir la válvula de baja presión cuando la instalación se está cargando de líquido refrigerante.

En la mayor parte de los casos no es posible introducir la totalidad de la carga por el lado de alta presión, siendo necesario completar el llenado por el lado de baja presión. Para ello, se cierra la válvula de alta presión en el conjunto de manómetros y se siguen los siguientes pasos:

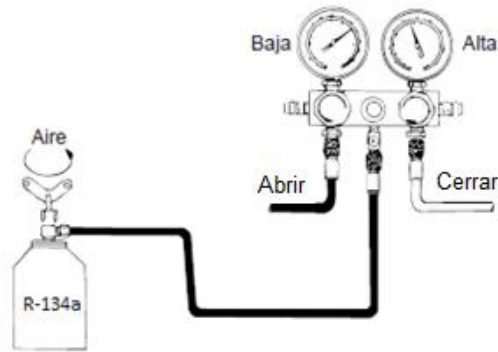
- Cuando se carga el sistema por el lado de baja presión el refrigerante ingresa en estado de vapor, para ello se debe colocar el depósito de refrigerante en posición vertical.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.13: Carga por el lado de baja presión

- Abrir la válvula de baja presión, poner el motor en ralentí y accionar el aire acondicionado. Asegurarse de mantener el recipiente en posición vertical para evitar que vaya refrigerante en forma líquida al sistema a través del lado de succión, pudiendo producir daños en el compresor.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent

Figura 6.14: Procedimiento de carga

- Colocar el refrigerante en un recipiente con agua caliente (temperatura máxima 40°C) para mantener la presión del vapor en el recipiente levemente mayor a la del sistema.
- Cargar el sistema según la cantidad especificada. Después cerrar la válvula de baja presión.
- Cuando la velocidad de carga de refrigerante es baja, sumergir el recipiente de refrigerante en agua caliente (a 40°C aproximadamente). Bajo ninguna circunstancia se calentará el refrigerante en agua caliente a una temperatura superior a los 52°C, no se debe utilizar fuego o estufas para calentar el recipiente con refrigerante.

6.7. RELLENADO DEL CIRCUITO

Esta operación puede ser necesaria cuando, debido a una pequeña fuga que posteriormente se ha corregido, disminuye la cantidad de fluido en el circuito.

En este caso, puede procederse al rellenado del sistema por el lado de baja presión, con el motor del vehículo y el climatizador en marcha. Durante esta operación, deberá vigilarse el manómetro de alta presión, que no debe sobrepasar una indicación de 20 bares. En caso contrario debe ser suspendida la

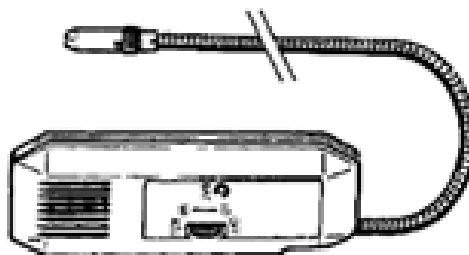
operación de relleno, para vaciar el circuito, hacer el vacío y el subsiguiente llenado normal.

6.8. DETECCIÓN DE FUGAS DE FLUIDO REFRIGERANTE³⁸

El principal motivo de funcionamiento defectuoso de los sistemas climatizadores reside en una carga de refrigerante defectuosa del sistema, provocado generalmente este estado por el escape del agente frigorífico al exterior. Para subsanar este tipo de problemas se hace necesaria la detección de la zona de la instalación donde se produce la fuga de gas.

Para ello se disponen distintos métodos, debiendo iniciarse el proceso de detección de fugas con una inspección visual del circuito, ya que en las zonas por las que se produce el escape del refrigerante se suele arrastrar con la salida del mismo una cierta cantidad de aceite que impregna la zona, acumulándose los depósitos de suciedad sobre los restos de lubricante.

En función del tamaño de la abertura del sistema por donde escapa el fluido es más o menos dificultosa su localización. En ocasiones, cuando la fuga tiene un tamaño reducido prácticamente no es visible para el mecánico, por lo que se emplean distintos aparatos de localización, uno de los cuales es de tipo electrónico, que emite un sonido intermitente de frecuencia lenta, que se acelera si detecta alguna fuga, por pequeña que esta sea.



Fuente: Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Figura 6.15: Detector de fugas electrónico

³⁸ Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 143

Otro aparato utilizado en la detección de fugas es la lámpara de luz ultravioleta, muy utilizada actualmente, consistente en una lámpara que enfocada a los puntos de fuga del circuito detecta la presencia del gas fugado. Para ello es necesario inyectar con anterioridad en el circuito una carga de colorante apropiado que posee la propiedad de fluorescente, al verse sometido a un haz de luz de este tipo, siendo compatible con el líquido frigorífico.

En ocasiones se emplean también soluciones jabonosas para detectar las fugas, que se aplican en los diferentes puntos de la instalación. La formación de burbujas indica el punto de fuga.

También es utilizado el gas nitrógeno para la detección de fugas, por su naturaleza totalmente compatible con todos los elementos de la instalación y su nulo grado de toxicidad y perjuicio al medio ambiente, además de un coste mucho más reducido. Una vez introducida la carga de nitrógeno en el circuito se prosigue con una fase de detección de fugas convencional, procediendo a repararla, pudiendo liberar la carga de nitrógeno a la atmósfera sin peligro.

Si se encuentra alguna fuga, deberá procederse a la reparación pertinente, consistente en reponer la pieza defectuosa, para lo cual es necesario vaciar el circuito y en el montaje del nuevo componente impregnar la unión con aceite lubricante del mismo tipo que el del compresor, sustituyendo también la junta de estanqueidad correspondiente.

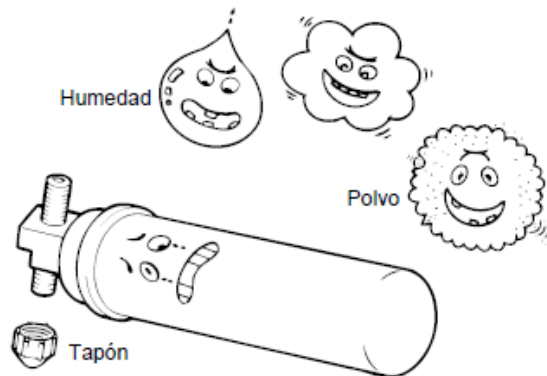
6.9. SUSTITUCION DE COMPONENTES Y LIMPIEZA DEL CIRCUITO³⁹

Cuando sea necesario proceder a la reparación o sustitución de algún componente del sistema, deberá procederse como primera medida al vaciado de la instalación, después de lo cual puede comenzarse el desmontaje.

Al sustituir algún componente del sistema de aire acondicionado se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

³⁹ CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de Taller Hyundai Accent; págs. 6-7

- Nunca abra o afloje una conexión antes de descargar el sistema.
- Sellar inmediatamente los orificios abiertos con una tapa o tapón para evitar la entrada de humedad o polvo.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent
 Figura 6.16: Precauciones para evitar el polvo, la humedad

- No quitar los tapones de cierre de un componente nuevo hasta que esté listo para su instalación.
- Antes de conectar un accesorio abierto, instalar siempre un nuevo anillo de cierre. Cubra el accesorio y la junta con aceite refrigerante antes de realizar la conexión.
- Para el montaje de las piezas de conexión, se debe usar dos llaves para evitar retorcer el tubo, y apretarlos al par especificado.



Fuente: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent
 Figura 6.17: Precauciones al montar los elementos de conexión

- El aceite utilizado para lubricar el compresor circula por el sistema mientras el compresor está funcionando. Cuando se cambia un elemento del sistema o cuando se presenta una fuga de gas, se debe añadir aceite para mantener su cantidad total en el sistema.
- El aceite no deberá contener humedad, polvo, residuos metálicos. El contenido de humedad en el aceite aumenta cuando se encuentra expuesto al aire durante largos periodos. Después del uso del aceite, se debe cerrar inmediatamente el recipiente que lo contiene. No se debe mezclar diferentes tipos de aceite.
- Cuando el circuito ha sido abierto brutalmente, por rotura de algún componente, se hace necesario sustituir además del componente defectuoso la botella deshidratadora y efectuar una limpieza del circuito.
- Cuando se retire el compresor, se lo debe guardar en la misma posición en la que estaba montado en el vehículo, si no se hace así, el lubricante entrara en la cámara de baja presión. También se deben taponar todas las aberturas para evitar que entre humedad y materias extrañas.
- Después de efectuar el mantenimiento al compresor, se debe girar el eje del compresor a mano más de cinco veces en ambas direcciones. Esto distribuirá con igualdad el lubricante dentro del compresor.
- En caso de cambiar el embrague electromagnético del compresor, se debe aplicar voltaje al nuevo y comprobar que el funcionamiento sea normal.

CAPITULO 7

GUÍA PRÁCTICA

El entrenador constituye una herramienta de experimentación, inherente a uno de los más recientes sistemas de climatización controlados electrónicamente y aplicados a los automóviles, con el objeto de obtener un ambiente interior confortable e ideal, independientemente de las condiciones climáticas del ambiente exterior y de las situaciones de manejo.

El entrenador nos permite distinguir fácilmente los componentes del sistema de aire acondicionado con climatizador, observar su funcionamiento, realizar distintas mediciones, comprobaciones, y simular fallas reales en el sistema.

El equipo comprende los siguientes circuitos y dispositivos:

Circuito de refrigeración

- Compresor
- Condensador
- Evaporador
- Válvula de expansión
- Botella deshidratadora
- Electroventilador del condensador

Dispositivos de control, regulación y distribución del caudal de aire

- Placa electrónica para simular la activación/desactivación del compresor y del electroventilador del condensador.
- Climatizador
- Soplador (Blower)
- Motor para controlar la trampilla de recirculación de aire
- Motor de mezcla de aire
- Motor de control de salida de aire (MODE)
- Regulador de velocidad del soplador
- Sensor de presión del refrigerante (ACP)

- Sensor de temperatura ambiente
- Sensor de temperatura del interior del habitáculo
- Sensor de temperatura del refrigerante
- Sensor de carga solar

Dispositivos eléctricos

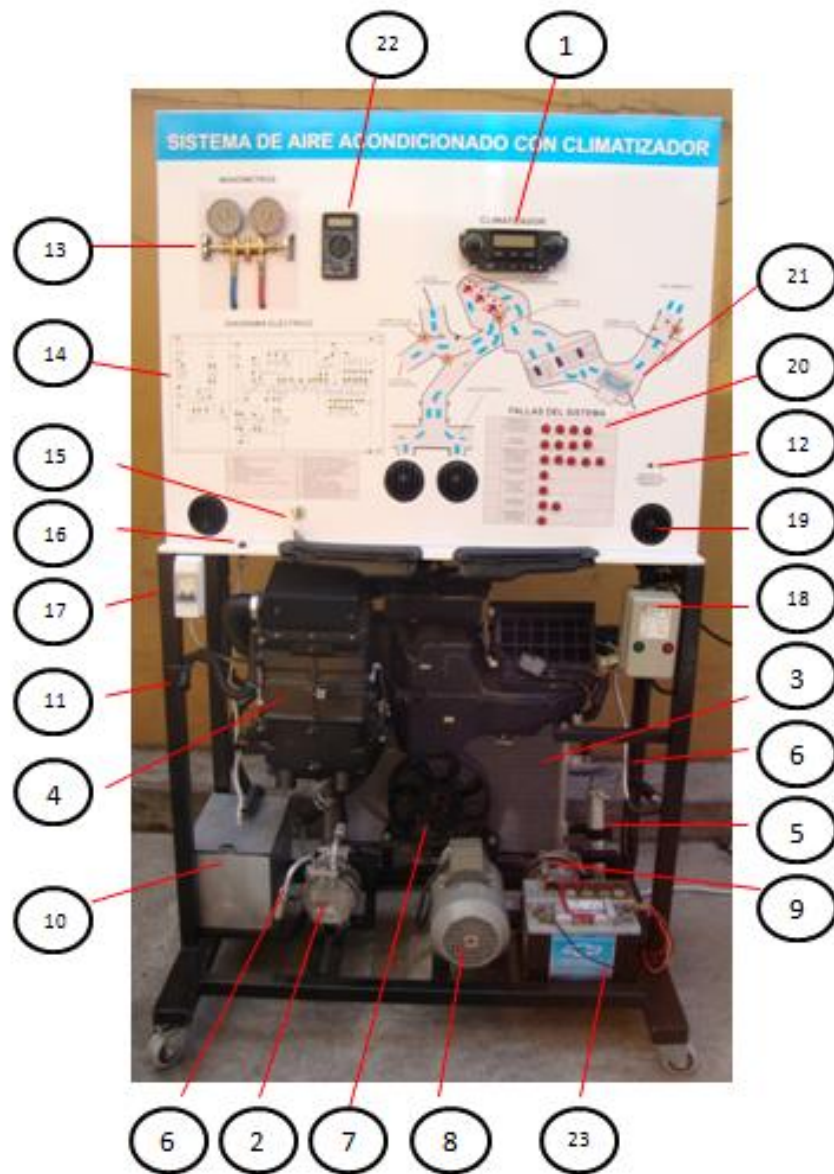
- Motor eléctrico trifásico de 3HP con interruptor térmico
- Batería de 12V
- Alternador
- Conmutador de llave
- Fusibles
- Relés
- Pulsadores
- Interruptor para las niquelinas
- Interruptor de control de las electrobombas

Circuito de calentamiento del agua para la calefacción

- Niquelinas
- Electrobombas
- Termoswitch
- Radiador de calefacción

Dispositivos de medición y comprobación

- Diagrama eléctrico de la instalación para una rápida localización de los componentes y sus conexiones
- Conjunto de manómetros para medir la presión del sistema
- Puntos de medición, en correspondencia de todas las conexiones de los componentes eléctricos del sistema
- Multímetro





1 Climatizador	13 Manómetros
2 Compresor	14 Diagrama eléctrico
3 Condensador	15 Llave de encendido
4 Bloque climatizador	16 Interruptor de control de las electrobombas
5 Filtro deshidratador	17 Interruptor de control de las niquelinas
6 Tuberías	18 Interruptor de encendido del motor eléctrico
7 Electroventilador	19 Salidas de aire
8 Motor eléctrico	20 Cuadro de fallas
9 Alternador	21 Diagrama de flujo de aire
10 Depósito de refrigerante	22 Multímetro
11 Sensor de temperatura del interior del habitáculo	23 Batería
12 Sensor de temperatura ambiente	

Fuente: Autores

Figura 7.1: Componentes del entrenador de aire acondicionado con climatizador

Para el correcto uso del entrenador se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Conectar el motor eléctrico a una fuente de 220V trifásico de corriente alterna.
- Conectar las niquelinas a una fuente de 120V de corriente alterna.
- Antes de colocar la llave de encendido en la posición ON, verificar que la batería esté conectada correctamente.
- Verificar que el alternador esté trabajando correctamente.
- Si se presenta algún problema apagar inmediatamente el motor eléctrico.
- No tocar el depósito de refrigerante mientras las niquelinas estén accionadas.
- Al trabajar el electroventilador del condensador tener cuidado de acercar las manos.
- Al conectar los manómetros para medir las presiones asegurarse que las válvulas estén cerradas, caso contrario el refrigerante escaparía a la atmósfera.
- Tener cuidado de no introducir las manos hacia el soplador cuando se ponga en funcionamiento.
- Verificar que el nivel de refrigerante en el depósito sea el correcto.
- NO introducir fallas hasta que el sistema se ponga en funcionamiento.
- En las prácticas que no sea necesario la activación del aire acondicionado no poner en funcionamiento el motor eléctrico, a menos que la carga de la batería sea insuficiente y se necesite cargarla con el alternador.
- Cualquier duda consultar inmediatamente a la persona encargada de la práctica.

	Práctica Nº 1	
Tema: Identificación de componentes del entrenador de aire acondicionado con climatizador		

Objetivos

- Reconocer los diferentes componentes que conforman el entrenador del sistema de aire acondicionado con climatizador

Desarrollo de la práctica

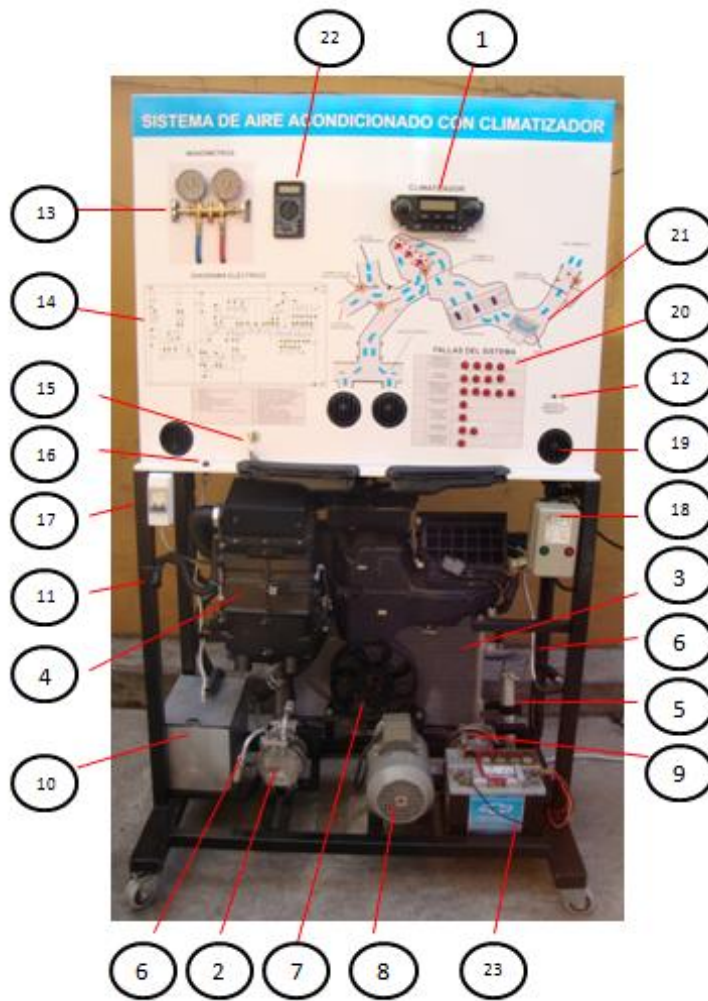
Materiales y Equipo
Entrenador
Mandil

Procedimiento 1

- Identificar los componentes del sistema de enfriamiento
- Identificar los componentes de control, regulación y distribución del caudal de aire
- Identificar los componentes del sistema de calentamiento de agua para la calefacción
- Identificar los componentes eléctricos
- Identificar los elementos de medición y comprobación

Resultados 1

Escribir en la tabla los nombres de cada componente del entrenador.



1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12			

Realizar un cuadro sinóptico describiendo los componentes de cada subsistema del entrenador





Preguntas

- 1) ¿Qué función cumple el motor eléctrico?
- 2) ¿Cuál es la finalidad del uso del alternador?

Conclusiones

Recomendaciones

	Práctica Nº 2	
Tema: Sistema de aire acondicionado		


Objetivos

- Conocer el funcionamiento del sistema de aire acondicionado
- Identificar la función de cada componente del sistema acondicionador de aire
- Verificar el correcto funcionamiento de cada elemento del sistema

Marco teórico

El circuito de aire acondicionado realiza su trabajo en cuatro etapas que son la compresión, condensación, expansión y evaporación.

El compresor aspira el fluido refrigerante frío, gaseoso, sometido a baja presión. El fluido refrigerante se comprime en el compresor, calentándose durante esa operación. Luego es impelido hacia el lado de alta presión.

 En esta fase el fluido refrigerante se encuentra en estado gaseoso, está sometido a una alta presión y tiene una alta temperatura.

El fluido refrigerante pasa hacia el condensador, donde se extrae calor al gas comprimido, haciendo pasar aire mediante el viento de la marcha y de la turbina de aire. En cuanto el fluido refrigerante alcanza el punto de rocío en función de la presión, se condensa poniéndose líquido.

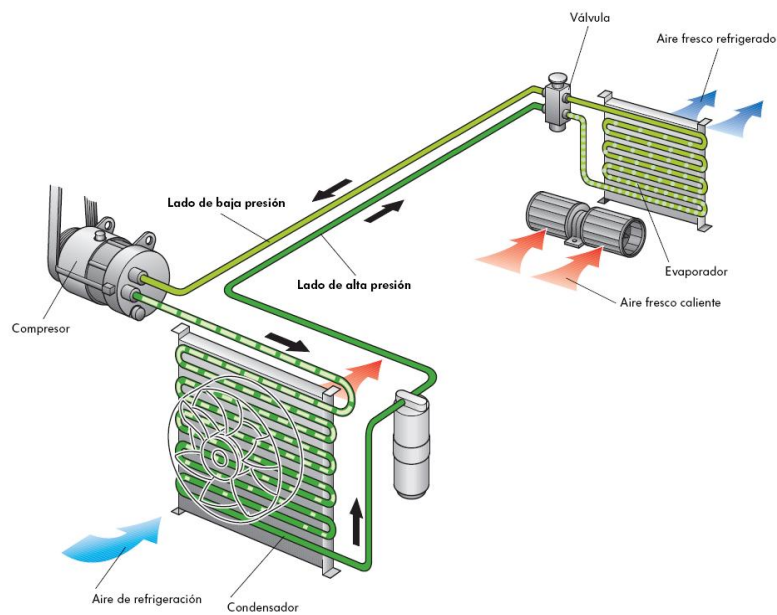


Figura 1.1: Circuito acondicionador de aire para automóviles

■ En esta fase, el fluido refrigerante se encuentra en estado líquido y sometido a alta presión y a una temperatura media.

El fluido refrigerante líquido y comprimido sigue fluyendo hasta llegar a un estrechamiento, que puede estar constituido por una válvula estranguladora o por una válvula de expansión. Allí se rocía hacia el interior del evaporador, produciéndose una caída de presión.

El fluido refrigerante líquido rociado hacia el interior del evaporador se distensa y se evapora. El calor necesario para la evaporación se extrae del aire fresco caliente que pasa por las aletas del evaporador, con motivo de lo cual se enfría. En el habitáculo bajan las temperaturas, produciéndose una refrigeración agradable.

●●● En esta fase, el fluido refrigerante está en estado gaseoso y tiene una baja presión y una baja temperatura.

El fluido refrigerante, ahora nuevamente gaseoso, sale del evaporador y vuelve a ser aspirado por el compresor, para recorrer nuevamente el circuito. De esta forma queda cerrado el ciclo.

Compresor: aspira el fluido refrigerante gaseoso frío a baja presión, procedente del evaporador. Para el compresor es de vital importancia que el fluido refrigerante se encuentre en estado gaseoso, por no ser compresible en estado líquido, lo cual destruiría el compresor.

El compresor se encarga de comprimir el fluido refrigerante y lo impele como gas caliente hacia el condensador. El compresor representa de esta forma un punto de separación entre los lados de alta y baja presión del circuito.

Existen algunos tipos de compresores aplicados al automóvil como lo son los de embolo, de espiral, de aletas, de disco oscilante.

Condensador: es un intercambiador de calor empleado para lograr reducir la alta temperatura del refrigerante provocada por el aumento de presión en el compresor. A través del condensador se hace pasar aire fresco, que absorbe el calor y hace que el refrigerante gaseoso se enfríe. Al enfriar el refrigerante se condensa a una temperatura y una presión específicas, adoptando el estado líquido.

Filtro deshidratador: tiene como función principal limpiar el fluido refrigerante reteniendo las impurezas que contenga. Al mismo tiempo retiene cualquier traza de humedad que circule con el refrigerante, depositándose estas en un material filtrante de óxido de silicio o alúmina principalmente, capaz de almacenar hasta un 10% de su peso en agua.

Válvula de expansión: regula el flujo de refrigerante hacia el evaporador en función de la temperatura que tiene el refrigerante a la salida del evaporador.

Evaporador: es un intercambiador de calor en el cual se distensa el refrigerante que deja pasar la válvula de expansión, en esta operación el refrigerante se enfría intensamente pasando al estado gaseoso. El calor necesario para la evaporación lo extrae el refrigerante del aire que pasa entre las aletas del evaporador. Este aire se enfría, deshidrata y depura.

Desarrollo de la práctica

Materiales y Equipo
Entrenador
Termómetro
Mandil

Procedimiento 1

- Encender el motor eléctrico
- Colocar la llave de encendido en la posición ON
- Presionar el botón de A/C en el climatizador
- Hacer trabajar el aire acondicionado por 5 minutos

Resultados 1

Escribir las observaciones en la siguiente tabla

	CALIENTE	FRIO	TEMPLADO
Compresor			
Salida de alta presión del compresor al condensador			
Entrada del condensador			
Salida del condensador			
Salida de alta presión del condensador a la válvula de expansión			
Entrada de la valvula de expansión			
Salida de la valvula de expansion			
Entrada al evaporador			
Salida del evaporador			

De la tabla anterior escriba sus conclusiones

Procedimiento 2

- Hacer funcionar el aire acondicionado
- Con un termómetro medir la temperatura en las tuberías a la entrada y salida tanto del condensador como de la válvula de expansión

Resultados 2

Anotar los valores en la siguiente tabla

COMPONENTE	TEMPERATURA (°C)
Entrada del condensador	
Salida del condensador	
Entrada de la válvula de expansión	
Salida de la válvula de expansión	

¿Con los valores obtenidos que puede decir del estado del condensador y de la válvula de expansión?

Procedimiento 3

- Poner en funcionamiento el motor eléctrico
- Conectar las mangueras de alta y baja presión en las respectivas válvulas de servicio del sistema, como se indica en la figura. Verificar que las válvulas de los manómetros se encuentren cerradas.



Figura 7.3: Conexión de los acoples a las válvulas de servicio

- Medir las presiones en el lado de alta y baja presión.
- Presionar el botón de A/C en el climatizador
- Observar las presiones en el circuito de alta y baja

Resultados 3

Escribir los valores de presión en la siguiente tabla

	BAJA PRESION	ALTA PRESION
A/C OFF		
A/C ON		

¿Qué pasa con las presiones tanto de alta y de baja cuando el compresor se encuentra desactivado? Explique su respuesta.

¿Cuáles pueden ser las causas de que exista un exceso de presión tanto en el lado de baja como en el lado de alta presión?



¿Cuáles pueden ser las causas de que exista una baja presión tanto en el lado de baja como en el lado de alta presión?

Preguntas

- 1) ¿Qué ventajas se obtienen al utilizar un compresor de cilindrada variable?
- 2) Explique cómo trabaja la válvula de expansión
- 3) Qué diferencias hay entre la válvula de expansión y la válvula estranguladora
- 4) De qué factores depende el rendimiento del sistema de aire acondicionado
- 5) Explique las diferencias entre el refrigerante R-12 y el R-134a
- 6) Porque motivos se puede saturar el filtro deshidratador
- 7) ¿Qué componentes separan el lado de alta presión del lado de baja presión?
- 8) ¿Qué pasaría si deja de funcionar el electroventilador del condensador?

Conclusiones

Recomendaciones

	<p>Práctica Nº 3</p>	
<p>Tema: El climatizador</p>		

Objetivos

- Conocer la función del climatizador en el sistema
- Identificar los controles del climatizador

Marco teórico

El climatizador es el control que sobre el sistema de calefacción, aire acondicionado y ventilación, controla la temperatura en el interior del habitáculo, el cual gobierna, todos los parámetros de temperatura, caudal de aire e incluso lugar de salida del mismo.

Un climatizador descarga de trabajo al conductor y aporta principalmente comodidad, básicamente el conductor solo tiene que seleccionar la temperatura que desea, aunque todos disponen de funciones manuales, para seleccionar las salidas de aire, así como el caudal, su único inconveniente es el mayor precio.



Figura 7.4: Climatizador

El climatizador es un módulo electrónico que procesa todas las señales de entrada procedentes de los sensores, las desparasita y las alimenta al microprocesador en la propia unidad de control. El microprocesador calcula las señales de salida en función de los valores teóricos pre programados. A través de etapas finales se transmiten las señales de salida hacia los actuadores.

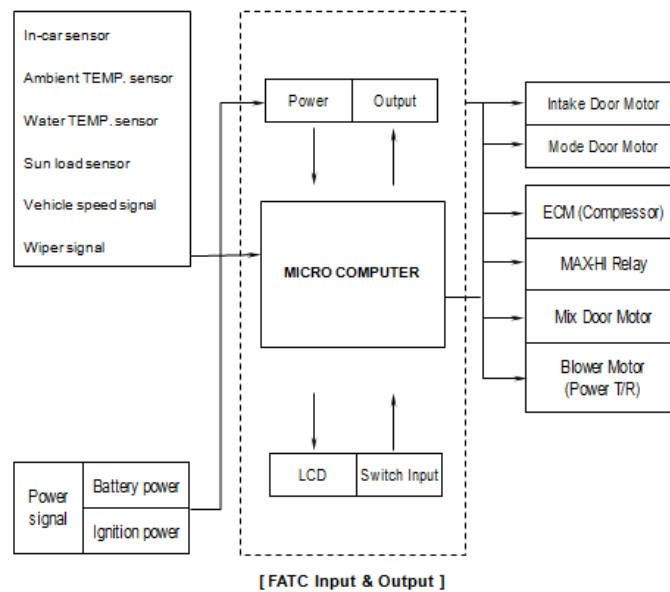


Figura 7.5: Esquema de trabajo del climatizador

Los climatizadores de última generación están comunicados con otras unidades de control del vehículo, directamente o bien a través del CAN-BUS. De esa forma, la información acerca de la velocidad, el régimen del motor y el tiempo en parado intervienen asimismo en los análisis efectuados por la unidad de control del climatizador.

Desarrollo de la práctica

Materiales y Equipo	
Entrenador	
Mandil	

Procedimiento 1

- Arrancar el motor eléctrico
- Poner la llave de encendido en la posición ON
- Observar que se encienda la pantalla del climatizador
- Presionar cada uno de los botones, además mover las perillas de selección de temperatura y velocidad del soplador.

Resultados 1

Describir en la siguiente tabla la función de cada botón y perilla del climatizador.

AUTO	
OFF	
MODE	
	
A/C	
	
	
	

¿Qué sucede si presionamos el botón AUTO y enseguida movemos la perilla de selección de temperatura o velocidad del soplador o el botón de MODE?

Preguntas

- 1) Enumere las ventajas de utilizar en el vehículo un climatizador
- 2) Con sus propias palabras describa la función del climatizador
- 3)Cuál es la diferencia entre aire acondicionado y climatizador

Conclusiones

Recomendaciones



Práctica Nº 4



Tema: Comprobación de sensores

Objetivos

- Identificar los sensores del sistema de aire acondicionado con climatizador
- Conocer el funcionamiento de cada sensor
- Comprobar los distintos voltajes de operación de los sensores

Marco teórico

El climatizador recibe senales de los siguientes sensores:

- Sensor de temperatura ambiente
- Sensor de temperatura del interior del habitaculo
- Sensor de temperatura de refrigerante (calefaccion)
- Sensor de radiacion solar

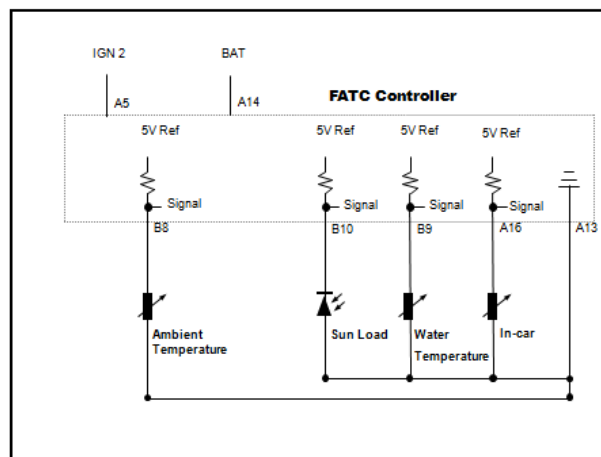


Figura 7.5: Sensores del sistema

Los sensores de temperatura son termistores de coeficiente negativo (NTC), quiere decir que a medida que aumenta la temperatura disminuye la resistencia eléctrica y por ende el voltaje.

El sensor de radiación solar es un foto diodo que varía su voltaje en función de la cantidad de luz que incida sobre éste.

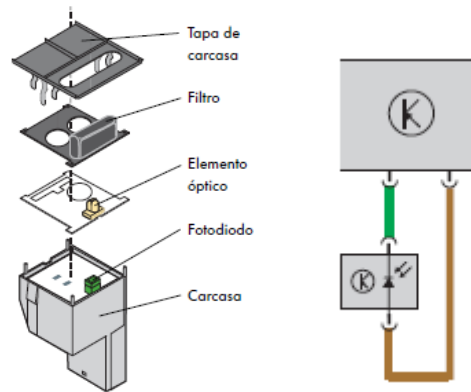


Figura 7.6: Sensor de radiación solar

El sistema de aire acondicionado trabaja con un sensor de presión del refrigerante (ACP), montado en la tubería de alta presión que permite controlar todas las presiones de trabajo. Este sensor es del tipo piezoeléctrico en su interior posee un cristal de silicio que modifica su resistencia en función de la presión que le afecta, de este modo se provocan caídas de tensión variables entre los bornes de alimentación y salida de corriente del cristal.

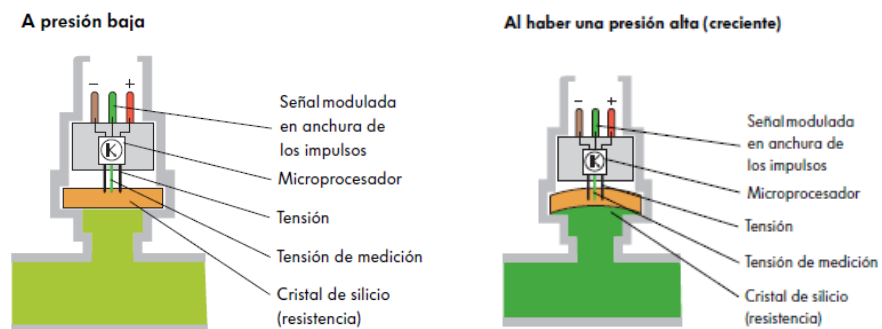


Figura 7.7: Sensor de presión de refrigerante

El sensor permite desactivar el compresor por exceso de presión o debido a una presión muy baja y volverlo a activar una vez que se haya normalizado la presión.

Desarrollo de la práctica

Materiales y Equipo
Entrenador
Mandil

Procedimiento 1

- Encender el motor eléctrico
- Poner la llave de encendido en ON
- Accionar el interruptor de control de las niquelinas
- En cuanto se caliente el refrigerante accionar las electrobombas para que recircule el refrigerante por el radiador de calefacción
- Ubicar los sensores en el diagrama eléctrico
- Medir voltaje entre el terminal A13 y los respectivos terminales de señal de cada sensor, excepto el sensor de presión de refrigerante (ACP)
- Medir voltajes entre los terminales de masa de cada sensor y GND, excepto el sensor de presión de refrigerante (ACP)
- Para el sensor de radiación solar medir primero el voltaje de señal con luz y después haciendo sombra sobre el sensor

Resultados 1

Escribir las mediciones de voltajes obtenidas en la siguiente tabla

SENSORES	VOLTAJE DE SENAL (V)	VOLTAJE DE MASA (V)
Sensor de temperatura ambiente		
Sensor de temperatura del interior del habitáculo		
Sensor de temperatura del refrigerante		
Sensor de radiación solar		

¿Qué observa en el sensor de temperatura de refrigerante?

Si se aporta calor a los sensores de temperatura ambiente y de temperatura del interior del habitáculo ¿qué ocurre?

Procedimiento 2

- Poner en funcionamiento el motor eléctrico
- Poner la llave de encendido en ON
- Conectar las mangueras de los manómetros a las respectivas válvulas de servicio
- Ubicar el sensor de presión de refrigerante (ACP) en el diagrama eléctrico
- Medir los voltajes de referencia, señal y masa del sensor.
- Presionar el botón de A/C en el climatizador
- Medir el voltaje de señal en el sensor con su respectiva presión

Resultados 2

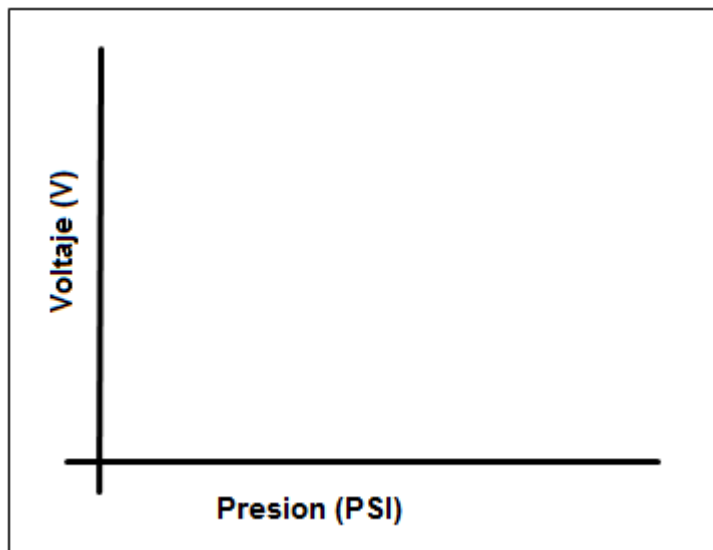
Escribir los valores obtenidos antes de presionar el botón de A/C

	VOLTAJE DE REFERENCIA (V)	VOLTAJE DE SENAL (V)	VOLTAJE DE MASA (V)
Sensor ACP			

Escribir los valores obtenidos al presionar el botón de A/C

PRESION (PSI)	VOLTAJE DE SENAL

Realice una grafica con los valores obtenidos en la tabla de arriba





Preguntas

- 1) A su criterio, ¿Que otros sensores podría agregar para mejorar el confort de los pasajeros?
- 2) Qué pasaría si un sensor dejara de funcionar
- 3) Cómo determinar si un sensor de temperatura es un termistor NTC o PTC

Conclusiones

Recomendaciones

	Práctica Nº 5	
Tema: Comprobación de actuadores		

Objetivos

- Identificar los actuadores del sistema de aire acondicionado con climatizador
- Reconocer la función específica de cada actuador
- Comprobar el funcionamiento de cada actuador

Marco teórico

Los actuadores son activados por el climatizador para llevar a cabo una determinada función:

- Fijación de la temperatura del aire al valor requerido
- Control de la mezcla de aire
- Regulación de la velocidad del soplador
- Control de la distribución del aire
- Mando de la trampilla de recirculación

En los sistemas de climatización automática se emplean servomotores, motores paso a paso o motores de corriente continua para accionar las diferentes trampillas de mezcla, recirculación y direccionamiento del flujo de aire.

Para el control de velocidad del soplador se emplea un motor de corriente continua y un transistor de potencia para el control de velocidad del soplador.

Asimismo el climatizador controla el relé de alta velocidad del soplador.

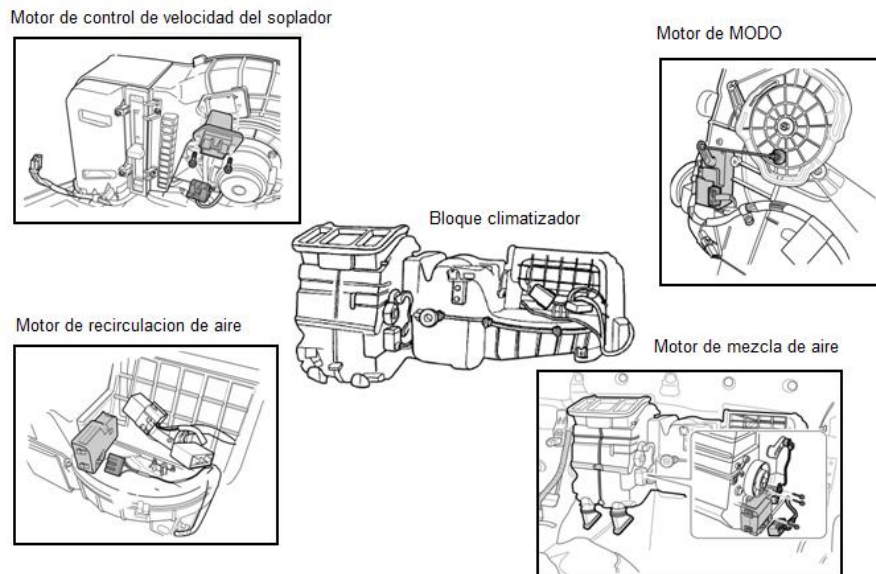


Figura 7.9: Actuadores

Desarrollo de la práctica

Materiales y Equipo
Entrenador
Mandil

Procedimiento 1

- Poner en funcionamiento el motor eléctrico
- Colocar la llave de encendido en ON
- Verificar que el climatizador se encienda
- Con el botón MODE seleccionar cada una de las salidas de aire

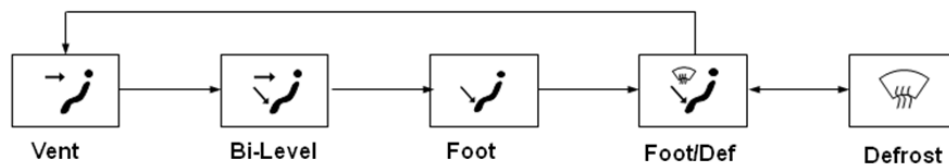


Figura 7.10: Salidas de aire

- Verificar que el flujo de aire corresponda a la salida seleccionada con el botón MODE

- Ubicar en el diagrama eléctrico el actuador de MODO
- Medir voltaje entre los terminales 4 y 5 del motor de MODO
- Comprobar que exista continuidad entre los terminales B16, B17, B18, B19, B20 del climatizador y los terminales 3, 2, 1, 7, 6, del actuador de MODO respectivamente.
- Seleccionar una por una las salidas de aire y medir voltajes entre GND y los terminales 3, 2, 1, 7, 6 del motor de MODO.

Resultados 1

Escriba en las siguientes tablas los resultados obtenidos

TERMINALES	VOLTAJE (V)
4 - 5	

TERMINALES	CONTINUIDAD	
	SI	NO
B16 – 3		
B17 – 2		
B18 – 1		
B19 – 7		
B20 – 6		

MODE	TERMINALES				
	B16/3	B17/2	B18/1	B19/7	B20/6
FRENTE					
FRENTE/PIES					
PIES					
PIES/PARABRISA					
PARABRISA					

Escriba sus conclusiones de la tabla de voltajes

Procedimiento 2

- Poner en funcionamiento el motor eléctrico
- Colocar la llave de encendido en ON
- Verificar que el climatizador se encienda
- Presionar el botón de recirculación de aire y observar lo que sucede
- Ubicar en el diagrama eléctrico el motor de recirculación de aire
- Medir voltaje entre el terminal 4 del motor de recirculación de aire y GND
- Comprobar que exista continuidad entre los terminales B14, B13 del climatizador y los terminales 7, 5, del motor de recirculación de aire respectivamente.
- Seleccionar la opción de recirculación de aire y medir voltajes entre GND y los terminales 7, 5 del motor de recirculación de aire.

Resultados 2

Escriba en las siguientes tablas los resultados obtenidos

TERMINALES	VOLTAJE (V)
4 - GND	

TERMINALES	CONTINUIDAD	
	SI	NO
B14 – 7		
B13 – 5		

POSICION	TERMINALES	
	B1473	B13/5
RECIRCULACION		
AIRE FRESCO		

Escriba sus conclusiones de la tabla de voltajes

Procedimiento 3

- Poner en funcionamiento el motor eléctrico
- Colocar la llave de encendido en ON
- Verificar que el climatizador se encienda
- Variar la temperatura progresivamente desde la posición de máximo frío hasta la posición de máximo calor
- Observe lo que sucede con la trampilla de mezcla de aire
- Ubicar en el diagrama eléctrico el motor de mezcla de aire
- Comprobar que exista continuidad entre los terminales A2, A8, B5, B4, B6 del climatizador y los terminales 7, 5, 6, 3, 2, del motor de mezcla de aire respectivamente.
- Medir voltajes entre GND y los terminales 7, 5, 6, 3, 2, del motor de mezcla de aire

Resultados 3

Escribir en la tablas los valores obtenidos

TERMINALES	CONTINUIDAD	
	SI	NO
A2 – 7		
A8 – 5		

B5 – 6		
B4 – 3		
B6 – 2		

TERMINALES	VOLTAJE (V)
GND – A2/7	
GND – A8/5	
GND – B5/6	
GND – B4/3	
GND – B6/2	

Procedimiento 4

- Poner en funcionamiento el motor eléctrico
- Colocar la llave de encendido en ON
- Verificar que el climatizador se encienda
- Ubicar el circuito de control del soplador en el diagrama eléctrico
- Medir resistencia entre los terminales 1 y 2 del motor del soplador
- Comprobar que exista continuidad entre los terminales B1, B12, del climatizador y los terminales 4, 1, del modulo de control del soplador.
- Variar la velocidad del soplador desde la mínima velocidad hasta la máxima velocidad
- Medir voltajes entre GND y el terminal B12
- Medir voltaje entre GND y A10, antes de seleccionar la máxima velocidad del soplador y después de accionarla.

Resultados 4

Escriba en las siguientes tablas los valores obtenidos

TERMINALES	RESISTENCIA (Ω)
1 – 2	

TERMINALES	CONTINUIDAD	
	SI	NO
B1 – 4		
B12 – 1		

VELOCIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VOLTAJE															

TERMINALES	VOLTAJE
GND – A10	



Escriba sus conclusiones de las tablas de voltajes

Preguntas

- 1) Cuál es la función de los actuadores
- 2) ¿Cuáles son las diferencias entre los motores de corriente continua y los motores paso a paso?
- 3) Que tipos de motores de corriente continua y paso a paso existen
- 4) Describa el procedimiento para comprobar un motor de corriente continua
- 5) Describa el procedimiento para comprobar un motor paso a paso
- 6) ¿Cómo trabajan los servomotores?
- 7) Qué diferencias existen entre los sensores y los actuadores

Conclusiones

Recomendaciones

	Práctica Nº 6	
Tema: Localización de fallas en el sistema		

Objetivos

- Identificar las posibles fallas del sistema climatizador.
- Localizar y dar solución a las averías del sistema.
- Aprender a leer diagramas eléctricos.

Desarrollo de la práctica

Materiales y Equipo
Entrenador
Mandil
Guía Práctica

Procedimiento

- Introducir las fallas en el sistema, mediante los pulsadores colocados en el tablero.
- Identificar la falla que tiene el sistema, al observar la iluminación de un diodo led:
 - Embrague del compresor no acopla al accionar el botón de A/C
 - Motor del soplador no funciona
 - Demasiado calor o demasiado frío en el interior del vehículo
 - Entrega de aire inadecuada
 - Mal funcionamiento de la recirculación de aire
 - Climatizador no funciona
 - Iluminación del climatizador no funciona
- Con la ayuda del diagrama eléctrico, multímetro y la guía práctica empezar a realizar las mediciones e identificar el problema.

EMBRAGUE DEL COMPRESOR NO ACOPLA AL ACCIONAR EL BOTÓN DE A/C

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la batería		Ir al paso 3	Ir al paso 2
3	Encender el climatizador		Ir al paso 4	Ir a la falla 7.6
4	Medir voltaje entre GND y el fusible de A/C	11-14V	Ir al paso 5	Reemplazar el fusible
5	Medir continuidad entre el terminal A11 y ECM		Ir al paso 6	Revisar el cableado
6	Presionar el botón de A/C Medir voltaje entre GND y el terminal A11 del climatizador	11-14V	Ir al paso 7	Reemplazar el climatizador
7	Presionar el botón de A/C Medir los siguientes voltajes en el sensor de presión del refrigerante (ACP):		Ir al paso 8	Reemplazar el sensor

	Referencia Masa Señal	5V 0V 0,5 - 4,5V		
8	Presionar el botón de A/C Medir voltaje entre los terminales A y B del embrague del compresor	11-14V	Sistema OK	Revisar la bobina

SOPLADOR NO FUNCIONA

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la batería		Ir al paso 3	Ir al paso 2
3	Encender el climatizador		Ir al paso 4	Ir a la falla 7.6
4	Medir voltaje entre GND y el fusible	11-14V	Ir al paso 5	Reemplazar el fusible
5	Medir voltaje entre GND y el terminal 30 del relé del blower	11-14V	Ir al paso 6	Revisar el cableado
6	Medir voltaje entre GND y el terminal 86 del relé del blower	11-14V	Ir al paso 7	Revisar el cableado
7	Medir continuidad entre el terminal 85 del relé del blower y		Ir al paso 8	Reemplazar el relé

	GND	--		
8	Medir voltaje entre GND y el terminal 1 del motor del blower	11-14V	Ir al paso 9	Reemplazar el motor del blower
9	Medir continuidad entre el terminal 2 del motor del blower y el terminal 87 del relé de alta		Ir al paso 10	Revisar el cableado
10	Medir voltaje entre BAT y el terminal 30 del relé de alta	11-14V	Ir al paso 11	Revisar el cableado
11	Medir continuidad entre los terminales 85 del relé de alta y A10 del climatizador		Ir al paso 12	Reemplazar el relé de alta
12	Medir continuidad entre los terminales B12 del climatizador y 1 del módulo de control del blower		Ir al paso 13	Revisar cableado
13	Medir continuidad entre los terminales B1 del climatizador y 4 del módulo de control del blower		Ir al paso 14	Revisar cableado
14	Medir voltaje entre GND y B1	1-2V	Sistema OK	Reemplazar el módulo de control del blower

DEMASIADO CALOR O DEMASIADO FRÍO EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la batería		Ir al paso 3	Ir al paso 2
3	Encender el climatizador		Ir al paso 4	Ir a la falla 7.6
4	Observar el funcionamiento del blower		Ir al paso 5	Ir a la falla 7.2
5	Observar el funcionamiento del motor de mezcla de aire al variar la temperatura		Motor OK Ir al paso 7	Ir al paso 6
6	Medir continuidad entre los siguientes terminales: A2 del climatizador y 7 del motor de mezcla B5 del climatizador y 6 del motor de mezcla A8 del climatizador y 5 del motor de mezcla B4 del climatizador y 3 del motor de mezcla B6 del climatizador y 2 del motor de mezcla		Ir al paso 7	Reemplazar cableado

7	Medir continuidad entre los terminales: A13 del climatizador y 1 del sensor de temperatura ambiente B8 del climatizador y 2 del sensor de temperatura ambiente		Ir al paso 8	Revisar cableado
8	Medir voltaje en el sensor de temperatura ambiente	2,2V	Ir al paso 9	Reemplazar el sensor
9	Medir continuidad entre los terminales B9 del climatizador y 2 del sensor de temperatura del refrigerante		Ir al paso 10	Revisar cableado
10	Medir voltaje en el sensor de temperatura del refrigerante	2,2V	Ir al paso 11	Reemplazar el sensor
11	Medir continuidad entre los terminales B10 del climatizador y 2 del sensor de radiación solar		Ir al paso 12	Revisar cableado
12	Medir voltaje en el sensor de radiación solar	1,8V con luz y 4,5V con sombra	Ir al paso 13	Reemplazar el sensor
13	Medir continuidad entre los terminales A16 del climatizador y 1 del sensor de temperatura del interior del habitáculo		Ir al paso 14	Revisar cableado
14	Medir voltaje en el sensor de temperatura del interior del	2,2V	Sistema	Reemplazar el

	habitáculo		OK	sensor
--	------------	--	----	--------

ENTREGA DE AIRE INADECUADA

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la batería		Ir al paso 3	Ir al paso 2
3	Encender el climatizador		Ir al paso 4	Ir a la falla 7.6
4	<p>Medir continuidad entre los terminales:</p> <p>B16 del climatizador y 3 del motor de modo</p> <p>B17 del climatizador y 2 del motor de modo</p> <p>B18 del climatizador y 1 del motor de modo</p> <p>B19 del climatizador y 7 del motor de modo</p> <p>B20 del climatizador y 6 del motor de modo</p> <p>GND y 5 del motor de modo</p>		Ir al paso 5	Revisar cableado

5	Medir voltaje entre los terminales 4 y 5 del motor de modo	14V	Sistema OK	Reemplazar motor de modo
---	--	-----	------------	--------------------------

MAL FUNCIONAMIENTO DE LA RECIRCULACIÓN DE AIRE

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la batería		Ir al paso 3	Ir al paso 2
3	Encender el climatizador		Ir al paso 4	Ir a la falla 7.6
4	Medir continuidad entre los terminales: B13 del climatizador y 5 del motor de recirculación B14 del climatizador y 7 del motor de recirculación		Ir al paso 5	Revisar cableado
5	Medir voltaje entre GND y el terminal 4 del motor de recirculación de aire	11-14V	Sistema OK	Reemplazar el motor de recirculación de aire

CLIMATIZADOR NO FUNCIONA

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la batería		Ir al paso 3	Ir al paso 2
3	Medir voltaje entre GND y el fusible HVAC	11-14V	Ir al paso 4	Reemplazar el fusible
4	Medir voltaje entre BAT y A1	11-14V	Ir al paso 5	Revisar cableado
5	Medir voltaje entre BAT y B11	11-14V	Ir al paso 6	Revisar cableado
6	Medir voltaje entre GND y el terminal A14 del climatizador	11-14V	Sistema OK	reemplazar climatizador

ILUMINACIÓN DEL CLIMATIZADOR NO FUNCIONA

PASOS	ACCIONES	VALORES	SI	NO
1	Poner la llave de encendido en ON		Ir al paso 2	Ir al paso 1
2	Arrancar el motor eléctrico para que el alternador cargue la		Ir al paso 3	Ir al paso 2

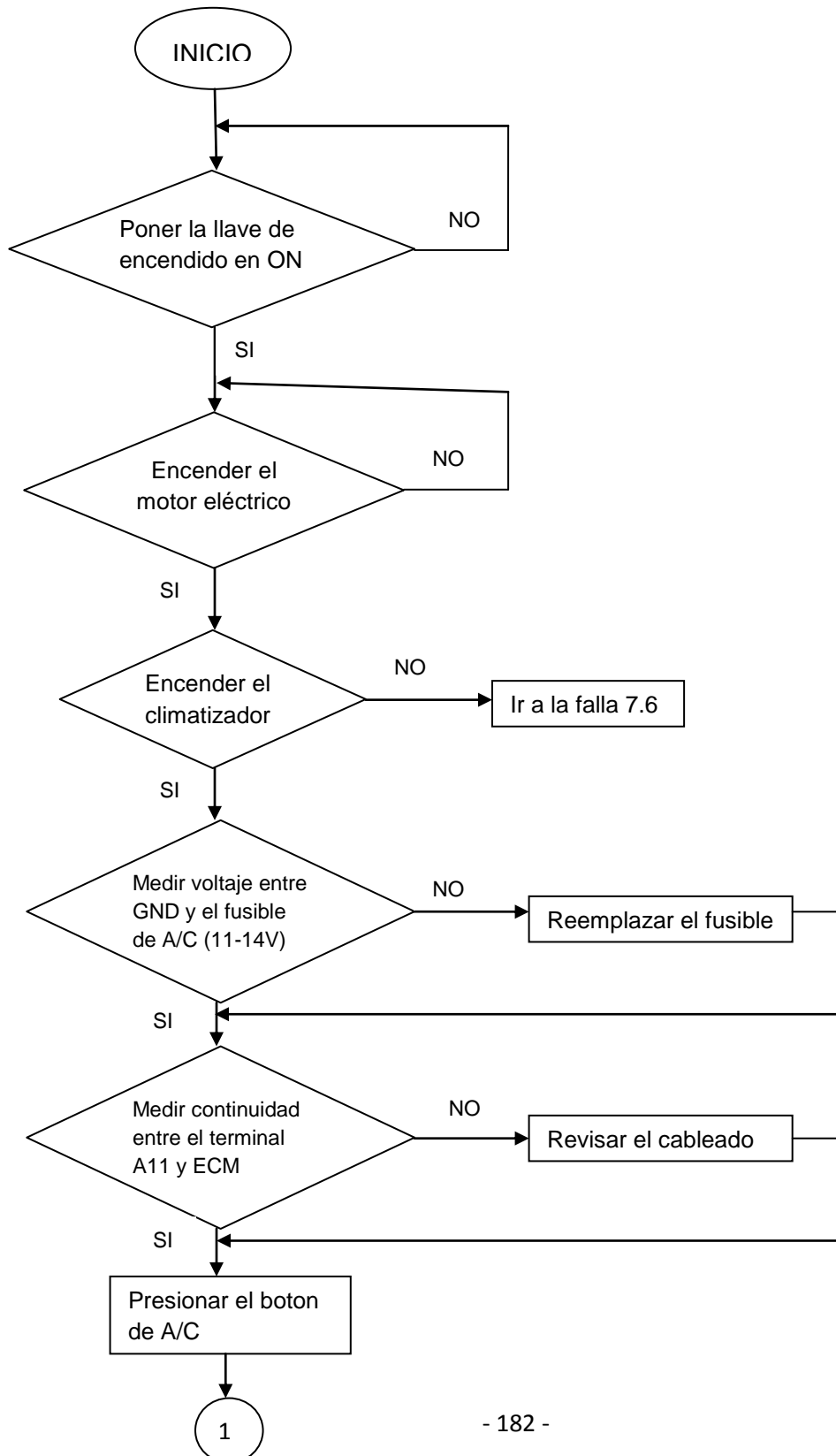
	batería			
3	Encender el climatizador		Ir al paso 4	Ir a la falla 7.6
4	Medir voltaje entre los terminales A3 y A4 del climatizador	11-14V	Sistema OK	Reemplazar la lámpara

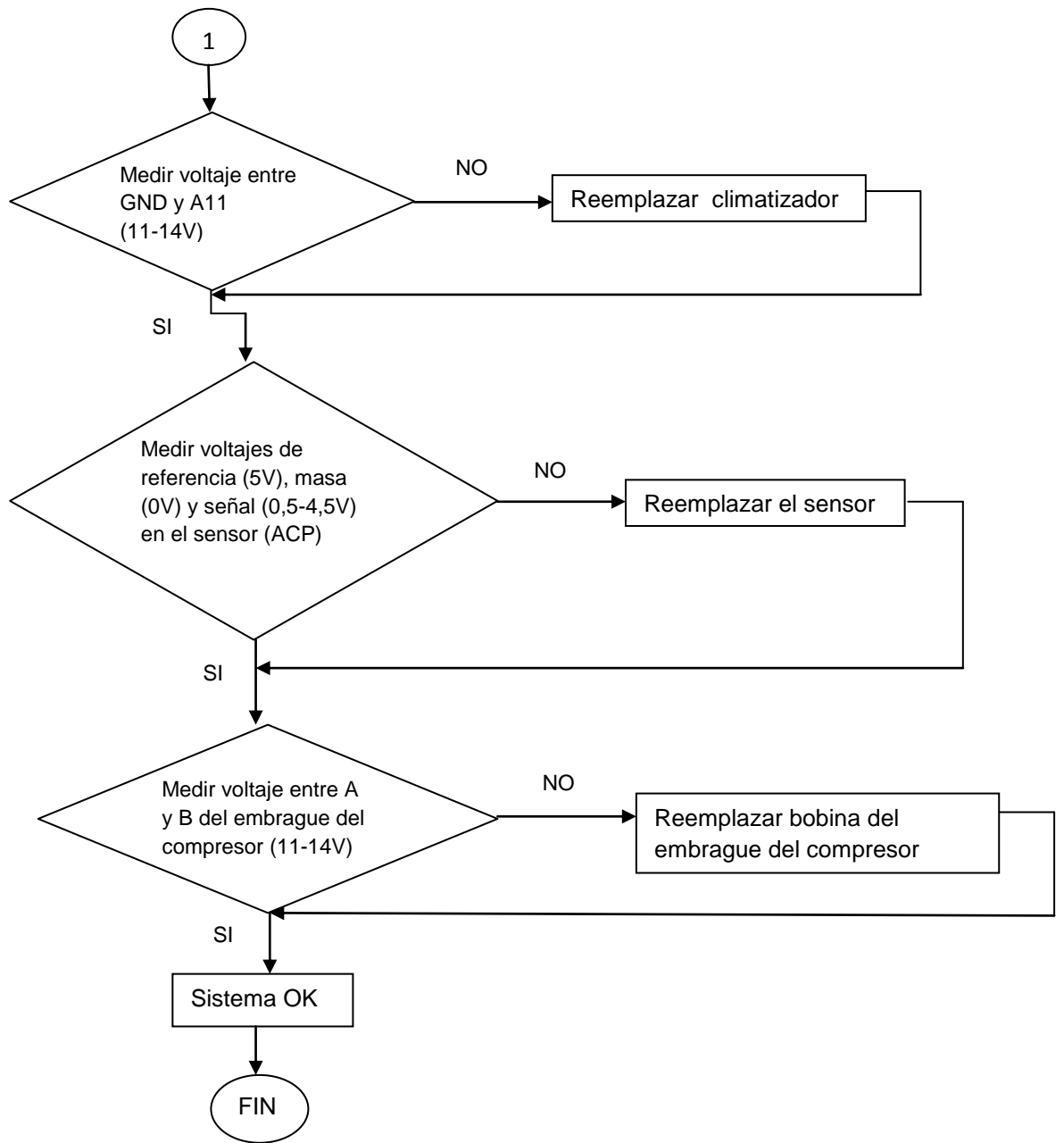
Conclusiones

Recomendaciones

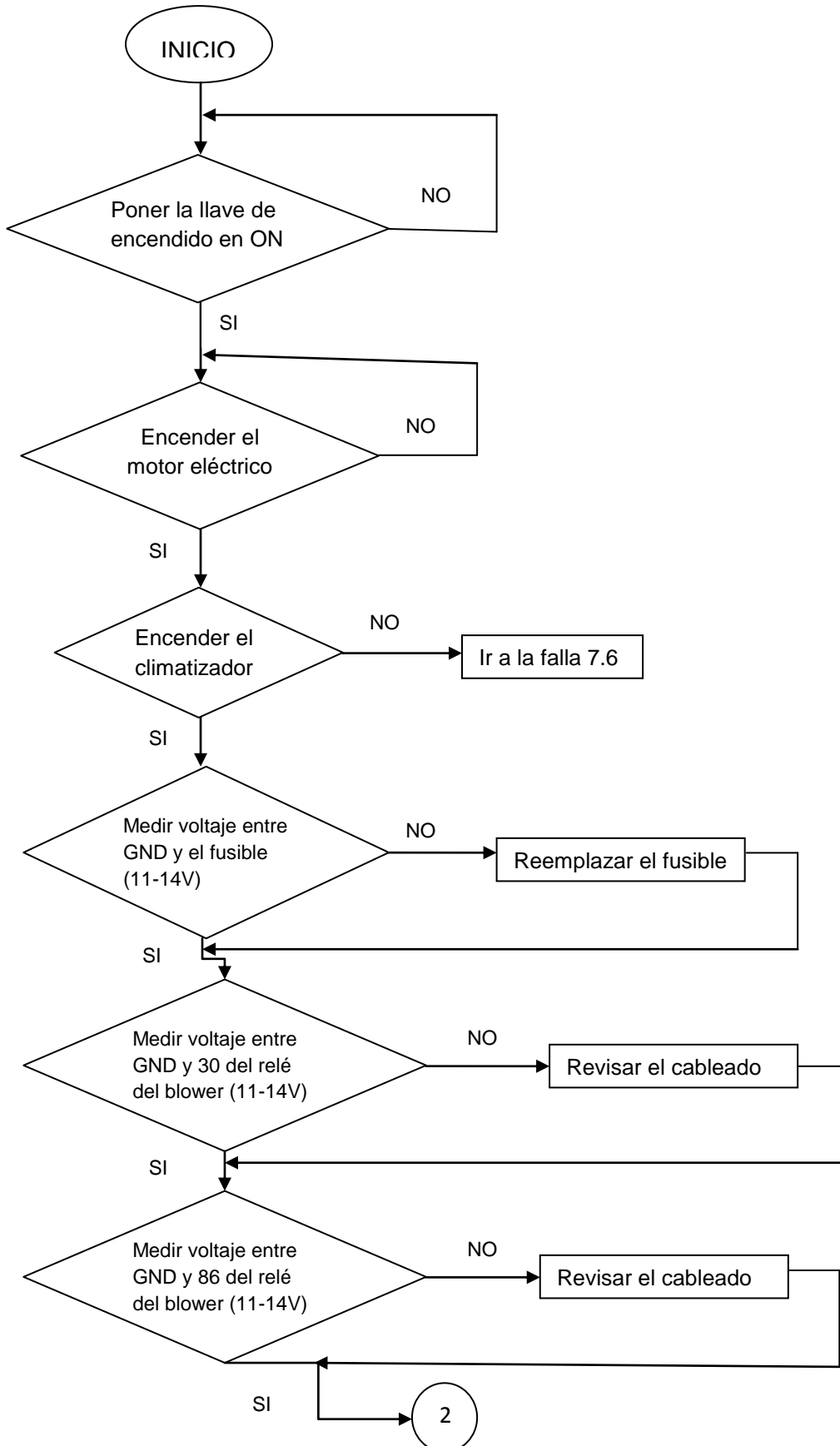
DIAGRAMAS DE BLOQUES

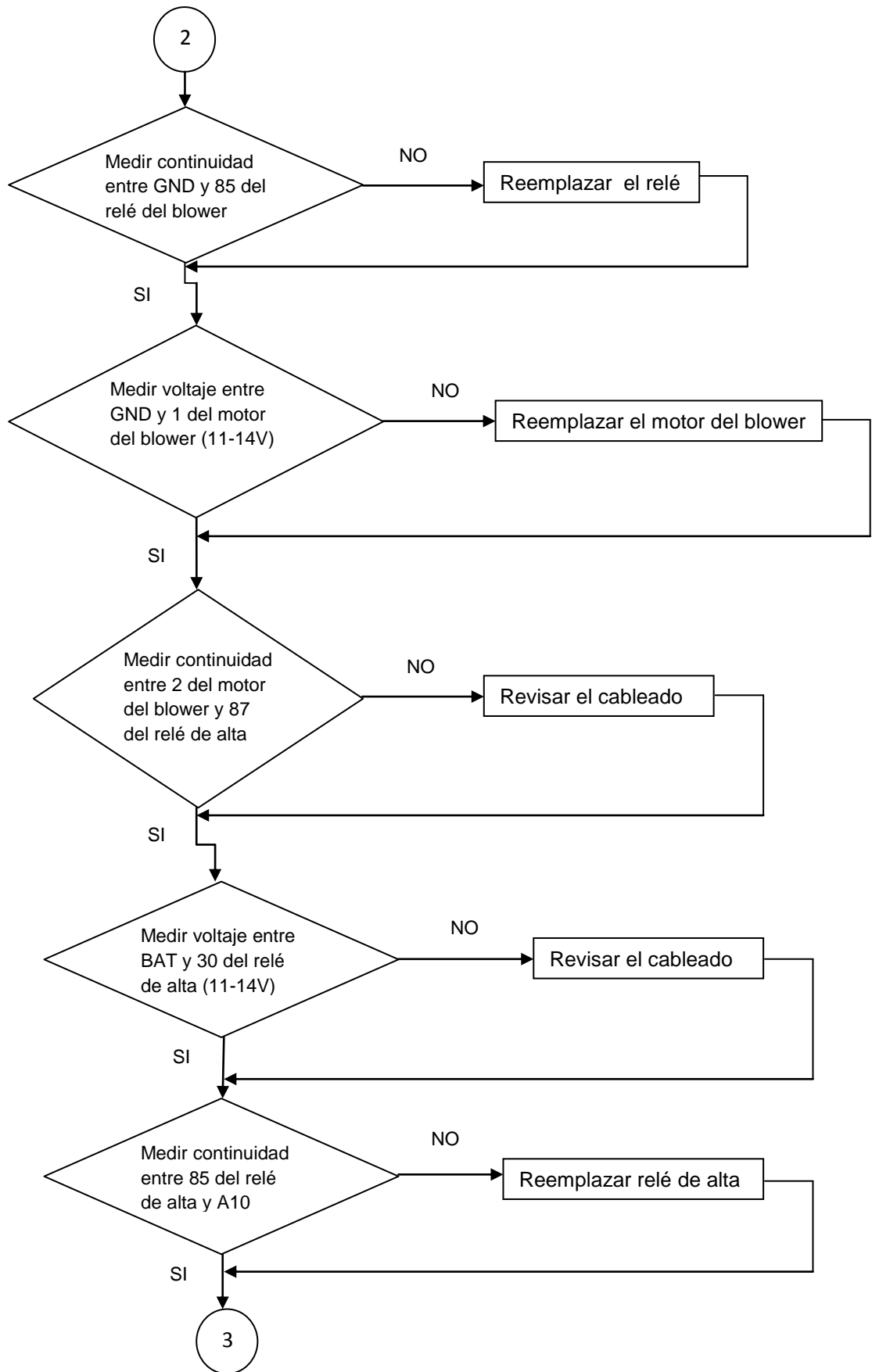
EMBRAGUE DEL COMPRESOR NO ACOPLA AL ACCIONAR EL BOTÓN DE A/C

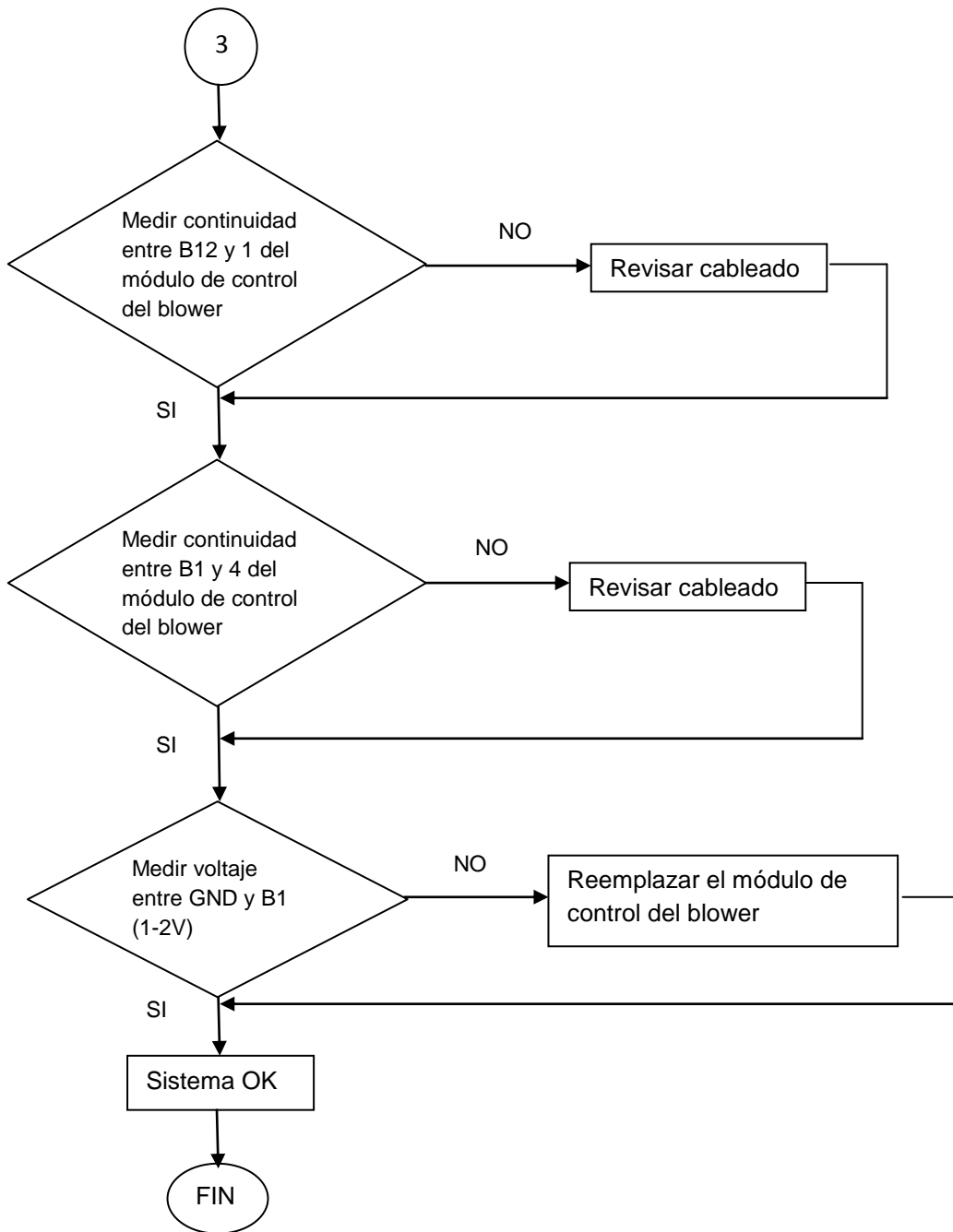




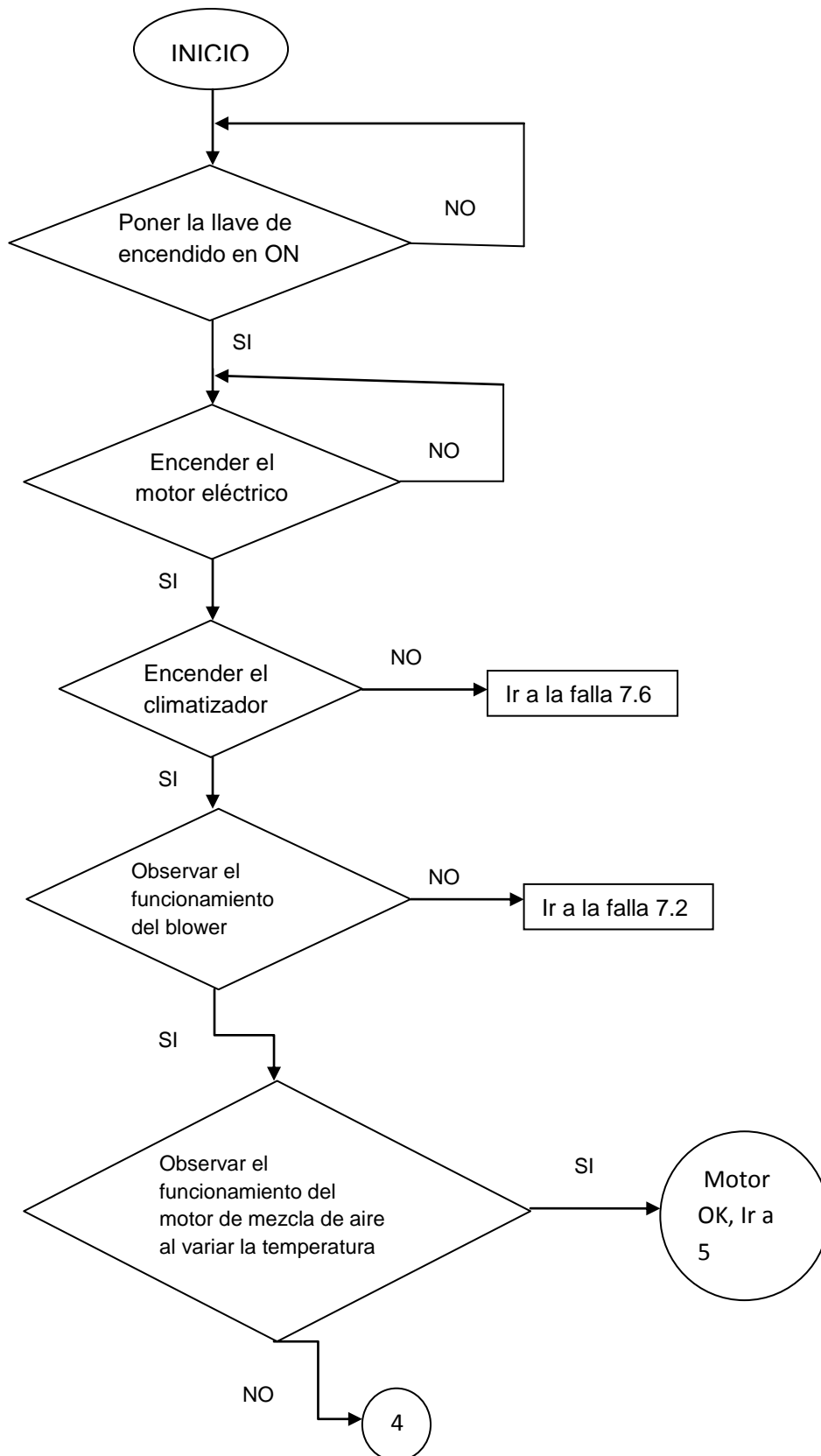
SOPLADOR NO FUNCIONA

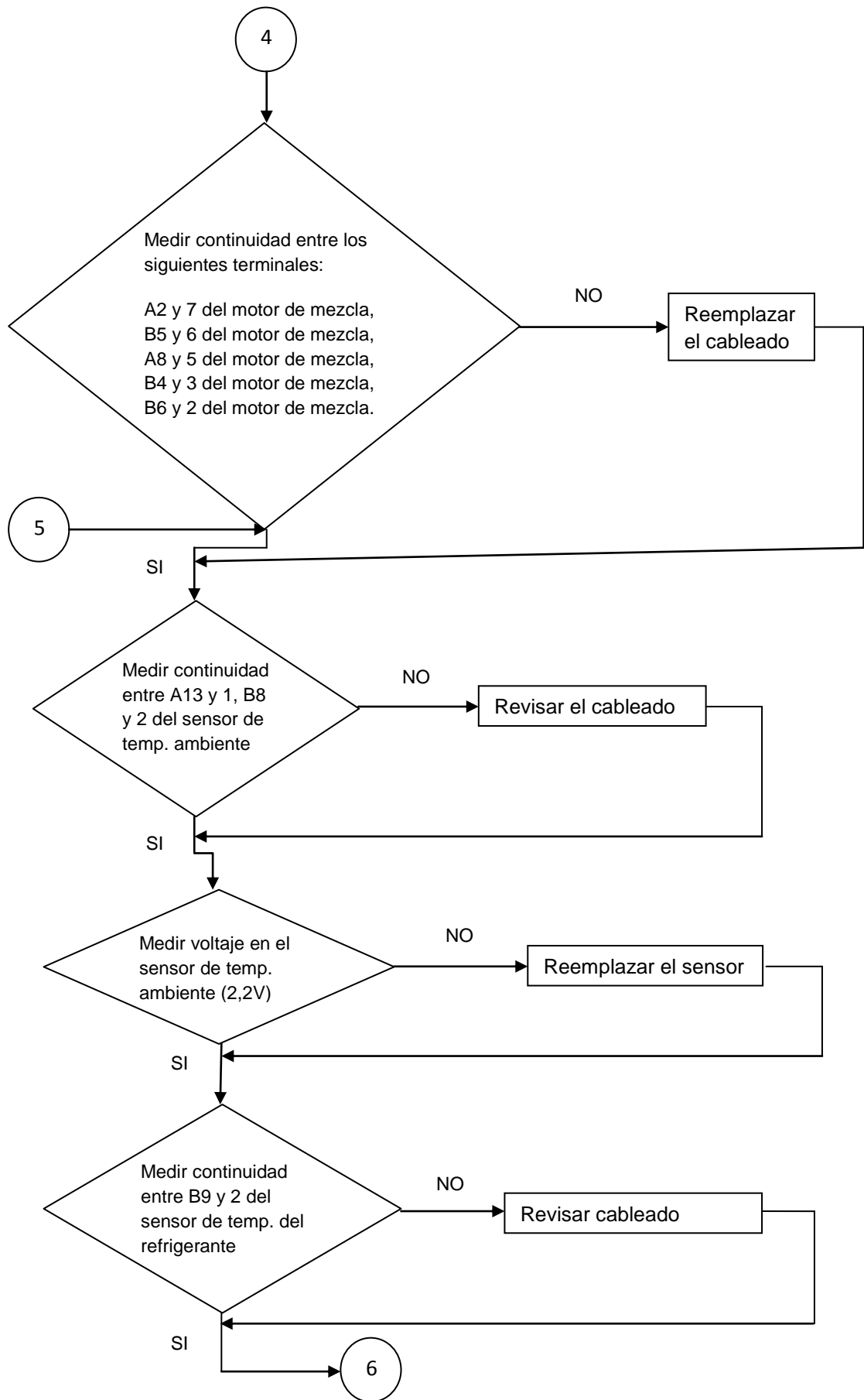


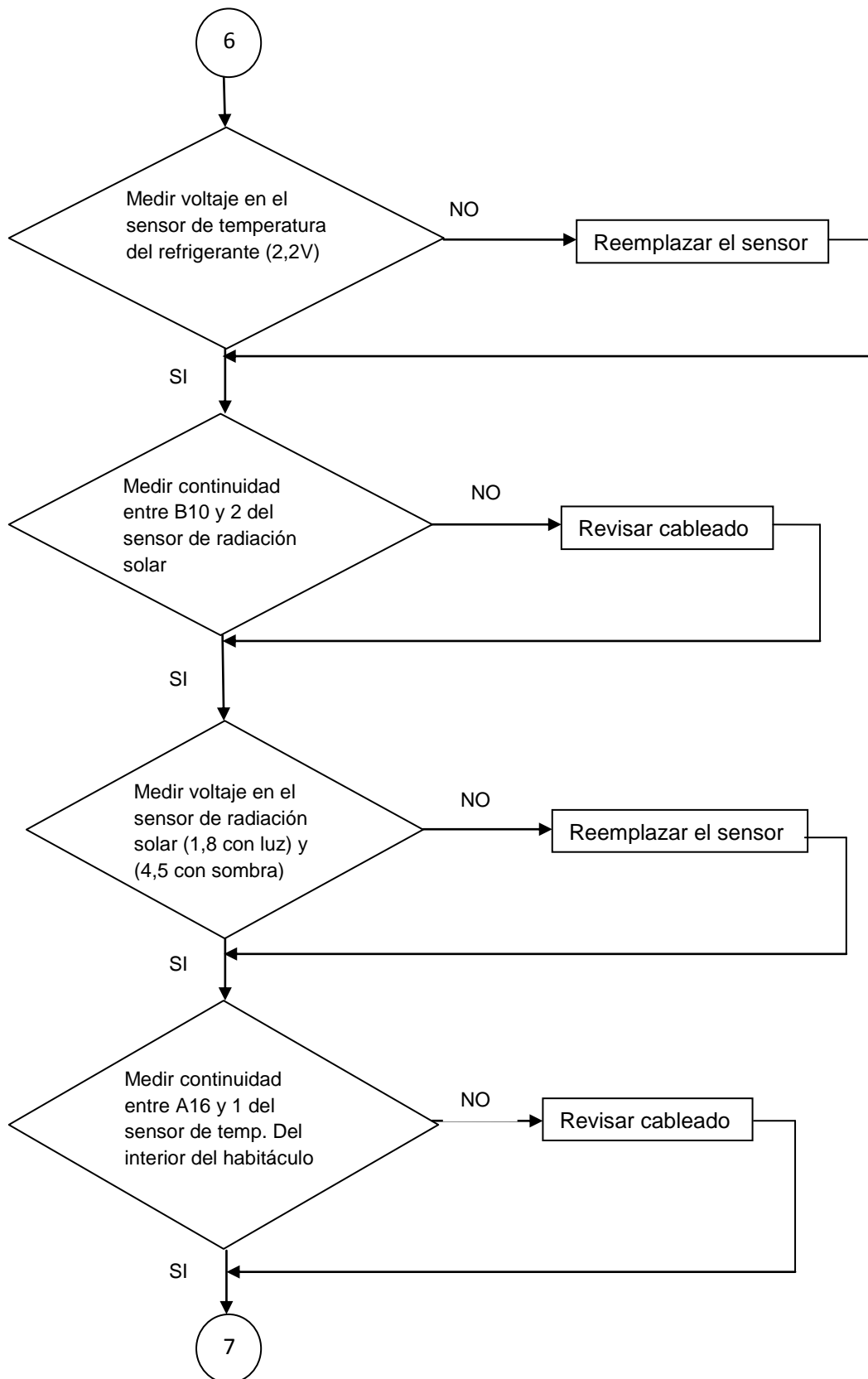


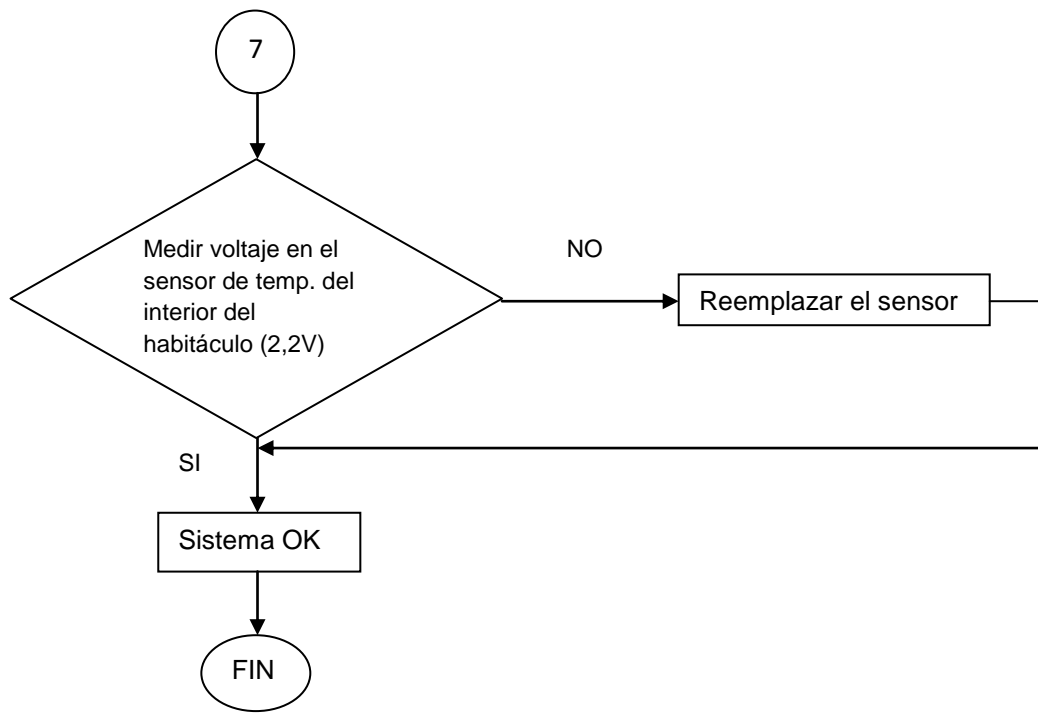


DEMASIADO CALOR O DEMASIADO FRÍO EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO

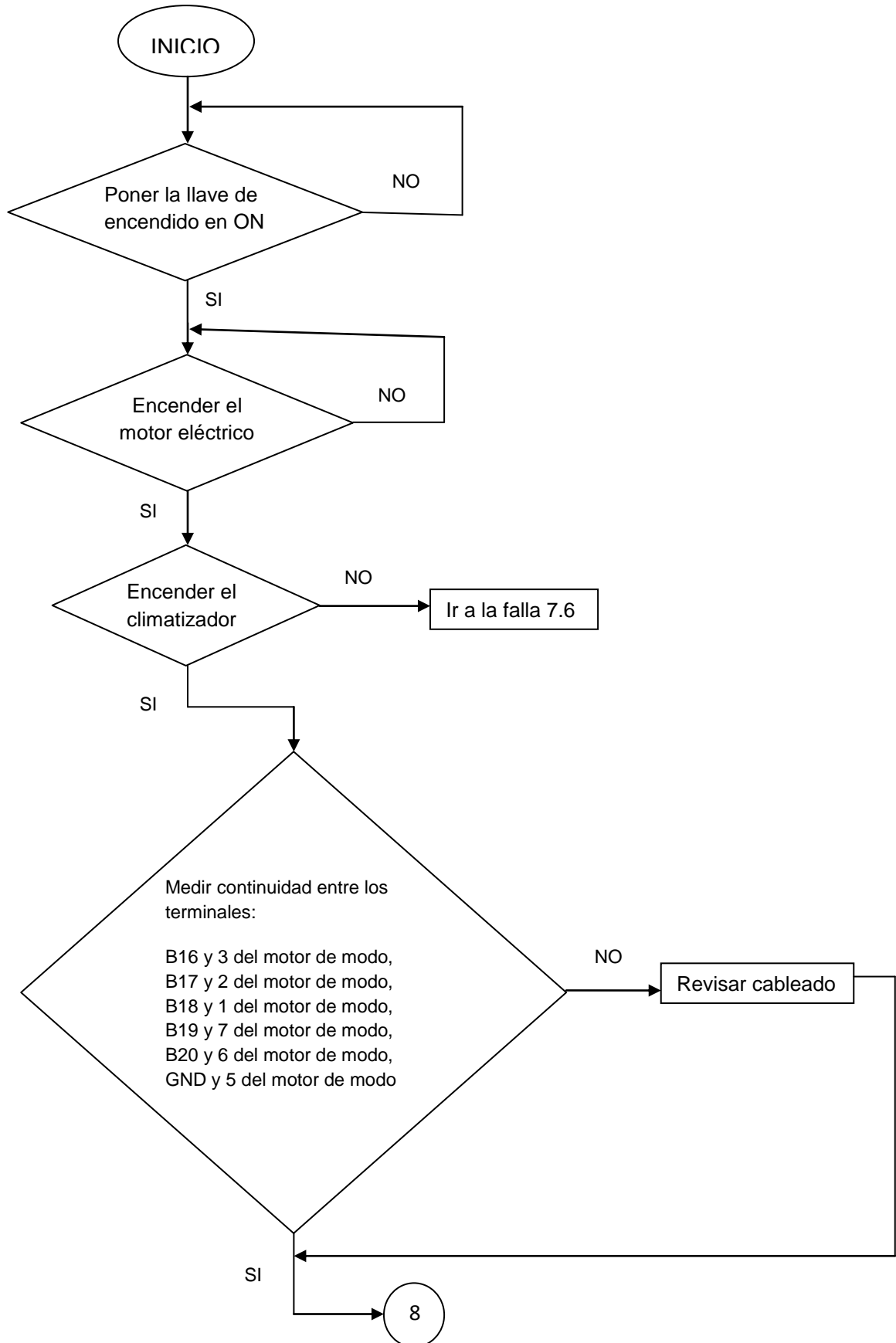


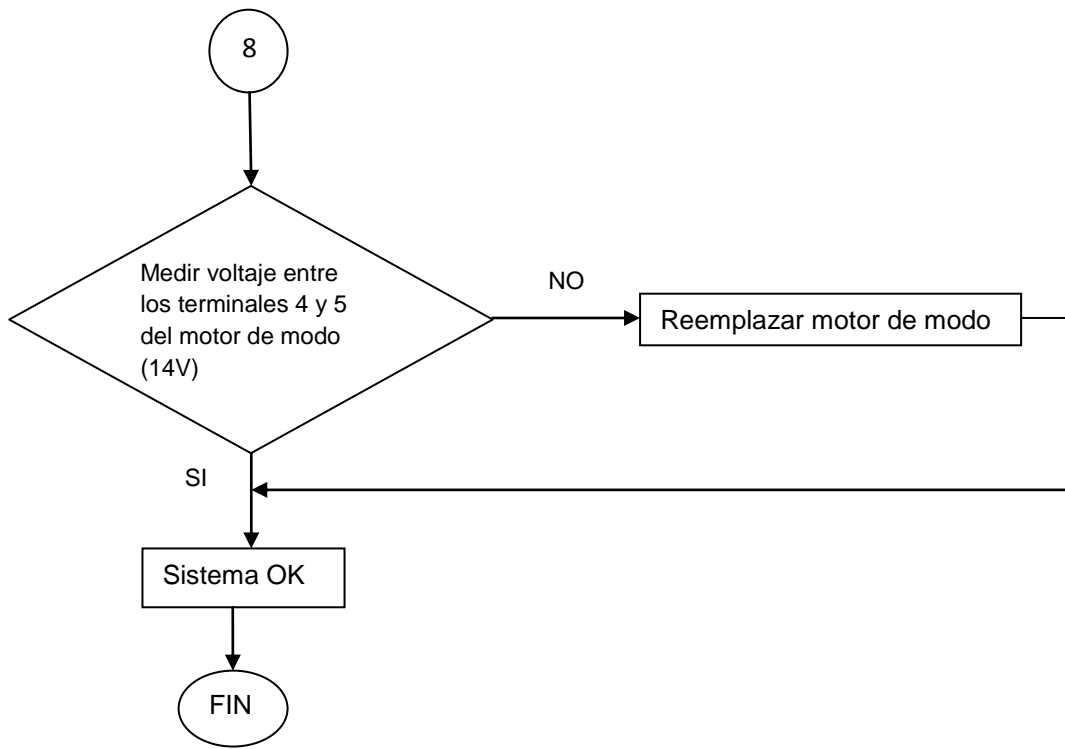




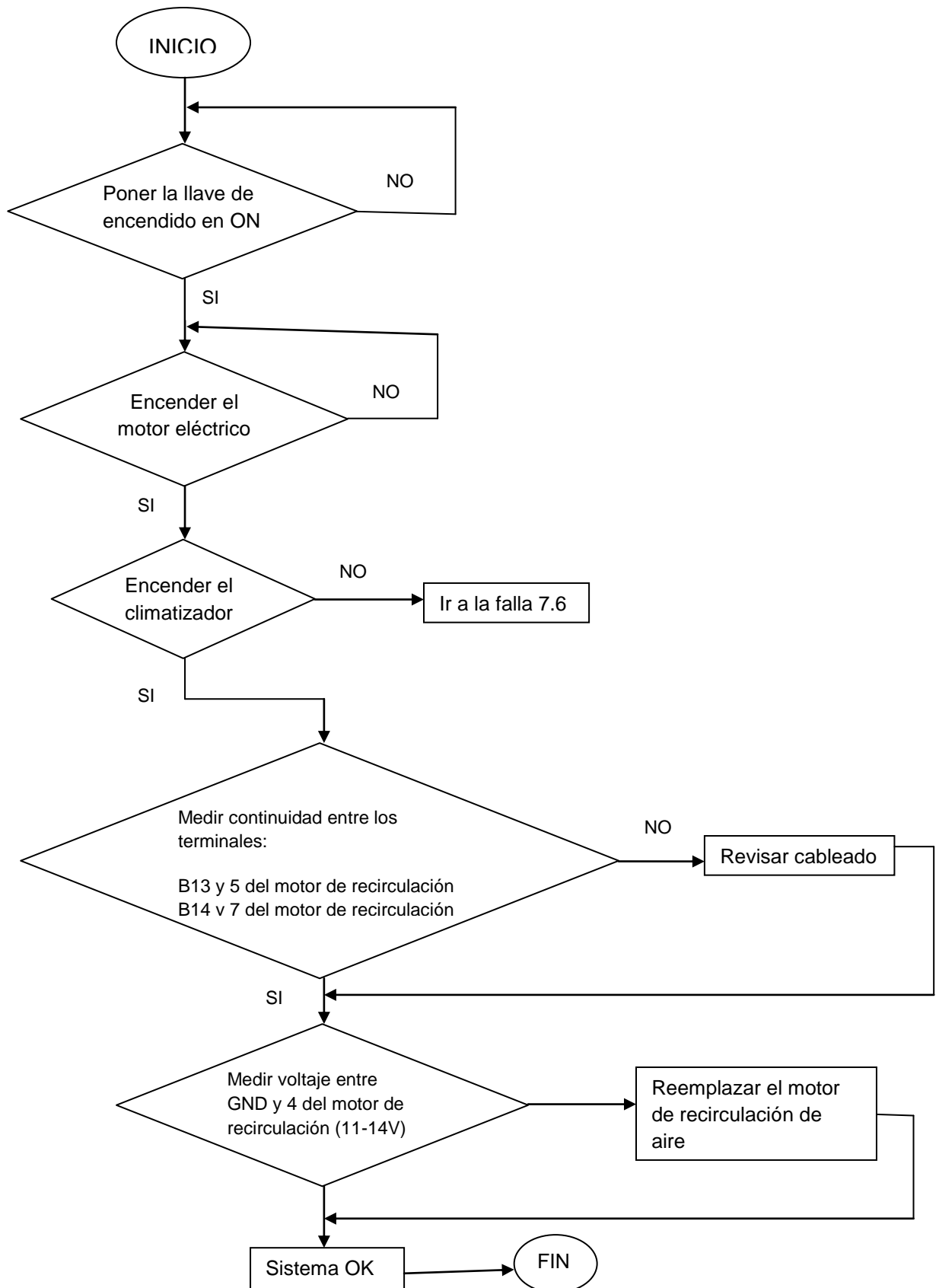


ENTREGA DE AIRE INADECUADA

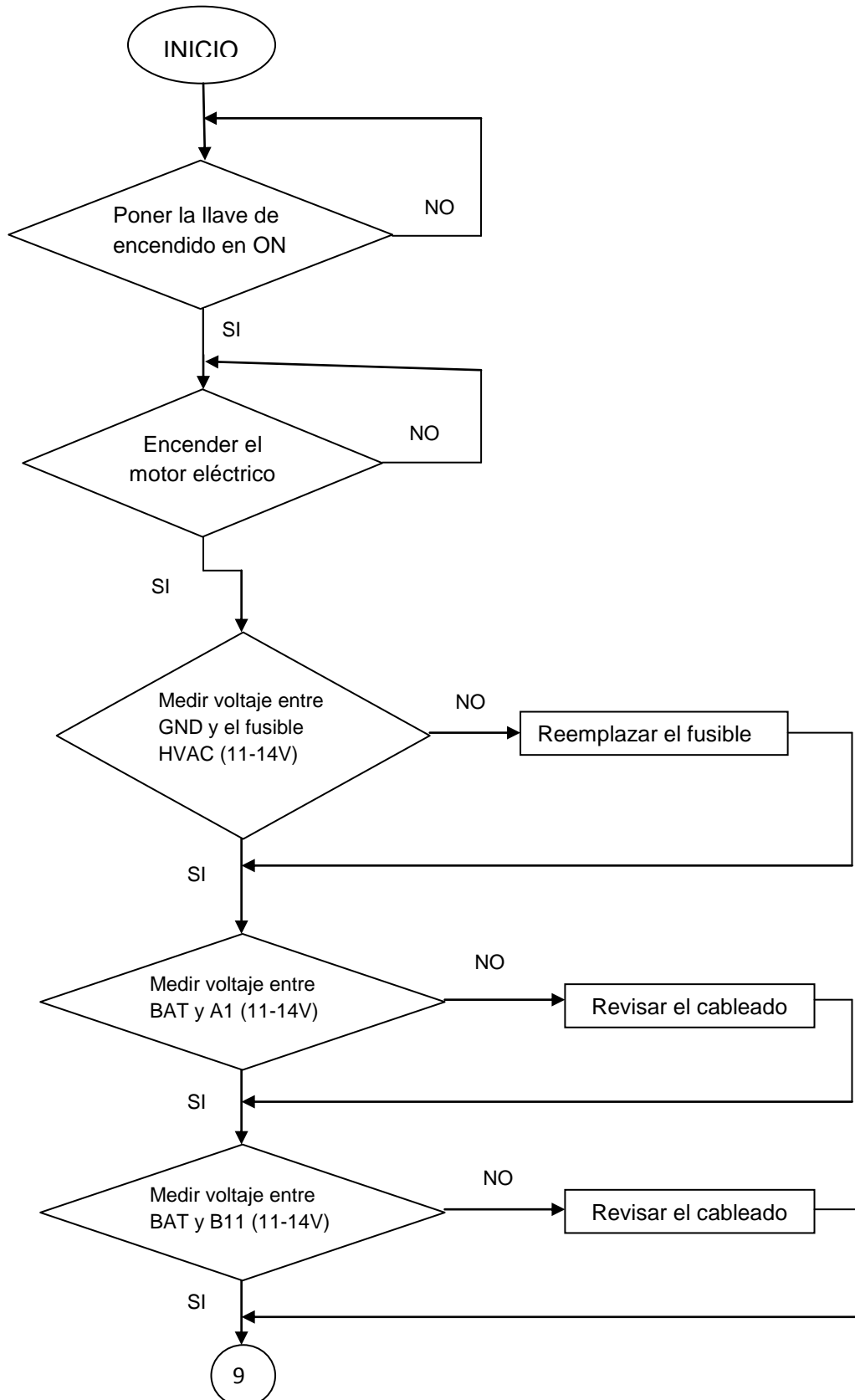


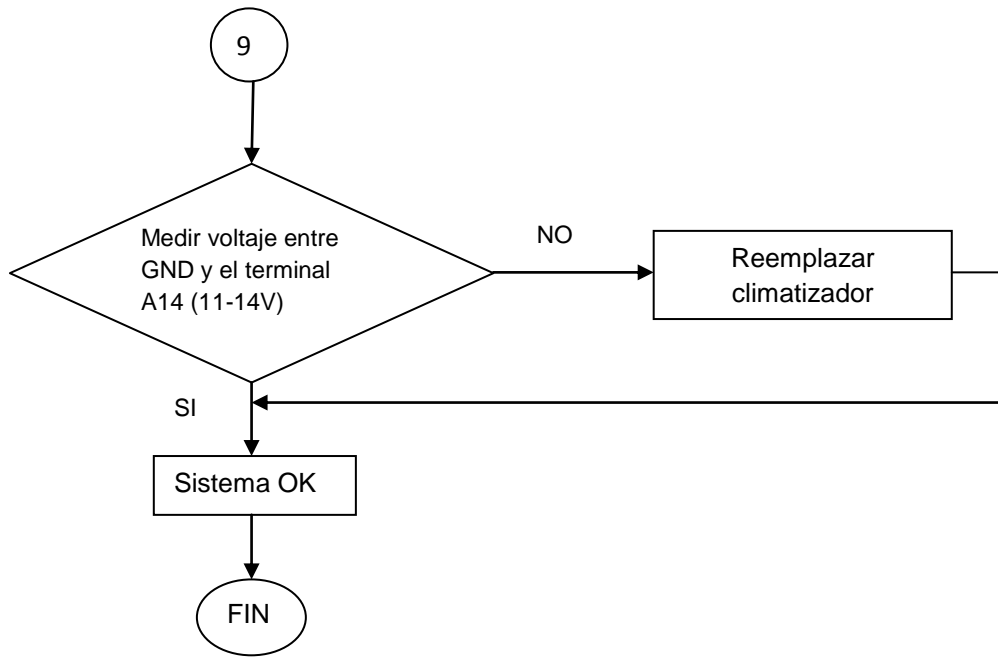


MAL FUNCIONAMIENTO DE LA RECIRCULACIÓN DE AIRE

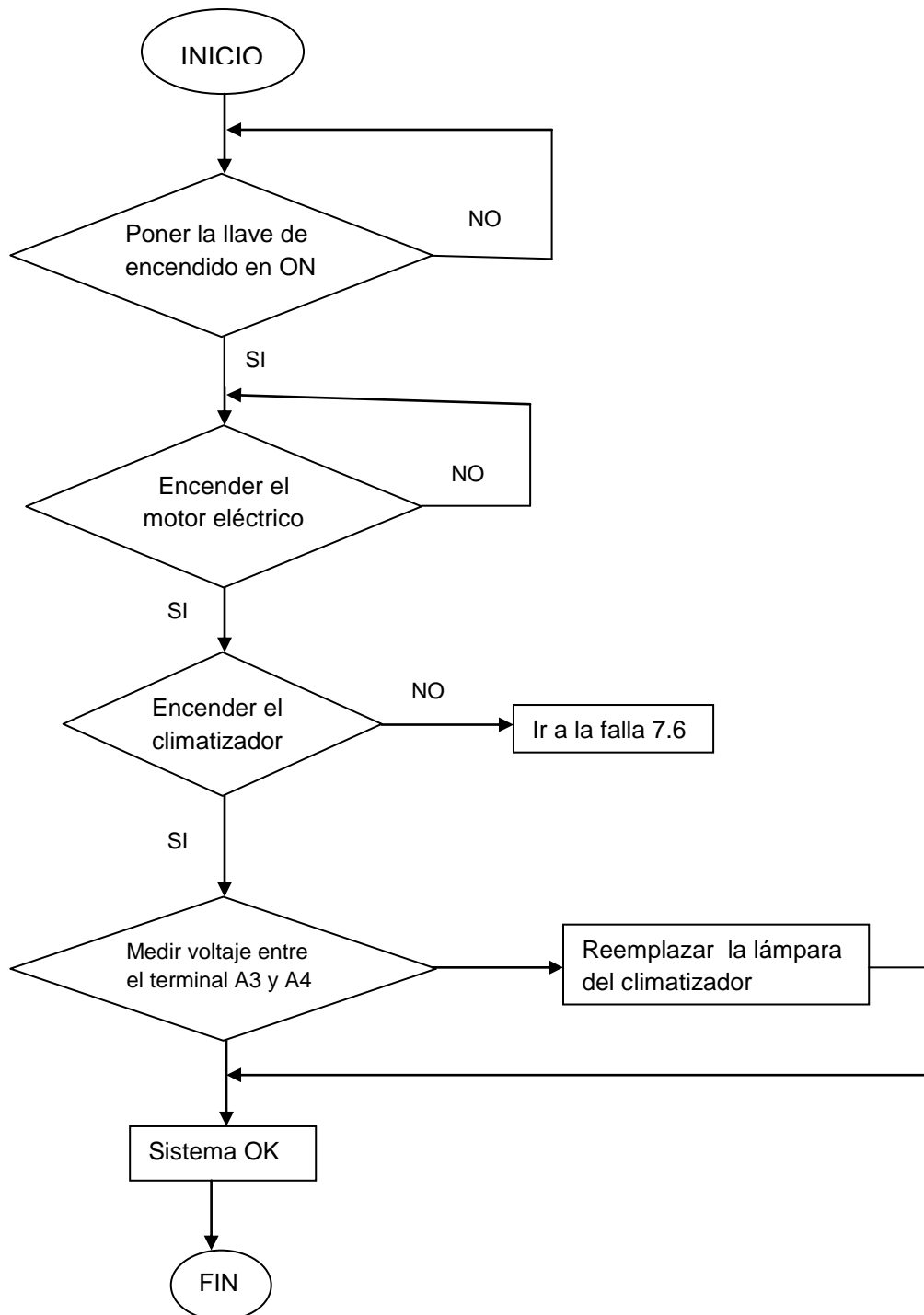


CLIMATIZADOR NO FUNCIONA





ILUMINACIÓN DEL CLIMATIZADOR NO FUNCIONA



CONCLUSIONES

- Un climatizador es el control que sobre el sistema de calefacción, aire acondicionado y ventilación, controla la temperatura en el interior del habitáculo, el cual gobierna todos los parámetros, temperatura, caudal de aire e incluso lugar de salida del mismo.
- El sistema de aire acondicionado no genera aire frío, simplemente enfría el aire que pasa por el evaporador hacia el habitáculo.
- La temperatura en el interior del habitáculo influye en el confort de los pasajeros, aumentando la seguridad activa y la concentración a largos periodos de conducción.
- El correcto mantenimiento del sistema prolonga su vida útil y asegura un buen rendimiento del mismo.
- El sistema de aire acondicionado es muy sensible a la humedad, ésta puede dañar los componentes del sistema.
- El entrenador constituye una herramienta de trabajo útil que permite ingresar fallas no destructibles al sistema.

RECOMENDACIONES

- Poner en funcionamiento el sistema de aire acondicionado por lo menos una vez a la semana durante 10 minutos, para hacer circular el aceite en el compresor para mantener siempre lubricado el sistema, y evitar daños mayores.
- Realizar el mantenimiento del sistema en un lugar adecuado con técnicos especialistas en sistemas de climatización.
- Siempre que se repare o cambie algún componente, evitar que ingrese cualquier tipo de impurezas al sistema para evitar el deterioro de los componentes.
- Tener precaución que las válvulas de los manómetros estén cerradas antes de conectar a las válvulas de servicio.
- No mezclar los agentes frigoríficos entre sí, utilizar únicamente el especificado por el fabricante para un determinado vehículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004.
- ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA, Edward; CECSA; 1994; págs. 133-162.
- Aire acondicionado en el automóvil; Crouse, William H.; Alfaomega/Marcombo; España; 1988.
- Climatizadores en el vehículo VW-AUDI
- CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO; Manual de servicio Hyundai Accent.
- ACONDICIONADOR DE AIRE; Manual de Servicio Suzuki SQ416/SQ420.
- Manual Valeo Clim Service.
- HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra.
- Calefactor y sistema de acondicionamiento del aire; TOYOTA; Volumen 18; Etapa 2.

ANEXOS

ANEXO A
DATOS PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES

Quito, Ecuador

Meteorología en Quito

Humedad relativa : 43%
Visibilidad : N/A km
Presión atmosférica : 728.8mb.
Velocidad del viento : 23 km/h
Ráfagas de viento : N/A km/h
Dirección del viento en grados : 40°
Dirección del viento : NE
Índice UV : 10+
Punto de rocío : 9
Estado del cielo : Neblina

Datos geográficos de Quito

Referencia tomada en : Quito, Ecuador
Latitud : -.19
Hora de salida del sol : 5:55 AM
Hora de la puesta de sol : 6:02 PM
Zona Horaria : UTC -5

	martes	miércoles	jueves	viernes
Hora	am pm	am pm	am pm	am pm
Amanece	5:55 AM	5:55 AM	5:54 AM	5:54 AM
Anochece	6:02 PM	6:02 PM	6:01 PM	6:01 PM
Max.TEMP °C	17	18	17	17
Min.TEMP °C	10	11	11	10
Viento(km/h)	11	11	11	11
Humedad relativa(%)	71 84	73 83	74 82	76 82

Fuente: <http://tiempoyhora.com/Am%C3%A9rica-del-Sur/Ecuador/Quito/Quito>

Tabla A.1. Datos climáticos de la ciudad de Quito

Ecución de Estado $p \cdot V = G \cdot R \cdot T$

TABLA N° 4. Valores de R, en $\frac{\text{kgm}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$

Gas	Fórmula química	Constante termodinámica de los gases R
Acetileno	C_2H_2	32,56
Acido sulfhídrico	SH_2	24,87
Anhidrido carbónico	CO_2	19,26
Anhidrido sulfuroso	SO_2	13,23
Aire	...	29,26
Amoniaco	NH_3	49,77
Argón	A	21,22
Helio	He	211,79
Hidrógeno	H_2	420,55
Metano	CH_4	52,85
Monóxido de carbono	CO	20,27
Nitrógeno	N_2	30,26
Oxigeno	O_2	26,44
Vapor de agua	H_2O	47,05

Fuente: <http://educiencia.blogspot.com/2009/11/tabla-constante-universal-de-los-gases.html>

Tabla A.2. Constante universal de los gases

	SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO (A 25 °C)	
		cal/g °C	J/kg K
	Aire	0,24	1.010
	Aluminio	0,22	900
	Alcohol etílico	0,59	2.450
	Oro	0,03	130
	Granito	0,19	800
	Hierro	0,11	450
	Aceite de oliva	0,47	2.000
	Plata	0,06	240
	Acero inoxidable	0,12	510
	Agua (líquida)	1,00	4.180
	Madera	0,42	1.760

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/calor.html>

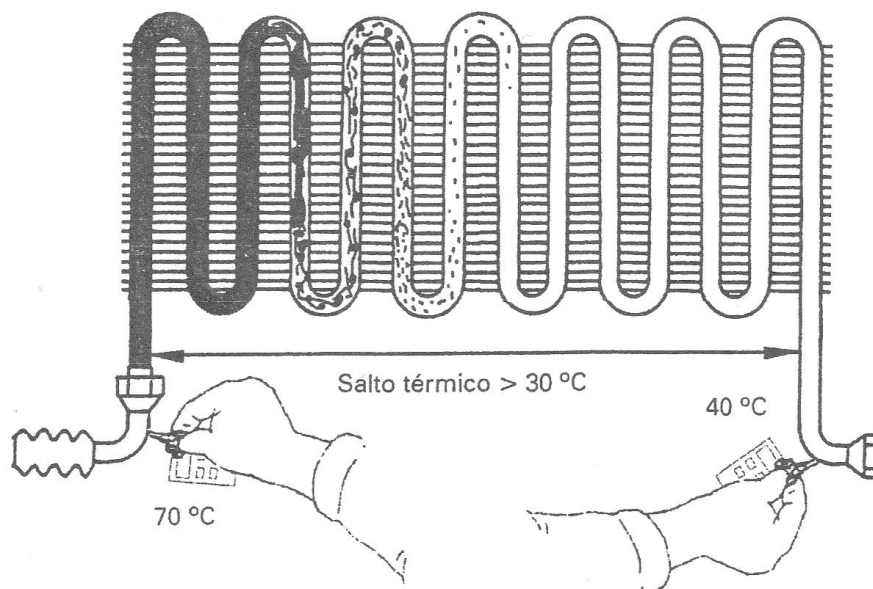
Tabla A. 3. Calor específico de sustancias

Tabla 1 Valores aproximados de coeficientes de transmisión de calor por convección

Tipo de convección y fluido	h ($W/m^2\text{°K}$)
Convección natural, aire	5-25
Convección natural, agua	20-100
Convección forzada, aire	10-200
Convección forzada agua	50-10.000
Agua en ebullición	3.000-100.000
Vapor de agua en condensación	5.000-100.000

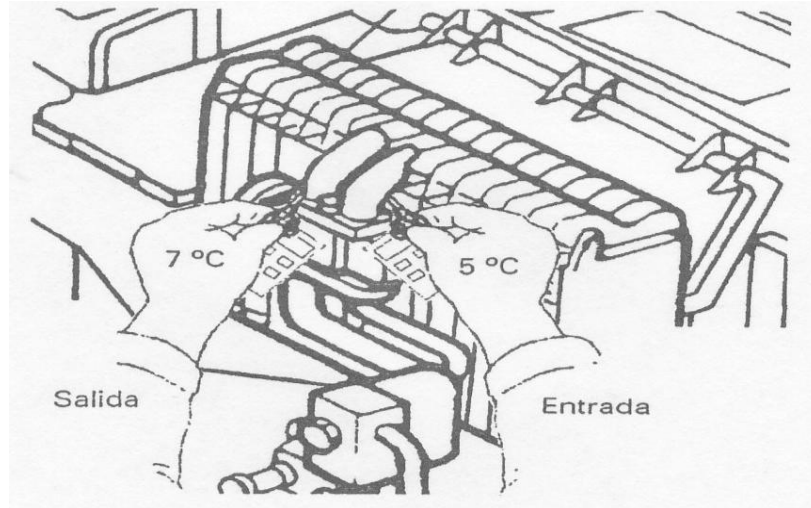
Fuente: http://www.ing.unrc.edu.ar/materias/energia_solar/archivos/teoricos/teorico_conveccion.pdf.

Tabla A.4. Calor específico de sustancias



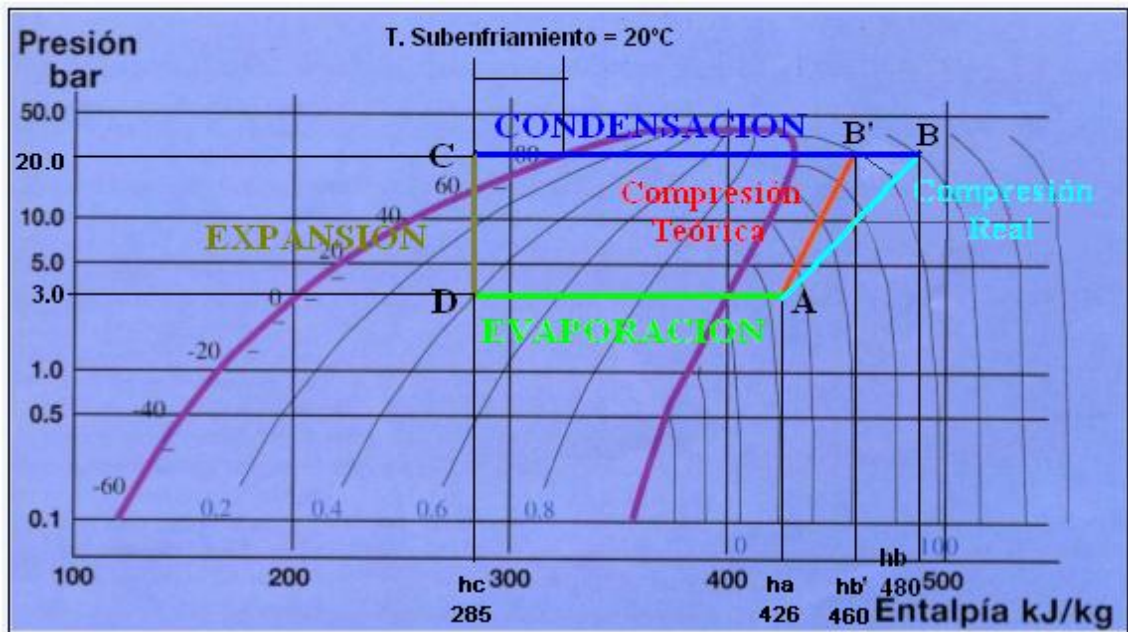
Fuente: Técnicas del Automóvil-Sistemas de climatización

Figura A.1: Temperatura del condensador



Fuente: Técnicas del Automóvil-Sistemas de climatización

Figura A.2: Temperatura del evaporador



Fuente: Manual Valeo Clim Service

Figura A.3: Diagrama de presión vs entalpía

ANEXO B

**PROGRAMACIÓN Y DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE LA PLACA
ELECTRÓNICA DE CONTROL**

PROGRAMA DE CONTROL DEL COMPRESOR Y ELECTROVENTILADOR DEL CONDENSADOR

'* Name : Maestro3.BAS
'* Author : [Proyecto ESPE]
'* Notice : Copyright (c) 2011 [select VIEW...EDITOR OPTIONS]
'* : All Rights Reserved
'* Date : 06/09/2011
'* Version : 1.0
'* Notes :
'* :

'DEFINICIONES INICIALES fusibles de configuracion

@ DEVICE PIC16F877A, XT_OSC, WDT_OFF, PWRT_OFF, BOD_OFF,
LVP_OFF

@ DEVICE PIC16F877A, CPD_OFF, WRT_OFF, DEBUG_OFF, PROTECT_OFF

'DEFINICIONES INICIALES PARA CONFIGURAR EL HARDWARE DEL
LCD*****

' Define el portico de Datos

DEFINE LCD_DREG PORTC

' Define el Bit de inicio de los Datos (0 or 4) si el bus es de 4-bit

DEFINE LCD_DBIT 4

' Define el p3rtico en donde se encuentra el Bit E (Enable) del LCD

DEFINE LCD_EREG PORTC

' Define la posicion del bit en el portico del Bit E (Enable) del LCD

DEFINE LCD_EBIT 3

' Define el p3rtico en donde se encuentra el Bit R/W (Read/Write) del LCD

DEFINE LCD_RWREG PORTC

' Define la posicion del bit en el portico del Bit R/W del LCD

DEFINE LCD_RWBIT 2

' Define el pórtico en donde se encuentra el Bit RS (Register Select) del LCD
DEFINE LCD_RSREG PORTC

' Define la posición del bit en el portico del Bit RS (Register Select) del LCD
DEFINE LCD_RSBIT 1

' Define el tamaño del bus de datos del LCD (4 or 8 bits)
DEFINE LCD_BITS 4

' Define el número de líneas del LCD
DEFINE LCD_LINES 2

' Define el tiempo de retardo para el envío del comando en microsegundos (us)
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000

' Define el tiempo de retardo para el envío del dato en microsegundos (us)
DEFINE LCD_DATAUS 50

Flag1 VAR Bit

Flag2 VAR Bit

Flag3 VAR Bit

Flag4 VAR Bit

x VAR BYTE

y VAR BYTE

z VAR BYTE

delay1 con 3500'3500

mil con 100'3500

UNI var BYTE

FRAC var BYTE

OverFlowVar var word

' Define parametros de ADCIN

DefineADC_BITS 10 ' Setea el número de bits en el resultado

DefineADC_CLOCK 3 ' Setea la fuente de clock de conversión (3=rc)

DefineADC_SAMPLEUS 50 ' Setea el tiempo de muestreo en uS

Adcval var word ' Crea variable para almacenar resultado

Temp VAR WORD

'ON INTERRUPT GOTO Frecuencia ;en caso de existir una interrupción ir
a verde

'INTCON = %10010000 ;habilita la interrupción RB0

ReleE var Portd.3

ReleC var Portd.2

SW1 var Portd.6

DEFINE OSC 4 'definir oscilador externo de 4 MHZ

TRISA = %00000001 'Setea PORTA

TRISB = %00000001 'Setea PORTB

TRISC = %00000000 'Setea PORTC

TRISD = %01000000 'Setea PORTD

TRISE = %00000000 'Setea PORTE

ADCON1 =%10001110 'Portico A.0, como ANALOGICO

ReleE=0

ReleC=0

flag1=0

flag2=0

flag3=0

flag4=0

OverFlowVar=0

' INICIALIZACION DE VARIABLES

Pause 500 'Espera inicializacion del LCD

Inicio:

ADCIN 0, adcval ' Lee el canal 0, almacenado en adcval

TEMP=(ADCVAL*50)/1023

UNI=TEMP DIG 1

FRAC=TEMP DIG 0

```

Lcdout $fe, $80
Lcdout DEC4 adcval," ",DEC UNI,".",DEC FRAC," "
PULSIN PORTB.0,1,temp
IF SW1=1 AND temp>0 THEN
    if flag1=0 and flag2=0 and flag3=0 AND flag4=0 then
        IF ADCVAL <= 102 THEN
            ReleE=0
            ReleC=0
        ENDIF
        IF ADCVAL >102 and ADCVAL <=920 THEN
            ReleE=1
            ReleC=1
        ENDIF
        IF ADCVAL >920 THEN
            ReleE=1
            ReleC=0
            flag1=0
            flag2=1
            flag3=0
            flag4=0
        ENDIF
    endif

```

```

-----
    if flag1=0 and flag2=1 and flag3=0 and flag4=0 then
        IF ADCVAL >=675 THEN
            ReleE=1
            ReleC=0
        ENDIF
        IF ADCVAL >491 and ADCVAL <=675 THEN
            ReleE=0
            ReleC=1
        ENDIF
    endif

```


IF ADCVAL <=675 THEN

ReleE=0

ReleC=0

flag1=0

flag2=0

flag3=1

flag4=0

ENDIF

endif

if flag1=0 and flag2=0 and flag3=1 AND flag4=0 then

IF ADCVAL >=920 THEN

ReleE=1

ReleC=0

flag1=0

flag2=0

flag3=0

flag4=1

ENDIF

IF ADCVAL >675 and ADCVAL <=920 THEN

ReleE=1

ReleC=1

ENDIF

IF ADCVAL >491 and ADCVAL <=675 THEN

ReleE=0

ReleC=1

ENDIF

IF ADCVAL <=491 THEN

ReleE=0

ReleC=0

if ADCVAL <=102 then

flag1=0

```
        flag2=0
        flag3=0
        flag4=0
    endif
endif
ENDIF
```

```
if flag1=0 and flag2=0 and flag3=0 AND flag4=1 then
    IF ADCVAL >=920 THEN
        ReleE=1
        ReleC=0
    ENDIF
    IF ADCVAL >675 and ADCVAL <=920 THEN
        ReleE=1
        ReleC=0
    ENDIF
    IF ADCVAL >491 and ADCVAL <=675 THEN
        ReleE=0
        ReleC=1
        flag1=0
        flag2=0
        flag3=1
        flag4=0
    ENDIF
    IF ADCVAL <=491 THEN
        ReleE=0
        ReleC=0
        if ADCVAL <=102 then
            flag1=0
            flag2=0
            flag3=0
            flag4=0
        
```

```

        endif
    ENDIF
endif
else
    ReleE=0
    ReleC=0
ENDIF
goto inicio
*****
END

```

PROGRAMA DE GENERACIÓN DE ONDA CUADRADA

```

*****
'* Name   : freq1.BAS
'* Author : [Alumnos ESPE]
'* Notice : Copyright (c) 2011 [select VIEW...EDITOR OPTIONS]
'*       : All Rights Reserved
'* Date   : 06/09/2011
'* Version : 1.0
'* Notes  :
'*       :
*****

'Fusibles
@ DEVICE PIC16F628A, XT_OSC, WDT_OFF, PWRT_OFF, MCLR_OFF
@ DEVICE PIC16F628A, BOD_OFF, LVP_OFF, CPD_OFF, PROTECT_OFF
retar01 con 250    ' retardo
retar2  con 1     ' retardo
x       var byte
x1      var byte

```

```

x2    var byte
y     var byte
z     var byte
Digito0 VAR byte
Digito1 VAR byte
Dato  var BYTE
Tiempo var BYTE
tiempoini var byte
tiempoini1 var byte
tiempo30 var byte
DipSW var byte
Moneda var byte
Pulso var word
hour  var  byte  ' Define hour variable
dhour var  byte  ' Define display hour variable
minute var  byte  ' Define minute variable
second var  byte  ' Define second variable
ticks var  byte  ' Define pieces of seconds variable
update var  byte  ' Define variable to indicate update of LCD
Flag1 var  bit   '
Flag2 var  bit   '
Flag3 var  bit   '
Flag5 var  byte  '
Frec  var  word
Frec1 var  word
incre VAR  PORTb.6
decre VAR  PORTb.7

```

Rebote con 40

```

DEFINE OSC 4      ' Definir oscilador externo de 4 MHZ
TRISA = %00000000 ' Configuro 4 In's al portico A

```

```
TRISB = %11000000    ' Configuro 8 Out's al pórtico B
CMCON=7              ' Pines Portico A como digitales
```

```
hour = 0            ' Set initial time to 00:00:00
minute = 0
second = 0
ticks = 0
update = 0         ' Force first display
```

```
'PORTB.0=0
```

```
PORTB.1=1
```

```
PORTB.2=1
```

```
PORTB.3=0
```

```
digito0 = 0
```

```
digito1 = 0
```

```
dato=0
```

```
tiempo=0
```

```
tiempoini=0
```

```
second=0
```

```
minute=0
```

```
FLAG1=0
```

```
FLAG2=0
```

```
FLAG3=0
```

```
FLAG5=0
```

```
Moneda=22
```

```
tiempo30=30
```

```
frec=5000
```

```
PORTB.5=0
```

```
LAZO:
```

```
    PORTB.5=1
```

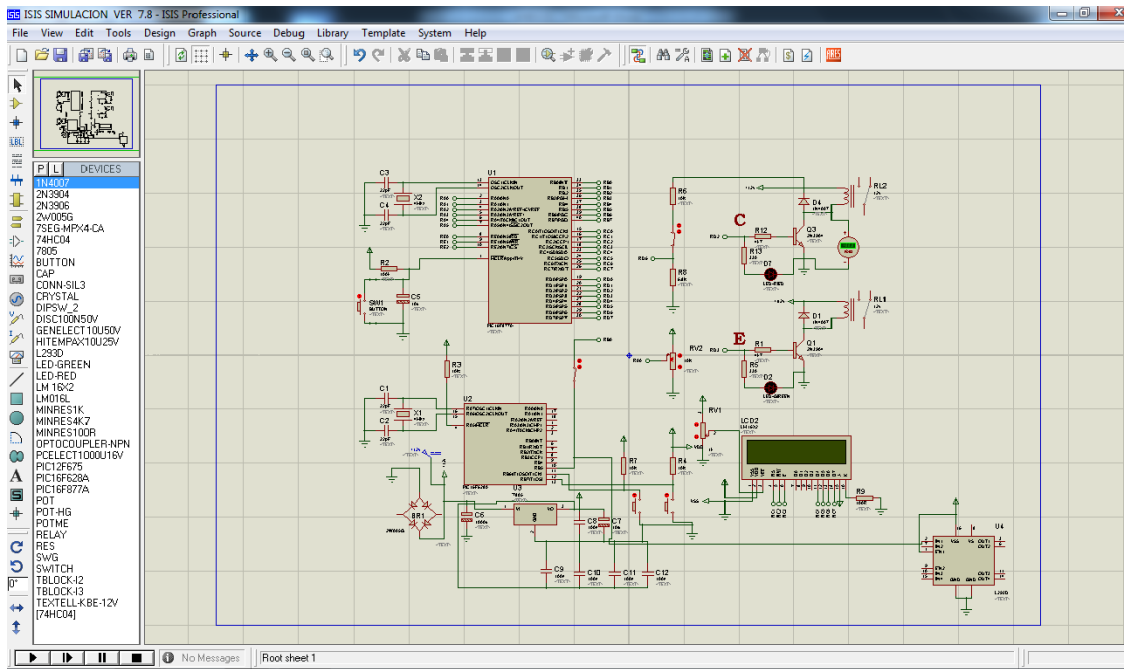
```
    pauseus frec
```

```
    PORTB.5=0
```

```
    pauseus freq
    if incre = 0 then suma
    if decre = 0 then resta
GOTO LAZO
!*****
suma:
    pause 50
    freq=freq+10
    if freq >= 10000 then
        freq=4000
    endif
GOTO lazo

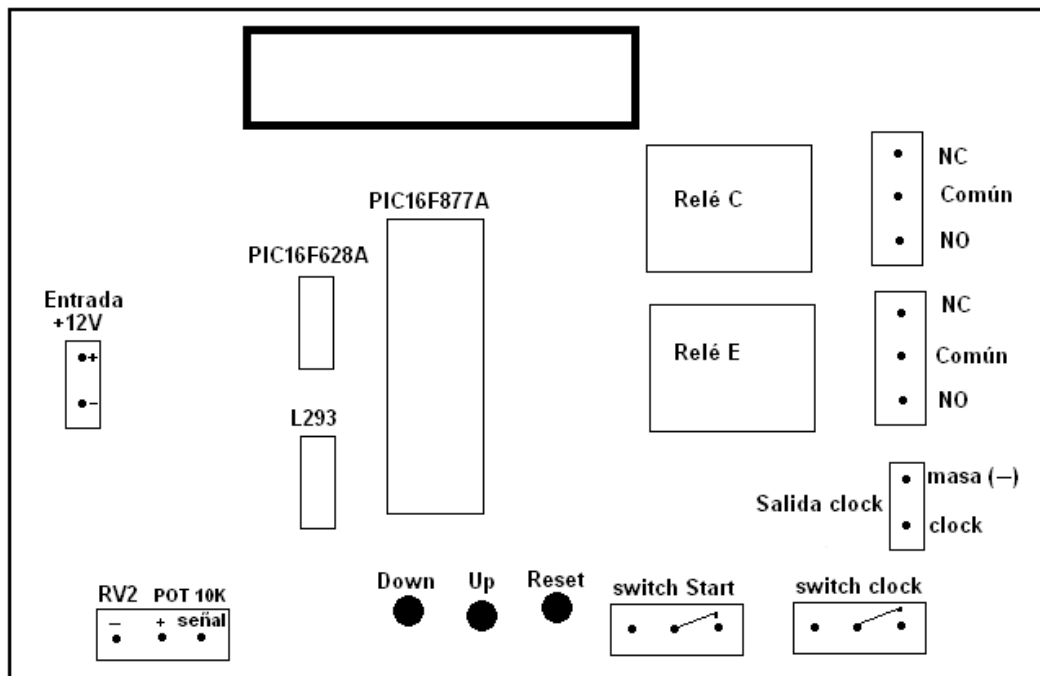
resta:
    pause 50
    freq=freq-10
    if freq <= 4000 then
        freq=4000
    endif
GOTO lazo

END
```



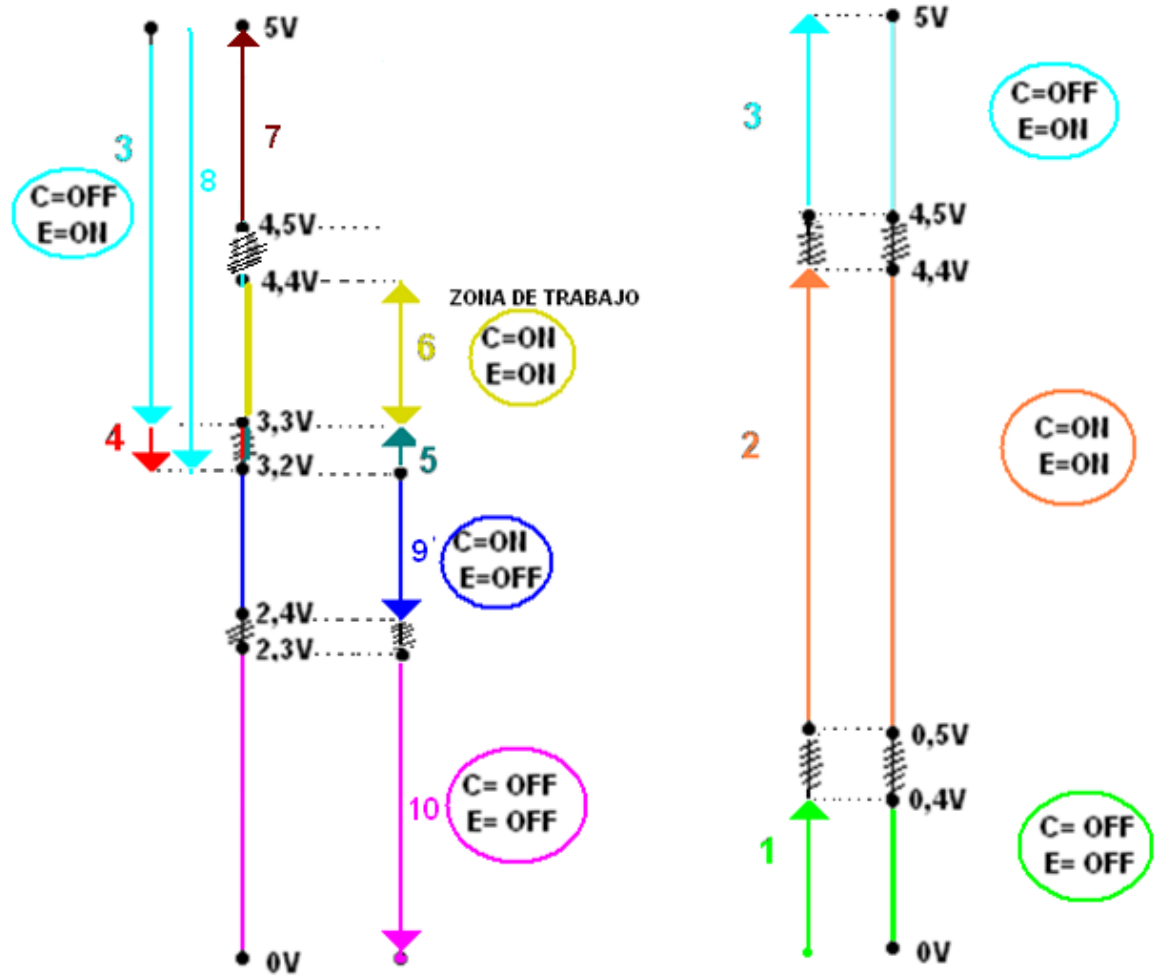
Fuente: Autores

Figura B.1: Programa simulado en ISIS



Fuente: Autores

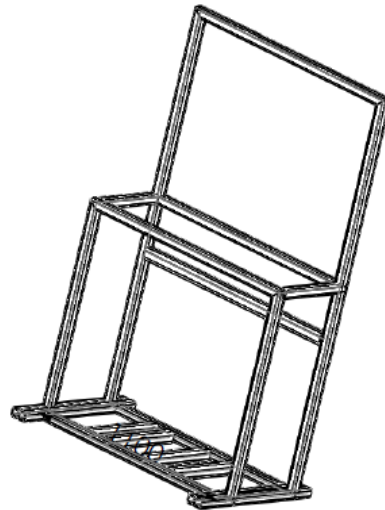
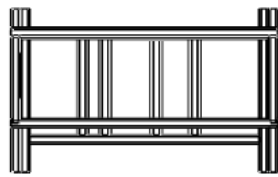
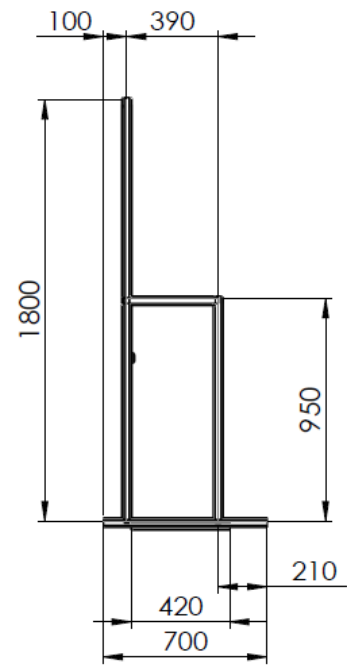
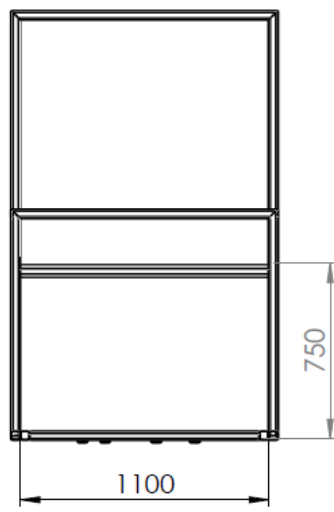
Figura B.2: Disposición de los elementos



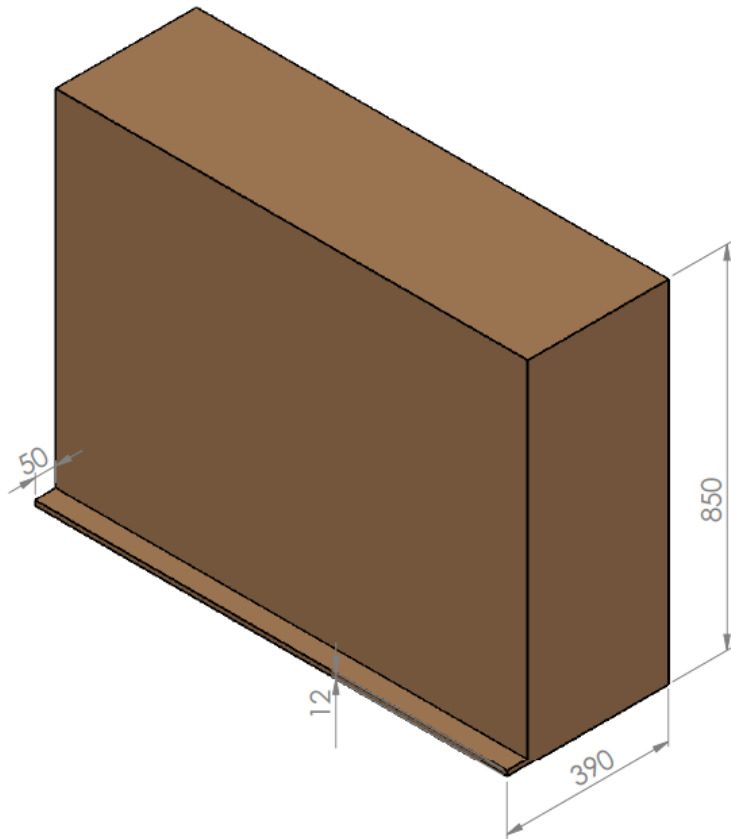
Fuente: Autores

Figura B.3: Funcionamiento del programa

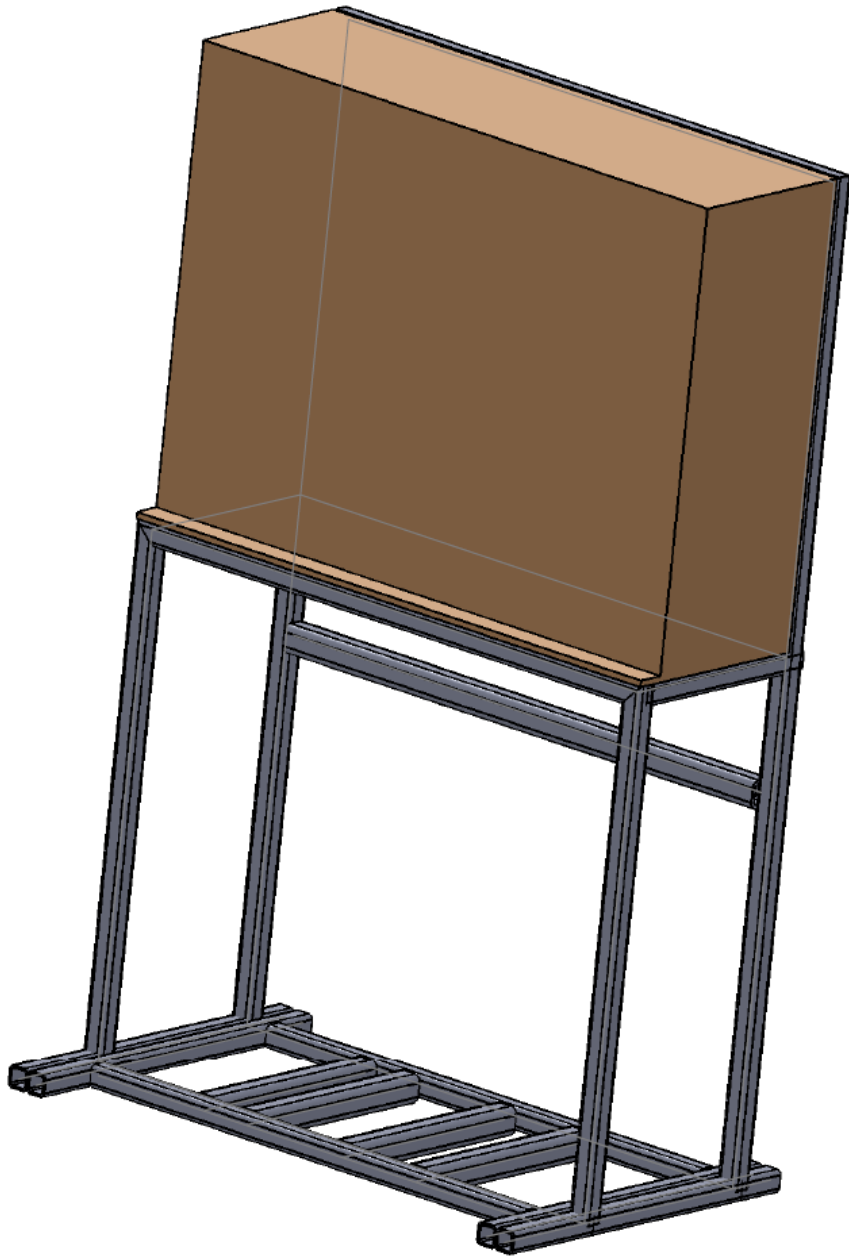
ANEXO C
PLANOS DE LA ESTRUCTURA



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA				TÍTULO:	
DIBUJ.							
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						Ensamblaje2	A4
				PESO:		ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.			NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.						
			MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	Pieza 11
			PESO:		ESCALA: 1:20	A4
					HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	Ensablaje3
				ESCALA:1:20	A4
			PESO:	HOJA 1 DE 1	

ANEXO D
ARTÍCULO REVISTA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DE AIRE
ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR PARA SIMULACIÓN DE FALLAS EN
EL SISTEMA.”**

Autores:

Luis Alegría

Cristian Masapanta

Ing. Héctor Terán

Ing. José Quiroz dpto. De Energía y Mecánica. Escuela Politécnica del Ejército

Extensión Latacunga

Quijano y Ordoñez y Marquez de Maenza S/N Latacunga - Ecuador

Email: luis_alegria1987@hotmail.com

cristian_mg_910@hotmail.com

RESUMEN

Durante los últimos años los vehículos han experimentado diversos cambios, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental, aumentar la seguridad y confortabilidad del vehículo.

Uno de estos cambios lo constituyen los sistemas de aire acondicionado y climatización, que han aumentado su presencia en el mercado, hasta tal punto que hoy en día es difícil encontrar un automóvil que no disponga de este tipo de equipamiento.

El sistema de climatización constituye un sistema importante dentro de la seguridad activa del vehículo ya que influye en la seguridad de la conducción proporcionando un agradable entorno en el interior del vehículo.

El entrenador de aire acondicionado con climatizador es una herramienta de experimentación concerniente a uno de los más recientes sistemas de climatización controlados electrónicamente y aplicados al automóvil.

El entrenador nos permite distinguir fácilmente los componentes del

sistema de aire acondicionado con climatizador, observar su funcionamiento, realizar distintas mediciones, comprobaciones, y simular fallas reales en el sistema.

I. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Leyes físicas

El funcionamiento del aire acondicionado está sometido a tres leyes naturales:

- 1ª ley.- El calor se mueve siempre desde el objeto más caliente hacia el objeto más frío. El calor es una forma de energía; la temperatura es una medida para su intensidad.
- 2ª ley.- Para convertir un líquido en vapor es necesario calor.
- 3ª ley.- Al comprimir un gas aumenta su temperatura y su presión.

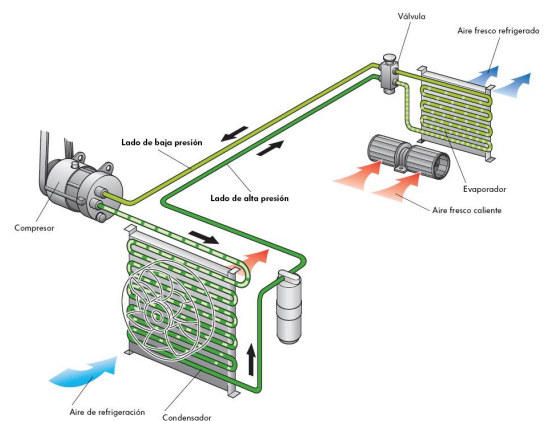
Función y necesidad del aire acondicionado

El bienestar del conductor es una parte importante de la seguridad activa, puesto que ejerce una gran influencia sobre la capacidad de concentración del ser humano, así como sobre su resistencia física y

mental a periodos de conducción prolongados, reduciendo de este modo muy significativamente la fatiga y aumentando la seguridad en la conducción.

Para lograr cierto grado de confort debe actuarse sobre diversos factores, tales como la temperatura, la humedad, la calidad del aire, etc., función que desempeña el equipo de climatización, adaptándose en todo momento a las condiciones ambientales cambiantes que afectan al entorno del vehículo y al habitáculo.

Circuito de aire acondicionado



Los acondicionadores de aire son instalaciones de refrigeración que, complementan la calefacción de equipo de serie y, conjuntamente con ésta, climatizan totalmente el vehículo.

El acondicionador de aire instalado en el vehículo está integrado en el sistema de ventilación y calefacción.

Climatizar o acondicionar el aire significa regular la temperatura, la humedad, la pureza y la circulación del aire. Un acondicionador de aire en el vehículo enfría el aire y extrae de éste la humedad y el polvo.

Por medio de las unidades manuales o automáticamente combinadas de refrigeración y calefacción el conductor puede regular a su elección la temperatura en el interior del vehículo.

El circuito de aire acondicionado realiza su trabajo en cuatro etapas que son la compresión, condensación, expansión y evaporación.

II. COMPONENTES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR

Compresor: aspira el fluido refrigerante gaseoso frío a baja presión, procedente del evaporador. Para el compresor es de vital importancia que el fluido refrigerante se encuentre en estado gaseoso, por no ser compresible en estado líquido, lo cual destruiría el compresor.

El compresor se encarga de comprimir el fluido refrigerante y lo impele como gas caliente hacia el condensador. El compresor representa de esta forma un punto de separación entre los lados de alta y baja presión del circuito.

Condensador: es un intercambiador de calor empleado para lograr reducir la alta temperatura del refrigerante provocada por el aumento de presión en el compresor. A través del condensador se hace pasar aire fresco, que absorbe el calor y hace que el refrigerante gaseoso se enfríe. Al enfriar el refrigerante se condensa a una temperatura y una presión específicas, adoptando el estado líquido.

Filtro deshidratador: tiene como función principal limpiar el fluido refrigerante reteniendo las impurezas que contenga. Al mismo tiempo retiene cualquier traza de humedad que circule con el refrigerante, depositándose estas en un material filtrante de óxido de silicio o alúmina.

Válvula de expansión: regula el flujo de refrigerante hacia el evaporador en función de la temperatura que

tiene el refrigerante a la salida del evaporador.

Evaporador: es un intercambiador de calor en el cual se distensa el refrigerante que deja pasar la válvula de expansión, en esta operación el refrigerante se enfría intensamente pasando al estado gaseoso. El calor necesario para la evaporación lo extrae el refrigerante del aire que pasa entre las aletas del evaporador. Este aire se enfría, deshidrata y depura.

Climatizador: El climatizador es el control que sobre el sistema de calefacción, aire acondicionado y ventilación, controla la temperatura en el interior del habitáculo, el cual gobierna, todos los parámetros de temperatura, caudal de aire e incluso lugar de salida del mismo.

III. MONTAJE DEL ENTRENADOR

El entrenador comprende los siguientes circuitos y dispositivos:

Circuito de refrigeración:

- Compresor
- Condensador
- Evaporador
- Válvula de expansión
- Botella deshidratadora

- Electroventilador del condensador

Dispositivos de control, regulación y distribución del caudal de aire

- Placa electrónica para simular la activación/desactivación del compresor y del electroventilador del condensador a través del sensor de presión del refrigerante (ACP) que envía señales de voltaje en función de las presiones existentes en el sistema.

- Climatizador, que cumple las siguientes funciones:

- Fijación de la temperatura del aire al valor requerido

- Control de la mezcla de aire

- Regulación de la velocidad del soplador

- Control de la distribución del aire

- Mando de la trampilla de recirculación

- Soplador (Blower)

- Motor para controlar la trampilla de recirculación de aire

- Motor de mezcla de aire
- Motor de control de salida de aire
- Regulador de velocidad del soplador
- Sensor de presión del refrigerante (ACP)
- Sensor de temperatura ambiente
- Sensor de temperatura del interior del habitáculo
- Sensor de temperatura del refrigerante
- Sensor de carga solar

Dispositivos eléctricos

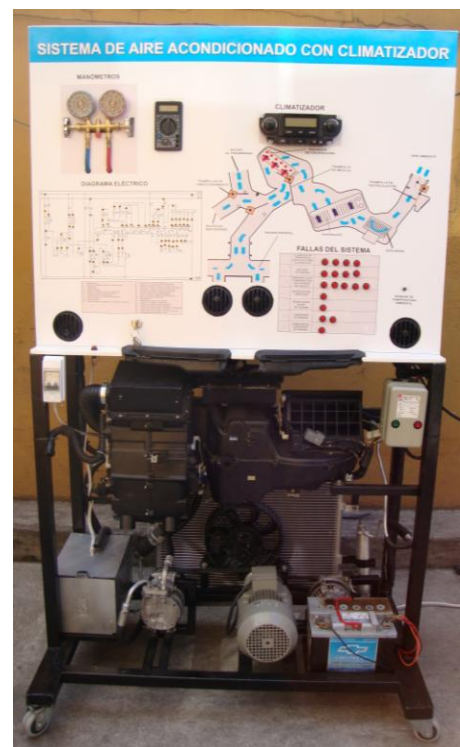
- Motor trifásico de 3HP
- Batería de 12V
- Alternador
- Conmutador de llave
- Fusibles
- Relés
- Pulsadores

Circuito de calentamiento del agua para la calefacción

- Niquelinas
- Electrobombas
- Radiador de calefacción

Dispositivos de medición y comprobación

- Esquema eléctrico de la instalación para una rápida localización de los componentes y sus conexiones
- Conjunto de manómetros para medir la presión del sistema
- Puntos de medición, en correspondencia de todas las conexiones de los componentes eléctricos del sistema
- Multímetro



IV. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA CLIMATIZADOR

Diagnóstico táctil

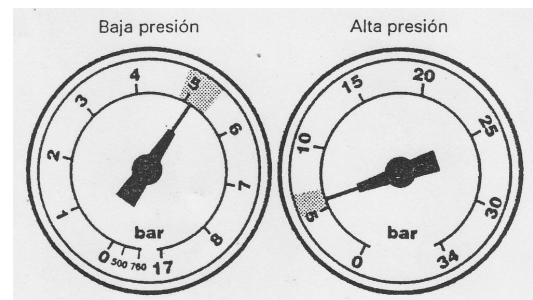
Procedimiento para realizar un diagnóstico táctil del sistema

5. Encender el vehículo y mantenerlo en marcha hasta que se active el ventilador de refrigeración.
6. Encender el conjunto climatizador.
7. Mantener al vehículo a unas 2000 RPM durante 5 minutos.
8. Dejar al vehículo en ralentí y realizar las siguientes pruebas que nos indican un buen funcionamiento.
 - Compresor caliente.
 - Salida de alta presión del compresor al condensador caliente.
 - Condensador caliente en la entrada y templado en la salida.
 - Salida de alta presión del condensador al expansor templada.
 - Entrada del expansor templada, salida fría.
 - Entrada al evaporador fría y salida fría, aunque a mayor temperatura.
 - Tuberías con la misma temperatura a la entrada que a la salida.

De no cumplir con estos requisitos se puede estar seguro de la existencia de una avería en el circuito, mientras que si estos primeros controles resultan satisfactorios, no implica el correcto funcionamiento del sistema climatizador.

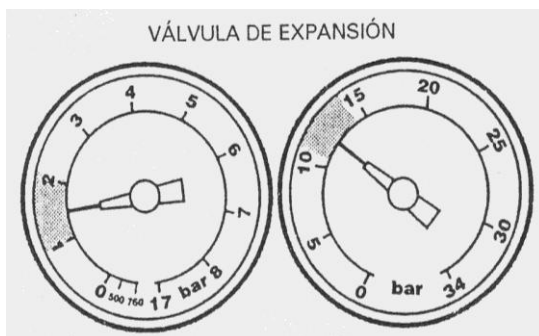
Diagnóstico estático y dinámico de las presiones del sistema

Para determinar la cantidad de gas que se encuentra en el sistema, conectamos los manómetros, estando el motor apagado y el climatizador desconectado unos 20 minutos con el fin de permitir que las presiones de alta como de baja se igualen.



Al conectar los manómetros se debe observar la misma presión en la zona de alta como en la de baja. De no ser así es un síntoma de que existe un obstáculo en el circuito y se debe proceder a realizar una limpieza del sistema.

En el diagnóstico dinámico se van a controlar las presiones mínimas y máximas de funcionamiento de las zonas del circuito, para lo cual hay que poner a funcionar el climatizador a pleno rendimiento, siendo necesario primeramente abrir las ventanas del vehículo, mantener al motor a más de 2000 RPM y esperar a que se encienda el ventilador de refrigeración, con estas condiciones de funcionamiento poner en marcha el climatizador a la temperatura más fría posible.



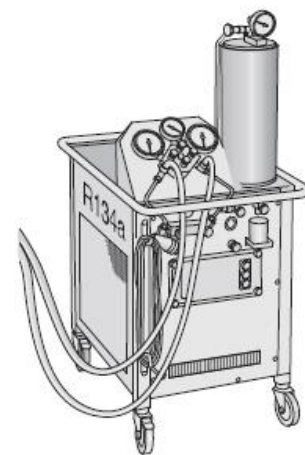
En el sistema equipado con válvula de expansión: zona de baja presión 1 a 2 bar (14 a 30 PSI), zona de alta presión 11 a 14 bar (160 a 205 PSI).

V. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Los sistemas de aire acondicionado no requieren grandes atenciones para lograr que su funcionamiento sea correcto. Las operaciones de mantenimiento son sencillas y se

reducen a un control periódico de su funcionamiento y una correcta utilización del mismo, lo que redundará en una mayor durabilidad del sistema con un mínimo margen de error.

Las tareas de mantenimiento del sistema se deben realizar con una estación de servicio diseñadas específicamente para los sistemas de aire acondicionado.



La estación de servicio nos permite realizar las siguientes operaciones de mantenimiento:

- Reciclaje
- Vaciado
- Desaireado
- Carga de refrigerante

Como operaciones complementarias de mantenimiento también se realiza la detección de fugas y sustitución de componentes de ser necesario.

VI. CONCLUSIONES

- Un climatizador es el control que sobre el sistema de calefacción, aire acondicionado y ventilación, controla la temperatura en el interior del habitáculo, el cual gobierna todos los parámetros, temperatura, caudal de aire e incluso lugar de salida del mismo.
- El sistema de aire acondicionado no genera aire frío, simplemente enfría el aire que pasa por el evaporador hacia el habitáculo.
- La temperatura en el interior del habitáculo influye en el confort de los pasajeros, aumentando la seguridad activa y la concentración a largos periodos de conducción.

VII. RECOMENDACIONES

- Poner en funcionamiento el sistema de aire acondicionado por lo menos una vez a la semana durante 10 minutos, para hacer circular el aceite en el compresor para mantener

siempre lubricado el sistema, y evitar daños mayores.

- Realizar el mantenimiento del sistema en un lugar adecuado con técnicos especialistas en sistemas de climatización.
- Siempre que se repare o cambie algún componente, evitar que ingrese cualquier tipo de impurezas al sistema para evitar el deterioro de los componentes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Técnicas del Automóvil- SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004.
- ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA, Edward; CECSA; 1994; págs. 133-162.
- Climatizadores en el vehículo VW-AUDI
- Manual Valeo Clim Service.
- HVAC SYSTEMS AUTOMATIC; Manual de servicio Chevrolet Optra.

Latacunga, Enero 2012

Realizado por:

ALEGRÍA GUILLÉN LUIS ALEJANDRO

MASAPANTA GUAYTA CRISTIAN MIGUEL

ING. JUAN CASTRO C.
**DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Dr. EDUARDO VASQUEZ A.
**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE
ADMISIÓN Y REGISTRO**