



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“PROYECTO DE REDISEÑO EN LA CLIMATIZACIÓN DE
AUTOBUSES”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL PÉREZ
MARTÍNEZ

ASESOR: ING. JOSÉ MARIANO SANTANA COLÍN

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO, MARZO DE 2012



FES Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

Contenido	- 9 -
Agradecimiento	- 14 -
Objetivo	- 16 -
INTRODUCCIÓN	- 17 -
CAPITULO 1	- 18 -
AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ	- 18 -
1.1 ANTECEDENTES.....	- 18 -
1.2 LA HISTORIA DEL AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTOR.....	- 22 -
1.3 CONCEPTOS BASICOS	- 23 -
1.3.1 CALOR.....	- 23 -
1.3.1.1 CALOR SENSIBLE.....	- 23 -
1.3.1.2 CALOR LATENTE	- 24 -
1.3.1.3 CALOR ESPECÍFICO	- 24 -
1.3.2 MOVIMIENTO DEL CALOR.....	- 24 -
1.3.2.1 CONDUCCION	- 24 -
1.3.2.2 CONVECCION	- 24 -
1.3.2.3 RADIACION	- 25 -
1.3.3 MEDICION DEL CALOR	- 25 -
1.3.4 ESTADOS DE LA MATERIA.....	- 25 -
1.3.4.1 SOLIDO	- 26 -
1.3.4.2 LIQUIDO	- 26 -
1.3.4.3 GAS	- 26 -
1.3.5 PUNTOS DE EBULLICION.....	- 26 -
1.3.6 VAPORES SATURADOS Y RELACION DE PRESION – TEMPERATURA	- 27 -
1.3.7 PRESION MANOMETRICA Y PRESION ABSOLUTA.....	- 27 -
1.3.8 COMODIDAD	- 27 -
1.3.9 HUMEDAD.....	- 28 -
1.3.10 LIMPIEZA.....	- 28 -
1.3.11 REFRIGERANTE.....	- 28 -
1.3.12 ACEITE PARA EL REFRIGERANTE.....	- 29 -
1.4 PARTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTOR.....	- 30 -
1.5 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO.....	- 33 -

1.6 INTERRUPTORES DE PRESION	- 37 -
1.7 HUMEDAD EN UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO ¡IMPORTANTE!	- 38 -
1.8 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULOS ACCIDENTADOS	- 39 -
1.9 MANTENIMIENTO AL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	- 40 -
1.10 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTOR	- 41 -
1.11 PRECAUCIONES PARA ALMACENAR E INSTALAR PIEZAS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	- 43 -
1.12 HERMETICIDAD DEL CIRCUITO DE REFRIGERANTE	- 44 -
1.13 CONTENIDO DE ACEITE EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO	- 45 -
1.14 RECARGA DE ACEITE A UN SISTEMA CERRADO	- 46 -
1.15 OBTENCION DE VACIO EN UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	- 46 -
1.16 CARGA DE REFRIGERANTE A SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	- 46 -
1.17 CONDICIONES APROPIADAS DE FUNCIONAMIENTO.....	- 47 -
1.18 DESCRIPCIÓN DE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO ...-	47 -
1.18.1 COMPRESOR.....	- 47 -
1.18.2 LUBRICANTE DEL COMPRESOR	- 53 -
1.18.3 CONDENSADOR.....	- 53 -
1.18.4 VENTILADOR ADICIONAL	- 54 -
1.18.5 CONMUTADORES EN EL SISTEMA.....	- 54 -
1.18.6 VÁLVULA DE EXPANSIÓN	- 59 -
1.18.7 EVAPORADOR	- 60 -
1.19 CONEXIONES DE SERVICIO O VÁLVULAS DE SERVICIO	- 63 -
1.20 VÁLVULA TERMOSTÁTICA DE EXPANSIÓN (TXV)	- 63 -
1.21 COMPROBACION DE FUGAS	- 65 -
1.22 INSTRUCCIONES RELATIVAS A LA SEGURIDAD	- 66 -
CAPITULO 2	- 68 -
EVOLUCIÓN DE LA CLIMATIZACIÓN EN AUTOBUSES.	- 68 -
2.1 EQUIPO EN CAJUELA CON MOTOR RENAULT A DIESEL	- 68 -
2.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES.....	- 68 -
2.1.2 COMPRESOR	- 69 -
2.1.3 MOTOR RENAULT	- 69 -

2.1.4 TURBINA DEL CONDENSADOR.....	- 70 -
2.1.5 SERPENTINES EVAPORADORES Y CALEFACTORES.....	- 70 -
2.1.6 CONDENSADOR	- 71 -
2.1.7 VÁLVULA DE EXPANSIÓN	- 71 -
2.1.8 DIAGRAMA MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	- 71 -
2.1.9 DUCTERIA.....	- 71 -
2.1.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTE SISTEMA.....	- 72 -
2.1.11 MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUE SE VOLVIO UN ESTANDAR EN TODOS LOS EQUIPOS .-	72 -
2.2 EQUIPO CON CONDENSADOR, BOMBA HIDRAULICA Y EVAPORADORES EN CAJUELA	- 73 -
2.2.1 COMPONENTES PRINCIPALES.....	- 73 -
2.2.2 SERPENTINES DE ACONDICIONAMIENTO	- 73 -
2.2.3 VÁLVULA DE EXPANSIÓN	- 74 -
2.2.4 CONDENSADOR	- 74 -
2.2.5 VENTILADOR DEL CONDENSADOR.....	- 74 -
2.2.6 BOMBA HIDRÁULICA	- 74 -
2.2.7 COMPRESOR	- 75 -
2.2.8 CLUCH MAGNETICO.....	- 75 -
2.2.9 RADIADOR	- 75 -
2.2.10 TURBINAS DE RECIRCULAMIENTO	- 75 -
2.2.11 DUCTERIA.....	- 75 -
2.3 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO ELÉCTRICO CON SERPENTINES EN CAJUELA.....	- 75 -
2.3.1 SERPENTINES DE ACONDICIONAMIENTO	- 76 -
2.3.2 VÁLVULA DE EXPANSIÓN	- 76 -
2.3.3 SERPENTÍN CONDENSADOR	- 77 -
2.3.4 VENTILADORES DEL CONDENSADOR.....	- 77 -
2.3.5 COMPRESOR	- 77 -
2.3.6 RADIADOR.....	- 77 -
2.4 EQUIPO CON EVAPORADOR TRASERO, CONDENSADOR EN CAJUELA Y CALEFACCIÓN POR CALEFACTORES.....	- 77 -
2.4.1 COMPONENTES PRINCIPALES.....	- 78 -
2.4.2 EVAPORADOR.....	- 78 -
2.4.3 TURBINAS DEL EVAPORADOR	- 79 -
2.4.4 DUCTERIA.....	- 79 -

2.4.5	VÁLVULA DE EXPANSIÓN	- 79 -
2.4.6	CONDENSADOR	- 79 -
2.4.7	COMPRESOR	- 80 -
2.4.8	RADIADOR	- 80 -
2.5	EQUIPO CAPRI 280.....	- 80 -
2.5.1	COMPONENTES PRINCIPALES.....	- 81 -
2.5.2	UNIDAD CONDENSADORA	- 81 -
2.5.3	UNIDAD EVAPORADORA	- 82 -
2.5.4	COMPRESOR	- 83 -
2.5.5	DIFUSORES.....	- 84 -
2.6	EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO WIDE UNIT.....	- 84 -
2.6.1	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD EVAPORADORA	- 85 -
2.6.2	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD CONDENSADORA.....	- 86 -
2.6.3	ACCESORIOS DE AIRE ACONDICIONADO WIDE UNIT.	- 87 -
2.6.4	PROCEDIMIENTO PARA PONER EN MARCHA EL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO....	- 88 -
2.6.5	VENTILACIÓN	- 88 -
2.6.6	UNIDAD CONDENSADORA.....	- 90 -
2.6.7	UBICACIÓN DEL SISTEMA WIDE UNIT EN EL AUTOBUS MERCEDES BENZ.....	- 92 -
CAPITULO 3	- 94 -
	EQUIPO IDEAL DE CLIMATIZACION PARA AUTOBUS	- 94 -
3.1	EQUIPO SUTRACK	- 94 -
3.1.1	VOLVO 9550 Y 9700.....	- 97 -
3.1.2	MARCOPOLO MUTEGO M. B. SEGUNDA EDICION.....	- 98 -
3.2	EQUIPO SUTRACK MODIFICADO (CLIMATIZADO).....	- 99 -
3.3	EQUIPO DE CLIMATIZACION GR-60.....	- 101 -
3.3.1	NUEVOS COMPONENTES	- 102 -
3.3.2	COMPRESOR	- 103 -
3.4	COMPARATIVO PARA DESIGNAR DISEÑO IDEAL.....	- 104 -
3.5	DISEÑO IDEAL DE CLIMATIZACION DE AUTOBUSES.....	- 105 -
3.5.1	CICLO DE ENFRIAMIENTO	- 108 -
3.5.2	COMPONENTES BÁSICOS	- 108 -
3.5.3	COMPRESOR.....	- 108 -
3.5.4	CONDENSADOR.....	- 108 -

3.5.5 VÁLVULA DE EXPANSIÓN	- 109 -
3.5.6 EVAPORADOR.....	- 109 -
3.5.7 COMPONENTES AUXILIARES.....	- 109 -
3.5.8 ESPECIFICACIONES DE COMPRESOR.....	- 109 -
3.5.9 CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO EN CARGA.....	- 110 -
3.5.10 CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO EN DESCARGA	- 110 -
3.5.11 CONTROL DE TEMPERATURA Y FUNCIONES ELECTRICAS	- 110 -
3.6 ANALISIS COMPARATIVO.....	- 111 -
CONCLUSIONES	- 117 -
BIBLIOGRAFIA	- 118 -
GLOSARIO:.....	- 119 -

Agradecimiento

Todo comenzó en septiembre de 1998 cuando ingrese a la escuela secundaria cuando en el primer año nos hicieron elegir el taller de vocaciones practicas y técnicas, en mi escuela secundaria Jacinto uc de los Santos Canek hice mis pruebas en el taller de computación, estructuras metálicas, electricidad y mecánica automotriz. Fue ahí donde conocí al Maestro Azael Davila Villegas, quien con su forma de explicar las temáticas como la observación, planes trabajos, realizar observaciones estratégicas y efectivas, a el maestro Azael le debo una de mis virtudes mas utilizadas como es la observación, en esta técnica debo de admitir que fui eseptico, pero afortunadamente para mi enfoque mi atención en estas técnicas las entendí y puedo enseñarlas, gracias maestro azael por creer en mi hacerme sentir que tengo la capacidad para realizar lo que me proponga .

Después de a ingresar a Conalep Cd Azteca tuve una época de indecisión ya que no tuve la oportunidad de quedarme en mecánica automotriz la especialidad que tuve en la secundaria, estaba estudiando refrigeración y aire acondicionado, carrera que empezó con dibujo técnico, cosa que odie por mucho tiempo, al transcurrir el primer semestre dibujo técnico cambio a conceptos básicos de refrigeración mucha teoría, para muchos de mis compañeros fue frustrante pero a este primer contacto con la termodinámica fue fascinante, la Ingeniera Martha Pérez Castañón Al notar interés en su materia con gusto y paciencia explicaba incansablemente cada uno de los temas relacionados con la refrigeración, debo decirlo en los inicios yo fui malísimo en teoría y creo que sigo teniendo problemas pero la practica me fortaleció en esos tiempos. Gracias Ingeniera Martha Por tanta veces repetirme lo que no entendía gracias Profesora por conseguir sacar un 9 en mi primer examen de aquella carrera técnica que fue cuando inicio de un técnico sediento de conocimientos, pero no se me olvida que sigo aprendiendo. En el tercer semestre en la materia de diagnostico de fallas apareció el Ingeniero José Mariano Santana Colín quien al llamarme la atención fue una época difícil pero muchas gracias ingeniero Mariano, en el tercer semestre también tome clase con el Ingeniero Alejandro Rodríguez Lorenzana quien de manera tranquila y sin presionarme como alumno me hizo comprender diagramas eléctricos y mecánicos sin importar la complejidad de estos ya que me ayudo a dividir estos diagramas en dispositivos, analizar el funcionamiento individual de cada uno de estos y de esta manera poder comprender el diagrama, les agradezco de grande manera a los ingenieros Mariano y Alejandro por su comprensión dedicación y claro por haber sido mis maestros muchas gracias.

Ya para finalizar mi carrera técnica apareció como maestro el Ingeniero Francisco Valdés Montes, un ingeniero bastante experimentado puedo mencionar que pregunta que le hice sin dudar y manera muy rápida daba la respuesta, cuando llegue con el ingeniero Valdés yo tuve el ego muy grande aun mas que el de hoy en día, me sentía invencible resolvía exámenes sin estudiar me comenzó a gustar el despapaye ya no entraba a clases debido a que pensé que ya sabia todo, estoy muy agradecido con el ingeniero Valdés ya que me hizo poner los pies en la tierra evito que desperdiciara mi vida y capacidad muchas gracias ingeniero Valdés. Al final pero no menos importante debo mencionar al almacenista del taller de refrigeración y aire acondicionado el que desde el principio se mostro como amigo apoyo y amigo, Muchas gracias Félix Herrera Olvera† Gracias por el conocimiento que pudiste transmitirme y aun sigo aprovechando todos aquellos consejos como abuelo a su nieto muchas gracias güero.

Paralelo al Conalep tuve que realizar mis prácticas profesionales y pude realizarlas en coordinados de México-oriental ADO donde conocí personas increíbles que me enseñaron a trabajar evaluar las fallas en los autobuses, la verdad no recuerdo el nombre completo de todos ellos pero los menciono, Cesar Montoya, Ezequiel Núñez, Rubén Guzmán, Resalió, Francisco, Fernando y Felipe quienes me apoyaron y asesoraron en esta tesis les agradezco todo su apoyo en este escrito, todo el apoyo ofrecido cuando realice mis prácticas profesionales y cuando tuve la oportunidad de laborar con ustedes muchas gracias.

Cuando termine mi carrera técnica tuve la oportunidad de trabajar en la industria No solo en ADO y en algunas empresas me sentí satisfecho realizado posiblemente si hubiese seguido trabajando como técnico ya tendría una buena vida con mucho tiempo de experiencia, pero en Ingeniero Alejandro Rodríguez En una conversación sustanciosa me comento que tenía las capacidades y aptitudes para entrar a la universidad me comento sobre la carrera de ingeniero mecánico electricista me explico que la refrigeración y aire acondicionado solo era una especialización me dio a entender lo que es la termodinámica la verdad abrió mi panorama de tal manera que tuve el hambre necesaria para obtener el número necesario de aciertos para asistir a la Facultad de Estudios Superiores Aragón donde empecé bastante frío y desubicado yo tenía la costumbre de sudar la camiseta meter las manos y analizar equipos reales, aquí me encontré con que había equipos ideales pero imaginarios fue un cambio brusco ya que mi mochila estaba llena de herramientas un cuaderno y una pluma, esas herramientas fueron cambiadas por una calculadora un formulario y algunos libros de biblioteca, yo en mi vida había visitado una biblioteca como la de la facultad.

En la FES tuve de todo tipo de maestros hay algunos que merecen más crédito que otros pero atados les doy las gracias. También tuve la oportunidad de conocer a algunos licenciados de son aun parte de mi persona como Raúl Ramírez Flores y Oswaldo García Santiago quienes oportunamente me apoyaron tanto en el programa de becas y tutorías como en el programa de desarrollo de habilidades para la formación permanente, debo decir que con Oswaldo mi primer acercamiento fue una disputa por los horarios de un curso pero es un gran amigo casi como Raúl les debo mucho chavos muchas gracias.

Mencionare a mis abuelos y padres quien me dieron la vida y han creído en mi todo el tiempo han tenido paciencia en el momento indicado quienes me han escuchado y dado consejo, muchas gracias a mis abuelos por darme momentos únicos e irrepetibles, muchas gracias a mis padres por darme la vida que otros quisieran vivir y sobretodo muchas gracias por ser mis padres. También debo agradecer a todas aquellas personas que formaron parte de mi vida en especial a todas aquellas que no creyeron en mi alguna vez dijeron que yo no tenía futuro y que no valía la pena invertir tanto en mí, les doy con mucho agrado las gracias ya que si no hubiesen existido en mi vida al igual me hubiera confiado y en ningún momento me hubiese esforzado les doy las gracias. Debo mencionar fuertemente a las personas que han creído en mí como Mi hermana, Ángel Gabriel Zúñiga Reyes y Gerardo Pérez Calzada quien en el momento que he necesitado de su apoyo han estado ahí dándome un respaldo les agradezco de grade manera.

Objetivo:

El objetivo de este trabajo es seleccionar el mejor equipo de climatización más rentable y eficiente del mercado, por esta razón se ha comenzado una documentación, tomando como referencia los equipos de climatización existentes en el mercado, de los cuales se tomaran los mejores dispositivos tomando en cuenta todas las ventajas que hay obtener de cada uno de ellos. Los equipos de climatización existentes en el mercado han perdido eficiencia desafortunadamente por que los responsables de climatización tienen que adaptarse a las condiciones de espacio y estética pedidas por el diseñador del autobús, sin tomar en cuenta que deben podemos cumplir con todos sus requerimientos si tenemos una planeación coordinada para el cumplimiento de todas las necesidades de los usuarios que van desde un asiento cómodo hasta ergonomía en el clima.

Una de las ventajas más notorias e importantes es reducir las emisiones de contaminantes a la atmosfera, ya que el equipo a seleccionar debe de aprovechar al máximo la energía disponible en el autobús porque hoy en día debemos de pensar en la conservación del planeta. Con la recomendaciones de técnicos especializados en equipos de climatización en autobuses, se pueden hacer un buen número de modificaciones con la gran variedad de equipos que existen en el mercado para poder aprovechar al máximo la energía del autobús, que será bastante productivo si tomamos en cuenta que el autobús nos ofrece muchas ventajas con su desplazamiento en contra del viento.

Agregar información sobre este tema es conveniente, ya que esta información es muy escasa, y por ende, no es muy común encontrar información sobre este tipo de equipos lo que dificulta el abordaje del tema.

Generar material bibliográfico a los alumnos de generaciones futuras, ya que estos equipos tienen un esquema fijo (la ubicación en el autobús puede variar dependiendo del fabricante del autobús), sino que también es una base para todos los equipos en la manera que fueron evolucionando los sistemas, de climatización. Se comenzaron a utilizar diversas formas de calefacción y enfriamiento. En este trabajo hubo varias limitantes una de las más fuertes es, la poca información sobre este tema, y la segunda más fuerte es que los fabricantes de los equipos niegan la información más nueva sobre el tema.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el aire es indispensable para la vida misma, solamente el agua se podría equiparar con el aire, el aire es tan común que a veces no nos damos cuenta de su importancia, el hombre moderno pasa más tiempo en su oficina, fábrica, almacén, transporte público o automóvil, que en su propia casa, estos recintos cerrados tienen partículas que no alcanza a distinguir el ojo humano, si estos recintos estuvieran totalmente cerrados por obvias razones el oxígeno sería remplazado rápidamente por dióxido de carbono, debido a el ciclo respiratorio del ser humano, es solo uno de los efectos que habría en un local cerrado, uno de los más importantes es el incremento de la temperatura, que ha desencadenado un sin número de equipos de climatización de todo tipo desde un simple y sencillo ventilador a equipos de tal envergadura como nuestra imaginación sea capaz de pensar. En el presente trabajo tomaremos en cuenta la climatización en el transporte de pasajeros de primera clase (autobuses), ya que los diseñadores de autobuses desde que aceptaron el reto de transportar personas, ha existido la competencia por tener la preferencia de los usuarios, los cuales van desde un transporte rápido y seguro hasta tener un trato equivalente a un rey en el interior de las unidades de transporte. Para tener condiciones de comodidad dentro de un autobús es necesario es necesario que el usuario sienta no calor durante el recorrido; de esto podemos concluir que el calor es un factor importante a considerar en un autobús, por esta razón se adaptó un sistema de aire acondicionado en los autobuses de primera y hasta en algunos de segunda clase.

En el presente trabajo se describen las condiciones de diseño, la mejor opción para instalar un sistema mecánico de aire acondicionado. Actualmente los equipos de aire acondicionado dirigidos a los sistemas de transporte público, son descuidados ya que solo se revisa que funcionen no se tiene un seguimiento de su correcta y eficiente forma de trabajar, esto incrementa tanto sus gastos de operación como de mantenimiento.

En los equipos de aire acondicionado no es necesario cumplir con condiciones de confort particulares para un solo usuario, ya que el autobús transporta en ocasiones hasta más de cuarenta personas, que dependiendo de su manera de vestir, edad o condición médica tienen una percepción distinta de una temperatura ideal. Por lo tanto nos auxiliaremos de una herramienta muy útil llamada carta de confort la cual nos recomienda una temperatura de 20 °C en el día y 26 °C para la noche.

El área de la climatización es muy amplia, por lo cual solo mencionare los puntos necesarios para la comprensión de trabajo. En esta parte del trabajo, describiremos de manera breve el contenido de cada capítulo, para introducir de manera general el contenido del mismo.

En el primer capítulo se describirá de manera breve como surgió el aire acondicionado en la vida diaria y en los automóviles. También menciono como llevo a los automóviles indicando las ventajas e innovaciones que han surgido con el paso del tiempo.

Para el segundo capítulo se mencionaran los cambios que han sufrido los equipos de climatización en autobuses y se hacen mención de sus cambios en dispositivos y componentes principales para beneficio del transporte foráneo.

En el tercer capítulo es el más importante por que se hacen las recomendaciones pertinentes, para instalar los componentes en el lugar donde tendrá el mejor desempeño y se aprovechara la energía suministrada por el equipo.

CAPITULO 1

AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ

1.1 ANTECEDENTES

En la antigüedad, los egipcios ya utilizaban sistemas y métodos para reducir el calor. Se utilizaba principalmente en el palacio del faraón, cuyas paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra, con un peso superior a mil toneladas.

Durante la noche, tres mil esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al Desierto del Sahara. Como el clima desértico es extremoso y la temperatura disminuye a niveles muy bajos durante las horas por la noche, las piedras se enfriaban notablemente.

Justo antes de que amaneciera, los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas en su sitio. Se supone que el faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26° Celsius, mientras que afuera el calor subía hasta casi el doble.

Si entonces se necesitaban miles de esclavos para poder realizar la labor de acondicionamiento del aire, actualmente esto se efectúa fácilmente.

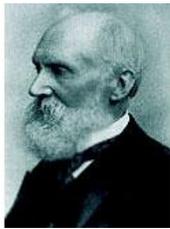


Figura 1.1
LORD
KELVIN¹

Poco después en 1842, Lord Kelvin ¹ inventó el principio del Aire Acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito refrigerante hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, como cuando enfiamos un café introduciendo una cuchara de metal a la taza y ésta absorbe el calor.
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor. Por ejemplo, si humedecemos la mano en alcohol, sentimos frío en el momento en que éste se evapora, puesto que absorbe el calor de nuestra mano.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, necesitamos proporcionar menor cantidad de calor para llegar a la misma temperatura que en uno abierto.



Figura 1.2
WILLWS
HAVILAND
CARRIER²

Un equipo de Aire Acondicionado funciona, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Éste es el proceso más completo de tratamiento del ambiente en un local cerrado y consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación.

¹ vidas y biografías 2004-2012. (s.f.). *biografías y vidas*. Recuperado el 5 de 02 de 2012, de <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kelvin.htm>

En 1902, el estadounidense Willis Haviland Carrier² sentó las bases de la refrigeración moderna, y al encontrarse con los problemas de la excesiva humidificación del aire enfriado, las del Aire Acondicionado, desarrollando el concepto de climatización de verano.

Por esa época, un impresor de Brooklyn, Nueva York, tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, debido a que los cambios de temperatura y humedad en su taller alteraban ligeramente las dimensiones del papel, impidiendo alinear correctamente las tintas. El frustrado impresor no lograba imprimir una imagen decente a color.

Carrier, recién graduado de la Universidad de Cornell con una Maestría en Ingeniería, acababa de ser empleado por la Compañía Buffalo Forge, con un salario de 10 dólares semanales. El joven se puso a investigar con tenacidad cómo resolver el problema y diseñó una máquina que controlaba la Temperatura y la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de Aire Acondicionado de la Historia.

El invento hizo feliz al impresor de Brooklyn, que por fin pudo tener un ambiente estable que le permitió imprimir a cuatro tintas sin ninguna complicación. El “equipo para acondicionar el Aire” fue patentado en 1906.

Aunque Willis Haviland Carrier es reconocido como el “padre del Aire Acondicionado”, el término “Aire Acondicionado” fue utilizado por primera vez por el ingeniero Stuart H. Cramer, en la patente de un dispositivo que enviaba vapor de agua al aire en las plantas textiles para acondicionar el hilo.

Las industrias textiles del Sur de los Estados Unidos fueron las primeras en utilizar el nuevo sistema de Carrier. Por ejemplo, la fábrica de Algodón Chronicle Mill en Belmont, Carolina del Norte, que tenía un gran problema. Debido a la ausencia de humedad, se creaba un exceso de electricidad estática, haciendo que las fibras de algodón se deshilacharan y fuera difícil tejerlas. El sistema Carrier elevó y estabilizó el nivel de humedad para acondicionar las fibras, resolviendo así la cuestión.

Debido a su calidad, un gran número de industrias se interesaron por el aparato de Carrier. La primera venta que realizó al extranjero fue en 1907, para una fábrica de seda en Yokohama, Japón.

En 1911, Carrier reveló su Fórmula Racional Psicométrica Básica a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La fórmula sigue siendo hoy en día la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del Aire Acondicionado.

El inventor dijo que recibió su “chispa de genialidad” mientras esperaba un tren. Era una noche brumosa y él estaba repasando mentalmente el problema del control de la temperatura y la humedad. Para cuando llegó el tren, ya había comprendido la relación entre temperatura, humedad y punto de condensación.

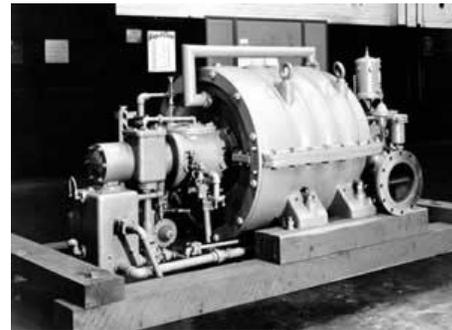
Las industrias florecieron con la nueva habilidad para controlar la temperatura y los niveles de humedad durante la producción. Películas, tabaco, carnes procesadas, cápsulas

² Einstein on May 22, 2. (22 de mayo de 2011). *Willis Carrier Biography Inventor Air Conditioner*. Recuperado el 5 de febrero de 2012, de <http://scientistsbiography.info/willis-carrier-biography-inventor-air-conditioner>

medicinales y otros productos obtuvieron mejoras significativas en su calidad gracias al Aire Acondicionado.

En 1915, entusiasmados por el éxito, Carrier y seis amigos ingenieros reunieron 32,600 dólares para formar la Compañía de Ingeniería Carrier³, dedicada a la innovación tecnológica de su único producto, el Aire Acondicionado.

Durante aquellos años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Por casi dos décadas, el uso del Aire Acondicionado estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas



En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga. También conocida como enfriadora centrífuga o refrigerante centrifugado, fue el primer método para acondicionar el aire en grandes espacios.

Figura 1.3 MAQUINA DE REFRIGERACION CENTRIFUGA 3

Las máquinas anteriores usaban compresores impulsados por pistones para bombear a través del sistema el refrigerante, a menudo amoníaco, tóxico e inflamable. Carrier diseñó un compresor centrífugo similar a las paletas giratorias de una bomba de agua. El resultado fue un enfriador más seguro y eficiente.

El nuevo sistema se estrenó en 1924 en la tienda departamental Hudson de Detroit, Michigan. Los asistentes a la popular venta de sótano se sentían mareados por el calor debido al pésimo sistema de ventilación, por lo que se instalaron tres refrigerantes centrifugados Carrier para enfriar el piso. Una multitud de compradores llenó "el almacén con Aire Acondicionado" y poco tiempo después fueron instalados aparatos en toda la tienda.

Su uso pasó de las tiendas departamentales a las salas de cine. La prueba de fuego se presentó en 1925, cuando el Teatro Rivoli de Nueva York solicitó a la joven empresa instalar un equipo de enfriamiento. Se realizó una gran campaña de publicidad, que provocó que se formaran largas colas de personas en la puerta del cine. Casi todas llevaban sus abanicos, por si acaso.

La película que se proyectó aquella noche fue olvidada, pero no el refrescante confort del Aire Acondicionado. La industria creció rápidamente. Muchos estadounidenses disfrutaron por primera vez la experiencia de no tener que sufrir en los cines por el calor, ya que los propietarios instalaron los equipos para incrementar la asistencia durante los cálidos y húmedos días de verano.

La industria creció rápidamente y cinco años después, alrededor de 300 salas de cine tenían instalado ya el Aire Acondicionado. El éxito fue tal, que inmediatamente se instalaron este tipo de máquinas en hospitales, oficinas, aeropuertos y hoteles.

³ wikipedia enciclopedia libre. (7 de septiembre de 2012). *Máquina frigorífica*. Recuperado el 05 de febrero de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_frigor%C3%ADfica

En 1928, Willis Haviland Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos, pero la Gran Depresión en los Estados Unidos puso punto final al Aire Acondicionado en los hogares. Las ventas de aparatos para uso residencial no empezaron hasta después de la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, el confort del Aire Acondicionado se extendió a todo el mundo.

El calor y el frío que sienten las personas no sólo dependen de la temperatura ambiental, sino también de la humedad y de la apropiada distribución del aire.

La climatización es el proceso de tratamiento del aire que controla simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado.

El calor es una forma de energía relacionada directamente con la vibración molecular. Cuando calentamos una sustancia, sus moléculas se mueven rápidamente, generando así una energía, el calor. Si la enfriamos, el movimiento molecular se detiene, bajando la temperatura.

La humedad se refiere a la cantidad de agua contenida en el aire y está directamente relacionada con la sensación de bienestar. El aire ambiente se controla para mantener la humedad relativa preestablecida mediante la humidificación o des humidificación del aire ambiente.

Para obtener el confort deseado, es necesario que el aire sea distribuido y circule uniformemente por todo el recinto, sin producir corrientes desagradables.

Por último, la eliminación de las partículas de polvo es fundamental para la salud. Conseguir un adecuado filtrado de aire es una labor básica de un equipo de Aire Acondicionado.

Además de la comodidad que disfrutamos con el Aire Acondicionado en un día cálido y húmedo de verano, actualmente muchos productos y servicios vitales en nuestra sociedad dependen del control del clima dentro de hogares o recintos de trabajo, como los alimentos, la ropa y la biotecnología para obtener químicos, plásticos y fertilizantes.

El Aire Acondicionado juega un rol importante en la medicina moderna, desde sus aplicaciones en el cuidado de bebés y las salas de cirugía hasta sus usos en los laboratorios de investigación.

Sin el control exacto de temperatura y humedad, los microprocesadores, circuitos integrados y la electrónica de alta tecnología no podrían ser producidos. Los centros computacionales dejarían de funcionar.

Muchos procesos de fabricación precisa no serían posibles. El vuelo de aviones y de naves espaciales sería solo un sueño. Minerales valiosos no podrían ser extraídos desde la profundidad de la tierra y los arquitectos no podrían haber diseñado los enormes edificios que han cambiado la cara de las ciudades más grandes del mundo.

El Aire Acondicionado inventado por Willis Haviland Carrier ha hecho posible el desarrollo de muchas áreas tropicales y desérticas del mundo, que dependen de la posibilidad de controlar su medio ambiente.

1.2 LA HISTORIA DEL AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTOR

El aire acondicionado automotor, existe desde que el hombre se dio cuenta de que en el interior de su nueva máquina, el automóvil, era muy caliente e incómodo viajar, y decidió que debía hacer algo al respecto, hasta la época actual, donde los equipos de aire acondicionado son una opción básica de cualquier automóvil. Luego se dará una definición de las partes básicas de los diferentes sistemas de aire acondicionado, y por último, se hablará del fluido de trabajo del sistema, el refrigerante.

Los primeros autos no eran precisamente cómodos; sus neumáticos delgados e interiores alfombrados proporcionaban un paseo muy incómodo. En el invierno los pasajeros se abrigan, y en verano el aire acondicionado era el resultado de la brisa que soplaba al viajar a 15 mph.

Nada es más caliente que el interior de un auto, por lo que cuando los fabricantes de autos comenzaron a cerrar las cabinas, era obvio que se debía hacer algo con dicho calor; al principio se colocaron aberturas en el piso, pero esto trajo más polvo y sucio que aire acondicionado.

En 1884 William Whiteley tuvo la gran idea de colocar cubos de hielo en un contenedor debajo de la cabina de los carruajes y soplar aire adentro por medio de un ventilador conectado al eje. Una cubeta cerca de las aberturas del piso fue el equivalente en el automóvil; luego vino un sistema de enfriamiento por evaporación llamado Wheeler Eye (Ojo climático), en el que se producía un efecto de disminución de la temperatura en el aire haciéndolo pasar sobre agua. Dicho sistema todavía se encuentra disponible en las VAN y los RV. Este sistema fue inventado por una compañía llamada Nash.

El primer auto con un sistema de refrigeración como los actuales fue el Packard 1939, en el que una espiral enfriadora, que no era más que un evaporador muy largo que envolvía toda la cabina, y cuyo sistema de control era el interruptor de un ventilador.

Luego vino Cadillac, que produjo 300 autos con aire acondicionado en 1941. Estos primeros sistemas de aire acondicionado tenían una gran desventaja, no existía un embrague en el compresor, por lo que éste siempre estaba encendido mientras en auto estaba en funcionamiento, y para apagar el sistema, se tenía que parar el auto, salir de éste, abrir el cofre y quitar la banda del compresor. No fue sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial que Cadillac promocionó una nueva característica: controles para el aire acondicionado. Estos controles estaban localizados en el asiento trasero, por lo que el conductor debía estirarse hacia el asiento trasero para apagar el sistema, pero aun así era mejor que apagar el carro y quitar la banda del compresor.

Los sistemas de aire acondicionado fueron por muchos años una opción no muy común. No fue sino hasta 1966 que el Motor Sevice Manual publicó que se habían vendido 3 560 000 unidades de aire acondicionado para automóviles que las ventas de autos con la opción de aire acondicionado se dispararon. Para 1987 el número de unidades de aire acondicionado vendidas fue de 19 571 000. En la actualidad se estima que el 80% de los carros y camiones pequeños en uso poseen unidades de aire acondicionado.

El aumento de unidades de aire acondicionado instaladas en los autos de los 70s y los 80s se debió a que a finales de los 70s, en los Estados Unidos las personas comenzaron a mudarse hacia estados más calurosos. Luego las personas que compraban autos deseaban que éstos estuviesen equipados con todas las opciones disponibles. Los vendedores hacían

más dinero con estas opciones extras, por lo que comenzaron a incluir equipos de aire acondicionado como una característica básica y no como una opción, a pesar de ser una de las características más caras. Con el tiempo las unidades de aire acondicionado fueron mejorando, por lo que los conductores no tuvieron que preocuparse por el calor que pasaban debido a que sus unidades de aire acondicionado no funcionaban bien.

Hoy día, las unidades de aire acondicionado son muy eficientes, con sistemas modernos como el ATC (Control automático de temperatura, por sus siglas en inglés), que es más confiable que los viejos termostatos. Las computadoras a bordo también se aseguran que tanto el conductor como los pasajeros se sientan cómodos.

Las unidades de aire acondicionado automotoras están evolucionando continuamente, ahora hay más diseños de compresores y nuevos componentes electrónicos que mejoran la eficiencias de estos equipos; y no solo los componentes están evolucionando, por parte de los refrigerantes, los CFC (clorofluorocarbonos, también conocidos como R-12 o freón) están siendo remplazados por otros gases refrigerantes como el R-134, que no contiene cloro, debido a que son contaminantes, especialmente dañinos para la capa de ozono.

1.3 CONCEPTOS BASICOS

A continuación se describen los conceptos que considero necesarios para comprender los temas abordados en este trabajo de tesis.

1.3.1 CALOR

El calor es una forma básica de energía, y como lo dice la termodinámica no se puede crear ni destruir, solo transformarse. Sin embargo, se puede transformar en otras formas de energía. Los técnicos en mecánica automotriz saben que el motor convierte en calor la energía potencial que se halla en el combustible como la gasolina o diesel para camiones o autobuses. Esta energía térmica denominada calor hace aumentar la presión en los cilindros de aire, que a su vez transmite su fuerza al cigüeñal para obtener energía mecánica. De esta manera el automóvil consigue romper su forma estática y consigue impulsarse, cabe resaltar que el automóvil no genera energía solo la transforma de química a mecánica.

Un motor no puede aprovechar por completo la energía generada por la reacción de la gasolina, como es imposible destruir la energía el motor debe desecharla tanto por el escape del motor como por su sistema de enfriamiento.

Cuando estamos mencionando al calor es difícil olvidarnos de la palabra frío, palabra utilizada para referirnos a la ausencia de calor, es decir entre menos calor halla en una sustancia u objeto más frío será.

1.3.1.1 CALOR SENSIBLE

El calor sensible lo presenta un solo estado de la materia ya sea como hielo, líquido o vapor en el caso del agua. Es aquel que recibe un cuerpo y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado. En general, se ha observado experimentalmente que la cantidad de calor necesaria para calentar o enfriar un cuerpo es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la diferencia de temperaturas.

1.3.1.2 CALOR LATENTE

El calor latente también lo almacena la materia pero en forma diferente, y no lo registra el termómetro. Sabemos que el calor puede transformarse en trabajo. Si comparamos el calor latente con el calor sensible podemos darnos cuenta que su temperatura se mantendrá constante, pero se estará llevando a cabo un cambio de estado de la materia. El calor latente del agua es la cantidad necesaria que se requiere agregar o retirar para percibir un cambio de estado.

1.3.1.3 CALOR ESPECÍFICO

Cada materia específica diferente con respecto a la forma que manifiesta la cantidad de calor sensible que almacena por unidad de peso cualquiera de sus estados. El calor sensible es la capacidad de un cuerpo para almacenar el calor. Por ejemplo, 1 lb de agua necesita 1 BTU para que el termómetro se eleve a 1°F, lo cual establece su calor específico (ce):

$$C_e \text{ del agua} = 1 \text{ BTU/lb}$$

Al cambiar de estado la materia cambia su calor específico. Una libra de hielo necesita 0.5 BTU para que el termómetro se eleve 1°F, lo que establece su calor específico

$$C_e \text{ del hielo} = 0.5 \text{ BTU/lb}$$

Después de establecer el concepto del calor específico de un cuerpo, puede concluirse que es el calor necesario para que 1 lb del mismo aumente su temperatura 1°F (en el sistema inglés). Lo mismo puede decirse en el sistema métrico al referirnos a 1 KG y 1° C. expresando el calor en calorías.

1.3.2 MOVIMIENTO DEL CALOR

El calor puede seguir una o más de tres trayectorias según viaje de caliente a frío: conducción, convección y radiación. El desplazamiento del calor puede ser benéfico e intencional, o puede ser perjudicial. Su comprensión permite controlar el flujo, evitar movimientos de calor no deseables cuando se fomenta el movimiento deseado; por ejemplo, para facilitar la convivencia con el calor radiante, muchas personas estacionan el automóvil bajo la luz solar cálida y agradable en invierno y en la sombra fresca en verano.

1.3.2.1 CONDUCCION

El movimiento más sencillo del calor es la conducción, en la que el calor viaja a través de un medio como un sólido o un líquido, trasladándose de una molécula del material a la siguiente. Por ejemplo si calentamos un alambre de cobre en uno de sus extremos será cuestión de segundos que el extremo opuesto se caliente con una intensidad similar.

1.3.2.2 CONVECCION

Este es un proceso por el cual se transfiere calor mediante movimiento del medio caliente. El medio es fluido, ya sea líquido o gaseoso, de modo que se pueda calentar en un lugar y moverlo hacia otro donde se libera el calor.

Por ejemplo el sistema de enfriamiento de un automóvil, el fluido de enfriamiento (anticongelante) se calienta en las camisas del motor luego es llevado al radiador del automóvil donde se enfría para de esta manera refrigerar el motor.

1.3.2.3 RADIACION

El calor puede viajar en rayos caloríficos y pasar de un lugar a otro sin calentar el aire que atraviesa, el mejor ejemplo de la radiación, es el calor del sol que atraviesa el espacio vacío y calienta nuestro planeta.

1.3.3 MEDICION DEL CALOR

A un ingeniero o técnico en calefacción y aire acondicionado le interesa medir el calor en dos de sus aspectos más importantes como es su intensidad, como su cantidad.

Los seres humanos presentan una zona de comodidad de temperatura que se encuentra aproximadamente entre los 21 y 27°C. Esta zona de comodidad varía dependiendo del individuo. Las mujeres tienden a disfrutar de temperaturas más cálidas que los hombres, y las personas ancianas tienden a preferir de temperaturas más cálidas que los jóvenes.

Como estudiantes utilizamos el término cantidad de calor, para ilustrar el movimiento y transferencia de calor, así como para hablar de eficiencia. Para calentar o enfriar a una persona debemos proporcionarle o retirarle determinar cantidad de calor. Por ejemplo cuando adquirimos un litro de gasolina para nuestro automóvil en realidad adquirimos un promedio de 30 000 BTU de energía térmica que posteriormente una parte será transformada en energía mecánica y otra parte será desechada debido a que el motor no la va a poder aprovecharla toda. Para determinar, de manera directa, el calor que se pone de manifiesto en un proceso de laboratorio, se suele emplear un calorímetro. En esencia, se trata de un recipiente que contiene el líquido en el que se va a estudiar la variación de energía por transferencia de calor y cuyas paredes y tapa (supuestamente adiabáticas) deben aislarlo, al máximo, del exterior.

Un recipiente térmico de paredes dobles de vidrio, cuyas superficies han sido previamente metalizadas por deposición y que presenta un espacio vacío entre ellas es, en principio, un calorímetro aceptable para una medida aproximada de la transferencia de calor que se manifiesta en una transformación tan sencilla como esta. El recipiente se llama vaso Dewar y lleva el nombre del físico y químico escocés James Dewar, pionero en el estudio de las bajas temperaturas. En la tapa aislante suele haber un par de orificios para introducir un termómetro con el que se evaluaría el incremento (o decremento) de la temperatura interior del líquido, y un agitador para tratar de alcanzar el equilibrio térmico en su interior lo más rápido posible, usando un sencillo mecanismo de convección forzada.

No sólo el líquido contenido en el calorímetro absorbe calor, también lo absorben las paredes del calorímetro. Lo mismo sucede cuando pierde calor. Esta intervención del calorímetro en el proceso se representa por su equivalente en agua. La presencia de esas paredes, no ideales, equivale a añadir al líquido que contiene, los gramos de agua que asignamos a la influencia del calorímetro y que llamamos "equivalente en agua". El "equivalente en agua" viene a ser "la cantidad de agua que absorbe o desprende el mismo calor que el calorímetro".

1.3.4 ESTADOS DE LA MATERIA

El proceso de acondicionamiento del aire opera mediante un fluido, llamado refrigerante, que cambia continuamente de estado: de líquido a gas y viceversa. En estos

cambios de estados donde ocurre el movimiento de calor necesario para el enfriamiento. Todos los materiales básicos existen en uno de los estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) y casi todos pueden cambiar de un estado a otro por adición o extracción de calor.

1.3.4.1 SOLIDO

La materia sólida es muy familiar: tiene una forma y sustancia definida. Los sólidos ejercen presión en un solo sentido, y eso es hacia abajo, a causa de la gravedad.

Casi todos saben que el hielo es la forma sólida del agua, conserva su forma y es frío. El agua es normalmente sólida si se mantiene a una temperatura menor a cero °C, que es su punto de congelación a nivel del mar.

1.3.4.2 LIQUIDO

La adición de calor a casi cualquier sólido produce un líquido conforme se funde el material sólido se trata del mismo material pero la energía calorífica es liberada al enlace molecular y ha vuelto fluida a la materia. Un fluido carece de forma y necesita de un recipiente que lo contenga, un líquido se ve afectado por la gravedad y también ejerce presión hacia los lados.

1.3.4.3 GAS

La adición de calor a diversos líquidos provoca que se transformen en gas al hervir, pero todavía el material es el mismo ya que la energía calorífica ha liberado aún más los enlaces moleculares, de modo que el gas carece de forma y se expande tanto que apenas es perceptible su peso.

Una molécula de un gas ejerce presión en todos los sentidos. Los gases pueden bombearse a través de mangueras, tuberías y ducterías, por lo que es fácil moverlos a través del sistema de aire acondicionado. A temperaturas arriba de 100°C el agua hierve normalmente convirtiéndose en un gas denominado vapor de agua.

1.3.5 PUNTOS DE EBULLICION

Es posible aumentar o disminuir los puntos de ebullición elevando o reduciendo la presión ejercida sobre el líquido. En el caso del agua, el punto de ebullición aumenta de 2.5°F por cada PSI de presión o aproximadamente 1°C por cada 5 kPa.

Observándose que el aumento de presión aumenta el punto de ebullición y una reducción de la misma la hace descender. Un paso normal de mantenimiento del aire acondicionado consiste en evacuar el sistema antes de volverlo a cargar con refrigerante nuevo o recuperado. Esto se hace para eliminar toda partícula de agua que pudiera producir oxidación, corrosión o mezclarse con el refrigerante y formar ácidos. El punto de condensación de un gas es el mismo que el punto de ebullición; la única diferencia es que se agrega calor a un líquido para hacerlo hervir, mientras se extrae calor de un gas para condensarlo. Si se aumenta la presión de un gas permite que se condense a temperaturas por encima de su punto normal de ebullición.

1.3.6 VAPORES SATURADOS Y RELACION DE PRESION – TEMPERATURA

Vapor saturado es el término que se emplea para describir un líquido en el interior de una cámara cerrada, que es la condición que se tiene en un sistema de aire acondicionado. Al estudiar los vapores saturados es preciso aprender dos términos adicionales “subenfriamiento y sobrecalentamiento”. Subenfriamiento se refiere a un líquido cuya temperatura está muy debajo de su punto de ebullición. Sobrecalentamiento se refiere a los incrementos de temperatura de un vapor después de que ha hervido todo el líquido.

Si se agrega calor a un vapor saturado, parte del líquido hierve y esto hace que aumente la presión dentro del recipiente. Esta presión adicional a su vez produce un incremento en el punto de ebullición. Si se extrae calor, la presión desciende a medida que se condensa parte del gas y forma líquido porque disminuye el punto de ebullición. El aumento de presión es directamente proporcional al incremento de temperatura y es causado por el considerable aumento en volumen (alrededor de 1000 veces) conforme el líquido hierve.

1.3.7 PRESION MANOMETRICA Y PRESION ABSOLUTA

La presión se define con una cierta cantidad de fuerza que se ejerce sobre una determinada área. En estados unidos se acostumbra dar la fuerza en lb y el área en pulgadas cuadradas, por lo tanto la presión se mide en lb/pulg² o lo que es lo mismo PSI (Pound Square Inch). La mayor parte de los manómetros no toman en cuenta la presión atmosférica y se calibran de modo que la lectura sea cero en el punto inicial, que es la presión atmosférica normal que nos rodea, la presión que crea el peso de aire de la atmósfera genera una presión de 14.7 PSI al nivel del mar.

Las presiones inferiores a la atmosférica se describen comúnmente como presiones vacuométricas y se miden empleando un manómetro calibrado en mmHg o en pulgHg casi todos estos manómetros parten de cero a la presión atmosférica y se leen hacia abajo hasta 29.92 pulgHg donde no hay presión alguna. Un vacío perfecto es en realidad una presión de cero.

Un alto vacío o vacío profundo se acerca al vacío perfecto y se mide en micras. Una micra es la millonésima parte de un milímetro. La presión atmosférica es igual a 759 968 micras.

A las presiones de las que se acaban de mencionar se les llama con frecuencia presiones manométricas porque su punto de partida es la presión atmosférica. Ciertos manómetros se calibran de modo que su lectura de cero corresponda a un vacío absoluto y se leen hacia arriba a partir de este punto. Estos manómetros leen presiones absolutas; la presión atmosférica aparece en ellos como 15 PSIa.

1.3.8 COMODIDAD

El objetivo de la calefacción y el aire acondicionado es mantener a un nivel confortable la temperatura y humedad en el interior del vehículo, esto se ve afectado por el tamaño del automóvil, el número de pasajeros y el área cubierta por vidrios, solo por mencionar algunas variables. La temperatura corporal interna de los seres humanos es de alrededor de 37°C lo que parece extraño ya que nuestra temperatura de comodidad se encuentra entre los 21 y 27 °C, esto significa que en verano debemos de ceder calor al medio ambiente utilizando ropas más ligeras y en invierno debemos de usar ropas más abrigadoras para conservar el calor y evitar cederlo al medio ambiente. La comodidad corporal se ve afectada también por el calor

radiante, un ejemplo tangible es cuando nos exponemos al sol sentimos más calor que si estamos en una sombra.⁴

1.3.9 HUMEDAD

Un factor que afecta o disminuye el flujo de calor desde o hacia nuestro cuerpo es la humedad, es decir la cantidad de agua contenida en el aire que nos rodea, la cantidad de vapor de agua que nos rodea, a esto se le denomina humedad.

El aire frío y húmedo se siente mucho más frío que el aire seco a la misma temperatura. El aire húmedo y caliente retarda nuestro sistema natural de enfriamiento, de modo que el día se sienta mucho más caliente. El aire demasiado seco tiende también a hacernos sentir incómodos. Como en el caso de la temperatura hay un intervalo de comodidad en la humedad que se encuentra entre los 45 y 50% para la mayoría de las personas.

1.3.10 LIMPIEZA

Un efecto secundario del aire acondicionado es el lavado de aire que se encuentra en el automóvil, por el sistema de ductos de enfriamiento. El enfriar el aire en el evaporador del sistema de aire acondicionado hace que se condense la humedad contenida en el aire. El polvo y otros contaminantes que se encuentran en contacto con el condensado quedan atrapadas y se eliminan del sistema. Sin olvidar que partir de los años 90s los automóviles nuevos comenzaron a incorporar filtros de aire a sus sistemas de aire acondicionado, para poder garantizar un aire limpio.

1.3.11 REFRIGERANTE

Descripción

El refrigerante empleado tiene la denominación química "Diclorodifluorometano" (CC12 F2). Es conocido bajo el nombre "Freón 12" (R-12); tal como ya se ha indicado reiteradas veces, en algunos países se denomina también "Freón 12".

El refrigerante está altamente refinado al objeto de que carezca de todo tipo de impurezas.

Toda clase de refrigerante requiere una cuidadosa manipulación. En todos los trabajos con el refrigerante tienen que tenerse en cuenta y cumplirse determinadas reglas para evitar graves lesiones personales.

Todos los agentes refrigerantes de seguridad con la denominación Freón no son inflamables y no forman ninguna mezcla explosiva en unión con el aire sea cual fuere la proporción.

El Freón no es venenoso, no irrita las mucosas y es inodoro en concentraciones de hasta aprox. 20 Vol. % en el aire.

⁴ ASHRAE. *CODIGOS Y NORMAS*. Recuperado el 20 de febrero de 2012, de tecnología de aire bajo piso: [http://www.cbe.berkeley.edu/underfloorair/standardcodes.htm#ASHRAE Standard 55-1992.\(2000\)](http://www.cbe.berkeley.edu/underfloorair/standardcodes.htm#ASHRAE%20Standard%2055-1992.(2000)).

Dado que una de las premisas indispensables para un funcionamiento perfecto y sin averías de un sistema de aire acondicionado es un contenido suficientemente bajo de humedad en el circuito de refrigerante, se vigila y controla permanentemente el contenido de humedad del Freón (Frigen) durante el proceso de fabricación y de envasado para su envío. Todos los envases para su envío son inspeccionados con regularidad, limpiados cuidadosamente, secados y evacuados, al objeto de garantizar su alto grado de pureza.

El contenido de humedad del Freón no es superior a los 10 mg/kg (= 0,001 %). Se encuentra por tanto muy por debajo del límite en el que pudiese producir una congelación o una corrosión; es decir, que esta humedad no puede producir ninguna avería si, por otro lado, secando a la perfección la instalación y empleando aceites secos para el refrigerante, no se incorporan excesivas cantidades adicionales de humedad.

Bajo las condiciones normales de trabajo de los acondicionadores de aire, los metales y las aleaciones que se utilizan normalmente no son atacados por el Freón ni en estado líquido ni en estado gaseoso.

Nota: hoy en día este refrigerante no se utiliza debido a su efecto negativo (provoca en la atmósfera lo que se denomina "efecto invernadero") ha sido sustituido por el R-134a.

¡¡Bajo ningún concepto se intercambiaran o mezclaran entre sí los agentes refrigerantes R-12 y R-134a!!!

Anteriormente los sistemas de aire acondicionado automotores utilizaban como fluido de trabajo un refrigerante denominado R-12 (CFC-12 o como es conocido comercialmente, Freón); pero estudios han determinado que el CFC-12 daña la capa de ozono, por lo que se dejó de fabricar en 1995, aunque todavía existen grandes inventarios de dicho refrigerante que están siendo usados hasta que se agote la existencia, aparte que el reciclaje del mismo asegura que seguirá estando disponible por un tiempo.

Para sustituir al CFC-12 se utiliza el R-134, el cual es el único refrigerante alternativo que ha sido probado y recomendado por los fabricantes de automóviles, que además aceptado por la EPA (Agencia estadounidense para la protección ambiental, por sus siglas en inglés); por lo que es utilizado en todos los automóviles fabricados a partir de 1995.

Existen otros refrigerantes alternativos en el mercado, como el GHG-X4, una mezcla de los siguientes refrigerantes: R-22, R-142b, R-124 y una pequeña cantidad (alrededor de 4%) de R-600 (Isobutano). Este es el refrigerante utilizado como sustituto para convertir los equipos ya instalados de aire acondicionado en los autos antiguos, con el fin de reemplazar el R-12. El isobutano presente en el GHG-X4 ayuda a que el aceite lubricante arrastrado con el refrigerante regrese al compresor, por lo que no es necesario cambios de aceite; y el isobutano se encuentra en tan pequeña proporción que el refrigerante no se convierte en inflamable, por lo que no existe peligro de explosión.

1.3.12 ACEITE PARA EL REFRIGERANTE

Función: Lubricación de las juntas, las piezas intermedias de las juntas y las piezas móviles del compresor.

Descripción: El aceite para el refrigerante empleado en los acondicionadores de aire está

altamente refinado y deshidratado, al objeto de que sea perfectamente compatible con el refrigerante Frigén (Freón) R 12. El aceite para el refrigerante es suministrable por el Departamento de Piezas de Recambio y Accesorios. El aceite para el refrigerante ha de echarse directamente en el refrigerante por el lado de aspiración del compresor. El refrigerante lo lleva consigo por la totalidad del sistema. Los procedimientos para controlar y completar el aceite para el refrigerante se detallan más adelante. Es muy importante el que el sistema esté siempre provisto de la cantidad prescrita de aceite para el refrigerante.

1.4 PARTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTOR

En este tema describiré de manera general la función dentro del sistema de aire acondicionado.

La mayoría de los vehículos existentes poseen tres diferentes tipos de sistemas de aire acondicionado, pero la concepción y el diseño de estos tipos muy similares. Los componentes más comunes de estos sistemas son:

- Compresor

Comúnmente denominado el corazón del sistema, como su nombre lo indica, comprime el gas refrigerante tomando para ello potencia del motor mediante una transmisión de corre. Los sistemas de aire acondicionado están divididos en dos lados, el lado de alta presión y el lado de baja presión; también denominados descarga y succión respectivamente. La entrada del compresor toma el gas refrigerante de la salida del evaporador, y en algunos casos lo hace del acumulador, para comprimirlo y enviarlo al condensador, donde ocurre la transferencia del calor absorbido de dentro del vehículo.

- Condensador

Aquí es donde ocurre la disipación del calor. El condensador tiene gran parecido con el radiador debido a que ambos cumplen la misma función. El condensador está diseñado para disipar calor, y normalmente está localizado frente al radiador, pero a veces, debido al diseño aerodinámico de la carrocería del vehículo, se coloca en otro lugar. El condensador debe tener un buen flujo de aire siempre que el sistema esté en funcionamiento. Dentro del condensador, el gas refrigerante proveniente del compresor, que se encuentra caliente, es enfriado; durante el enfriamiento, el gas se condensa para convertirse en líquido a alta presión.

- Evaporador

El evaporador está localizado dentro del vehículo, y sirve para absorber tanto el calor como el exceso de humedad dentro del mismo. En el evaporador el aire caliente pasa a través de las aletas de aluminio unidas a los tubos; y el exceso de humedad se condensa en las mismas, y el sucio y polvo que lleva el aire se adhiere a su vez a la superficie mojada de las aletas, luego el agua es drenada hacia el exterior.

La temperatura ideal del evaporador es 0 °C (32 °F). El refrigerante entra por el fondo del evaporador como líquido a baja presión. El aire caliente que pasa a través de las aletas del evaporador hacen que el refrigerante dentro de los tubos se evapore (el refrigerante tiene un punto de ebullición muy bajo). En el proceso de evaporización el refrigerante absorbe grandes cantidades de calor, el cual es llevado por el refrigerante fuera del interior del vehículo.

Existen otros componentes de los sistemas de aire acondicionado que trabajan en conjunto con el evaporador, puesto que deben existir controles para mantener la presión baja, y la temperatura, puesto que si ésta disminuye por debajo del valor mencionado anteriormente, el agua producto de la condensación del exceso de humedad no solo se condensará, sino que se congelará alrededor de los tubos del evaporador, y esto disminuye la eficiencia de la transferencia de calor en el mismo.

- Dispositivos reguladores de presión

La temperatura del evaporador puede ser controlada mediante la regulación del flujo y la presión del refrigerante dentro del mismo. Existen muchos dispositivos creados para tal fin, a continuación se presentarán los que se encuentran más comúnmente:

Tubo de orificio: Es probablemente el dispositivo más usado para regular la presión, y es el que más se utiliza en los vehículos de la Ford y la GM. Está localizado en el interior del tubo de entrada del evaporador, o en la línea de líquido, en algún lugar entre el condensador y la entrada del evaporador. Para conocer la ubicación exacta de este dispositivo, basta con tocar la línea de líquido y ubicar el punto donde la temperatura pasa de caliente a frío.

Válvula de expansión térmica: Otro regulador de presión muy común es la válvula de expansión térmica, o TXV. Éste tipo de válvula mide tanto la temperatura como la presión, y es muy eficiente regulando el flujo de refrigerante que entra al evaporador. Existen diversos tipos de TXV; pero, a pesar de ser muy eficientes, tienen ciertas desventajas con respecto al sistema de tubo orificio, pues al igual que el tubo orificio se pueden obstruir con las impurezas del refrigerante, pero además poseen pequeñas partes móviles que se pueden atascar y tener un mal funcionamiento debido a la corrosión.

- Depósito – secador

El depósito – secador se utiliza en el lado de alta presión de los sistemas que utilizan una válvula de expansión térmica. Éste tipo de válvula requiere de líquido refrigerante, y para tener la seguridad de que sólo eso entrará a dicha válvula, se utiliza el depósito – secador, el cual separa el gas y el líquido, además de eliminar la humedad y filtrar las impurezas. Normalmente el depósito – secador tiene un vidrio de nivel, en la parte superior, el cual se utiliza para recargar el sistema; en condiciones normales, las burbujas de vapor no deben ser visibles por el vidrio de nivel.

- Acumulador

Los acumuladores normalmente son utilizados en sistemas que utilizan tubo orificio, y están conectados a la salida del evaporador, en donde almacena el exceso de líquido que no se evapora, debido a que si este líquido pasa al compresor éste se puede dañar; aunque ésta es su función principal, el acumulador también sirve para eliminar la humedad y las impurezas.

Los acondicionadores de aire son en primer lugar instalaciones de refrigeración que, por así decir, complementan la calefacción de equipo de serie y, conjuntamente con ésta, climatizan totalmente el vehículo. El sistema de aire acondicionado 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 sistema de aire acondicionado 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 sistema de aire acondicionado trabaja según el principio del sistema de refrigeración por compresor (nevera) y se compone de los siguientes elementos principales:

1. Compresor ----- incorporado al motor
2. Condensador ----- instalado delante del radiador
3. Evaporador ----- colocado delante del cuerpo de la calefacción
4. Acumulador ----- instalado en la tubería de aspiración
5. Válvula de orificio ----- instalada en el líquido, delante del evaporador
6. Diversos órganos de regulación, tuberías flexibles, refrigerante.

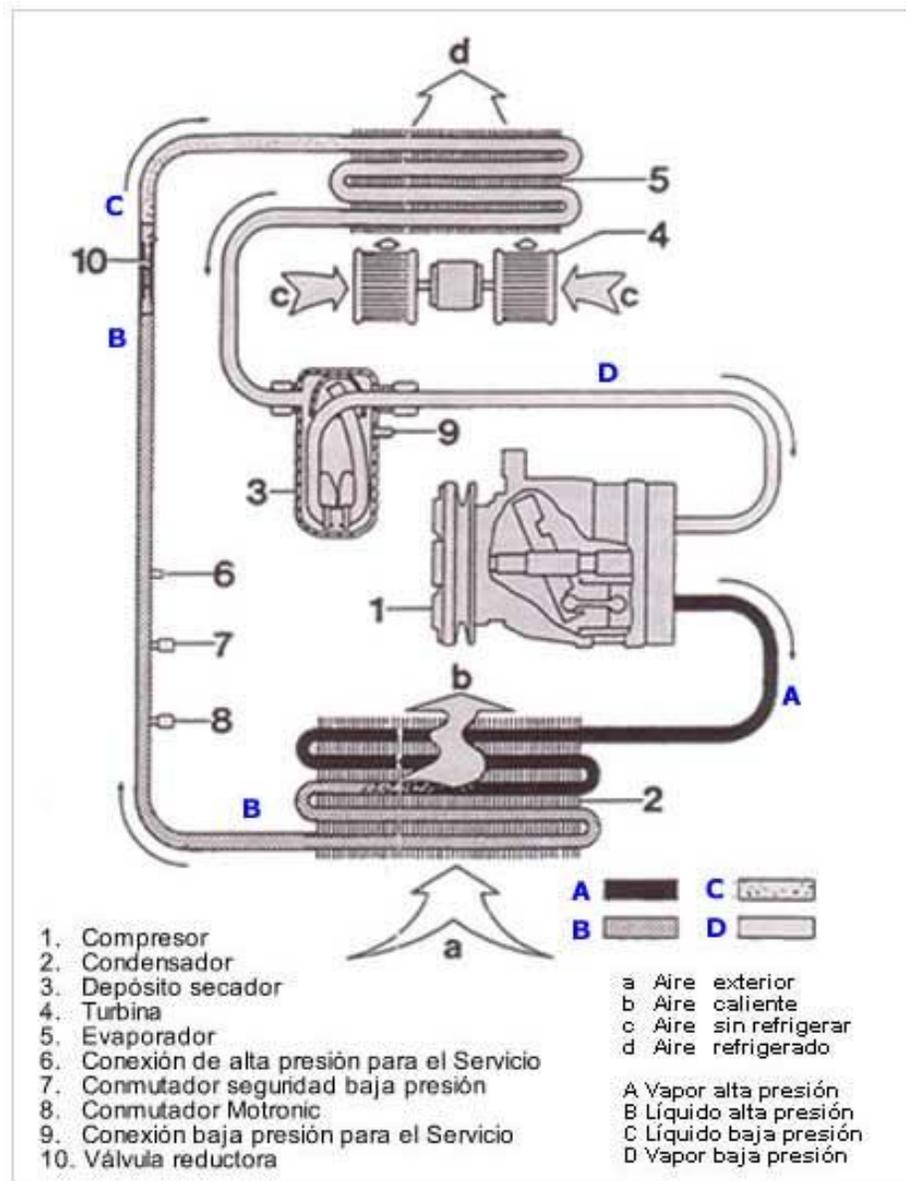


FIGURA 1.4 CICLO BÁSICO DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ⁵

⁵ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

1.5 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO.

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

1.a 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.

2. a ley — Para convertir un líquido en vapor es necesario calor.

Si, por ejemplo, el agua hierve sobre un quemador, absorbe una gran cantidad de calor sin que varíe su temperatura al evaporarse.

Si, por el contrario, se extrae calor del vapor, entonces el vapor se condensa y se convierte en líquido. La temperatura a la cual el agua hierve, o el vapor de agua se condensa, depende de la presión. Al aumentar la presión aumenta la temperatura de ebullición.

3ª ley — Al comprimir un gas, aumenta su temperatura y su presión.

Ejemplo: cuando el pistón de un motor Diesel se mueve hacia arriba, comprime el aire. Al comprimirse se genera una alta temperatura que, si se inyecta combustible en el cilindro, lo inflama inmediatamente.

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

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

El compresor, por medio de su efecto de bombeo a través del acumulador (que a su vez ejerce la función de separador de líquido), aspira del evaporador vapor del refrigerante a baja presión y baja temperatura y comprime este vapor a una presión más alta y a una temperatura más alta.

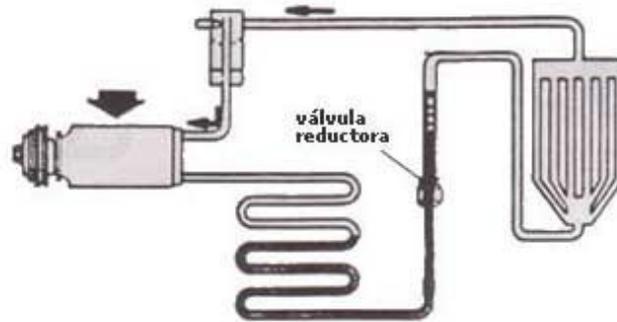


Figura 1.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR AUTOMOTRIZ⁶

El separador de líquido es necesario porque con el vapor del refrigerante pueden ser arrastrados también restos de líquido no evaporado, que, si llegasen al compresor, lo destruirían. En el acumulador puede evaporarse totalmente el líquido restante. Este es entonces aspirado por el compresor conjuntamente con el vapor del refrigerante normal.

El aceite que es arrastrado con el refrigerante en el sistema, es conducido de nuevo al sistema a través de un orificio para aceite que se encuentra en el fondo del acumulador.

Desde el compresor, el vapor del refrigerante "caliente" es comprimido hacia el condensador (intercambiador de calor) a través de la tubería de gas caliente. Por el condensador pasa el aire exterior más frío y extrae calor del vapor del refrigerante.

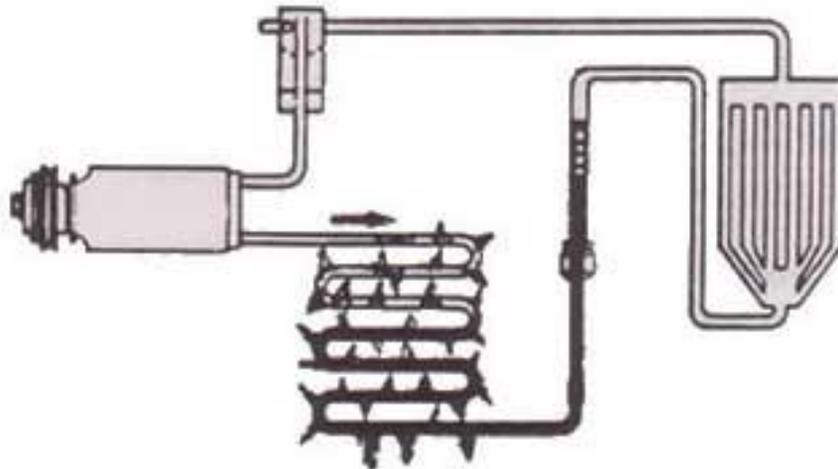


Figura 1.6 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR AUTOMOTRIZ⁷

⁶ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

En el condensador, el vapor del refrigerante se enfría hasta por debajo del punto de ebullición del refrigerante debido al calor que se le ha extraído y se condensa formándose líquido. El agente líquido pasa desde el condensador, por la tubería para líquido, a la válvula de orificio, que, debido a su paso calibrado (punto de separación entre alta y baja presión), se hace cargo de las siguientes tres funciones.

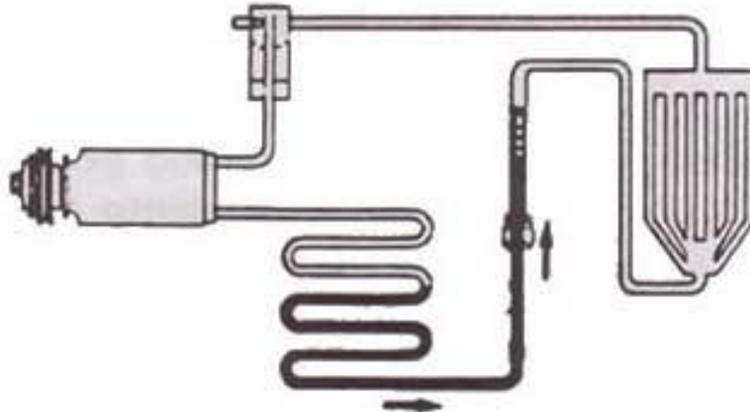


Figura 1.7 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE VALVULA DE EXPANCION AUTOMOTRIZ⁸

1.- La válvula de orificio regula el flujo del refrigerante (cantidad de refrigerante) por el evaporador.

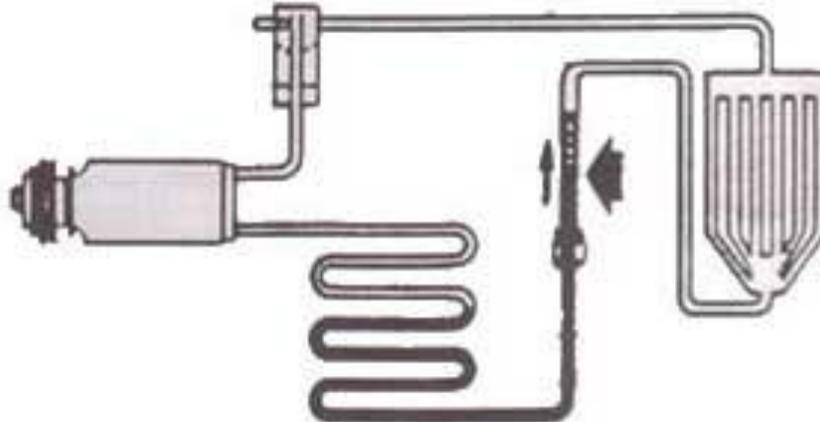


Figura 1.8 FLUJO DEL REFRIGERANTE⁹

⁷ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

⁸ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

⁹ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

2.- Debido a su sección para el paso del refrigerante, fijada constructivamente y no variable, la válvula de orificio genera una baja presión en el evaporador. Como consecuencia de la caída de presión en el evaporador, el refrigerante líquido puede evaporarse con mayor facilidad. Como consecuencia de la evaporación del refrigerante y la absorción de calor al mismo tiempo que la evaporación, desciende forzosamente la temperatura en las superficies exteriores de evaporación, de tal forma que es enfriado el aire que pasa por éstas.

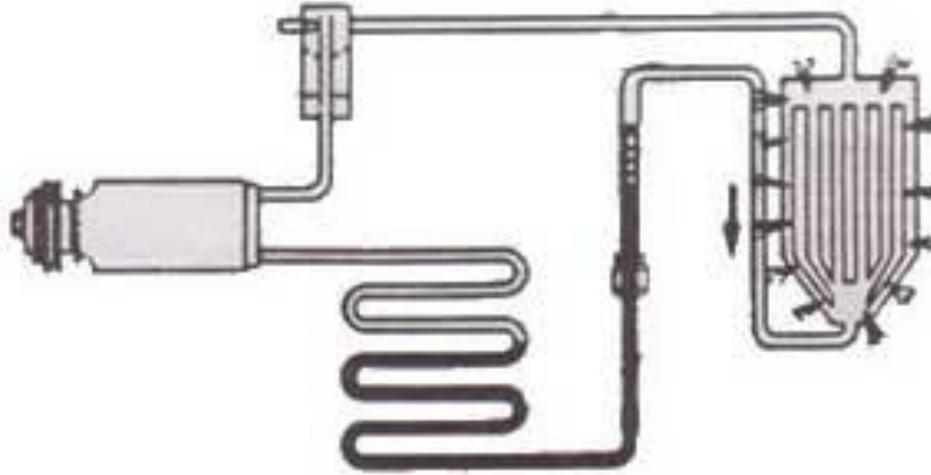


Figura 1.9 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL EVAPORADOR AUTOMOTRIZ¹⁰

3.- La válvula de orificio mantiene una presión en el refrigerante condensado líquido, de tal forma que éste permanece líquido.

A causa de la invariable sección del paso de la válvula de orificio, con el compresor en marcha siempre llega al evaporador la misma cantidad de refrigerante, es decir, que el rendimiento refrigerante no puede regularse a través de la válvula de orificio. En este sistema de aire acondicionado, el rendimiento refrigerante sólo puede regularse por medio de un termostato, que, a través de un acoplamiento electromagnético desconecta o conecta el compresor.

La sonda (elemento sensible) del termostato está firmemente conectada por medio de un tubo capilar, detrás de la válvula de orificio, al tubo de conexión del evaporador y recibe toda variación de temperatura en el lado de baja presión, es decir, en el evaporador. Para que el punto de conexión no pueda ser afectado por el calor del motor, éste se encuentra bien blindado por medio de un aislamiento cerrado.

Como consecuencia de la vaporización del refrigerante se enfría el evaporador, y, simultáneamente también el tubo de conexión detrás de la válvula de orificio.

El gas en la sonda y en el tubo capilar se enfría asimismo, comprimiéndose, y reduciéndose consecuentemente la presión en la cámara de la membrana del termostato. A una

¹⁰ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

cierta presión —a la que corresponde una determinada temperatura— se abren los contactos de conexión. El compresor se desconecta a través del acoplamiento electromagnético intercalado entre la polea impulsora y el compresor. Con tiempo frío, el sistema de aire acondicionado es desconectado a través del acoplamiento magnético. No sería rentable mantener el sistema constantemente en funcionamiento. Con el acoplamiento magnético desconectado está separada la transmisión de fuerza del motor y la polea de la correa trapezoidal gira libremente, con lo cual el motor no está sometido a la carga del compresor en funcionamiento.

Tan pronto como la temperatura en el evaporador sube a un determinado valor, se cierran nuevamente los contactos en el termostato a causa de la subida de presión en el tubo capilar. Entre estos dos puntos fijos trabaja en forma continua y automática el termostato y consecuentemente el sistema de aire acondicionado. Al objeto de que el refrigerante en circulación no sea alterado por partículas de humedad —agua— ha de extraerse de éste todo indicio de humedad. En el acumulador, intercalado entre el evaporador y el compresor, hay un producto químico en la tubería de aspiración que, gracias a sus cualidades específicas, liga la humedad en el circuito de refrigerante.

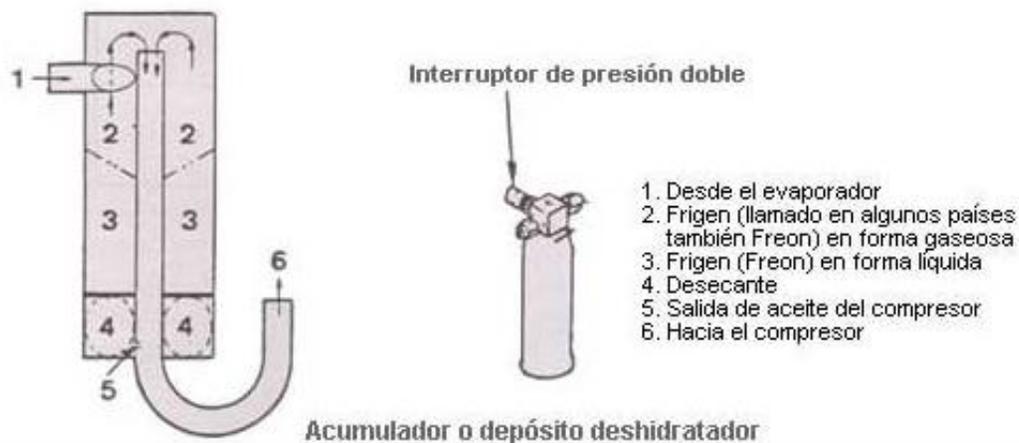


Figura 1.10 FILTRO DESHIDRATADOR¹¹

1.6 INTERRUPTORES DE PRESION

Se han conectado en la tubería del refrigerante un interruptor de seguridad de alta presión y otro de baja presión. La conexión del interruptor de seguridad de alta presión sirve asimismo para conectar la tubería de medición de alta presión al efectuar trabajos de mantenimiento o control. El interruptor de seguridad de alta presión desconecta el compresor si la presión en el sistema de aire acondicionado alcanza un valor excesivamente alto que pueda poner en peligro el sistema.

¹¹ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

Un aumento no permisible de la presión puede ser consecuencia de que haya dejado de funcionar el soplador adicional antepuesto al condensador, o un condensador sucio, o temperaturas exteriores extraordinariamente altas, o una sobre carga extrema del motor. Tan pronto como la presión en el sistema de aire acondicionado desciende a los valores normales, el interruptor de seguridad de alta presión vuelve a conectar el compresor automáticamente.

El interruptor de seguridad de baja presión desconecta el compresor en cuanto la presión en el sistema de aire acondicionado desciende por debajo de un determinado valor.

En contraposición a lo que sucede con el interruptor de seguridad de alta presión, el interruptor de seguridad de baja presión no vuelva a conectar automáticamente el compresor, ya que, por lo general, la causa de una caída de presión suele ser una escasez de refrigerante.

En un caso así ha de buscarse la fuga o las fugas en la totalidad del sistema de aire acondicionado, repararse, y volverse a llenar refrigerante. Como al haber fugas, además de salirse el refrigerante puede salirse también el aceite, la desconexión del compresor es una medida de seguridad para evitar averías en éste como consecuencia de la falta de aceite.

1.7 HUMEDAD EN UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO ¡IMPORTANTE!

La humedad en los acondicionadores de aire origina en su totalidad más problemas y averías que todas las demás causas juntas.

Hay diferencias fundamentales entre la humedad invisible y visible.

La humedad visible se refiere a aquella humedad que puede apreciarse a simple vista, tal como minúsculas gotas, empañamiento, evaporación, etc.

Se denomina humedad invisible al vapor de agua que no puede verse. Su proporción en el aire se designa "humedad relativa del aire". Esta humedad invisible es la que origina la mayor parte de las reclamaciones en los acondicionadores de aire.

A continuación se describen con detalle las consecuencias de la humedad.

En primer lugar puede citarse la "congelación" de minúsculas partículas de agua.

La humedad se introduce en el refrigerante, es arrastrada con éste en forma de ligera niebla y forma pequeños cristales de hielo en la válvula de orificio (válvula de expansión).

Estos cristales pueden impedir parcialmente o totalmente el flujo del refrigerante, de tal forma que deja de funcionar la refrigeración total o parcialmente. Como por otro lado la válvula de orificio se calienta cuando es escaso el flujo del refrigerante, los cristales de hielo se funden y pueden pasar por la válvula. De esta forma, el refrigerante circula nuevamente hasta que esta humedad retorna a la válvula y vuelve a formar cristales de hielo. La consecuencia es que la refrigeración es irregular.

Si este efecto de bloqueo del sistema se produce o no, depende de la cantidad de humedad y de los cristales de hielo que se hayan formado.

Otro fenómeno debido a la humedad es que se oxiden las piezas metálicas, lo que es tanto más desagradable cuanto que el daño sólo puede constatarse cuando ya está muy avanzado el proceso de oxidación.

Una bomba de alto vacío es el elemento más efectivo que puede eliminar toda la humedad de la instalación herméticamente cerrada, porque forma un vacío tal que el agua alcanza el punto de ebullición. En agua que se convierte en un medio gaseoso (vapor de agua) es eliminada de la instalación por la bomba de vacío como si se tratase de aire corriente.

1.8 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULOS ACCIDENTADOS

En vehículos con sistema de aire acondicionado, en el caso de un accidente debe efectuarse lo más pronto posible una inspección ocular de las diversas partes componentes del acondicionador. Esto es especialmente importante ya que las piezas o los elementos del sistema que se encuentran bajo presión pueden haber sufrido daños, lo que bajo determinadas circunstancias puede significar un peligro adicional.

La determinación de qué piezas del acondicionador ha de reponerse o repararse, depende de la magnitud de los daños y del tiempo que haya estado expuesta al aire exterior la instalación. Mientras más tiempo haya estado abierta la instalación al aire exterior, tanto mayor es el peligro de que haya entrado en ésta aire, humedad o suciedad. Como todo accidente es totalmente distinto no se pueden citar normas determinadas en lo referente a los controles, verificaciones y reparaciones que deben realizarse tras un accidente. Las diversas etapas de trabajo a realizar deben ser determinadas en su totalidad por el especialista en técnica frigorífica en cada uno de los casos que se presenten.

Las siguientes indicaciones pueden servir como indicaciones para control de vehículos accidentados equipados con sistema de aire acondicionado:

1. Desmontar, o eventualmente cortar la correa trapezoidal para que, con el motor en marcha, no funcione el sistema de aire acondicionado.
2. Efectuar una inspección ocular al objeto de comprobar la existencia y la clase de los daños, en los siguientes elementos:

Condensador. A causa de su tipo de construcción, en el condensador no pueden realizarse ninguna clase de trabajos de reparación en las piezas conductoras de refrigerante; si alguna de éstas están dañadas, ha de reponerse el condensador.

Compresor. Examinar el compresor por si tiene daños visibles. En caso de tenerlos, desmontarlo y repararlo.

Acumulador. Si hay alguna señal de que el acumulador tiene daños interiores, o de que se han roto o rasgado las tuberías soldadas o los puntos de unión, ha de reponerse el acumulador. Esto mismo tiene aplicación si la instalación ha estado durante largo tiempo abierta.

Evaporador. Controlar si tienen daños el evaporador y su caja. Reponer las piezas dañadas.

Tuberías de unión. Controlar si tienen daños las tuberías de unión. Reponer las piezas dañadas.

Elementos de mando. Controlar si tienen daños los elementos de mando y las conducciones eléctricas. Reparar las piezas dañadas o reponerlas totalmente.

1.9 MANTENIMIENTO AL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

1. Control de fugas. Controlar con un detector de fugas todas las tuberías, uniones, conexiones y elementos para constatar posibles fugas de refrigerante.

2. Control del rendimiento. Controlar las temperaturas del aire y las presiones del refrigerante para constatar si el sistema trabaja satisfactoriamente.

3. Motor - ralentí. El número de revoluciones del motor ha de encontrarse dentro de los límites especificados.

4. Calefacción. Si la calefacción está desconectada, no debe haber ningún paso de aire por el núcleo del calefactor.

5. Carrocería. Examinar las puertas, las ventanillas y la pared del salpicadero por si tienen puntos o zonas que no cierran herméticamente, y, en su caso, eliminar estos defectos de hermeticidad.

6. Conducciones de aire. Todos los tubos flexibles de distribución del aire, así como los canales, han de estar perfectamente unidos y sin fugas o estrechamientos. El soplador ha de trabajar perfectamente en todas sus escalas de conexión.

7. Instalaciones eléctricas. El acoplamiento del compresor ha de poner en marcha al compresor cuando es necesario. Los cables eléctricos han de estar perfectamente tendidos.

8. Correa impulsora. La correa impulsora ha de tener la tensión correcta y encontrarse en buen estado.

9. Tubos flexibles de refrigerante. Los tubos flexibles y las tuberías no deben tener ningún estrechamiento o ninguna estrangulación; deben estar asimismo protegidos para que no puedan rozar contra superficies metálicas agudas, piezas móviles, o piezas muy calientes del motor.

10. Evaporador. La salida de la condensación no debe tener ningún impedimento.

11. Condensador. La cara delantera del condensador ha de estar libre de todo impedimento, tal como hojas de árboles, insectos y suciedad. También el espacio entre el condensador y el radiador ha de estar libre y limpio.

12. Instalaciones de regulación. Los cables Bowden han de estar ajustados firme y correctamente. Las palancas de mando deben poder moverse con toda facilidad.

1.10 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO AUTMOTOR

Para la reparación y el control de un sistema de aire acondicionado son requieren especiales instrumentos de control y herramientas. Sin estas herramientas no es posible realizar trabajos de reparación o diagnosis.

Es imprescindible necesaria una Estación de Servicio para los trabajos de mantenimiento de los acondicionadores de aire, así como un detector de fugas para poder constatar la existencia de eventuales fugas.

La Estación de Servicio debe estar equipada con una bomba de vacío, un juego de instrumentos de medición para presión de aspiración y alta presión, diversas válvulas y un cilindro (probeta) de relleno calibrado para el refrigerante.

Toda Estación de Servicio está provista de un Manual de Instrucciones detallado y de un esquema de trabajo, en base a los cuales puede emplearse la Estación para la reparación de un sistema de aire acondicionado.

Todo detector de fugas está provisto de un Manual de Instrucciones en base al cual ha de utilizarse el detector.

Con este puesto móvil de servicio pueden llevarse a cabo los siguientes trabajos:

- * realizar vacío a sistema de aire acondicionado
- * Preparar refrigerante
- * Evacuar acondicionador aire
- * Agregar refrigerante al acondicionador aire y Medir presiones en circuito refrigerante

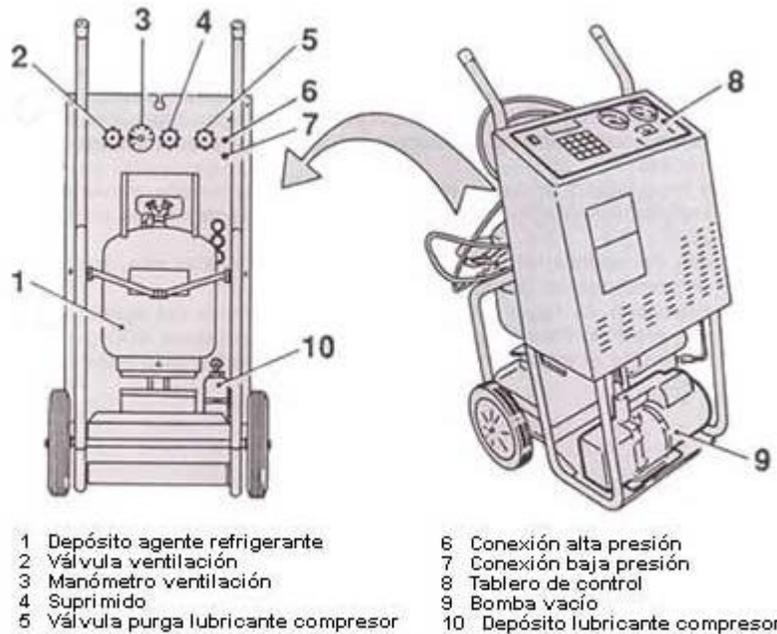


Figura 1.11 ESTACION DE SERVICIO PARA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTOR¹²

Toda aquella persona dedicada a el diagnostico de fallas en equipos de aire acondicionado debe de contar aparte de la estación de servicio con un manifull con sus manómetros de alta y baja presión para poder revisar rápidamente las condiciones de operación del sistema por mencionar algunos otros equipos que son necesarios como un desarmador saca pivotes, como los adaptadores para los manómetros ya que los autos de modelos recientes tienen un conector especial para agilizar el servicio del sistema de aire acondicionado, este conector se asemeja a los que utilizan las herramientas neumáticas para cambiar de herramienta rápidamente.

También es importante mencionar que se utilizan herramientas comunes como para reparar la mayoría de los aparatos, como los desarmadores, juegos de llaves tanto españolas inglesas etc. Pero hay una herramienta muy básica, costosa pero se puede decir que se paga solo ya que ahorra muchas horas de trabajo. El detector de fugas de gases refrigerantes de alta tecnología, que detecta todos los gases con base CFC o HFC. Gracias a su sensibilidad este detector de fugas puede detectar todas las fugas de los sistemas refrigerantes aún en ambientes contaminados por otros gases. El detector de fugas le señala de forma óptica y acústica cuando detecta una fuga. El cuello de ganso le posibilita medir en lugares de difícil acceso. El sensor integrado en el cuello de ganso tiene una duración de vida de mínimo 1 año, por lo que no es necesario una recalibración (naturalmente puede pedirnos los sensores de recambio como componentes adicionales).

¹² Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).



Figura 1.12 DETECTOR DE FUGAS PCE-LD 1 PARA AIRE ACONDICIONADO Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN¹³

1.11 PRECAUCIONES PARA ALMACENAR E INSTALAR PIEZAS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Para garantizar un alto grado de limpieza y fiabilidad en las piezas del sistema de aire acondicionado han de observarse las siguientes medidas en lo referente a la manipulación de estas piezas.

1. Todos los conjuntos de tubería, filtros, etc. se limpian antes de su envío y se envasan herméticamente. Las cubiertas de envío sólo deben retirarse al proceder a la instalación de las piezas, inmediatamente antes de su conexión.
2. Para evitar condensaciones de humedad en las tuberías de refrigerante, éstas deben encontrarse a la misma temperatura del medio ambiente donde se trabaje antes de retirar las caperuzas o cubiertas de envío.
3. Un sistema total o parcialmente armado no debe permanecer más tiempo del que sea necesario sin cerrar.
4. Han de tomarse medidas de precaución para no dañar las conexiones y las piezas de unión.
5. Para la eliminación de grasa o suciedad sólo debe emplearse un trapo empapado de alcohol.
6. No deben emplearse piezas cuyo estado ofrezca dudas.

¹³ PCE. (2010 de septiembre de 2005). *Detector de fugas PCE-LD 1 para aire acondicionado y* . Recuperado el 05 de febrero de 2012, de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-automocion/auto-refrigerante.htm>

7. Si hubiese suciedad, grasa o humedad en las tuberías, éstas han de reponerse o limpiarse y seguidamente enjuagarse con refrigerante. Esto mismo se tiene que hacer para aquellas tuberías que le falten las cubiertas protectoras.

8. En el caso de que haya que limpiar el interior de alguna pieza, sólo debe emplearse el refrigerante freón R 12 (que como ya se ha indicado anteriormente, también se denomina en algunos países frigen).

9. Antes del montaje ha de aplicarse una pequeña cantidad de refrigerante sobre todos los puntos de conexión de tuberías o tubos flexibles y sobre los anillos toroidales (aros de junta).

10. Para evitar que se puedan retorcer o doblar las piezas que se unan, al apretar debe sujetarse con una llave la pieza que no gira.

11. Para evitar deformaciones en las tuberías o en los asientos de brida como consecuencia de un momento de torsión demasiado alto, las uniones sólo deben apretarse hasta el momento de torsión especificado.

1.12 HERMETICIDAD DEL CIRCUITO DE REFRIGERANTE

El control de la hermeticidad del circuito del refrigerante utilizando un detector de fugas es uno de los procedimientos de mayor importancia y debe realizarse detenidamente con mucho cuidado.

Las fugas pueden formarse en cualquier punto del sistema, como por ejemplo, en las uniones, las roscas, en el compresor, en el instrumento de medición, en las válvulas de relleno, en el evaporador, en el condensador y en el acumulador.

Como el refrigerante es más pesado que el aire, ha de controlarse el punto más bajo del área en que posiblemente pueda haber fugas. La sonda del detector de fugas ha de acercarse siempre a la cara inferior de las zonas de unión.

Si se constata una fuga en una unión, ésta debe eliminarse apretando la unión de que se trate, o, en caso necesario, reponiendo el anillo toroidal de obturación. Seguidamente ha de repetirse el control.

Al efectuar el control de eventuales fugas, las uniones y las roscas han de estar libre de aceite innecesario, al objeto de eliminar la posibilidad de resultados falsos como consecuencia de la absorción de refrigerante en el aceite.

Si se han reapretado las uniones y es previsible suponer que permanecen restos de refrigerante en el compartimiento del motor o en la carrocería, han de eliminarse éstos soplando con aire comprimida. También pueden conducir a falsos resultados el humo de los cigarrillos, el refrigerante u otros vapores en las proximidades.

La exactitud de los resultados del control de las fugas depende de la sensibilidad del detector de fugas, de que se realice el control en los puntos más bajos de las eventuales fugas, y de que estén bien limpias las superficies exteriores. Además, el control debe realizarse en un sitio en el que haya suficiente ventilación al objeto de que esté limpio el aire del medio ambiente. El motor del vehículo no debe estar en marcha.

1.13 CONTENIDO DE ACEITE EN SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

¡Prestar atención a las disposiciones sobre prevención de accidentes!

Al principio, toda la carga de aceite se encuentra en el compresor, o, respectivamente, en la tubería del refrigerante.

Tras haber puesto en funcionamiento el sistema de aire acondicionado, el aceite circula conjuntamente con el refrigerante por la totalidad del sistema.

Si, por ejemplo, se desmonta el compresor, nunca se encuentra en éste la totalidad del contenido de aceite, sino únicamente la cantidad parcial correspondiente al compresor.

Si se ha perdido una gran cantidad de aceite, ha de reponerse en el sistema la correspondiente cantidad de aceite nuevo.

Normalmente no es necesario controlar la carga de aceite en el sistema de aire acondicionado. Por lo general, sólo debe efectuarse una comprobación de la cantidad de aceite si hay indicios de que ha habido una gran pérdida.

La pérdida de aceite puede ser producida por:

- rotura de un tubo flexible de refrigerante
- fuga importante en una pieza de conexión
- junta de compresor con una gran fuga
- daños en piezas componentes del sistema como consecuencia de un accidente

Si se ha salido aceite del sistema, ha de precederse en la siguiente forma:

1. Poner en funcionamiento el sistema de aire acondicionado durante unos 10 minutos.
2. Desmontar el compresor.
3. Vaciar totalmente el aceite del compresor. Para ello, voltear el compresor y girar el árbol del compresor.
4. Volver a echar una carga de aceite directamente en el compresor con ayuda de un pequeño embudo.

Prestar atención para que no se tapone totalmente la boca de entrada del compresor para que pueda salir el aire.

1.14 RECARGA DE ACEITE A UN SISTEMA CERRADO

Si fuese necesario echar aceite en el compresor instalado, no debe estar lleno de refrigerante el sistema. En caso necesario ha de vaciarse la carga de refrigerante.

Conectar a las respectivas conexiones el instrumento de servicio (Estación de Servicios) en base a las instrucciones de su fabricante.

Echar aceite limpio para el refrigerante en el depósito para el aceite.

Al conectar la bomba de vacío, la presión atmosférica introduce el aceite en el sistema. Cuando haya sido aspirada la correspondiente cantidad de aceite, cerrar la válvula en el depósito de aceite, pero manteniendo en funcionamiento la bomba de vacío.

Ha de tomarse en cuenta que al echar aceite, una cierta cantidad de éste se queda adherida al depósito de aceite y a la tubería desde el instrumento hasta el compresor; esta cantidad —que es distinta según la marca de la Estación de Servicio— ha de añadirse a la carga del aceite a echar.

Al reponer piezas tales como el evaporador, el condensador o el acumulador, puede echarse directamente en la pieza la cantidad correspondiente de aceite.

Al reponer el condensador no es necesario echar aceite nuevo, ya que el compresor nuevo está provisto de la cantidad prescrita de aceite.

1.15 OBTENCION DE VACIO EN UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Antes de proceder al vaciado del sistema de aire acondicionado, por motivos de seguridad debe controlarse la eventual existencia de fugas en todos los puntos de unión o conexión empleando el detector de fugas electrónico recomendado.

Si no se localizan y hermetizan las eventuales fugas antes del vaciado, puede ser que se aspire aire y humedad en el sistema al evacuarlo posteriormente.

Con la bomba de vacío en funcionamiento, cerrar las válvulas de cierre y desconectar entonces la bomba.

Seguidamente, observar cuidadosamente el vacuómetro para constatar si el vacío permanece constante con la bomba desconectada.

Si el vacío permanece constante durante aprox. 2 minutos, puede llenarse la instalación con la cantidad prescrita de refrigerante.

1.16 CARGA DE REFRIGERANTE A SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

El sistema de aire acondicionado sólo puede llenarse si previamente ha sido evacuado.

Controlar el nivel del refrigerante en el cristal del cilindro de llenado en régimen de dependencia de la presión en el cilindro. En caso necesario, corregir la cantidad de refrigerante.

Abriendo las válvulas previstas al efecto, dejar fluir al interior del sistema de aire acondicionado evacuado el refrigerante.

Observación: Si no entrase en el sistema de aire acondicionado la carga completa de refrigerante del cilindro de llenado, cerrar la válvula de alta presión en la Estación de Llenado.

Poner en marcha el motor y conectar el sistema de aire acondicionado.

A causa de la caída de presión generada por el compresor en funcionamiento en el lado de aspiración, es aspirada del cilindro de llenado la cantidad restante de refrigerante y conducida al circuito del refrigerante.

1.17 CONDICIONES APROPIADAS DE FUNCIONAMIENTO

Dejar funcionar durante algunos minutos el sistema de aire acondicionado en la posición de refrigeración máxima, número máximo de revoluciones del soplador y un número de revoluciones del motor de 1500 r.p.m.

Tras haberse estabilizado el sistema, el manómetro de alta presión y el de baja presión han de señalar los valores especificados en la ficha de cada automóvil. Colocar la mano en el área de salida de las toberas por las que sale el aire refrigerado para percibir que, en efecto, éste sale frío.

Seguidamente, desenroscar de sus conexiones los tubos flexibles de medición.

1.18 DESCRIPCIÓN DE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

1.18.1 COMPRESOR.

El compresor va adosado al motor mediante un soporte y es accionado por una correa trapezoidal. La unión cinemática de fuerza con el motor tiene lugar a través de un acoplamiento magnético que separa dicha unión de fuerza al ser desconectada la corriente. El acoplamiento electromagnético es activado al conectar la instalación de aire acondicionado; es decir, el compresor funciona todo el tiempo que esté conectada la instalación de aire acondicionado, evitando así alteraciones por cambio de cargas.

El compresor tiene una cilindrada variable mediante la que es posible regular la potencia refrigeradora. La regulación de la cilindrada se obtiene a través de una placa Wobble

con ángulo de ajuste variable y los cinco émbolos dispuestos axialmente y accionados por la placa Wobble.

El ángulo de ajuste se modifica en dependencia de la potencia que se necesite del sistema de aire acondicionado; es decir, en dependencia de la cantidad de refrigerante a suministrar hasta el evaporador, aprovechando para ello la diferencia entre la presión interior de la carcasa del compresor y la presión por el lado de alta presión del circuito de refrigerante. Esto tiene lugar con ayuda de las fuerzas de presión que actúan por la parte frontal y el fondo de los émbolos.

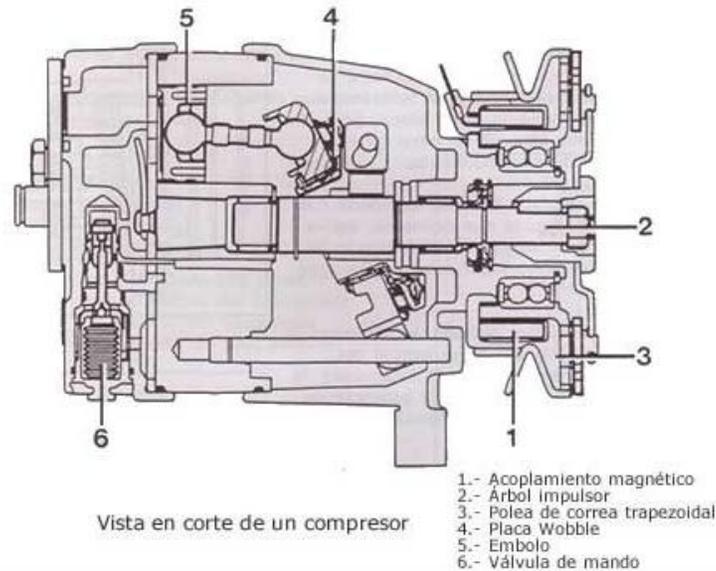


Figura 1.13 VISTA INTERNA LATERAL DEL COMPRESOR AUTOMOTRIZ¹⁴

La presión existente por el lado de alta presión en el circuito del refrigerante oprime el frontal del émbolo A y la presión de la carcasa del compresor oprime el fondo del émbolo B.

En cuanto la relación de estas dos fuerzas varía pueden desplazarse los émbolos en la dirección donde la presión ejercida sea menor. Como los émbolos van unidos a las placas Wobble, oprimen éstas en dirección de la menor presión. En cuanto las fuerzas ejercidas se hayan equilibrado, se mantiene la placa Wobble en su posición.

La placa Wobble va alojada por un lado en un cojinete deslizante que le permite un movimiento oscilante, pudiendo por el otro lado desplazarse a lo largo de una barra de guía. Cuando el compresor está funcionando no gira la parte oscilante de la placa. Sólo el centro de la placa Wobble se hace girar mediante el eje de accionamiento.

Al encontrarse la placa Wobble formando casi ángulo recto respecto a sus cojinetes, oscila sólo reducidamente, la carrera del émbolo es la mínima no teniendo lugar casi ningún paso de refrigerante.

¹⁴ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

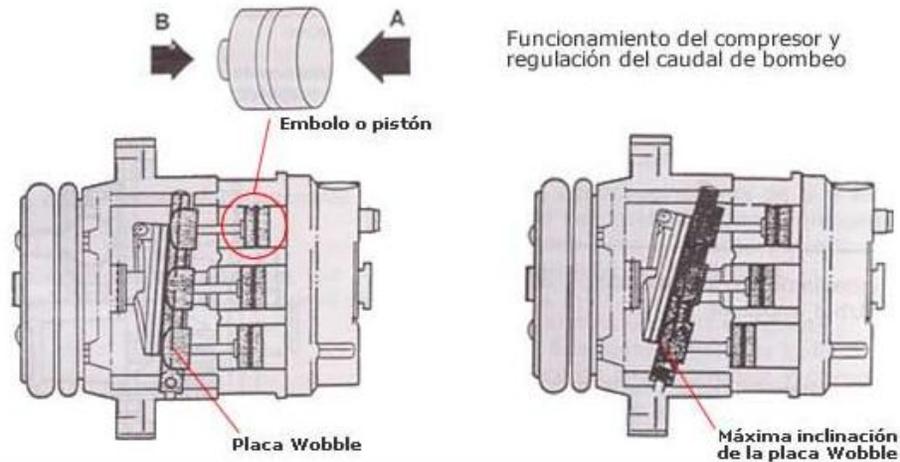


Figura 1.14 FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR Y REGULADOR DE CAUDAL DE BOMBEO¹⁵

Si, debido a una mayor presión, se desplaza al máximo la placa Wobble en el frontal del émbolo, oscila la placa con más intensidad, la carrera del émbolo aumenta y la potencia de alimentación del compresor alcanza su grado máximo.

Como por el lado de alta presión en el circuito del refrigerante es casi constante la presión existente, la fuerza que se ejerce por el frontal del émbolo es también casi constante. Sólo al variar la contrafuerza ejercida por el fondo del émbolo; es decir, aumentando o reduciendo la presión interior de la carcasa, se modifica el ángulo de ajuste. La presión interior de la carcasa (compresor) se regula con la válvula de mando que va montada en el lado posterior del compresor.

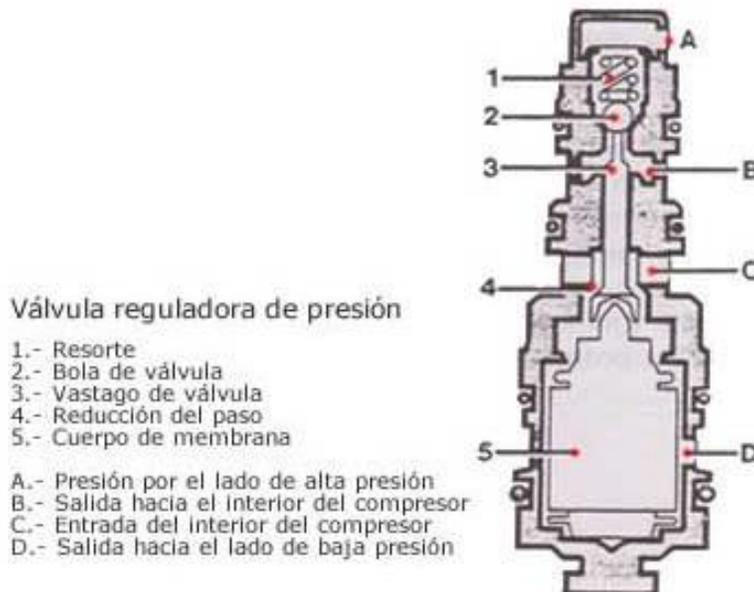


Figura 1.15 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN¹⁶

¹⁵ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

En la válvula va dispuesto un cuerpo metálico de membrana 5, con depresión, sobre el que actúa la presión existente en el lado de baja presión del circuito del refrigerante.

Una mayor presión por el lado de baja presión comprime el cuerpo de membrana, expandiéndose al reducirse la presión. La compresión y expansión del cuerpo de membrana actúan sobre la bola de válvula 2 y el reductor de paso 4, ambos unidos a través del vástago de válvula 3, abriéndose o cerrándose mediante la presión del resorte 1 o la contrapresión del cuerpo de membrana.

La bola de válvula regula el aumento y la reducción de paso para la disminución de la presión interior de la carcasa del compresor.

El funcionamiento de la válvula reguladora cuando se necesita mas o menos caudal de potencia es el siguiente:

Quando se necesite mucha potencia: la alta presión por el lado de baja presión actúa sobre el cuerpo de membrana y lo comprime. Con ello, la bola de válvula cierra el paso de alta presión y abre al mismo tiempo de reducción del paso. El refrigerante que se encuentra en la carcasa del compresor puede salir por el lado de aspiración, reduciéndose así la presión existente en el interior de la carcasa.

El ángulo de ajuste de la placa Wobble es ampliado, aumentando de este modo la carrera del émbolo.

La cilindrada del compresor queda así regulada a la máxima potencia.

Quando se necesite poca potencia: la baja presión por el lado de baja presión actúa sobre el cuerpo de membrana dejando que pueda expandirse con lo que se cierra la reducción del paso. El vapor del refrigerante existente en la carcasa del compresor no puede salir por el lado de aspiración. La bola de válvula abre la entrada para el refrigerante a alta presión con lo que se aumenta la presión interior de la carcasa. El ángulo de ajuste de la placa Wobbler se allana y la carrera del émbolo se reduce.

El compresor funciona con la cilindrada mínima al mínimo de su potencia.

¹⁶ Birch, T. (1996). En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Funcionamiento de la válvula reguladora

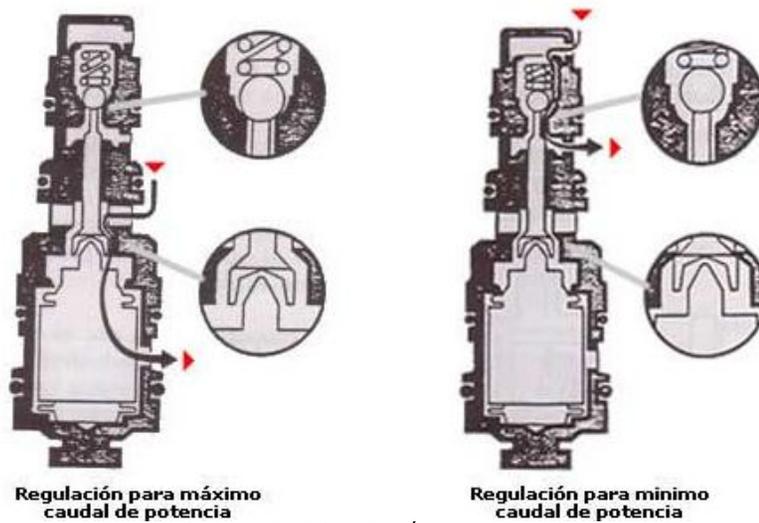
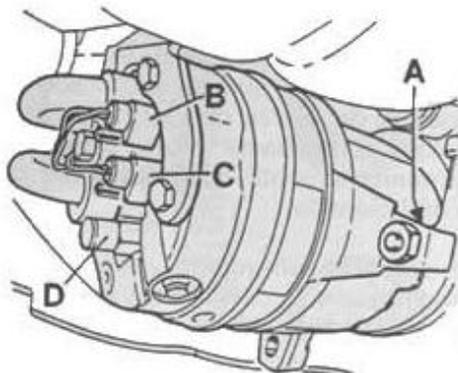


Figura 1.16 FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULA REGULADORA¹⁷

Mediante esta clase de regulación, la instalación de aire acondicionado funciona más uniformemente, más tranquila y más económica y su potencia refrigerante es permanentemente ajustada a las necesidades de refrigeración.

En el lado posterior del compresor se encuentran el conmutador de seguridad de alta presión, el conmutador de la turbina adicional y la válvula de seguridad de alta presión.

Elementos del compresor



- A.- Conexión del acoplamiento magnético
- B.- Conmutador seguridad alta presión
- C.- Conmutador turbina adicional
- D.- Válvula seguridad alta presión

Figura 1.17 ELEMENTOS DEL COMPRESOR¹⁸

¹⁷ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

¹⁸ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

Como mencione anteriormente el compresor ya no lleva el conmutador de seguridad de alta y baja presión. Si desmontamos el compresor no dejar los empalmes abiertos para evitar que entre suciedad y humedad.

La válvula de sobrepresión lleva una marcación pegada. Cuando dicha marca falte es señal de que ya ha salido alguna vez refrigerante a través de la válvula.

Los trabajos de servicio en el compresor se limitan al re emplazamiento de la válvula de mando, válvula de sobrepresión y conjunto polea/acoplamiento magnético.

Al montar el conjunto debe tenerse en cuenta la medida de la ranura (1) entre la polea y el acoplamiento magnético.



Figura 1.18 COMPRESOR CONVENCIONAL DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ¹⁹

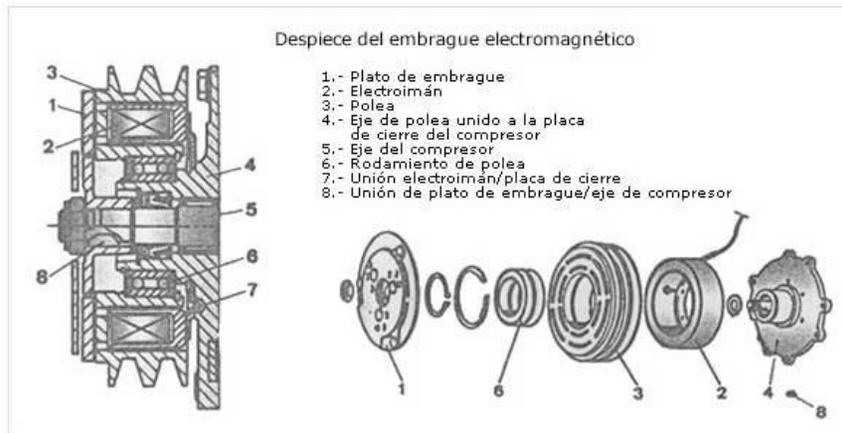


Figura 1.19 DESPIECE DEL EMBRAGUE MAGNÉTICO²⁰

¹⁹ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

²⁰ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

1.18.2 LUBRICANTE DEL COMPRESOR

El lubricante del compresor es un aceite sintético de poliglicolalquileo, especialmente ideado para aplicarlo con el refrigerante R-134a. Este aceite especial circula junto con el refrigerante a través de la totalidad del circuito de refrigerante.

¡El aceite mineral utilizado hasta ahora y el nuevo lubricante sintético del compresor no pueden remplazarse ni mezclarse entre sí!

Antes de la primera puesta en servicio del sistema de aire acondicionado se encuentra la totalidad del lubricante (unos 300 ml) en el compresor.

Al vaciar el sistema de aire acondicionado sale también cierta parte de lubricante del compresor. Lo mismo ocurre al remplazar un componente del circuito del refrigerante. La parte de lubricante del compresor que sale al vaciar el sistema de aire acondicionado es recogida en el puesto móvil de servicio. Al remplazar componentes del circuito de refrigerante es necesario medir la cantidad de lubricante del compresor que queda en el componente remplazado.

La cantidad total a rellenar de lubricante del compresor se compone de la parte que ha quedado en el componente remplazado y de la parte que ha salido al vaciar el sistema de aire acondicionado. Grandes divergencias en la cantidad total del lubricante del compresor pueden conducir a una reducción del rendimiento del sistema de aire acondicionado (demasiado lubricante de compresor) o a deterioros en el compresor (insuficiente o excesiva cantidad de lubricante de compresor).

El lubricante de compresor se rellena en el componente en cuestión antes de montarlo.

Un compresor nuevo viene relleno con la cantidad de lubricante necesaria para todo el circuito de refrigeración. Si se remplaza el compresor es necesario medir primeramente la cantidad de lubricante del compresor viejo. El lubricante del nuevo compresor se vacía en un recipiente limpio. Seguidamente se rellena el nuevo compresor con la cantidad de relleno del compresor viejo.

El lubricante de compresor no se consume durante el funcionamiento del sistema de aire acondicionado y no es necesario remplazarlo.

*PAG = Polialquileo glicol

1.18.3 CONDENSADOR

El condensador de la instalación de aire acondicionado va ubicado delante del radiador de refrigeración del motor.

Por regla general, las temperaturas del condensador oscilan entre 50°C y 93°C. Consecuentemente, las sobrepresiones oscilan entre 1050 kPa y 2100 kPa. Presiones anormalmente excesivas pueden presentarse si no es suficiente el paso de aire (por ejemplo, debido a suciedad en el condensador o a que tenga las laminillas aplastadas).

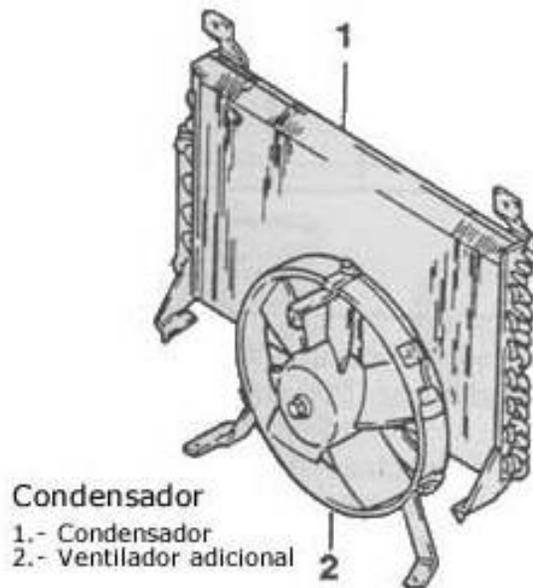


Figura 1.20 ELEMENTOS DEL CONDENSADOR²¹

1.18.4 VENTILADOR ADICIONAL

Debido a la ubicación del condensador, delante del radiador, se reduce consecuentemente la cantidad de aire de paso. Al someter el motor a muy altos esfuerzos, siendo elevadas las temperaturas exteriores, puede conducir ello a que suba inadmisiblemente la temperatura en el sistema de refrigeración del motor y en el circuito del refrigerante, aumentando con ello excesivamente la presión.

Por ello, para ayudar a la refrigeración del motor y de la instalación de aire acondicionado, va dispuesto un ventilador eléctrico adicional delante del condensador que es conectado o desconectado por un conmutador de temperatura en el radiador y/o por el conmutador del propio ventilador adicional en el lado posterior del compresor.

En los vehículos provistos del equipo extra para "países muy calurosos", se utiliza un ventilador adicional de 2 velocidades del que funciona siempre la primera velocidad en cuanto se conecta la instalación de aire acondicionado.

1.18.5 CONMUTADORES EN EL SISTEMA

CONMUTADOR TEMPERATURA LÍQUIDO REFRIGERACIÓN

El conmutador del líquido de refrigeración va montado en el lado izquierdo del radiador.

²¹ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

Para evitar excesivas temperaturas en el líquido de la refrigeración, este conmutador conecta el ventilador adicional si la temperatura del líquido alcanza 105° C aprox. y lo desconecta de nuevo a los 100° C aprox.

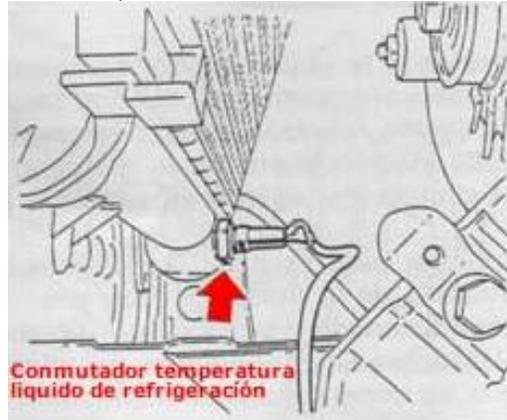


Figura 1.21 CONMUTADOR DE REFRIGERANTE²²

CONMUTADOR VENTILADOR ADICIONAL

El conmutador del ventilador adicional va ubicado en el lado posterior del compresor.

Para evitar presiones excesivamente altas en el circuito del refrigerante, este conmutador conecta el ventilador adicional al alcanzarse una presión de aprox.1800 hasta 2100 kPa y lo desconecta a los 1450 kPa aprox.

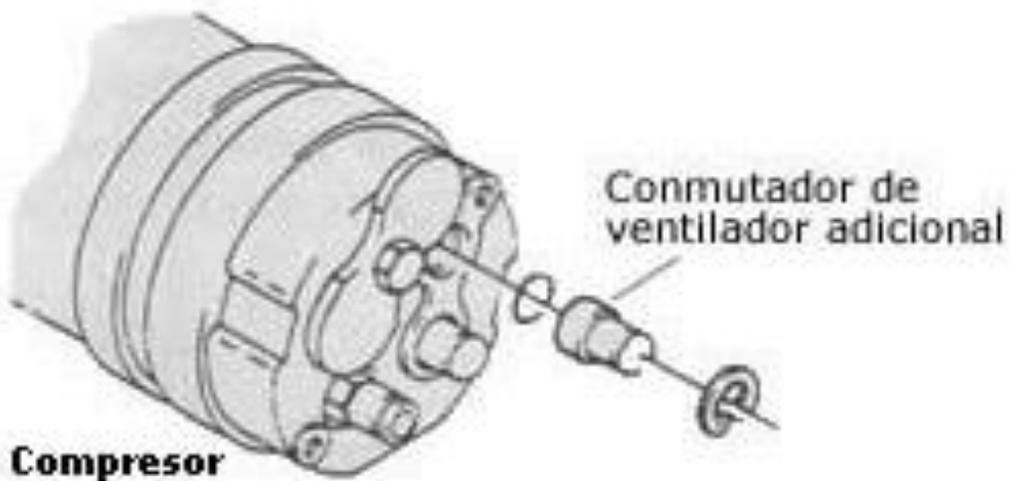


Figura 1.22 CONMUTADOR AUXILIAR²³

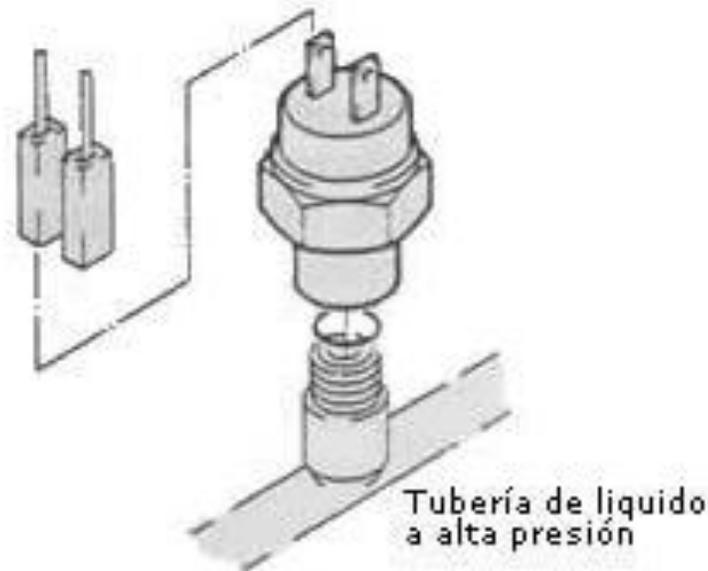
²² Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

²³ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

CONMUTADOR MOTRONIC

El conmutador Motronic (la denominación Motronic viene de los sistemas de inyección gasolina que utilizan una gestión electrónica de la casa BOSCH denominada "Motronic") se encuentra en la tubería de líquido a alta presión entre el condensador y el evaporador.

Este conmutador origina un aumento del régimen de revoluciones del ralentí o bien lo impide, abriendo los contactos, si la presión del circuito del refrigerante alcanza aprox. 100 ± 100 kPa.



Conmutador Motronic

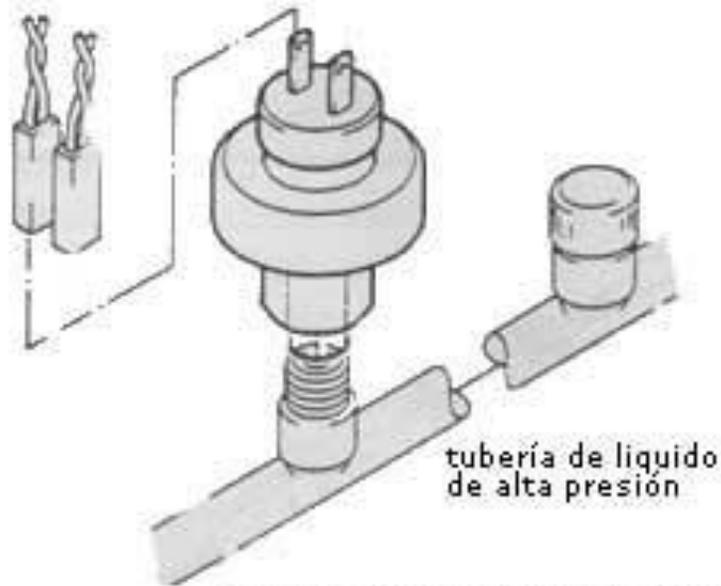
Figura 1.23 CONMUTADOR MOTRONIC²⁴

CONMUTADOR SEGURIDAD BAJA PRESIÓN

El conmutador de seguridad de baja presión se halla al lado de la conexión de alta presión para servicio, en la tubería de líquido a alta presión entre el condensador y el evaporador, y sirve para proteger la instalación de aire acondicionado en el caso de que fuese insuficiente la cantidad de refrigerante.

Este conmutador desconecta el compresor en cuanto la presión en la instalación de aire acondicionado ha descendido a $215 \pm$ kPa.

²⁴ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).



Conmutador de seguridad de baja presión

Figura 1.24 CONMUTADOR DE SEGURIDAD²⁵

Por regla general, la causa de que descienda de presión es debida a ser insuficiente la cantidad de refrigerante o a fugas en el circuito del mismo. Por ello, el conmutador de seguridad de baja presión no vuelve a conectar automáticamente el compresor. Como a través de las fugas no sólo puede salirse el refrigerante, sino también su aceite, la desconexión del compresor es una medida de seguridad para evitar que se averíe debido a una falta de aceite.

CONMUTADOR TRIPLE

El conmutador triple contiene:

- * Conmutador seguridad baja presión
- * Conmutador seguridad alta presión
- * Conmutador ventilador adicional

El conmutador reacciona a 3 presiones diferentes que se presentan en la tubería de alta presión y conecta el circuito de conexión correspondiente.

El conmutador triple va montado en la tubería de alta presión, entre el compresor y el condensador.

El conmutador de seguridad de baja presión desconecta el acoplamiento magnético del compresor en cuanto la presión en el circuito del refrigerante desciende

²⁵ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

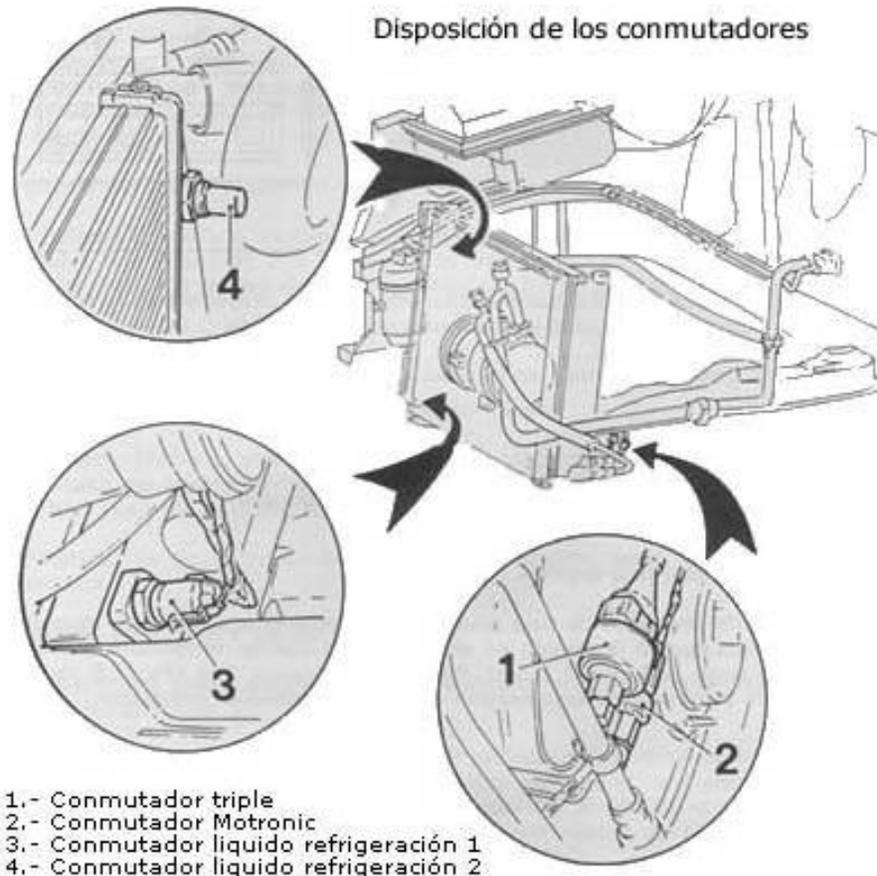


Figura 1.25 UBICACIÓN DE LOS CONMUTADORES EN EL AUTOMÓVIL²⁶

El conmutador de seguridad de alta presión desconecta el acoplamiento magnético del compresor en cuanto la presión en el circuito del refrigerante sobrepasa o 3000 kPa (30 bar) aproximadamente. El conmutador de seguridad de alta presión conecta de nuevo el compresor al descender la presión por debajo del valor normal de unos 2000 kPa (20 bares).

El conmutador ventilador adicional conecta el ventilador adicional y el ventilador del radiador de la velocidad 1 a la velocidad 2 si la presión es superior a unos 1900 kPa (19 bares). Al bajar la presión a menos de unos 1500 kPa (15 bares) conecta a la velocidad 1.

Conmutador Motronic (conmutador incremento ralenti)

El conmutador Motronic eleva el régimen de revoluciones del ralenti si la presión en el circuito del refrigerante es de unos 1100 kPa (11 bares). A unos 900 kPa (9 bares) vuelve a desconectar el conmutador Motronic.

El conmutador va dispuesto en la tubería de alta presión, entre el compresor y el condensador.

²⁶ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

CONMUTADOR TEMPERATURA LÍQUIDO REFRIGERACIÓN

En el radiador del motor van dispuestos 2 conmutadores de temperatura para el líquido de refrigeración.

El conmutador 1 en la parte inferior del radiador es el conmutador del ventilador del radiador. Este conmutador conecta en serie el ventilador del radiador y el ventilador adicional al alcanzar la temperatura del líquido de refrigeración los 100 °C. A los 95 °C vuelve a desconectar los ventiladores del radiador y adicional.

El conmutador 2 dispuesto en la mitad superior del radiador del motor es un conmutador con 2 contactos. A los 105 °C conecta uno de los contactos el ventilador adicional y el ventilador del radiador a la velocidad 2. A los 100 °C conecta el ventilador a la velocidad 1. El otro contacto desconecta el acoplamiento magnético del compresor a los 120 °C y lo conecta de nuevo a los 115 °C.

1.18.6 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

La válvula de expansión ubicada entre el condensador y el evaporador.

Mediante su taladro invariablemente calibrado, esta válvula determina el paso del refrigerante por el sistema. Su misión se describe detalladamente en el apartado "Descripción del circuito de refrigerante".

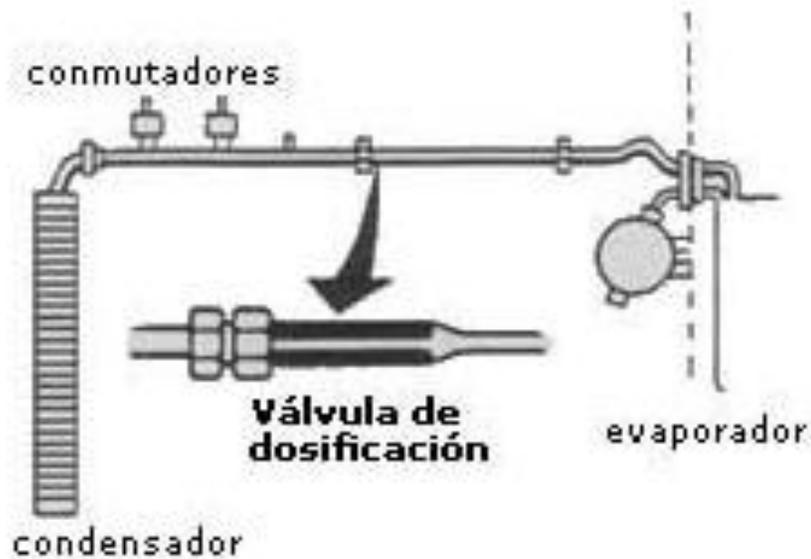


Figura 1.26 VALVULA DE EXPANCIÓN²⁷

²⁷ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

1.18.7 EVAPORADOR

El evaporador va dispuesto en la caja de distribución del aire.

El evaporador refrigera, seca y limpia el aire que penetra en el espacio a acondicionar.

Estando la instalación de aire acondicionado conectada se refrigera el aire que pasa entre las laminillas del núcleo del evaporador, condensándose en él la humedad existente en el aire. Al entrar en contacto con las superficies húmedas del evaporador, las partículas de polvo, polen, etc., son retenidas y, junto con el agua condensada, conducidas hasta el exterior a través de los tubos flexibles de evacuación dispuestos debajo de la caja de distribución del aire. La humedad absoluta en el habitáculo es reducida lo que reduce el empañado de los cristales al conducir con tiempo lluvioso, húmedo o frío.

El evaporador es un intercambiador de calor cuya función es indisociable con la de la válvula termostática de expansión (válvula reductora o dosificación). Durante la evaporación, el fluido refrigerante absorbe la energía del aire impulsada por la turbina de ventilación de la habitación a acondicionar del vehículo, que se enfría atravesando las tuberías del evaporador.

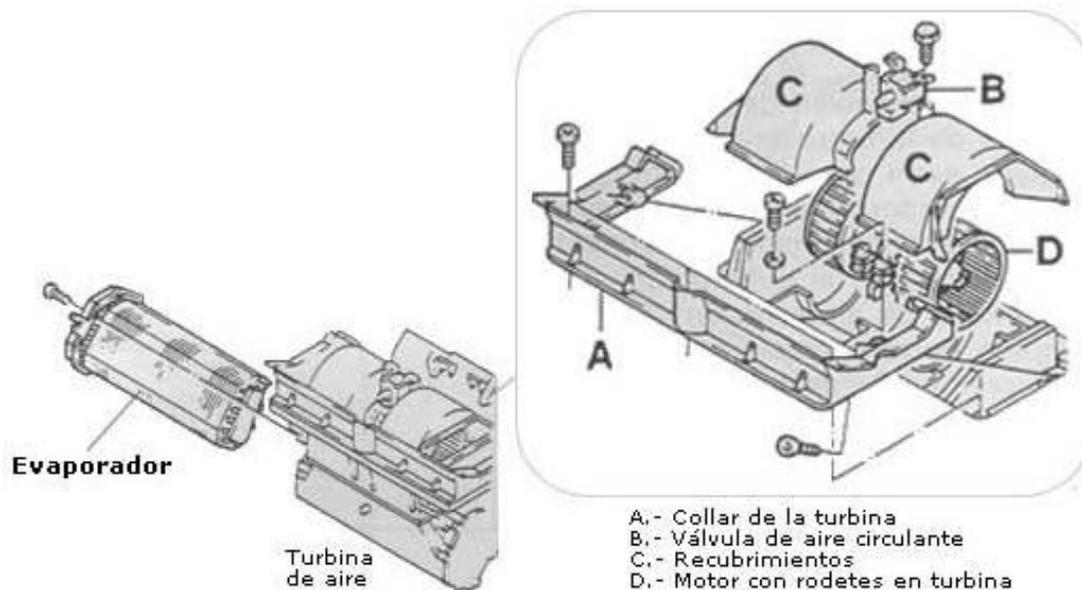


Figura 1.27 DESPIECE DEFROSTER²⁸

La temperatura del 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. El control anti-congelación lo realiza la válvula de mando en el compresor. En cuanto se haya alcanzado en el evaporador la temperatura del 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 refrigerante hacia el evaporador.

²⁸ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

Para los trabajos de servicio se necesitan un nuevo puesto móvil de servicio y un nuevo aparato busca-fugas. El refrigerante y los componentes de los sistemas R-134a y R-12 no deben intercambiarse. El mezclar los agentes refrigerantes a los componentes de ambos sistemas conduce a un funcionamiento incorrecto y a un deterioro de las piezas del sistema de aire acondicionado.

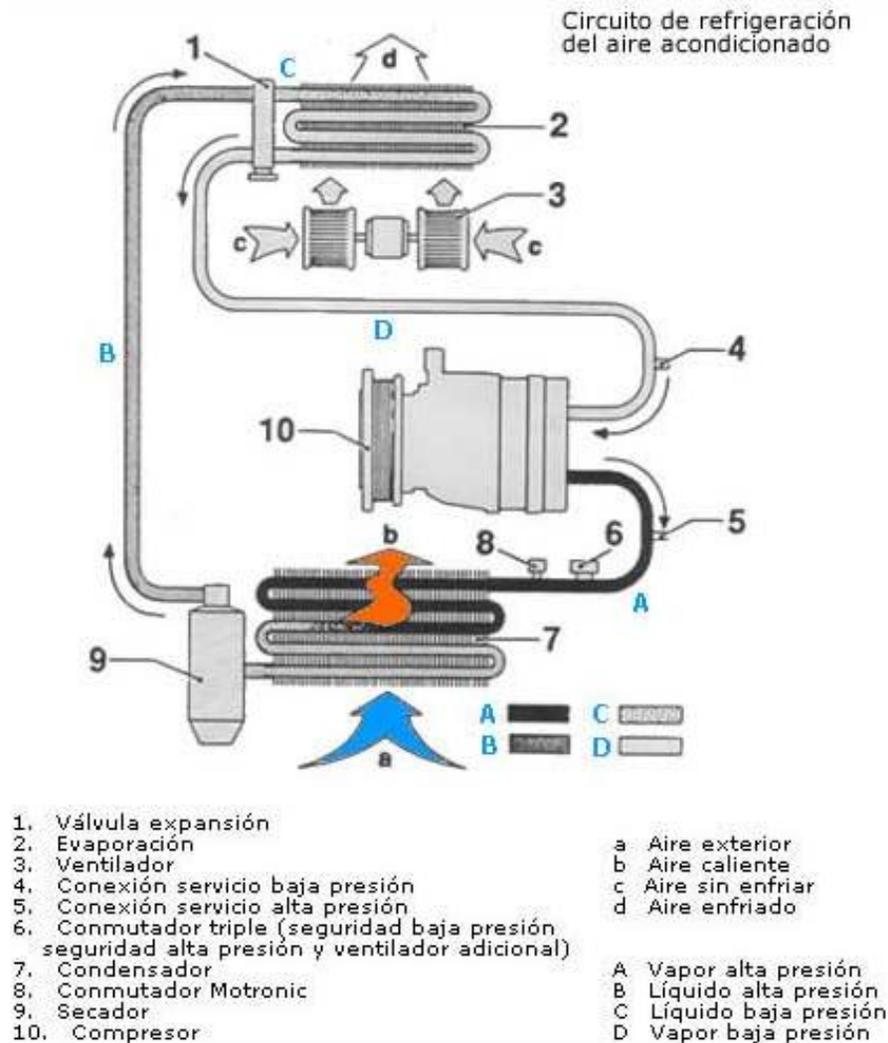
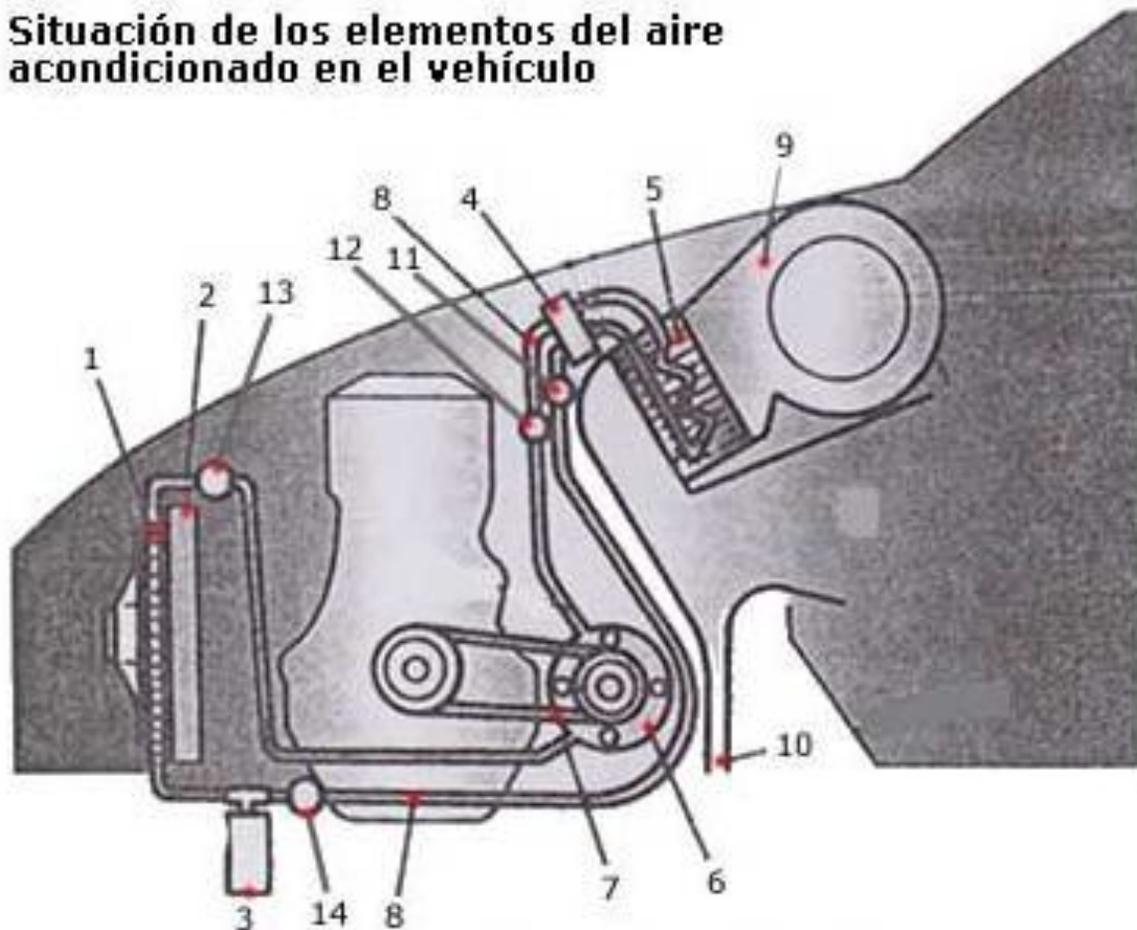


Figura 1.28 CIRCUITO EN EL AUTOMÓVIL²⁹

²⁹ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

Situación de los elementos del aire acondicionado en el vehículo



- 1.- Ventilador de refrigeración condensador
- 2.- Condensador
- 3.- Depósito secador
- 4.- Válvula termostática de expansión
- 5.- Evaporador
- 6.- Compresor
- 7.- Correa trapezoidal
- 8.- Tubería de conducción del agente refrigerante
- 9.- Turbina del ventilador habitáculo
- 10.- Evacuación de los condensados en el evaporador
- 11.- Válvula de llenado del circuito de alta presión
- 12.- Válvula de llenado del circuito de baja presión
- 13.- Conmutador o presostato triple
- 14.- Testigo de líquido

Figura 1.29 UBICACIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES EN EL AUTOMOVIL ³⁰

³⁰ Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

1.19 CONEXIONES DE SERVICIO O VÁLVULAS DE SERVICIO

Las válvulas tienen por función:

- Autorizar la conexión de los racores de la instalación de carga en el circuito refrigerante,
- Asegurar la abertura del circuito para efectuar el arrastre en vacío para eliminar el aire y la humedad y efectuar el llenado o el vaciado,
- Garantizar la estanqueidad de estos puntos de carga durante el funcionamiento del sistema refrigerante.

Están formadas por un cuerpo que contiene un mecanismo de válvula y un tapón.

La válvula asegura el cierre del punto de carga por la acción de un muelle. Al conectar la instalación de carga, el racor actúa sobre un empujador que comprime el muelle y libera la abertura del circuito. Al conectar y desconectar, la acción se cumple de forma que el circuito refrigerante nunca entra en contacto con el aire exterior.

Se trata de dos válvulas de llenado: una situada en la parte de alta presión del circuito, entre el condensador y la válvula de expansión, y otra en la parte baja presión, entre el evaporador y el compresor. Esta posición de las válvulas permite una repartición homogénea del fluido dentro del circuito refrigerante, ya que la válvula de expansión y ciertas válvulas del compresor pueden estar cerradas en el momento del llenado. Su localización es precisa para facilitar el acceso a la hora de conectar los racores de la instalación de carga. De este modo, pueden atornillarse dentro del cuerpo o dentro de la culata del compresor (correspondiente a las cámaras de baja presión y alta presión) o soldarse a los tubos metálicos de unión.

Los diámetros de atornilla miento con los tubos de llenado de circuito refrigerante difieren según los fluidos frigorífico empleados, HFC 134a (R-134a) o CFC 12 (R-12), para evitar cualquier error de carga.

Estas válvulas también se utilizan para la colocación de los presos tatos en el circuito: permiten el desmontaje sin provocar pérdidas de fluido

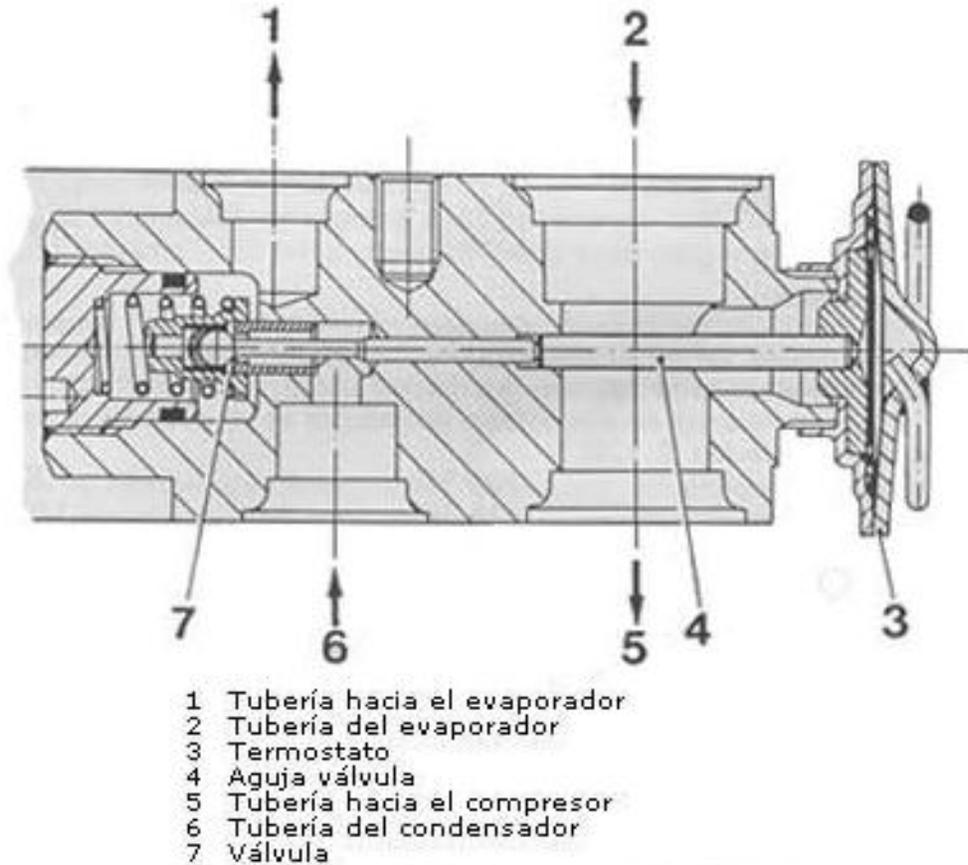
1.20 VÁLVULA TERMOSTÁTICA DE EXPANSIÓN (TXV)

La válvula de expansión es el punto de separación entre las zonas de alta y baja presión en el circuito del refrigerante y remplace hasta la ahora conocida válvula de paso en el sistema de aire acondicionado.

La caída de presión tras la válvula de expansión origina la evaporación del refrigerante.

La válvula de expansión va dispuesta en la carcasa de distribución del aire entre las tuberías de entrada y salida del evaporador.

Contrariamente a la válvula de paso, que posee un paso calibrado, la válvula termostática de expansión es variable en su paso.



Válvula termostática de expansión (TXV)

Figura 1.30 VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA³¹

Funcionamiento: La válvula de expansión termostática estrecha la sección de la tubería de refrigerante. El descenso de la presión que con ello tiene lugar hace que el refrigerante se evapore. La válvula va dispuesta entre la tubería de entrada (1) y salida del evaporador (2).

La válvula de expansión termostática es un elemento de regulación variable.

El tamaño de la sección es regulado por un termostato. Sobre el termostato acciona la temperatura a la que el refrigerante sale del evaporador. Una variación de la temperatura origina el desplazamiento de la aguja de válvula y, con ello, la modificación de la sección en la válvula.

³¹Birch, T. (1996). En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

1.21 COMPROBACION DE FUGAS

El llenado no es eficaz si la estanqueidad del circuito refrigerante no es perfecta.

El control de la estanqueidad se efectúa cuando ha acabado el llenado y después de poner el circuito bajo presión. El mantenimiento del vacío, como control de la estanqueidad, es sólo un remedio para salir del paso debido a la inversión del sentido de trabajo de las juntas.

Los sistemas de detección de pérdidas en los circuitos refrigerantes que aun utilizan CFC 12 son numerosos pero su eficacia no siempre es completa:

- Aplicar agua jabonosa en las partes a controlar. Sin embargo, este método es impreciso para las pérdidas pequeñas y para observar los lugares menos accesibles a la vista.
- Utilizar una lámpara haloidea; no obstante, trabajar con ella en el vehículo resulta peligroso debido a su llama.
- Añadir un colorante al fluido que deja una traza visible en el lugar de la pérdida (Dytel o similar, aunque este producto químico no es aceptado por los fabricantes de compresores).
- Utilizar un detector electrónico de pérdidas. Aunque más costosos, estos aparatos son los más usados por los constructores debido a su eficacia. Su precisión es del orden de 1 a 5 g. de pérdida de fluido por año. Una señal sonora indica la presencia de fluido alójele.

En los circuitos que utilizan el fluido de refrigeración R 134a, las pérdidas las detecta el aparato Spectroline. Se trata de una lámpara de detección por rayos ultravioleta. Un aditivo fluorescente se añade previamente al fluido refrigerante. Durante el examen con la lámpara UV, las pérdidas se transforman un trazo de color amarillo verdoso, fluorescente y brillante que señala con precisión el origen de la pérdida.

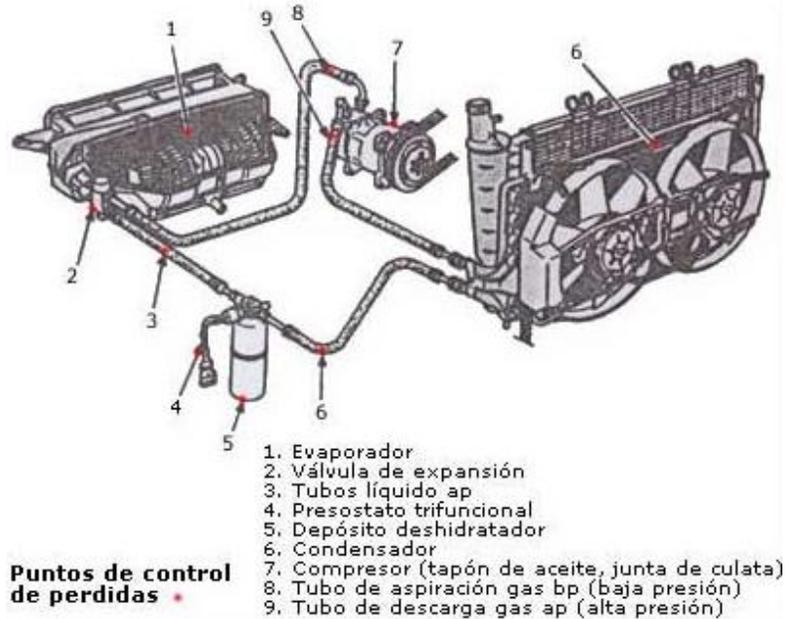


Figura 1.31 PUNTOS DE PERDIDA DE ENERGÍA³²

1.22 INSTRUCCIONES RELATIVAS A LA SEGURIDAD

Se debe tomar en cuenta que todas las reparaciones o revisiones deben hacerse con todas las precauciones pertinentes, tanto para la seguridad del equipo y aun ms importante la seguridad de la persona que las realiza.

Al tratar con agentes refrigerantes deben utilizarse siempre gafas y guantes protectores.

Evitar que las piezas del sistema de aire acondicionado queden sometidas al calor:

- Los vehículos equipados con sistema de aire acondicionado no deberán estar más de 20 minutos sometidos a 80 °C en el horno de secado. Si ello fuese necesario, deberá entonces vaciarse la instalación de aire acondicionado.
- Al desencerrar o limpiar el motor, no dirigir el chorro de vapor directamente contra las piezas del sistema de aire acondicionado.

El lugar de trabajo donde se opere con el circuito del refrigerante deberá estar siempre bien ventilado.

El aspirar fuentes concentraciones del refrigerante gasificado origina mareos y una impresión de asfixia.

³² Birch, T. En *Manual de Aire Acondicionado Automotriz* (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).

No trabajar en el circuito del refrigerante desde un foso de montaje. El refrigerante gasificado pesa más que el aire y puede concentrarse en grandes cantidades en tales fosos.

Al retirar los tubos flexibles de servicio, no acercar hacia el cuerpo los cierres rápidos ya que podría salir de ellos aún algo de refrigerante.

CAPITULO 2

EVOLUCIÓN DE LA CLIMATIZACIÓN EN AUTOBUSES.

En este capitulo se describirán los componentes principales de distintos sistemas de aire acondicionado. Se presentaran los equipos con mayor auge en México.

2.1 EQUIPO EN CAJUELA CON MOTOR RENAULT A DIESEL

Este equipo en su sistema de enfriamiento, cuenta con un motor Renault que servía única y exclusivamente para el compresor del aire acondicionado. Este motor no traía un tanque de diesel para abastecer este motor, el tanque que suministraba este motor del aire acondicionado es se tomaba del tanque que alimentaba al motor principal del autobús (el culpable de la tracción del autobús), este motor principal también lo vamos a comentar mas adelante, ya que su modo de enfriamiento del motor, nos favorece en el ciclo de calefacción.



Figura 2.1 AUTOBÚS MODELO OLÍMPICO³³

2.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES

El equipo con motor Renault contaba con 14 componentes principales los cuales son compresor de 3 cabezas, motor Renault a diesel con 950 revoluciones por minuto, turbina condensadora, 2 serpentines evaporadores, serpentín condensador, serpentín radiador, 2

³³ Pérez, M. (de 2004 a 2006). Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico.

serpentines de calefacción, válvula de expansión con capacidad de 9 toneladas de refrigeración, 2 válvulas manuales, 2 válvulas solenoide, cableado eléctrico.

2.1.2 COMPRESOR

El compresor elegido para este equipo de aire acondicionado fue el mejor de los años 50. Esta fue una maquina recprocarte de 3 cabezas en W.

Este compresor se le denomino como un compresor semiabierto en su tiempo ya que parecía el compresor acoplado con el motor Renault, pero en el año 2000 es clasificado como un motor abierto. La capacidad de este compresor fue de 9 toneladas de refrigeración.



Figura 2.2 COMPRESOR 2D

2.1.3 MOTOR RENAULT

El motor Renault es un motor de combustión interna de diesel con 4 pistones en línea y con 16 válvulas.

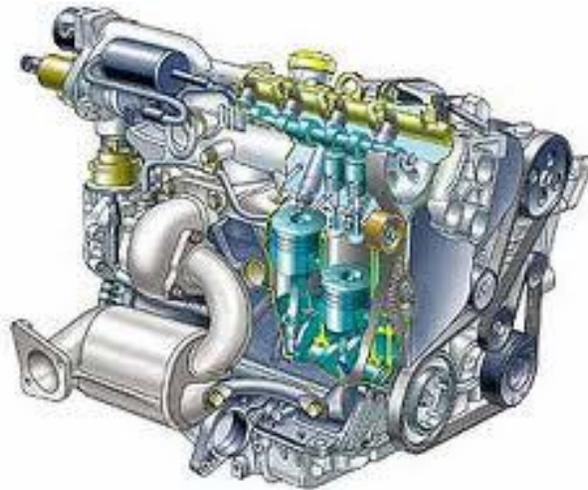


Figura 2.3 MOTOR RENAULT QUE FUE ACOPLADO CON COMPRESOR 2D

2.1.4 TURBINA DEL CONDENSADOR

La turbina condensadora (ventilador centrifugo) en este equipo fue una excelente idea ya que estaba acoplada a el motor de diesel y su velocidad siempre fue continua y este ventilador centrifugo servía para enfriar tanto el condensador del sistema de aire acondicionado y el radiador del sistema de refrigeración del motor.

2.1.5 SERPENTINES EVAPORADORES Y CALEFACTORES

Los serpentines evaporadores del sistema de aire acondicionado tanto como los calefactores del sistema de calefacción hacen un total de cuatro serpentines.

Estos 4 serpentines están divididos en 2 grupos iguales en cada grupo tenían 2 serpentines uno de enfriamiento y uno de calefacción.

El problema que se presento con este equipo fue de qué se ocupo el CLORODIFLUROMETANO (R-22) y este refrigerante enfría demasiado y el agua que se encontraba en el serpentín de calefacción se congelaba y como el agua congelada ocupa más espacio reventaba los codos del serpentín de calefacción y esto provocaba una falla seria

Esta congelación de agua se realiza ya que el sistema de enfriamiento del motor ocupaba agua.

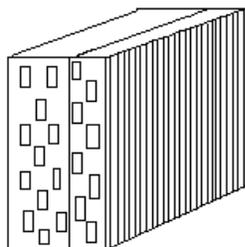


Figura 2.4 SERPENTÍN EVAPORADOR ACOPLADO CON SERPENTÍN DE CALEFACCIÓN

2.1.6 CONDENSADOR

El condensador esta acoplado con el radiador de conservación del motor principal del autobús estos dos componentes son enfriados por el ventilador centrifugo que funciona con el motor de la cajuela que sirve para hacer funcionar el sistema de climatización.

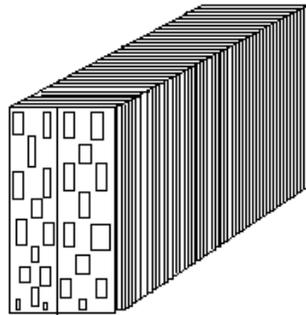


Figura 2.5 CONDENSADOR

2.1.7 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Este equipo de aire acondicionado tuvo dos tipos de dispositivos de expansión las cuales fueron una válvula termostática con 8 toneladas de refrigeración y el otro fue un conjunto de tubos capilares con la capacidad de 8 ½ de toneladas de refrigeración.

2.1.8 DIAGRAMA MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

El circuito que utiliza este equipo con motor Renault en cajuela cuenta simplemente con los cuatro componentes básicos de refrigeración con un des humectante.

Este equipo cuenta con 2 evaporadores conectados en paralelo un condensador un control de flujo que fueron varios tubos capilares que hacen una cantidad de 8 ½ de toneladas de refrigeración y un compresor recíprocate que va de 5 a 21H.P.

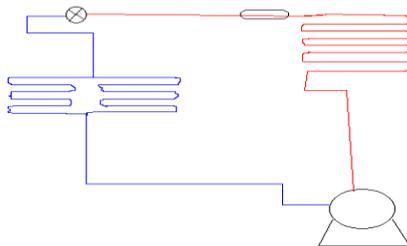


Figura 2.6 DIAGRAMA MECÁNICO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

2.1.9 DUCTERIA

La ducteria que se utiliza en este equipo de aire acondicionado no es la misma en todos los autobuses en el que fue instalado pero se va a citar el autobús en el que más se instalo que fue uno fabricado por la empresa DINA con el nombre de corre caminos.

En este autobús la ducteria vino por debajo de los asientos de los pasajeros para que cuando el aire se encuentre debajo de cada uno de los asientos pasara después por un conducto más pequeño y este salga más o menos a la altura de la parte baja de las ventanas.

Y los filtros fueron 2 mallas que se localizaron antes de los serpentines de acondicionamiento.



Figura 2.7 INTERIOR DE AUTOBÚS³⁴

2.1.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTE SISTEMA

La única gran ventaja que tuvo este sistema de acondicionamiento de aire que no presento fugas de refrigerante constantes en su sistema de refrigeración.

En cambio las desventajas fueron demasiadas como ya se había comentado al iniciar el capítulo una de las más constantes fue la ruptura de los tubos del serpentín de calefacción y esto se provocaba por que los autobuses no utilizaban anticongelante solo usaban agua y como este serpentín que llevaba el agua de calefacción se localizo junto al evaporador del sistema de refrigeración esta agua se congelara. Otro gran inconveniente para el sistema fue que la limpieza de los ductos era muy laboriosa ya que había que quitar los asientos del autobús y esto elevaba el tiempo del mantenimiento preventivo.

Este autobús contaba con un motor de diesel adicional al motor principal, aumentando el peso del autobús, ocasionando que consuma más combustible. Otra y desde mi punto de vista es la más importantes la de poner el radiador y el condensador juntos ya que cuando no trabajaba el condensador elevaba la presión del refrigerante y dañaba el compresor.

2.1.11 MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUE SE VOLVIO UN ESTANDAR EN TODOS LOS EQUIPOS

El mantenimiento que se le debe de dar a este equipo de aire acondicionado consiste en servicios que se clasifican como B, C y D:

El servicio B consiste en lavar los filtros de aire con agua presurizada en la parte de arriba donde se encuentran los evaporadores y condensadores del equipo de refrigeración estos se limpian con aire a presión para retirarle polvo que se encuentre dentro de ellos y antes se limpia la carrocería donde está ubicado el equipo después se echa a andar el equipo para checar que todos los motores funcionen correctamente en caso de que algún motor no funcione si es un motor condensador se inyecta aire a presión y se remplazan los carbones siempre previamente limpiando el colector (rotor), y si se da el caso que sea un motor de

³⁴ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

evaporador se checa en el tablero electrónico el relevador correspondiente y se reemplaza para checar si funciona y si persiste el problema se cambia el motor. Esta operación se hace con una periodicidad mensual o cada 20 000 kilómetros.

El servicio C es prácticamente lo mismo el B solo se le aumenta una lavada a el compresor por la parte de afuera con agua presurizada para retirar le las impurezas y claro que de una apariencia de limpieza. Este otro se hace cada 2 meses o 20 000 kilómetros

El servicio D es una recopilación de los 2 anteriores pero en este se tiene que recuperar el gas del sistema para hacerle cambio de aceite al compresor un remplazo de filtro deshidratador (filtro desecante) es lo que lo diferencia de los otros. Este otro se realiza cada año. Cabe destacar que los servicios se tienen que hacer 2 servicios B para poder hacer un servicio C.

2.2 EQUIPO CON CONDENSADOR, BOMBA HIDRAULICA Y EVAPORADORES EN CAJUELA

El equipo con condensador en cajuela es una versión mejorado en respecto a la que traía un motor Renault ya no consume tanto combustible como el equipo anterior, pero este equipo incluyo una bomba hidráulica de aceite que estaba acoplada al compresor del sistema para que cuando el clutch del compresor entre en funcionamiento, acciona la bomba y el ventilador del condensador.



Figura 2.8 AUTOBUS TIPO CORRECAMINOS³⁵

2.2.1 COMPONENTES PRINCIPALES

Este equipo con condensadores ubicados en la cajuela tenia los mismos serpentines de acondicionamiento de aire que el equipo con motor Renault, una válvula de expansión con capacidad de 9 toneladas de refrigeración, un compresor similar al de equipo Renault con ligeras modificaciones, una bomba hidráulica de aceite, un ventilador del condensador, un radiador, un ventilador del radiador, un condensador y 2 turbinas en cada uno de los lados para el recirculamiento de aire.

2.2.2 SERPENTINES DE ACONDICIONAMIENTO

Los serpentines de este equipo colocados en la cajuela son básicamente los que trajo el equipo con motor Renault, eran tan idénticos que se siguió presentando la misma falla, en la que se congela el agua en el serpentín de calefacción cuando se pone a funcionar el sistema de enfriamiento ya que como se menciona antes el serpentín de calefacción y enfriamiento están juntos.

³⁵ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

2.2.3 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

La válvula de expansión que se puso inicialmente en este equipo de aire acondicionado fue una válvula termostática, la cual aumenta la transferencia de calor. También se debe mencionar que en este equipo, el ventilador del condensador se colocó en dos posiciones una en forma vertical y la otra en forma horizontal.

2.2.4 CONDENSADOR

El condensador de este sistema a comparación del equipo con motor Renault este está separado del radiador de conservación del motor principal del autobús ya que eso provocó problemas en el equipo pasado. Presentan otra falla debido a la bomba hidráulica, la cual se mencionará posteriormente.

2.2.5 VENTILADOR DEL CONDENSADOR

El ventilador que convirtió al condensador, en un condensador de tiro forzado, para el funcionamiento óptimo del sistema de enfriamiento ya que ayudó a la transferencia de calor al exterior. También cabe destacar que en este equipo se colocó en 2 posiciones diferentes en forma vertical (en esta posición el ventilador arrojó el aire caliente hacia abajo) y la posición horizontal (en esta posición el aire caliente lo arroja hacia un costado).

2.2.6 BOMBA HIDRÁULICA

Esta bomba viéndola desde el punto de diseño para un equipo que no tenga exceso de vibraciones hubiese quedado perfecto pero en este caso no porque es para un sistema automotriz y como este tipo de autobuses salen a carreteras, el viaje es muy accidentado provocando demasiadas vibraciones esto desgollaba a las mangueras de alimentación para el ventilador, esto provocaba que la presión del refrigerante en el condensador se incrementara demasiado y como el CLORODIFOLROMETANO (R-22) eleva demasiado su presión y al no tener una ayuda para desechar el calor que absorbió el refrigerante en el evaporador, el condensador llegaba a explotar, esta explosión que era producida por la bomba hidráulica llegó a consecuencias demasiado grandes cabe citar el ejemplo en donde un pasajero perdió las extremidades inferiores.

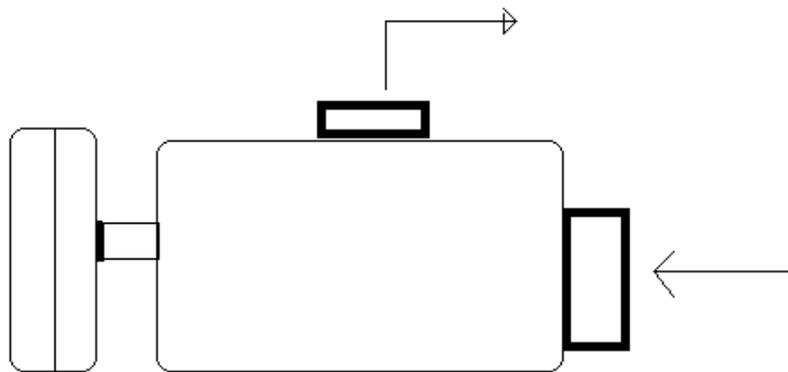


Figura 2.9 BOSQUEJO DE BOMBA HIDRÁULICA

2.2.7 COMPRESOR

El compresor que básicamente no cambio con respecto del que llevo el equipo Renault que consta de 3 cabezas con 2 pistones cada una de ellas y este compresor tuvo una capacidad de 16 H.P. en potencia a 2300 r.p.m. con la diferencia de que este compresor funciona con una adaptación de una polea y cluch magnético que se comunico la tracción al compresor por medio de bandas, y esto no quiere decir que cuando este encendido el motor del autobús el compresor este haciendo su ciclo el que gobierna el ciclado del compresor es el cluch magnético.



Figura 2.10 COMPRESOR 2D MEJORADO

2.2.8 CLUCH MAGNETICO

Este componente que forma parte del compresor, gobierna el paro y arranque del mismo, pero no solo esto sino que también de la bomba hidráulica de aceite la que cuando se magnetiza la bobina del cluch se pega ala polea loca del compresor con el movimiento de la polea al mismo tiempo se mueve la bomba.

2.2.9 RADIADOR

El radiador no es más que un componente auxiliar de la calefacción del autobús ya que este apoya al motor principal del autobús. Este componente sirve para enfriar el motor principal cuando la calefacción del autobús no está funcionando y este funciona como el condensador del autobús ya que desecha el calor del autobús que no emplea en ninguna parte.

2.2.10 TURBINAS DE RECIRCULAMIENTO

Estas turbinas que funcionan con motores de corriente directa cada uno colocado en los costados del autobús donde también se localiza la ducteria del sistema de aire acondicionado.

2.2.11 DUCTERIA

La ducteria de este equipo es relativamente igual que el equipo con motor Renault ya que el principio de funcionamiento la forma y dimensiones son las mismas.

2.3 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO ELÉCTRICO CON SERPENTINES EN CAJUELA

El equipo de aire acondicionado eléctrico no es más que una versión mejorada de su antecesor (el equipo con bomba hidráulica) que tuvo demasiados problemas con el intercambio de calor en su sistema de trasferencia de calor en el condensador del equipo de refrigeración. Y su mayor problema es que no podía establecer rangos de acondicionamiento de aire ya que

si primero se solicitaba el aire frio por decir al medio día y si el viaje es demasiado largo en la noche requieres de calefacción la cual ya no podía ser empleada porque los tubos del agua habían sido fracturados por el agua congelada.



Figura 2.11 AUTOBÚS MODELO AVANTE³⁶

2.3.1 SERPENTINES DE ACONDICIONAMIENTO

Los serpentines de acondicionamiento tuvieron un pequeño rediseño ya que el serpentín de calefacción ya no almacena este nuevo agente para la calefacción cuando el refrigerante este extrayendo calor desde los serpentines este evitara congelarse a una temperatura de hasta 0 °F y esto evitara que se rompan los serpentines de calefacción.

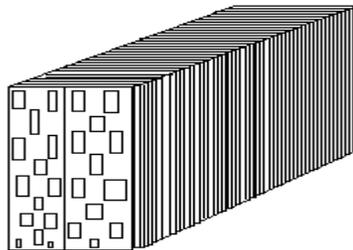


Figura 2.12 SERPENTÍN EVAPORADOR ACOPLADO A SERPENTÍN CALEFACTOR

2.3.2 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

La válvula que se empleo en este equipo de aire acondicionado fue un conjunto de tubos capilares con una capacidad de 10 toneladas de refrigeración. Con esto se evitara que los serpentines de calefacción se rompan por la congelación del agua.

³⁶ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

2.3.3 SERPENTÍN CONDENSADOR

El serpentín condensador del equipo de aire acondicionado eléctrico es básicamente del mismo tipo del que se empleo en sistemas de aire acondicionado enfriado con bomba hidráulica de aceite.

2.3.4 VENTILADORES DEL CONDENSADOR

Este quipo recibe el nombre de eléctrico gracias a los ventiladores que substituyeron a la bomba hidráulica que enfrió al condensador. Este conjunto de ventiladores condensadores, son impulsados por 2 motores eléctricos que se encuentran conectados en serie, para que funcionen en revoluciones lentas y halla mayor transferencia de calor y esto lo haga más eficiente.

2.3.5 COMPRESOR

El compresor se rediseño para este equipo de aire acondicionado en cuanto diámetros de los pistones estos fueron creciendo pero en lo que respecta a forma física sigue siendo un compresor de 3 cabezas con 2 pistones en cada una de ellas y si funcionamiento es el mismo con la diferencia que ya no tiene adaptada la bomba hidráulica. En cuando al cluch magnético ya no tiene la polea extra para el funcionamiento de la bomba hidráulica.



Figura 2.13 COMPRESOR 2D

2.3.6 RADIADOR

En cuanto al radiador de refrigeración es literalmente el mismo que en el equipo pasado enfriado por un ventilador axial que es impulsado por el motor principal del autobús.

2.4 EQUIPO CON EVAPORADOR TRASERO, CONDENSADOR EN CAJUELA Y CALEFACCIÓN POR CALEFACTORES

Este equipo en comparación de su antecesor tuvo un gran avance en cuanto a fallas ya que con su evaporador en la parte trasera (junto al baño del autobús) ya no congelo las tuberías de calefacción. Uno de los avances más notorios fue que las turbinas de los evaporadores estuvieron también en la parte trasera y esto provoco que en cuanto a ducteria tuviera un cambio demasiado drástico y a su vez esto provocaría que ya no se tuviera que hacer un mantenimiento preventivo tan frecuentemente al sistema de ducteria. Porque dando como resultado que cuando la ducteria tuviera un cambio drástico (reducción) provocaría que ya no se tuviera que hacer un mantenimiento preventivo recurrente.



Figura 2.14 AUTOBÚS DOBLE PISO CON SISTEMA DE EVAPORADORES EN CAJUELA³⁷

2.4.1 COMPONENTES PRINCIPALES

Este equipo de aire acondicionado tiene como componentes principales un evaporador, 2 turbinas, válvula de expansión condensador, compresor, radiador, motor condensador, ventilador del radiador y un defroster.

2.4.2 EVAPORADOR

En comparación de los equipos que se comentaron anteriormente este tiene el evaporador de refrigeración en la parte trasera, esto fue con el fin de que ya no estuvieran en contacto con los serpentines de calefacción y no se afectaran al momento de entrar en operación debido a que uno enfría y el otro calienta, aunque no estén funcionando al mismo tiempo.

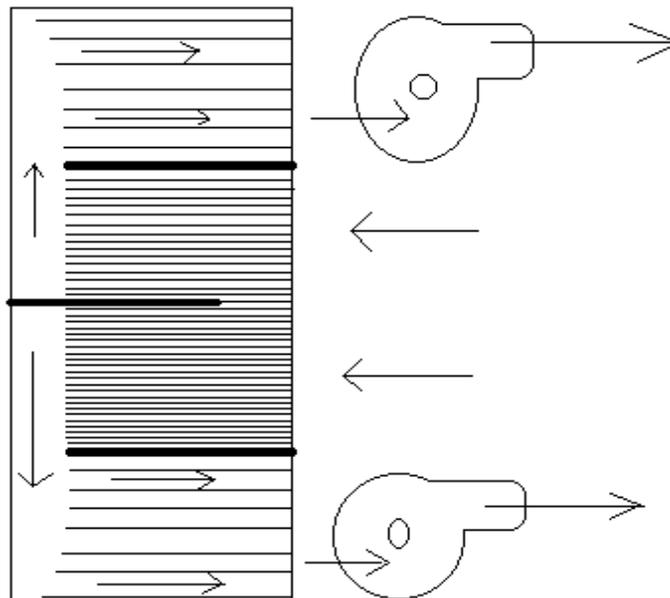


Figura 2.15 FLUJO DE AIRE EN SERPENTÍN EVAPORADOR

³⁷ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

2.4.3 TURBINAS DEL EVAPORADOR

Las turbinas del evaporador son las que provocan el movimiento del aire a través de los ductos y hacerlo a llegar al espacio a acondicionar para proporcionar al usuario una sensación de confort. El diseño de este evaporador aunque no muy notorios también tuvo una falla que para las personas que se encargaban del mantenimiento era demasiado molesto sacar el agua de condensación que producía el evaporador, con esto se humedece el pasillo del autobús lo que podía provocar algún accidente.

2.4.4 DUCTERIA

La ducteria cambio en relación con los tres equipos que se mencionaron anteriormente. La ducteria de este equipo aprovecha los portaequipajes del autobús y así estos tendrían una doble función, una la que es distribuir el aire y la otra de soportar su equipaje. Otro de los motivos por la cual se decidió utilizar este tipo de ducteria tiene mucho que ver con el principio de que el aire frio tiende a bajar y el aire caliente tiende a subir, el inconveniente que tuvo este equipo con el evaporador en la parte trasera del autobús es que la cantidad de aire que se reparte al autobús no es la misma en todas las zonas del autobús esto porque si se elegía en el autobús una velocidad de enfriamiento baja o media los pasajeros que estuvieran en la parte trasera del autobús (mas cerca del evaporador) tendrían frio y los pasajeros de la parte delantera (mas lejos del evaporador) tendrán una temperatura mas alta que la de los de atrás y por lo consiguiente tendrán mayor sensación de calor.

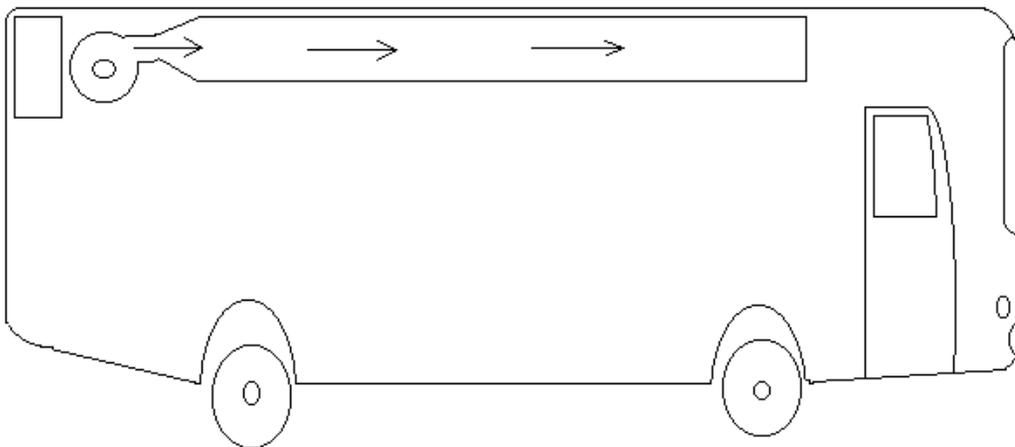


Figura 2.16 FLUJO DE AIRE EN EL INTERIOR DEL AUTOBÚS

2.4.5 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

En este equipo ya no fue necesario tener que adaptarle una válvula de expansión como fue una composición de tubos capilares ya se pudo mantener una válvula de expansión termostática para controlar el flujo del refrigerante.

2.4.6 CONDENSADOR

El condensador que fue elegido para este equipo de aire acondicionado fue exactamente el mismo que el sistema de aire acondicionado eléctrico no hubo casi ningún

cambio. La única diferencia que existe en el balanceo correcto de los motores del condensador, simplemente tuvieron una nueva posición.

2.4.7 COMPRESOR

El compresor se rediseño para este equipo de aire acondicionado en cuanto diámetros de los pistones que aumento el diámetro de pero en lo que respecta a forma física sigue siendo un compresor de 3 cabezas con 2 pistones en cada una de ellas y su funcionamiento es el mismo.



Figura 2.17 COMPRESOR 2D

2.4.8 RADIADOR

El radiador como ya se comento en el capitulo 1 es el que se encarga de refrigerar el motor principal del autobús y este no funciona cuando el sistema de calefacción esta en uso.

2.5 EQUIPO CAPRI 280

El equipo capri 280 fue el primer equipo de aire acondicionado que se monto en el toldo de un autobús al principio la idea fue muy practica pero tuvo un inconveniente muy grave en el primer modelo de autobús que se instalo ya que este autobús tuvo el toldo con una curvatura esta para que cuando lloviera el agua no se quedara estancada en el toldo. El problema fue cuando este equipo necesitaba mantenimiento ya que como el equipo de aire acondicionado estaba en el techo los que dan el mantenimiento se tienen que subir al toldo y con la curvatura del toldo, resbalaban continuamente y fueron víctimas de accidentes de consecuencias graves.



Figura 2.18 AUTOBÚS AVANTE CON EQUIPO EN TECHO³⁸

2.5.1 COMPONENTES PRINCIPALES

En este autobús, el equipo contaba con componentes similares a los anteriores, solo que ahora reciben un nombre mas específico como son: unidad condensadora, válvula de expansión, unidad manejadora de aire, compresor y sistema de calefacción.



Figura 2.19 AUTOBÚS FORÁNEO CON EQUIPO CAPRI 280³⁹

2.5.2 UNIDAD CONDENSADORA

La unidad condensadoras que maneja este equipo fue ubicada en la parte frontal del toldo del autobús, con el fin de que cuando el autobús fuera avanzando el aire que venga en contra pase por el condensador y haga más rápido el intercambio de calor. La unidad condensadora tiene 2 condensadores conectados en paralelo esto con el fin de que el aire entre por las orillas de la unidad y así pase por los 2 condensadores y el aire que pase por ambos condensadores salga hacia arriba, una temperatura mayor a la ambiente.

³⁸ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

³⁹ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

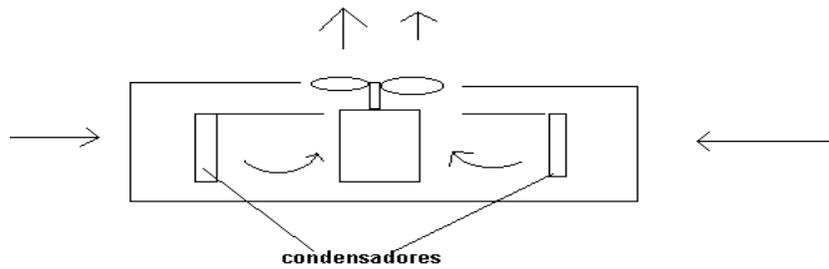


Figura 2.20 FLUJO DE AIRE EN EL CONDENSADOR

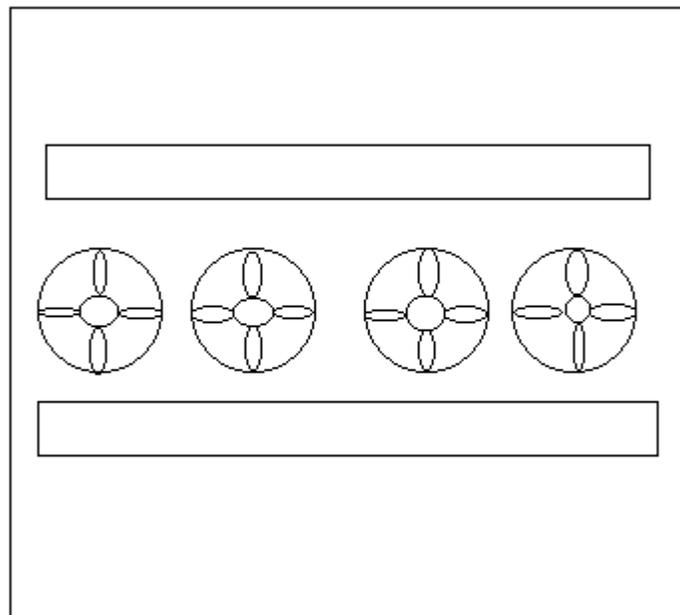


Figura 2.21 DISEÑO DEL CONDENSADOR

2.5.3 UNIDAD EVAPORADORA

La unidad evaporadora que también fue ubicada en el toldo del autobús, pero atrás de la unidad condensadora con el fin de que el con el frio que provocaban los evaporadores se llegara a escarchar el gabinete y bloqueara los conductos de aire. La unidad evaporadora o mejor empleada la palabra unidad manejadora de aire, por que no solo evapora el refrigerante, también hace el intercambio de calor para la calefacción. Esta unidad consiste en 2 evaporadores conectados en paralelo y 2 calefactores conectados en serie y sus motores que propician en el recirculamiento de aire, estos últimos jalan el aire de la parte interior del autobús por un orificio en el toldo, donde se colocan los filtros de aire. El movimiento del aire va del centro del autobús hacia los evaporadores, después pasa por los calefactores, ventiladores centrífugos, posteriormente a los ductos de aire.

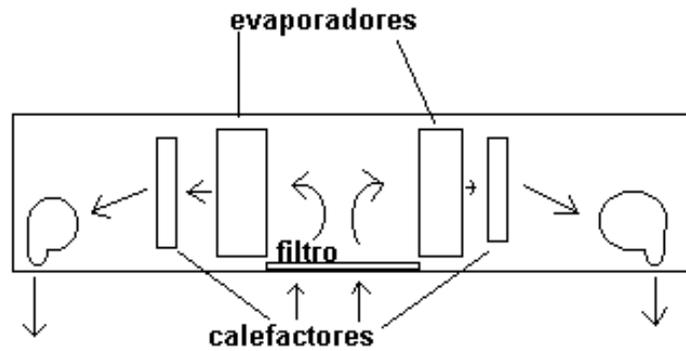


Figura 2.22 flujo de aire en el evaporador

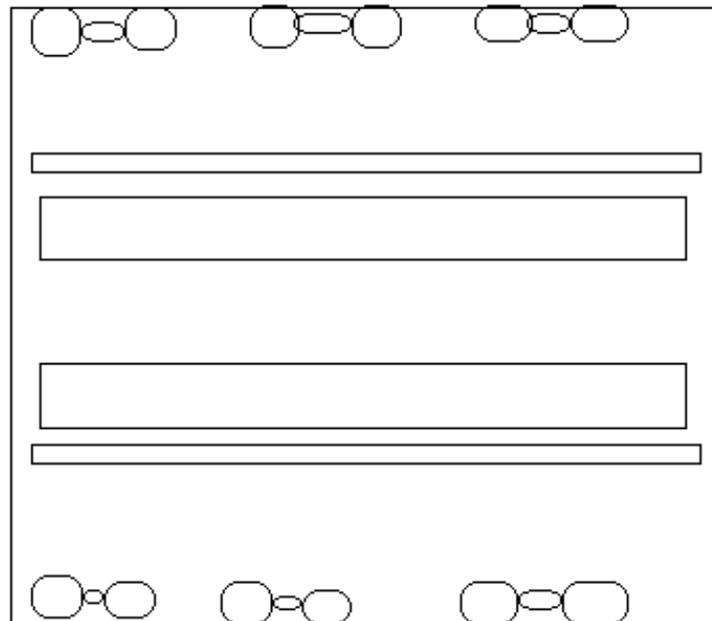


Figura 2.23 diseño del evaporador

2.5.4 COMPRESOR

El compresor que fue empleado en este equipo de aire acondicionado tuvo una designación de nombre el cual fue 5F30 este compresor consiste en 4 cabezas con un solo pistón en cada una de ellas, este compresor también llamado el hongo (por que tenía la forma de hongo) fue poco eficiente ya que su diseño no fue muy bueno para grandes capacidades enfriamiento este compresor fue diseñado para autobuses de medio patín (medio pasaje) y por ello el resto del equipo le quedaba grande pero después se le instaló un compresor llamado 05G el cual pasó a pruebas para el equipo de aire acondicionado que sustituiría a este.



Figura 2.24 compresores utilizados en equipos en techo

2.5.5 DIFUSORES

Los difusores, en estos equipos estaban en los ductos, que a su vez eran portamaletas, son diseñados por parte del fabricante del autobús.



Figura 2.25 VISTA DE LOS DIFUSORES EN AUTOBÚS AVANTE⁴⁰

2.6 EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO WIDE UNIT

El sistema de aire acondicionado "Wide UNIT" fue diseñada con el fin de mantener un alto nivel de comodidad en autobuses. Su diseño aerodinámico y estético permite un mantenimiento más sencillo y rápido. Su instalación es más sencilla pues va montado sobre el toldo del autobús, lo que permite instalarse más fácilmente y aprovechar el máximo la capacidad de las cajuelas. Su construcción es resistente y durable, protegiendo los componentes del equipo de corrosión, además de que se adapta a la curvatura del toldo.

Este equipo cuenta con un control automático de temperatura para calibrar la temperatura deseada. El equipo se compone de 4 componentes fundamentales.

1. compresor
2. unidad condensadora
3. unidad evaporadora (unidad manejadora de aire)

⁴⁰ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

4. tablero de control

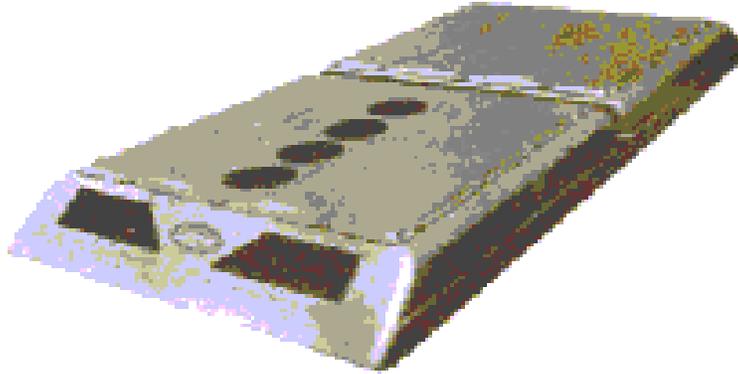


Figura 2.26 EQUIPO WIDE UNIT⁴¹

2.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD EVAPORADORA

La unidad evaporadora o bien manejadora de aire cuenta con 2 serpentines de evaporación de refrigerante, 2 válvulas de expansión, 6 ventiladores centrífugos, una mirilla indicadora de humedad, 1 tablero de control, su respectiva base, 12 arneses de motor de evaporador su placa de identificación, 1 tapa de la unidad. Y un tablero de descargadores eléctricos.

1. serpentines de evaporador
2. válvulas de expansión
3. ventiladores de evaporador
4. mirilla indicadora de humedad
5. retorno de aire
6. línea de líquido
7. tablero de control
8. tubo de succión
9. tubo de descarga
10. conexión de succión del evaporador
11. base
12. arnés de motores de evaporador
13. placa de identificación
14. tapa
15. tablero de descargadores

⁴¹ Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

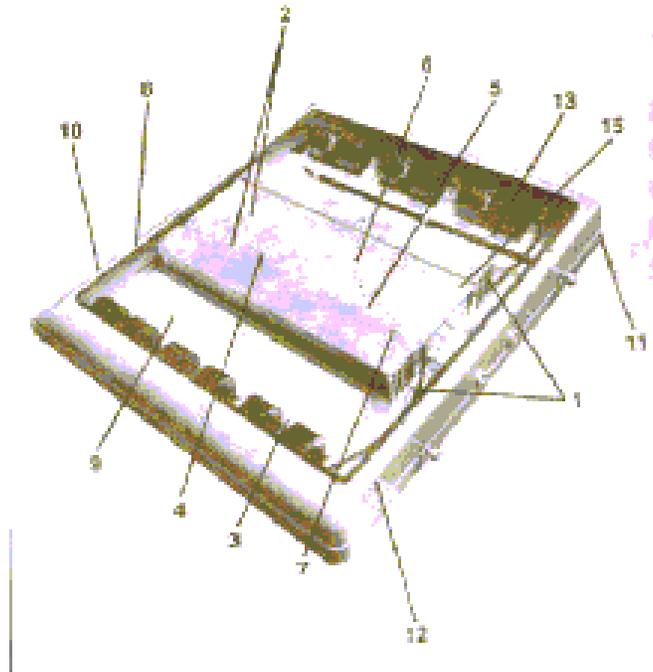


Figura 2.27 EVAPORADOR WIDE UNIT⁴²

2.6.2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD CONDENSADORA

La unidad condensadora del equipo de aire acondicionado se encuentra en la parte delantera del autobús para aprovechar la circulación del aire que va en contra al autobús para hacer de la condensación más fácil para el equipo. La unidad condensadora consta de 2 serpentines que son el condensador, 4 ventiladores del condensador, 1 tanque receptor de líquido, 1 válvula de servicio, 1 válvula de seguridad, 1 base, 1 tapa del equipo, 1 conjunto de placa de motores de condensador.

1. serpentines condensadores
2. ventiladores axiales
3. tanque receptor
4. válvulas de servicio
5. válvula de seguridad
6. filtro deshidratador
7. manguera de líquido
8. manguera de descarga
9. tubo de líquido
10. base
11. arnés de motor
12. conjunto placa de motores de condensador

⁴² Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

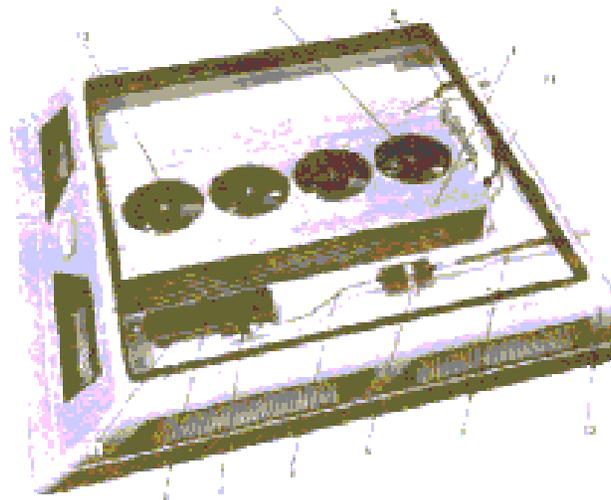


Figura 2.28 CONDENSADORA WIDE UNIT⁴³

2.6.3 ACCESORIOS DE AIRE ACONDICIONADO WIDE UNIT.

En la siguiente tabla están los accesorios y el número de ellos del sistema de aire acondicionado.

Descripción	Cantidad
"t" de plástico	2
Interruptor de presión "hobbs"	1
Manguera de desagüe	2
Manguera de desagüe	2
Cinta prestite	1 metro
Relevador de poder 200 amp.	1
Tubo unión línea de succión manguera de refrigeración	1
Succión	
Descarga	1
Cuenta horas	1

⁴³ Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

2.6.4 PROCEDIMIENTO PARA PONER EN MARCHA EL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

Para accionar el aire acondicionado deberá seguir la siguiente secuencia:

- a) Colocar la compuerta de aire forzado totalmente cerrada
- b) Accionar la tecla ventilación en encendido
- c) Accionar la tecla de A/A seleccionando A/A baja al alta la que desee

Al colocar el interruptor en la posición de aire acondicionado en cualquiera de las 2 velocidades, usted obtendrá una temperatura agradable en climas calurosos esta temperatura ya viene calibrada de fabrica y es de 22 ± 1 °C tal como lo recomiendan las asociaciones relacionadas con el aire acondicionado. Se recomienda que en climas demasiado calurosos seleccione la función alta.

2.6.5 VENTILACIÓN

Al poner el interruptor en la posición de ventilación, se obtendrá ventilación a temperatura ambiente en el interior del autobús

Es importante primero accionar la tecla de la compuerta de aire forzado. Antes de mover el interruptor en la posición de aire forzado.



Figura 2.29 AUTOBUS MERCEDES BENZ CON EQUIPO WIDE UNIT INSTALADO⁴⁴

⁴⁴ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA UNIDAD

En las siguientes figuras se indican la posición normal de las unidades.

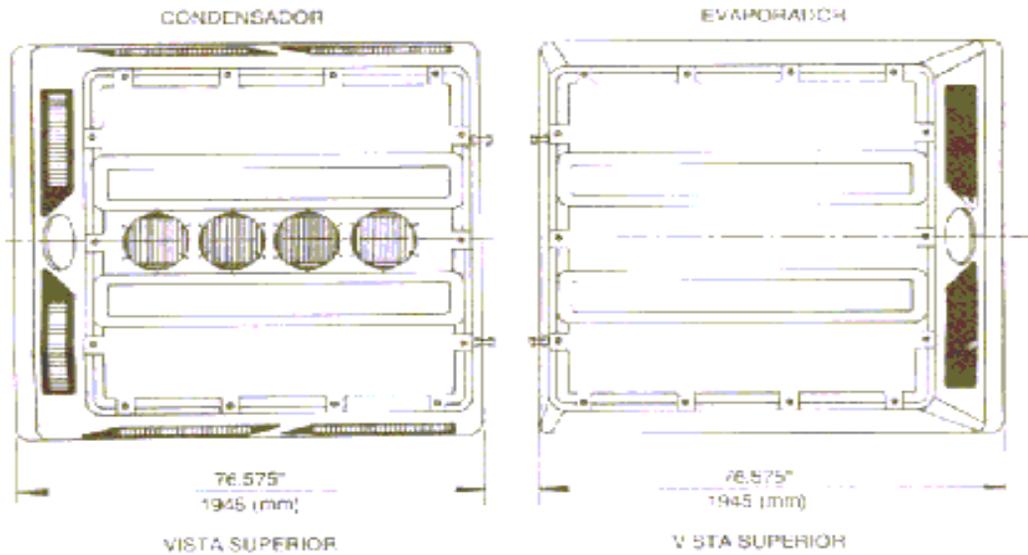


Figura 2.30 DIMENSIONES DE EQUIPO WIDE UNIT⁴⁵

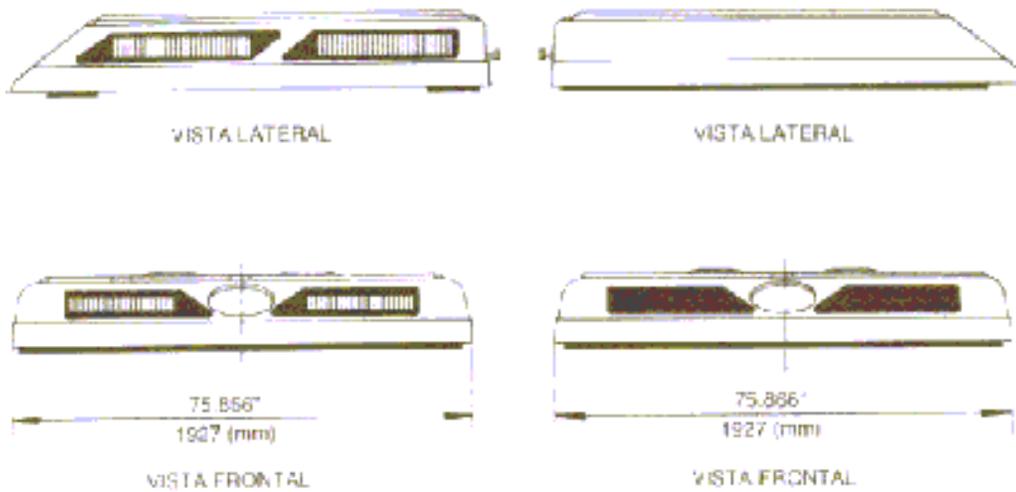


Figura 2.31 DIMENSIONES LATERALES DE EQUIPO WIDE UNIT⁴⁶

⁴⁵ Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

⁴⁶ Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

2.6.6 UNIDAD CONDENSADORA

A continuación se muestra las unidades del equipo de aire acondicionado desde el exterior. Y sus componentes.

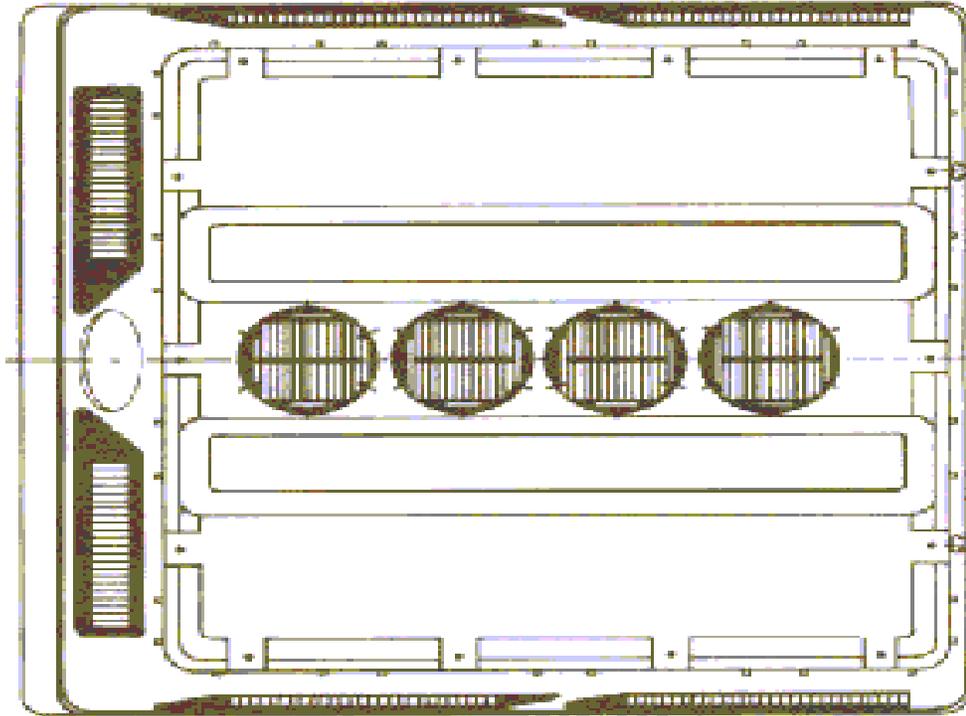


Figura 2.32 UNIDAD CONDENSADORA⁴⁷

Descripción	Cant.	Características
Capacidad		27700 Kcal./HR (110000 BTU/HR)
Ventiladores	4	5250 m ₃ /HR (3095 CFM)
Motores 24 DC (12 VDC)	4	40 amp.
Serpentín condensador	2	Tubo de cobre y alambre de aluminio
Filtro deshidratador	1	Sellado y filtro desecante
Válvula de alivio	1	30 Kg./cm ₂ (425 PSIG)
Tanque receptor	1	Capacidad aproximada 180 pulgadas ₃
base	1	Fibra de vidrio y resina poliéster
Tapa	1	Fibra de vidrio y resina poliéster

⁴⁷ Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

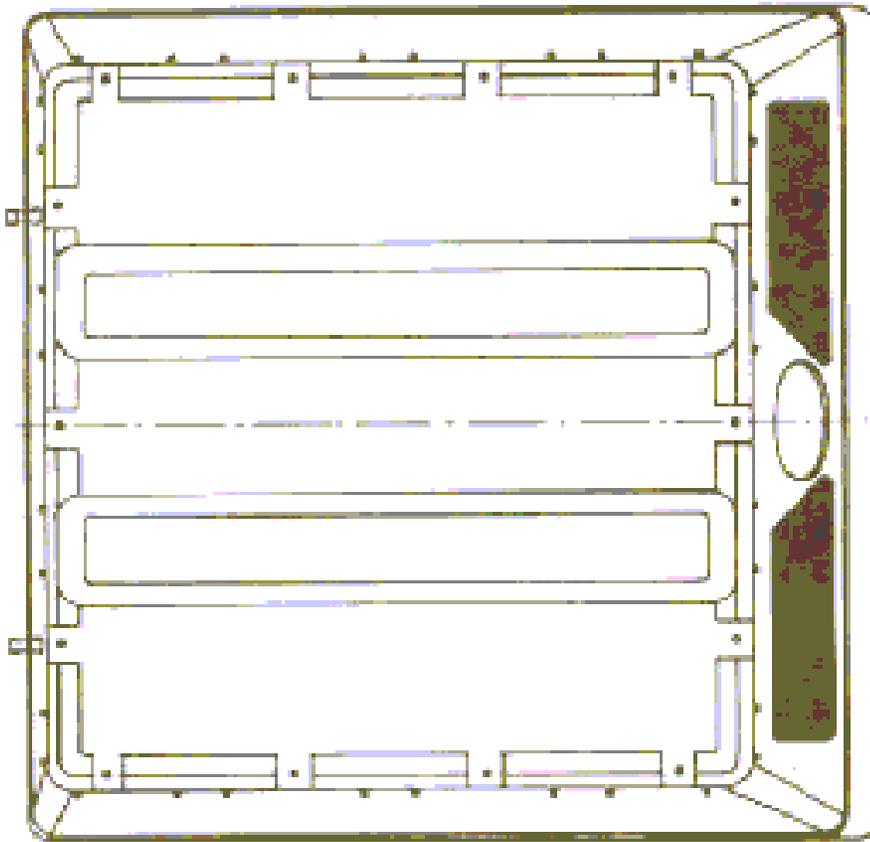


Figura 2.33 UNIDAD EVAPORADORA⁴⁸

DESCRIPCION	CANT.	CARACTERISTICAS
Capacidad de enfriamiento		27700 Kcal./HR (110000 BTU/HR)
Ventiladores	12	4000 m ³ / HR (2354 CFM)
Motores 24 V.D.C. (12 V.D.C.)	6	40 amps
Control electrónico	1	24 v DC
Válvula termostática de expansión	2	Ecualizador externo y sobrecalentamiento
Indicador de humedad	1	Elemento indicador de humedad intercambiable

⁴⁸ Montoya, C. (2001). *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones.

Base inferior	1	Fibra de vidrio y resina poliéster
Serpentín evaporador	2	Tuvo de cobre y aleteado de aluminio
Tapa superior	1	Fibra de vidrio y resina poliéster
DESCRIPCION	CANT.	CARACTERISTICAS
Capacidad de enfriamiento		27700 Kcal./HR (110000 BTU/HR)
Ventiladores	12	4000 m3 / HR (2354 CFM)
Motores 24 V.D.C. (12 V.D.C.)	6	40 amps
Control electrónico	1	24 v DC
Válvula termostática de expansión	2	Ecualizador externo y sobrecalentamiento
Indicador de humedad	1	Elemento indicador de humedad intercambiable
Base inferior	1	Fibra de vidrio y resina poliéster
Serpentín evaporador	2	Tuvo de cobre y aleteado de aluminio
Tapa superior	1	Fibra de vidrio y resina poliéster

2.6.7 UBICACIÓN DEL SISTEMA WIDE UNIT EN EL AUTOBUS MERCEDES BENZ

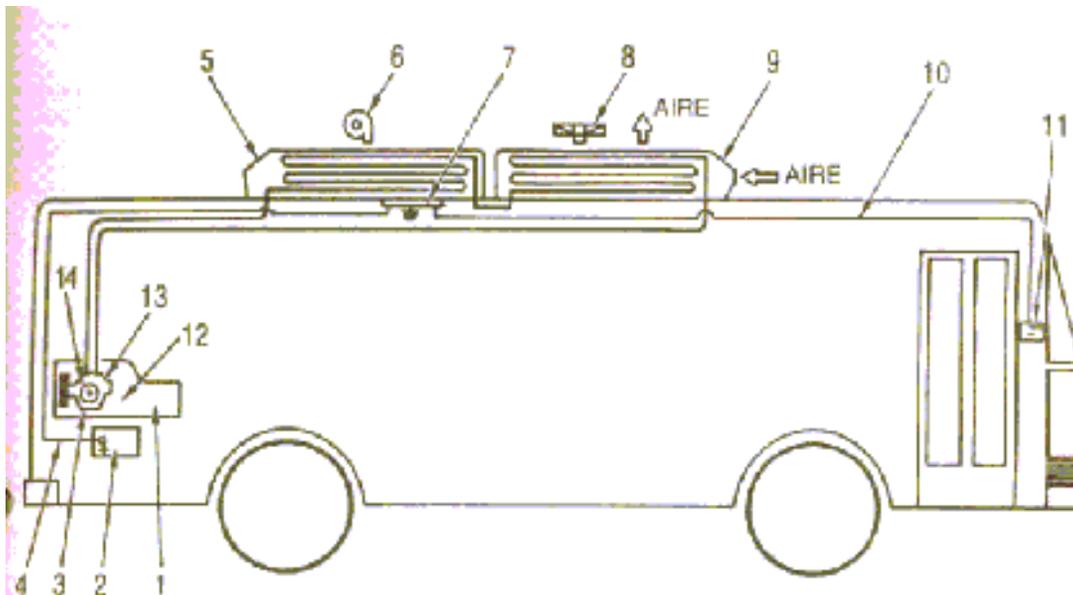


Figura 2.34 ubicación de componentes⁴⁹

⁴⁹ Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

1. motor del autobús
2. batería
3. compresor
4. arnés eléctrico de potencia
5. paquete evaporador
6. motores ventiladores del evaporador
7. tablero electrónico de control de descargadores
8. motores axiales de condensador
9. paquete condensador
10. arnés eléctrico de control
11. interruptores o tablero de control
12. interruptor hobbs
13. interruptores de presión (alta y baja)
14. alternador del A/A

CAPITULO 3

EQUIPO IDEAL DE CLIMATIZACION PARA AUTOBUS

En este tercer capítulo hará un comparativo de diferentes modelos en autobuses sugiriendo la instalación ideal de cada componente buscando el mas alto desempeño, tomando en cuenta su fácil acceso para mantenimiento preventivo o correctivo.

Numerosos fabricantes de autobuses y empresas de transporte en todo el mundo han confiado en su desarrollo integral de aplicación durante muchos años en consecuencia las soluciones de aire acondicionado sutrak están en todos los continentes para proporcionar el mejor confort posible los conductores y pasajeros en todo momento, sin importar cuan extremas sean estas condiciones climáticas.

Eberspacher SUTRAK es una organización independiente con mas de 145 años de experiencia con resultados en el área de acondicionamiento de autobuses, es una empresa preocupada por el medio ambiente por lo cual promueve la viabilidad económica, también tomando en cuenta la economía del combustible, teniendo como objetivo reducir al máximo las emisiones contaminantes.

Cabe destacar que la empresa eberspacher tuvo la responsabilidad apenas hace un par de años de absorber todos aquellos equipos que alguna vez fueron manufacturados por carrier debido a que esta rama del aire acondicionado dejo de ser negocio en México, y es uno de los motivos por el cual debemos de buscar un equipo de climatización en autobuses.

3.1 EQUIPO SUTRACK

Este equipo es instalado en 3 modelos distintos de autobús y no hay variables significativas en cuanto al sistema o equipo el único inconveniente, fue en el autobús 9700 ya que debido a su construcción solo quedo disponible un espacio del lado izquierdo para el compresor en un lugar de difícil acceso para su mantenimiento preventivo.

Este equipo es lo más nuevo en aire acondicionado diseñado para autobuses en México ya que este cuenta con un sistema inteligente. Este sistema inteligente, retomando la forma de los equipos wide unit y capri 280, debido a su factibilidad en cuanto a su forma de aprovechar el viento que es cortado por el autobús, para enfriar el condensador del sistema y así aprovechar al máximo el combustible utilizado por el autobús y de esta manera reducir el numero de emisiones.

A continuación se enlistan sus componentes y en la figura se observa como fueron instalados

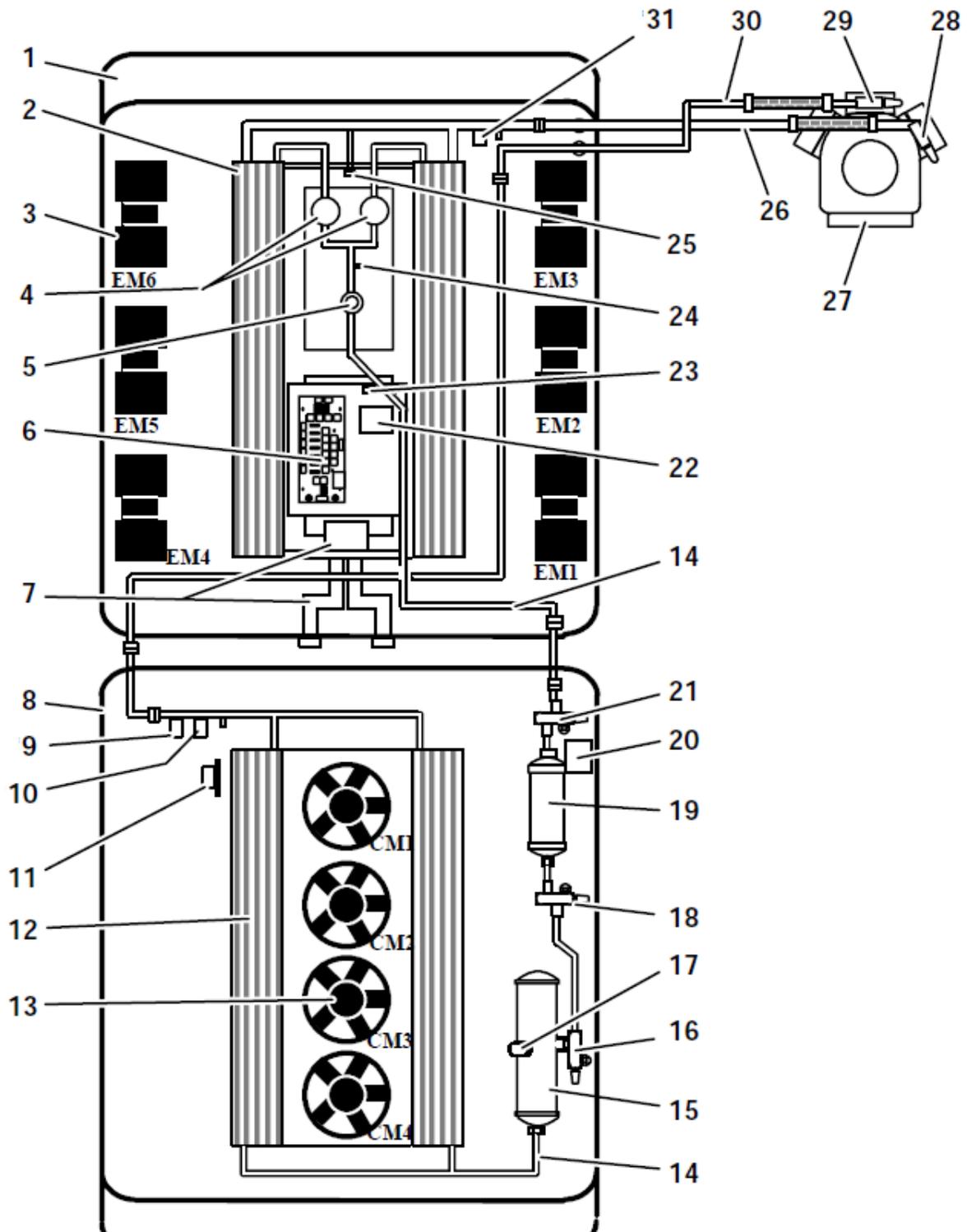


Figura 3.1 COMPONENTES DE EQUIPO SUTRAK⁵⁰

⁵⁰ Nuñez, E. *Manual de operacion Sutrack*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2004).

1. unidad evaporadora
2. evaporador
3. ventilador evaporador
4. válvulas de expansión
5. mirilla
6. tablero eléctrico
7. drenaje de condensados
8. unidad condensadora
9. transductor de alta presión
10. control de alta presión
11. interruptor de ambiente
12. condensador
13. ventilador condensador
14. línea de alta presión
15. recibidor de líquidos
16. válvula de servicio
17. válvula de recibidor de líquidos
18. filtro deshidratador
19. filtro deshidratador
20. válvula de servicio del filtro
21. válvula de servicio
22. numero de serie del evaporador
23. especificaciones
24. válvula de servicio de alta presión
25. puerto de baja presión
26. línea de succión
27. compresor
28. área de descarga del compresor
29. válvula de descarga
30. válvula de servicio de descarga
31. válvula de servicio en baja presión



Figura 3.2 AUTOBUSES EN TALLERES DE ADO TERMINAL MEXICO ORIENTE VOLVO CON EQUIPO SUTRAK INSTALADO⁵¹

3.1.1 VOLVO 9550 Y 9700

En estos equipos volvo retomaron el principio del equipo Wide Unit por que le empresa CARRIER México estaba en números rojos y trajo a una empresa europea (sutrack) la diferencia con el Wide unit es de que son dos unidades disfrazadas en una sola.

La diferencia entre estos dos autobuses fue la ubicación del compresor ya que para la empresa de volvo se ocupo un nuevo compresor diferente al 05g por el diseño del autobús no se podía instalar este compresor por que era un poco mas grande, en el 9550 se instalo el compresor a la derecha con un alternador para el aire acondicionado y en el bus 9700 se instalo en la izquierda sin alternador para el aire acondicionado.

Además del compresor tuvieron diferencias también en la calefacción por que en el 9550 las válvulas estaban en la izquierda y en el 9700 ala derecha cabe mencionar en la calefacción las abrazaderas que venían de fabrica eran de muy mala calidad ya que existían demasiadas fugas de anticongelante y en la parte de los asientos en los rieles contenían fugas por que al igual. Por lo tanto el equipo GR-60 da calefacción por convección y estos no necesitan ventilador o calefactores para dar calefacción tenían fugas.

⁵¹ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).



Figura 3.3 AUTOBÚS VOLVO ESPERANDO SER REVISADO DEL AIRE ACONDICIONADO⁵²

3.1.2 MARCOPOLO MUTEGO M. B. SEGUNDA EDICION

En este equipo si se pudo instalar un compresor 05g debido a que se contaba con un espacio mas grande en las maquinas y francamente era el mismo modelo s que la primera edición nada mas que en esta tuvieron un error mas grave que en los pasados ya que en la calefacción contaba con rieles como el GR-60 y calefactores como el equipo con evaporador trasero y por si fuera poco un sistema de calefacción igual a del CAPRI 280 pero este ultimo anexado a una bomba para subir el anticongelante al techo pensando que el bombeo del motor no iba a ser suficiente pero en cambio fue demasiad abasto el motor solo y mas aparte la bomba tuvo el mismo problema con el CAPRI 280

⁵² Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).



Figura 3.4 ALA IZQUIERDA AUTOBÚS VOLVO A LA DERECHA AUTOBÚS MARCOLPOLO MULTEGO DE MERCEDES ⁵³

3.2 EQUIPO SUTRACK MODIFICADO (CLIMATIZADO)

La empresa andaluza Internacional Hispacold está desarrollando un proyecto de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) respaldado por Corporación Tecnológica de Andalucía cuyo objetivo es lanzar al mercado un nuevo sistema de refrigeración para autobuses que, por su mayor eficiencia, será idóneo para su uso en países con climas extremos. El proyecto, denominado "Optimización del sistema de refrigeración de la etapa de condensación de equipos de climatización de autocares", permitirá aumentar el rendimiento energético del sistema y reducir las emisiones de CO₂. Además, el equipo emitirá menos ruido, reduciendo así la contaminación acústica. El proyecto de Hispacold, empresa con sede en Sevilla, se basa principalmente en un aumento sustancial en la potencia de condensación de sus equipos de climatización, es decir: de la forma en que el sistema evacúa el calor que se ha extraído del interior del vehículo para enfriarlo. La potencia de condensación es un factor crítico para asegurar el correcto comportamiento del sistema, sobre todo en climas con temperaturas muy altas, donde las exigencias de climatización son máximas. Si el condensador no es capaz de evacuar calor eficientemente, el equipo no podría enfriar.

Esta mejora de potencia no supondrá un aumento del consumo, ya que otro de los objetivos del proyecto es mejorar el rendimiento energético. Ello se logrará disminuyendo ineficiencias mecánicas y aerodinámicas mediante la utilización de nuevos materiales y el rediseño de geometrías internas. Algo que permitirá, paralelamente, disminuir la contaminación

⁵³ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

acústica. Además, el nuevo sistema incorporará un sistema “inteligente” de control que ajustará en cada momento los parámetros en función de la temperatura exterior y las necesidades de climatización, logrando un mayor rendimiento energético. El sistema podrá, asimismo, realizar autodiagnósticos de averías.

Estas dos cualidades son conceptos totalmente nuevos en el sector. Hispacold ya ha comenzado la fabricación de los primeros prototipos, que han sido probados a lo largo del verano, además de las pruebas en laboratorio y en banco de ensayo. Estos prototipos se instalarán en vehículos reales que estarán prestando servicio diario, como los autobuses urbanos. Cuando esté lista y después de fabricar y probar una pre-serie, esta mejora será aplicada a toda la gama de equipos Hispacold. Respecto a los mercados potenciales de esta nueva tecnología, la empresa destaca que “los beneficios del nuevo producto tendrán repercusión en todos los mercados, si bien será más valorado en los mercados de climas extremos y condiciones más exigentes. Hasta el momento, ningún producto cumple los niveles de bajo consumo que pretendemos alcanzar”.

Hispacold obtiene más del 50% de sus ventas de la exportación y está presente en más de cincuenta países, con mercados consolidados en países tan heterogéneos como México, Tailandia o los Países Bajos. El proyecto tiene un presupuesto superior a los 380.000 euros, de los cuales Corporación Tecnológica aportará más de 157.000 euros a través de incentivos. En su desarrollo, participan dos grupos de investigación de la Universidad de Sevilla: “Máquinas y Motores Térmicos” e “Ingeniería Eléctrica”. Se prevé que el proyecto genere entre una y tres patentes.

Hispacol es una de las principales empresas a nivel mundial en el sector de sistemas de climatización, y desde sus orígenes se ha orientado al mercado de los equipos de aire acondicionado para autobuses. La empresa, cuya sede central se encuentra en Sevilla, cuenta con una red mundial de servicios extendida por más de 50 países. Hispacold, que en 2007 cumplió su 30 aniversario, ha apostado por la innovación y el desarrollo de su propia tecnología, convirtiéndose en 2001 en la primera empresa del sector a nivel mundial en incorporar a sus equipos la tecnología de los motores sin escobillas. Más tarde, con el lanzamiento al mercado del compresor Ecoice, su sexta generación de compresores propios, consiguió ser finalista en la categoría de Eco diseño en los Premios Europeos de Medio Ambiente.

Corporación Tecnológica de Andalucía es una fundación privada constituida en octubre de 2005 por iniciativa de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía e integrada por las principales empresas e instituciones comprometidas con la innovación en la Comunidad. La Corporación financia proyectos empresariales con viabilidad económica o interés social, pero en ellos debe participar, en un porcentaje no inferior al 15%, un grupo de investigación incluido en el Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI). Con ello se persigue lograr una transferencia efectiva de conocimiento desde el ámbito científico al empresarial.

En el momento de su constitución, la Corporación contó con 44 miembros, cifra que desde entonces se ha triplicado, hasta alcanzar las 130 empresas. La Corporación ha aprobado hasta el momento 212 proyectos de I+D+I, cuyo presupuesto alcanza los 196,68 millones de euros y a los que se han concedido incentivos por un importe de 60,08 millones de euros. En los proyectos trabajan casi 1.000 investigadores de todas las universidades andaluzas y otros

centros de investigación, que cuentan para ello con un presupuesto de 37,19 millones de euros.

BENEFICIOS ADICIONALES:

- ✓ Rango de capacidad completa de moderada a climas desérticos
- ✓ El diseño modular extremadamente compacto gracias a sus avanzadas MCHX
- ✓ (Micro intercambiador de calor de canal) la tecnología
- ✓ Una instalación rápida reduce el tiempo de producción de autobuses
- ✓ Reducción de la carga de refrigerante para un medio ambiente más verde
- ✓ Un tamaño estándar para todas las unidades
- ✓ Reducción de coste del ciclo de vida y capacidad de servicio aún mejor
- ✓ Ultra-bajo de peso para menor consumo de combustible y las emisiones

3.3 EQUIPO DE CLIMATIZACION GR-60

Este equipo se lanza al mercado como el equipo que reúne la más alta tecnología, por ello es un equipo eficiente y seguro en funcionamiento.

Se conforma de un solo paquete y su diseño lo hace ser aerodinámico y estético, de material compuesto de fibra de menor peso, y pone menor resistencia para romper el aire.

En las novedades que tiene, existe reducción de tamaño, bajo peso y mayor capacidad de enfriamiento, además del mantenimiento de servicio se realiza en un menor tiempo.

Cabe decir que este equipo por su alta demanda se instalo en diferentes modelos de autobuses ya que tuvo una innovación muy buena.



Figura 3.5 AUTOBÚS MARCOPOLO MULTEGO CON EQUIPO GR-60⁵⁴

⁵⁴ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

3.3.1 NUEVOS COMPONENTES

El equipo GR-60 cuenta con 2 motores adicionales de condensador con una capacidad de 1/8 de H.P. con ventiladores a una velocidad de operación de 2900 revoluciones por minuto.

Los ventiladores del evaporador son más potentes con 3500 revoluciones por minuto.

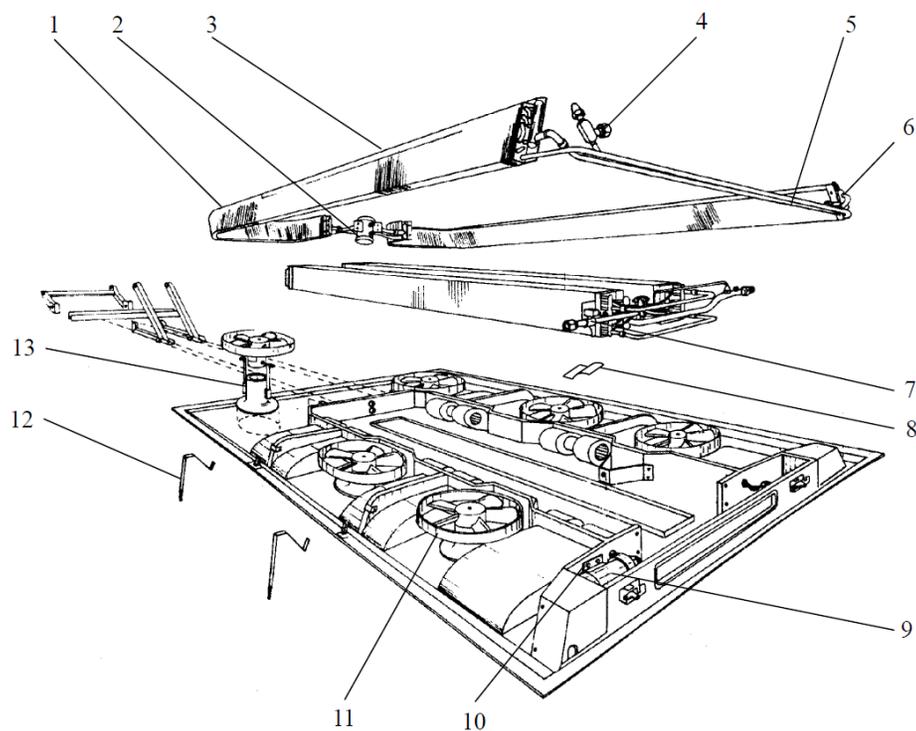


Figura 3.6 DESPIECE DE EQUIPO GR-60⁵⁵

⁵⁵ Guzman, R. *Manual de Operacion carrier GR-60*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2005).

1. Condensador
2. Recibidor de líquidos
3. Protección de condensador
4. Válvula de servicio
5. Líneas de alta presión
6. Válvula de sobrecarga(tipo ori)
7. Evaporador
8. Filtro
9. Filtro deshidratador
10. Soporte del filtro
11. Ventilador del condensador
12. Drenaje de condensados
13. Soporte de motor del ventilador

3.3.2 COMPRESOR

El compresor tiene una capacidad de 1500 BTU/HR. A 2500 R.P.M y un desplazamiento de 41 672 cm³ todo esto es controlado para su operación por un sistema electrónico de control operado por un tablero lógico de potencia y control digital así como dispositivos de seguridad.

Ciclo de Refrigeración

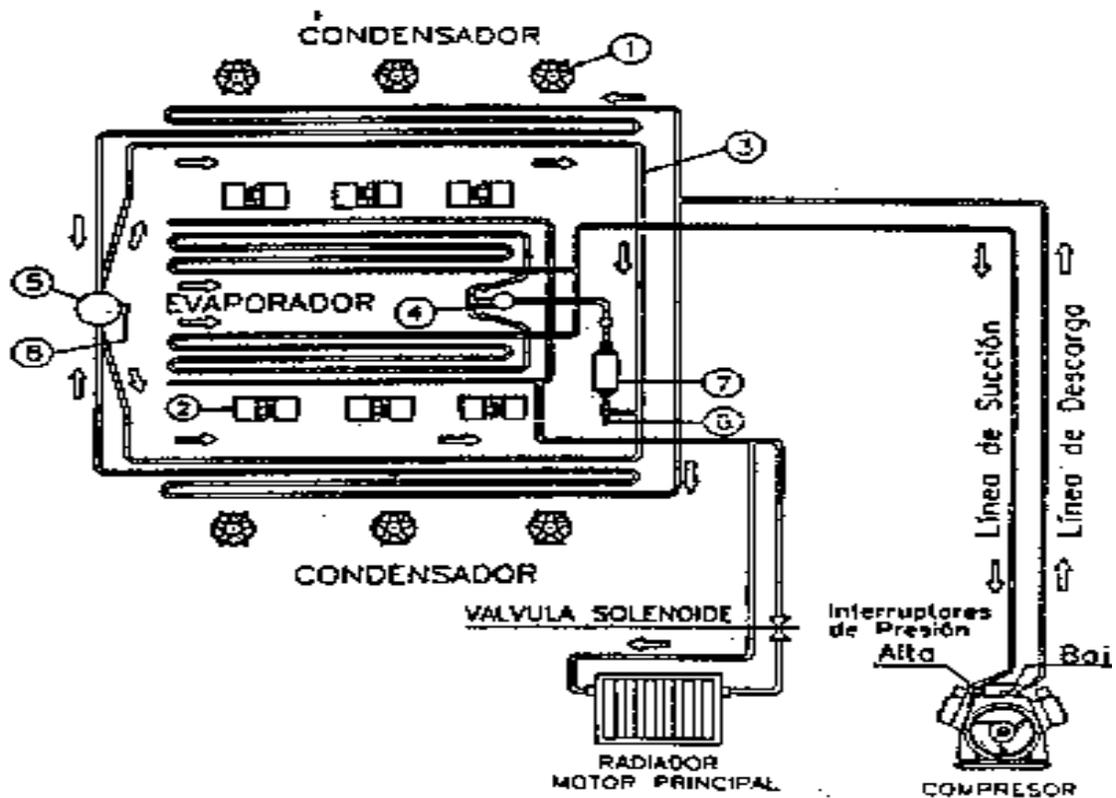


Figura 3.7 CIRCUITO DE REFRIGERANTE EQUIPO GR-60⁵⁶

3.4 COMPARATIVO PARA DESIGNAR DISEÑO IDEAL

Tomaremos en cuenta el equipo sustrack y el GR-60, tomando en cuenta su diseño y geometría para obtener el equipo de aire acondicionado en techo más eficiente del mercado.

Para poder aprovechar el máximo el viento que va en contra del autobús al viajar ambos tienen un muy buen diseño, para poder determinar el equipo ideal tomaremos en cuenta su acceso para el mantenimiento preventivo y correctivo ya que la mayoría de los diseñadores olvida que los equipos requieren de mantenimiento para que su funcionamiento no se limite, afortunadamente ambos equipos tienen un excelente espacio de maniobra para realizar el mantenimiento preventivo, pero desafortunadamente el equipo gr-60 termina perdiendo en el comparativo debido a que tiene en el mismo gabinete el condensador y el evaporador, obviamente aislados debidamente para que no tengan intercambios de energía entre ellos de manera inadecuada, pero estos aislantes son fabricados en fibra de vidrio lo cual los hace delicados y frágiles. Por lo cual al momento de hacer el replazó de algún componente eléctrico o mecánico del sistema se hacen pequeñas fisuras que después se convierten en grietas y de esta manera el aislamiento entre evaporador y condensador se vuelve nulo, para evitar esto en nuestro rediseño obtendremos un equipo similar al wide unit.

⁵⁶ Guzman, R. *Manual de Operacion carrier GR-60*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2005).

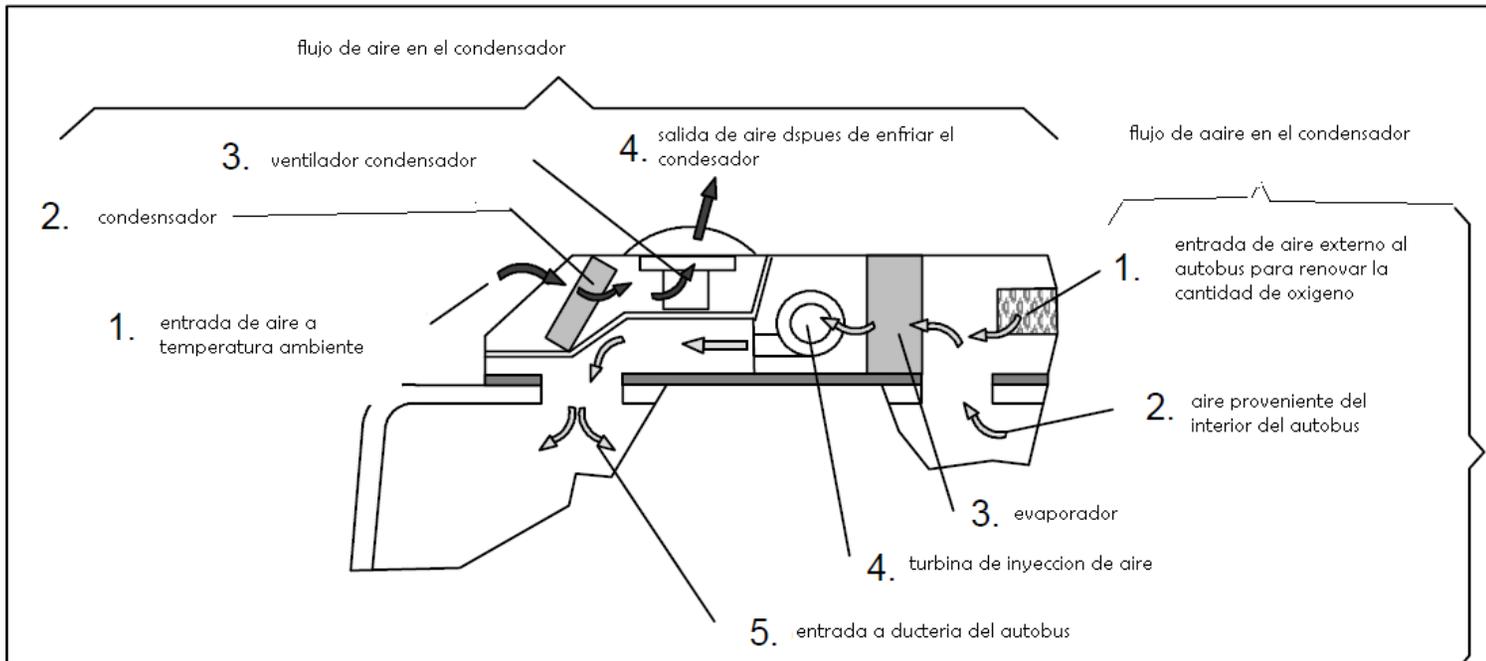


Figura 3.8 FLUJO DE AIRE EN EL EVAPORADOR Y CONDENSADOR EN EQUIPO GR-60⁵⁷

3.5 DISEÑO IDEAL DE CLIMATIZACION DE AUTOBUSSES.

Enseguida mostrare el equipo ideal de aire acondicionado en autobuses donde se tomaron en consideración todos los aspectos mecánicos en cada uno de los componentes y se llevo al siguiente equipo que denominamos ideal.⁵⁷

En la siguiente figura se muestra el ciclo de enfriamiento, y después se enlistaran los componentes principales.

Sea elegido instalar los componentes para aprovechar al máximo la energía en el autobús. Comenzaremos con la válvula de expansión termostática ubicada en medio de los dos evaporadores para poder vigilar la correcta carga de refrigerante junto con la mirilla para tener un acceso fácilmente desde el interior del autobús, las válvulas de servicio se ubicaran en el compresor para facilitar su acceso desde el compartimento del motor. Se tomaron en consideración dos evaporadores para aprovechar para poder distribuir de manera uniforme el aire dentro del autobús y se eligió una unidad manejadora de aire separada de la unidad condensadora para que en los servicios de mantenimiento obtenga un acceso rápido y cómodo a cada una de ellas, en el caso de los condensadores se colocaron de manera lateral para que al momento de romper el viento entre con buena velocidad al interior de la unidad condensadora y facilitar el trabajo de los ventiladores del condensador.

⁵⁷ Guzman, R. *Manual de Operacion carrier GR-60*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2005).

El recibidor de líquidos se coloca en la parte frontal de la unidad condensadora para que el refrigerante pueda aislarse en la unidad condensadora cuando se requiera abrir el sistema en la unidad evaporadora para cualquier tipo de reparación o cambio de filtro de secante, mirilla, etc.

De esta manera cuando el autobús se mueva en su recorrido habitual, al romper el aire podemos enfriar el condensador y reciclar el aire dentro de la unidad evaporadora sin necesidad de consumir innecesariamente los recursos en el autobús, y de manera más ambiciosa podemos agregar un par de transductores de presión para que apague los ventiladores del condensador en el momento que no sean requeridos para evitar su fatiga y aplazar el mantenimiento a estos equipos. Es importante mencionar que el ahorro de combustible será significativo si logramos implementar este tipo de equipos en los autobuses de las líneas de transporte foráneo en el mundo.

Por ejemplo si tenemos un autobús que recorrerá de Cancún a Tabasco por la noche tendrá el equipo de climatización encendido pero podemos evitar que ciertos componentes tengan desgaste cuando no se necesiten e incrementaremos la vida útil de estos componentes de dos a tres veces dependiendo del lugar donde operen.

1. Válvula de expansión
2. Mirilla
3. Válvula de servicio en alta
4. Válvula de servicio
5. Solenoide del lado de líquido
6. Evaporador
7. Compresor
8. Válvula de servicio en baja presión
9. Evaporador
10. Filtro deshidratador
11. Recibidor de líquido

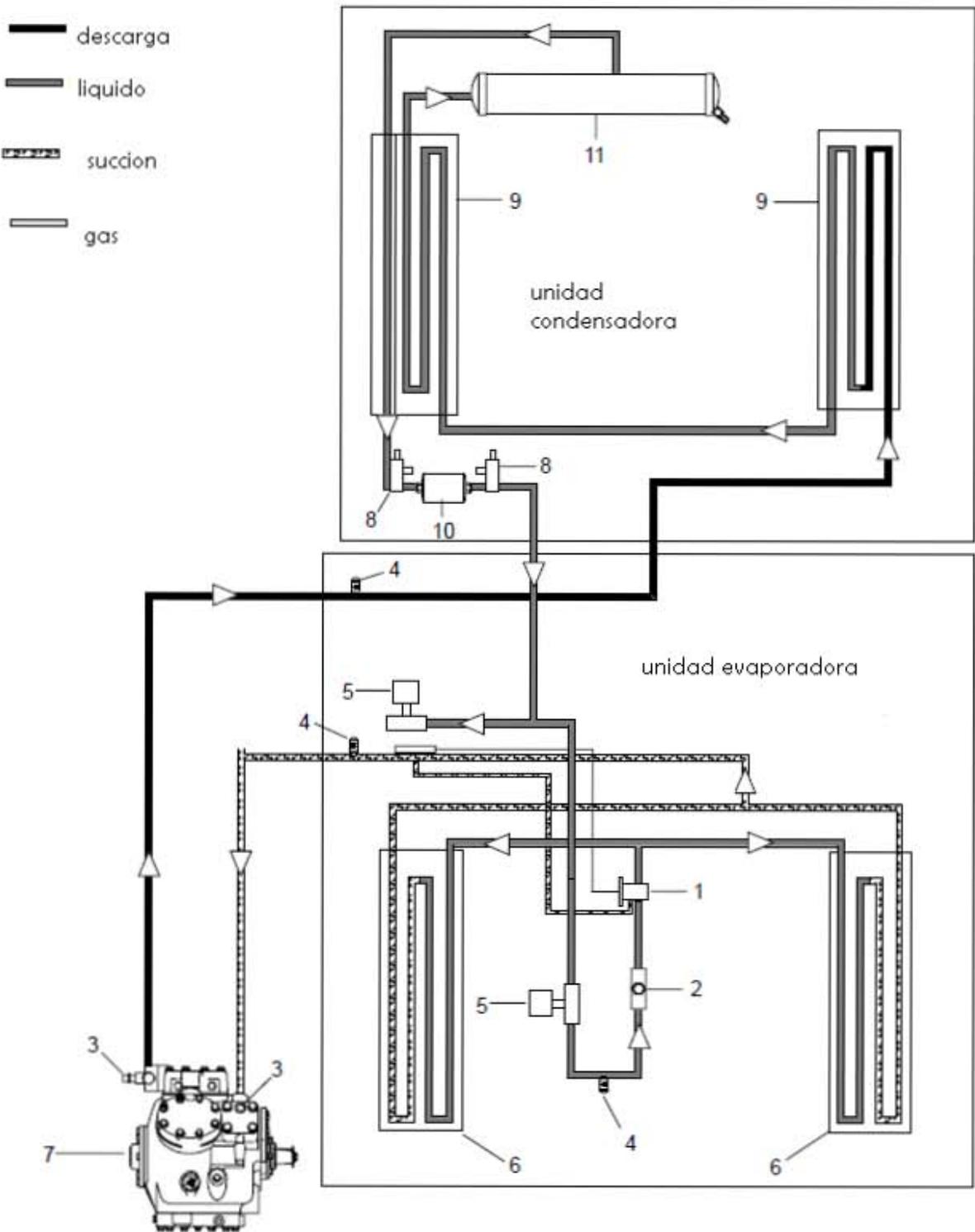


Figura 3.9 EQUIPO IDEAL DE AIRE ACONDICIONADO

A continuación se mencionaran las características de este equipo:

3.5.1 CICLO DE ENFRIAMIENTO

El ciclo de enfriamiento puede definirse como un proceso termodinámico que sirve para absorber calor de un lugar y cederlo a otro.

Por ser un ciclo cerrado, no es simple conocer donde se inicia, sin embargo, como el compresor es considerado el componente principal del sistema, esta explicación tomara a este como punto de partida.

El compresor succiona el refrigerante en forma de gas a baja presión y baja temperatura proveniente del evaporador, lo comprime y lo impulsa hacia la descarga a alta presión y alta temperatura.

Posteriormente a esto, el refrigerante es conducido al condensador donde, por las condiciones de presión en que se encuentra cambia su estado de gas a líquido cediendo el calor latente de condensación al medio exterior, el refrigerante abandona el condensador en estado líquido y a alta presión.

En la válvula de expansión, el líquido a alta presión cambia sus condiciones de presión, y por ende su temperatura. En este punto, el refrigerante se encuentra listo para iniciar un proceso de absorción de calor en el evaporador.

En el evaporador, el refrigerante absorbe el calor latente de evaporación para efectuar el cambio de estado líquido a gaseoso. Así el ciclo de refrigeración se ha completado y vuelve a iniciarse en el compresor.

3.5.2 COMPONENTES BÁSICOS

Los componentes básicos del ciclo de refrigeración son cuatro:

3.5.3 COMPRESOR.

Su función es reducir el volumen específico del refrigerante, que se encuentra en forma de gas, aumentando la presión del refrigerante. El compresor que se encuentra en el equipo es una maquina recíproca que desplaza el refrigerante dentro de cámaras o cilindros, que a su vez cuentan con válvulas de succión y válvulas de descarga.

3.5.4 CONDENSADOR

Su función es transferir a la atmósfera el calor que absorbe el refrigerante en su recorrido. El fenómeno físico que ocurre aquí es que el refrigerante cambia su estado de gas a líquido cediendo su calor latente.

El refrigerante circula a través de un conjunto de tubos de cobre ensamblador con aletas de aluminio que le ayudan a transferir calor al aire. Para mejorar este proceso de aire forzado a través de los serpentines con auxilio de 4 ventiladores movidos por motores eléctricos.

3.5.5 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Este componente tiene la finalidad de regular el flujo de refrigerante así como efectuar en él, un cambio de estado en la presión. Con ello se consigue modificar el estado termodinámico de dicho refrigerante para favorecer a la absorción de calor. Dicha válvula funciona ayudada por un ecualizador externo para censar la presión para mantener sobrecalentamiento constante.

3.5.6 EVAPORADOR

En este componente se lleva a cabo el proceso de enfriamiento del aire interno del autobús. Al igual que el condensador, los elementos para transferir calor son 2 serpentines donde se hace circular el aire, apoyados por sopladores impulsados por motores eléctricos. El aire cede su calor al refrigerante quien lo absorbe y así efectúa su cambio de líquido a gas. Así mismo el aire frío es inyectado al interior del autobús por los motores eléctricos.

3.5.7 COMPONENTES AUXILIARES

Las unidades de aire acondicionado se componen de algunos elementos que aunque no son lo que produce el efecto se utiliza para dar mantenimiento al sistema o mejorar el funcionamiento del mismo.

- A) Tanque recibidor de líquidos: su función es almacenar refrigerante en forma de líquido. Cuando se realiza el mantenimiento al sistema y cuando este permanece sin funcionar para evitar que el líquido llegue al compresor.
- B) Filtro deshidratador: su función es retener dentro de él, las pequeñas impurezas que pudiera tener el sistema. La humedad y las impurezas restan eficiencia en el sistema y pueden producir daños al mismo. El filtro deshidratador de un cedazo y una piedra con propiedades de absorción.
- C) Mirilla indicadora: este elemento cumple con 2 funciones una de ellas es indicar el paso de refrigerante en el sistema y la otra indicar la cantidad de humedad en el sistema.

3.5.8 ESPECIFICACIONES DE COMPRESOR

Compresor Carrier modelo 05G. Este modelo es especialmente diseñado para autobuses de gran tamaño pues cuenta con un gran diseño y un gran desplazamiento volumétrico el cual le da mayor capacidad de enfriamiento que cualquier compresor de su tipo.

Su sistema consiste en tres cabezas con 2 pistones cada una, las cabezas laterales funcionan por etapas y opera con un embrague electromagnético.

Especificaciones generales:

- Capacidad de enfriamiento: 37000 kilocalorías por hora
- desplazamiento: 600 cm³
- Numero de cilindros: 6
- Numero de cabezas: 3
- Rango de velocidad: 400 a 2200 revoluciones por minuto
- Tipo de descargadores: solenoides eléctricas
- refrigerante: r-12
- Consumo de potencia: mínimo de 7 caballos y máximo de 18

- Peso. 75 kilos sin accesorios
- Carga de aceite. 4 litros
- rotación: en sentido contrario de las manecillas del reloj
- Tipo de grasa recomendada para el embrague. Cherron SR1-2
- El control de capacidad actúa en 2 cilindros del mismo cabezal y al mismo tiempo.

3.5.9 CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO EN CARGA

- a. La presión desde la cámara de descarga del compresor pasa a través del filtro y por el orificio de entrada hasta llegar al interior del pistón de la válvula de control de capacidad.
- b. Con la válvula solenoide desenergizada el vástago cierra el orificio que comunica con la cámara común de comunicación
- c. La presión del refrigerante vence la tensión del resorte y empuja el pistón en su asiento cerrando así el orificio que comunica la cámara de descarga con la cámara común de succión
- d. La presión de descarga de los cilindros empuja la válvula de retención ubicada en la parte interior del plato de válvulas en posición abierta y permite al refrigerante pasar a la cámara común de descarga del compresor
- e. Los cilindros descargados continúan funcionando de esta manera hasta que el dispositivo de control se desenergiza la válvula solenoide para el vástago abra el orificio de escape que comunica con la cámara común de succión

3.5.10 CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO EN DESCARGA

- A. La presión desde la cámara común de descarga del compresor pasa a través del filtro y por el orificio de entrada hasta llegar al interior del pistón de la válvula de control de capacidad
- B. Con la válvula solenoide energizada el vástago es atraído por el campo magnético y abre el orificio de escape que comunica con la cámara común de succión. La presión del refrigerante pasa por el orificio de escape y se descarga en la cámara común de succión. Hay una gran reducción de presión ya que el orificio de escape es mas grande que esa orificio de entrada
- C. Cuando la presión del refrigerante es reducida en el interior del pistón el resorte coloca el pistón en posición normal abriendo el orificio que comunica la cámara de descarga con el cabezal con la cámara común de succión permitiendo así que el refrigerante recircule por el cabezal
- D. La presión de la cámara común mantiene cerrada la válvula de retención ubicada en la parte interior del plato de válvulas aislándolo de la cámara de descarga del cabezal con la cámara común de descarga del compresor
- E. Los cilindros descargados continúan funcionando de esta manera hasta que el dispositivo de control desenergiza la válvula solenoide que el vástago cierre el orificio de escape que comunica con la cámara común de succión.

3.5.11 CONTROL DE TEMPERATURA Y FUNCIONES ELECTRICAS

Las siguientes protecciones son de gran importancia para evitar daños al equipo:

- 1) Interruptor de presión de aceite. El sistema de aire acondicionado solo arranca cuando las revoluciones por minuto del motor del autobús son menores de 800 evitando de esta manera que se acorte la vida de su equipo

- 2) Interruptores de presión de refrigerante (alta y baja). Cuando existe una presión anormal ya sea muy alta o demasiado baja los interruptores de presión impiden el funcionamiento del equipo de aire acondicionado evitando con esto daños mayores al equipo o accidentes personales: el interruptor de alta presión abre a 24.6 Kg./cm² y restablece a 9.7 Kg./cm² y a su vez el interruptor de baja presión abre a 0.7 Kg./cm² y se restablece a 3 Kg./cm²
- 3) Los fusibles tienen como función proteger a cada uno de los componentes eléctricos del sistema por lo cual se recomienda nunca quitarlos ni sustituirlos por puentes ya que esto provocaría serios daños en el equipo.

3.6 ANALISIS COMPARATIVO

En el siguiente apartado daremos a conocer datos obtenidos por Carrier Transicold en sus pruebas de funcionamiento y factibilidad energética expuesto en la exposición realizada en el Centro De Convenciones Cintermex, en Monterrey Nuevo León en septiembre de 2004.

Dispositivo-equipo	GR-60	Sutrack	Equipo propuesto
Capacidad a 2550 R.P.M	150000 Btus/hr	150000 Btus/hr	150000 Btus/hr
Cluch Magnético	3.5 amp.	3.5 amp.	3.5 amp.
Válvula solenoide	1.8 amp.	1.5 amp.	1.8 amp.
Motor de ventilador en evaporador	6.5 amp.	5 amp.	5 amp.
Motor de ventilador en condensador	7 amp.	7 amp.	7 amp.
Consumo total del equipo tomando en cuenta el control	100 a 105 amp.	90 a 95 amp.	90 a 95 amp.

En esta tabla aún no se representa el ahorro de energía de manera significativa, para obtener un ahorro significativo tendremos que observar la temperatura promedio de operación de los equipos de aire acondicionado, tomando como referencia las presiones de operación manométricas en los equipos similares como lo son los equipos GR-60 y Sutrack que oscilan entre 18 y 21 PSI baja presión y en alta presión de 175 a 185 PSI, todo esto a 1600 R.P.M, esta velocidad es el promedio de operación de los compresores de climatización en autobuses, ya que tienen una velocidad máxima para operar en carreteras como medidas de seguridad para los pasajeros.



Figura 3.10 MANOMETRO CONVENCIONAL DE ALTA PRESION⁵⁸

Tomando en cuenta que el condensador, trabaja con una presión promedio de 180 PSI, esto da una referencia que el refrigerante se encuentra a una temperatura promedio de 52°C, si consideramos que el aire que pasó por el condensador entra a temperatura ambiente y aumenta su temperatura a 38°C tenemos que:

$$q = C_p (T_2 - T_1)$$

Donde:

q= calor sobre unidad de masa en KJ/Kg

C_p.= Calor específico a presión constante= 1.008 KJ/Kg °C

T₂=temperatura de salida del condensador en °C

T₁=temperatura de entrada del condensador en °C

Aplicando la formula se obtiene

⁵⁸ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).

$$q = 1.008 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (38^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}) = 12.096 \text{ Kj/Kg}$$

Que genera la siguiente tabla:

q- KJ/Kg	Masa - Kg	Q - KJ
12.096	1	12.096
12.096	2	24.192
12.096	3	36.288
12.096	4	48.384

Se observa en la tabla anterior que si aumentamos la masa de aire en el condensador podemos enfriarlo con mayor eficiencia, por lo tanto si instalamos el condensador de manera que aproveche el aire que rompe el autobús al hacer su recorrido normal en las carreteras, obtendremos un ahorro de energía eléctrica y mecánica en el autobús.

La formula para determinar la densidad:

$$\rho(\text{densidad}) = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Se despeja la masa:

$$\text{Masa} = \rho \text{Volumen}$$

Si se considera que la densidad es constante, al incrementar volumen también incrementa la masa, entonces solo necesitamos pasar un mayor volumen de aire por el condensador para obtener enfriamiento efectivo. Vamos a considerar aumentar un 25% el flujo de aire en el condensador.

	Gr-60	Sutrack
Flujo de aire en M ³ /hr	55	58

Es importante mencionar que así como se busca un beneficio al reducir la presión en el condensador, llegará a ser perjudicial si la temperatura desciende drásticamente, está considerado en el rediseño instalar transductores de presión, con la finalidad de detectar la presión del condensador y cuando este detecte una presión de 160 PSI, se comunicará con el tablero lógico del sistema de climatización y este apagará gradualmente 3 de los 5 ventiladores del condensador.

Al mantener la presión en una presión manométrica de en 160 PSI el condensador trabajara alrededor de una temperatura de 45°C y obtendremos un beneficio que es mantener baja la temperatura en el lado de baja presión del sistema.

$$Rp = \frac{\text{Alta presión}}{\text{Baja presión}}$$

Si el funcionamiento es regular tenemos:

$$Rp = \frac{185 \text{ PSI}}{18 \text{ PSI}} = 10.27$$

El resultado anterior es aceptable ya que los manuales de operación mencionan que la relación de presiones es de 10, también esta relación de presión es similar a equipos de aire acondicionado portátil que utilizan refrigerante R-134a.⁵⁹

Si la relación de presión es 10 y en alta presión 160PSI

$$BP = \frac{AP}{Rp} = \frac{160 \text{ PSI}}{10} = 16 \text{ PSI}$$

Observando en el manómetro de baja presión si el evaporador trabaja a 16 PSI, el refrigerante tendrá una temperatura de alrededor de -10°C lo cual es bastante cercano a la temperatura ideal para equipo de aire acondicionado.⁶⁰

⁵⁹ Guzman, R. *Manual de Operacion carrier GR-60*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2005).
Montoya, C. *Carrier Transicold*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).

Núñez, E. *Manual de operacion Sutrack*. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2004).

⁶⁰ ASHRAE. *CODIGOS Y NORMAS*. Recuperado el 20 de febrero de 2012, de tecnología de aire bajo piso:
[http://www.cbe.berkeley.edu/underfloorair/standardscodes.htm#ASHRAE Standard 55-1992 \(2000\)](http://www.cbe.berkeley.edu/underfloorair/standardscodes.htm#ASHRAE Standard 55-1992 (2000)).



Figura 3.11 MANOMETRO DE BAJA PRESION⁶¹

La temperatura de operación en promedio de los equipos de aire acondicionado es de 18 PSI y con las mejoras al sistema estamos logrando 16 PSI.

Tomando en cuenta la fórmula de C.O.P ideal⁶² compararemos el rendimiento de los equipos:

$$C.O.P = \frac{1}{\frac{T_c}{T_e} - 1}$$

Donde:

⁶¹ Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses México - Oriente. México. (de 2004 a 2006).

⁶² Rodriguez, A. (practica 9.). Prácticas de termodinámica. (1999).

Tc= temperatura del condensador en °K

Te=temperatura del evaporador en °K

Equipos	Sustitución	C.O.P.
Equipos existentes en el mercado	$C.O.P = \frac{1}{\frac{325.15}{265.15} - 1}$	4.41
Equipo propuesto	$C.O.P = \frac{1}{\frac{321.15}{263.15} - 1}$	4.53

Si los equipos existentes tienen un rendimiento promedio de 150 000 BTU /hr con un Cop de 4.41 si nuestro equipo tiene un COP de 4.53 tendremos un rendimiento de 154081.63 BTUs /Hr se esta aumentando el rendimiento del equipo por 4081.63 Btus/ Hr que es lo equivalente a poco mas de un cuarto de tonelada re refrigeración que e lo mismo a 1.196 KW / Hr.

Por ejemplo si tenemos un autobús que hará un recorrido de 12 horas y tiene funcionando el sistema de climatización todo el viaje tendremos un ahorro de 14.352 KW en este recorrido

CONCLUSIONES

Una vez terminado este escrito se demostró matemáticamente la efectividad del equipo de climatización propuesto, la evolución de los distintos climas artificiales para autobús disponibles en México es efectiva pero puede mejorar. Por ello se deduce lo siguiente:

- Todavía tienen que lograrse muchos avances en el aire acondicionado y calefacción, ya que se tienen que desarrollar refrigerantes más eficientes y compresores con más eficiencia que permitan usar menos combustibles para la generación de aire acondicionado y calefacción. Ya que el equipo tiene que quemar más combustible, por lo consiguiente se genera contaminación por la quema de combustibles.
- En este trabajo queda demostrado que cambiar los refrigerantes por algunas alternativas ayudan para el medio ambiente, también es importante verificar las presiones dentro del sistema para asegurar el apropiado funcionamiento de equipos de aire acondicionado.
- Al terminar este trabajo se generó más información sobre funcionamiento, antecedentes y cambios sufridos en los equipos de climatización en autobuses para dejar información útil que puedan utilizar los alumnos como material bibliográfico.

En la experiencia adquirida al hacer este escrito me encontré con que no hay diseños malos o buenos, sino que hay operadores inconscientes, ya que el mal uso o mala operación de un equipo de aire acondicionado no solo significa que no funcionara de forma deseada, también se traduce en un desgaste excesivo tanto de componentes mecánicos electrónicos o eléctricos, por otra parte la quema de recursos no renovables en este caso el diesel. Una analogía apropiada para describir la mala operación de equipos de climatización es compararla con “encender un automóvil en vez de accionar la primera velocidad accionáramos la tercera, hay muchísimos conductores que logran la marcha, sin darse cuenta que desgastan innecesariamente su motor y queman bastante combustible”.

Otro aspecto a destacar, es considerar el adecuado conocimiento de la ventilación trae como consecuencia un mejor funcionamiento del sistema de climatización. También la mejora de este tipo equipos trae como consecuencia muchos beneficios desde un costo considerablemente económico, logramos una quema de mínima combustible.

Por otra parte es importante mencionar que una conciencia sobre el mantenimiento preventivo y predictivo en sistemas de climatización ahorrarían en un gran número de mantenimientos correctivos. Los usuarios o dueños de equipos de climatización deben entender que un equipo, en apariencia funciona correctamente sin la necesidad de realizar cualquier tipo de limpieza o mantenimiento preventivo, pero no se tiene en cuenta se esta ocupando mas energía, para que el equipo cumpla con su objetivo. Por ejemplo un evaporador con sus filtros de aire sucios, el polvo acumulado en los filtros no permite el adecuado flujo de aire, si el flujo de aire es disminuido, aumenta el tiempo de funcionamiento del equipo antes llegar a la temperatura deseada por el usuario.

BIBLIOGRAFIA

- ASHRAE. CODIGOS Y NORMAS. Recuperado el 20 de febrero de 2012, de tecnologia de aire bajo piso:
<http://www.cbe.berkeley.edu/underfloorair/standardscodes.htm#ASHRAE Standard 55-1992>. (2000).
- Birch, T. En Manual de Aire Acondicionado Automotriz (pág. tomo 1). Naucalpan, Estado de Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996).
- Einstein on May 22, 2. (22 de mayo de 2011). Willis Carrier Biography Inventor Air Conditioner. Recuperado el 5 de febrero de 2012, de
<http://scientistsbiography.info/willis-carrier-biography-inventor-air-conditioner>
- Guzman, R. Manual de Operacion carrier GR-60. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2005).
- Montoya, C. Carrier Transicold. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2001).
- Nuñez, E. Manual de operacion Sutrack. Monterrey, Nuevo Leon: Carrier Ediciones. (2004).
- PCE. (2010 de septiembre de 2005). Detector de fugas PCE-LD 1 para aire acondicionado y . Recuperado el 05 de febrero de 2012, de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-automocion/auto-refrigerante.htm>
- Pérez, M. Galeria fotografica obtenida en Terminal de autobuses Mexico - Oriente. Mexico. (de 2004 a 2006).
- Rodriguez, A. Practicas de termodinamica. Práctica 9. (1999).
- wikipedia enciclopedia libre. (7 de septiembre de 2012). Máquina frigorífica. Recuperado el 05 de febrero de 2012, de
http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_frigor%C3%ADfica

GLOSARIO:

- CALOR ESPECÍFICO

Cada materia especifica diferente con respecto a la forma que manifiesta la cantidad de calor sensible que almacena por unidad de peso cualquiera de sus estados. El calor sensible es la capacidad de un cuerpo para almacenar el calor. Por ejemplo, 1 lb de agua necesita 1 BTU para que el termómetro se eleve a 1°F, lo cual establece su calor específico (ce):

Ce del agua = 1BTU/ lb

Al cambiar de estado la materia cambias su calor específico. Una libra de hielo necesita 0.5 BTU para que el termómetro se eleve 1°F, lo que establece su calor específico

Ce del hielo = 0.5 BTU/lb

Después de establecer el concepto del calor específico de un cuerpo, puede concluirse que es el calor necesario para que 1 lb del mismo aumente su temperatura 1°F (en el sistema ingles). Lo mismo puede decirse en el sistema métrico al referirnos a 1 KG y 1° C. expresando el calor en calorías.

- CALOR LATENTE

El calor latente también lo almacena la materia pero en forma diferente, y no lo registra el termómetro. Sabemos que el calor puede transformarse en trabajo. Si comparamos el calor latente con el calor sensible podemos darnos cuenta que su temperatura se mantendrá constante, pero se estará llevando acabo un cambio de estado de la materia. El calor latente del aire es la cantidad necesaria que se requiere agregar o retirar para percibir un cambio de estado.

- CALOR SENSIBLE

El calor sensible lo presenta un solo estado de la materia ya sea como hielo, líquido o vapor en el caso del agua. Es aquel que recibe un cuerpo y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado. En general, se ha observado experimentalmente que la cantidad de calor necesaria para calentar o enfriar un cuerpo es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la diferencia de temperaturas.

- Estanqueidad:

Cualidad de estanco, cerrado e incomunicado. En los sistemas termodinámicos se denota en aquellos sistemas que solo tienen cambios de energía y no de masa

- Freón= frigen

Es el nombre comercial de un grupo clásicamente de clorofluorocarbonos usados principalmente como refrigerantes. La palabra Freón es una marca registrada perteneciente a DuPont.

- Hermeticidad= hermetismo:

(De Hermes Trimegisto, nombre griego del dios egipcio Tot, al que la tradición griega acabó atribuyendo conocimientos esotéricos sobre magia, alquimia y astrología).

m. Cualidad de hermético (ll impenetrable, cerrado).

- Ralentí:

El ralentí es el régimen mínimo de variaciones por tiempo, necesario para auto sostener un proceso de transformación de materia, siendo que menos variaciones por tiempo, supone una disipación termodinámica y una pérdida en el aprovechamiento de la reacción que induce la variación; y más variaciones por tiempo supone un desaprovechamiento de la energía y por lo tanto un desperdicio de la misma. El ralentí, en este tipo de motores, se mide en revoluciones por minuto (giros o vueltas por minuto) a las que se ajusta un motor de este tipo, para permanecer en un funcionamiento que se sujete a la definición. Este mínimo, es un régimen de trabajo desatendido y estable. Por ejemplo, en un automóvil, sin necesidad de presionar el pedal del acelerador. El ralentí puede ser modificado según los consumidores de energía que estén conectados como el aire acondicionado, el electro ventilador, las luces, entre otros. Este régimen, en automóviles terrestres, suele estar comprendido entre las 700 y las 1.100 rpm.

El ralentí ideal está en unos 900 rpm.