



Implementación de un Módulo Didáctico de Aire Acondicionado Automotriz

Toctaguano Centeno, Cristian Javier y Toctaguano Sánchez, Erick Leonel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael

24 de agosto del 2023

Latacunga



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Reporte de Verificación de Contenido



Plagiarism report

TOCTAG~1.DOC

Scan details

Scan time:
August 24th, 2023 at 12:49 UTC

Total Pages:
52

Total Words:
12769

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.2%	286
Minor Changes	0.5%	65
Paraphrased	3.6%	455
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael

Director



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un Módulo Didáctico de Aire Acondicionado Automotriz”** fue realizado por los señores **Toctaguano Centeno, Cristian Javier y Toctaguano Sánchez, Erick Leonel**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de agosto del 2023

Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael

C.C. 1803232113



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Toctaguano Centeno, Cristian Javier** y **Toctaguano Sánchez, Erick Leonel**, con cédulas de ciudadanía n° 0504159286 y 0503728982, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Implementación de un Módulo Didáctico de Aire Acondicionado Automotriz”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de agosto del 2023

.....

Toctaguano Centeno, Cristian Javier

C.C.: 0504159286

.....

Toctaguano Sánchez, Erick Leonel

C.C.: 0503728982



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros **Toctaguano Centeno, Cristian Javier** y **Toctaguano Sánchez, Erick Leonel**, con cédulas de ciudadanía n° 0504159286 y 0503728982, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un Módulo Didáctico de Aire Acondicionado Automotriz”**. en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 24 de agosto del 2023

.....
Toctaguano Centeno, Cristian Javier

C.C.: 0504159286

.....
Toctaguano Sánchez, Erick Leonel

C.C.: 0503728982

Dedicatoria

Quiero dedicar este proyecto a mi madre, la mujer que más amo en esta vida, quien me enseñó a levantarme cuantas veces sean necesarias a pesar de las adversidades.

A mis hermanos, quienes nunca dejaron de creer en mí y que han estado presentes a lo largo de mi carrera profesional, apoyándome moral y económicamente.

Y a mi pequeño sobrino, el ser que llegó a llenar de alegría mi vida en los momentos más difíciles y por quien tengo prohibido rendirme.

Cristian Javier Toctaguano Centeno

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico a Dios, que siempre me ha bendecido y me ayudado a lograr todos mis sueños. A mi padre Wilson Toctaguano, al ser que más amo en esta vida, gracias a su esfuerzo, apoyo y amor incondicional que siempre me brinda. A mi madre Janeth Sánchez gracias a sus palabras de aliento, su amor como ningún otro, que día tras día me ofrece y por todas sus oraciones, gracias padres por inculcar en mí el respeto y las ganas de superación, lo cual hoy me ha permitido alcanzar este prestigioso logro. A mi hermano Jairo que siempre me apoyado y por su gran corazón. A mis abuelos por el cuidado y crianza que me dieron, gracias por su cariño y afecto que siempre llevare en mi corazón.

Gracias por siempre apoyarme y estar a mi lado.

Erick Leonel Toctaguano Sánchez

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme salud para seguir adelante y voluntad para cumplir mis metas.

A mi madre, por ser una persona digna de admiración, con quien he compartido alegrías y tristezas, y que, gracias a sus consejos hoy en día soy un ser humano con valores y principios.

A mi padre, por forjar mi carácter, quien me enseñó a no bajar la cabeza ante las dificultades de la vida y que con sus acciones pudo hacer de mi un hombre de bien. A mis hermanos, con quienes compartí varias experiencias y anécdotas que se quedaron grabadas en mi mente.

Finalmente, agradezco a mis amigos que siempre me brindaron sus palabras de aliento y a mis docentes por ser una inspiración a lo largo de la carrera.

Cristian Javier Toctaguano Centeno

Agradecimiento

Agradezco especialmente a Dios por darme salud, cuidarme, nunca dejarme solo y por enseñarme que en la vida nada es imposible, que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr. Agradezco a mi familia por brindarme un amor incondicional y por siempre confiar en mí. Agradezco a las personas que estuvieron en mi vida estudiantil: docentes y amigos, que siempre tenían un consejo y palabras de aliento para poder alcanzar mis objetivos y que hoy en día gracias a ello se ve reflejo en la persona que soy. Agradezco a mi director de tesis por brindarme su conocimiento y experiencia profesional.

Erick Leonel Toctaguano Sánchez

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de auditoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de tablas	15
Índice de figuras	16
Resumen.....	20
Abstract	21
Capítulo I: Marco Metodológico de la Investigación	22
Antecedentes de la Investigación	22
Planteamiento del problema.....	22
Descripción detallada de la investigación.....	23
Justificación e Importancia	24
Objetivos de investigación	25
<i>Objetivo General.....</i>	25

<i>Objetivos Específicos</i>	25
Resultado a obtener.....	25
Metas.....	25
Hipótesis.....	25
Variables de investigación	25
<i>Variable Dependiente</i>	25
<i>Variable Independiente</i>	25
Capítulo II: Fundamento Teórico	26
Leyes físicas.....	26
Termodinámica.....	26
<i>Primera ley de la termodinámica</i>	26
<i>Segunda ley de la termodinámica (Enunciado de Clausius)</i>	26
Ley de Boyle.....	27
Ley de Charles.....	27
Ley de Gay-Lussac	27
Ley de Avogadro	28
Ley de los gases ideales	28
Presión de un gas	29
Calor.....	30
Temperatura	30
Cambios de estado	31

Componentes	32
<i>Compresor</i>	<i>32</i>
<i>Condensador</i>	<i>35</i>
<i>Ventiladores.....</i>	<i>36</i>
<i>Evaporador</i>	<i>37</i>
<i>Acumulador</i>	<i>38</i>
<i>Mangueras y conexiones.....</i>	<i>39</i>
<i>Fluidos refrigerantes de aire acondicionado automotriz</i>	<i>40</i>
<i>Motor eléctrico</i>	<i>43</i>
<i>Manómetros.....</i>	<i>44</i>
<i>Banda de transmisión</i>	<i>44</i>
<i>Válvula de expansión.....</i>	<i>45</i>
Funcionamiento del sistema de A/C	46
Capítulo III: Diseño y construcción del módulo didáctico de aire acondicionado	48
Diseño y construcción de la estructura.....	48
<i>Proceso de modelado de la estructura.....</i>	<i>48</i>
<i>Dimensiones de la estructura.....</i>	<i>49</i>
<i>Materiales utilizados</i>	<i>50</i>
<i>Análisis estático.....</i>	<i>51</i>
<i>Análisis de resultados</i>	<i>53</i>
<i>Selección del perfil estructural</i>	<i>55</i>

<i>Costo</i>	56
<i>Proceso de construcción de la estructura</i>	57
<i>Dimensionamiento e instalación de las planchas de MDF</i>	59
Selección y adquisición de los componentes	64
<i>Selección del motor eléctrico</i>	64
<i>Selección de la polea</i>	67
<i>Selección de la banda de transmisión</i>	68
<i>Selección del refrigerante</i>	69
Diseño eléctrico del sistema de aire acondicionado	72
<i>Diseño del circuito eléctrico</i>	72
<i>Selección de elementos eléctricos</i>	73
Capítulo IV: Montaje y pruebas del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz	79
Montaje de los componentes mecánicos en la estructura	79
Conexión eléctrica del sistema de A/C	84
Pruebas de funcionamiento del sistema de A/C	85
<i>Inspección de fugas</i>	85
<i>Medición de presiones</i>	86
<i>Medición de temperaturas</i>	88
<i>Fallas del sistema</i>	89
Mantenimiento del sistema de aire acondicionado.	92
<i>Reemplazo de piezas del sistema de aire acondicionado</i>	93

<i>Instalación de los manómetros</i>	95
<i>Descarga del sistema</i>	95
<i>Vaciado del sistema</i>	98
<i>Carga del sistema</i>	99
Capítulo V: Marco Administrativo	101
Recursos humanos	101
Recursos tecnológicos	101
Recursos materiales	102
Presupuesto	103
Financiamiento	105
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	106
Conclusiones	106
Recomendaciones	107
Bibliografía	108
Anexos	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Escalas de temperatura.</i>	31
Tabla 2 <i>Cargas vivas.</i>	55
Tabla 3 <i>Especificaciones generales del tubo estructural.</i>	57
Tabla 4 <i>Datos técnicos del compresor.</i>	64
Tabla 5 <i>Especificaciones del motor eléctrico.</i>	67
Tabla 6 <i>Especificaciones de la banda de transmisión.</i>	69
Tabla 7 <i>Propiedades físicas del refrigerante R-134a.</i>	70
Tabla 8 <i>Denominación de los componentes eléctricos.</i>	72
Tabla 9 <i>Elementos utilizados en la construcción del módulo didáctico de A/C automotriz.</i>	79
Tabla 10 <i>Rango de presiones del sistema de aire acondicionado.</i>	86
Tabla 11 <i>Presiones reales del sistema de aire acondicionado.</i>	87
Tabla 12 <i>Temperaturas reales del sistema de aire acondicionado.</i>	88
Tabla 13 <i>Fallas del sistema A/C.</i>	89
Tabla 14 <i>Recursos humanos.</i>	101
Tabla 15 <i>Recursos tecnológicos.</i>	101
Tabla 16 <i>Recursos materiales.</i>	102
Tabla 17 <i>Costo de construcción e implementación.</i>	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Presión de un gas en un recipiente cerrado.</i>	29
Figura 2 <i>Transferencia de calor.</i>	30
Figura 3 <i>Cambios de estado.</i>	31
Figura 4 <i>Compresor.</i>	32
Figura 5 <i>Compresor de pistón.</i>	33
Figura 6 <i>Compresor de tornillo.</i>	34
Figura 7 <i>Compresor scroll.</i>	35
Figura 8 <i>Condensador.</i>	36
Figura 9 <i>Ventilador.</i>	37
Figura 10 <i>Evaporador.</i>	38
Figura 11 <i>Acumulador.</i>	39
Figura 12 <i>Tuberías.</i>	40
Figura 13 <i>Refrigerantes CFC.</i>	41
Figura 14 <i>Refrigerantes HCFC.</i>	41
Figura 15 <i>Refrigerantes HFC.</i>	42
Figura 16 <i>R-134a.</i>	43
Figura 17 <i>Motor eléctrico.</i>	43
Figura 18 <i>Manómetros.</i>	44
Figura 19 <i>Banda estriada.</i>	45
Figura 20 <i>Válvula de expansión.</i>	46
Figura 21 <i>Funcionamiento sistema A/C.</i>	47
Figura 22 <i>Modelado de la estructura.</i>	48
Figura 23 <i>Modelado de la estructura.</i>	49
Figura 24 <i>Dimensiones.</i>	49
Figura 25 <i>Dimensiones.</i>	50

Figura 26 <i>Tubo estructural cuadrado</i>	50
Figura 27 <i>Nodos</i>	51
Figura 28 <i>Selección del material</i>	52
Figura 29 <i>Mallado y ejecución</i>	52
Figura 30 <i>Tensiones</i>	53
Figura 31 <i>Desplazamiento</i>	53
Figura 32 <i>Deformaciones unitarias</i>	54
Figura 33 <i>Factor de seguridad</i>	54
Figura 34 <i>Tubo cuadrado</i>	56
Figura 35 <i>Construcción de la estructura</i>	58
Figura 36 <i>Construcción de la estructura</i>	58
Figura 37 <i>Plancha #01</i>	59
Figura 38 <i>Plancha #02</i>	59
Figura 39 <i>Plancha #03</i>	60
Figura 40 <i>Plancha #04</i>	60
Figura 41 <i>Plancha #05</i>	61
Figura 42 <i>Plancha #06</i>	61
Figura 43 <i>Plancha #07</i>	62
Figura 44 <i>Corte de planchas</i>	62
Figura 45 <i>Agujeros para colocar las planchas en la estructura</i>	63
Figura 46 <i>Planchas cortadas</i>	63
Figura 47 <i>Instalación completa de las planchas MDF</i>	64
Figura 48 <i>Diagrama de curvas de funcionamiento del compresor</i>	66
Figura 49 <i>Refrigerante R-134a</i>	70
Figura 50 <i>Circuito eléctrico del sistema de aire acondicionado automotriz</i>	72
Figura 51 <i>Cable 16 para conexiones</i>	74

Figura 52 <i>Relay</i>	74
Figura 53 <i>Fusible</i>	75
Figura 54 <i>Resistencia</i>	75
Figura 55 <i>Fuente de poder</i>	76
Figura 56 <i>Interruptor</i>	76
Figura 57 <i>Led</i>	77
Figura 58 <i>Pulsadores</i>	77
Figura 59 <i>Contactador</i>	78
Figura 60 <i>Breaker</i>	78
Figura 61 <i>Instalación de las planchas de MDF</i>	81
Figura 62 <i>Instalación del bloque de aire acondicionado</i>	81
Figura 63 <i>Instalación del condensador y ventilador</i>	82
Figura 64 <i>Instalación del motor eléctrico y compresor</i>	83
Figura 65 <i>Instalación de las cañerías de alta y baja presión</i>	83
Figura 66 <i>Distribución del aire acondicionado</i>	84
Figura 67 <i>Salidas del aire</i>	84
Figura 68 <i>Conexión para el accionamiento del motor monofásico</i>	85
Figura 69 <i>Diagrama de conexión del sistema de A/C</i>	87
Figura 70 <i>Diagrama de fallas</i>	91
Figura 71 <i>Uso de guantes de seguridad</i>	92
Figura 72 <i>Reemplazo de componentes</i>	93
Figura 73 <i>Diagrama de reemplazo de piezas</i>	94
Figura 74 <i>Instalación de manómetros</i>	95
Figura 75 <i>Conexión de descarga del sistema</i>	96
Figura 76 <i>Diagrama de descarga del sistema</i>	97
Figura 77 <i>Conexión vaciado del sistema</i>	98

Figura 78 <i>Conexión de carga del sistema.</i>	99
Figura 79 <i>Diagrama de la carga del sistema.</i>	100

Resumen

En base a la creciente necesidad de la formación práctica en sistemas automotrices, el presente proyecto denominado “Implementación de un Módulo Didáctico de Aire Acondicionado Automotriz” tiene como objetivo contribuir con el aprendizaje interactivo de los estudiantes a adquirir habilidades prácticas en el reconocimiento de componentes, análisis de funcionamiento, pruebas de temperatura y presión, diagnóstico de fallas y mantenimiento del sistema. El proyecto del módulo se ha llevado a cabo considerando un enfoque multidisciplinario que combina conceptos de ingeniería mecánica, los cuales han permitido desarrollar el diseño y construcción de la estructura que luego de realizar el análisis estático se logró evidenciar que soporta las cargas generadas por los componentes del sistema. Se aplicaron los conocimientos eléctricos para el desarrollo del esquema de control del sistema de aire acondicionado, en donde se ha logrado evidenciar las conexiones de cada componente eléctrico y el circuito para la simulación de fallas. Se han incorporado componentes reales de sistemas de aire acondicionado automotriz, como compresores, evaporadores, condensadores, sensores y válvulas, montados en una estructura que simula el compartimiento del motor de un automóvil. Esta representación realista proporciona a los estudiantes una experiencia práctica que refleja las condiciones reales en las que trabajarán en la industria. En el mismo se han implementado circuitos eléctricos y sistemas de control que permiten la simulación de diferentes escenarios operativos y problemas potenciales que los estudiantes pueden encontrar en el campo. Además, se ha integrado tecnología de medición para que los estudiantes puedan realizar pruebas de temperatura y presión, analizar los resultados y tomar decisiones informadas.

Palabras clave: Aire acondicionado, módulo didáctico, diagnóstico del A/C, simulación de fallas, entrenamiento del A/C.

Abstract

Based on the growing need for practical training in automotive systems, the present project called "Implementation of a Didactic Module for Automotive Air Conditioning" has the objective of contributing with the interactive learning of students to acquire practical skills in the recognition of components, operation analysis, temperature and pressure tests, failure diagnosis and maintenance of the system. The module project has been carried out considering a multidisciplinary approach that combines mechanical engineering concepts, which have allowed the development of the design and construction of the structure that after performing the static analysis, it was evidenced that it supports the loads generated by the system components. Electrical knowledge was applied to the development of the control scheme of the air conditioning system, where it has been possible to demonstrate the connections of each electrical component and the circuit for the simulation of failures. Real automotive air conditioning system components have been incorporated, such as compressors, evaporators, condensers, sensors and valves, mounted in a structure that simulates the engine compartment of an automobile. This realistic representation provides students with a hands-on experience that reflects the actual conditions in which they will work in the industry. Electrical circuits and control systems have been implemented that allow the simulation of different operating scenarios and potential problems that students may encounter in the field. In addition, measurement technology has been integrated so that students can perform temperature and pressure tests, analyze the results and make informed decisions.

Keywords: Air conditioning, didactic module, A/C diagnostics, fault simulation, A/C training.

Capítulo I

Marco Metodológico de la Investigación

Antecedentes de la Investigación

Los sistemas de aire acondicionado se usaron para aumentar el confort en cierto espacio, esto implica modificar las características físicas del aire, como la temperatura, la humedad y la contaminación provocada.

Para entregar un aire con nuevas características, existió la necesidad de cambiar uno o varios atributos del aire exterior, siendo unos es estos la disminución de la cantidad de contaminación provocada por partículas sólidas flotantes presentes en el habitáculo del vehículo. El conductor y sus ocupantes al estar expuestos por un prolongado tiempo al aire viciado experimentaron efectos perjudiciales en el sistema respiratorio, este problema se resolvió con la implementación del sistema de aire acondicionado, el cual gracias a que cuenta con una serie de filtros por los cuales se obligó a fluir al aire, acondiciona y mejora la calidad de este.

Otra característica que se varió fue la temperatura del aire, esto se realizó con la finalidad de mantener un ambiente fresco que brinde comodidad a los ocupantes del vehículo durante su viaje, lo cual consistía en tomar el aire del ambiente, renovarlo y finalmente distribuirlo a una temperatura menor a la inicial.

El módulo didáctico de aire acondicionado automotriz se construyó con el propósito de describir los cambios físicos del aire anteriormente expuestos, en el cual se pueden evidenciar los componentes que lo integran, su funcionamiento y diagnóstico.

Planteamiento del problema

La tecnología aplicada en el campo automotriz ha evolucionado a tal punto que hoy en día se cuenta con altos estándares de prestaciones en el confort durante la conducción del automóvil, y para ello es indispensable un sistema de adaptación y climatización del aire, por tal

motivo es necesario que se conozca la estructura, funcionamiento y mantenimiento del sistema de aire acondicionado del vehículo.

El proyecto titulado “Implementación de un módulo didáctico de aire acondicionado automotriz” tiene como objetivos diseñar y construir un módulo de aire acondicionado, cómo material didáctico para los estudiantes de la Universidad con el cual desarrollarán habilidades y destrezas para el análisis y diagnóstico de fallas del sistema, mejorando de esta manera el proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Sistemas de Seguridad Activa y Pasiva de Vehículos.

En el módulo didáctico de aire acondicionado se implementarán todos los componentes mecánicos y eléctricos indispensables para la descripción del funcionamiento y el análisis de fallas más comunes que se pueden evidenciar en el sistema, así como también el diagrama eléctrico y leyendas necesarias para obtener un módulo didáctico amigable con el estudiante que fomente y promueva el aprendizaje.

Con el módulo didáctico de aire acondicionado automotriz los estudiantes podrán realizar las prácticas de laboratorio y emitir un informe de aprendizaje a su docente, esto les permitirá obtener una formación íntegra que combine los conocimientos teóricos y prácticos del sistema.

Finalmente, se presentarán los planos constructivos del módulo, sistemas y elementos instalados para el soporte del mismo, así como también, las respectivas guías de laboratorio y manual de usuario.

Descripción detallada de la investigación

Con el módulo didáctico de aire acondicionado automotriz se conocerá el funcionamiento de cada uno de los componentes que este conlleva. De la misma forma se estudiarán conceptos termodinámicos, por medio de la condensación y evaporación. Mediante una adecuada distribución de los componentes y otros accesorios del módulo para su debido

accionamiento, podremos conocer y comprender el proceso de generación de frío dentro de un vehículo.

Para el uso y aplicación de este módulo didáctico se contará con componentes reales, como:

Compresor

Condensador

Evaporador

Forzador de aire

Capilares de expansión

Termostato y accesorios

Adicionalmente se implementarán distintos dispositivos de control e instrumental de medición, de manera que faciliten la comprensión y el aprendizaje. Se trata de termómetros, manómetros, presostatos, filtros, válvulas de apertura y cierre de circuitos, interruptores termomagnéticos, disyuntor diferencial y señalizaciones. Finalmente, antes de la utilización del módulo didáctico se colocarán todas las protecciones de seguridad de acuerdo a la normativa vigente, a fin de garantizar a los docentes y alumnos un funcionamiento adecuado sin ningún tipo de riesgo. El módulo didáctico de aire acondicionado automotriz estará montado sobre una estructura rígida, además contará con ruedas de desplazamiento.

Justificación e Importancia

En el laboratorio de Autotrónica se ha visto la necesidad de implementar un nuevo módulo didáctico de aire acondicionado automotriz para el aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes, esto permitirá una mejor formación profesional y académica, lo cual es de gran importancia para el desarrollo de nuevos conocimientos.

El proyecto se limita al reconocimiento de los componentes que conforman el sistema de aire acondicionado automotriz y el diagnóstico de diferentes fallas eléctricas, lo que conllevaría a dar un mantenimiento óptimo y efectivo.

Objetivos de investigación

Objetivo General

Diseñar y construir un módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Objetivos Específicos

Diseñar y construir la estructura para el módulo didáctico de aire acondicionado.

Implementar los componentes del sistema de aire acondicionado automotriz sobre la estructura.

Resultado a obtener

Un módulo didáctico de aire acondicionado automotriz que permita realizar el reconocimiento de sus componentes, pruebas de funcionamiento y simulación de fallas.

Metas

- Identificación de los componentes del sistema A/C.
- Apreciación del funcionamiento del sistema A/C.
- Interpretación de los valores de temperaturas y presiones.
- Simulación de fallas del sistema de aire acondicionado.
- Diagnóstico y mantenimiento del sistema.

Hipótesis

¿La implementación de un módulo didáctico de aire acondicionado automotriz permitirá mejorar las prácticas en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sede Latacunga?

Variables de investigación

Variable Dependiente

Módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Variable Independiente

Prácticas más eficientes con guías de laboratorio bien detalladas.

Capítulo II

Fundamento Teórico

Leyes físicas

El funcionamiento del aire acondicionado automotriz está ligado a seis leyes físicas fundamentales, las cuales se describen a continuación:

- El calor siempre se transfiere desde el objeto más caliente hacia el más frío.
- Los cuerpos fríos tienen menos calor que los cuerpos calientes de la misma masa.
- Toda materia puede existir en cualquiera de los tres estados: líquido, sólido o gaseoso.
- Se denomina condensación cuando un vapor es enfriado por debajo de su punto de rocío hasta convertirse en líquido.
- Al elevar la presión sobre la superficie del líquido se incrementa el punto de ebullición, mientras que al disminuir la presión se reduce el punto de ebullición.
- Al comprimir un gas, tanto la temperatura como la presión aumentan incluso sin haber aplicado calor.

Termodinámica

Primera ley de la termodinámica

“La suma total de la energía del universo es una cantidad constante; esta energía no puede incrementarse, disminuirse, crearse o destruirse. La energía no puede crearse ni destruirse” (Hernández, 2009, p. 15).

Segunda ley de la termodinámica (Enunciado de Clausius)

Es imposible construir un dispositivo que opere en un ciclo y que solo transfiera calor de un cuerpo a una temperatura más baja a otro cuerpo a una temperatura más alta, sin producir ningún otro efecto o cambio en el sistema o su entorno (Çengel y Boles, 2006).

Ley de Boyle

A una temperatura constante, el volumen de un gas perfecto dentro de un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta (Hernández, 2009).

Ecuación 1

Ley de Boyle.

$$P_1v_1 = P_2v_2$$

P = Presión

V = Volumen

Ley de Charles

La temperatura y el volumen de un gas son directamente proporcionales al mantener una presión constante, es decir, al aumentar la temperatura del gas su volumen se incrementará (Hernández, 2009).

Ecuación 2

Ley de Charles.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

V = Volumen

T = Temperatura

Ley de Gay-Lussac

La presión de un gas es directamente proporcional a su temperatura al mantener un volumen constante. Al calentar un gas sus moléculas tienden a aumentar su movilidad, por lo tanto, también aumentará el número de choques contra las paredes interiores del recipiente, el cual no cambiará de volumen a lo largo del tiempo (Acedo, 2014).

Ecuación 3*Ley de Gay-Lussac.*

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

P = Presión

T = Temperatura

Ley de Avogadro

El volumen es directamente proporcional a la cantidad de gas cuando la presión y temperatura permanecen constantes a lo largo del tiempo. En un recipiente V1 que contiene una cantidad de gas n1 se aumenta dicha cantidad hasta llegar a un valor n2, para que no exista un aumento en el número de choques contra las paredes interiores del recipiente y mantener una presión constante, debe existir un incremento del volumen hasta un valor V2 (Acedo, 2014).

Ecuación 4*Ley de Avogadro.*

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

V =Volumen

n = Cantidad de gas

Ley de los gases ideales

En base a las leyes anteriormente descritas, mediante la siguiente ecuación se puede relacionar la presión ejercida por un gas dentro de un recipiente, el volumen que ocupa, la temperatura que posee y la cantidad de moles que tiene (Acedo, 2014).

Ecuación 5*Ley de los gases ideales.*

$$PV = nRT$$

P = Presión

V =Volumen

n = Cantidad de gas

R = Constante universal de los gases

T = Temperatura

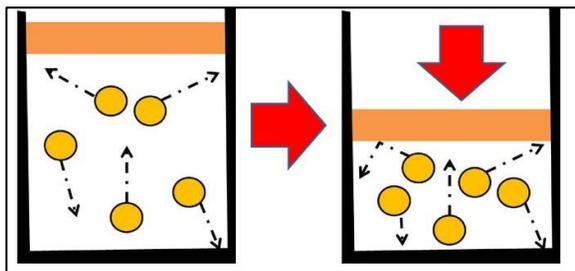
Presión de un gas

Las moléculas de un gas se encuentran en movimiento, debido al espacio que las separa unas de otras, de esta manera logran desplazarse irregularmente. Al encerrar el gas en un recipiente, sus moléculas tienden a golpear sus paredes internas. Cada segundo que pasa van a existir millones de choques en la superficie interna del recipiente. Entonces, se puede decir, que la presión es la fuerza que ejercen las moléculas de un gas sobre la superficie interna de un recipiente que lo contiene.

Al comprimir el gas se reduce la distancia existente entre las moléculas y, por lo tanto, tendrán poco espacio para moverse con libertad. Al tener un espacio más reducido las moléculas chocan con mayor frecuencia contra las paredes internas del recipiente, es decir, la presión se incrementa.

Figura 1

Presión de un gas en un recipiente cerrado.



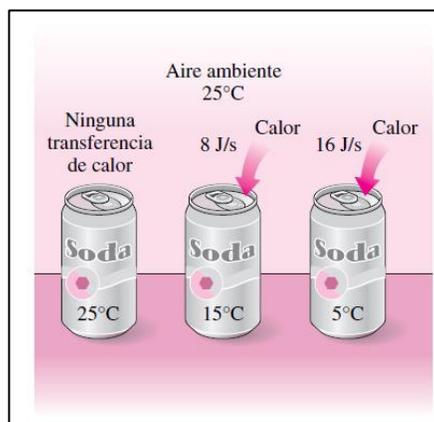
Nota. La presión del gas aumenta al reducir el volumen. Tomado de “Gases” (De la Cruz, 2023).

Calor

Es la energía que se transfiere entre dos cuerpos, sistemas o entre un sistema y el entorno debido a la diferencia de temperatura existente entre ambos. Dicho de otra manera, el calor se transfiere desde el cuerpo más frío hacia el cuerpo más caliente en un cierto periodo de tiempo. Por lo tanto, cuando ambos cuerpos igualan sus temperaturas, es decir, llegan al equilibrio térmico, se detiene la transferencia de calor. El calor se mide en julios (J) o calorías (cal) (Çengel y Boles, 2006).

Figura 2

Transferencia de calor.



Nota. La diferencia de temperatura es la fuerza motriz para la transferencia de calor. Tomado de "Termodinámica" (Çengel & Boles, 2006, pág. 60).

Temperatura

La temperatura de un cuerpo o sistema es una propiedad que determina su equilibrio térmico con otros sistemas. La temperatura indica cuanta energía interna ha acumulado un sistema. Se puede decir que, la temperatura se encuentra relacionada con la sensación que se experimenta al tocar un objeto con lo cual se logra clasificarlo en caliente, frío, tibio, etc (Barrera y Ros, 2019).

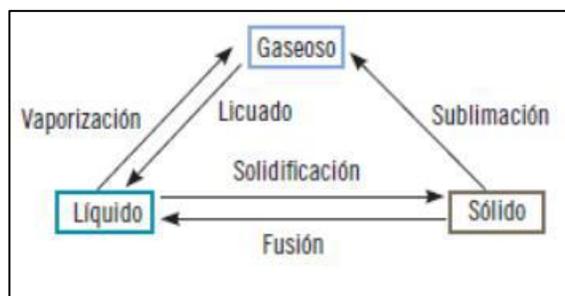
Tabla 1*Escalas de temperatura.*

Escalas	Símbolo	Temperatura de congelación	Temperatura de ebullición
Celsius	°C	0 °C	100 °C
Fahrenheit	°F	32 °F	212 °F
kelvin	K	273 K	373 K

Nota. Temperaturas de congelación y ebullición del agua. Tomado de “Mantenimiento de sistemas de climatización” (Acedo Zambrana, 2014).

Cambios de estado

Los estados de la materia son tres: sólido, líquido y gaseoso. A medida que la materia gana o pierde energía interna su estado tenderá a cambiar de un estado a otro, esto se define como cambios de estado.

Figura 3*Cambios de estado.*

Nota. Procesos de cambio de estado de la materia. Tomado de “Mantenimiento de sistemas de climatización”. (Acedo Zambrana, 2014).

Componentes

Compresor

El compresor es un dispositivo de máquina utilizado para aumentar la presión de los líquidos como el aire y el gas. La función principal es comprimir el líquido. Esto significa reducir el volumen y aumentar la presión. (H.Crouse, 1988)

El compresor recoge el vapor de refrigerante a baja presión del evaporador y lo somete a compresión, aumentando su presión y convirtiéndolo en vapor de alta presión.

Existen varios tipos de compresores, como compresores de desplazamiento positivo (pistones, tornillos, desplazamiento) y compresores de flujo dinámico (H.Crouse, 1988).

Figura 4

Compresor.



Nota. Compresor redondo General Motors. Tomado de (TALLERBARATO.COM, 2021).

Tipos de compresores

Compresor de pistón

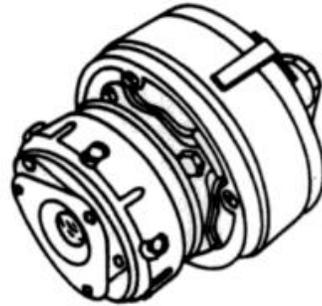
Es un tipo de compresor de desplazamiento positivo que comprime líquidos, ya sea aire o gas usando un pistón. Se compone de uno o más cilindros, y cada cilindro tiene un pistón móvil y una válvula de escape.

Cuando el pistón se mueve hacia abajo, la válvula de admisión se abre y el fluido ingresa al cilindro. Luego, cuando se eleva el pistón, la válvula de admisión se cierra, el fluido

se comprime y la presión aumenta. Finalmente, se abre la válvula de escape y el fluido comprimido se expulsa del cilindro (Serrano, 2013).

Figura 5

Compresor de pistón.



Nota. Compresor de 4 pistones GM. Tomado de (H.Crouse, 1988).

Compresor de tornillo

El compresor de tornillo es un componente de aire que utiliza dos rotores helicoidales, conocidos como rotor de tornillo, para comprimir el aire. Este rotor está diseñado con un perfil especial que permite movimientos sincronizados y compresión eficiente. (Rendle, 2005)

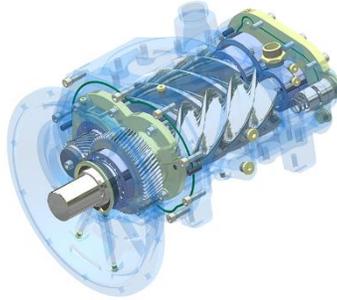
El funcionamiento implica que los dos rotores giran en la dirección opuesta. Cuando el rotor gira, el aire ingresa al espacio entre ellos a través de la entrada de aire. Cuando el rotor gira, el volumen de aire atrapado entre ellos disminuye, produce compresión de aire continuo.

La característica importante del compresor de tornillo es que no tienen una válvula interna, lo que reduce la pérdida de eficiencia y aumenta su capacidad de compresión en comparación con otros tipos de compresores.

En resumen, el compresor de tornillo es un tipo de compresor de aire que utiliza un rotor helicoidal para comprimir el aire de manera eficiente y continua (Serrano, 2013).

Figura 6

Compresor de tornillo.



Nota. Compresor de tornillo rotativo utilizado en industrias automotrices. Tomado de (SERVIMEX, 2023).

Compresor Scroll

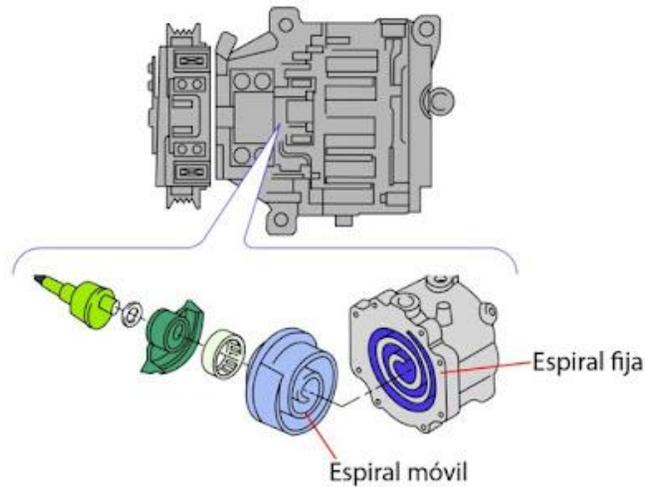
El diseño se basa en dos espirales o pergaminos, uno fijo y un móvil, que está intercalado entre sí para hacer compresión.

El compresor de desplazamiento consta de dos partes principales: scrolls estacionarios y scroll móviles. Los scrolls estacionarios son espirales fijas que tienen ciertas formas, mientras que los scrolls móviles son espirales que pueden moverse excéntricos a scrolls estacionarios. Ambos scrolls tienen una forma complementaria, de modo que el espacio entre ellos se reduce cuando los scrolls móviles se mueven en un movimiento circular o excéntrico.

El proceso de compresión comienza cuando el scroll móvil se mueve, creando una cavidad más pequeña y más pequeña entre el rollo (Rendle, 2005).

Figura 7

Compresor scroll.



Nota. Compresor Scroll compuesto por una espiral móvil y otra fija. Tomado de (Mecánicos, 2016).

Condensador

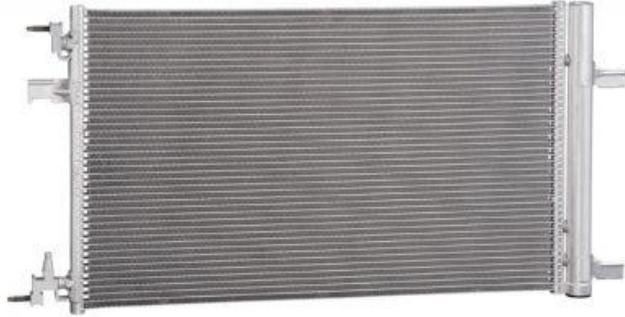
El condensador, en el contexto del sistema de enfriamiento y aire acondicionado, es un componente fundamental utilizado para transferir el enfriador de gas caliente al medio ambiente.

El condensador es una unidad donde el refrigerante está frío y se condensa, pasando del estado de gas al estado líquido. Por lo general, consiste en un tubo de devanado o metal donde circula el refrigerante, y las aletas que ayudan a aumentar la superficie del intercambio de calor (H.Crouse, 1988).

Cuando el refrigerante fluye a través del tubo o serpentina, se encuentra con un flujo de aire externo o enfriador de baja temperatura que absorbe el calor del refrigerante (H.Crouse, 1988).

Figura 8

Condensador.



Nota. Condensador automotriz para aire acondicionado Delphi. Tomado de (PortalAutomotriz.com, 2012).

Ventiladores

Su función principal es distribuir y circular aire frío o caliente, que generan el sistema de aire acondicionado en un área determinada.

El ventilador de aire acondicionado se encuentra en el interior del sistema y está diseñado de tal manera que deben curar el aire a través de los oficiales de ventilación.

Cuando se activa el sistema de aire acondicionado, el ventilador se esfuerza por el área y lo deja pasar por el evaporador, donde se enfría o se calienta de acuerdo con la configuración deseada (Silva, 2020).

Figura 9

Ventilador.



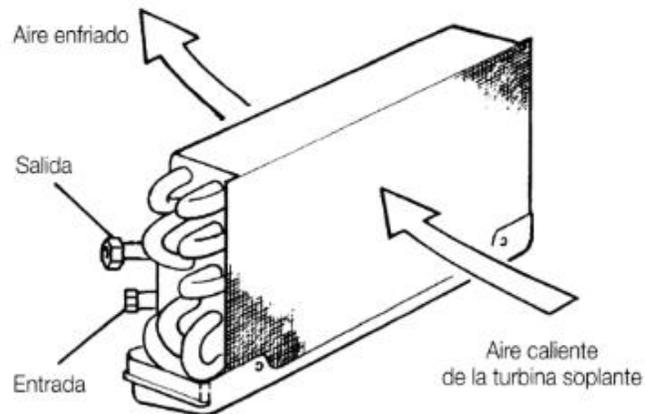
Nota. Doble ventilador de enfriamiento de 7 aspas cada uno. Tomado de (Rodríguez, 2022).

Evaporador

El evaporador es un componente importante en el sistema de aire acondicionado. Se encuentra en la unidad interna del sistema, y su función principal es absorber el calor del aire del medio ambiente y enfriarlo o drenarlo, según sea necesario (Silva, 2020).

El evaporador consiste en una serpentina o un conjunto de tuberías a través de las cuales circula el refrigerante. Estos tubos están diseñados para maximizar la superficie de contacto entre el refrigerante y el aire. El refrigerante, en un estado de líquido y baja presión, ingresa al evaporador del enfriamiento.

Cuando funciona el sistema de aire acondicionado, el ventilador de la unidad interna chupa el aire y hace que pase por la serpentina del evaporador. Cuando el aire fluye en los tubos de ensayo de evaporación, el calor del aire se transfiere al refrigerante (Silva, 2020).

Figura 10*Evaporador.*

Nota. El evaporador transforma el aire caliente en frío. Tomado de (Rendle, 2005).

Acumulador

Es un componente importante que realiza varias características importantes. El objetivo principal es recibir, preservar y ajustar el flujo de líquidos y refrigerantes de vapor en el sistema.

La función es funcionar como un separador de vapor líquido para que solo el refrigerante en forma de vapor esté dirigido al compresor. Esto es importante para evitar que el refrigerante ingrese al compresor porque el refrigerante podría dañar el compresor (H.Crouse, 1988).

Figura 11

Acumulador.



Nota. Acumulador Denso para vehículo Chevrolet Trailblazer. Tomado de (Mundo Repuesto, 2018).

Mangueras y conexiones

Las tuberías conectan los componentes del sistema de aire acondicionado automotriz, teniendo de esta manera un circuito cerrado con el fin de circular el agente frigorífico.

Normalmente un sistema de aire acondicionado cuenta con 4 conexiones:

1. Salida del compresor – Entrada del condensador.
2. Salida del condensador – Depósito deshidratador.
3. Salida del depósito – Válvula de expansión.
4. Válvula de expansión – Compresor.

Encontramos tuberías de alta y baja presión, para las tuberías de alta se recomienda que sean de aluminio o cobre, ya que se van a encontrar a altas temperaturas, mientras que para las de baja se pueden utilizar mangueras de caucho ya que únicamente van a transportar el refrigerante a temperatura ambiente (Hidrobo, 2018).

Figura 12

Tuberías.



Nota. Tubería de alta y baja presión para aire acondicionado. Tomado de (trodo, 2022).

Fluidos refrigerantes de aire acondicionado automotriz***CFC – Clorofluorocarburos***

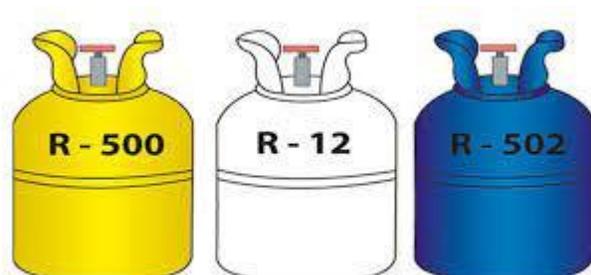
Los clorofluorocarburos se componen de 3 sustancias cloro, flúor y carbono. Su uso es mínimo debido a su alto potencial de destrucción del ozono (EIAireAcondicionado.com, 2023).

Los tipos de refrigerantes CFC son:

- R11
- R502
- R500
- R113
- R13

Figura 13

Refrigerantes CFC.



Nota. Refrigerantes CFC R500, R12 y R502. Tomado de (Yáñez, 2014).

HCFC Hidroclorofluorocarburos

Los hidroclorofluorocarburos se componen hidrogeno, cloro, flúor y carbono. Es un refrigerante que ayuda a la desintegración de la capa de ozono. Uno de los más usados es el refrigerante R-22 (Yañez, 2023).

Figura 14

Refrigerantes HCFC.



Nota. Gas refrigerante R-22 aplicado en equipos de refrigeración. Tomado de (Yañez, 2023).

HFC Hidrofluorocarburos

Los hidrofluorocarburos se componen hidrogeno, flúor y carbono. Creado para reemplazar a los refrigerantes CFC y HCFC, ya que no dañan la capa de ozono, pero si

contribuyen al efecto invernadero. Uno de los refrigerantes más usados en los sistemas de aire acondicionado automotriz es el R-134a (Yañez, 2023).

Figura 15

Refrigerantes HFC.



Nota. Gas refrigerante HFC para industria y aire acondicionado de vehículos. Tomado de (TRANSQUIMICA, 2019).

R-134a

Es un refrigerante de tipo HFC, el cual es amigable con la capa de ozono. Contiene bajos niveles de toxicidad y en ningún caso es inflamable.

Normalmente utilizado en el aire acondicionado de vehículos. Es recomendable que su almacenamiento sea en lugares ventilados. Este refrigerante es el único que permite trabajar con presiones bajas. En el mercado podemos encontrar envases de 30lbs, 340g, 800g y 1000g (Servei, 2023).

Figura 16

R-134a.



Nota. Gas refrigerante HFC de tipo R-134a de 800 gramos.

Motor eléctrico

Un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, normalmente se utiliza para dar movimiento a distintos equipos (S&P, 2019).

Figura 17

Motor eléctrico.



Nota. Motor de acero monofásico, puede ser conectado para red de 110V y 220V. Tomado de (MOTORES ELÉCTRICOS, 2023).

Manómetros

Los manómetros tienen la finalidad de medir presiones, en el mercado se encuentran 2 tipos, uno de color azul que representa la baja presión y otro de color rojo que representa la alta presión (refrigeracionaireacondicionado.com, 2023).

Figura 18

Manómetros.



Nota. En la figura se puede identificar un manómetro de alta presión (rojo) y otro de baja presión (azul). Tomado de (HERSOL, 2023).

Banda de transmisión

Un dispositivo que tiene como función principal transmitir movimiento circular entre 2 elementos (GRUPO HERRES, 2019).

Figura 19

Banda estriada.



Nota. Banda de 6 canales, utilizado para los accesorios del vehículo. Tomado de (mercado libre, 2023).

Válvula de expansión

Es un dispositivo cuya función es regular el flujo de gas refrigerante. Este mismo se encuentra ubicado entre el evaporador y el filtro deshidratador. Tiene la finalidad de controlar la presión y temperatura lo necesario para la transformación en vapor al circular por el evaporador (Rendle, 2005).

Figura 20

Válvula de expansión.



Nota. Válvula de expansión utilizada en vehículos de origen americano, cuenta con 2 entradas de alta y baja presión. Tomado de (Siempre Auto, 2022).

Funcionamiento del sistema de A/C

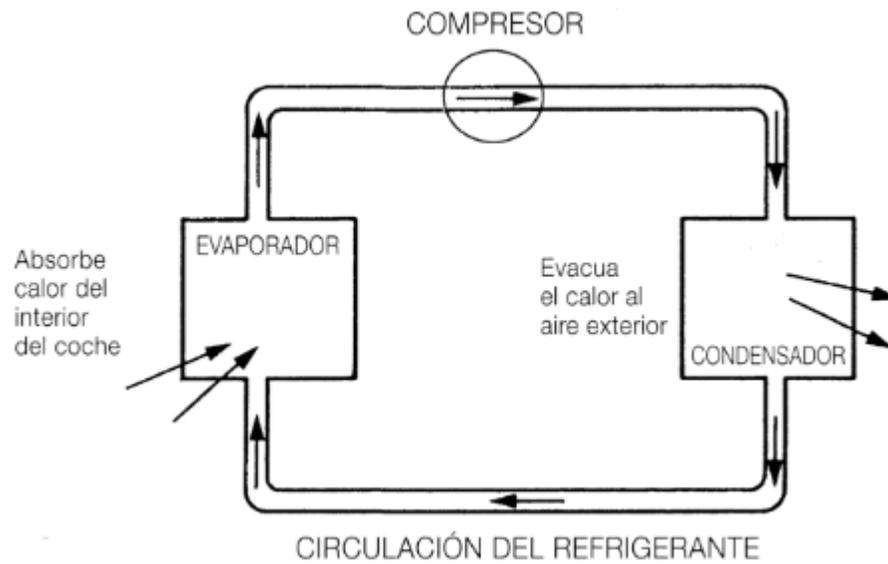
En un sistema de A/C automotriz el primer elemento a trabajar es el condensador el cual inyecta gas refrigerante al evaporador, esto a una alta presión, por lo cual es necesario una válvula de expansión para reducir la misma. Esto causa una disminución de temperatura.

Mientras el gas refrigerante circula por el evaporador, el aire del habitáculo del vehículo fluye por sus aletas externas, el gas refrigerante empieza a hervir y aspira el aire caliente, enfriando así el flujo de aire que recircula al habitáculo.

El compresor juega un papel fundamental, ya que es el encargado de bombear el gas refrigerante en forma de vapor fuera del evaporador y lo inyecta a alta presión en el condensador. Esta alta presión hace que la temperatura del refrigerante aumente por encima del aire exterior, esto provoca condensación líquida que circula nuevamente por el sistema (Rendle, 2005).

Figura 21

Funcionamiento sistema A/C.



Nota. Se puede observar como el gas refrigerante aspira el calor del habitáculo de auto y lo desocupa al aire exterior mediante el condensador. Tomado de (Rendle, 2005).

Capítulo III

Diseño y construcción del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz

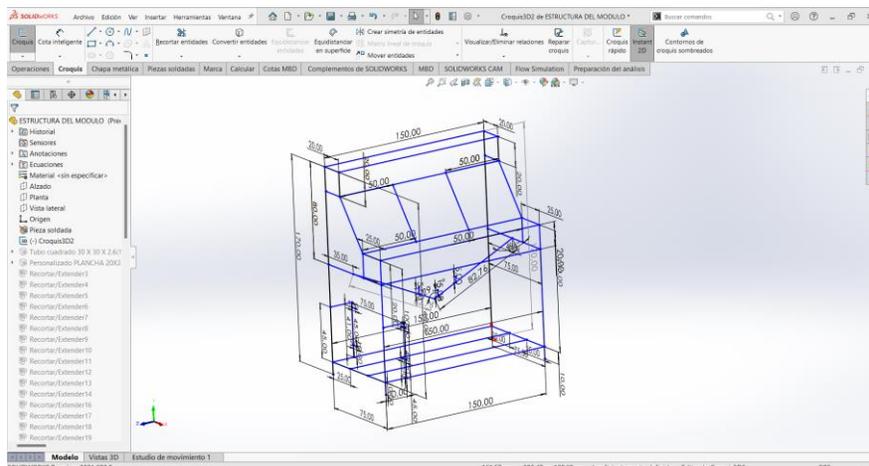
Diseño y construcción de la estructura

Proceso de modelado de la estructura

Para el modelado de la estructura se utilizó el software SolidWorks 2021, en el cual se procedió a realizar su boceto como se muestra en la figura 22, tomando en cuenta las dimensiones descritas en el Anexo A.

Figura 22

Modelado de la estructura.

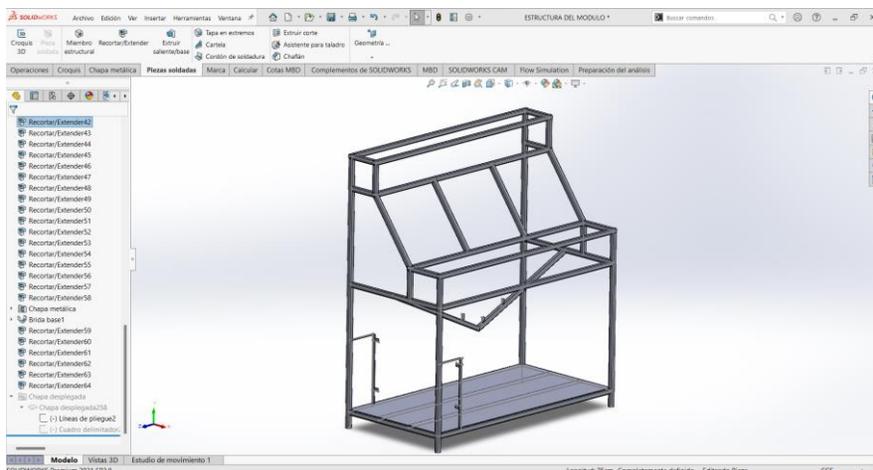


Nota. Diseño de la estructura del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

El siguiente paso fue aplicar los diferentes perfiles de los cuales se construyó la estructura. Los perfiles seleccionados en el software fueron: hierro angular de 20mm x 20mm x 1.5mm y tubo cuadrado de 30mm x 30mm x 1.5mm. La plancha metálica que se utilizó como base para los componentes del aire acondicionado fue de 150cm x 75cm x 1.5mm.

Figura 23

Modelado de la estructura.



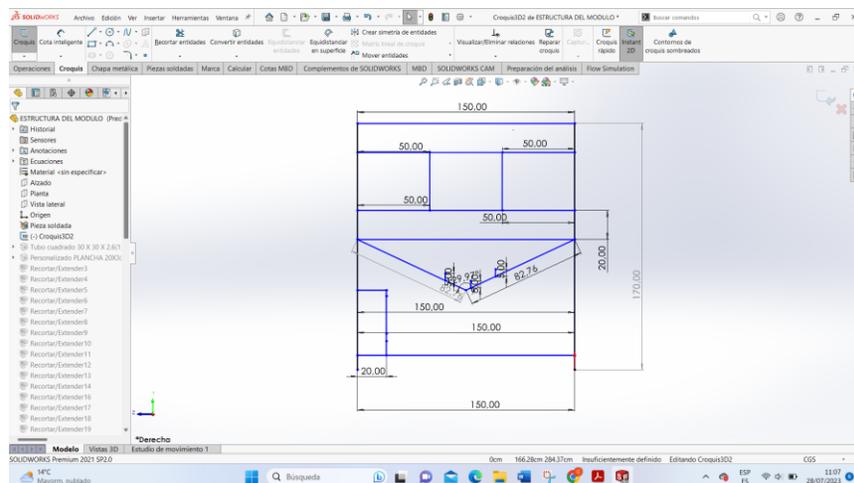
Nota. Aplicación de perfiles de hierro angular y tubo cuadrado para la construcción de la estructura del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Al realizar el análisis estructural evaluamos tanto la resistencia como la estabilidad de nuestra estructura frente a las cargas y fuerzas a la que va estar sometida posteriormente.

Dimensiones de la estructura.

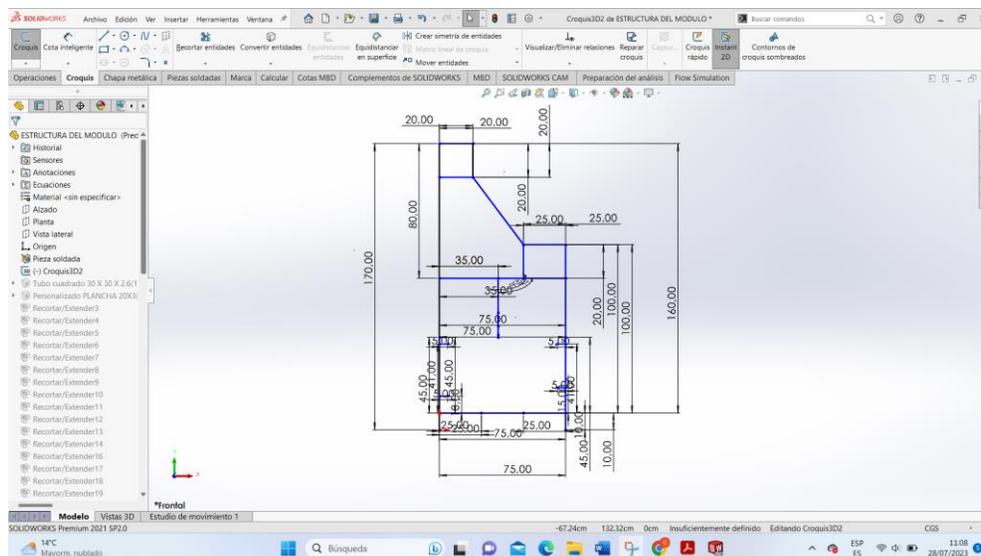
Figura 24

Dimensiones.



Nota. Dimensiones de la estructura en una vista frontal.

Figura 25
Dimensiones.



Nota. Dimensiones de la estructura en una vista lateral derecha.

Materiales utilizados

Se utilizó un tubo estructural cuadrado negro, normalizado de alta calidad y de gran variedad en el mercado nacional, así mismo muy accesible para los usuarios ya que cuenta con diferentes espesores y se encuentran en largos estándar de hasta 6 metros.

Figura 26

Tubo estructural cuadrado.



Nota. Tubo de acero estructural cuadrado normalizado NTE INEN 2415. Tomado de (DICO, 2023).

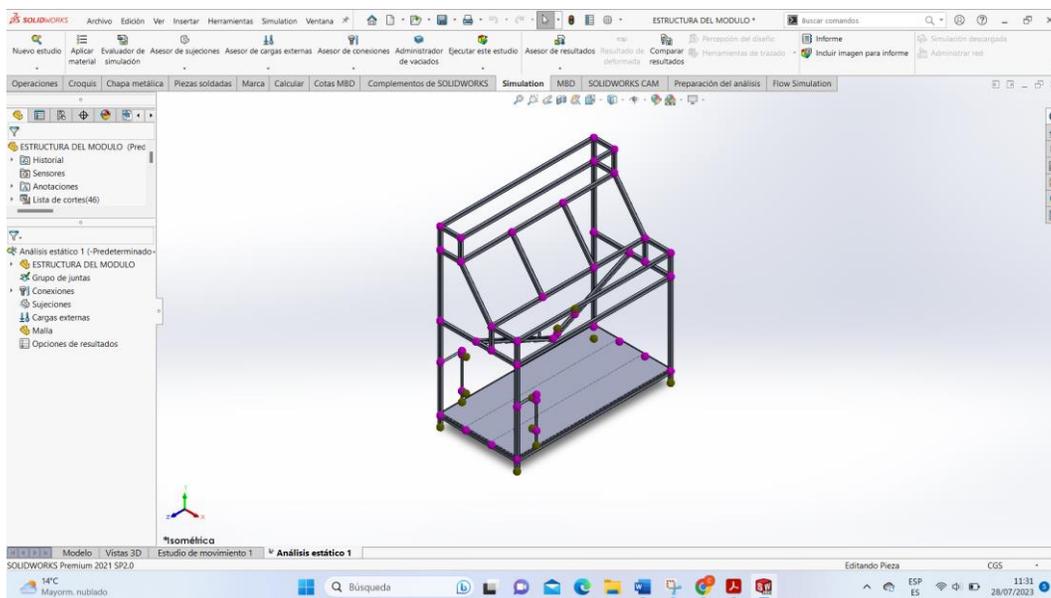
Análisis estático

El objetivo del mismo es determinar las reacciones tanto de apoyo, fuerzas internas como externas y desplazamientos de los diferentes elementos de la estructura.

Al realizar dicho análisis evaluaremos si la estructura es lo suficientemente resistente y estable para soportar las cargas futuras, esto sin sufrir deformaciones o fallos en la estructura.

Figura 27

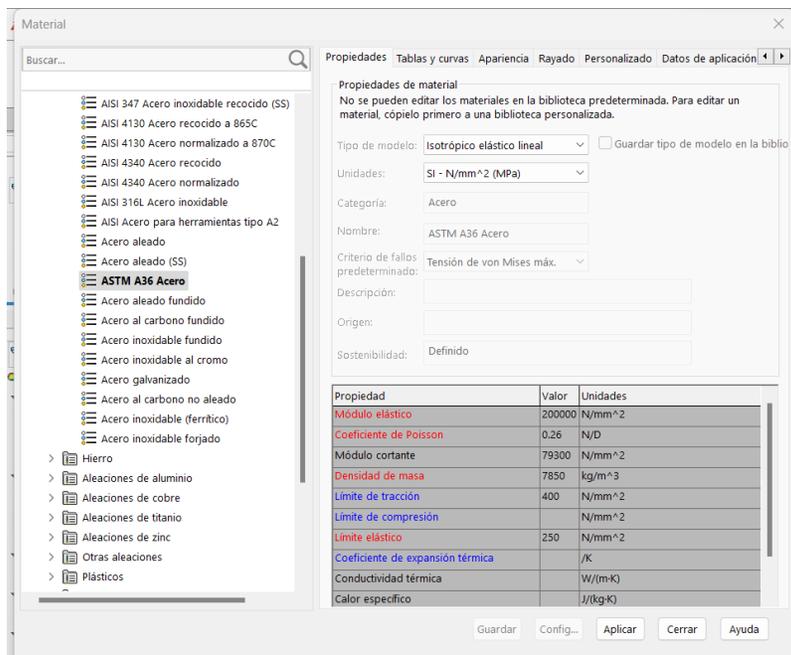
Nodos.



Nota. Distribución de nodos en toda la estructura.

Figura 28

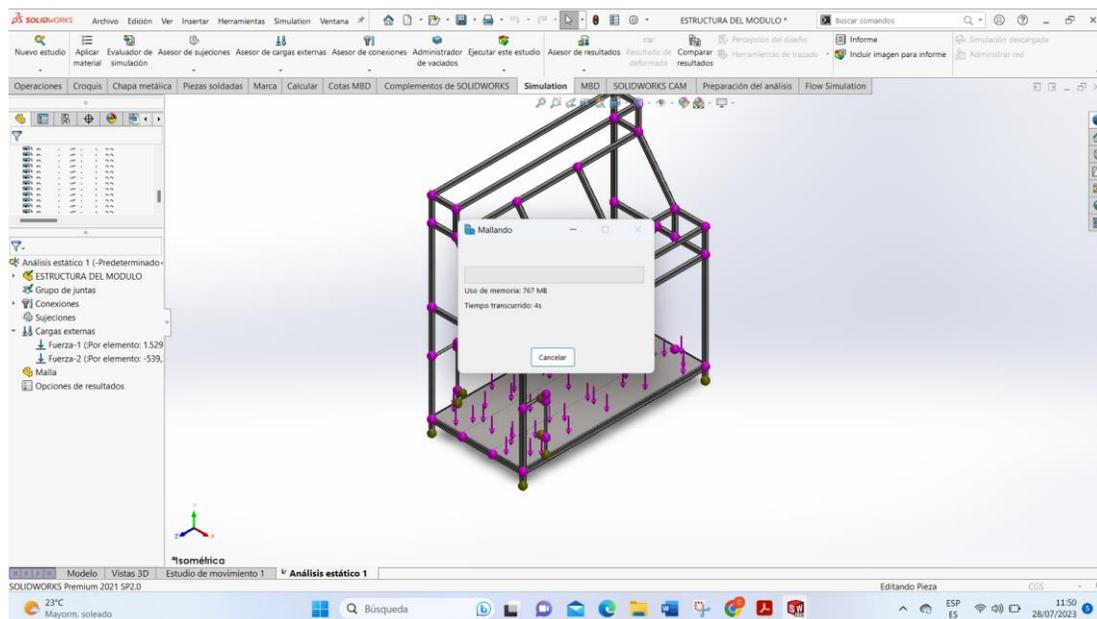
Selección del material.



Nota. Aplicación del material, calidad SAE J 403 1008 a toda estructura.

Figura 29

Mallado y ejecución.

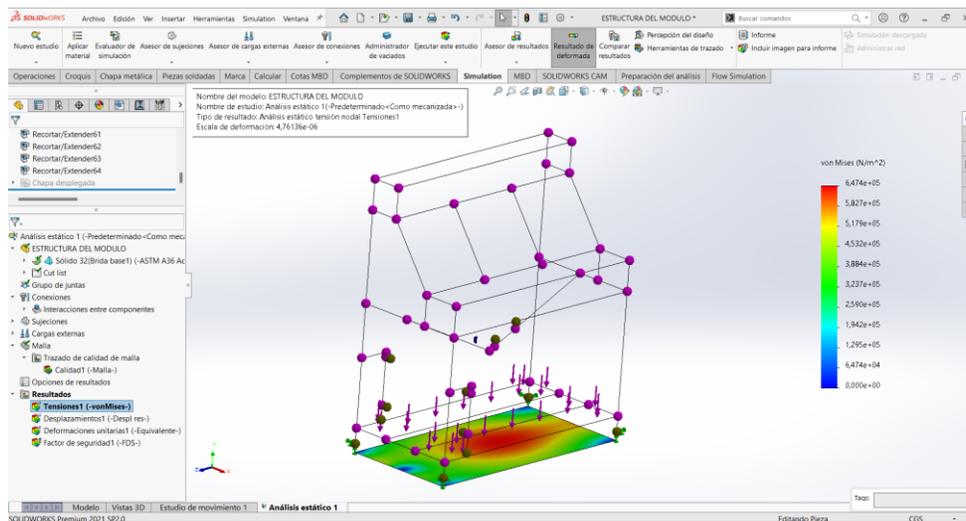


Nota. Mallado automatizado a toda la estructura y proceso de ejecución de estudio.

Análisis de resultados

Figura 30

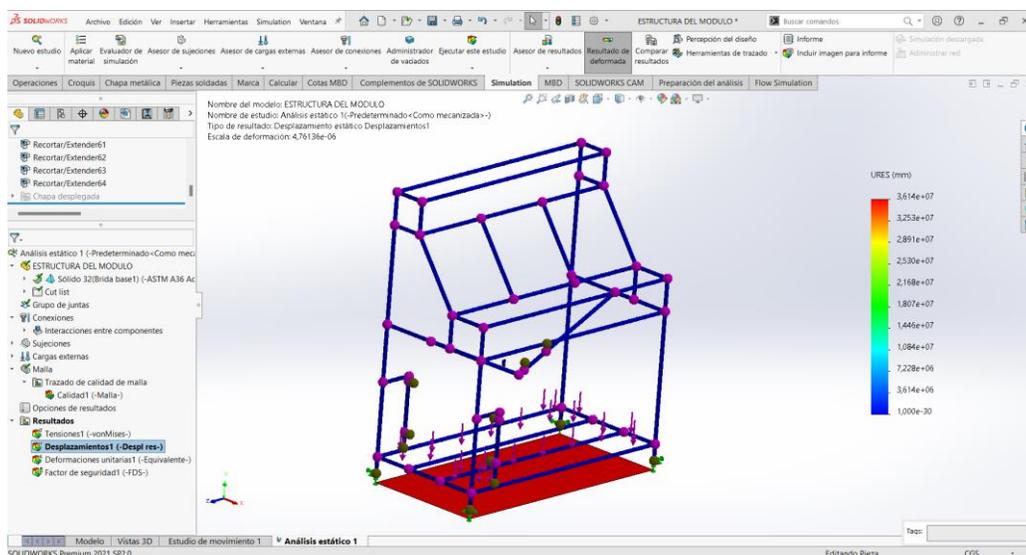
Tensiones.



Nota. Tensiones máximas y mínimas que sufre la estructura.

Figura 31

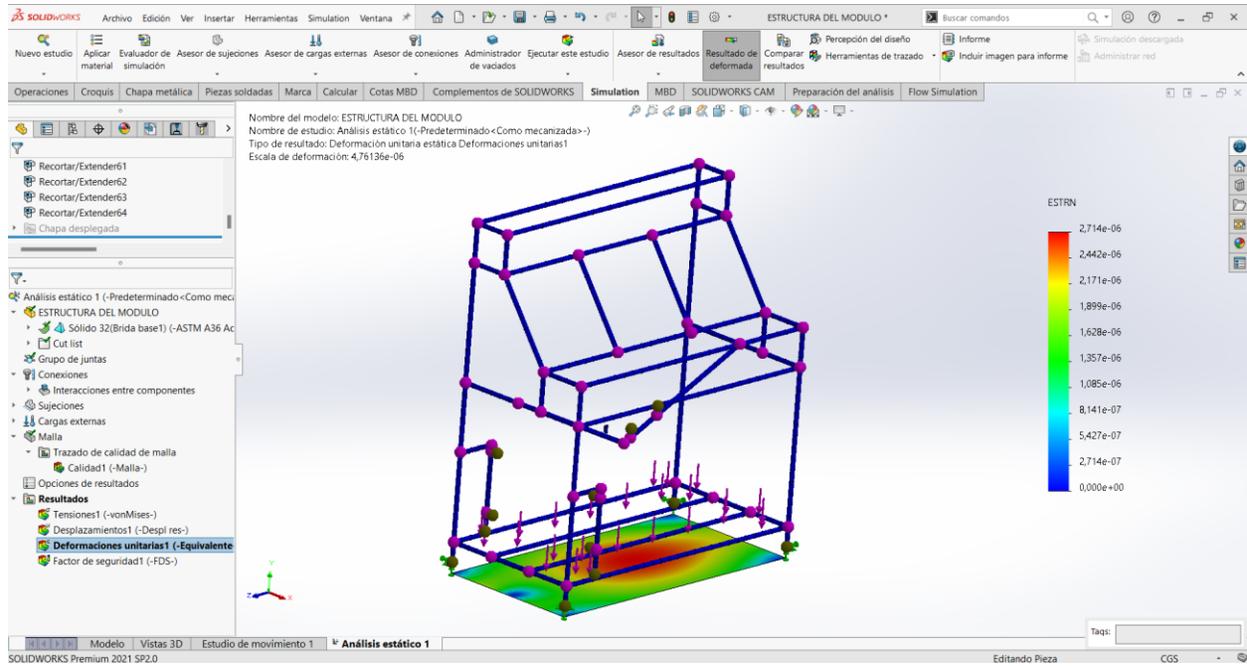
Desplazamiento.



Nota. Desplazamientos que sufre la estructura, tanto máximos como mínimos.

Figura 32

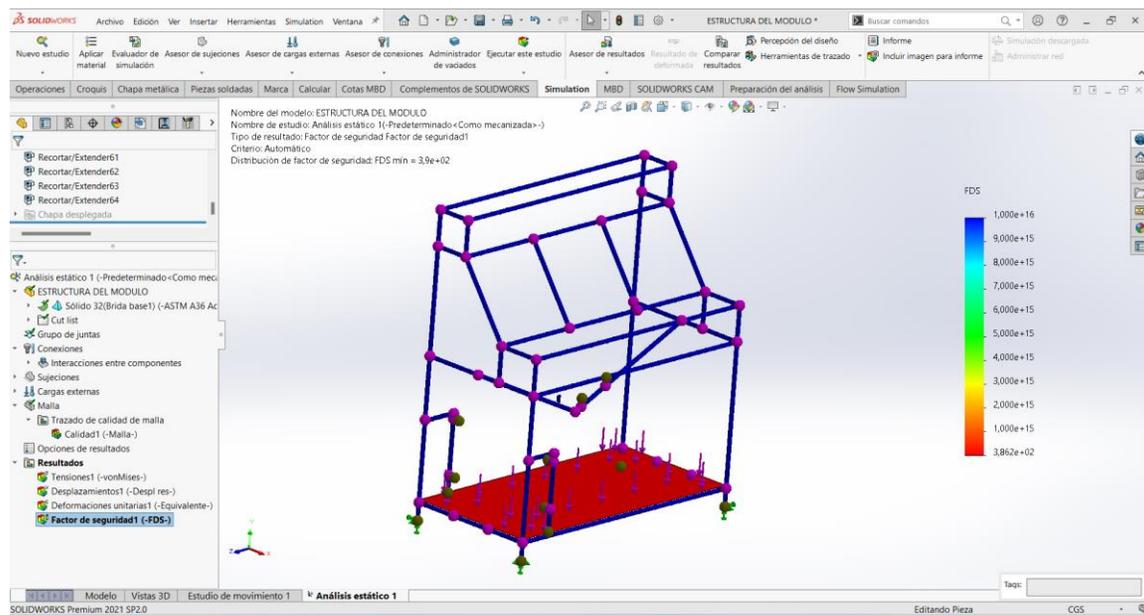
Deformaciones unitarias.



Nota. Se aprecia que la deformación unitaria va ser mínima en los extremos de la estructura.

Figura 33

Factor de seguridad.



Nota. Se aprecia un factor de seguridad mínimo de 3.9, lo cual cumple con lo establecido.

Selección del perfil estructural

Para la selección del perfil estructural, fue necesario considerar varios puntos que afectarán tanto al rendimiento y seguridad de la estructura. A continuación se detallan los pasos y consideraciones principales para este proceso.

Cálculo de cargas

- Carga muerta de la estructura

Peso (kg): 150

- Cargas vivas

Tabla 2

Cargas vivas.

Componente	Peso (kg)
Compresor	10
Motor eléctrico	20
Electroventilador	3
Condensador	4
Bloque de aire acondicionado	15
Mangueras	1
Accesorios	10
	63

Nota. Peso de cada uno de los componentes montados en el módulo de aire acondicionado automotriz.

Materiales disponibles

En el mercado actual se pueden encontrar diferentes materiales para perfiles estructurales como:

- Acero

- Aluminio
- Madera, etc.

Tipos de perfiles

En el mercado podemos encontrar muchos tipos de perfiles, entre los cuales tenemos las vigas, columnas, tubos, perfiles en U, perfiles en H. En base a nuestra aplicación la geometría que más acorde es la de un tubo cuadrado.

Figura 34

Tubo cuadrado.



Nota. Tubo cuadrado negro galvanizado con un largo normal de 6 metros. Tomado de (Metalhiero, 2021).

Costo

Debemos considerar el costo del tubo, en este caso necesitamos 10 tubos, el valor de cada tubo es de 6 \$, teniendo así un costo máximo de 60 \$, el cual es muy accesible.

Tomando en cuenta estos factores para la selección del perfil, se ha elegido el tubo estructural cuadrado negro.

Este es un tubo normalizado NTE INEN 2415, con una calidad SAE J 403 1008, usado usualmente en carrocerías metálicas, techos, estructuras, etc.

Tabla 3

Especificaciones generales del tubo estructural.

Norma	NTE INEN 2415
Calidad	SAE J 403 1008
Acabado	Acero negro y galvanizado
Largo normal	6 m
Dimensiones	20 mm a 100 mm
Espesor	1.20 mm a 5 mm

Nota. Los datos fueron extraídos de la ficha técnica del tubo. Tomado de (DIPAC, 2023).

Proceso de construcción de la estructura

Luego a haber realizado la selección de los perfiles y la plancha metálica para la construcción de la estructura se procedió con la adquisición de los materiales. Considerando las dimensiones del plano estructural descrito en el anexo A se realizaron los respectivos cortes de los tubos cuadrados y ángulo estructural que posteriormente fueron soldados, para dicha actividad se utilizó la técnica de soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW) y electrodo 6011, el cual tiene una rápida solidificación, facilitando de esta manera la soldadura en posición vertical, horizontal y plana.

Figura 35

Construcción de la estructura.



Nota. Proceso de corte y soldado de los tubos cuadrados y ángulos de la estructura.

Para evitar la degradación del acero de los tubos estructuras, se procedió a pintar con pintura spray de color negro mate. Finalmente, se instalaron las garruchas para 1000kg, las cuales soportarían fácilmente las diferentes cargas generadas por los componentes del sistema de aire acondicionado.

Figura 36

Construcción de la estructura.



Nota. Instalación de garruchas para 1000kg y terminados finales de la estructura.

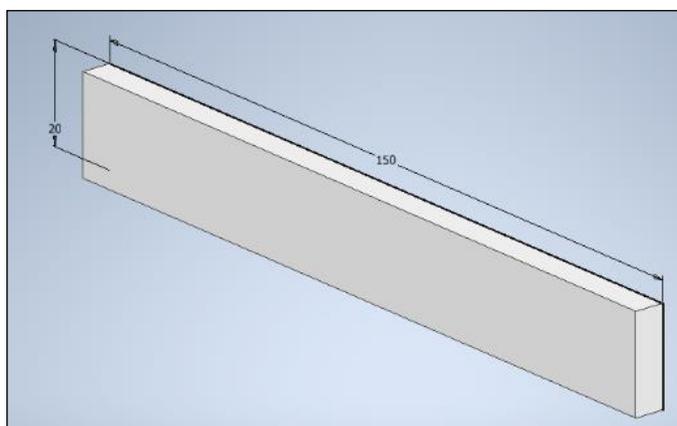
Dimensionamiento e instalación de las planchas de MDF

Para el dimensionamiento de las planchas MDF de 3 y 6 mm de espesor se debe tomar en cuenta las medidas de la estructura con el fin de cubrir la misma.

Mediante el software Inventor se ha dimensionado las 7 planchas que van a ser instaladas en la estructura, para esto se trabajó en el sistema CGS.

Figura 37

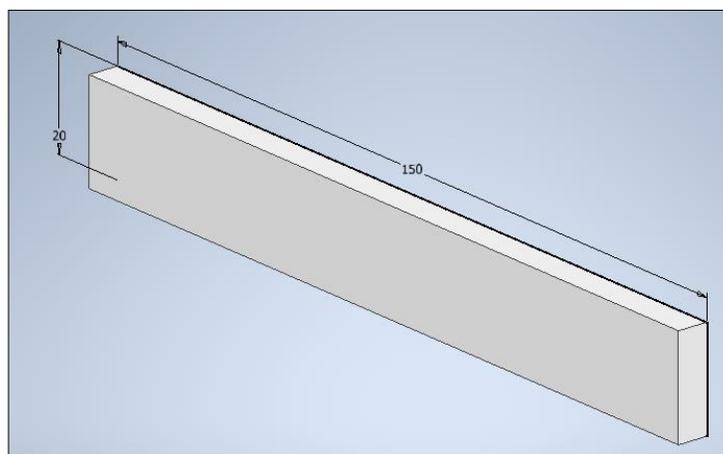
Plancha #01.



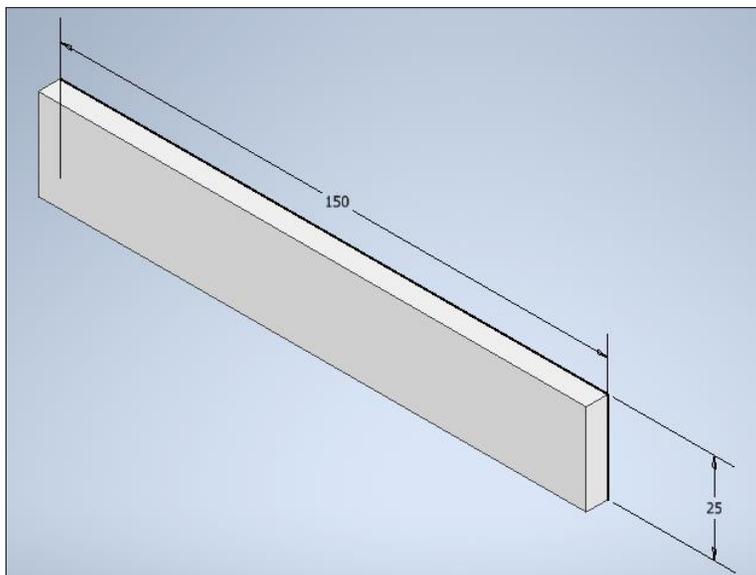
Nota. Las dimensiones de la plancha son de (150x20x0.3) cm.

Figura 38

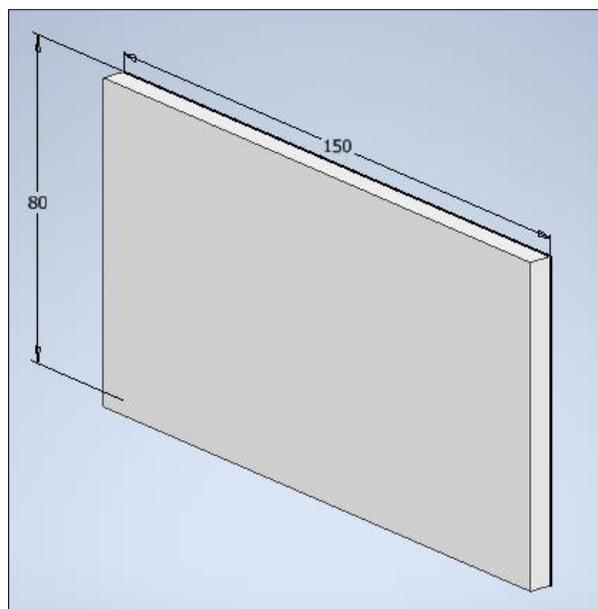
Plancha #02.



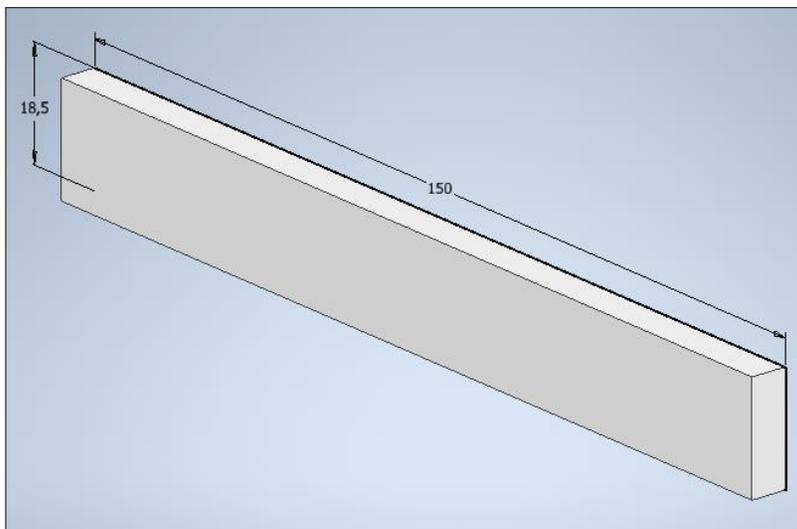
Nota. Las dimensiones de la plancha son de (150x20x0.3) cm.

Figura 39*Plancha #03.*

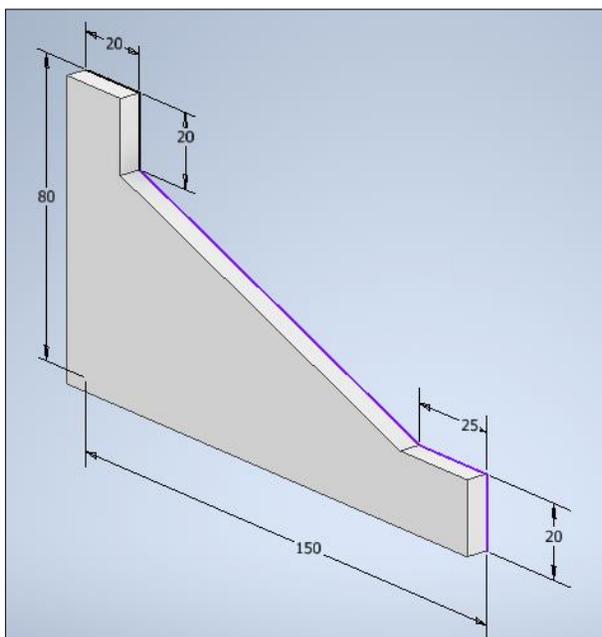
Nota. Las dimensiones de la plancha son de (150x25x0.3) cm.

Figura 40*Plancha #04.*

Nota. Las dimensiones de la plancha son de (150x80x0.3) cm.

Figura 41*Plancha #05.*

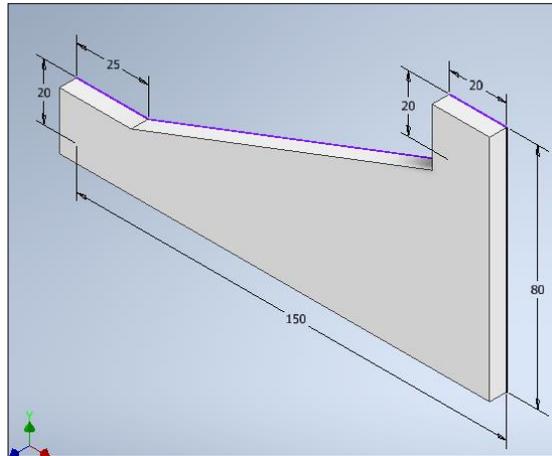
Nota. Las dimensiones de la plancha son de (150x18.5x0.3) cm.

Figura 42*Plancha #06.*

Nota. Se puede observar las dimensiones de la plancha para el recubrimiento lateral (derecha) de la estructura.

Figura 43

Plancha #07.



Nota. Se puede observar las dimensiones de la plancha para el recubrimiento lateral (izquierda) de la estructura.

Una vez dimensionadas las planchas, se procedió a cortar las mismas, para su futura instalación.

Figura 44

Corte de planchas.



Nota. Proceso de corte de las planchas MDF en una máquina especializada.

Para su instalación fue necesario pernos M10, tuercas, rodela, llaves de ajuste, silicona transparente, remaches, remachadora, taladro, brocas.

Figura 45

Agujeros para colocar las planchas en la estructura.



Nota. Proceso de perforación en la estructura con un taladro para la instalación de las planchas.

Figura 46

Planchas cortadas.



Nota. Planchas de MDF cortadas y listas para la instalación.

Figura 47

Instalación completa de las planchas MDF.



Nota. Recubrimiento completo en la parte superior de la estructura con MDF.

Selección y adquisición de los componentes

Selección del motor eléctrico

La selección del motor eléctrico se realizó a partir de las especificaciones del compresor de aire acondicionado que viene instalado en el vehículo Chevrolet Sail 2021.

Tabla 4

Datos técnicos del compresor.

Denominación	Descripción
Marca	SANDEN
Voltaje	12V
Diámetro de la polea	120mm
Anclajes	Cuatro puntos de anclaje

Denominación	Descripción
Cantidad de aceite	100 cc
Refrigerante	R134a
Ranuras de la polea	6
Rango de velocidad	700 – 8000 rpm
Capacidad de enfriamiento	6.5kW

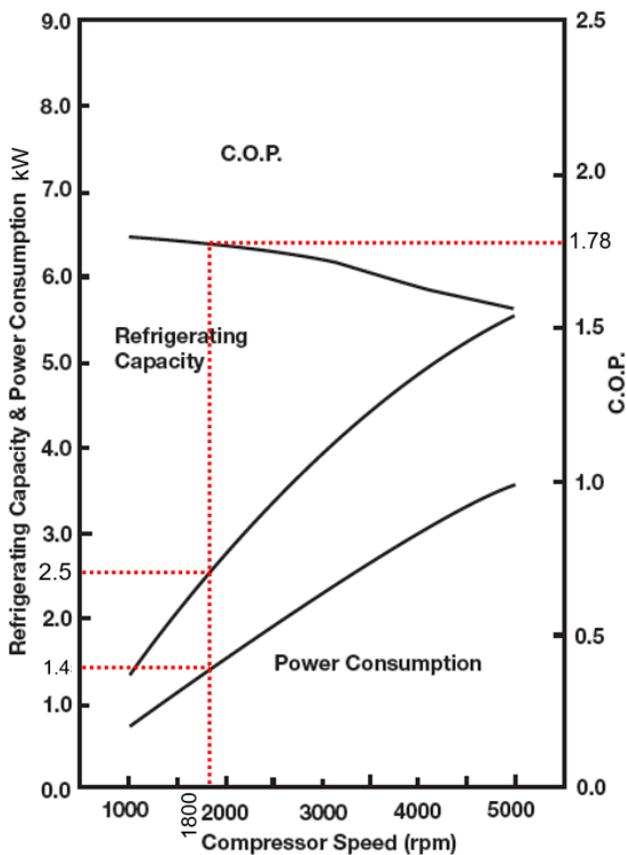
Nota. Los datos descritos en la tabla fueron obtenidos de la placa de características del compresor Sanden.

EL régimen de giro de un compresor del sistema de aire acondicionado automotriz cuando el vehículo se desplaza por la ciudad es de 1800 rpm (López López & Villacís Benítez, 2021).

Del diagrama de curvas de funcionamiento se obtiene la potencia consumida, la capacidad frigorífica y el coeficiente de rendimiento del compresor.

Figura 48

Diagrama de curvas de funcionamiento del compresor.



Nota. Valores de potencia consumida, capacidad frigorífica y coeficiente de rendimiento del compresor Sanden. Tomado de "SANDEN" (Sanden, 2023).

Potencia consumida: 1.4 kW

$$1.4kW \left(\frac{1.341hp}{1kW} \right) = 1.87hp$$

Capacidad frigorífica: 2.5kW

$$2500W \left(\frac{0.86kcal/h}{1W} \right) = 2150kcal/h$$

$$2150 \frac{kcal}{h} \left(\frac{3.97BTU}{1 \frac{kcal}{h}} \right) = 8535.5BTU$$

COP: Coeficiente de rendimiento: 1.78

De esta manera el motor eléctrico que se debe seleccionar es de 2hp, debido a que la potencia consumida por el compresor a 1800rpm será de 1.87hp.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del motor eléctrico seleccionado:

Tabla 5

Especificaciones del motor eléctrico.

Denominación	Descripción
Marca	WEG
Tipo de motor	Monofásico
Potencia	2hp
Número de polos	4
Frecuencia	60hz
Rotación nominal	1720RPM
Diámetro del eje	15.87mm
Tensión nominal	110/220V
Corriente nominal	23.4/11.7A
Torque nominal	8.2866Nm

Nota. Los datos descritos en la tabla fueron obtenidos de la placa de características del motor eléctrico WEG.

Selección de la polea

Teniendo en cuenta que el compresor debe girar a 1800rpm y que el diámetro de su polea es de 120 mm, además el motor eléctrico monofásico de 2hp gira a 1720rpm, se procede a realizar la selección de la polea, para lo cual se realiza el siguiente cálculo:

Datos:

Diámetro de la polea del motor eléctrico: $d_1 = ?$

Régimen de giro del motor eléctrico: $N_1 = 1730rpm$

Diámetro de la polea del compresor: $d_2 = 120mm$

Régimen de giro del compresor: $N_2 = 1800rpm$

$$d_1 \cdot N_1 = d_2 \cdot N_2$$

$$d_1 = \frac{d_2 \cdot N_2}{N_1}$$

$$d_1 = \frac{120mm \cdot 1800rpm}{1730rpm}$$

$$d_1 = 124.85mm$$

Por lo tanto, se debe seleccionar una polea de 125mm de diámetro que irá instalada en el eje del motor eléctrico.

Selección de la banda de transmisión

Para la selección de la banda de transmisión que conecta el motor eléctrico con el compresor se procede a realizar el siguiente cálculo:

Datos:

Longitud de la banda: $L = ?$

Distancia entre centros: $C = 440mm$

Diámetro de la polea del motor eléctrico (motriz): $d_1 = 125mm$

Diámetro de la polea del compresor (conducida): $d_2 = 120mm$

$$L = 2C + 1.57(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(440mm) + 1.57(120mm + 125mm) + \frac{(120mm - 125mm)^2}{4(440mm)}$$

$$L = 1264.85mm$$

El largo de la banda es de 1264.85mm, por lo tanto, se ha optado por seleccionar una banda 6PK1270 para garantizar que el compresor gire a 1800rpm.

Tabla 6*Especificaciones de la banda de transmisión*

Denominación	Descripción
Sección	PK
Canales	6
Longitud (mm)	1270
Altura (mm)	4.6
Ancho (mm)	21.36
Distancia entre los dientes (mm)	3.56

Nota. Datos técnicos: denominación y descripción de la banda de transmisión. Tomado de “SKF Power Transmission Products”. Tomado de (SKF, 2016).

Selección del refrigerante

Para la selección de nuestro refrigerante, debemos tener en cuenta varios factores, ya que afecta tanto al rendimiento como a la eficiencia del sistema de aire acondicionado.

Es importante tener en cuenta las regulaciones locales y los requisitos específicos de los equipos.

Los factores esenciales que se deben considerar son:

- Eficiencia térmica
- Impacto ambiental
- Compatibilidad con el equipo

Una vez determinado todos estos factores, en este caso elegimos el refrigerante R-134a de hidrofluorocarbono, este es uno de los refrigerantes más comunes que se utiliza en el sistema de aire acondicionado en vehículos automotores, el mismo como ventaja no agota la

capa de ozono, tiene una gran estabilidad tanto térmica como química, es bajo en toxicidad y en ningún caso es inflamable.

De igual manera se realizó un estudio en diferentes talleres de la ciudad que se especializan en el ámbito de aire acondicionado, lo cual como resultado nos dio que este refrigerante es muy común gracias a su rendimiento y valor económico que es muy accesible para los usuarios.

Figura 49

Refrigerante R-134a.



Nota. Gas refrigerante HFC de tipo R-134a de 800 gramos.

Tabla 7

Propiedades físicas del refrigerante R-134a.

Propiedades físicas	Unidades	R-134a
Peso molecular	(g/mol)	102
Punto de ebullición (a 1,013 bar)	(°C)	-26.1
Punto de congelación	(°C)	-103
Temperatura crítica	(°C)	101.1

Propiedades físicas	Unidades	R-134a
Presión crítica	(bar abs)	40.67
Densidad crítica	(Kg/m ³)	508
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m ³)	1.206
Densidad del líquido (0°C)	(Kg/m ³)	1.293
Densidad del vapor saturado (a punto ebull.)	(Kg/m ³)	5,28
Presión de vapor (25°C)	(bar abs)	6.657
Presión de vapor (0°C)	(bar abs)	2,92
Calor de vaporización a punto de ebullición	(KJ/Kg)	217,2
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	1.44
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	0.85
Viscosidad del líquido (25°C)	(cP)	0.202
Inflamabilidad	-	No
Presión superficial (25°C)	(mN/m)	8,09
Solubilidad del R134a en agua (25°C a 1,013 bar)	(wt%)	0.15
Capacidad volumétrica refrig. (-25°C)	(Kg/m ³)	1192.11

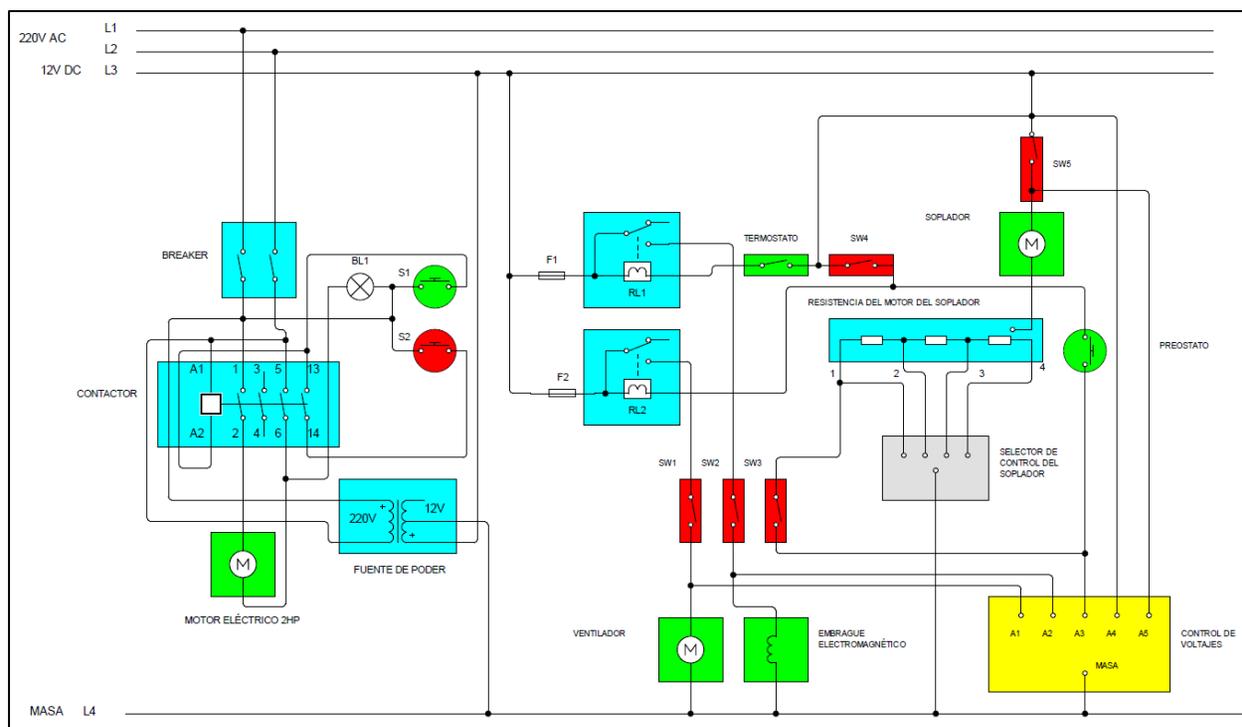
Nota. Las siguientes propiedades del gas refrigerantes R-134a fueron sacadas de la ficha técnica del mismo. Tomado de (TRANSQUIMICA, 2019).

Diseño eléctrico del sistema de aire acondicionado

Diseño del circuito eléctrico

Figura 50

Circuito eléctrico del sistema de aire acondicionado automotriz.



Nota. La denominación de los componentes eléctricos utilizados en el diseño del circuito eléctrico se describe en la tabla 8.

Tabla 8

Denominación de los componentes eléctricos.

Código	Denominación
L1	Línea de fase 220V AC
L2	Línea de neutro AC
L3	Línea de 12V DC
L4	Línea de masa DC
BL1	Luz testigo del funcionamiento del motor eléctrico

Código	Denominación
S1	Pulsador de marcha
S2	Pulsador de paro
RL1	Relé del embrague electromagnético
RL2	Relé del ventilador
F1	Fusible del embrague electromagnético
F2	Fusible del ventilador
SW1	Interruptor de falla en el ventilador
SW2	Interruptor de falla en el embrague electromagnético
SW3	Interruptor de falla en el presostato
SW4	Interruptor de falla en el termostato
SW5	Interruptor de falla en el soplador (Blower)
A1	Voltaje del ventilador
A2	Voltaje del embrague electromagnético
A3	Voltaje del presostato
A4	Voltaje del termostato
A5	Voltaje del soplador (Blower)
MASA	Masa para el control de voltajes

Nota. Códigos y denominaciones de los componentes eléctricos utilizados en el diseño del circuito eléctrico de sistema de aire acondicionado.

Selección de elementos eléctricos

Uno de los sistemas más importantes es el eléctrico, el cual trabaja a 12V, con respecto a esto se realiza la selección de los componentes.

Para las conexiones se utilizó cable 16.

Figura 51

Cable 16 para conexiones.



Nota. Cables numero 16 rígido de varios colores para una conexión adecuada. Tomado de (Top Cable, 2020).

Para proteger todo el sistema de aire acondicionado se implementa relay de 12V/80A.

Figura 52

Relay.



Nota. Relay de 12 Voltios y 80 Amperios, utilizado normalmente en vehículos livianos.

Para protección de componentes como el electroventilador o el embrague electromagnético se implementa fusibles de 7.5A y 10A.

Figura 53

Fusible.

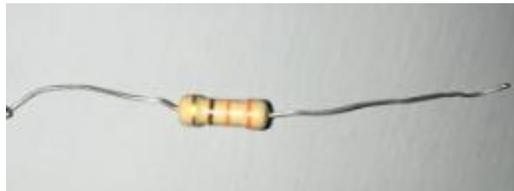


Nota. Fusible de 7.5 amperios con su respectiva funda de protección.

Para proteger los leds indicadores de falla, se utiliza resistencias.

Figura 54

Resistencia.



Nota. Resistencia de 330 ohmios.

Se implementa una fuente de poder, esto debido que el motor eléctrico trabaja a 220V, mientras que el sistema A/C a 12V, esto con el fin de no adquirir batería y alternador.

Figura 55

Fuente de poder.



Nota. Fuente de poder de 220V a 12V o 110V a 12V, con ventilación en la parte superior.

Para el accionamiento de fallas, se implementa interruptores, para el abrir o cerrar el circuito.

Figura 56

Interruptor.



Nota. Interruptor de abertura o cierre de circuito.

Para los indicadores de fallas se implementa leds.

Figura 57

Led.



Nota. Led de 5V color rojo.

Para el encendido del sistema de A/C, se implementa 2 pulsadores eléctricos de un solo accionamiento.

Figura 58

Pulsadores.



Nota. Pulsadores de marcha (verde) y de paro (rojo), para el accionamiento del módulo de aire acondicionado automotriz.

Para la protección contra caídas de tensión en el motor eléctrico se implementa un contactor, así mismo este servirá para permitir o no el paso de corriente.

Figura 59

Contactor.

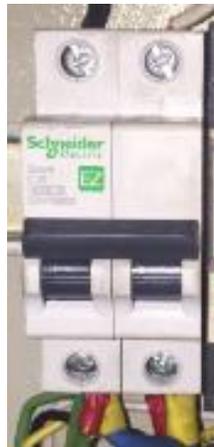


Nota. Contactor CNC, modelo CJX2s de 25A, voltaje de bobina 220V y 7.5 HP.

Para evitar daños en el sistema de A/C a causa de cortocircuitos, se implementa un breaker, este interrumpirá al momento de una sobrecarga.

Figura 60

Breaker.



Nota. Breaker Schneider de 2 polos de 10A, usado en instalaciones eléctricas de domicilios.

Capítulo IV

Montaje y pruebas del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz

Montaje de los componentes mecánicos en la estructura

El módulo didáctico de aire acondicionado automotriz es un equipo de entrenamiento que permite al estudiante conocer los componentes, comprender el funcionamiento, posibilitar el análisis de presiones, temperaturas y diagnóstico de las averías más comunes en el sistema A/C.

Se ha tomado en cuenta lo anteriormente descrito para diseñar e implementar un módulo didáctico de aire acondicionado amigable con el estudiante que facilite el aprendizaje y entendimiento del sistema, con lo cual se obtendrán habilidades analíticas para el diagnóstico y solución de las fallas.

A continuación se presentan los materiales, componentes y dispositivos utilizados en la implementación del módulo:

Tabla 9

Elementos utilizados en la construcción del módulo didáctico de A/C automotriz.

Elementos	Detalle
Materiales estructurales	Planchas de MDF con recubrimiento blanco
	Tubo cuadrado de 30mm x 30mm x 1.5mm
	Ángulos de 20mm x 20mm x 1.5mm
	Plancha metálica
	Garruchas para 1000kg
Componentes eléctricos	Contactor de CA trifásico de 220V, 3 polos
	Fuente de poder de 220V CA a 12V CC
	Breaker de 2 polos
	Motor monofásico de 2hp

Elementos	Detalle
	Termostato eléctrico Relés Interruptores de tres pines Fusibles Lámparas indicadoras
Componentes del sistema de aire acondicionado	Compresor de A/C Ventilador Condensador Evaporador Soplador (blower) Válvula de expansión Mangueras de alta y baja presión Refrigerante R134a Banda 6PK1270
Dispositivos de medición y comprobación	Conjunto de manómetros Termómetro digital

Nota. Materiales estructurales, elementos eléctricos, mecánicos y de comprobación utilizados en la implementación del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Antes de realizar la instalación de los componentes eléctricos y mecánicos del sistema de aire acondicionado se debe verificar su buen funcionamiento y si es el caso realizar las reparaciones pertinentes.

Para el montaje de los componentes del sistema de aire acondicionado sobre la estructura, se procedió de la siguiente manera:

- 1) Instalación de las planchas de MDF en la estructura. En este paso se utilizaron tornillos, remaches y silicón para la fijación de las planchas.

Figura 61

Instalación de las planchas de MDF.



Nota. Las planchas de MDF sirven de soporte para la instalación de los accesorios y elementos eléctricos del sistema de aire acondicionado.

- 2) Sujeción del bloque del aire acondicionado. Para mantener fijos estos componentes se implementaron cuatro puntos de apoyo en la estructura.

Figura 62

Instalación del bloque de aire acondicionado.



Nota. El bloque de aire acondicionado representa alrededor del 40% del sistema de aire acondicionado, debido a que en él se encuentran instalados los siguientes componentes: soplador, evaporador, válvula de expansión y módulos eléctricos.

- 3) Instalación el condensador y ventilador. Se vio conveniente instalar el condensador y ventilador a un costado de la estructura, en este caso a su lado derecho, esto con

la finalidad de apreciar mejor cada componente del sistema, mejorar la disipación de calor y aprovechar al máximo el espacio disponible.

Figura 63

Instalación del condensador y ventilador.



Nota. El ventilador tiene que ir instalado en la parte posterior del condensador con la finalidad de disipar la mayor cantidad de calor producido por el refrigerante R134a.

- 4) Para la instalación del motor eléctrico y compresor, se procedió a construir bases desmontables para cada componente, con la finalidad de evitar daños en la plancha metálica de la estructura debido a las vibraciones.

Figura 64

Instalación del motor eléctrico y compresor.



Nota. La distancia entre el compresor y el motor eléctrico es definida por la banda de transmisión, además es fundamental que exista una adecuada tensión de la misma.

- 5) Instalación de las cañerías de alta y baja presión. Se realizaron las adaptaciones correspondientes en las cañerías, esto debido a que el compresor, condensador y bloque de A/C estaban dispuestos en diferentes lugares a comparación de su disposición original en el vehículo Chevrolet Sail.

Figura 65

Instalación de las cañerías de alta y baja presión.



Nota. La cañería de menor diámetro es la de alta presión y la que permite la salida del refrigerante en estado gaseoso desde el compresor, mientras que la cañería de mayor diámetro es la de baja presión y es la que permite el retorno del refrigerante.

- 6) Distribución del aire acondicionado automotriz. Se instalaron tubos flexibles para dividir el flujo de aire de acuerdo a los diferentes modos de salida.

Figura 66

Distribución del aire acondicionado.



Nota. El aire acondicionado es dirigido desde el bloque de A/C hacia las salidas de aire.

Figura 67

Salidas del aire.



Nota. Salidas de aire acondicionado para parabrisas y rostro.

Conexión eléctrica del sistema de A/C

Para la conexión eléctrica del sistema se utilizó cable sólido #16, para una mayor protección todos los cables están dentro de manguera corrugada y sujetas con amarras de plástico.

- 7) Para el accionamiento del motor eléctrico monofásico, conectamos la línea de fase 220V AC y línea de neutro AC al breaker, del mismo salen 2 cables a los pines 1 y 5 del contactor y del pin 2 y 6 sale al motor eléctrico.

Figura 68

Conexión para el accionamiento del motor monofásico.



Nota. El cable solido de color negro es la línea de 220V AC que ingresa a la entrada del breaker, mientras que el cable solido de color blanco es el neutro que ingresa a la otra entrada del breaker, de las salidas salen 2 cables solidos de color azul hacia el contactor, del cual saldrán 2 cables negro y blanco hacia el motor monofásico.

Pruebas de funcionamiento del sistema de A/C***Inspección de fugas***

La inspección de fugas en el sistema de aire acondicionado es una de las fallas más comunes, por lo cual es indispensable realizar las respectivas pruebas para verificar que no se esté perdiendo el refrigerante, que por lo general se debe a cañerías rotas, condensador fisurado, fugas por el compresor, etc.

Una prueba fácil y rápida que se puede realizar es mediante una solución de agua y detergente, la cual permitirá cubrir toda la zona de las cañerías de baja y alta presión. En el caso que existiera alguna fuga del refrigerante, al instante se formarían burbujas en esa zona.

También se puede utilizar un detector de fugas, este dispositivo tiene una sonda que, al pasarlo por la cañería, inmediatamente generará un pitido o una luz indicadora en el caso de detectar una fuga.

En el módulo de aire acondicionado, los manómetros al estar constantemente conectados a las cañerías de alta y baja presión se puede observar si se mantiene o no la presión, en el caso de que esta disminuya, será sinónimo de fugas en el sistema.

Medición de presiones

Uno de los factores que se involucran en la variación de la presión es el régimen de giro del compresor. En el capítulo 3 se indicó que el compresor giraría a 1800rpm.

Para realizar la medición de las presiones se debe instalar el conjunto de manómetros, tanto en la válvula de alta como de baja presión. En la tabla 10, se muestra el rango de presiones que debe tener el sistema a temperatura ambiente cuando el embrague electromagnético se encuentra activado y desactivado, es decir, cuando el compresor está trabajando o no, respectivamente.

Tabla 10

Rango de presiones del sistema de aire acondicionado.

	Circuito de baja presión	Circuito de alta presión
Embrague electromagnético activado	20 – 40 psi	150 – 225 psi
Embrague electromagnético desactivado	60 – 70 psi	60 – 70 psi

Nota. Presiones de los circuitos de baja y alta presión cuando el sistema de aire acondicionado está activado y desactivado. Tomado de “Diseño y construcción de un entrenador de aire acondicionado con climatizador para simulación de fallas en el sistema”. Tomado de (Alegría Guillén & Masapanta Guayta, 2012).

En la tabla 11, se muestran las presiones reales con las que trabaja el módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Tabla 11

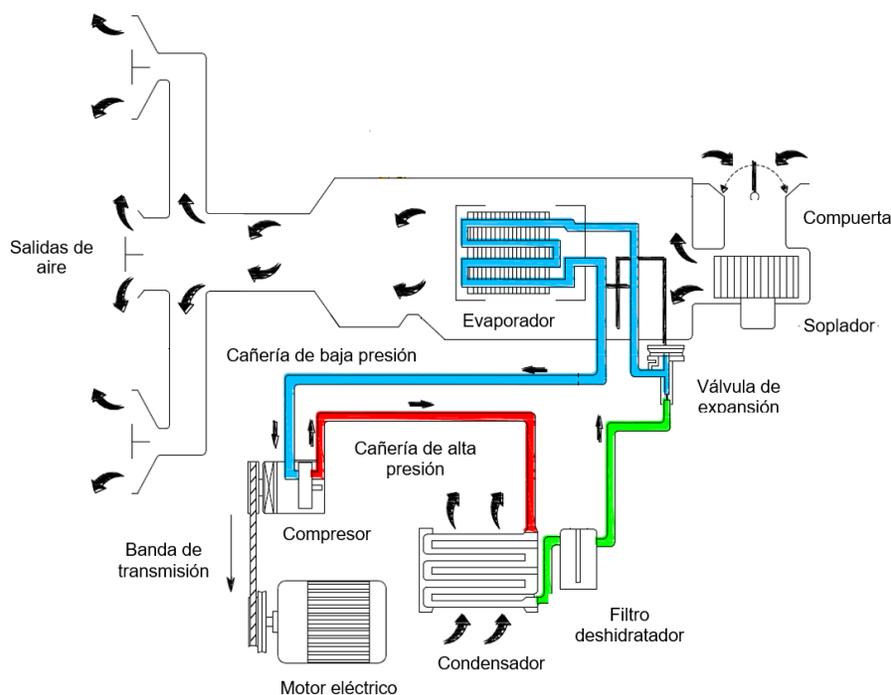
Presiones reales del sistema de aire acondicionado.

	Circuito de baja presión	Circuito de alta presión
Embrague electromagnético activado	10 psi	95 psi
Embrague electromagnético desactivado	60 psi	60 psi

Nota. Presiones obtenidas luego de haber realizado las pruebas correspondientes al módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Figura 69

Diagrama de conexión de los componentes del sistema A/C.



Nota. Diagrama de conexión de los componentes del sistema de A/C, incluidas las líneas de alta y de baja presión.

Medición de temperaturas

Las temperaturas del aire acondicionado automotriz dentro del habitáculo varían de acuerdo a la velocidad del soplador, en la tabla 12, se indican los valores de temperatura reales que provee el sistema cuando se encuentra en funcionamiento.

Tabla 12

Temperaturas reales del sistema de aire acondicionado.

Velocidad del ventilador	Temperatura (°C)
1	22
2	20.5
3	18
4	15.5

Nota. Temperaturas obtenidas luego de haber realizado las pruebas correspondientes al módulo didáctico de aire acondicionado automotriz.

Fallas del sistema.

En el sistema de aire acondicionado automotriz existen diferentes fallas que afectan al correcto funcionamiento del mismo.

Las más comunes se describen a continuación:

Tabla 13

Fallas del sistema A/C.

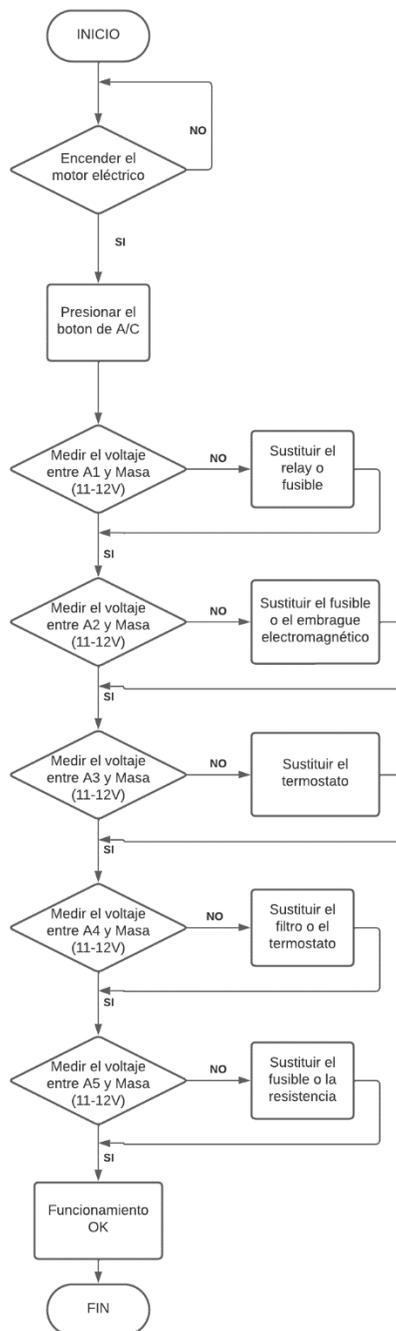
Designación	Avería	Causa	Solución
SW1	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de presión de alta. • Electroventilador no funciona. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fusible quemado. • Relay dañado. • Resistencia quemada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el fusible y si está quemado, sustituir. • Comprobar el relay y si está dañado, sustituir.
SW2	<ul style="list-style-type: none"> • El compresor no funciona. • El sistema no enfría. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fusible quemado. • Relay dañado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el embrague electromagnético, si no funciona, sustituir. • Comprobar el fusible y si está quemado, sustituir.
SW3	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema no enfría. • El embrague no conecta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presostato no registra presión. • Alta presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el termostato, si no funciona, sustituir.

Designación	Avería	Causa	Solución
SW4	<ul style="list-style-type: none"> El compresor no funciona. 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro sucio. Evaporador sucio. 	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar el filtro, si está sucio, reemplazar. Comprobar el funcionamiento del termostato, si está dañado, sustituir.
SW5	<ul style="list-style-type: none"> El sistema no enfría. 	<ul style="list-style-type: none"> Soplador dañado. Fusible quemado. Resistencia quemada. 	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar el fusible y si está quemado, sustituir. Verificar el motor del soplador, sustituir. Verificar la resistencia, sustituir.

Nota. Averías, causas y soluciones de las fallas más comunes en el sistema de aire acondicionado automotriz.

Figura 70

Diagrama de fallas.



Nota. Se observa el diagrama de bloques de las fallas más comunes del sistema de A/C automotriz.

Mantenimiento del sistema de aire acondicionado.

Un correcto mantenimiento ayuda a prolongar la vida útil del módulo de aire acondicionado automotriz, así como su funcionamiento eficiente.

Existe 2 tipos de mantenimientos que se realiza este tipo de sistema:

- Preventivo
- Correctivo

Uno de los casos más frecuentes cuando el aire acondicionado está en funcionamiento, es el goteo de agua por debajo del automotor, pero en ningún caso es preocupante ya que este mismo es producto de la condensación.

Uno de los componentes más esenciales en el sistema de aire acondicionado automotriz es el gas refrigerante R-134a, por lo que cuando trabajamos con el debemos tener ciertas precauciones:

- El gas refrigerante es muy volátil, una gota en nuestra piel puede causar congelación, por lo que se debe utilizar guantes de seguridad.

Figura 71

Uso de guantes de seguridad.



Nota. En la fotografía se puede observar que al no usar guantes de seguridad, podemos hacernos daño por causa de la congelación del gas refrigerante. (HYUNDAI MOTOR COMPANY, 1995).

- Mantener el envase en lugares que estén por debajo de los 52 °C.

- Siempre que se quiera descargar el gas refrigerante, hacerlo con un equipo de reciclaje, ya que este al descargarse en la atmosfera, reduce la capa de ozono.
- No hacer uso de gas refrigerante R-12a ya que puede dañar el compresor.
- Utilizar el lubricante que recomienda el fabricante, ya que si se usa otro puede ocasionar fallos en el sistema de A/C.

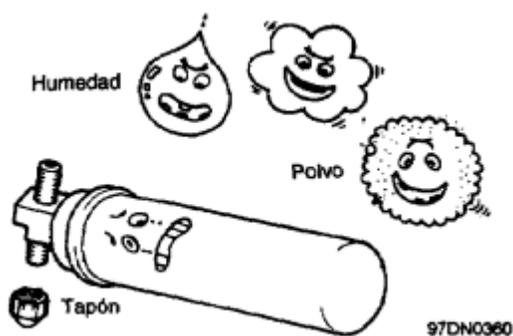
Reemplazo de piezas del sistema de aire acondicionado

Para una buena sustitución de piezas de nuestro sistema de A/C es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Antes de abrir una conexión se debe descargar el sistema por completo, utilizando un equipo de reciclaje.
- Evitar la incrustación de suciedad a los accesorios desconectados, para lo cual se recomienda colocar un tapón.
- Evitar quitar los tapones de un componente nuevo, hasta que esté listo para su instalación.

Figura 72

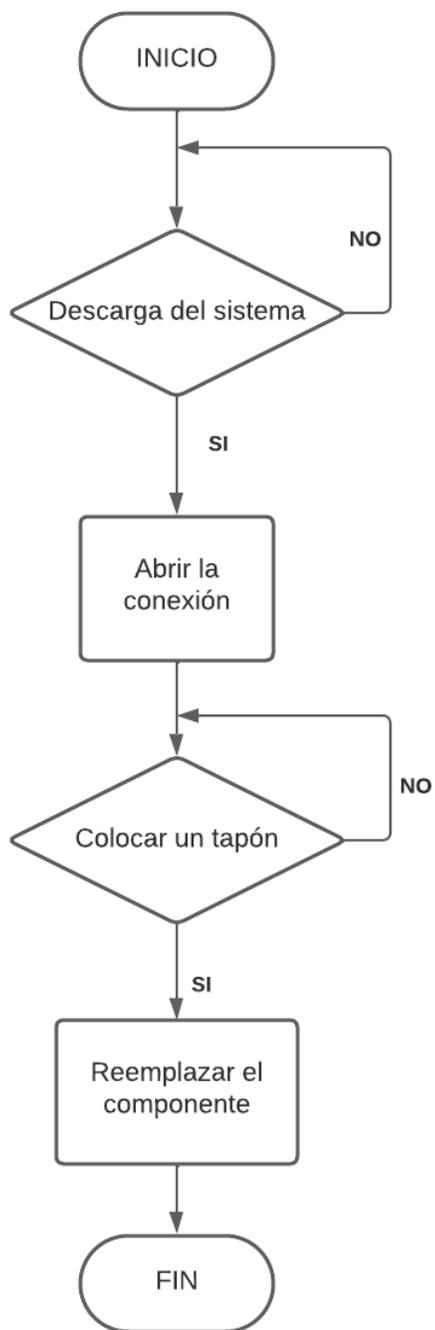
Reemplazo de componentes.



Nota. En la fotografía se puede observar que debemos tener cuidado con la incrustación de polvo y humedad en los componentes abiertos. (HYUNDAI MOTOR COMPANY, 1995).

Figura 73

Diagrama de reemplazo de piezas.



Nota. Se observa el diagrama de bloques del reemplazo de piezas del sistema de A/C automotriz.

Instalación de los manómetros

Para la instalación de los manómetros en nuestro sistema debemos:

- Cerrar por completo las válvulas de alta y baja presión.
- Colocar la manguera de alta presión (roja) a la cañería de alta presión y la manguera de baja presión a la cañería de baja presión.

Figura 74

Instalación de manómetros.



Nota. En la fotografía se puede observar la conexión de las mangueras de alta (rojo) como de baja (azul) presión.

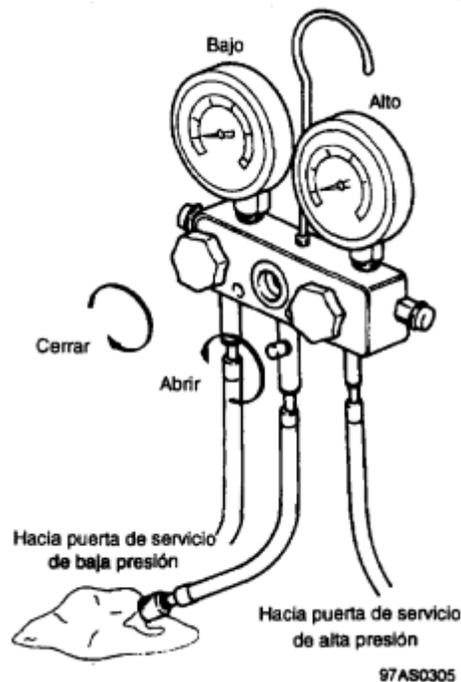
Descarga del sistema

- Como primer paso conectamos los manómetros a nuestro sistema de A/C.
- Colocamos una franela a la manguera central de nuestro equipo.
- Abrimos la válvula de alta presión suavemente para ajustar el flujo.

- Comprobamos que la franela este completamente limpia, si se encuentra con aceite procedemos a cerrar la válvula de alta presión rápidamente.
- Una vez que la presión caiga por debajo de 50 Psi, abrir la válvula de baja presión suavemente.
- A medida que la presión del sistema baje, abrir progresivamente la válvula de alta como de baja presión hasta que ambas caigan a 0 Psi.

Figura 75

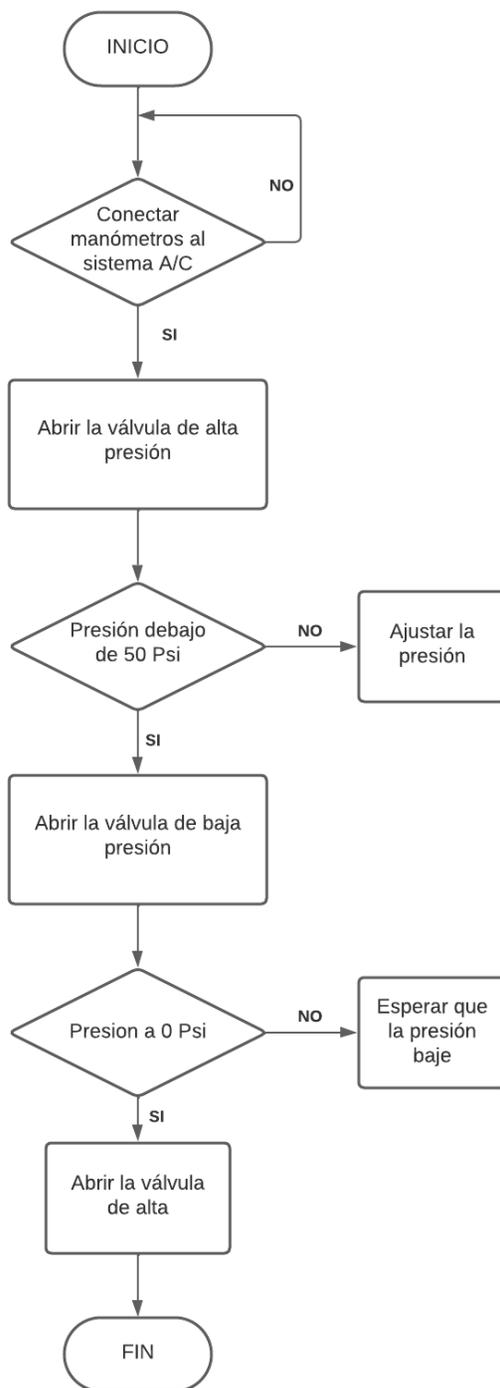
Conexión de descarga del sistema.



Nota. Se observa que el manómetro de baja presión debe ir hacia la cañería de baja, mientras que el manómetro de alta presión debe ir hacia la cañería de alta. Tomado de (HYUNDAI MOTOR COMPANY, 1995).

Figura 76

Diagrama de descarga del sistema.



Nota. Se observa el diagrama de bloques de la descarga del sistema de A/C automotriz.

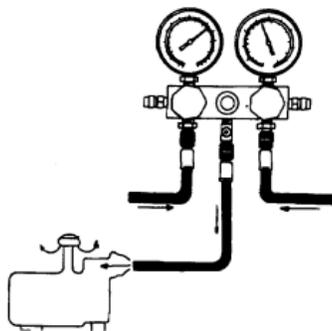
Vaciado del sistema

Para el reemplazo, limpieza o desmontaje de algún componente del sistema es necesario el vaciado del mismo. El proceso de vaciado es el siguiente:

- Instalar los manómetros al sistema, para lo cual se debe conectar la manguera de alta presión al racor de cañería de alta, y la manguera de baja al racor de la cañería de baja presión.
- Conectar la manguera de carga de los manómetros a la bomba de vacío.
- Poner en marcha la bomba de vacío, progresivamente abrir las válvulas de alta y baja presión.
- Después de 15-20 minutos la presión deberá ser mayor a 700 mm Hg, si esta no cumple con esta condición probablemente tenemos fugas en el sistema, en ese caso de debe reparar el sistema para poder seguir con el vaciado.
- Si no existe fugas y la presión permanece estable, seguir bombeando durante otros 10 minutos, a continuación, apagar la bomba y cerrar las válvulas.

Figura 77

Conexión vaciado del sistema.



Nota. Conexión para un buen vaciado del circuito, donde las presiones deben ser superiores a los 700 mm Hg. Tomado de (HYUNDAI MOTOR COMPANY, 1995).

Carga del sistema

Para un correcto funcionamiento del sistema de aire acondicionado automotriz es necesario una carga adecuada de gas refrigerante. Esto se lo puedo realizar por el:

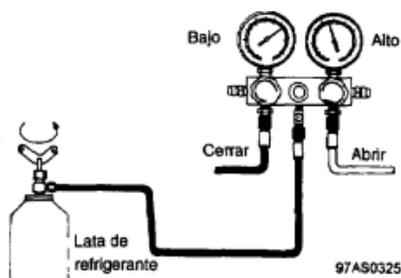
- Lado de alta presión.
- Lado de baja presión.

Pero los fabricantes recomiendan realizar el llenado por el lado de alta presión. En este caso el proceso de carga por el lado de baja presión es el siguiente:

- Conectar la válvula de cierre en la lata del gas refrigerante.
- El gas refrigerante ingresa por el lado de baja presión en estado de vapor.
- Procedemos abrir la válvula de baja presión, mientras mantenemos la lata hacia arriba.
- Ajustamos la válvula de baja presión de los manómetros para que la presión no sobrepase los 60 Psi.
- Colocamos el gas refrigerante en envase con agua caliente (Temp. Máx. 40°C), esto con el fin de mantener la presión del vapor un poco mayor a la del sistema.
- Llenamos el sistema con la cantidad especificada por el fabricante, después cerramos la válvula de baja.

Figura 78

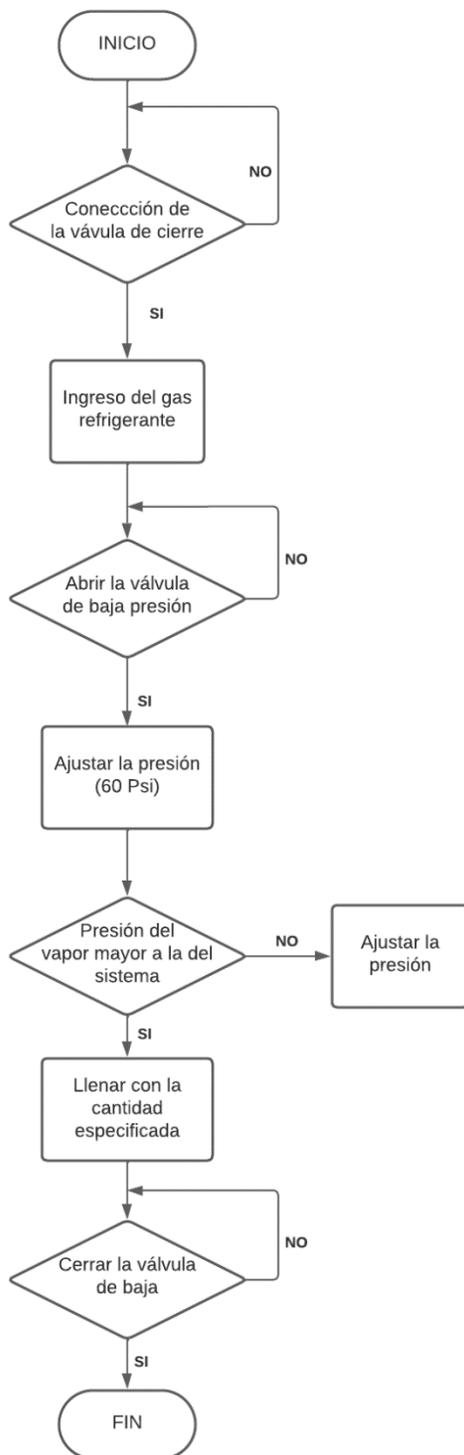
Conexión de carga del sistema.



Nota. Conexión de la lata de refrigerante de forma vertical hacia arriba para una carga por el lado de baja presión de los manómetros. Tomado de (HYUNDAI MOTOR COMPANY, 1995).

Figura 79

Diagrama de la carga del sistema.



Nota. Se observa el diagrama de bloques de la carga del sistema de A/C automotriz.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos humanos

Tabla 14

Recursos humanos.

Nombre	Función
Ing. Sánchez Mosquera, Carlos Rafael	Director
Sr. Toctaguano Centeno, Cristian Javier	Autor
Sr. Toctaguano Sánchez, Erick Leonel	Autor

Nota. En la tabla se muestran a las personas participantes en el desarrollo del proyecto.

Recursos tecnológicos

Tabla 15

Recursos tecnológicos.

Recurso	Detalle
	Software de diseño CAD 3D (SolidWorks 2021)
Informáticos	Software de diseño CAD 3D (Autodesk Inventor 2021)
	Software de diseño de circuitos eléctricos (LiveWire)
	Internet
Bibliográficos	Libros Revistas científicas Tesis
Herramientas y equipos	Multímetro

Recurso	Detalle
	Suelda SMAW
	Taladro
	Amoladora
	Cautín
	Destornilladores
	Manómetros de presión
	Llaves de boca y corona
	Llaves Allen
	Broca 5/16
	Sierra de corte

Nota. En la tabla se describen los recursos tecnológicos para el desarrollo del esquema eléctrico y diseño de la estructura.

Recursos materiales

Tabla 16

Recursos materiales.

Material	Cantidad
Planchas de MDF con recubrimiento blanco de 6mm	2x2m
Planchas de MDF con recubrimiento blanco de 3mm	1.5x1.5m
Tubo cuadrado de 30mm x 30mm x 1.5mm	20m
Ángulo de 20mm x 20mm x 1.5mm	1m
Plancha metálica	1.5x0.75m
Garruchas para 1000kg	4

Material	Cantidad
Electrodos 6011	20
Pintura en aerosol	5
Pernos M5	50
Pulsadores de marcha y paro	1
Relés	2
Interruptores de 3 pines	5
Fusibles	2
Lámparas indicadoras	2
Contactador de CA trifásico de 220V, 3 polos	1
Fuente de poder de 220V CA a 12V CC	1
Breaker de dos polos	1
Tubo corrugado	4m
Cable flexible AWG 14 amarillo	5m
Cable flexible AWG 14 verde	5m
Cable sólido AWG 14 negro	3m
Cable sólido AWG 14 blanco	3m
Banda 6PK1270	1
Manómetros de presión	2
Termómetro digital	1

Nota. En la tabla se describe la cantidad de materiales utilizados en la construcción del módulo didáctico.

Presupuesto

En el desarrollo del trabajo de titulación se consideran herramientas de trabajo, tecnológicas y materiales en sí, todo esto es necesario para ejecutar el mismo, por lo tanto, el costo total se detalla en la Tabla 14.

Tabla 17*Costo de construcción e implementación.*

Detalle	Valor Total
Componentes electrónicos y eléctricos.	
Fusibles	2
Interruptores de 3 pines	3
Lámparas indicadoras	2
Pulsadores de marcha y paro	10
Relés	5
Contactador de CA trifásico de 220V, 3 polos	27
Fuente de poder de 220V CA a 12V CC	25
Breaker de dos polos	10
Cable flexible AWG 14 amarillo	25
Cable flexible AWG 14 verde	25
Cable sólido AWG 14 negro	5
Cable sólido AWG 14 blanco	5
Componentes del módulo de aire acondicionado automotriz.	
Silicona en tubo transparente	12
Taipe	2
Amarras plásticas	5.3
Tubo corrugado	40
Limpia carburador	5
Banda 6PK1270	15
Manómetros de presión	25
Termómetro digital	10

Acrílico	27
Condensador	70
Mandos de A/C	105
Ventilador	70
Manómetros	35
Cañerías	15
Rejillas de salida del A/C	30
Motor Eléctrico	150
Bloque de A/C	1000
Compresor	300
Pernos	5
Tubos de acero	60
Madera MDF	35
Multímetro	10
Brocas	3
Otros	
Mano de obra	250
Transporte	150
Total	2573.30

Nota. En la tabla se describe el costo de cada componente para la implementación del módulo de aire acondicionado.

Financiamiento

El financiamiento necesario para el trabajo de titulación se lo realizó por parte de los estudiantes Toctaguano Centeno Cristian Javier y Toctaguano Sánchez Erick Leonel, de modo que la inversión fue de 2573.30 dólares.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se diseñó la estructura para el módulo didáctico de aire acondicionado automotriz mediante software, tomando en cuenta las dimensiones de los componentes del sistema, así como también de los componentes mecánicos y eléctricos complementarios.

Se construyó la estructura de módulo didáctico de aire acondicionado automotriz con perfil cuadrado de 30mmx30mmx1.5mm y ángulos de 20mmx20mmx1.5mm, los cuales permitieron soportar las cargas producidas por todos los componentes eléctricos y mecánicos del sistema, debido a que el factor de seguridad de la estructura fue mayor a 1.5.

Un correcto mantenimiento preventivo del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz, garantiza un funcionamiento efectivo, por ende, alarga la vida útil.

Los componentes utilizados en el módulo didáctico de aire acondicionado automotriz, son del Chevrolet Sail, los cuales son de fácil acceso en el mercado, económicos, gran cantidad de repuestos, si alguno de estos llega a presentar problemas.

El módulo didáctico de aire acondicionado automotriz permite simular fallas que comúnmente presentan los vehículos, dar soluciones rápidas y efectivas para un correcto funcionamiento del sistema A/C.

Se ha elaborado guías de laboratorio, con el fin de realizar prácticas de reconocimiento del sistema, funcionamiento, simulaciones fallas y mantenimiento.

Recomendaciones

Es indispensable leer el manual de usuario para conocer el uso adecuado del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz, de esta manera se evitarán posibles problemas de funcionamiento y daños en los componentes del sistema.

Al realizar las prácticas en el módulo didáctico de aire acondicionado automotriz, es fundamental seguir al pie de la letra, el procedimiento descrito en las guías de laboratorio, debido a que en ellas se encuentra información preventiva para evitar daños en los componentes del sistema.

Es necesario realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, para alargar la vida útil del módulo didáctico de aire acondicionado automotriz, para que los estudiantes puedan realizar prácticas de laboratorio sin ningún contratiempo.

Es importante verificar que el compresor tenga el nivel necesario de aceite lubricante, ya que el embrague puede llegar a endurecerse, por lo que el motor eléctrico se forzaría, causando un recalentamiento del mismo.

Evitar que las presiones y temperaturas del sistema de aire acondicionado automotriz no sobrepasen los parámetros establecidos, debido a que las cañerías tanto de alta como de baja pueden explotar o congelarse.

Implementar nuevas tecnologías al módulo de aire acondicionado automotriz, ya que todos los componentes tanto mecanismos como eléctricos son desmontables.

Utilizar única y exclusivamente el gas refrigerante R-134a, ya que al utilizar otro gas el sistema tendrá problemas y por ende acortaría su vida útil.

Bibliografía

(2023). Obtenido de refrigeracionaireacondicionado.com:

<http://www.refrigeracionaireacondicionado.com/mantenimiento>

(2023). Obtenido de HERSOL: <https://hersolecuador.com/producto/manometros-para-aire-acondicionado-a-c-con-mangueras-bp/>

Acedo Zambrana, M. (2014). Mantenimiento de sistemas de climatización. Málaga: IC.

Alegría Guillén, L. A., & Masapanta Guayta, C. M. (2012). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DE AIRE ACONDICIONADO CON CLIMATIZADOR PARA SIMULACIÓN DE FALLAS EN EL SISTEMA. Univerisdad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Çengel, Y., & Boles, M. (2006). Termodinámica. México: The McGraw-Hill.

De la Cruz, E. (14 de Agosto de 2023). Gases. Obtenido de SlidePlayer:

<https://slideplayer.es/slide/11933312/>

DICO. (2023). DICO. Obtenido de <https://dico.com.ec/product/tubo-cuad-ne-est-100x100x2-4x2mm/>

DIPAC. (14 de Agosto de 2023). DIPAC. Obtenido de

<https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-cuadrado-negro/>

Dirven , B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez , R. K., & Ticona, A. (2018). El desarrollo rural establecido en las áreas Vulnerables. Lima: Colección Racso.

EIAireAcondicionado.com. (14 de Agosto de 2023). Obtenido de EIAireAcondicionado.com:

<https://www.elaireacondicionado.com/glosario/cfc-refrigerantes>

GRUPO HERRES. (2019). Obtenido de <http://www.grupoherres.com.mx/banda-de-distribucion/#cuando-cambiarla>

H.Crouse, W. (1988). Aire Acondicionado En El Automovil. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

Hernández Goribar, E. (2009). Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración. México: Limusa.

Hidrobo, A. (2018). Adaptación e implementación de un sistema de aire acondicionado y. Quito.

HYUNDAI MOTOR COMPANY. (1995). HYUNDAI ACCENT MANUAL DE TALLER. Corea.

López López, E. D., & Villacís Benítez, E. S. (2021). ESTUDIO COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO TRABAJANDO CON R134a Y R1234yf PARA AUTOMOCIÓN. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mecánicos. (22 de Diciembre de 2016). Obtenido de Mecánicos:

<http://www.blogmecanicos.com/2016/12/evolucion-de-los-compresores-en-el-aire.html>

mercado libre. (16 de Agosto de 2023). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1723052471-banda-accesorios-saac-chevrolet-venture-34l-1996-a-2005-_JM)

[1723052471-banda-accesorios-saac-chevrolet-venture-34l-1996-a-2005-_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1723052471-banda-accesorios-saac-chevrolet-venture-34l-1996-a-2005-_JM)

Metalhierro. (2021). Obtenido de Metalhierro: <https://metalhierro.com/producto/2447-tubo-cuadrado-negro-pequeno>

MOTORES ELÉCTRICOS. (2023). Obtenido de

[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/M%C3%B3dulo_1_-](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/M%C3%B3dulo_1_-_Nociones_Claves_de_Motores_El%C3%A9ctricos_BAJA.pdf)

[_Nociones_Claves_de_Motores_El%C3%A9ctricos_BAJA.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/M%C3%B3dulo_1_-_Nociones_Claves_de_Motores_El%C3%A9ctricos_BAJA.pdf)

Mundo Repuesto. (2018). Obtenido de Mundo Repuesto:

[https://www.mundorepuesto.com/parte/acumulador-de-aire-acondicionado-para-](https://www.mundorepuesto.com/parte/acumulador-de-aire-acondicionado-para-chevrolet-trailblazer-2002-gmc-envoy-2002-2003-oldsmobile-bravada-2002-marca-denso-numero-de-parte-478-9552/)

[chevrolet-trailblazer-2002-gmc-envoy-2002-2003-oldsmobile-bravada-2002-marca-denso-numero-de-parte-478-9552/](https://www.mundorepuesto.com/parte/acumulador-de-aire-acondicionado-para-chevrolet-trailblazer-2002-gmc-envoy-2002-2003-oldsmobile-bravada-2002-marca-denso-numero-de-parte-478-9552/)

PortalAutomotriz.com. (12 de Marzo de 2012). Obtenido de PortalAutomotriz.com:

<https://www.portalautomotriz.com/noticias/aftermarket/el-nuevo-condensador-de-aire-acondicionado-de-delphi-nominado-para-premio>

Rendle, S. (2005). Sistemas de aire acondicionado para automóviles. Barcelona: Ceac.

- Rodriguez, A. (03 de Noviembre de 2022). Siempre Auto. Obtenido de <https://siempreauto.com/diferencias-entre-un-ventilador-de-auto-mecanico-y-uno-electrico/>
- S&P. (16 de Diciembre de 2019). Obtenido de https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/#%C2%BFCuáles_son_las_aplicaciones_de_los_motores_monofasicos
- Sanden. (14 de Agosto de 2023). Sanden. Obtenido de https://sandenaftermarket.com/wp-content/uploads/2019/07/Universal_Fact_Sheet_Rev2_240719.pdf
- Serrano, J. (2013). Manual de aire Acondicionado y Ventilación Industrial 2.
- Servei, G. (2023). Obtenido de Gas Servei: <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-134a-gas-servei.pdf>
- SERVIMEX. (15 de 05 de 2023). Obtenido de SERVIMEX: <https://www.servymex.com/por-que-los-compresores-de-tornillo-son-los-mas-usados-en-la-industria/>
- Siempre Auto. (07 de Septiembre de 2022). Obtenido de <https://siempreauto.com/sintomas-que-indican-que-la-valvula-de-expansion-del-a-c-de-tu-auto-no-funciona/>
- Silva, N. (2020). Aire Acondicionado Automotriz. Mexico: Spanish.
- SKF. (Mayo de 2016). SKF Power Transmission Products. Obtenido de https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968040841a/pdf_preview_medium/0901d1968040841a_pdf_preview_medium.pdf#cid-576542
- TALLERBARATO.COM. (25 de 11 de 2021). Obtenido de TALLERBARATO.COM: <https://tallerbarato.com/blog/cuando-se-cambia-un-compresor-de-aire-acondicionado/>
- Top Cable. (11 de Octubre de 2020). Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/cables-para-instalaciones-electricas-domesticas/>
- Tovar, G. L. (1986). El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos. Bogotá: Cengage.
- TRANSQUIMICA. (2019). Obtenido de TRANSQUIMICA: <http://transqui.com/gases-refrigerantes/>

trodo. (2022). Obtenido de trodo: <https://www.trodo.es/tuberia-de-baja-y-alta-presion-aire-acondicionado-maxgear-ac926116>

Yáñez, G. (25 de 06 de 2014). MUNDO HVAC&R. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com/2008/02/asignacion-de-colores-para-cilindros-de-gas-refrigerante/>

Anexos