



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y
AIRE ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET
TROOPER DEL AÑO 1985.**

AUTOR: GUALPA CHACHA MILTON SANTIAGO

DIRECTOR: ING. JACOME GUEVARA FAUSTO ANDRES

LATACUNGA

2018



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET TROOPER DEL AÑO 1985**” realizado por el señor **GUALPA CHACHA MILTON SANTIAGO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **GUALPA CHACHA MILTON SANTIAGO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de junio de 2018



ING. FAUSTO ANDRES JACOME GUEVARA
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **GUALPA CHACHA MILTON SANTIAGO**, con cédula de identidad N° **1724543424**, declaro que este trabajo de titulación “**ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET TROOPER DEL AÑO 1985**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 18 de junio de 2018

MILTON SANTIAGO, GUALPA CHACHA

CC: 1724543424



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, **GUALPA CHACHA MILTON SANTIAGO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET TROOPER DEL AÑO 1985**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 18 de junio de 2018

MILTON SANTIAGO GUALPA CHACHA

CC: 1724543424

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a mi madre por ser el pilar más importante de mi vida y por demostrarme su cariño y apoyo incondicional. A mi padre por apoyarme en todo momento, por darme todas sus enseñanzas para convertirme en un hombre de bien. A mis hermanos por haberme enseñado que es compartir una amistad y sobre todo a Dios por darme un día más de vida.

Santiago Gualpa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia que me ha brindado su apoyo incondicional, que me ha inculcado valores, y sobre todo que ha confiado en mí antes y durante todo el transcurso de mi vida.

También agradezco a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por darme la oportunidad de continuar con mis estudios, los cuales me formaron como una persona profesional y apta para entrar al campo laboral.

Santiago Gualpa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
EL TEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Alcance.....	4
CAPITULO II	5
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1 Reseña histórica del aire acondicionado automotriz.....	5
2.1.1 Aire acondicionado en los años treinta	5

2.1.2 Aire acondicionado en los años cuarenta	6
2.1.3 Aire acondicionado en los años cincuenta	7
2.1.4 Aire acondicionado en los años sesenta	8
2.1.5 Aire acondicionado en los años setenta y ochenta	8
2.1.6 Aire acondicionado en los años noventa	9
2.1.7 Aire acondicionado en el año dos mil en adelante	9
2.2 Principios fundamentales	10
2.2.1 Termodinámica	10
2.2.1.1 Segunda ley de la termodinámica	10
2.2.1.2 Ley cero de la termodinámica	11
2.2.1.3 Materia	11
2.2.2 Cambio de estado de la materia	11
2.2.2.1 Fusión	11
2.2.2.2 Solidificación	12
2.2.2.3 Vaporización y ebullición	12
2.2.2.4 Condensación	12
2.2.2.5 Sublimación	12
2.2.3 Temperatura	12
2.2.3.1 Temperatura relativa	13
2.2.3.2 Temperatura absoluta	13
2.2.3.3 Formulas de conversiones	14
2.2.4 Humedad	15
2.2.5 Presión	15
2.2.5.1 Presión atmosférica	16
2.2.5.2 Presión manométrica	16
2.2.5.3 Presión de vacío	16
2.2.5.4 Presión absoluta	17
2.2.6 Calor	17
2.2.6.1 Calor sensible	17
2.2.6.2 Calor latente	18
2.2.7 Transferencia de calor	18

2.2.7.1 Tipos de transferencia de calor	19
2.2.8 Confortabilidad del ser humano	20
2.3 Ciclo de refrigeración.....	21
2.3.1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.....	22
2.3.2 Principios de funcionamiento del ciclo de refrigeración.....	22
2.3.3 Propiedades del ciclo de refrigeración R-134a	23
2.4 Descripción del sistema de aire acondicionado	24
2.4.1 Compresor	24
2.4.1.1 Embrague magnético.....	25
2.4.1.2 Lubricante del compresor.....	26
2.4.2 Condensador.....	26
2.4.3 Acumulador deshidratante	27
2.4.4 Válvula de expansión	28
2.4.5 Evaporador	29
2.4.6 Electro-ventilador.....	30
2.4.7 Presostato	30
2.4.8 Termostato.....	32
2.4.9 Filtro de polen	33
2.4.10 Refrigerante del sistema de A/C	34
2.4.10.1 Tabla de propiedades del refrigerante R-134a	36
2.4.11 Elementos auxiliares	37
2.5 Descripción del sistema de calefacción.....	37
2.5.1 Mangueras de calefactor	38
2.5.2 Núcleo calefactor	38
2.5.3 Soplador	39
2.5.4 Carcasa	39
CAPITULO III.....	40
DESARROLLO DEL TEMA	40

3.1 Cálculos de cargas térmicas	40
3.1.1 Cálculos térmicos del metal	42
3.1.2 Cálculos térmicos de vidrios del habitáculo.....	47
3.2 Cálculo de la RPM en la polea del compresor	51
3.3 Curva de funcionamiento de un compresor SD5S11 a 2246 RPM.....	52
3.4 Inspección del vehículo.....	53
3.5 Limpieza de los ductos del sistema de calefacción y A/C	54
3.5.1. Limpieza del radiador de calefacción	54
3.6 Selección de los Componentes del sistema de A/C del vehículo.....	55
3.6.1 Compresor	55
3.6.2 Condensador.....	56
3.6.3 Acumulador deshidratador	56
3.6.4 Válvula de expansión	56
3.6.5 Evaporador	56
3.6.6 Termostato.....	56
3.6.7 Presostato	56
3.6.9 Mangueras y racores	57
3.6.10 Correa de accesorios	58
3.6.11 Filtro del sistema	58
3.7 Construcción de bases para los diferentes elementos del sistema de A/C	58
3.7.1 Base del compresor	58
3.7.1.1 Soporte del compresor.....	59
3.7.2 Base del acumulador deshidratador	59
3.7.3 Acoples del evaporador.....	60
CAPITULO IV	61
INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y A/C	61
4.1 Esquema del sistema de A/C en el vehículo	61

4.2 Esquema del sistema de calefacción	61
4.2.1 Distribución de los ductos del sistema de calefacción y A/C	62
4.3 Instalación del compresor	63
4.4 Instalación del condensador	63
4.5 Instalación del acumulador deshidratador.....	64
4.6 Instalación del evaporador	64
4.7 Instalación de las cañerías	65
4.8 Instalación de los componentes del sistema de calefacción.....	66
4.9 Diagrama eléctrico del sistema de A/C.....	67
4.10 Barrido con nitrógeno del sistema de A/C	69
4.11 Comprobación de fugas de fluido refrigerante.....	70
4.12 Vaciado del sistema.....	71
4.13 Carga del sistema con refrigerante R-134a	73
4.13.1 Desmontaje del circuito de carga	75
4.14 Instalación de los ductos y tablero del vehículo	75
4.15 Comprobación del sistema	76
CAPITULO V.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1 Conclusiones	77
5.2 Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aire acondicionado en un Cadillac de 1939	5
Figura 2 Primer automóvil con A/C desarrollado por Packard.....	6
Figura 3 Aire acondicionado en un Chrysler Imperial 1953.....	7
Figura 4 Primer auto deportivo con A/C. (Corvette)	8
Figura 5 Cambio de estado de la materia	11
Figura 6 Escalas de temperatura relativa	13
Figura 7 Escalas de temperatura absoluta	14
Figura 8 Calor sensible.....	18
Figura 9 Calor latente.....	18
Figura 10 Transferencia de calor.....	19
Figura 11 Transferencia de calor por conducción.....	19
Figura 12 Transferencia de calor por convección	20
Figura 13 Transferencia de calor por radiación	20
Figura 14 Diagrama Presión/Entalpia	22
Figura 15 Propiedades y ciclo de refrigeración R-134a.....	23
Figura 16 Sistema de aire acondicionado.....	24
Figura 17 Compresor	25
Figura 18 Embrague magnético	25
Figura 19 Lubricante del compresor	26
Figura 20 Condensador	27
Figura 21 Acumulador deshidratante	28
Figura 22 Válvula de expansión.....	28
Figura 23 Evaporador.....	30
Figura 24 Electro-ventilador	30
Figura 25 Presostato.....	31
Figura 26 Presión de operación de alta	31
Figura 27 Presión de operación de baja	32
Figura 28 Termostato electromecánico.....	33
Figura 29 Filtro de polen.....	33
Figura 30 Refrigerante R-134a	34
Figura 31 Nomenclatura del refrigerante R-134a	35

Figura 32 Diagrama Presión/ Temperatura	36
Figura 33 Manguera de calefacción	38
Figura 34 Núcleo calefactor	38
Figura 35 Ventilador de calefacción y A/C.....	39
Figura 36 Carcaza de calefacción y A/C.....	39
Figura 37 Piso del vehículo Chevrolet Trooper	42
Figura 38 Techo del vehículo Chevrolet Trooper	43
Figura 39 Parte delantera del vehículo Chevrolet Trooper	44
Figura 40 Parte posterior del vehículo Chevrolet Trooper.....	45
Figura 41 Parte lateral del vehículo Chevrolet Trooper.....	45
Figura 42 Puerta del vehículo Chevrolet Trooper.....	46
Figura 43 Parabrisas del vehículo Chevrolet Trooper.....	47
Figura 44 Vidrio posterior del vehículo Chevrolet Trooper	48
Figura 45 Vidrios laterales del vehículo Chevrolet Trooper.....	49
Figura 46 Ventana	49
Figura 47 Rendimiento del compresor SANDEN SD5S11	52
Figura 48 Ductos de calefacción y A/C	54
Figura 49 Comprobación del radiador de calefacción	54
Figura 50 Componentes del sistema de A/C	55
Figura 51 Base del compresor.....	58
Figura 52 Soporte del compresor	59
Figura 53 Base del acumulador deshidratador	59
Figura 54 Acoples del evaporador	60
Figura 55 Esquema del sistema de aire acondicionado.....	61
Figura 56 Esquema del sistema de calefacción.....	62
Figura 57 Distribución de los ductos del sistema de calefacción y A/C.....	62
Figura 58 Instalación del compresor	63
Figura 59 Instalación del condensador.....	63
Figura 60 Instalación del acumulador deshidratador	64
Figura 61 Instalación del expansor y cañerías	64
Figura 62 Instalación del evaporador.....	65
Figura 63 Instalación de cañerías	65
Figura 64 Instalación del radiador de calefacción.....	66
Figura 65 Instalación de la caja central de calefacción y A/C	66

Figura 66 Diagrama eléctrico del sistema de A/C	67
Figura 67 Instalación del cableado dentro del habitáculo	68
Figura 68 Sistema de calefacción y A/C completo	69
Figura 69 Barrido con nitrógeno	69
Figura 70 Comprobación de fugas	70
Figura 71 Vaciado del sistema	71
Figura 72 Presión de vacío en el sistema	72
Figura 73 Carga del sistema con refrigerante R-134a.....	74
Figura 74 Instalación de los ductos de calefacción y A/C	75
Figura 75 Instalación del tablero.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Fórmulas de conversión de temperatura	15
Tabla 2	Factores de conversión de presión	16
Tabla 3	Factores de conversión de calor	17
Tabla 4	Temperatura de confort del ser humano	21
Tabla 5	Datos técnicos	35
Tabla 6	Propiedades del refrigerante R-134a.....	36
Tabla 7	Elementos auxiliares	37
Tabla 8	Factor de transferencia de calor global	41
Tabla 9	Clasificación de cargas térmicas	41
Tabla 10	Diámetro de la polea del compresor y motor del vehículo	51
Tabla 11	Elementos del sistema eléctrico del A/C.....	67
Tabla 12	Temperatura alcanzada en la mañana	76
Tabla 13	Temperatura alcanzada al medio día.....	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Calor total que se transmite a través de un componente	40
Ecuación 2 Calor total que se transmite por radiación solar	41
Ecuación 3 Área de un rectángulo	42
Ecuación 4 Área de un trapecio	42
Ecuación 5 Diferencia de temperatura	42
Ecuación 6 Relación de transmisión	51

RESUMEN

El proyecto se enfoca en la adaptación de un sistema de calefacción y aire acondicionado en un vehículo Chevrolet Trooper del año 1985, basándose en la idea de mejorar la confortabilidad del vehículo a la hora de estar en movimiento, para ello se procede con la restauración y adaptación del sistema de calefacción y aire acondicionado respectivamente, utilizando herramientas adecuadas acordes al avance tecnológico de nuestro país, para climatizar el interior del vehículo se realiza los respectivos cálculos tomando en cuenta puertas, ventanas, parabrisas, partes laterales, capacidad de personas, etc. El sistema quedara controlado mediante el interruptor que está en el interior del vehículo, el cual facilitará la disposición de aire caliente o aire frío según los ocupantes dispongan. Durante la elaboración del proyecto técnico se irá describiendo paso a paso los diferentes procesos como son el desmontaje, restauración y montaje de los componentes del sistema de calefacción, mientras que en el sistema de aire acondicionado se describirá el acoplamiento, la adaptación, pruebas de fugas en el sistema, vaciado del sistema, carga del sistema, elaboración del circuito eléctrico y comprobaciones de temperatura.

PALABRAS CLAVE

- **CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO**
- **CONFORT**
- **DESARROLLO**

ABSTRACT

The project is focused on the adaptation of a heating and air conditioning system in a Chevrolet Trooper vehicle from 1985, it is based on the idea of improving the comfort of the vehicle when it is in motion, for this purpose we proceed with the restoration and adaptation of the heating and air conditioning system respectively, using appropriate tools according to the technological advancement of our country, to air-condition the interior of the vehicle the respective calculations are made taking into consideration doors, windows, windshield, lateral parts, capacity of people, etc. The system is going to be controlled by the switch inside the vehicle, which is going to facilitate the availability of hot or cold air depending on the occupants. During the elaboration of the technical project, the different processes are going to be described step by step, such as the disassembly, restoration and assembly of the components of the heating system, while in the air conditioning system, the coupling, the adaptation, leakage tests in the system, emptying of the system, loading of the system, elaboration of the electrical circuit and temperature checks will be described.

KEYWORDS

- HEATING AND AIR CONDITIONING
- COMFORT
- DEVELOPMENT



Checked by

Lic. Yolanda Santos Enríquez

DOCENTE UGT

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

Un sistema de calefacción y aire acondicionado tiene como finalidad mantener la comodidad del conductor y los pasajeros a la hora de emprender un viaje, manteniendo dentro del vehículo un ambiente agradable y estable.

Este sistema tiene gran importancia hoy en día ya que incide en aspectos como son el confort, la seguridad, entre otros. Punguil & Vargas (2015) mencionan que:

La implementación de un sistema de aire acondicionado para un vehículo de 3 cilindros, 1000 CC. De marca Suzuki Forsa II del año 1995. Surge de la necesidad de contrarrestar el problema de la humedad y caloricidad que se sitúa en el interior del habitáculo del vehículo. Durante la elaboración de esta tesina se describirá el proceso de montaje, carga y vaciado del sistema, permitiendo climatizar el interior del vehículo con un área de 2m³. Tomando en cuenta puertas, ventanas, partes internas y capacidad de personas, para lograr un ambiente de confort.

El sistema de calefacción y aire acondicionado controla diversos aspectos del medio ambiente como la temperatura, la humedad y la limpieza del aire, permitiendo de esta forma que el conductor y los ocupantes se mantengan alerta de posibles accidentes.

En un vehículo automotor un sistema de calefacción y aire acondicionado es muy importante, con el transcurso del tiempo se ha implementado este tipo de sistemas en diversos vehículos que no lo posean con la finalidad de mantener la seguridad activa del vehículo.

En la actualidad dentro del país se sigue utilizando como refrigerante del sistema el R-134a, que es un refrigerante menos contaminante que el R-12 utilizado anteriormente, para los posteriores años este refrigerante será reemplazado por uno de mejor calidad.

1.2 Planteamiento del problema

Al conducir un vehículo automotor por pocas o varias horas se produce un aumento de temperatura dentro del habitáculo, ya sea por el calor producido del motor del vehículo u otros factores como son el calor provocado por el sol, esto genera una incomodidad al conducir el cual produce distracción, sueño, molestias al conductor, llegando a ocasionar un accidente automovilístico, ya sea por invasión de carril o alguna salida de vía, provocando lesiones graves a los ocupantes de ese vehículo, o en algunos casos la muerte.

Un sistema de calefacción y aire acondicionado a pesar de ser un sistema que brinda confort a la hora de conducir, también actúa como un sistema de seguridad activa del vehículo, por tal motivo surge la necesidad de adaptar un sistema de calefacción y aire acondicionado en un vehículo Chevrolet Trooper del año 1985 perteneciente a la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE”.

En la actualidad se ha venido innovando los sistemas de calefacción y aire acondicionado, además como norma de seguridad un vehículo viene instalado de fábrica con este tipo de sistema con la finalidad de brindar seguridad activa y confort al conductor y ocupantes del vehículo, con esto se ha disminuido un porcentaje de accidentes y muertes generados por el cansancio y distracción de los conductores.

1.3 Justificación

La importancia de esta investigación es ser partícipe en un ente de desarrollo en nuestra especialidad, implementando nuevos sistemas en vehículos que no lo tengan, al instalar un sistema de calefacción y aire acondicionado en vehículos que carezcan del mismo, se puede obtener varios aspectos positivos como son, el conductor se mantiene alerta al conducir, se mantiene fresco, no permite que el parabrisas se empañe, evita agentes contaminantes dentro del habitáculo.

Los principales beneficiarios serán el conductor del vehículo, el estudiante que está realizando este proyecto de titulación, y la UNIDAD DE GESTIÓN DE

TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE” ya que mediante este sistema los estudiantes de la carrera de mecánica automotriz podrán realizar prácticas en el campo de refrigeración y aire acondicionado, además el estudiante desarrollador del proyecto podrá especializarse en esta rama el cual será factible para su carrera profesional.

El proyecto se llevara a cabo mediante los conocimientos adquiridos durante el periodo académico, realizando los debidos cálculos referentes a cargas térmicas que se necesitan para instalar un sistema de aire acondicionado, a la vez se podrá realizar la selección e instalación de todos los componentes del sistema de calefacción y A/C.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Adaptar un sistema de calefacción y aire acondicionado en un vehículo Chevrolet Trooper del año 1985, mediante componentes adecuados y una debida información, para mantener una temperatura confortable dentro del habitáculo.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Investigar los principios de funcionamiento de un sistema de calefacción y aire acondicionado mediante fuentes de investigación referentes al tema para comprender el funcionamiento del mismo.
- b) Identificar los componentes principales que conforma un sistema de calefacción y aire acondicionado a través de esquemas y diagramas para realizar la selección adecuada de cada uno de ellos.
- c) Instalar los componentes del sistema de calefacción y aire acondicionado en el vehículo Chevrolet Trooper, utilizando herramientas y equipos apropiados para mantener el confort dentro del habitáculo.
- d) Comprobar el funcionamiento del sistema de calefacción y aire acondicionado con la ayuda de un termómetro digital para determinar la temperatura máxima que puede alcanzar en el interior del vehículo.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como objeto la adaptación de un sistema de calefacción y aire acondicionado en un vehículo Chevrolet Trooper perteneciente a la Carrera de Tecnologías en Mecánica Automotriz, el cual permitirá realizar prácticas tales como medidas de presiones y simular temperaturas de trabajo e inclusive posibles averías, además se realizara la restauración completa del sistema de calefacción, quedando como resultado un habitáculo confortable y adecuado a la hora de emprender un viaje.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Reseña histórica del aire acondicionado automotriz

En la antigüedad un sistema de enfriamiento no tenía mucha acogida ya que los modelos de los vehículos eran abiertos, al pasar los años se construyeron modelos con la cabina sellada, en los cuales se los realizaban diferentes modificaciones en la parte inferior del parabrisas, descenso de ventanas laterales, entre otros. Esto se lo realizaba para que existiera ventilación dentro del habitáculo manteniendo así una temperatura agradable y confortable pero existía algunos problemas como la velocidad del aire, ingreso de polvo y pequeños insecto.

2.1.1 Aire acondicionado en los años treinta

Al principio de los años treinta muchas marcas empezaron a realizar estudios e investigaciones de sistemas de aire acondicionado automotriz. “El Laboratorio de Estudios y Desarrollo de General Motors concibió la idea del vapor comprimido mediante el refrigerante R12” (Muñoz, 2014).

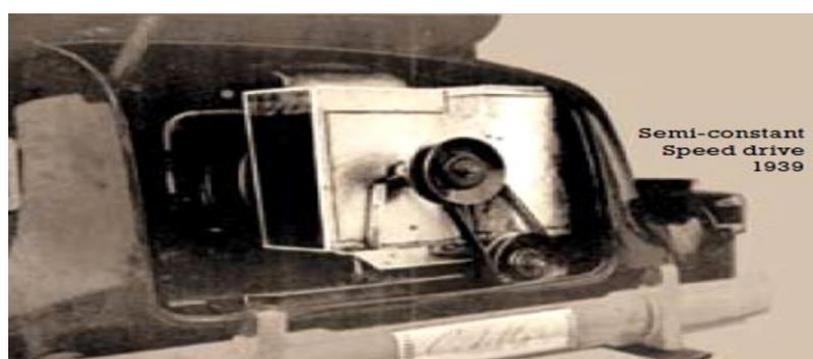


Figura 1 Aire acondicionado en un Cadillac de 1939

Fuente: (Muñoz, 2014)

General Motors comenzó a realizar diferentes pruebas del sistema en un vehículo Cadillac de 1939, pero antes de eso establecieron que la capacidad de enfriamiento no debería exceder 1 ton., adicionalmente la temperatura en el habitáculo no podría

exceder los 5.6°C, ya que al disminuir la misma el ocupante podría experimentar un shock térmico al salir del auto.

A pesar que General Motors consiguió realizar diferentes pruebas en vehículos, la primera compañía que empezó a vender vehículos con sistemas de aire acondicionado y calefacción, fue Packard Motor Company en el año de 1939.

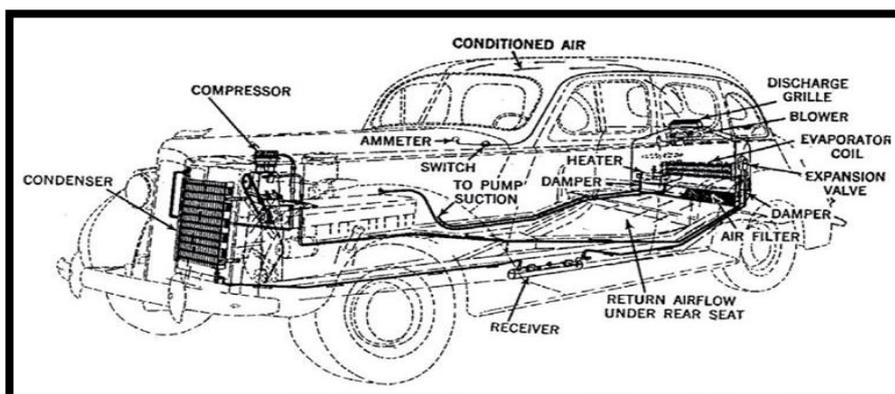


Figura 2 Primer automóvil con A/C desarrollado por Packard

Fuente: (Muñoz, 2014)

Los primeros vehículos con sistema de aire acondicionado fracasaron por diferentes motivos los cuales son: al instalar un evaporador y sistema de Blower ocupaba casi todo el espacio de la cajuela, el sistema no poseía un mecanismo de control el cual lo hacía menos eficiente, el aire del sistema circulaba constantemente ya que la correa estaba conectada siempre al compresor, el precio de estos vehículos eran realmente elevados por lo que los compradores desistían de tener un vehículo con estas características.

2.1.2 Aire acondicionado en los años cuarenta

En esta temporada las compañías que equipaban sus vehículos con este tipo de sistemas eran Packard Motor Company y Cadillac los cuales realizaban diferentes modificaciones con el fin de brindar comodidad y confort a los ocupantes de sus vehículos, a pesar de haber modificado los sistemas de aire acondicionado, todavía presentaban diversos problemas, los cuales fueron que al estar instalado el condensador en el baúl existía goteras dentro del habitáculo producto de la condensación, presentaba fugas de aire hacia el exterior afectando la capacidad de

enfriar a los ocupantes de la parte delantera, no presentaba un mando del control en el interior del automóvil, a no ser que el conductor detuviera el vehículo y quitara una de las poleas del sistema, lo cual fue un total fracaso.

2.1.3 Aire acondicionado en los años cincuenta

Esta temporada se puede considerar como la regeneración de los sistemas de aire acondicionado, tras doce años de ausencia de los sistemas y tras los fallos obtenidos por Packard Motor Company en 1940 y Cadillac en 1941 en el año de 1953 se presenta un Chrysler Imperial completamente modificado con doble condensador y utilizando un refrigerante R-22.

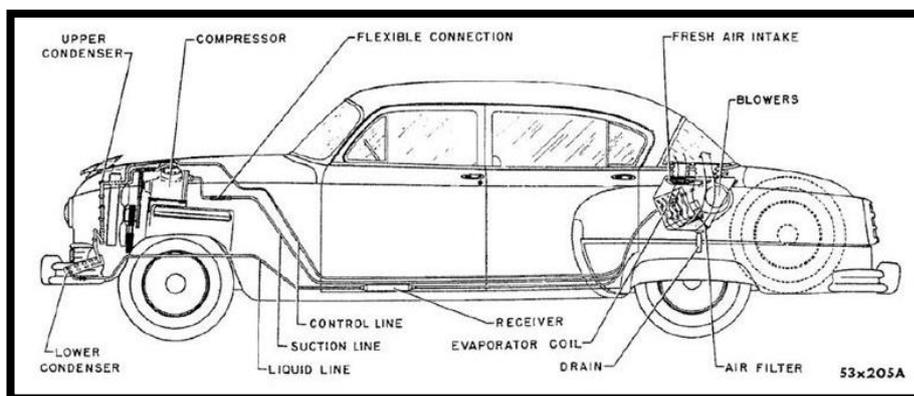


Figura 3 Aire acondicionado en un Chrysler Imperial 1953

Fuentes: (Muñoz, 2014)

En este mismo año las marcas que presentaron diversos tipos de sistemas de aire acondicionado fueron la General Motors, Packard y Chrysler, los cuales tuvieron gran acogida en el mercado, estos sistemas fueron instalados en diferentes modelos de vehículos como el Cadillac, Oldsmobile, Imperial, Cavalier, Patrician.

En el año de 1954 Nash-Kelvinator Corporation fue el primer creador de un sistema de ventilación, aire acondicionado y calefacción en sus modelos de vehículos, los cuales contaban con un embrague eléctrico, controles del tablero ajustables, respiraderos montados detrás del parabrisas. Una característica principal de estos sistemas fue que estaba instalado completamente en el compartimento del motor, a este tipo de sistemas se lo bautizó como "All-Weather Eye".

También en este año General Motors equipa uno de sus modelos de vehículos llamado Pontiac, con un sistema basado en los conceptos de Nash, a este vehículo se le agregó controles separados para la distribución de aire y refrigeración.

Con la finalidad de realizar modificaciones a sus sistemas, a partir del año 1958 varias compañías se unieron a la era del aire acondicionado automotriz, entre éstas están, Lincoln Motor Company, American Motors Corporation, Ford, Chevrolet.

2.1.4 Aire acondicionado en los años sesenta

En esta era los sistemas de aire acondicionado automotriz fueron la popularidad, por tal motivo diferentes compañías de vehículos instalaban este sistema como base, mientras iba pasando el tiempo se realizaban diferentes modificación en los sistemas, los cuales eran eficaces a la hora de ser utilizados.



Figura 4 Primer auto deportivo con A/C. (Corvette)

Fuente: (Muñoz, 2014)

En el año de 1968 y 1969 American Motors Corporation instala todos los modelos de vehículos con un sistema totalmente reforzado, con un termostato de control de clima automático lo cual lo hacía más eficiente.

2.1.5 Aire acondicionado en los años setenta y ochenta

Al principio de los años 70 se inició la implementación del sistema de aire acondicionado en todos los modelos de vehículos de las diferentes compañías, la cual finalizó en los años 90, el refrigerante utilizado en el sistema seguía siendo el R-12,

R-22, pero a su vez estaba en sus etapas de finalización ya que a principios de la década de los 80, la Expedición Antártica Británica utilizó un equipo de tierra para medir el grosor de la capa de ozono sobre la Antártida. En 1985 volvieron a medirlo y los resultados obtenidos fueron desastrosos, los CFC (Clorofluorocarbonos) eran demasiado contaminantes para la capa de ozono, al igual que los HCFC (Hidroclorofluorocarbonados), los cuales necesitaban que los reemplazaran.

2.1.6 Aire acondicionado en los años noventa

A partir de los años 90 todos los vehículos salidos al mercado tenían un sistema de calefacción y aire acondicionado, en el año 1992 se introdujo el refrigerante R-134a HFC (Hidrofluorocarbonados) ya que era un gas que no contiene químicos tóxicos, este fue el reemplazo del refrigerante R-12, mientras que el reemplazo del refrigerante R-22 fue el R-407c.

A partir del año de 1995 todos los nuevos modelos de vehículos venían equipados con sistemas de aire acondicionado que utilizaban como refrigerante el R-134a, el cual disminuía la destrucción de la capa de ozono.

2.1.7 Aire acondicionado en el año dos mil en adelante

A partir del año 2000 se ha venido implementando nuevas innovaciones tecnológicas en los sistemas de aire acondicionado, a la vez se ha venido inventando nuevos refrigerantes con el único fin de mantener una estabilidad del sistema y ayudar a no contaminar el medio ambiente.

En esta era el refrigerante utilizado para los sistemas de aire acondicionado fue el R-134a la cual según la Comisión Europea establecieron que a partir del 2011 se dejaría de utilizar este refrigerante, y a partir del 2017 se eliminaría totalmente en los sistemas de aire acondicionado automotriz.

El nuevo refrigerante utilizado para los nuevos vehículos del 2017 en adelante fue el R-1234yf, el cual estaba sometido a diferentes pruebas, este refrigerante presentaba inflamabilidad a la hora de existir una fuga en algún punto de la instalación del sistema

de aire acondicionado, de solucionar el problema este gas sustituirá al refrigerante R-134a.

También en estos años se estableció que a partir del 2004 se prohíbe la manufactura de equipos de aire acondicionado que utilicen los HCFC, y a partir del 2010 se prohíbe la venta del refrigerante R-22.

2.2 Principios fundamentales

Un sistema de calefacción y aire acondicionado, tiene como función modificar la temperatura, humedad, circulación y pureza del aire, esto se lo realiza con el fin de mantener las condiciones requeridas en un lugar cerrado, dentro de un vehículo el conductor puede manipular la temperatura dependiendo de las circunstancias que se presenten.

2.2.1 Termodinámica

Se puede definir como termodinámica a la ciencia de la energía.

El término termodinámica proviene de las palabras griegas *therme* (Calor) y *dynamis* (Fuerza) lo cual corresponde a los primeros esfuerzos para convertir el calor en energía. Una de las más importantes y fundamentales leyes de la naturaleza es el principio de conservación de la energía. Esta expresa que durante una interacción, la energía puede cambiar de una forma a otra pero su cantidad total permanece constante. La energía no se crea ni se destruye. (Cengel & Boles, 2009, pág. 2)

2.2.1.1 Segunda ley de la termodinámica

En esta ley “afirma que la energía tiene calidad así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de energía” (Cengel & Boles, 2009, pág. 2). Además se puede definir la temperatura en términos según la segunda ley de la termodinámica. La energía se puede transferir de un objeto frío a un objeto caliente ya sea por transferencia de partículas energéticas o radiación electromagnética, pero la transferencia neta será desde el objeto caliente al objeto frío en cualquier proceso espontáneo, se requiere trabajo para transferir energía a un objeto caliente.

2.2.1.2 Ley cero de la termodinámica

La ley cero de la termodinámica “establece que si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí” (Cengel & Boles, 2009, pág. 17).

2.2.1.3 Materia

Se puede decir que materia es todo aquello que tiene masa y que ocupa un lugar en el espacio, la materia se puede encontrar en tres diferentes estados bien definidos los cuales son: Sólido, Líquido y Gaseoso.

2.2.2 Cambio de estado de la materia

La materia puede cambiar de un estado a otro debido al efecto de la temperatura y presión, para que exista un cambio de estado, se debe añadir o tomar una gran cantidad de calor de la sustancia cambiante.

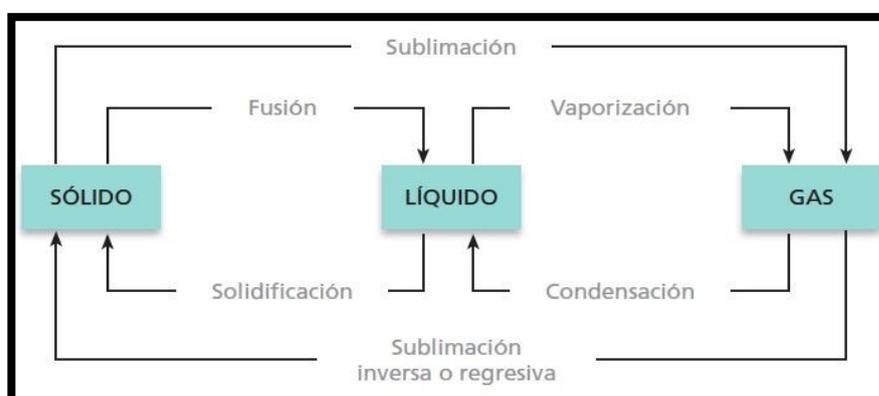


Figura 5 Cambio de estado de la materia

Fuente: (Fernández, 2016)

2.2.2.1 Fusión

Podemos decir que es el cambio de un estado sólido a un estado líquido por medio de la agregación de calor, durante este proceso endotérmico la temperatura permanece constante, es decir cuando se calienta un sólido se transfiere calor a los átomos los cuales vibran con rapidez a medida que ganan energía.

2.2.2.2 Solidificación

Se considera como el cambio de un estado líquido a un estado sólido, esto se da mediante el enfriamiento, es el proceso inverso al de la fusión, la temperatura varía y permanece constante durante el cambio.

2.2.2.3 Vaporización y ebullición

Se considera como el cambio de un estado líquido a un estado gaseoso, este proceso puede ser lento o rápido dependiendo de la temperatura que se suministre, podemos decir que el líquido que esté sometido a este proceso absorbe calor.

2.2.2.4 Condensación

Es el cambio de un estado gaseoso a un estado líquido, es un proceso inverso al de la vaporización, se puede llegar a la condensación cuando se aumenta la presión o disminuye la temperatura llegando a reducir su volumen hasta convertirse en líquido.

2.2.2.5 Sublimación

Este proceso tiene como característica principal pasar de un estado sólido a un estado gaseoso sin pasar por el estado líquido, al proceso inverso se lo conoce como sublimación inversa o regresiva el cual cambia de un estado gaseoso a un estado sólido, cabe recalcar que la materia solo cambia de estado mas no se transforma en otro tipo de materia.

2.2.3 Temperatura

Se podría definir como temperatura al grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro, también se considera como la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor.

Existen dos tipos de temperatura: relativa y absolutas

2.2.3.1 Temperatura relativa

Se puede denominar temperatura relativa a las lecturas que registran el 0 a temperaturas arbitrarias, aquí se encuentran los grados Celsius y los grados Fahrenheit.

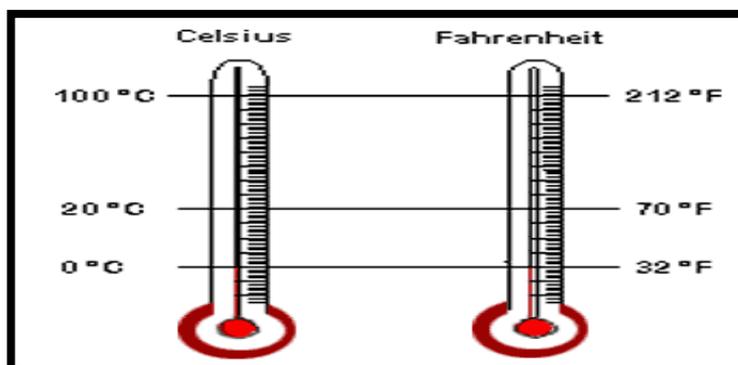


Figura 6 Escalas de temperatura relativa

Fuente: (De La Torre, 2014)

Grados Celsius

Esta escala fue inventada por Anders Celsius en el año de 1742, se divide en una escala inferior y otra superior, en la escala inferior se puede apreciar el punto de fusión del hielo y en la superior se puede apreciar el punto de ebullición del agua, también se la conoce como grados centígrados debido a las 100 divisiones que presenta.

Grados Fahrenheit

Esta escala fue inventada por Daniel Fahrenheit en el año de 1714, el cual creó el primer termómetro de mercurio, basando sus puntos de temperatura (32°F y 212°F) en la escala de fusión una mezcla artificial de hielo y sal y en la escala de ebullición el límite del calor producida en la sangre de una persona sana.

2.2.3.2 Temperatura absoluta

Se puede denominar temperatura absoluta a las lecturas que registran el 0 absoluto, que es cuando los átomos de una sustancia dejan de vibrar, aquí se encuentran los grados Kelvin y los grados Rankine.

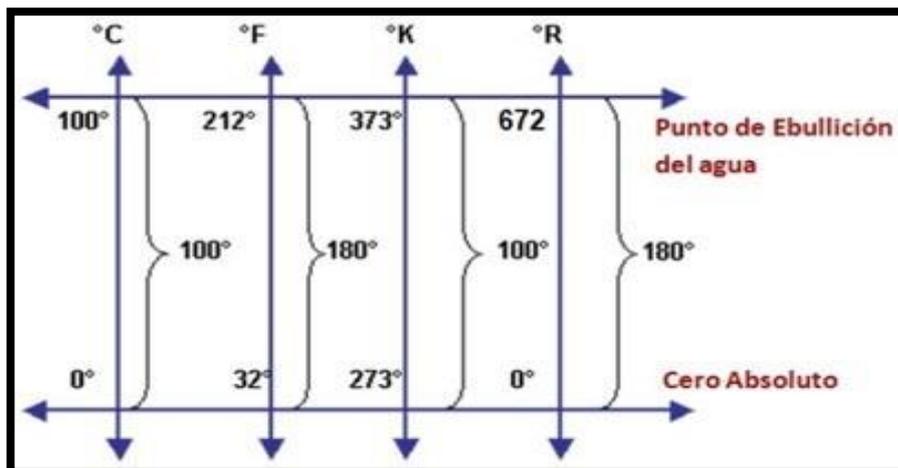


Figura 7 Escalas de temperatura absoluta

Fuente: (De La Torre, 2014)

Grados Kelvin

Esta escala fue inventada por William Kelvin en el año de 1848, es una escala basada en los principios de la termodinámica la cual predice una temperatura mínima, en esta escala las partículas de la temperatura carecen de movimiento por ende se la conoce como cero absoluto, a diferencia de las otras escalas en esta podremos encontrar valores positivos, al igual que en los grados Rankine.

Grados Rankine

Esta escala fue inventada por William Rankine en el año de 1859, es una escala que al igual que la escala Kelvin emplea el cero absoluto como punto más bajo por ende carece de valores negativos, en esta escala cada grado de temperatura equivale a un grado en la escala Fahrenheit.

2.2.3.3 Formulas de conversiones

Se puede decir que la temperatura es el nivel de calor de un gas, líquido y sólido, las escalas sirven comúnmente para medir la temperatura, entre las escalas más comunes están la escala Celsius y escala Fahrenheit, para realizar diferentes conversiones de temperatura se debe utilizar las siguientes formulas, las cuales están representadas acorde al grado de temperatura.

Tabla 1**Fórmulas de conversión de temperatura**

CONVERSIÓN DE	A	FÓRMULA
Grados Celsius	Grados Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1.8 + 32$
Grados Celsius	Kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$
Grados Celsius	Rankine	$\text{R} = (^{\circ}\text{C} + 273.15) \times 1.8$
Grados Fahrenheit	Grados Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8$
Grados Fahrenheit	Kelvin	$\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459.67) / 1.8$
Grados Fahrenheit	Rankine	$\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.67$
Kelvin	Grados Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15$
Kelvin	Grados Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = 9\text{K} - 459.67$
Rankine	Grados Celsius	$^{\circ}\text{C} = (\text{R} / 1.8) - 273.15$

Fuente: (Rivadeneira, 2018)

2.2.4 Humedad

La humedad influye determinantemente en la sensación de bienestar del conductor.

Al aumentar la humedad del ambiente, lo hacen también la sensación de calor con las temperaturas altas y de frío con las bajas, por lo que este valor debe situarse entre el 20% y el 50% en verano, con una temperatura en torno a los 20°C y alrededor del 45% con la misma temperatura en invierno. (Peláez, 2004, pág. 9)

2.2.5 Presión

Se puede definir como presión a la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área. Se hablaría de presión solo cuando se trata de un gas o líquido. Existen diferentes tipos de presión tales como: Presión atmosférica, Presión manométrica, Presión de vacío y Presión absoluta.

La unidad en el sistema inglés es el PSI donde la fuerza se mide en libras y el área en pulgadas cuadradas dando como resultado la unidad mencionada anteriormente.

También la presión tiene como unidad de medida los newtons por metro cuadrado (N/m^2) o también conocida como pascal (Pa), esta unidad se considera demasiado pequeña para las presiones que se suscitan en la práctica por ende se utilizan sus múltiplos como son el Kilopascal (KPa) y Megapascal (MPa), en Europa se utiliza los Bares de presión (bar) y Atmosferas de presión (atm).

En los sistemas de aire acondicionado se utiliza el Kg/cm^2 , y para indicar presiones por debajo de la presión atmosférica se utiliza los milímetros (mm) y pulgadas (in) de mercurio esto para indicar el vacío que se genera en un sistema.

Tabla 2

Factores de conversión de presión

1psi = 6.894757kPa	1kg/cm ² = 14.2psi
1bar = 14.5psi	1psi = 0.068947bar
1in Hg = 0.491154psi	1in Hg = 3.387kPa
1atm = 14.696psia	1mm Hg = 0.1333kPa

2.2.5.1 Presión atmosférica

Se puede decir que la presión atmosférica es la fuerza que ejerce el peso del aire que nos rodea sobre la superficie de tierra y todo lo que está sobre ella a mayor altura con respecto al nivel del mar menor será esta presión a menor altura será mayor.

2.2.5.2 Presión manométrica

Esta presión es mayor a la presión atmosférica, “es la que ejerce un medio distinto al de la presión atmosférica. Representa la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica” (Quadri, 1987, pág. 135).

2.2.5.3 Presión de vacío

Es la fuerza que ejerce el vacío dentro de la superficie de un recipiente cerrado, se considera como una presión menor a la presión atmosférica, las mediciones se realizan

por medio de un medidor de vacío o vacuómetro que indican la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta.

2.2.5.4 Presión absoluta

Es la sumatoria de la presión manométrica más la presión atmosférica, también se puede decir que es la fuerza total ejercida sobre la superficie en un recipiente cerrado desde adentro y fuera del mismo.

2.2.6 Calor

Se puede definir como calor a la “forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y sus alrededores) debido a una diferencia de temperatura. Es decir una interacción de energía es calor solo si ocurre a una diferencia de temperatura” (Cengel & Boles, 2009, pág. 60). No existe transferencia de calor entre dos sistemas que estén a la misma temperatura, las unidades de calor varían dependiendo del sistema de medida, las más utilizadas son:

Sistema Internacional de Medidas (S.I.) su unidad es el Joule (J), en el Sistema Ingles su unidad es el BTU (Unidad Térmica Británica) y en el Sistema MKS su unidad es la Caloría (cal).

Tabla 3

Factores de conversión de calor

1kcal = 4.186kJ	1BTU = 1.046kJ
1kcal = 4186J	1BTU = 0.25kcal
1kcal = 3.968BTU	1KJ = 0.23kcal

2.2.6.1 Calor sensible

Es el “calor que suministrando a una sustancia o sustraído de ella, produce un efecto sensible en la misma, como ser una variación de temperatura” (Quadri, 1987, pág. 8). Esto sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su fase.

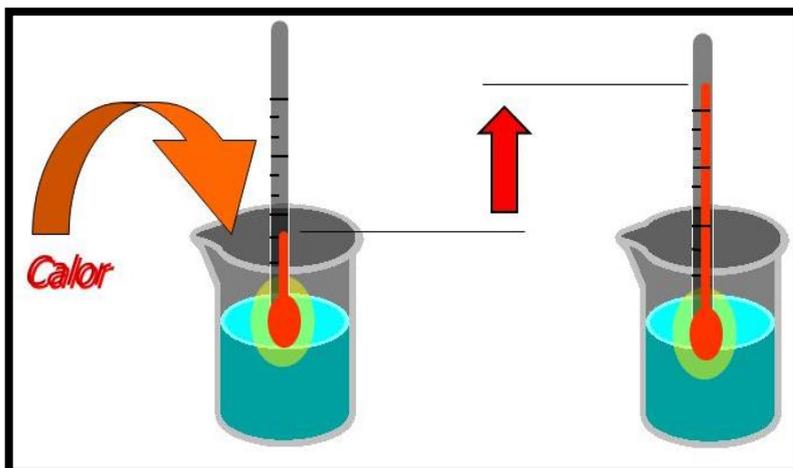


Figura 8 Calor sensible

Fuente: (Prieto, 2014)

2.2.6.2 Calor latente

Es el “calor que suministrado o sustraído de una sustancia produce un cambio de estado sin variar la temperatura” (Quadri, 1987, pág. 9).

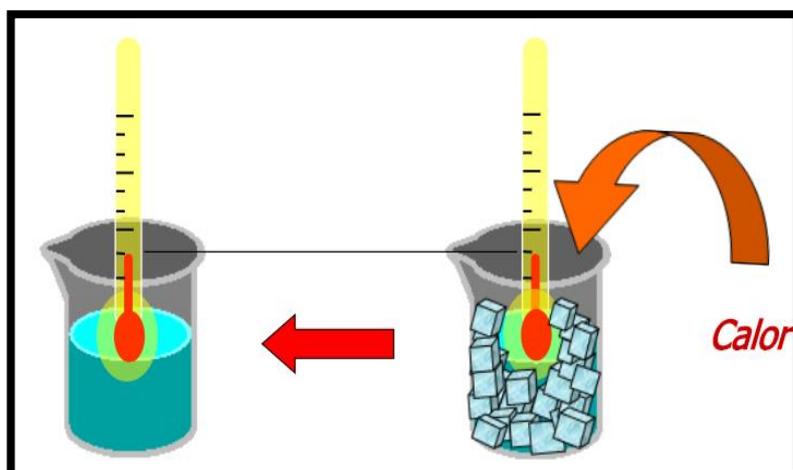


Figura 9 Calor latente

Fuente: (Prieto, 2014)

2.2.7 Transferencia de calor

Se conoce como transferencia de calor al “calor que fluye espontáneamente, siempre de una fuente de mayor temperatura a una de menor temperatura, hasta que las mismas se igualan” (Quadri, 1987, pág. 11).

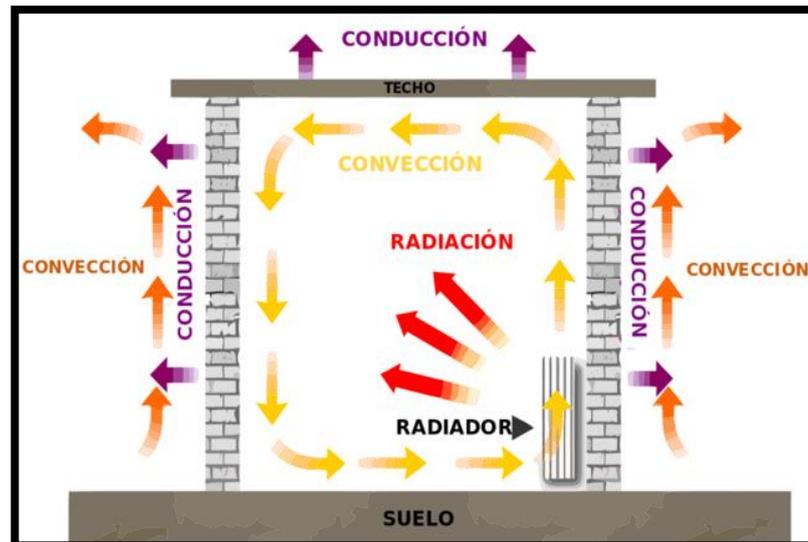


Figura 10 Transferencia de calor

Fuente: (Nuñez, 2010)

2.2.7.1 Tipos de transferencia de calor

Por conducción: es la transferencia de calor a través de objetos, uno en contacto con el otro, también “se puede definir como la transmisión del calor en el interior del cuerpo de molécula a molécula, cuando no se verifica ningún desplazamiento de las mismas” (Quadri, 1987, pág. 12).



Figura 11 Transferencia de calor por conducción

Fuente: (Nuñez, 2010)

Por convección: es la transferencia de calor mediante la circulación de un líquido o de un gas, también es la transmisión “típica de los fluidos y se la define como la transmisión del calor de una parte del fluido a otra por la mezcla real de las partes más calientes con las más frías” (Quadri, 1987, pág. 14).

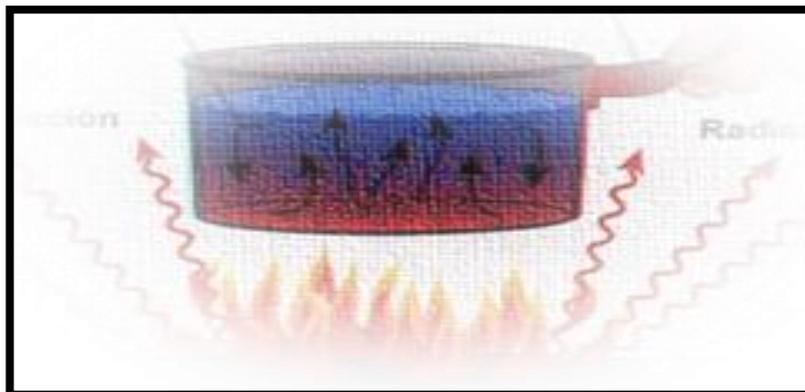


Figura 12 Transferencia de calor por convección

Fuente: (Nuñez, 2010)

Por radiación: consiste en la transferencia de calor hacia el medio circundante, también se “define como la transmisión de calor de un cuerpo a otro sin contacto directo en forma de energía radiante” (Quadri, 1987, pág. 16).



Figura 13 Transferencia de calor por radiación

Fuente: (Nuñez, 2010)

2.2.8 Confortabilidad del ser humano

Para que el ser humano tenga un confort adecuado es preciso mencionar las diferentes variables como son la temperatura y la humedad. Los extremos de la humedad no son buenos para la salud de una persona, una humedad inferior al 20% ocasiona infecciones en las vías respiratorias mientras que una humedad superior al 80% ocasiona la proliferación de ácaros, hongos y bacterias, lo que ocasionaría problemas a la hora de conducir un vehículo. Por lo tanto en la siguiente tabla se puede apreciar los valores de confortabilidad del ser humano tanto en las estaciones de verano como en invierno.

Tabla 4**Temperatura de confort del ser humano**

ESTACIONES	TEMPERATURA DE CONFORTABILIDAD	HUMEDAD
Invierno	20°C a 26°C	45%
Verano	20°C a 26°C	20% a 50%

Fuente: (Hernanz, 2013)

2.3 Ciclo de refrigeración

Una de las áreas de aplicación de la termodinámica es la refrigeración, que es la transferencia de calor de una región de temperatura inferior hacia una temperatura superior. En los sistemas de aire acondicionado el ciclo utilizado es el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. En la representación gráfica de un ciclo se pueden observar simultáneamente todas las propiedades deseadas en los diferentes cambios que ocurren en las condiciones físicas del refrigerante durante su trabajo, para ello se utiliza el diagrama presión-entalpía.

Entalpía puede definirse como la cantidad de energía que es necesario aportar a un cuerpo para llevarlo a una condición específica, partiendo de un nivel inicial de entalpía de valor cero, es decir, la entalpía es una medida del estado energético absoluto de los cuerpos. (Peláez, 2004, pág. 18)

Entropía se define como la parte de energía que no puede utilizarse para producir trabajo. En la siguiente grafica se puede apreciar los procesos termodinámicos principales, además se puede encontrar las curvas características de los siguientes procesos.

- Proceso isobárico (Presión constante)
- Proceso isotérmico (Temperatura constante)
- Proceso isocoro (Volumen constante)
- Proceso isentropico (Entropía constante)
- Proceso isoentálpico (entalpia constante)
- Líneas de saturación del líquido y de vapor
- Líneas de calidad o procesos de vapor

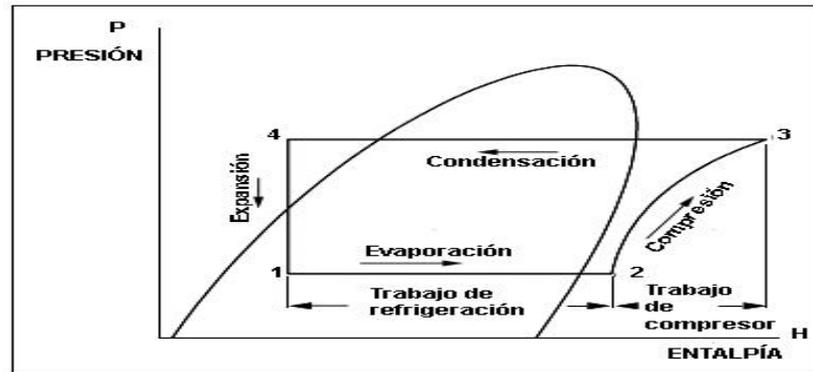


Figura 14 Diagrama Presión/Entalpia

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

2.3.1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

Los procesos que conforman el ciclo de refrigeración por compresión de vapor son los siguientes.

- Compresión (Proceso isentropico)
- Condensación (Proceso isobárico)
- Expansión (proceso isoentalpico)
- Evaporación (proceso isobárico)

Según la presión de operación y dependiendo del ciclo de refrigeración se puede dividir el sistemas en dos partes.

- Lado de alta presión (Compresor y Condensador)
- Lado de baja presión (Válvula de expansión y Evaporador)

2.3.2 Principios de funcionamiento del ciclo de refrigeración

Compresor

El refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentropicamente, hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta durante el proceso de compresión isentrópica, hasta un valor bastante superior al de la temperatura del medio circundante. (Cengel & Boles, 2009, pág. 620)

Condensador

El refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, como resultado del rechazo de calor hacia los alrededores. La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de la temperatura de los alrededores. (Cengel & Boles, 2009, pág. 621)

Válvula de expansión

El refrigerante líquido saturado en el estado 3 se estrangula hasta la presión del evaporador al pasarlo por una válvula de expansión o por un tubo capilar. La temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio refrigerado durante este proceso. (Cengel & Boles, 2009, pág. 621)

Evaporador

El refrigerante entra al evaporador en el estado 4 como un vapor húmedo de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando el ciclo. (Cengel & Boles, 2009, pág. 621)

2.3.3 Propiedades del ciclo de refrigeración R-134a

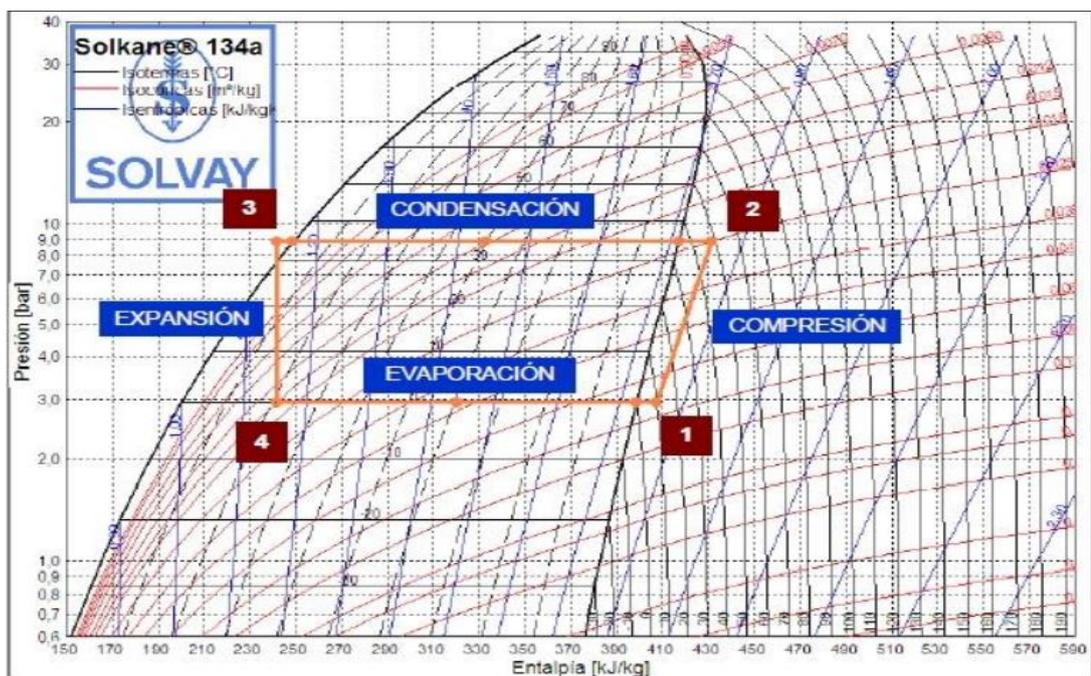


Figura 15 Propiedades y ciclo de refrigeración R-134a

Fuente: (Cengel & Boles, 2009)

2.4 Descripción del sistema de aire acondicionado

Un sistema de aire acondicionado tiene gran importancia en un vehículo automotor, ya que además de brindar seguridad a la hora de conducir también proporciona el filtrado del aire, eliminación de neblina, control de humedad, calentamiento y el enfriamiento.



Figura 16 Sistema de aire acondicionado

Fuente: (Tixce, 2017)

Básicamente un sistema de aire acondicionado está compuesto de varios elementos como son:

- Compresor (Embrague magnético, Lubricante del compresor.)
- Condensador
- Acumulador deshidratante
- Válvula de expansión
- Evaporador
- Electroventilador
- Presostato
- Termostato
- Refrigerante

2.4.1 Compresor

El compresor es considerado como el elemento principal del sistema de A/C ya que por medio de este se transmite y comprime el refrigerante a los diferentes componentes del sistema.

El compresor es una bomba de alta presión accionada por el motor. Para obtener la acción de bombeo, contiene pistones móviles o palas rotatorias. La acción de bombeo provoca un vacío que empuja el vapor del refrigerante a baja presión fuera del evaporador. El compresor somete dicho vapor a alta presión y lo envía al condensador. Allí, el vapor a alta presión y a alta temperatura pierde su calor y se condensa en refrigerante líquido. (Crouse & Anglin, 1992, pág. 61)



Figura 17 Compresor

Fuente: (Tixce, 2017)

Al comprimir el refrigerante en el compresor la presión y la temperatura tiene un aproximado de 220 psi y 80°C respectivamente.

2.4.1.1 Embrague magnético

El embrague magnético es utilizado para acoplar o desacoplar la polea propulsora del compresor, este embrague está conformado por una bobina eléctrica, una placa de embrague, una polea y una chumacera.



Figura 18 Embrague magnético

Fuente: (Rosero, 2017)

Al aplicar corriente a la bobina se está creando un campo electromagnético, generando atracción entre la placa del embrague y la polea, transformándose en una sola pieza la cual permite el impulso del compresor, satisfaciendo las demandas del aire acondicionado, también al cortar la corriente la placa de embrague regresa a su lugar permitiendo que la polea gire libremente.

2.4.1.2 Lubricante del compresor

Todo elemento mecánico necesita lubricación, y más el compresor que está en constante movimiento, la lubricación se da de dos formas por medio del refrigerante y el aceite.



Figura 19 Lubricante del compresor

Fuente: (García, 2006)

Debido a que el compresor trabaja a diversos cambios de presiones y temperaturas, el aceite lubricante debe poseer las siguientes características: debe ser no espumante y altamente refinado, altamente viscoso, exento de toda impureza (tal como cera, humedad, azufre), ya que el sistema no está previsto para añadir aceite como se lo realiza en un motor de combustión interna. El aceite y el refrigerante son salpicados en el compresor por acción de las partes giratorias y reciprocantes, manteniendo lubricadas todas las partes del compresor.

2.4.2 Condensador

Se puede describir al condensador como un intercambiador de calor, está ubicado entre el compresor y el acumulador deshidratante, está compuesto por dos conjuntos

de conductos. “Los conductos de aire, a través de los que circula el aire exterior, y las tuberías del refrigerante, a través de las cuales circula el vapor a alta presión y alta temperatura” (Crouse & Anglin, 1992, pág. 61).

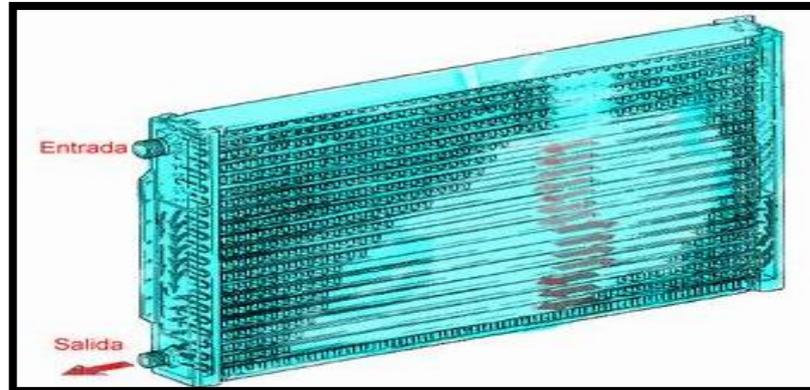


Figura 20 Condensador

Fuente: (Tixce, 2017)

En los conductos de aire se produce la disipación de calor, mediante la acción de un ventilador del motor o de un ventilador eléctrico que permite que el aire circule por el condensador hacia la atmosfera produciendo un cambio de estado del refrigerante de estado gaseoso a estado líquido. La presión y la temperatura a la entrada del condensador son de 220psi y 80°C mientras que a la salida la presión es constante y la temperatura disminuye a unos 45°C.

2.4.3 Acumulador deshidratante

Este elemento está situado entre el condensador y la válvula de expansión, también es conocido como receptor, además está sometido a diferentes cambios de temperatura, cumple diferentes funciones las cuales son:

Recibe el refrigerante líquido desde el condensador y lo conserva en reserva para el evaporador, filtra la suciedad o cualquier otro tipo de partículas extrañas contenidas en el refrigerante, absorbe cualquier pequeña cantidad de humedad que circule por el sistema, el receptor contiene una bolsa de desecante el cual es un producto químico que absorbe la humedad, Recoge cualquier cantidad de refrigerante que no se haya licuado en el condensador, conservando el vapor hasta que se condense. (Crouse & Anglin, 1992, pág. 70)



Figura 21 Acumulador deshidratante

Fuente: (Martínez, 2010)

2.4.4 Válvula de expansión

Este elemento se encuentra entre el acumulador deshidratador y el evaporador, es un dispositivo de medición, el cual controla el flujo de refrigerante al evaporador, es decir controla la presión y la temperatura del evaporador y por ende la calidad de refrigeración. La válvula de expansión impide que al compresor le llegue refrigerante en estado líquido.



Figura 22 Válvula de expansión

Fuente: (Martínez, 2010)

Existen diferentes tipos de válvulas de expansión entre ellos está, la válvula de expansión con igualador interior, válvula de expansión con igualador exterior, válvula de expansión del tipo H y válvula de expansión de orificio fijo.

Para este proyecto se hablará de la válvula de expansión con igualador interior la cual está compuesta por un capilar con un sensor de tipo bulbo o de serpentín, la

membrana de control y la válvula de bola, el bulbo de esta válvula se encuentra situado a la salida del evaporador, en su interior hay una cantidad de gas que se expande o se contrae en función de la temperatura, si la temperatura a la salida del evaporador es alta el gas contenido en el bulbo se expande el cual conduce al empuje de la membrana y a la válvula de bola hacia abajo permitiendo que el líquido refrigerante a alta presión pase al evaporador esto implica un mayor enfriamiento provocando a su vez que el gas del bulbo se contraiga reduciendo la presión sobre la membrana y actuando el muelle de recuperación sobre la válvula de bola para reducir el paso de refrigerante por lo tanto la sección de apertura de la válvula de bola variará en función de la temperatura del evaporador.

Al inicio de la válvula de expansión el refrigerante llega a una presión y temperatura aproximada de 220psi y 45°C respectivamente, después de la válvula de expansión la presión y la temperatura disminuyen llegando a 22psi y 5°C.

Con una mezcla de líquido y vapor del 80% y 20% respectivamente. El líquido continua evaporándose a su paso por el evaporador, debido a la acción calorífica exterior, y los vapores que se desprenden son saturados, permaneciendo la presión y la temperatura de la mezcla constantes. (Peláez, 2004, pág. 68)

2.4.5 Evaporador

A este elemento también se le considera como un intercambiador de calor, se encuentra ubicado en el tablero de instrumentos o debajo del mismo, este dispositivo funciona de forma inversa con respecto al condensador. El evaporador toma calor del aire que circula a través de los conductos.

El evaporador es el componente del circuito, instalado en el lado de baja presión, a través del cual el aire impulsado cede calor al fluido refrigerante antes de pasar ya frío y deshumidificado al habitáculo. El fluido frigorígeno termina de vaporizarse totalmente a su paso por el evaporador, antes de su respiración por el compresor. (Peláez, 2004, pág. 76)

En condiciones normales el refrigerante llega al evaporador a una temperatura de 5°C y sale en estado gaseoso a 8°C a una presión aproximada de 29psi, el aire que es impulsado a través de las aletas del evaporador es tomado a una temperatura ambiente.



Figura 23 Evaporador

Fuente: (Tixce, 2017)

2.4.6 Electro-ventilador

El electro-ventilador envía un flujo de corriente de aire suficiente para que el condensador pueda disipar calor hacia el exterior y permita el cambio de estado del refrigerante.



Figura 24 Electro-ventilador

Fuente: (Martínez, 2010)

Además algunos vehículos cuentan con un ventilador mecánico, habitualmente este elemento va montado en el eje de la bomba de agua, tiene como función hacer pasar aire frío a través del radiador del sistema de refrigeración y del condensador del sistema de A/C, esto lo realiza mediante el movimiento producido por las poleas del motor.

2.4.7 Presostato

Este elemento se encuentra situado en la línea de alta presión entre el condensador y la válvula de expansión, el 90% de los vehículos tienen el Presostato en el acumulador deshidratante o en los canales de alta presión.

Actúa como un órgano de seguridad del sistema de A/C, el presostato es un interruptor que activa y desactiva el embrague eléctrico del compresor.



Figura 25 Presostato

Fuente: (Rosero, 2017)

Este interruptor funciona mediante la presión del sistema, cuando la presión aplicada al diafragma es baja, los puntos de contacto se encuentran abiertos, mientras que cuando aumenta la presión se cierra, este dispositivo evita que existan posibles daños en los demás elementos del sistema.

El presostato de alta funciona cuando la presión del sistema aumenta a 327psi, los puntos de contacto se abren, al realizar esta acción se desconecta el interruptor magnético, lo cual para el funcionamiento del compresor, mientras que al bajar la presión a 256psi el sistema se activa nuevamente.

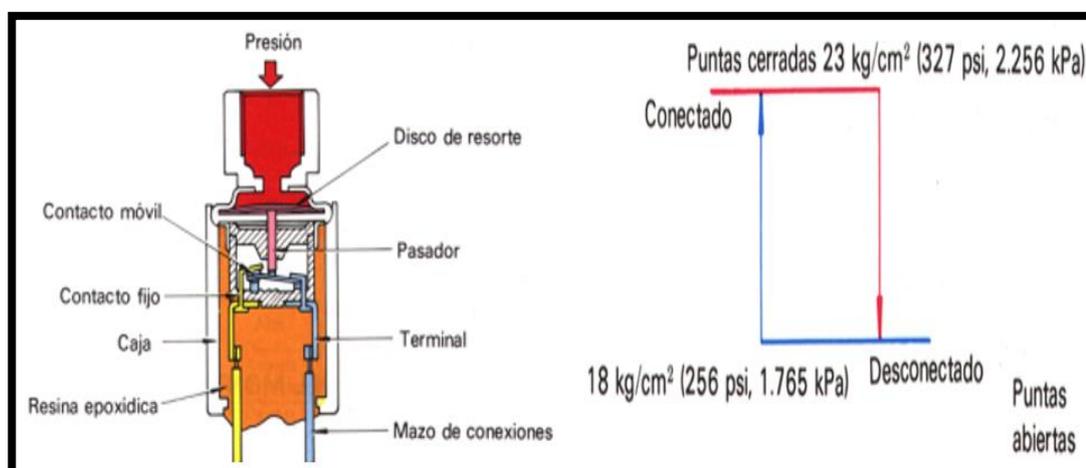


Figura 26 Presión de operación de alta

Fuente: (Rosero, 2017)

Cuando la temperatura del exterior es inferior a -10°C , la temperatura del fluido refrigerante puede descender por debajo de este valor, provocando que la presión sea inferior a 30psi, aquí el presostato abre los contactos parando el trabajo del compresor.

Las puntas del interruptor del tipo de baja presión están normalmente abiertas, pero cuando aumenta la presión en el lado de alta, a más de 33psi, el diafragma empuja las puntas contra la fuerza del resorte y las cierra, permitiendo así el desarrollo del compresor.

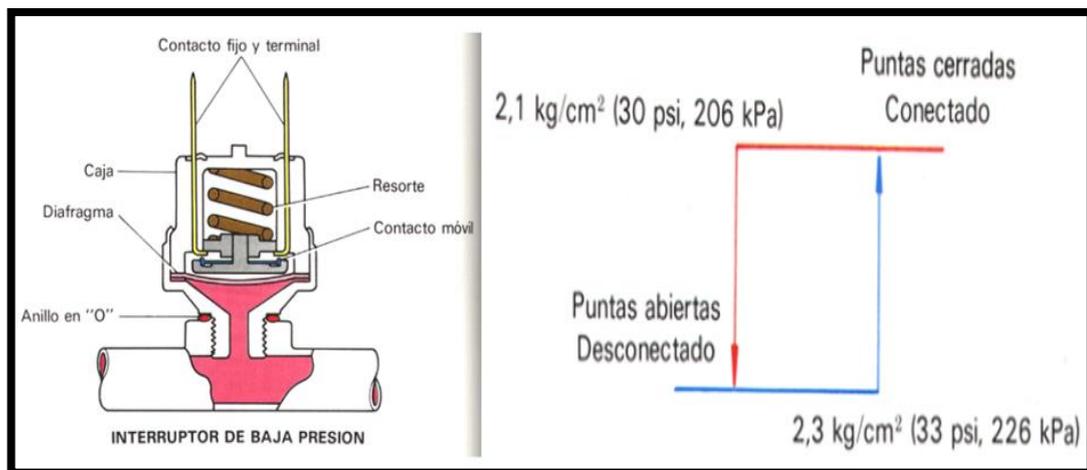


Figura 27 Presión de operación de baja

Fuente: (Rosero, 2017)

2.4.8 Termostato

El termostato al igual que el presostato constituye un sistema de control, en este caso en función de la temperatura, este elemento puede ser de tipo electromecánico o electrónico dependiendo del sistema que se esté utilizando, para sistemas actuales se utiliza el termostato electrónico.

El termostato de tipo mecánico realiza su función de control a modo de interruptor, este elemento va conectado en serie con el embrague eléctrico del compresor y el presostato, también se lo conoce como termostato antihielo del evaporador, cuando su temperatura esta próxima a los 0°C , este corta la alimentación del embrague eléctrico del compresor evitando la formación de hielo en el compresor el cual al pasar produce daños al sistema.



Figura 28 Termostato electromecánico

Fuente: (Martínez, 2010)

El termostato electromecánico está compuesto por un capilar y un bulbo sensor el cual va instalado en la parte más fría del evaporador de forma que pueda medir la temperatura de las aletas y del aire que fluye a su través.

El conjunto bulbo capilar contiene gas a una presión dependiente de la temperatura estando unidos a una capsula donde se encuentra la membrana de accionamiento, si la temperatura desciende por debajo del valor preestablecido el gas se contrae y la membrana retrocede abriendo los contactos y cortando la alimentación eléctrica al embrague del compresor, cuando la temperatura del aire aumenta el gas se expande empujando a la membrana para cerrar los contactos de mando la alimentación eléctrica se reestablece y el embrague se acopla al compresor.

2.4.9 Filtro de polen

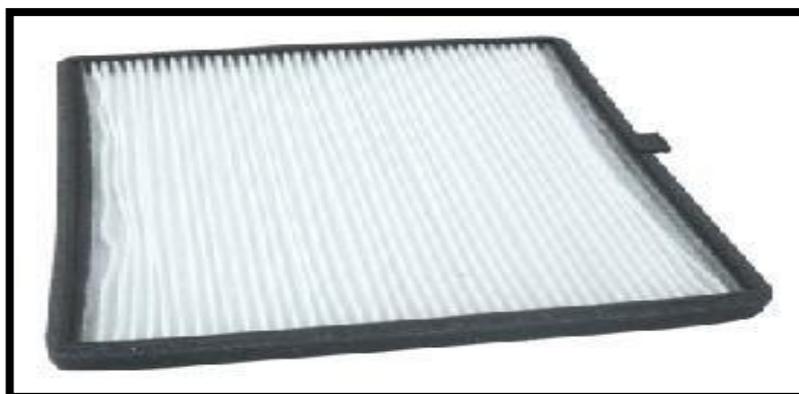


Figura 29 Filtro de polen

Fuente: (Rosero, 2017)

El filtro de polen tienen como finalidad reducir o limpiar las partículas e impurezas que puedan acceder al interior del habitáculo, está elaborado de un material más denso en comparación de un filtro de aire común, por ende retiene las partículas más finas, se encuentra ubicado en el sistema de climatización dentro del habitáculo o en algunos casos fuera de él.

2.4.10 Refrigerante del sistema de A/C

Refrigerante 134a.

El refrigerante R-134a es considerado como un HFC (Hidrofluorocarbonados) que reemplaza al refrigerante R-12 CFC (Clorofluorocarbonos), al poseer un factor de 0 ODP (potencial destructivo de la capa de ozono) y un valor de 0.26 GWP (Potencial de calentamiento atmosférico) no es perjudicial para la capa de ozono, este refrigerante no es considerado como inflamable, tiene un nivel de toxicidad aceptables, una gran estabilidad térmica y química, tiene la característica de ser compatible con diversos materiales, en la actualidad es utilizado en diversas áreas las cuales son: acondicionamiento automotriz, acondicionamiento comercial e industrial y refrigeración doméstica.



Figura 30 Refrigerante R-134a

Fuente: (López, 2013)

Este refrigerante es considerado como un gas idóneo, diseñado para trabajar con sistemas nuevos y para reconvertir instalaciones con R-12 o con otro tipo de refrigerantes según el tipo de instalación y aplicación.

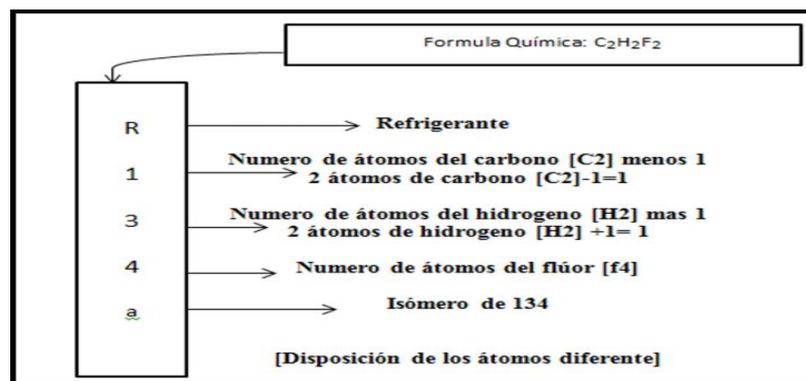


Figura 31 Nomenclatura del refrigerante R-134a

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

Características:

- Gas incoloro: no explosivo
- Olor ligeramente etéreo: no irritante
- Químicamente estable: no corrosivo
- Libre de acidez: no inflamable

Tabla 5

Datos técnicos

Tipo de gas		R-134a
Nombre químico		1,1,1,2-Tetrafluoroetano
Formula química		CF ₃ – CH ₂ F
Numero CAS		811-97-2
Masa molecular	kg/kmol	102
Temperatura de ebullición a 1.013 bar	°C	-26,3
Punto de fusión de 1.013 bar	°C	-101
Temperatura critica	°C	101,1
Presión critica	bar	40,6
Densidad del líquido a -15°C	g/cm ³	1,343
Densidad del líquido a 30°C	g/cm ³	1,188
Calor latente de evaporación a -15°C	KJ/Kg	206,8
Calor específico del líquido saturado a 30°C	KJ/Kgk	1,440

Continua

Calor específico del vapor saturado a 30°C	KJ/Kgk	1,104
Ratio de calor específico 1.013 bar y a 30°C	(cp/cv)	1,115
Inflamabilidad		No inflamable

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

Gráfico de Presión/ Temperatura

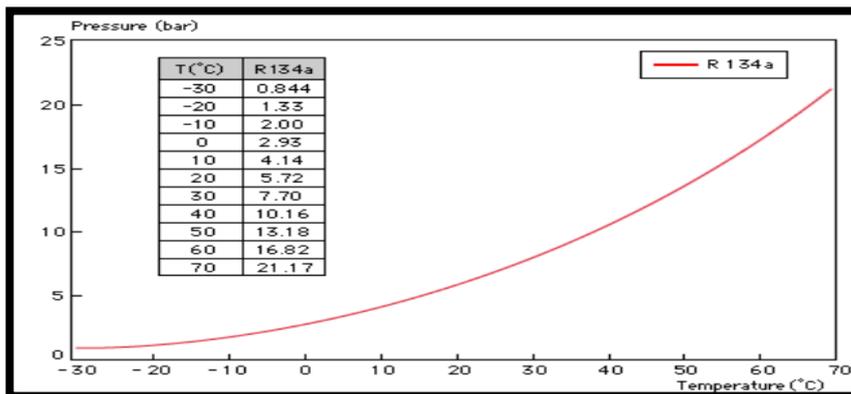


Figura 32 Diagrama Presión/ Temperatura

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

2.4.10.1 Tabla de propiedades del refrigerante R-134a

Tabla 6

Propiedades del refrigerante R-134a

Temperatura		Presión		Manometro	Temperatura		Presión		Manometro
°C	°F	bar abs	psia	Pul Hg / psig	°C	°F	bar abs	psia	Pul Hg / psig
-30	-22,00	0,84	12,24	-5,01	10	50,00	4,15	60,12	45,43
-29	-20,20	0,88	12,83	-3,81	11	51,80	4,29	62,15	47,46
-28	-18,40	0,93	13,44	-2,56	12	53,60	4,43	64,24	49,55
-27	-16,60	0,97	14,08	-1,26	13	55,40	4,58	66,38	51,69
-26	-14,80	1,02	14,75	0,06	14	57,20	4,73	68,57	53,88
-25	-13,00	1,06	15,43	0,74	15	59,00	4,88	70,82	56,13
-24	-11,20	1,11	16,14	1,45	16	60,80	5,04	73,12	58,43
-23	-9,40	1,16	16,88	2,19	17	62,60	5,21	75,47	60,78
-22	-7,60	1,22	17,63	2,94	18	64,40	5,37	77,89	63,20
-21	-5,80	1,27	18,43	3,74	19	66,20	5,54	80,36	65,67
-20	-4,00	1,33	19,24	4,55	20	68,00	5,72	92,90	68,21
-19	-2,20	1,39	20,10	5,41	21	69,80	5,90	85,49	70,80
-18	-0,40	1,45	20,97	6,28	22	71,60	6,08	88,15	73,46
-17	1,40	1,51	21,87	7,18	23	73,40	6,27	90,86	76,17
-16	3,20	1,57	22,81	8,12	24	75,20	6,46	93,64	78,95
-15	5,00	1,64	23,77	9,08	25	77,00	6,65	96,48	81,79
-14	6,80	1,71	24,77	10,08	26	78,80	6,85	99,38	84,69
-13	8,60	1,78	25,80	11,11	27	80,60	7,06	102,36	87,67
-12	10,40	1,85	26,85	12,16	28	82,40	7,27	105,40	90,71
-11	12,20	1,93	27,96	13,27	29	84,20	7,48	108,50	93,81
-10	14,00	2,01	29,09	14,40	30	86,00	7,70	111,68	96,99
-9	15,80	2,09	30,25	15,56	31	87,80	7,93	114,93	100,24
-8	17,60	2,17	31,45	16,76	32	89,60	8,15	118,23	103,54
-7	19,40	2,26	32,70	18,01	33	91,40	8,39	121,63	106,94
-6	21,20	2,34	33,97	19,28	34	93,20	8,63	125,08	110,39
-5	23,00	2,43	35,28	20,59	35	95,00	8,87	128,62	113,93
-4	24,80	2,53	36,64	21,95	36	96,80	9,12	132,21	117,52
-3	26,60	2,62	38,03	23,34	37	98,60	9,37	135,89	121,20

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

2.4.11 Elementos auxiliares

Dentro de los elementos auxiliares podemos encontrar los fusibles, relés, bandas, acoples, uniones, entre otros.

Para un sistema de aire acondicionado que utilice refrigerante R-134a se utilizan los siguientes acoples y mangueras.

Tabla 7

Elementos auxiliares

Acoples	Diámetro	Imagen
Ferrul	5/16, 13/32, 1/2	
Fitting 45° cónico	5/16, 13/32, 1/2	
Fitting 90° cónico	5/16, 13/32, 1/2	
Fitting recto oring	5/16, 13/32, 1/2	
Mangueras	Diámetro	Imagen
Para R-134a	5/16, 13/32, 1/2	

2.5 Descripción del sistema de calefacción

Un sistema de calefacción tiene como finalidad proporcionar un grado de confort térmico dentro del habitáculo, para ello se utiliza el propio calor del sistema de refrigeración del motor, el sistema está conformado por los siguientes componentes:

- Mangueras de calefactor
- Núcleo calefactor
- Soplador
- Carcaza
- Controles del sistema

2.5.1 Mangueras de calefactor

En el sistema se puede apreciar dos mangueras una de entrada y una de salida, la manguera de entrada lleva refrigerante caliente del motor hacia el núcleo calefactor, y la manguera de salida regresa el refrigerante al motor, en algunos sistemas se puede apreciar una válvula de control la cual opera por un vacío para controlar el flujo del refrigerante al núcleo calefactor.



Figura 33 Manguera de calefacción

Fuente: (Jorque, 2013)

2.5.2 Núcleo calefactor

El núcleo calefactor es similar al evaporador y condensador del sistema de aire acondicionado, está compuesta de aletas y tuberías por las cuales circula el refrigerante caliente del motor y que mediante el aire que fluye transfiere el calor al compartimento de los pasajeros.



Figura 34 Núcleo calefactor

Fuente: (Jorque, 2013)

2.5.3 Soplador

También conocido como ventilador, tiene como función enviar aire a través de las aletas y tuberías del núcleo calefactor y a través del evaporador del sistema de aire acondicionado, esto lo realiza mediante un motor eléctrico que acciona el ventilador, sus aspas pueden ser construidas de diferentes materiales con la finalidad de mantener un ritmo constante y estable.



Figura 35 Ventilador de calefacción y A/C

Fuente: (Jorque, 2013)

2.5.4 Carcasa

La carcasa rodea al núcleo calefactor, al evaporador, al soplador y a las compuertas de control del flujo de aire, filtro de polen, puede introducirse aire del exterior o recircularse el aire interior según se desee.



Figura 36 Carcasa de calefacción y A/C

Fuente: (Jorque, 2013)

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Cálculos de cargas térmicas

Se puede definir como carga térmica a la cantidad de calor que debe ser retirada de un sitio por refrigerar para mantener una temperatura adecuada, los cálculos se realizan para la elección del equipo de aire acondicionado que se va a utilizar.

La conducción es el modo de transferencia de calor por el cual se verifica un intercambio de energía desde una región de alta temperatura hacia una de baja temperatura, el calor fluye por conducción térmica por lo cual para obtener el grado de transmisión de calor a través de un componente concreto (Puerta, Ventana) se utiliza la siguiente formula:

$$Q = U * A * \Delta T$$

Ecuación 1 Calor total que se transmite a través de un componente

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

Donde:

Q = Velocidad a la que el calor pasa a través de un componente (Watts).

U = Factor de transferencia de calor global para el espesor de la pared completa (W/m²K). Cabe recalcar que aquí ya están sumadas las conductancias de los diversos materiales que componen las puertas y vidrios del vehículo.

A = área del componente estructural que queda expuesto a la temperatura interior y exterior (m²).

ΔT = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior (K).

El calor también ingresa al interior del vehículo por radiación solar a través de los vidrios y parabrisas, para estimar la cantidad que entra al vehículo se utiliza la siguiente formula:

$$Q = R * A$$

Ecuación 2 Calor total que se transmite por radiación solar

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

Donde:

R = Aportación a través del vidrio latitud 0° al medio día.

A = Área del vidrio expuesto.

Los valores de conductividad térmica y valores de aportación a través del vidrio latitud 0° al medio día, que se utilizaron para este proyecto fueron los siguientes.

Tabla 8

Factor de transferencia de calor global

Factor de transferencia de calor	Valor
U Carrocería	2.53 W/m ² K
U Vidrios	5.12 W/m ² K
R. a latitud 0° al medio día	800 W/m ²

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

El cálculo de las cargas térmicas en un vehículo Chevrolet Trooper se lo realiza con cinco personas que es la capacidad máxima de ocupantes del automotor, para lo cual se utiliza la siguiente tabla.

Tabla 9

Clasificación de cargas térmicas

CARGA TERMICAS		BTU/HORAS
CLASIFICACION	POR PERSONAS	500
	POR COMPUTADORAS	400
	POR TV	600
	POR BOMBILLOS	400

Fuente: (Moreno, 2017)

Fórmulas para el cálculo de áreas.

$$A = b * h$$

Ecuación 3 Área de un rectángulo

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

$$A = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

Ecuación 4 Área de un trapecio

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

3.1.1 Cálculos térmicos del metal

Para calcular la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior, se procede a tomar las lecturas al medio día ya sea con un termómetro digital o análogo, el valor de las lecturas fueron las siguientes:

$$t^2 = 28^{\circ}\text{C} \rightarrow 301.15\text{K}$$

$$t^1 = 25^{\circ}\text{C} \rightarrow 298.15\text{K}$$

$$\Delta T = (t^2 - t^1)$$

Ecuación 5 Diferencia de temperatura

Fuente: (Punguil & Vargas, 2015)

$$\Delta T = 301.15 - 298.15 = 3\text{K}$$

Piso del vehículo



Figura 37 Piso del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$b = 1.36m$$

$$h = 2.75m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{carroceria} = 2.53 W/m^2K$$

Formula:

$$A = b * h$$

$$A = (1.36m * 2.75m) = 3.74m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 3.74m^2 * 3K$$

$$Q = 28.386W.$$

Techo del vehículo

Figura 38 Techo del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$b = 1.25m$$

$$h = 2.00m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{carroceria} = 2.53 W/m^2K$$

Formula:

$$A = b * h$$

$$A = (1.25m * 2m) = 2.5m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 2.5m^2 * 3K$$

$$Q = 18.975W.$$

Parte delantera del vehículo

Figura 39 Parte delantera del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$b = 1.40m$$

$$h = 0.73m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{carroceria} = 2.53 W/m^2K$$

Formula:

$$A = b * h$$

$$A = (1.40m * 0.73m) = 1.022m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 1.022m^2 * 3K$$

$$Q = 7.756W.$$

Parte posterior de vehículo



Figura 40 Parte posterior del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$b = 1.38m$$

$$h = 0.59m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{carroceria} = 2.53 W/m^2K$$

Formula:

$$A = b * h$$

$$A = (1.38m * 0.59m) = 0.814m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 0.814m^2 * 3K$$

$$Q = 6.178W.$$

Parte lateral del vehículo



Figura 41 Parte lateral del vehículo Chevrolet Trooper

Nota: para reducir la operación el resultado final es multiplicado por dos ya que el vehículo tiene un lado izquierdo y un derecho.

Datos:

$$b = 1.5m$$

$$h = 0.75m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{carroceria} = 2.53 W/m^2K$$

Formula:

$$A = b * h$$

$$A = (1.5m * 0.75m) = 1.125m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 1.125m^2 * 3K$$

$$Q = 8.53W * 2 = 17.077W.$$

Puertas del vehículo

Nota: para reducir la operación el resultado final es multiplicado por dos ya que el vehículo tiene una puerta en el lado izquierdo y la otra en el lado derecho.



Figura 42 Puerta del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$b = 1.5m$$

$$h = 0.75m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{\text{carroceria}} = 2.53 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Formula:

$$A = b * h$$

$$A = (1.5m * 0.75m) = 1.125m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 1.125m^2 * 3K$$

$$Q = 8.53W * 2 = \mathbf{17.077W}.$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q &= 6.178W + 7.756W + 18.975 + 28.386 + 17.077W + 17.077W \\ &= \mathbf{95.449W}. \end{aligned}$$

Carga térmica del metal: 95.449W.

3.1.2 Cálculos térmicos de vidrios del habitáculo

Parabrisas delantero



Figura 43 Parabrisas del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$B = 1.39m$$

$$b = 1.25m$$

$$h = 0.57m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{\text{vidrios}} = 5.12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Formula:

$$A = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A = \left(\frac{1.39m + 1.25m}{2} \right) * 0.57m = 0.752m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.752m^2 * 3K$$

$$Q = 11.556W.$$

Vidrio posterior

Figura 44 Vidrio posterior del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$B = 1.20m$$

$$b = 1.10m$$

$$h = 0.50m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{vidrios} = 5.12 W/m^2K$$

Formula:

$$A = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A = \left(\frac{1.20m + 1.10m}{2} \right) * 0.50m = 0.575m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.575m^2 * 3K$$

$$Q = 8.832W.$$

Vidrios laterales



Figura 45 Vidrios laterales del vehículo Chevrolet Trooper

Datos:

$$B = 1m$$

$$b = 0.91m$$

$$h = 0.50m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{vidrios} = 5.12 W/m^2K$$

Formula:

$$A = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A = \left(\frac{1m + 0.91m}{2} \right) * 0.50m = 0.477m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.4877 * 3K$$

$$Q = 7.334W * 2 = 14.668W.$$

Ventanas



Figura 46 Ventana

Datos:

$$B = 0.90m$$

$$b = 0.63m$$

$$h = 0.50m$$

$$\Delta T = 3K$$

$$U_{\text{vidrios}} = 5.12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Formula:

$$A = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A = \left(\frac{0.9m + 0.63m}{2} \right) * 0.50m = 0.382m^2.$$

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.382m^2 * 3K$$

$$Q = 5.875W * 2 = \mathbf{11.75W}.$$

$$\Sigma Q = 11.556W + 8.832W + 14.668 + 11.75W = \mathbf{46.806W}.$$

Carga térmica del vidrio: 46.806W.

Estimación de carga por radiación:

$$Q = R(\text{Área de todos los vidrios})$$

$$Q = 800 \frac{W}{m^2} * 3.045m^2 = \mathbf{2436W}$$

Nota: Para obtener el valor final de las cargas térmicas realizamos la sumatoria total de todos los valores obtenidos anteriormente.

Carga térmica total: $95.449 + 46.806 + 2436 = \mathbf{2578.255W}.$

Nota: A esta suma se le agrega un 10% del valor total por errores en la estimación de la carga y posibles entradas de calor no tomadas en cuenta. Una vez convertido en BTU/h al valor total se le suma el valor de la carga térmica de cinco personas que es la capacidad máxima de ocupantes en el vehículo (ver tabla 9).

$$QT = 2836.080W * \frac{1kW}{1000W} * \frac{3412.14 \frac{Btu}{h}}{1kW} = 9677.10 + 2500 = 12177.10 \frac{Btu}{h}$$

3.2 Cálculo de la RPM en la polea del compresor

Tabla 10

Diámetro de la polea del compresor y motor del vehículo

Motor del vehículo a 2000 RPM	
Diámetro de la polea del motor del vehículo	140.4mm
Compresor del sistema de A/C	
Diámetro de la polea del motor del vehículo	125mm

Fórmula para el cálculo:

$$d1 * N1 = d2 * N2$$

Ecuación 6 Relación de transmisión

Fuente: (Navarro, 2014)

Donde:

d1 = Diametro de la polea mayor

d2 = Diametro de la polea menor

N1 = Numero RPM polea mayor

N2 = Numero RPM polea menor

Reemplazando:

$$140.4mm * 1500RPM = 125mm * N2$$

$$N2 = \frac{140.4mm}{125mm} * 2000RPM$$

$$N2 = 2246RPM$$

3.3 Curva de funcionamiento de un compresor SD5S11 a 2246 RPM.

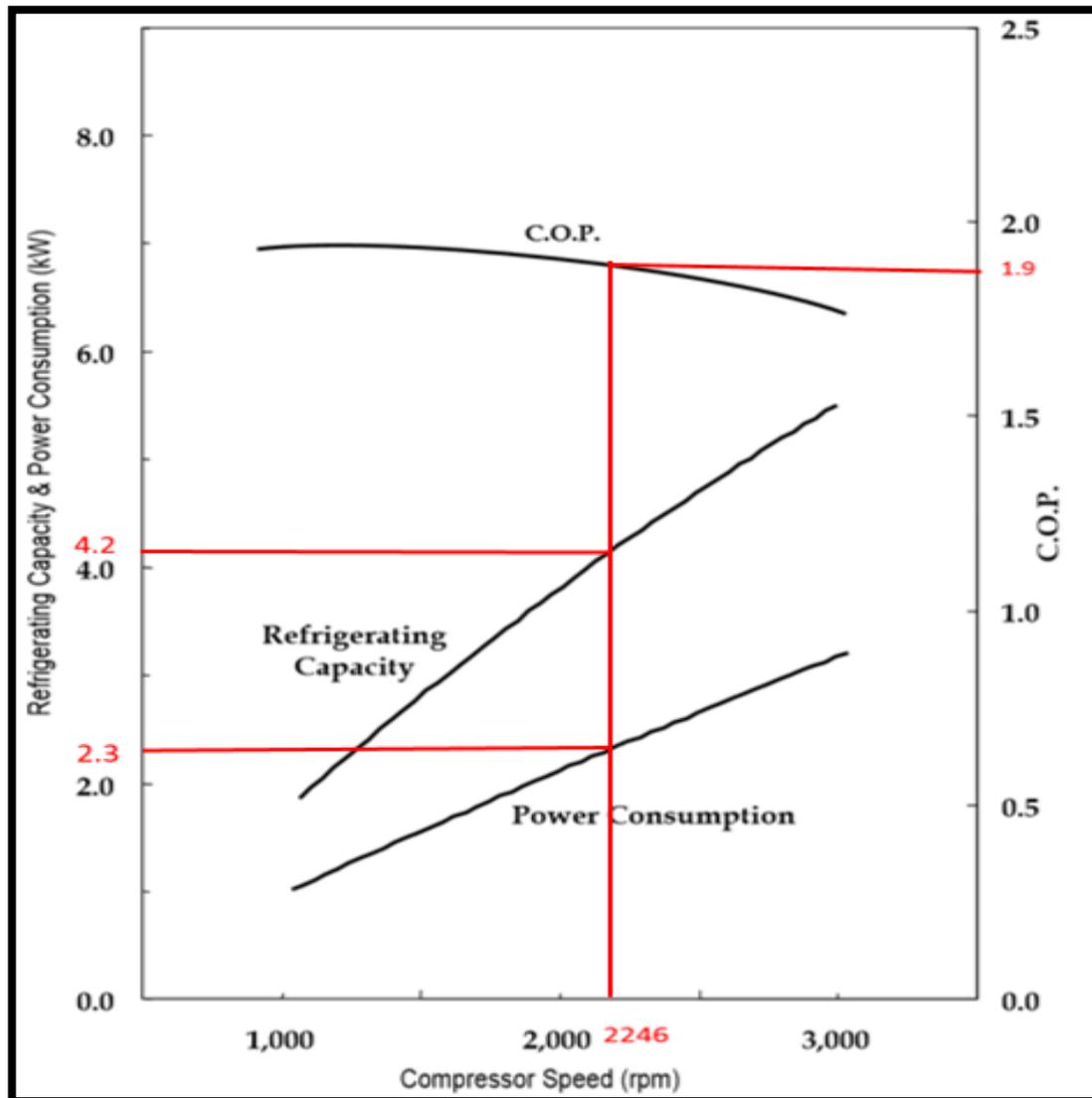


Figura 47 Rendimiento del compresor SANDEN SD5S11

A 2246 RPM

Capacidad frigorífica: 4.2 kW

$$4.2 \text{ kW} * \frac{3412.14 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{1 \text{ kW}} = 14330.988 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Potencia consumida: 2.3 kW

$$2.3 \text{ kW} * \frac{1 \text{ hp}}{0.74570 \text{ kW}} = 3.084 \text{ hp}$$

3.4 Inspección del vehículo

Antes de realizar la instalación del kit de aire acondicionado se opta por hacer una Inspección visual del espacio disponible que se tiene en el vehículo para la adaptación de los componentes.

Para la base del compresor se realiza el diseño basándose en el manual del vehículo a ser manipulado (ver anexo C 1).

La instalación del condensador se da mediante el desmontaje de la parte frontal del vehículo (Mascarilla, Guardachoque).

El evaporador está situado dentro del habitáculo debajo del tablero, para la instalación se desmonta el tablero y sus ductos respectivamente.

Para la instalación del acumulador deshidratador se diseña una base adecuada la cual pueda ser manipulada (ver anexo C 3).

Las cañerías del sistema tienen que trabajar específicamente con refrigerante R-134a.

Los conductos de ventilación se encuentran debajo del tablero para lo cual se desmonta y se realiza una limpieza completa con agua y detergente (ver figura 48), estos ductos deben estar libres de taponamiento.

El diagrama eléctrico se elabora en base a los elementos eléctricos que van hacer manipulados tales como: relé, fusibles, compresor, presostato, termostato, entre otros, (ver figura 66).

El vehículo designado para realizar el proyecto de titulación si consta con un sistema de calefacción para lo cual se opta por hacer la restauración completa del sistema, se revisa las mangueras que estén en buen estado, el sistema de refrigeración del motor, al radiador de calefacción se le comprueba fugas y se da un mantenimiento completo.

3.5 Limpieza de los ductos del sistema de calefacción y A/C

Para la limpieza total se desmonta el tablero del vehículo, continuando con el despiece de los ductos y caja central la cual contiene al radiador de calefacción. Con agua y detergente se va retirando el polvo acumulado durante mucho tiempo.



Figura 48 Ductos de calefacción y A/C

3.5.1. Limpieza del radiador de calefacción

El radiador de calefacción es sometido a pruebas de fugas, para ello se introduce líquido a alta presión por el ducto de entrada mientras que ducto de salida se mantiene cerrado.

Para la limpieza del radiador se introduce agua con detergente o en algunos casos un aditivo especial el cual limpia todas las impurezas.



Figura 49 Comprobación del radiador de calefacción

3.6 Selección de los Componentes del sistema de A/C del vehículo

Al no poseer un sistema de aire acondicionado el vehículo, la adaptación se realiza mediante componentes adecuados los cuales deben cumplir los siguientes parámetros:

- Capacidad frigorífica requerida **12177.10BTU/h**
- Refrigerante a utilizar **R-134a**



Figura 50 Componentes del sistema de A/C

3.6.1 Compresor

El compresor que se utilizó fue un SANDEN SD5S11 modelo 6321, el cual trabaja específicamente con refrigerante R-134a, tiene 7.2 HP de potencia, una presión de succión de 28.42psi y una presión de descarga de 242.21psi (ver anexo K 3).

La cantidad y el tipo de aceite se eligen mediante el modelo del compresor (ver anexo K 1), en este caso se utilizó un aceite SP20 y una cantidad de 135cc, la carga de aceite en el compresor se realiza cada fabricación del sistema.

3.6.2 Condensador

El condensador utilizado es de flujo paralelo, totalmente de aluminio de medidas 14"X25"X20", según la relación de proporcionalidad si el sistema utiliza refrigerante R-134a el condensador debe ser tres veces mayor que el evaporador debido a que el intercambio térmico es de un 30% a un 40% superior con respecto al refrigerante R-12.

3.6.3 Acumulador deshidratador

Para este sistema se utilizó un acumulador deshidratador universal con mandos 5/16" y dos entradas para presostato específicamente para trabajar con refrigerante R-134a.

3.6.4 Válvula de expansión

La válvula de expansión utilizada es con un igualador interior, la cual tiene como característica principal utilizar gas en el interior del bulbo que se expande o se contrae en función de la temperatura de la tubería de succión.

3.6.5 Evaporador

El evaporador es totalmente de aluminio con aletas en forma ondulada para aumentar la superficie de evaporación, las medidas son 190X185X270mm.

3.6.6 Termostato

El termostato utilizado como elemento de seguridad es de tipo electromecánico el cual costa de un capilar con su respectiva regulación.

3.6.7 Presostato

Para evitar la caída de presión en el lado de alta se utilizó un presostato de mínima, mismo que desactiva el embrague electromagnético del compresor cuando alcanza una

presión de 8.5psi y lo activa nuevamente cuando alcanza una presión de 47psi, evitando así posibles daños en el compresor y otros componentes del sistema de aire acondicionado.

3.6.8 Electroventilador

Para la transferencia de calor en el condensador se utilizó un electroventilador de 12V DC, el cual estará en constante funcionamiento a la hora de poner en marcha el sistema.

3.6.9 Mangueras y racores

Las mangueras utilizadas en el sistema son específicamente para trabajar con refrigerante R-134a las cuales están fabricadas con diferentes materiales (Nylon, Trenza de algodón, Cloruro de butilo), en la parte interna tiene una capa de nylon la cual impermeabiliza la porosidad del caucho, en la parte media tiene un recubrimiento de una trenza de algodón, y por ultimo tiene una parte externa de cloruro de butilo que impide la entrada de humedad al circuito.

Para la unión del compresor al condensador se utilizó una manguera 13/32" de 1.10m de largo con un racor de 90° y otro de 45°.

Para la unión del condensador al acumulador deshidratador se utilizó una manguera 5/16" de 70cm de largo con un racor de 45° y otro de 90°.

Para la unión del acumulador deshidratador a la válvula de expansión se utilizó una manguera 5/16" de 1.10m de largo con un racor de 90° y otro recto.

Para la unión del evaporador al compresor se utilizó una manguera 1/2" de 80cm de largo con un racor recto y el otro de 45°.

Cabe recalcar que los materiales utilizados fueron seleccionados de acuerdo a la disponibilidad de espacio tanto en la cabina del motor como en el habitáculo de los tripulantes.

3.6.10 Correa de accesorios

Para la unión entre la polea del motor y la polea del compresor se utilizó una correa de accesorios poli V 17390.

3.6.11 Filtro del sistema

Para evitar que ingresen agentes contaminantes al habitáculo se utilizó un filtro de aire el cual está instalado en la parte exterior del vehículo.

3.7 Construcción de bases para los diferentes elementos del sistema de A/C

Antes de proceder con la instalación de los componentes del sistema de A/C, se construye las bases y acoples para (Compresor, Evaporador, Acumulador deshidratador), basándose en el manual del vehículo.

3.7.1 Base del compresor

Para construir esta base se utilizó una platina de acero de 6mm de espesor, el diseño se obtiene del manual del vehículo.



Figura 51 Base del compresor

Los cortes de la platina se realiza con una amoladora y un disco de corte, para la perforación se utilizó un taladro de banco con una broca 3/8", la soldadura de las piezas elaboradas se dio con un electrodo 7018 el cual permite una fijación adecuada, dando como resultado una pieza solida (ver figura 51).

3.7.1.1 Soporte del compresor

Los soportes del compresor se realizan independientemente, para esta pieza se toma en cuenta la fijación de la base con el compresor elaborando tres soportes los cuales sirven como reguladores.



Figura 52 Soporte del compresor

Este soporte esta echo con una platina de acero de 6mm de espesor, a la misma se le realiza un orificio y un canal para su respectiva regulación con un taladro de banco y una broca 3/8".

3.7.2 Base del acumulador deshidratador

Para esta base se toma en cuenta las medidas disponibles de la carrocería, la posición depende del diagrama de distribución del sistema de A/C. la platina que se utilizo es de acero de 3mm de espesor, a la cual se le realizó un corte con un doble y una perforación.



Figura 53 Base del acumulador deshidratador

3.7.3 Acoples del evaporador

Al realizar la inspección visual del vehículo se pudo apreciar que no cuenta con los ductos del evaporador del sistema de A/C, por tal motivo se elaboró acoples para la nueva caja del evaporador, las medidas se obtienen del espacio disponible entre el ventilador, caja central y caja del evaporador.



Figura 54 Acoples del evaporador

Para estos acoples se utilizó una plancha de tol galvanizado de 1mm de espesor, la cual fue cortada en diferentes medidas y piezas, para la unión de las mismas se utilizó la suelda de puntos con la cual se dio forma hasta obtener una sola pieza (ver figura 54).

CAPITULO IV

INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y A/C

4.1 Esquema del sistema de A/C en el vehículo

La distribución de los componentes del sistema de aire acondicionado se muestra en el siguiente esquema (ver figura 55). Además se puede observar el circuito de alta presión, baja presión y por donde circula el refrigerante R-134a.

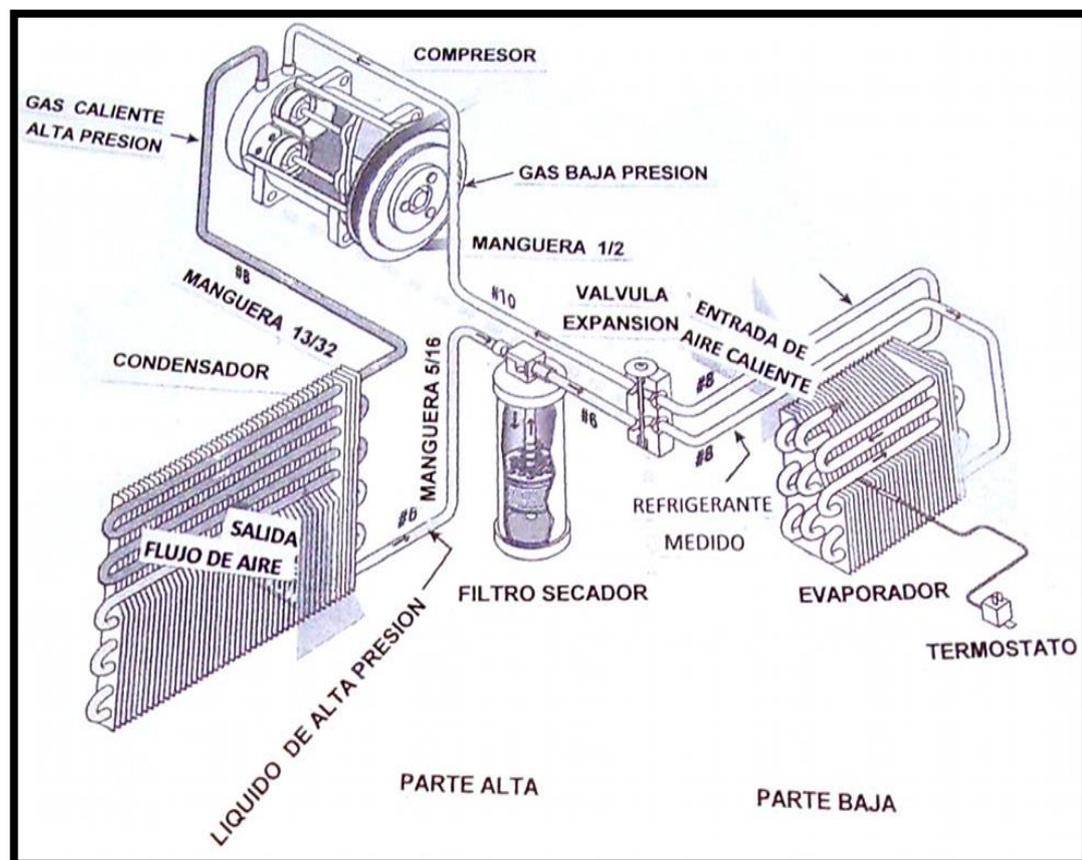


Figura 55 Esquema del sistema de aire acondicionado

Fuente: (Martínez, 2010)

4.2 Esquema del sistema de calefacción

Para realizar la restauración del sistema de calefacción debemos saber dónde están ubicados los diferentes componentes, para ello se utilizó el esquema original del vehículo (ver figura 56).

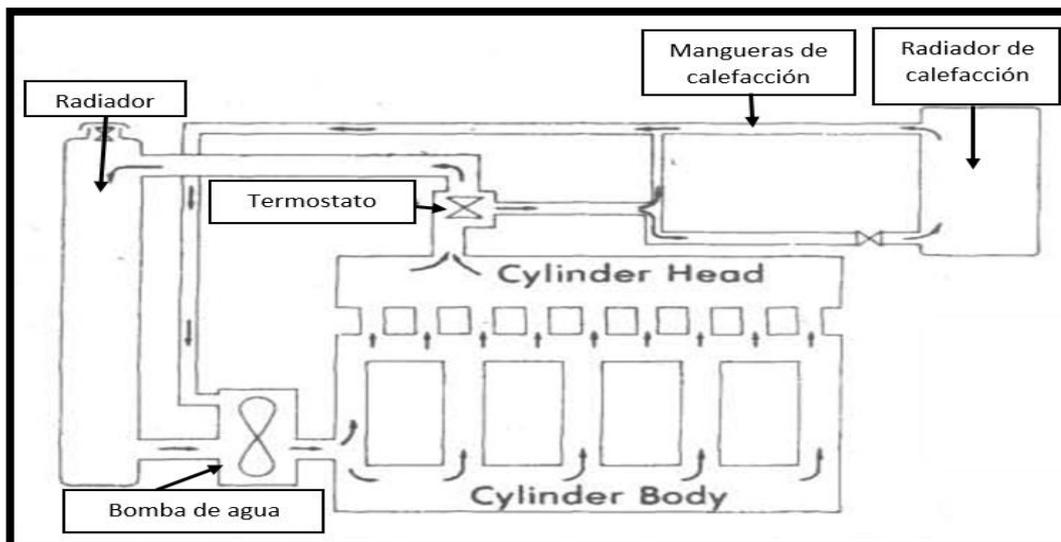


Figura 56 Esquema del sistema de calefacción

Fuente: (Warren, Maddox, & Haynes, 1993)

4.2.1 Distribución de los ductos del sistema de calefacción y A/C

Mediante el siguiente esquema de la distribución de los ductos de calefacción y aire acondicionado se ubican los diferentes componentes dentro del habitáculo (ver figura 57).

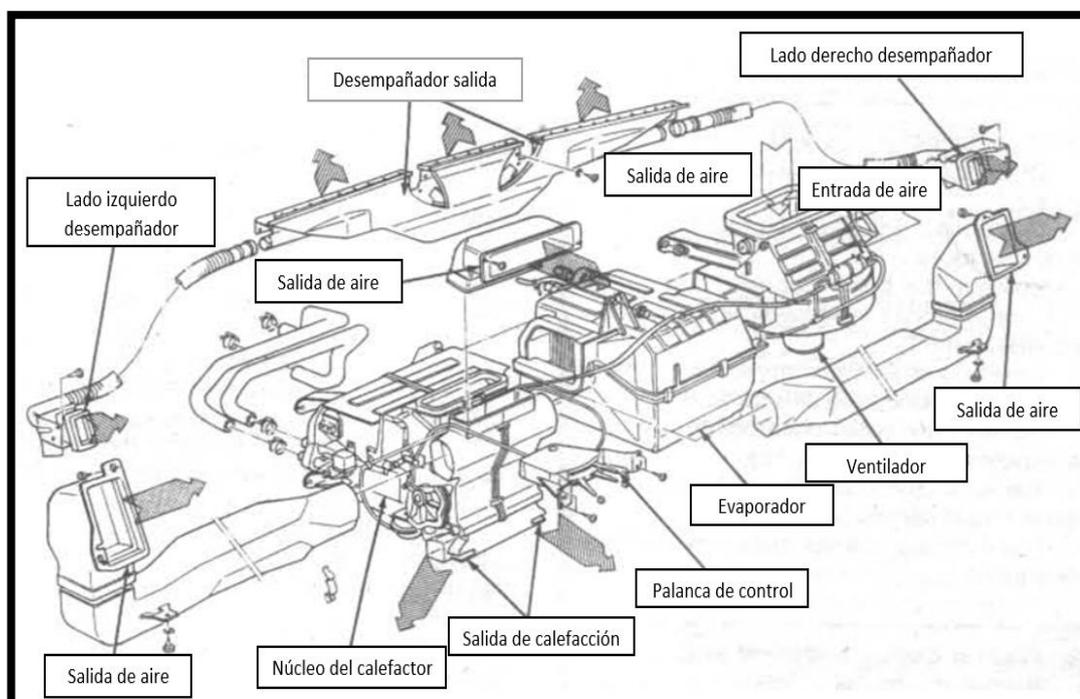


Figura 57 Distribución de los ductos del sistema de calefacción y A/C

Fuente: (Warren, Maddox, & Haynes, 1993)

4.3 Instalación del compresor

Para la instalación del compresor, primero se construye una base para ser acoplada al block del motor sujeta mediante pernos, el compresor va ubicado en la base con sus respectivos acoples dejando un pasador libre para la regulación de la correa de accesorios.



Figura 58 Instalación del compresor

4.4 Instalación del condensador

El condensador se coloca en la parte frontal del vehículo para ello se desmonta la batería, mascarilla y guardachoque, a la vez se fija el electroventilador al mismo formando así un solo cuerpo (ver figura 59).



Figura 59 Instalación del condensador

4.5 Instalación del acumulador deshidratador

El acumulador se instala en la carrocería del vehículo con pernos y tuercas, en el mismo cuerpo va ubicado el presostato junto a la mirilla de carga (ver figura 60).



Figura 60 Instalación del acumulador deshidratador

4.6 Instalación del evaporador

El evaporador se instala debajo del tablero del vehículo (ver figura 57), en este se realiza la conexión de la válvula de expansión a la entrada del mismo, mientras que el bulbo sensor se conecta al ducto de salida para la calibración (ver figura 61).



Figura 61 Instalación del expansor y cañerías

Antes de colocar los acoples a la caja del evaporador se optó por instalar las cañerías para una mayor comodidad. En el evaporador también se instala el termostato

este se ubica en la parte más fría (ver figura 62), tomando las debidas precauciones para no dañar las aletas de enfriamiento.

Para la regulación del termostato se tuvo en cuenta la temperatura a la que trabaja el sistema, para este proyecto el termostato se desactiva al alcanzar una temperatura de 4°C y se activa a los 6°C, esto para evitar que exista congelamiento en el evaporador.



Figura 62 Instalación del evaporador

Para el sellado de los acoples y caja del evaporador se utilizó cinta doble faz y sikaflex, esto para evitar posibles fugas.

4.7 Instalación de las cañerías

Las cañerías se instalan dependiendo las medidas de los racores mencionados anteriormente (ver tabla 7), cabe recalcar que todas las cañerías están hermetizadas mediante juntas tóricas las cuales son adecuadas para trabajar con refrigerante R-134a (ver figura 63).



Figura 63 Instalación de cañerías

4.8 Instalación de los componentes del sistema de calefacción

El radiador de calefacción va sujeto en la caja central con tornillos de sujeción, mientras que las mangueras van conectadas a la entrada y salida del sistema de refrigeración del motor.



Figura 64 Instalación del radiador de calefacción

Antes de acoplar todos los componentes (Caja central, Evaporador, Ventilador), se dio mantenimiento preventivo al ventilador de calefacción y A/C, realizando diferentes pruebas de trabajo.



Figura 65 Instalación de la caja central de calefacción y A/C

La caja del evaporador contiene un conducto por donde sale el líquido resultante del cambio de estado del refrigerante del sistema, este va conectado fuera del habitáculo para evitar posibles derrames de líquido en el interior del vehículo.

4.9 Diagrama eléctrico del sistema de A/C

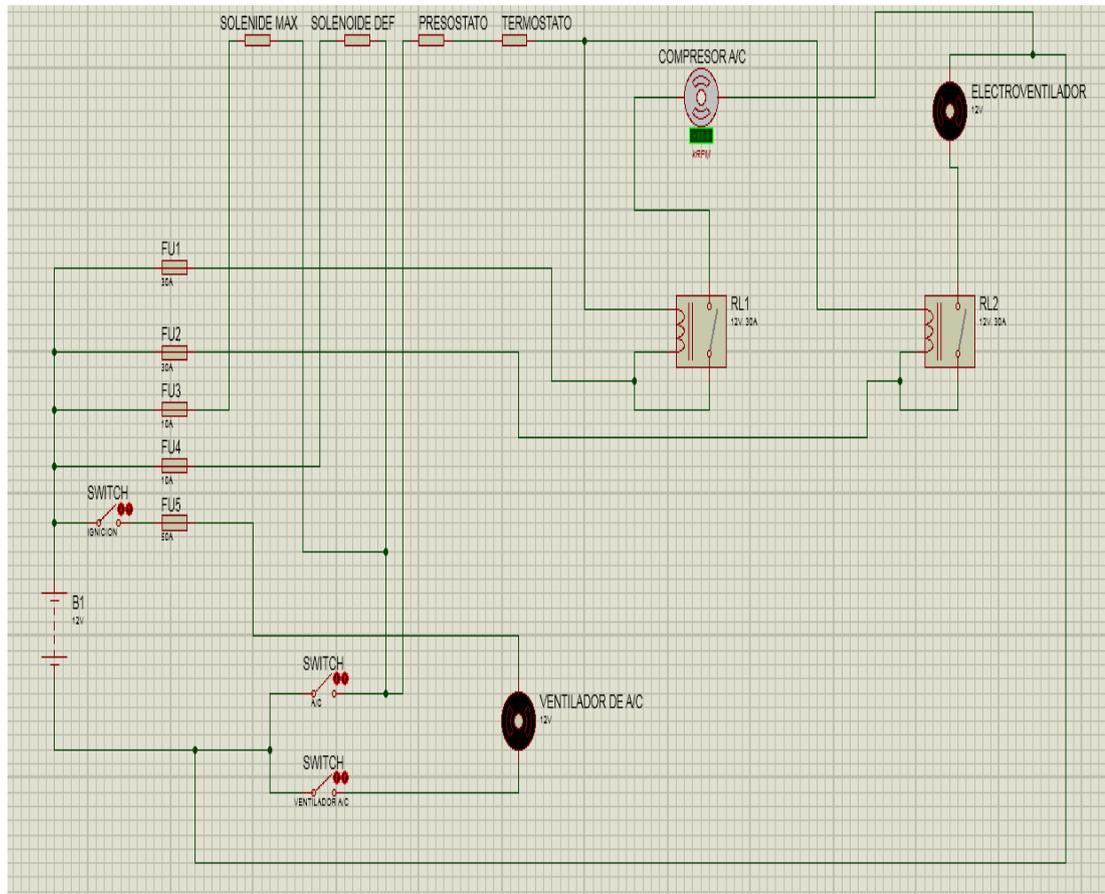


Figura 66 Diagrama eléctrico del sistema de A/C

Para realizar el diagrama eléctrico del sistema de A/C en el vehículo, se utilizó los siguientes elementos.

Tabla 11

Elementos del sistema eléctrico del A/C

UNIDAD	ELEMENTO
2	Relay de 12V/30A
2	Fusible de 12V/30A
1	Fusible de 12V/50A
1	Fusible de 12V/10A
3	Porta fusibles
2m.	Cable flex #12

Continua 

5m.	Cable flex #14
5m.	Cable flex #16
3m.	Tubo corrugado de plástico
3	Cinta aislante
1	Termostato
1	Presostato
1	Electroventilador
1	Solenoides de aire
1	Solenoides de desempañador
1	Ventilador de A/C
1	Compresor de A/C
1	Control de calefacción y A/C
1	Batería

Una vez elaborado el diagrama del sistema se procede con la instalación de los componentes eléctricos tomando en cuenta las debidas precauciones para no ocasionar un cortocircuito o posibles fallos en el sistema.

Para reducir espacios se optó por ubicar la caja de fusibles fuera del habitáculo, el resto de componentes como relés, interruptores, etc., están ubicados debajo del tablero, unidos mediante cable número 12, 14, 16 dependiendo el amperaje que consuma cada uno de los componentes.



Figura 67 Instalación del cableado dentro del habitáculo

Terminado el circuito eléctrico (ver figura 66), para aislar el cableado de la carrocería se utilizó los tubos corrugados de plástico conjuntamente con cinta aislante (ver figura 67).



Figura 68 Sistema de calefacción y A/C completo

4.10 Barrido con nitrógeno del sistema de A/C

Este proceso sirve para comprobar fugas en el sistema de aire acondicionado, para realizar el barrido se utiliza un tanque de nitrógeno, un regulador de presión, y un juego de manómetros, antes de continuar con el barrido se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Utilizar gafas protectoras y guantes de nitrilo.
- Mantener el motor del vehículo apagado.

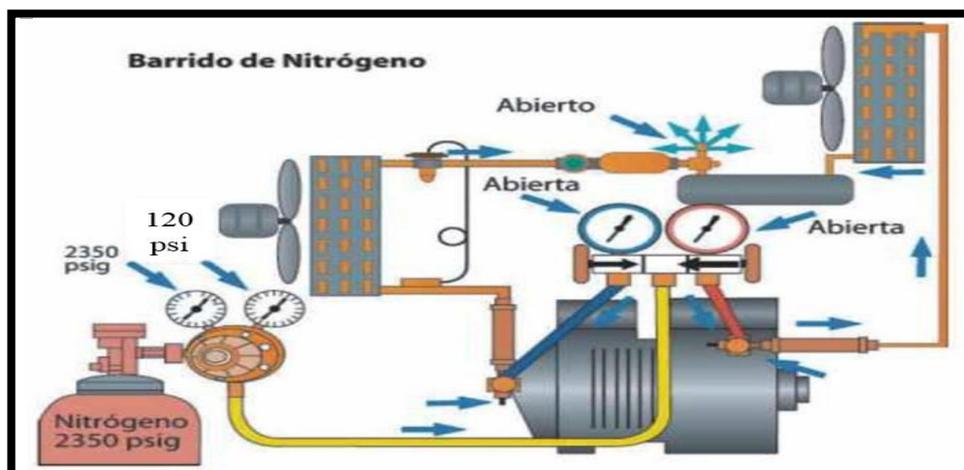


Figura 69 Barrido con nitrógeno

Fuente: (Gildardo, 2012)

Con el motor apagado y con el juego de manómetros totalmente cerrados se realiza la instalación del circuito, para ello se conecta la manguera de baja presión (Azul) al puerto de succión del compresor, la manguera de alta presión (Roja) al puerto de descarga y la manguera de servicio (Amarilla) al tanque de nitrógeno,

El regulador debe estar a 120psi, para permitir el paso de nitrógeno al sistema se realiza la apertura de la válvula de baja presión, mientras que el manómetro debe alcanzar la presión marcada en el regulador (ver figura 69). Una vez alcanzado esta presión cerrar la válvula.

Para detectar si existen fugas en el sistema el juego de manómetros debe estar conectado al circuito, luego se verifica la lectura la cual debe indicar la misma presión anotada inicialmente, si esta presión es menor quiere decir que el sistema presenta fugas los cuales deben ser corregidos, para una mejor detención de fugas se acude al siguiente procedimiento.

4.11 Comprobación de fugas de fluido refrigerante

El proceso de comprobación de fugas se lo realiza siempre y cuando el sistema este cargado ya sea con refrigerante o nitrógeno, para la detección se utilizan diferentes métodos entre los cuales están los aparatos electrónicos (lámpara de luz ultravioleta) y soluciones jabonosas, para este proyecto se utilizó las soluciones jabonosas.

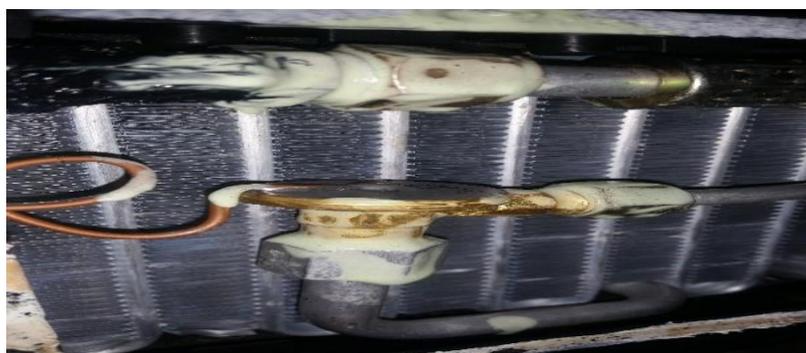


Figura 70 Comprobación de fugas

Primero se realiza una inspección visual de todos los componentes del sistema, en caso de no detectar nada se utiliza la solución jabonosa, para esta actividad se coloca

jabón líquido en un recipiente con agua y mediante una esponja se va colocando en los diferentes puntos de la instalación, al presentar una fuga se podrá notar burbujas en el punto designado (ver figura 70).

En caso de presenta una fuga en algún punto de la instalación, es recomendable vaciar el sistema, seguido por la sustitución del elemento o correcto ajuste, finalizando con el llenado de refrigerante en el sistema.

4.12 Vaciado del sistema

La operación de vaciado del sistema tiene la siguiente finalidad, quitar la humedad, sacar el aire, limpiar el sistema y eliminar el nitrógeno del interior de las cañerías.

Los elementos que se utilizaron para el vaciado del sistema son: un juego de manómetros y una bomba de vacío eléctrica la cual antes de ser utilizada debe ser cargada con aceite dependiendo del manual del fabricante.

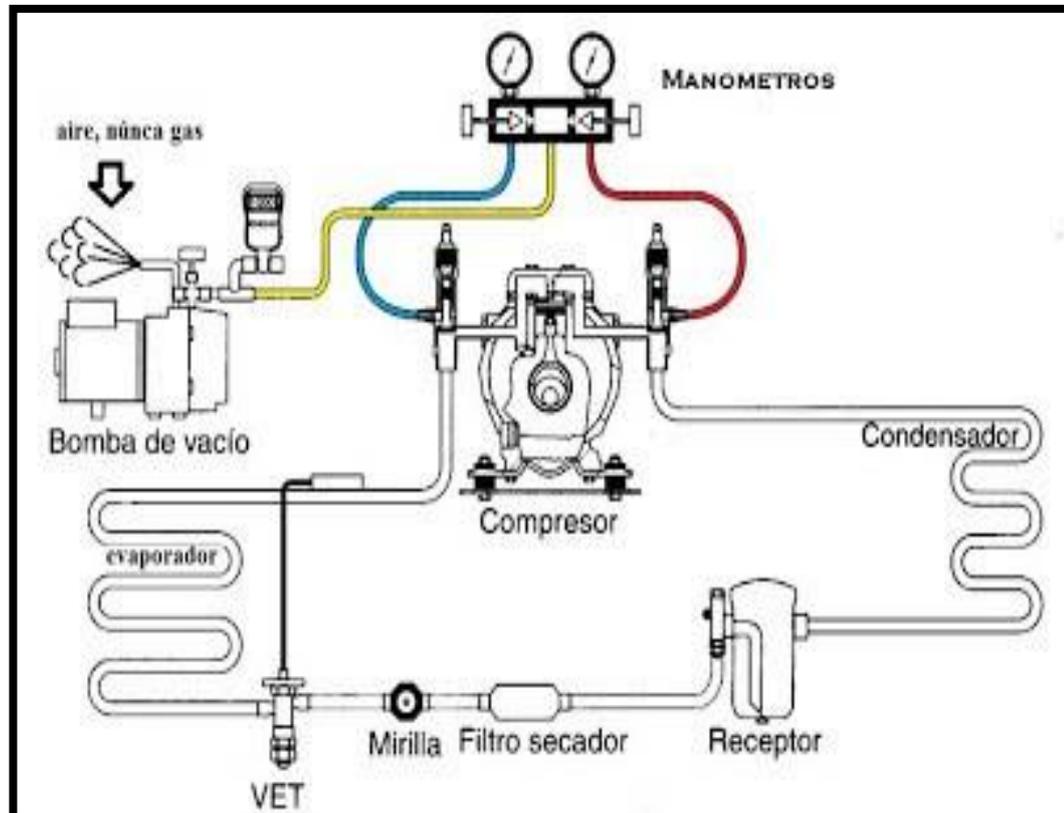


Figura 71 Vaciado del sistema

Fuente: (López, 2013)

Antes de efectuar el vaciado del circuito, las mangueras del juego de manómetros deben seguir la siguiente secuencia.

- Manguera de baja presión al puerto de succión del compresor
- Manguera de alta presión al puerto de descarga del compresor
- Manguera de servicio al puerto de la bomba de vacío

Para evacuar el aire y la humedad del sistema realizamos los siguientes pasos.

1. Encender la bomba de vacío la cual tiene que empezar a succionar el aire del sistema.
2. Abrir la válvula de baja, en el manómetro podemos notar una caída de presión.
3. Abrir la válvula de alta presión.

Como es un sistema nuevo el tiempo de vacío debe ser 40 minutos mínimo, durante este lapso de tiempo se pudo apreciar una caída de presión de -9.82psi en el lado de baja y una presión de -14.73psi en el lado de alta (ver figura 72).

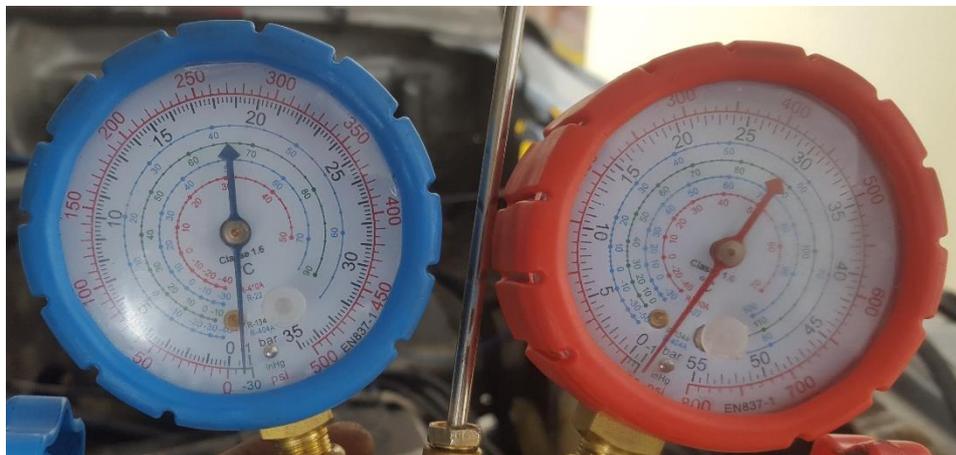


Figura 72 Presión de vacío en el sistema

Una vez transcurrido el tiempo establecido.

1. Cerrar la válvula de baja y alta presión con la bomba de vacío en funcionamiento, esto se realiza para mantener el vacío a la hora de la desconexión.

2. Apagar la bomba de vacío, a la vez desconectar la manguera de servicio del puerto de la bomba.
3. Mantener conectado el puerto de alta y baja durante dos horas.

Al transcurrir las dos horas la lectura en los manómetros debe ser la inicial en caso de no serlo el sistema presenta alguna fuga.

4.13 Carga del sistema con refrigerante R-134a

Durante este proceso se introduce la cantidad necesaria de refrigerante en el sistema de aire acondicionado, para mantener un correcto funcionamiento del mismo.

Esta operación se puede realizar por el lado de baja y alta presión siendo recomendable llenar por el lado de baja presión hasta completarlo.

Antes de realizar la carga del sistema se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros de seguridad.

- Utilizar siempre gafas de protección, puesto que el refrigerante puede dañar los ojos permanentemente.
- No realizar la carga cerca de talleres que estén trabajando con soldaduras u otros objetos que produzcan llamas ya que podrían ocasionar un accidente.
- En caso de derramar fluido refrigerante sobre la piel acudir rápidamente al médico, ya que podrían ocasionar lesiones leves.
- La carga del sistema se debe realizar en espacios totalmente ventilados, puesto que el fluido refrigerante es más pesado que el aire el cual tiende a quedarse al ras del suelo provocando un peligro evidente de asfixia.

La cantidad de refrigerante depende del manual del fabricante, para la mayoría de sistemas está entre 600g a 700g, el refrigerante puede entrar al sistema en estado líquido o estado gaseoso, al cargar en estado gaseoso el proceso de carga va tardar más tiempo, por ende para este proyecto se optó por introducir refrigerante en estado líquido, el cual es un proceso más rápido y efectivo.

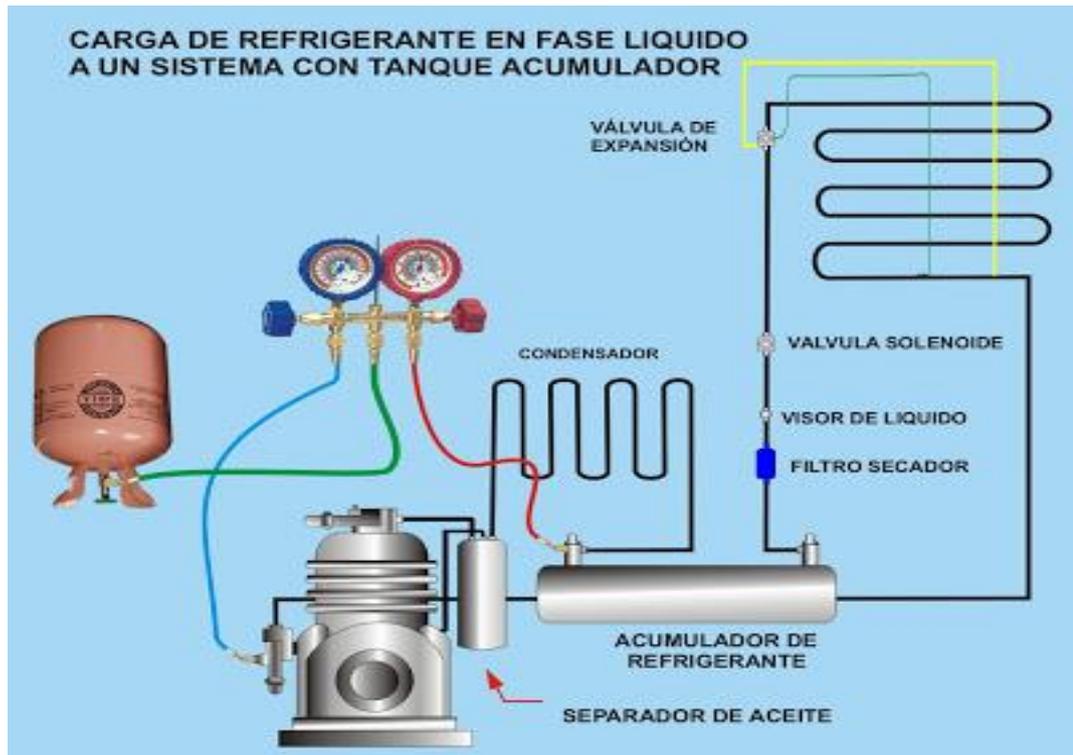


Figura 73 Carga del sistema con refrigerante R-134a

Fuente: (López, 2013)

La conexión de las mangueras es similar al del proceso de barrido con nitrógeno, manguera de baja presión (Azul) al puerto de succión del compresor, manguera de alta presión (Roja) al puerto de descarga del compresor y manguera de servicio (Amarilla) al puerto del cilindro de refrigerante.

1. Para la carga en estado líquido el cilindro debe estar invertido (ver figura 73), con el motor del vehículo apagado abrir la válvula de alta presión y verificar el paso de refrigerante mediante los manómetros.
2. Una vez introducido el refrigerante, cierre la válvula de alta presión y verifique cuanto refrigerante entro al sistema, en caso de faltar realizar lo siguiente.
3. Encender el vehículo y poner en marcha el circuito de A/C.
4. Abrir la válvula de baja presión y completar el refrigerante que falta.
5. Las lecturas del juego de manómetros deben ser las siguientes en el lado de baja presión de 45psi a 55psi y en el lado de alta de 200psi a 250psi, si se encuentran estas presiones el sistema está totalmente cargado.
6. Revisar mirilla de carga para verificar la cantidad de refrigerante que se encuentra en el sistema.

4.13.1 Desmontaje del circuito de carga

Una vez introducido la cantidad de refrigerante necesario se debe desconectar el circuito de carga para lo cual se realiza lo siguiente.

1. Cierre las válvulas tanto de baja como de alta presión
2. Cierre la válvula del cilindro de carga
3. Apague el vehículo
4. puesto los guantes de nitrilo y las gafas, desconectar las mangueras de los puertos de succión y descarga respectivamente.
5. Desconecte la manguera de servicio del puerto del cilindro de refrigerante.
6. Colocar las tapas en los puertos de succión y descarga para evitar que ingresen impurezas al circuito.

4.14 Instalación de los ductos y tablero del vehículo

La instalación de los ductos del sistema de calefacción y aire acondicionado se da según el esquema mencionado anteriormente (ver figura 57).



Figura 74 Instalación de los ductos de calefacción y A/C

Para evitar fugas de aire en las uniones de los ductos se utilizó fomix labrado y cinta doble faz.

El tablero se instala en la parte superior del habitáculo con pernos y tornillos de sujeción (ver figura 75).



Figura 75 Instalación del tablero

4.15 Comprobación del sistema

Para medir la temperatura del sistema de calefacción y aire acondicionado se utiliza un termómetro análogo o termómetro digital.

El proceso de comprobación del sistema se lo realizó en la mañana y al medio día, con la capacidad máxima de 5 personas y durante una hora de trabajo, los resultados obtenidos en el habitáculo fueron los siguientes.

Tabla 12

Temperatura alcanzada en la mañana

TEMPERATURA	GRADOS CELSIUS	HUMEDAD
Máxima del aire acondicionado	16.7	50%
Máxima de calefacción	24	65%

Tabla 13

Temperatura alcanzada al medio día

TEMPERATURA	GRADOS CELSIUS	HUMEDAD
Máxima del aire acondicionado	20.5	45%
Máxima de calefacción	27.1	67%

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante la investigación realizada se concretó con el desarrollo del marco teórico, donde detallamos minuciosamente los principios fundamentales, ciclo de refrigeración y función de los componentes del sistema de calefacción y aire acondicionado, como resultado los conceptos ayudarán a comprender el funcionamiento teórico y práctico del sistema.
- Por medio de esquemas y diagramas correspondientes al vehículo Chevrolet Trooper se identificó los componentes y la distribución del sistema. Mediante los cálculos térmicos realizados se obtuvo una capacidad frigorífica requerida en el habitáculo de 12177.10 Btu/h, en base a este valor se realizó la selección de los elementos del circuito de aire acondicionado. El compresor utilizado fue un SANDEN SD5S11 debido a que tiene una capacidad frigorífica de 14330.988Btu/h, mismo que satisface la demanda requerida.
- Para la instalación de los componentes del sistema, se realizó la construcción de las bases para los diferentes componentes del aire acondicionado (Compresor, Soportes del compresor, Acoples del evaporador, Acumulador deshidratador), ya que el vehículo carecía de este tipo de sistemas, la instalación se llevó a cabo con la ayuda de herramientas y equipos especiales (Juego de manómetros, Bomba de vacío, entre otros).
- Al finalizar el proyecto se determina que a una temperatura ambiente de 24°C el sistema de aire acondicionado alcanza una temperatura de 20.5°C mientras que a la misma temperatura el sistema de calefacción alcanza una temperatura de 27.1°C. estos valores están dentro del rango de confortabilidad del ser humano, por lo tanto se determina que el sistema funciona satisfactoriamente.

5.2 Recomendaciones

- Para la recopilación de información es recomendable utilizar únicamente fuentes fidedignas.
- Para la selección de los componentes es recomendable consultar el manual del vehículo y conocer la capacidad frigorífica requerida para enfriar el habitáculo.
- Antes de realizar la instalación de los componentes del sistema de calefacción y A/C, se recomienda utilizar todos los elementos de seguridad (Gafas protectores, Guantes de nitrilo, Overol, entre otros), para en el caso que existan accidentes salvaguardar la integridad de la persona que realiza el trabajo.
- Para mantener el confort en el interior del vehículo se recomienda realizar un mantenimiento preventivo del sistema con el fin de optimizar el funcionamiento. En invierno es recomendable accionar el aire acondicionado para evitar que las cañerías y juntas tóricas se resequen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica. 6ta. Ed.* Monterrey, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Crouse, W. H., & Anglin, D. L. (1992). *Aire acondicionado en el automovil.* Monterrey, Mexico: Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V.
- De La Torre, K. (2014). Escalas de temperatura. *Fluidos y Ondas*. Recuperado de <https://delatorresteffani.wordpress.com/leyes-de-la-termodinamica/escalas-de-temperatura/>
- Fernández, M. (2016). Los cambios de estado. *Física y Química 2.º eso digital diodo*. Recuperado de https://www.blinklearning.com/Cursos/c737519_c38541459__Los_cambios_de_estado.php
- García, J. (19 de Marzo de 2006). Aceite para compresores. *Sanden*. Recuperado de <http://www.sanden.com/refrigerantoil.html>
- Gildardo, Y. (25 de Febrero de 2012). Alta temperatura en el compresor de refrigeracion. *Slide Share*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ingenerogildardo/alta-temperatura-en-el-compresor-de-refrigeracion>
- Hernanz, E. (15 DE Junio de 2013). Cuál es la temperatura ideal para vivir. *ABC SOCIEDAD*. Recuperado de <http://www.abc.es/sociedad/20130615/abci-temperatura-ideal-vivir-201306141909.html>
- Jorque, A. (31 de Mayo de 2013). Teoria calefacción. pdf. *Scribd*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/144813174/teoria-calefaccion-pdf>
- López, R. (24 de Enero de 2013). Como usar una bomba de vacío. Aire acondicionado y clima. Recuperado de <http://www.aireacondicionadoyclima.com/2013/01/como-usar-una-bomba-de-vacio.html>

- Martínez, S. (13 de Abril de 2010). Esquema circuito de aire acondicionado. *Importadora esmeraldas limitada*. Recuperado de http://www.imesli.cl/circuito_aire_acondicionado
- Moreno, J. (09 de Octubre de 2017). Cómo elegir un aire acondicionado. *JM Actualidades*. Recuperado de <http://jmactualidades.com/como-elegir-un-aire-acondicionado/#more-886>
- Muñoz, L. (12 de Mayo de 2014). Historia del Aire Acondicionado Automotriz. *Autos clásicos e Históricos*. Recuperado de <http://www.autosclasicosehistoricos.com/archivo/concept/897-que-fabricante-offrecio-el-primer-auto-con-aire-acondicionado.html>
- Navarro, R. (2 de Junio de 2014). Fórmulas para el cálculo de transmisiones. *Indarnelt*. Recuperado de <http://www.indarbelt.es/html/formulas.htm>
- Nuñez, O. (2010). Transferencia de calor. *Ovix*. Recuperado de <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/5077/transferencia-de-calor-conduccion>
- Peláez, D. A. (2004). Técnicas del automóvil. Sistemas de climatización. Madrid, España: Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- Prieto, T. (2014). Fundamentos del aire acondicionado. *SlidePlayer*. Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/3140981/>
- Punguil, G, & Vargas, L. (2015). *Implementación de un Sistema de aire acondicionado para un vehíhuco de 3 cilindros 1000 cc de marca Suzuki Forsa del año 1995* (tesis de grado). Escule Superior del Litoral, Guayquil, Ecuador.
- Quadri, N. P. (1987). *Manual de calculo de aire acondicionado y calefacción*. Buenos Aires, Argentina: Copyright by LIBRERIA Y EDITORIAL ALSINA.
- Rivadeneira, C. (6 de febrero de 2018). Fórmulas de conversión de temperatura. *Revista Cero Grados Celsius*. Recuperado de

<https://www.0grados.com/escalas-de-temperatura/formulas-de-conversion-de-temperatura/>

Rosero, G. (22 de Octubre de 2017). Sistema de aire acondicionado Climatizador. *Scribd*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/362244123/AA-CLIMATIZADOR>

Tixce, C. (13 de Enero de 2017). La interesante historia del aire acondicionado automotriz. *Motor y Racing* Recuperado de <http://www.motoryracing.com/coches/noticias/la-interesante-historia-del-aire-acondicionado-automotriz/>

Warren, L., Maddox, R., & Haynes, J. (1993). *Izusu Pick-ups & Trooper automotive repair manual*. Newbury Park, U.S.A.: Haynes North America, Inc

ANEXO