

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE AIRE  
ACONDICIONADO: CASO SECTOR AUTOMOTRIZ.**

**ADUAR ESNEIDER DURAN GIRALDO**

**DANIEL EDUARDO ARIAS PEREZ**

**LUIS EDUARDO LEON RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**DIRECCION DE POSTGRADOS**

**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2016**

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE AIRE  
ACONDICIONADO: CASO SECTOR AUTOMOTRIZ.**

**ADUAR ESNEIDER DURAN GIRALDO**

**DANIEL EDUARDO ARIAS PEREZ**

**LUIS EDUARDO LEON RAMIREZ**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN II**

**DRA. MARIA GABRIELA MAGO RAMOS.**

**DIRECTORA DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**DIRECCION DE POSTGRADOS**

**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2016**





## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>14</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>15</b>
<b>1. TITULO.....</b>	<b>20</b>
<b>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
2.1. Descripción del problema .....	21
2.2. Problema de Investigación .....	22
2.3. Sistematización del Problema .....	22
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>2;Error! Marcador no definido.</b>
3.1. Objetivo General .....	2;Error! Marcador no definido.
3.2. Objetivos Específicos .....	2;Error! Marcador no definido.
<b>4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN .....</b>	<b>24</b>
4.1. Justificación.....	24
4.2. Delimitación Del Proyecto .....	25
<b>5. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>26</b>
5.1 Marco Teórico.....	26
5.2 Estado Del Arte.....	49
5.3 Marco Legal.....	53
<b>6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>7. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>57</b>
7.1 Recolección de Datos .....	57
7.2. Análisis de Datos .....	62
7.3. Propuesta de Solución .....	64
<b>8. FUENTES DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>70</b>
8.1. Fuentes Primarias .....	70
8.2. Fuentes Secundarias .....	70
<b>9. ANÁLISIS FINANCIERO .....</b>	<b>71</b>
<b>10. TALENTO HUMANO .....</b>	<b>78</b>
<b>11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
11.1. Conclusiones.....	79
11.2. Recomendaciones.....	79

12. BIBLIOGRAFÍA..... 80

## LISTA DE FIGURAS

- FIG 1: Ciclo mecánico de refrigeración
- FIG 2: Ecuación del ciclo de Carnot
- FIG 3: Esquema del ciclo de Carnot
- FIG 4: Rendimiento del ciclo de Carnot
- FIG 5: Diagrama del ciclo de Carnot en función P-V
- FIG 6: Ecuación de Carnot fase 2-3
- FIG 7: Ecuación de Carnot fase 3 -4
- FIG 8: Ecuación entropía fase 3-4
- FIG 9: Ecuación de Carnot fase 4-1
- FIG 10: Esquema de sistema de aire acondicionado automotriz
- FIG 11: Esquema eléctrico del sistema de aire acondicionado
- FIG 12: Unidad compresora
- FIG 13: Condensador y piezas anexas
- FIG 14: Evaporador y partes anexas
- FIG 15: Ventilador de cabina, calefactor y partes anexas.
- FIG 16: Diagrama de recarga del sistema de aire acondicionado
- FIG 17: Equipo de recarga de refrigerante para aire acondicionado
- FIG 18: Imagen termografía de evaporador obstruido
- FIG 19: Inspección de ultrasonido activo para detección de fugas

**LISTA DE TABLAS**

TABLA 1: Datos de fallas en los vehículos y su costo de repuesto

TABLA 2: Plan de mantenimiento para aire acondicionado automotriz propuesto

TABLA 3: Egresos por rubros

TABLA 4: Costo de actividades del plan preventivo propuesto

TABLA 5: Costo plan preventivo propuesto a 100.000 km y 200.000 km

TABLA 6: Retorno de la inversión



## **LISTA DE GRAFICOS**

GRAFICO 1: Proyección lineal de gasto por vehículo vs km.

GRAFICO 2: Retorno de la inversión mes a mes.

## INTRODUCCION

En el presente documento abordaremos los principales aspectos a tener en cuenta para proponer un plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado automotriz por la necesidad que surge de mejorar la eficiencia y desempeño del sistema de aire acondicionado como también reducir costos y adaptarse a los cambios que surgen con la evolución tecnológica e importancia del mantenimiento.

El sistema de aire acondicionado busca generar confort en los usuarios, reducir problemas de salud y riesgos a la hora de conducir, es por ello que se debe planear las frecuencias necesarias de inspección, limpieza y mantenimiento general con el fin de disminuir los tiempos sin el sistema, alargar el tiempo de vida útil y generar rentabilidad en la empresa al evitar mantenimiento correctivo y depender siempre de terceros para ejecutar todas las actividades del mantenimiento.

Se toma como muestra de estudio 6 vehículos de la misma marca y modelo con sus respectivos reportes de mantenimiento y facturas como base para realizar un análisis de las actividades necesarias para disminuir las fallas más frecuentes.

Se propone la capacitación del personal de mantenimiento dentro de la empresa Puentes y Torones S.A.S para que cuente con las competencias necesarias de desarrollar el mantenimiento preventivo y algunas técnicas predictivas.

Se genera un listado de actividades que hacen parte del mantenimiento preventivo.

Se aplican algunas técnicas predictivas enfocándose en las fallas más comunes, costosas y que suspenden el funcionamiento del sistema de aire acondicionado.

La limitación que se ha tenido en el desarrollo de este trabajo ha sido la obtención de información técnica debido a que la empresa no cuenta actualmente con un plan de mantenimiento definido para sistemas de aire acondicionado en vehículos. Adicionalmente la formación de los empleados encargados de mantenimiento no cuenta con todas las competencias necesarias para realizar las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo siendo necesaria capacitación.

## RESUMEN

El acondicionamiento del aire es importante sobre todo en climas cálidos, generando confort en los pasajeros del vehículo, también se hace necesaria la revisión periódica para evitar problemas de salud y reducir riesgos de accidentalidad<sup>1</sup>.

Por medio del plan de mantenimiento para sistemas de aire acondicionado en vehículos se busca disminuir las fallas, las reparaciones costosas, las inconformidades con los usuarios y las pérdidas de eficiencia por factores externos. Las condiciones del medio ambiente influyen en el desempeño de los sistemas de aire acondicionado y por consiguiente se deben tener en cuenta tanto en el diseño de los sistemas de refrigeración como en su mantenimiento.

Con base en los registros de las diferentes fallas, se ajustan las inspecciones periódicas del plan de mantenimiento y se proponen técnicas predictivas que permitan anticipar desgastes prematuros y daños costosos.

Cómo valor agregado se realiza un análisis de factores externos que impidan un desempeño óptimo en el sistema de aire acondicionado. El objetivo es encontrar las técnicas más adecuadas para impedir la humedad del sistema, compensación de refrigerante perdido, brindar una sensación agradable en los pasajeros y que el rango de variación de consumo de combustible sea el mínimo posible.

---

<sup>1</sup> [www.autocasion.com](http://www.autocasion.com) "4 problemas de llevar el aire acondicionado en mal estado" Laura Martin. 28 de julio de 2016.

La optimización de los instructivos para realizar el mantenimiento tiene como objetivo asegurar un procedimiento de calidad y eficaz lo cual se traduce en la disminución de costos de mano de obra, también aumentar la confiabilidad en los sistemas de aire acondicionado. Se establece un protocolo que tiene como fin intervenir oportunamente los equipos de aire acondicionado ante una falla.

## ABSTRACT

The air conditioning is especially important in hot climates, creating comfort in the vehicle's passengers, periodic review is also necessary to avoid health problems and reduce the risk of accidents.

Through maintenance plan for air conditioning systems in vehicles it seeks to reduce failures, costly repairs, disagreements with users and efficiency losses by external factors. Environmental conditions influence the performance of air conditioning systems and therefore should be considered in the design of cooling systems and maintenance.

Based on the records of various failures, periodic inspections of the maintenance plan fit and predictive techniques to anticipate premature wear and costly damage are proposed.

How value-added analysis of external factors that impede optimal performance in the air conditioning system is performed. The goal is to find the most appropriate techniques to prevent moisture from the system, compensation for lost refrigerant, providing a pleasant sensation on the passengers and the range of variation in fuel consumption is minimized.

Instructional optimization for maintenance aims to ensure quality and effective procedure which results in reducing labor costs also increase confidence in air conditioning systems. a protocol that aims to intervene early air conditioning equipment to a fault is established.

## GLOSARIO

**Aceite para refrigeración:** Aceite especialmente preparado, para usarse en el mecanismo de los sistemas de refrigeración.

**Actuador:** La parte de una válvula reguladora que convierte el fluido mecánico, la energía térmica o la energía eléctrica, en movimiento mecánico para abrir o cerrar la válvula.

**Aire acondicionado:** Control de la temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire en un espacio confinado, según se requiera, para confort humano o proceso industrial. Control de temperatura significa calentar cuando el aire está frío, y enfriar cuando la temperatura es muy caliente.

**Barómetro:** Instrumento para medir la presión atmosférica. Puede estar calibrado en mm o pulgadas de mercurio en una columna; o en Kg/cm<sup>2</sup> o en lb/pulg<sup>2</sup>.

**Bimetal:** Dispositivo para regular o indicar temperatura. Funciona sobre el principio de que dos metales disímiles, con proporciones de expansión diferentes, al soldarlos juntos, se doblan con los cambios de temperatura.

**Bomba de Vacío:** Dispositivo especial de alta eficiencia, utilizado para crear alto vacío para fines de deshidratación o de pruebas.

**Calibrar:** Posicionar indicadores por comparación, con un estándar o por otros medios, para asegurar mediciones precisas.

**Calor:** Forma de energía que actúa sobre las sustancias para elevar su temperatura; energía asociada con el movimiento al azar de las moléculas.

**Carga de refrigerante:** Cantidad de refrigerante colocada en un sistema de refrigeración.

**Circuito:** Instalación de tubería o de alambre eléctrico, que permite el flujo desde y hacia la fuente de energía.

**Compresión:** Término utilizado para denotar el proceso de incrementar la presión, sobre un volumen dado de gas, usando energía mecánica. Al hacer esto, se reduce el volumen y se incrementa la presión del gas.

**Compresor:** Máquina en sistemas de refrigeración, hecha para succionar vapor del lado de baja presión en el ciclo de refrigeración, y comprimirlo y descargarlo hacia el lado de alta presión del ciclo.

**Condensación:** Proceso de cambiar de estado un vapor o un gas a líquido, al enfriarse por abajo de su temperatura de saturación o punto de rocío.

**Condensador:** Componente del mecanismo de refrigeración, el cual recibe del compresor vapor caliente a alta presión, enfriándolo y regresándolo luego a su estado líquido. El enfriamiento puede ser con aire o con agua.

**Contaminante:** Sustancia, humedad o cualquier materia extraña al refrigerante o al aceite en un sistema.

**Deshidratador:** Sustancia o dispositivo que se utiliza, para remover la humedad, en un sistema de refrigeración.

**Deshumificador:** Dispositivo usado para remover la humedad del aire.

**Desvío (By Pass) de gas caliente:** Arreglo de tubería en la unidad de refrigeración, la cual conduce gas refrigerante caliente del condensador al lado de baja presión.

**Detector de fugas:** Dispositivo o instrumento que se utiliza para detectar fugas, tal como lámpara de haluro, sensor electrónico o jabón.



**Eficiencia:** Capacidad de un dispositivo, sistema o actividad, dividida entre la potencia absorbida necesaria para crear esa capacidad. En un compresor, la eficiencia sería la capacidad de trabajo, medida por un cambio de presión, dividida entre la energía eléctrica consumida.

**Enfriador:** Intercambiador de calor que remueve calor de las sustancias.

**Escala centígrada:** Escala de temperaturas usada en el sistema métrico. El punto de congelación de agua a la presión atmosférica normal, es de 0oC, y el punto de ebullición, es de 100o C.

**Evaporación:** Término aplicado al cambio de estado de líquido a vapor. En este proceso se absorbe calor.

**Evaporador:** Componente del mecanismo de un sistema de refrigeración, en el cual, el refrigerante se evapora y absorbe calor.

**Filtro:** Dispositivo para remover partículas extrañas de un fluido.

**Filtro-Deshidratador:** Dispositivo empleado para la limpieza del refrigerante y del aceite, en los sistemas de refrigeración. Remueve toda clase de contaminantes, tales como: suciedad, rebabas, ceras, humedad, ácidos, óxidos, etc.

**Frío:** La ausencia de calor. Temperatura considerablemente abajo de la normal.

**Gas:** Fase o estado de vapor de una sustancia. Un gas es un vapor sobrecalentado, muy lejos de su temperatura de saturación.

**Humedad:** Vapor de agua presente en el aire atmosférico.

**Lado de succión:** Lado de baja presión del sistema, que se extiende desde el control de refrigerante, pasando por el evaporador, la línea de succión, hasta la válvula de servicio de entrada al compresor.

**Manómetro:** Instrumento para medir presiones de gases y vapores. Es un tubo de vidrio (o plástico) en forma de "U", con una cantidad de líquido (agua o mercurio) y los extremos abiertos.

**Motor:** Máquina rotatoria que transforma energía eléctrica en movimiento mecánico.

**Ozono:** Una forma de oxígeno, O<sub>3</sub>, que tiene tres átomos en su molécula, generalmente es producido por descargas eléctricas a través del aire. La capa de ozono, es la capa externa de la atmósfera de la tierra, que absorbe la luz ultravioleta del sol, y protege a las capas más bajas y a la tierra de los dañinos rayos. En esta capa de ozono, han ocurrido agujeros causados por el cloro. Los clorofluorocarbonos (CFC's) contienen cloro, y cuando se liberan a la atmósfera, deterioran la capa de ozono.

**Presión:** Energía impactada sobre una unidad de área. Fuerza o empuje sobre una superficie.

**Presión absoluta:** Es la suma de la presión manométrica más la presión atmosférica.

**Presión de Condensación:** Presión dentro de un condensador, a la cual el vapor de refrigerante, cede su calor latente de evaporación y se vuelve líquido. Esta varía con la temperatura.

**Purgar:** Liberar gas comprimido hacia la atmósfera, a través de una o varias partes, con el propósito de eliminar contaminantes.

**Refrigerante:** Sustancia utilizada en los mecanismos de refrigeración. Este absorbe calor en el evaporador, cambiando de estado de líquido a vapor, liberando su calor en un condensador, al regresar de nuevo del estado gaseoso al estado líquido.

**Sensor:** Material o dispositivo que sufre cambio en sus características físicas o electrónicas, al cambiar las condiciones circundantes.

**Serpentín de aire:** Serpentin en algunos tipos de bombas de calor, utilizado ya sea como evaporador o como condensador.

**Temperatura:** 1- Intensidad de calor o frío, tal como se mide con un termómetro. 2- Medición de la velocidad del movimiento de las moléculas.

**Válvula de descarga:** Válvula dentro del compresor de refrigeración, que permite que salga del cilindro el gas refrigerante comprimido, hacia la línea de descarga, evitando que se devuelva.

**Válvula de escape:** Puerto móvil que proporciona salida para los gases del cilindro en un compresor.

**Válvula de expansión:** Tipo de control de refrigerante, la cual mantiene presión constante en el lado de baja del sistema de refrigeración. La válvula es operada por la presión en el lado de baja o de succión. Con frecuencia, se le refiere como válvula de expansión automática (VEA).

**Válvula de servicio:** Dispositivo utilizado en cualquier parte del sistema donde se desea verificar presiones, cargar refrigerante o hacer vacío o dar servicio.

**Válvula de succión:** Válvula dentro del compresor de refrigeración, que permite el ingreso del vapor de refrigerante, proveniente de la línea de succión, al cilindro, evitando que se devuelva.

**Ventilador del condensador:** Dispositivo utilizado para mover aire a través del condensador enfriado por aire.

**Ventilador del evaporador:** Ventilador que incrementa el flujo de aire, sobre la superficie de intercambio de calor de los evaporadores.

**Zona de confort:** Área sobre una carta psicométrica, que muestra las condiciones de temperatura, humedad, y algunas veces, el movimiento del aire, en que la mayoría de la gente se siente confortable.

**1. PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE AIRE  
ACONDICIONADO: CASO SECTOR AUTOMOTRIZ.**

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Los sistemas de aire acondicionado vehicular suelen ser muy confiables, funcionando sin fallas aproximadamente por 50.000 kilómetros de recorrido. Normalmente los planes de mantenimiento que se entregan con el manual del vehículo se limitan a verificar la presión y problemas de activación del sistema, dejando fuera valoraciones importantes de deterioro, como: debilitamiento de soldaduras y uniones ocasionadas por la vibración, desgaste, corrosión y perforación de los ductos, falta de lubricación en partes móviles, pérdida de eficiencia por la polución, aparición de moho por la humedad, entre otras.

Debido a que el diseño de estos sistemas es compacto, no permite una fácil inspección y detección de problemas, lo que lleva siempre a una falla que requiere un mantenimiento correctivo, involucrando el cambio de una pieza importante, muy costosa y no siempre disponible.

Diseñar un plan de mantenimiento que identifique alguno de los modos de falla que se pueden presentar y que permita tomar acciones oportunas, evitando así un mantenimiento correctivo, realizado en el menor tiempo posible, a menor costo y extendiendo la integridad del sistema.

Integrar a las diferentes estrategias como son el mantenimiento predictivo y preventivo para que se puedan evaluar de forma correcta las diferentes componentes.

## **2.2. PROBLEMA DE INVESTIGACION**

¿Se pueden determinar potenciales fallas en los sistemas de aire acondicionado vehicular al contar con un plan de mantenimiento específico, disminuyendo de esta forma el gasto por mantenimientos correctivos y los tiempos fuera de servicio del sistema?

## **2.3. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA**

¿Cómo disminuir las paradas correctivas de los vehículos debido a las fallas en su sistema de aire acondicionado?

¿Cómo lograr que el mantenimiento aplicado en sistemas de aire acondicionado para vehículos, sea más eficiente?

¿Cómo aumentar el tiempo de vida útil en el sistema de aire acondicionado de los vehículos?

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un plan de mantenimiento para sistemas de aire acondicionado en el sector Automotriz para disminuir costos y tasa de fallas.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el histórico de fallas el sistema de aire acondicionado en vehículos de la empresa Puentes y torones con el fin de conocer frecuencias y severidad.
- Evaluar técnicas predictivas que apliquen al sistema de aire acondicionado automotriz para predecir potenciales fallas y reducir intervenciones preventivas y correctivas innecesarias.
- Proponer el plan de mantenimiento con técnicas predictivas y actividades preventivas que puedan ser utilizadas a futuro en un modelo de mantenimiento de confiabilidad.

## **4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN**

### **4.1. JUSTIFICACIÓN**

Al desarrollar técnicas avanzadas y seguras relacionadas con el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo se logra mejorar la confiabilidad del sistema. El plan de mantenimiento debe ser flexible al cambio que puede ir ligado a factores externos e internos que no se contemplan en la propuesta inicial del plan. Cuando se genera un mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo siguiendo todo un protocolo establecido aumentará la disponibilidad e integridad del sistema.

Un plan de mantenimiento bien definido reduce el error humano en las intervenciones y maximiza el desempeño de los equipos. De esta manera el costo de mantenimiento es menor permitiendo sustentar ante gerencia la efectividad de las técnicas predictivas y tareas preventivas.

El estudio del mantenimiento en sistemas de aire acondicionado parte de la necesidad de reducir costos, parametrizar los procesos para un mantenimiento seguro y capacitación a todo el personal involucrado.



## 4.2. DELIMITACIÓN

**Delimitación de contenido:** Para poder desarrollar esta investigación se evaluará la información brindada por la empresa Puentes y Torones S.A.S que cuenta con una flota de vehículos dotados de sistemas de aire acondicionado estándar.

**Delimitación del espacio:** Esta investigación se desarrollara en vehículos estándar del sector automotriz Bogotá – Colombia.

**Delimitación de tiempo:** La investigación se desarrolla en un periodo de tiempo transcurrido entre mediados del mes de Septiembre de 2016 y el mes de Octubre de 2016.

## 5. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1. MARCO TEÓRICO

La refrigeración es el proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o lograr un ambiente agradable “Zona de confort”. El almacenamiento refrigerado de alimento perecederos, pieles, productos farmacéuticos y otros se conoce como almacenamiento en frío. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente. El uso de hielo de origen natural o artificial como refrigerante estaba muy extendido hasta poco antes de la I Guerra Mundial, cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos. La eficacia del hielo como refrigerante es debida a que tiene una temperatura de fusión de 0 °C y para fundirse tiene que absorber una cantidad de calor equivalente a 333,1 kJ/kg. La presencia de sal en el hielo reduce en varios grados el punto de fusión del mismo. Los alimentos que se mantienen a esta temperatura o ligeramente por encima de ella pueden conservarse durante más tiempo. El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco o nieve carbónica, también se usa como refrigerante.

El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor; por ejemplo, la energía mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor. Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. La mayor parte del calor en la tierra se deriva de las radiaciones del sol. Una cuchara sumergida en agua helada pierde su calor y se enfría; una cuchara sumergida en café caliente absorbe el

calor del café y se calienta. Sin embargo, las palabras "más caliente" y "más frío", son sólo términos comparativos. Existe calor a cualquier temperatura arriba de cero absolutos, incluso en cantidades extremadamente pequeñas.

La transmisión de calor en relación con la segunda ley importante de la termodinámica es aquella según la cual el calor siempre viaja del cuerpo más cálido al cuerpo más frío. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos. El calor puede viajar en tres diferentes formas: Radiación, Conducción y Convección. Radiación es la transmisión de calor por ondas similares a las ondas de luz y a las ondas de radio; un ejemplo de radiación es la transmisión de energía solar a la tierra. Una persona puede sentir el impacto de las ondas de calor, moviéndose de la sombra a la luz del sol, aun cuando la temperatura del aire a su alrededor sea idéntica en ambos lugares. Hay poca radiación a bajas temperaturas, también cuando la diferencia de temperaturas entre los cuerpos es pequeña, por lo tanto, la radiación tiene poca importancia en el proceso de refrigeración. Sin embargo, la radiación al espacio o al de un producto refrigerado por agentes exteriores, particularmente el sol, puede ser un factor importante en la carga de refrigeración.

La conducción es el flujo de calor a través de una sustancia. Para que haya transmisión de calor entre dos cuerpos en esta forma, se requiere contacto físico real. La Conducción es una forma de transmisión de calor sumamente eficiente. Cualquier mecánico que ha tocado una pieza de metal caliente puede atestiguarlo.

La convección es el flujo de calor por medio de un fluido, que puede ser un gas o un líquido, generalmente agua o aire. El aire puede ser calentado en un horno y después descargado en el cuarto donde se encuentran los objetos que deben ser calentados por convección.

La aplicación típica de refrigeración es una combinación de los tres procesos citados anteriormente. La transmisión de calor no puede tener lugar sin que exista una diferencia de temperatura.

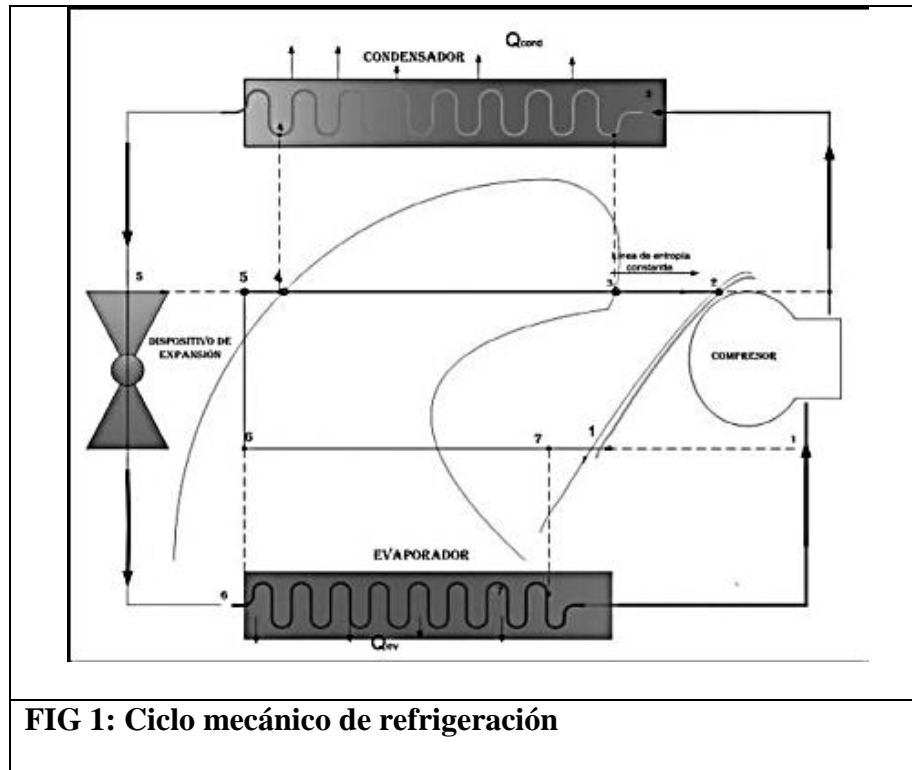
La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. En algunos países, la temperatura se mide en Grados Fahrenheit, pero en nuestro país, y generalmente en el resto del mundo, se usa la escala de Grados Centígrados, algunas veces llamada Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a  $0^{\circ}\text{C}$  y hierve a  $100^{\circ}\text{C}$ .

- **Ciclo mecánico de refrigeración**

Si se superponen un esquema de un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier. Figura 1:

Diagrama de un ciclo

Debemos recordar que el objeto de un proceso de refrigeración es extraer calor de los, de los materiales: alimentos, bebidas, gases y de cualquier otro material que deseemos enfriar, valiéndonos de los principios de la física como del comportamiento de los fluidos y materiales desarrollados durante el avance de la tecnología.



**FIG 1: Ciclo mecánico de refrigeración**

Como su nombre lo indica, se trata de un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente. Dentro del ciclo de refrigeración y basado en la presión de operación se puede dividir el sistema en dos partes:

Lado de alta presión: parte del sistema que está bajo la presión del condensador.

Lado de baja presión: parte del sistema que está bajo la presión del evaporador.

- **Lado de alta presión**

Compresor: (1-2) Comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

Condensador: (3-4) extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento. Para condensadores enfriados por aire, puede decirse que la temperatura del refrigerante en un condensador debe estar  $15^{\circ}\text{C}$  por encima de la temperatura promedio del aire alrededor de este (temperatura del condensador = temperatura ambiente +  $15^{\circ}\text{C}$ ).

Dispositivo de expansión: (5-6) es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación a su longitud capilar.

- **Lado de baja presión**

Evaporador: (6-7) suministra calor al vapor de refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar. El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor, que puede observarse como presencia de escarcha en la sección, lo cual prácticamente representa una condición que tarde o temprano provocara su falla. Cumpliendo el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al succionar el refrigerante el compresor en condiciones de gas sobrecalentado.

- **Ciclo Carnot de refrigeración**

En el ciclo de Carnot todos los procesos son reversibles. Ningún otro ciclo puede tener una mayor eficiencia que el ciclo de Carnot. Se puede definir como el criterio de perfección para un sistema mecánico de refrigeración. El coeficiente de operación para el ciclo de refrigeración de una máquina de Carnot, se calcula como se muestra en la imagen 2:

El ciclo de Carnot se produce cuando una máquina trabaja absorbiendo una cantidad de calor  $Q_1$  de la fuente de alta temperatura y cede un calor  $Q_2$  a la de baja temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior. El rendimiento viene definido, como en todo ciclo, por la ecuación de la imagen 3.

$$c.o.p. = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

FIG 2: Ecuación del ciclo de Carnot

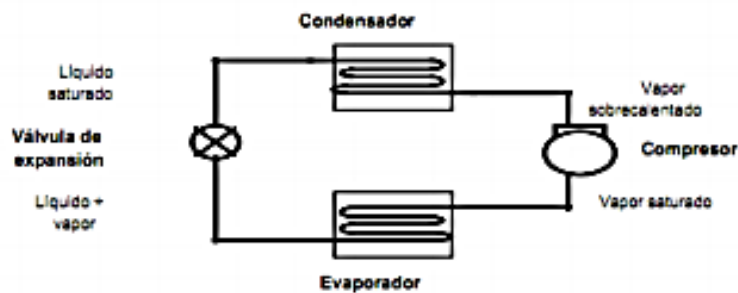


Fig.1 Sistema básico de refrigeración por compresión de vapor.

FIG 3: Esquema del ciclo de Carnot

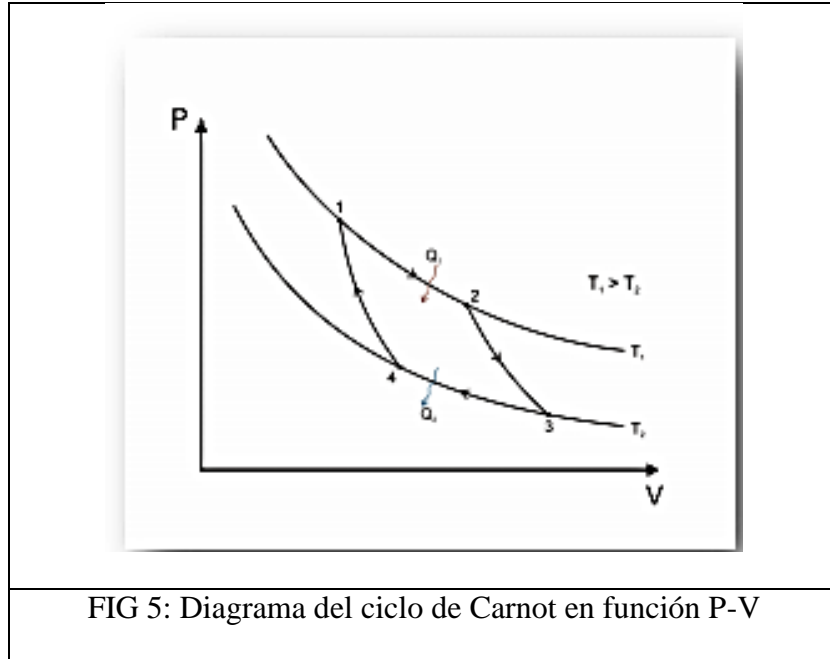
$$\eta = \frac{W_{util}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

FIG 4: Rendimiento del ciclo de Carnot

Una máquina térmica que realiza este ciclo se denomina máquina de Carnot. El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isotermos (a temperatura constante) y dos adiabáticos (aislados térmicamente). Las aplicaciones del primer principio de la termodinámica están escritas acorde con el Criterio de signos termodinámico.

Expansión isoterma: (proceso 1 → 2 en el diagrama) Se parte de una situación en que el gas se encuentra al mínimo volumen del ciclo y a temperatura T1 de la fuente caliente. En este estado se transfiere calor al cilindro desde la fuente de temperatura T1, haciendo que el gas se expanda. Al expandirse, el gas tiende a enfriarse, pero absorbe calor de T1 y mantiene su temperatura constante. Al tratarse de un gas ideal, al no cambiar la temperatura tampoco lo hace su energía interna, y despreciando los cambios en la energía potencial y la cinética, a partir de la 1ª ley de la termodinámica vemos que todo el calor transferido es convertido en trabajo:





Expansión adiabática: (2 → 3) La expansión isoterma termina en un punto tal que el resto de la expansión pueda realizarse sin intercambio de calor. A partir de aquí el sistema se aísla térmicamente, con lo que no hay transferencia de calor con el exterior. Esta expansión adiabática hace que el gas se enfríe hasta alcanzar exactamente la temperatura T2 en el momento en que el gas alcanza su volumen máximo. Al enfriarse disminuye su energía interna, con lo que utilizando un razonamiento análogo al anterior proceso:

$$Q_{23} = 0 ; U_{23} < 0 \Rightarrow U_{23} = -W_{23} \Rightarrow W_{23} > 0$$

FIG 6: Ecuación de Carnot fase 2-3

Compresión isoterma: (3 → 4) Se pone en contacto con el sistema la fuente de calor de temperatura T2 y el gas comienza a comprimirse, pero no aumenta su temperatura porque va

cediendo calor a la fuente fría. Al no cambiar la temperatura tampoco lo hace la energía interna, y la cesión de calor implica que hay que hacer un trabajo sobre el sistema:

$$Q_{34} < 0 ; U_{34} = 0 \implies 0 = U_{34} = Q_{34} - W_{34} \implies W_{34} = Q_{34} \implies W_{34} < 0$$

FIG 7: Ecuacion de Carnot fase 3 -4

$$S_{34} = \frac{Q_{34}}{T_2} < 0$$

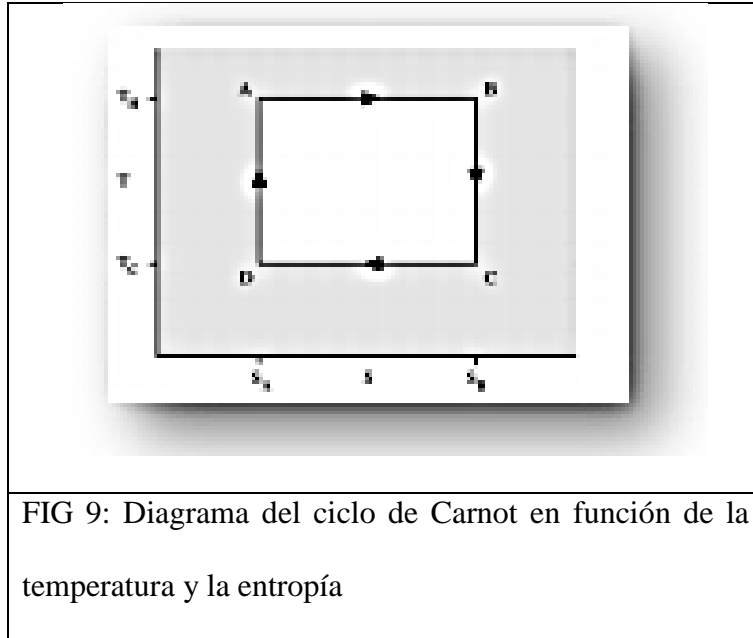
FIG 8: Ecuación entropía fase 3-4

Compresión adiabática: (4 → 1) Aislado térmicamente, el sistema evoluciona comprimiéndose y aumentando su temperatura hasta el estado inicial. La energía interna aumenta y el calor es nulo, habiendo que comunicar un trabajo al sistema:

$$Q_{41} = 0 ; U_{41} > 0 \implies U_{41} = -W_{41} \implies W_{41} < 0$$

FIG 9: Ecuación de Carnot fase 4-1

Al ser un proceso adiabático, no hay transferencia de calor, por lo tanto la entropía no varía:



- **Características de los refrigerantes:**

- Punto de congelación. Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- Calor específico. Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- Volumen específico.- El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión
- Densidad. Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- La temperatura de condensación, a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- La temperatura de ebullición, relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.

- Punto crítico lo más elevado posible.
- No deben ser líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- Dado que deben interaccionar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fase líquida y no nociva con el aceite.



FIG 10: Carga de refrigerante R-134a

Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser buenos dieléctricos, es decir, tener una baja conductividad eléctrica.

- **Tipos**

- Los inorgánicos, como el agua o el  $\text{NH}_3$ : Amoníaco
- Los de origen orgánico (hidrocarburos y derivados):
- Los CFC's, Clorofluorocarbonos, perjudiciales para la capa de ozono
- Los HCFC's. Hidroclorofluorocarbonados
- Los HFC's.

- Los HC: Hidrocarburos (alcanos y alquenos)
- Las mezclas, azeotrópicas o no azeotrópicas.

Los refrigerantes comúnmente más usados son el agua, el amoníaco o R717, el Glicol, R12, R134a, R407C, R507.

- **Gas refrigerante R134a: refrigerante en aires acondicionados automotrices**

El aire acondicionado de tu automóvil usa un gas denominado R134a, el mismo que por sus características ha venido siendo de uso muy extendido en la actualidad.

El **gas refrigerante R134a** ha sustituido a otros gases refrigerantes como el antiguo R12, el R134a es un TETRAFLUOROETANO de alta estabilidad química, que no destruye la capa de ozono, no siendo agresivo con la mayor parte de materiales como gomas, plásticos y cauchos menos las gomas con componentes fluorados.

La toxicidad del gas refrigerante R134a es tan baja que su inhalación prolongada no tiene ningún tipo de efectos tóxicos, por lo que es usado también como agente propulsor en frascos de espumas.

Los tanques del gas refrigerante R134a deben ser almacenados en lugares frescos y ventilados.

- **Lubricantes**

Aunque los aceites sintéticos para refrigeración, existen desde hace más de 25 años, en nuestro país han tenido un uso muy limitado. Los aceites sintéticos tienen características muy superiores a los minerales. A diferencia de los aceites minerales, los cuales son productos destilados directamente del petróleo crudo, los aceites sintéticos se obtienen a partir de reacciones químicas

específicas. Por esta razón, su calidad no depende de la calidad de ningún petróleo crudo, y su composición es consistente todo el tiempo, ya que los componentes son siempre iguales. De lo anterior, se desprende que los aceites sintéticos, son lubricantes que se podría decir que están "hechos a la medida", ya que estos materiales pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de una aplicación particular. En el caso de los aceites sintéticos para refrigeración, estos materiales se fabrican enfatizando las propiedades de miscibilidad con los refrigerantes, resistencia a bajas y a altas temperaturas, excelente poder lubricante, 100% libres de cera. Existen varios tipos de aceites sintéticos, pero los que mejor resultado dan en refrigeración son los de polialquilenglicol (PAG) y los de poliol éster (POE). En la actualidad, con la desaparición de algunos refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC's), y la aparición de sus sustitutos, es necesario el uso de aceites sintéticos, ya que algunos de estos nuevos refrigerantes como el R-134a, no son miscibles con los aceites minerales nafténicos ni aromáticos. El R-134a inclusive, ha mostrado poca solubilidad con los aceites sintéticos de alquilbenceno; en cambio, ha mostrado buena solubilidad con los lubricantes de éster, de los cuales hay varios tipos. Por otra parte, los lubricantes sintéticos de PAG, no son compatibles con los clorofluorocarbonos (CFC's), como el R-12. Específicamente, el cloro contenido en estos refrigerantes, puede reaccionar con el aceite sintético y causarle una degradación.

- **Requerimientos del aceite para refrigeración**

El conocimiento de las características de los aceites para refrigeración, incumbe principalmente a los fabricantes de equipo. Sin embargo, es importante para los técnicos y mecánicos en refrigeración, comprender los principios básicos de selección de aceites, para que puedan

resolver los problemas que pudieran resultar, por no usar los aceites adecuados en las instalaciones de refrigeración.

Un buen aceite para refrigeración debe reunir las cualidades que a continuación se enlistan.

- Mantener su viscosidad a altas temperaturas.
- Mantener buena fluidez a bajas temperaturas.
- Ser miscible con los refrigerantes a las temperaturas de trabajo.
- Tener buena (alta) capacidad dieléctrica.
- No tener materia en suspensión.
- No debe contener ácidos corrosivos o compuestos de azufre.
- No formar depósitos de cera (flóculos) a las bajas temperaturas del sistema.
- No dejar depósitos de carbón al entrar en contacto con superficies calientes dentro del sistema.
- No contener humedad.
- No formar espuma.
- Ser química y térmicamente estable en presencia de refrigerantes, metales, aislamientos, empaques, oxígeno, humedad y otros contaminantes.

Tal aceite para refrigeración sería perfecto para todos los sistemas, pero no existe. Por lo tanto, se seleccionará el aceite que más se acerque a estas propiedades y que cubra las necesidades específicas del sistema.

- **Aplicaciones**

Las aplicaciones de la refrigeración son entre muchas: La Climatización, para alcanzar un grado de confort térmico adecuado para la habitabilidad de un edificio o la cabina de un automóvil, la conservación de alimentos, medicamentos u otros productos que se degraden con el calor como por ejemplo la producción de hielo o nieve, la mejor conservación de órganos en medicina o el transporte de alimentos perecederos. Los procesos industriales que requieren reducir la temperatura de maquinarias o materiales para su correcto desarrollo. Algunos ejemplos son el mecanizado, la fabricación de plásticos, la producción de energía nuclear. La Criogénesis o enfriamiento a muy bajas temperaturas empleada para licuar algunos gases o para algunas investigaciones científicas. Motores de combustión interna en la zona de las paredes de los cilindros y en las culatas de los motores se producen temperaturas muy altas que es necesario refrigerar mediante un circuito cerrado donde una bomba envía el líquido refrigerante a las galerías que hay en el bloque motor y la culata y de allí pasa un radiador de enfriamiento y un depósito de compensación. el líquido refrigerante que se utiliza es agua destilada con unos aditivos que rebajan sensiblemente el punto de congelación para preservar al motor de sufrir averías cuando se producen temperaturas bajo cero.

- **Sistema de aire acondicionado automotriz**

En nuestros tiempos este sistema ha dejado de ser un accesorio pasando a ser estándar en los automóviles, brindando comodidad sobretodo en climas cálidos, pero también es verdad que puede generar un sin fin de problemas a la hora de fallar<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> <http://www.autodaewoospark.com/sistema-de-aire-acondicionado-automotriz.php>



El uso del aire acondicionado automotriz de manera regular, puede llegar a reducir el rendimiento de combustible hasta en un 50%.

- **Componentes del aire acondicionado automotriz**

Un aire acondicionado automotriz típico está compuesto tal como se muestra en la figura 10.

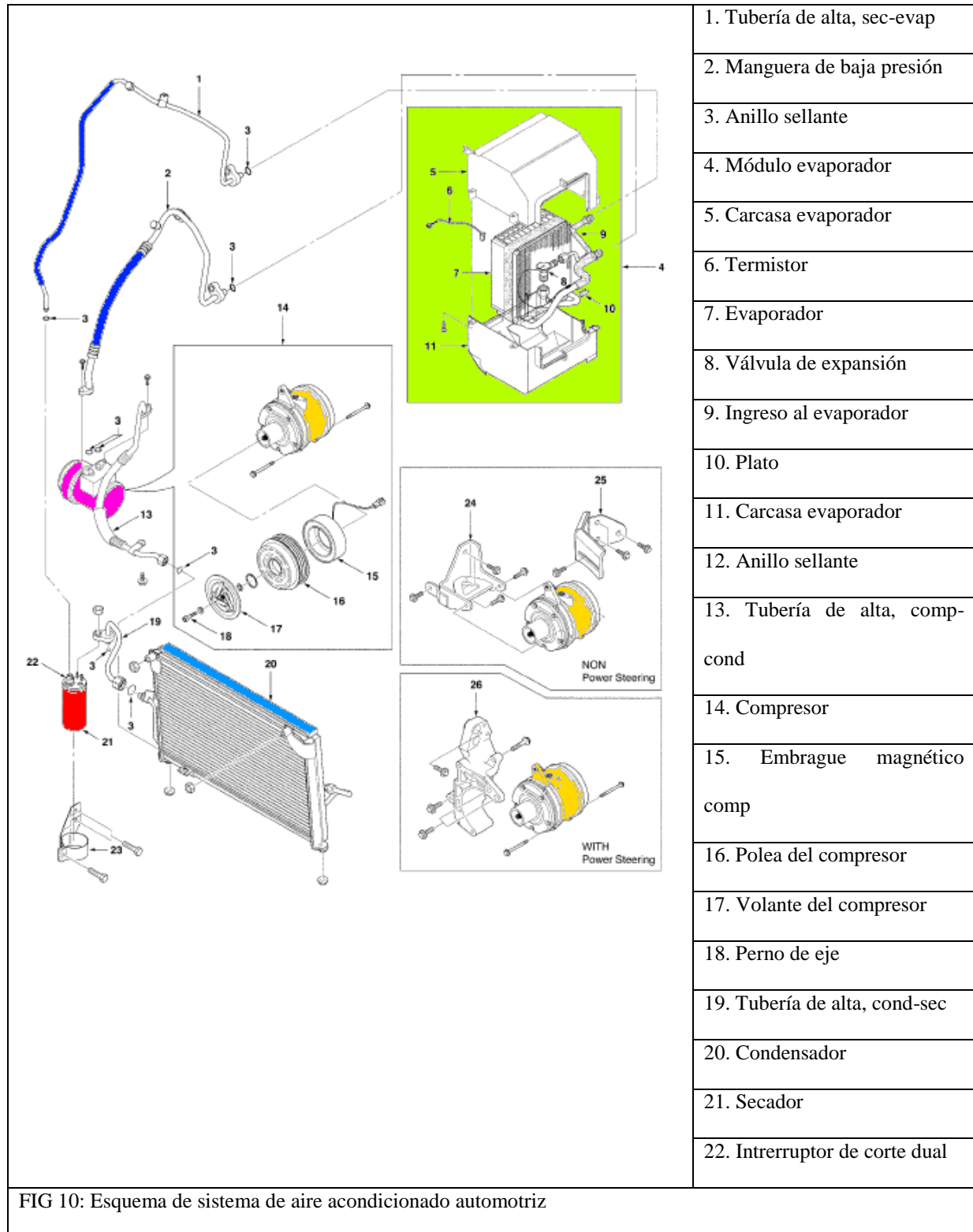
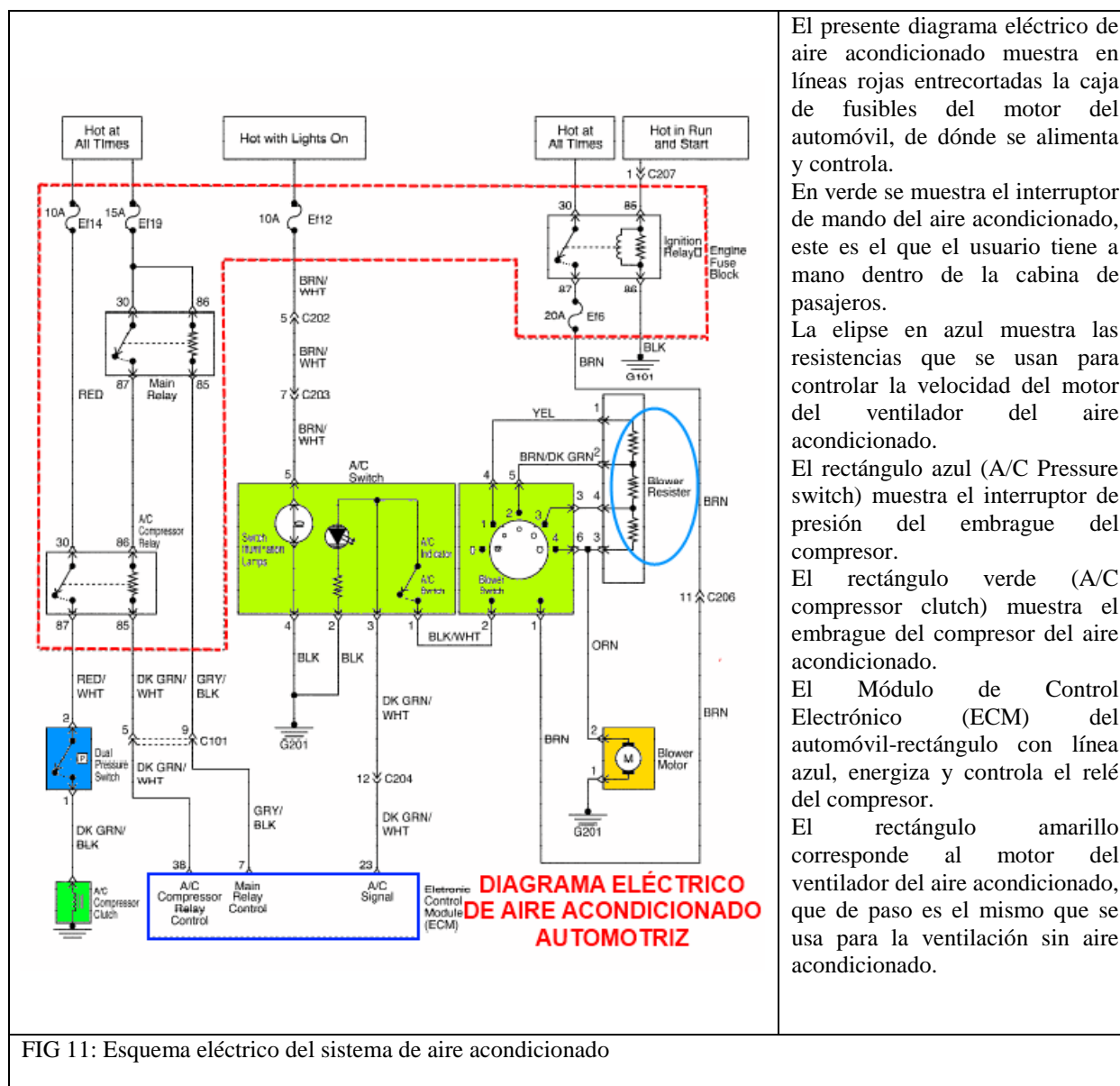


FIG 10: Esquema de sistema de aire acondicionado automotriz

- **Diagrama eléctrico de aire acondicionado**

La figura 11 muestra cómo está configurado eléctricamente el aire acondicionado automotriz.



El presente diagrama eléctrico de aire acondicionado muestra en líneas rojas entrecortadas la caja de fusibles del motor del automóvil, de dónde se alimenta y controla.

En verde se muestra el interruptor de mando del aire acondicionado, este es el que el usuario tiene a mano dentro de la cabina de pasajeros.

La línea en azul muestra las resistencias que se usan para controlar la velocidad del motor del ventilador del aire acondicionado.

El rectángulo azul (A/C Pressure switch) muestra el interruptor de presión del embrague del compresor.

El rectángulo verde (A/C compressor clutch) muestra el embrague del compresor del aire acondicionado.

El Módulo de Control Electrónico (ECM) del automóvil-rectángulo con línea azul, energiza y controla el relé del compresor.

El rectángulo amarillo corresponde al motor del ventilador del aire acondicionado, que de paso es el mismo que se usa para la ventilación sin aire acondicionado.

FIG 11: Esquema eléctrico del sistema de aire acondicionado

- **Fallas del aire acondicionado automotriz**

Las fallas del aire acondicionado automotriz se pueden dividir en fallas eléctricas y fallas mecánicas

- **Fallas mecánicas del aire acondicionado:**

Una de las fallas más comunes en el aire acondicionado del automóvil se encuentra en la correa de transmisión, la que va desde el grupo de poleas alrededor del cigüeñal hasta la polea del aire acondicionado mismo.

Esta polea se destensa y/o desgasta, ocasionando un mal funcionamiento del aire acondicionado del automóvil, ya sea como que al aire acondicionado no funcione cuando el automóvil se encuentre en ralentí- por ejemplo, cuando se detiene en semáforos, o simplemente por bajas revoluciones del automóvil.

Las fugas de las mangueras y tuberías dejar escapar el refrigerante R134a, haciendo que el aire acondicionado no enfríe por completo, solamente existirá una circulación de aire por efecto del motor del ventilador, en este caso la reparación deberá efectuarla un especialista en cargar el gas refrigerante, cambiando las mangueras y/o tuberías con fugas.

El daño en el compresor ocurre por deterioro o ausencia del aceite lubricante. Esto causara desgaste en el conjunto rotativo a nivel que es imposible que el compresor genere la compresión necesaria para la condensación.

La suciedad habitual por partículas en el aire que ingresa al evaporador causa que se acumule y genere presencia de hongos que pueden causar deterioro en los materiales y perforaciones.

La recarga del gas del sistema de refrigeración del aire acondicionado (**Gas refrigerante automotriz R134a**) es el tema más común que se presenta requiriendo de una serie de equipos y procedimientos, los mismos que deben hacerse por un profesional.

- **Fallas eléctricas del aire acondicionado automotriz**

Tenemos que pueden fallar los fusibles, bien sea el fusible principal del automóvil o el fusible del embrague del compresor, observar en el diagrama superior dentro de las líneas rojas entrecortadas hacia el lado izquierdo superior.

El interruptor de presión del embrague del compresor puede fallar, al no activarse y de ésta manera no funcionará el aire acondicionado.

Y por último se falla el motor del ventilador del aire acondicionado no habrá circulación del aire acondicionado.

- **Estrategia de mantenimiento**

El mantenimiento se entiende como uno de los procesos fundamentales dentro de la línea de procesos industriales, ya que es de los pocos conceptos que encierran toda una tecnología y teoría acerca de él, debido a que afecta el proceso de producción en todo concepto, tanto desde el punto de vista de la calidad, el administrativo y el financiero.<sup>3</sup> Los planes de mantenimiento buscan optimizar los procesos implementados para la conservación del sistema encargado del aire acondicionado en el sector automotriz, de esta forma disminuir las fallas, aumentar eficiencia y cumplir con todas las normas pensando en el cuidado del medio ambiente. En el plan de mantenimiento se destacan los diferentes tipos de mantenimiento y se enfoca en los de mayor importancia.

---

<sup>3</sup> Adrián Felipe Rondón Marin "Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeración en cuartos fríos" 2014.

Se busca disminuir el mantenimiento correctivo evitando que el sistema quede fuera de servicio generando inconformidad en el usuario, problemas de salud y riesgos de accidentalidad en climas muy cálidos.

- **Mantenimiento Predictivo**

Como su nombre lo indica es un mantenimiento que busca predecir las fallas con base al historial de comportamiento y síntomas que presentan las maquinas antes del fallo. Esto se puede lograr mediante técnicas actuales como Análisis de vibración, Análisis de aceites, Análisis Termográfico e, intensidad de sonidos.

- **Mantenimiento Preventivo**

La investigación se centra en este tipo de mantenimiento creando un proceso bien establecido para detectar fallas mediante inspección visual, estadísticas, programación y capacitación todo con el fin de disminuir costos, evitar paradas innecesarias los cual se traduce en costos y así aumentar la confiabilidad.

La industria crece tan rápido, que se enfrenta a una deficiencia de mano de obra calificada para el mantenimiento y servicio en el corto tiempo<sup>4</sup>. Con base a capacitación constante del personal técnico encargado del mantenimiento se logra lo que buscan las empresas actualmente: reducir costos, aumentar la productividad, calidad y disminuir riesgos cumpliendo todas las normativas. Debido a que la investigación está enfocada a los procesos establecidos para realizar mantenimiento en sistemas de aire acondicionado es necesario resaltar la importancia de la

---

<sup>4</sup> REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, Traducción de Camilo Botero G. Editorial Prentice/may Internacional. 1997.

refrigeración. “La refrigeración y el acondicionamiento de aire constituyen sistemas ampliamente utilizados para distintas aplicaciones, además involucran equipos que demandan altos consumos energéticos y materiales con un alto riesgo ambiental, por esto es necesario tener precauciones en su instalación y manejo, que permitan un funcionamiento apropiado sin afectar el medio ambiente y de una manera rentable.”<sup>5</sup> En la actualidad es necesario llevar a cabo mantenimientos que cumplan con todos los requisitos para asegurar el cuidado del medio ambiente, por lo cual se deben tener en cuenta todas las normativas y no incurrir en gastos ocasionados por multas o sanciones producto de daños ocasionados al medio ambiente. Se puede definir sistema frigorífico de la siguiente forma: “Sistemas de Refrigeración corresponden a Arreglos Mecánicos Que utilizan Propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos conforme se requiera. Diseñados están primordialmente para controlar la temperatura<sup>6</sup> dentro de la cabina del automóvil.

Bajo esta definición se entiende al acondicionamiento de aire como el rango de condiciones de temperatura, humedad, y algunas veces, el movimiento del aire, en que la mayoría de la gente se siente confortable. Este tipo de sistemas se encarga de absorber el calor de la cabina a acondicionar para expulsarlo al exterior.

En el plan de mantenimiento se debe realizar monitoreo en diferencias de presión y temperatura con el fin de garantizar los parámetros que se exigen. “Las condiciones ambientales donde se ubican las instalaciones por climatizar influyen en el diseño del sistema de aire, tanto en invierno como en verano. La contaminación atmosférica de la zona, la altura de la ciudad, la presencia de

---

<sup>5</sup> Autor: Diego Alejandro Trujillo “Sistemas de refrigeración y aire acondicionado”

<sup>6</sup> Carlos Pablo Aguilar Narváez “mantenimiento de sistema de refrigeración industrial” 2014

otras industrias, etcétera, son parámetros por considerar para realizar un diseño eficiente de un sistema de aire tratado.”<sup>7</sup> En el diseño del plan de mantenimiento es de vital importancia tener en cuenta todos los factores internos y externos directamente relacionados con el buen desempeño en los sistemas de aire acondicionado, esto debido a que se puede realizar un mantenimiento bajo los procesos establecidos pero si las condiciones necesarios para la fabricación de algún no son las ideales el mantenimiento no será efectivo

---

<sup>7</sup> Avelino Rios Rodriguez, “sistemas de aire acondicionado para la industria farmacéutica”



## 5.2 Estado Del Arte

En 1996 en la ciudad de Bogotá Patricia Duarte y Pedro Saavedra estudiantes de la prestigiosa universidad ECCI, realizaron su monografía acerca del FUNCIONAMIENTO Y MANEJO DEL EQUIPO DE REFRIGERACION CHILLER para optar por el título de Técnico Profesional en Tecnología de Plásticos, este trabajo tuvo como objetivo general resaltar el equipo de refrigeración Chiller, el cual se ha convertido en mecanismo importante para optimizar el proceso de refrigeración.

Durante la investigación encontramos que en 1998 en la sede de Bogotá de la Universidad ECCI, los estudiantes William Alexander Cortes, Wilson Collazos, Wilson Rene Martínez y Leonel Rojas, elaboraron una tesis que consistió en un EQUIPO DIDACTICO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO CON REFRIGERANTE 134A para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. En la tesis hicieron énfasis en los conceptos más importantes del proceso de refrigeración y sus aplicaciones para beneficio del hombre y su entorno.

En el mismo orden de ideas años más tarde, exactamente en el 2004 en la ciudad de Bogotá Arturo Arce Castillo, Edwin Alberto Mosquera Rodríguez y Florentino Vaca Moreno Ingenieros Mecánicos de la Universidad de SANTIAGO DE CALI, realizaron un DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD EN UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS EN EL AREA INDUSTRIAL DE LA REFRIGERACION. El cual consistió en aplicar los conocimientos adquiridos en el seminario ISO 9001-2000,

realizando el diseño para la implementación de sistema de gestión de calidad en la empresa CALVER para que esta fuese más competitiva y mejor empresa.

También se destaca en Julio del 2006 José Gabriel Salamanca Holguín del programa de mecánica automotriz realizo un INFORME DE PASANTIA EN SISTEMAS DE REFRIGERACION, SUSPENSION Y FRENOS, en la empresa JORGE CORTES Y CIA LTDA, en donde adquirió conocimientos en el diagnóstico y reparación de los problemas que se presentan en los sistemas de un vehículo.

En el 2007 en la ciudad de Bogotá, Diana Elizabeth González Arias, Juan Gabriel Parraga Vega y William Mauricio Castro Bayona, estudiantes de Ingeniería Mecánica de nuestra UNIVERSIDAD ECCI, quienes realizaron el DISEÑO E IMPLEMENTACION DE BANCO DIDACTICO PARA LA REFRIGERACION INDUSTRIAL. El cual tuvo como uno de sus objetivos principales facilitar la comprensión de los fundamentos teóricos de la refrigeración mediante la práctica, buscando en un futuro cercano la obtención de laboratorios equipados para tener proyectos de investigación en el tema relacionado.

En el 2004 en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Adrián Felipe Rendón Marín, estudiante de Ingeniería Mecánica realizo como trabajo de grado PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN EN CUARTOS FRÍOS. El cual tuvo como objetivo principal elaborar un manual de mantenimiento para la refrigeración industrial, con el cual se pueda aportar al crecimiento de conocimientos del personal técnico y operativo de sistemas de refrigeración y aires acondicionados.

En el 2006 en la escuela superior politécnica del litoral de GUAYAQUIL – ECUADOR, David Alejandro Delgado Rodríguez, estudiante de Ingeniería Mecánica realizó su tesis de grado en LA CLIMATIZACION DE UN EDIFICIO DE LABORES ADMINISTRATIVAS MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA ENFRIADA POR AIRE, CON VOLUMEN VARIABLE DE TANTO EL CIRCUITO DE AGUA FRIA COMO EL SUMINISTRO DE AIRE ACONDICIONADO, UTILIZANDO UN SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL Y MONITOREO. El cual consistió en suplir la necesidad de climatizar el edificio, disminuir gastos de energía y automatizar el sistema.

En ese mismo año en la universidad simón bolívar de sartenejas (Venezuela), Juan José Moreno Pérez estudiante de ingeniería mecánica presentó un informe de pasantía acerca de LA ELABORACION DE UN PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE LAS INSTALACIONES DEL GRAN CASINO MARGARITA.

En el 2001 en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Alejandro Mantilla Báez realizó su monografía FORMULACIÓN DE UN MODELO PARA PLANEACIÓN Y EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO EN LAS REDES DE PLANTA EXTERNA DE LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE BOGOTA S.A. – E.S.P. El objetivo de la presente fue proponer a la ETB un nuevo modelo de organización basado en la Planeación, adecuado a las circunstancias actuales de la ETB.

En el 2001 en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER de BUCARAMANGA, Jairo Flechas Villamil y Hernán Orjuela Pérez realizaron su Monografía “ANÁLISIS DE

MODOS Y EFECTOS DE FALLAS, APLICADO AL CENTRO DE CÓMPUTO DE LA BIBLIOTECA LUIS ÁNGEL ARANGO”, para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. El objetivo general la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y más exactamente con la aplicación de la técnica **Análisis de Modos y Efectos de Fallas, (AMEF)** en el Banco de la República, para ser implementada por el Departamento de Edificios en el mantenimiento de los equipos soporte del Centro de Cómputo de la Biblioteca Luis Ángel Arango, en la ciudad de Bogotá.

En el año 2000 en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Orlando Zuluaga López presento su monografía “MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES EN UNA AEROLÍNEA COLOMBIANA”. En la presente monografía se proponen guías o modelos a seguir en la formación de líderes y equipos de trabajo para la ejecución del mantenimiento de línea y base.

## 5.2. Marco Legal

Se rige bajo la normatividad UTO (Unidad técnica Ozono), el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MMA).

El Plan nacional de eliminación de SAO (Sustancias agotadoras de Ozono) busca sustituir el CFC (Clorofluorocarbonos) en el sector de refrigeración, así como generar propuestas para disminuir el uso del CFC en el sector de mantenimiento, eliminar importaciones de halones, monitorear, concientizar, informar y supervisar. Se debe utilizar cilindros de recuperación de SAO.

Existe una alianza entre la UTO y el SENA en certificación y capacitación obteniendo los siguientes logros:

- Sensibilización a 7000 técnicos a nivel nacional
- Concluyen proyectos de reconversión industrial
- Control de comercio
- Se entregaron equipos para recuperación, reciclaje y regeneración de gases refrigerantes
- Control a importaciones y exportaciones

La UTO en conjunto con el SENA ha desarrollado procedimientos bien definidos mediante metodología que le permite evaluar y certificar competencias laborales.

La normatividad se resume en las diferentes actividades que está implementando la UTO basados en la resolución 0304 que establece:

- Cuota anual para la importación de CFC
- Sistema para permisos de importación

- Sanciones por incumplimiento

El PNE (Plan Nacional de Eliminación) busca dar cumplimiento al protocolo de Montreal el cual consiste en comprometer a las partes involucradas de la firma para sacar del mercado todos los refrigerantes que ocasionen daños al medio ambiente. Bajo la nueva resolución 734 se controla aún más la importación de SAO.

## 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	El plan de mantenimiento requiere del análisis de eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente, dado que se revisa el histórico de fallas.
• Documental	Existen teorías relacionados sobre el tema objeto de estudio porque el mismo es aplicado en el sector automotriz.
• Descriptiva	Reseña, fallas, características de los vehículos objeto de estudio que cuentan con sistema de aire acondicionado
• Correlacional	Mide grado de relación entre fallas registradas en el parque automotor de la Empresa constructora de puentes.
• Explicativa	Da razones del porque ocurren las fallas más comunes en los sistemas de aire acondicionado en vehículos.
• Estudios de caso	Analiza un vehículo representativo de un parque automotor de la empresa constructora de puentes.
• Seccional	No recoge información del objeto de estudio en una oportunidad única ya que se revisan varios casos de aplicación
• Longitudinal	No compara datos obtenidos en diferentes oportunidades debido a que no se cuenta con otro estudio tan específico.
• Experimental	Esta investigación no analiza el efecto producido por la acción o manipulación de variables independientes.

La propuesta del plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado en el sector automotriz es una investigación de un caso de estudio correlacional debido a que en este se está analizando como al aumentar el kilometraje recorrido genera un gasto dado de mantenimiento en el sistema.



## 7. MARCO METODOLÓGICO

### 7.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Se cuenta con los registros de los vehículos desde el momento que se adquirieron como activo de la compañía descritos de forma cronologica en el formato HOJA DE VIDA.

Tambien se tienen las facturas de servicios realizados con el proveedor y las cotizaciones de partes.

- **Vehículos analizados**

Dentro de los vehículos que posee la compañía se seleccionaron 6 vehículos todos de la misma marca, modelo.

- Camioneta Nissan Frontier D22 NP300 Gasolina Doble Cabina.

En el anexo #### se muestra la ficha técnica completa para contextualizar al lector del vehículo estudiado.

Estos vehiculos no son diferentes en sus componentes que forman el sistema de aire acondicionado. La figura 12 muestra el compresor y sus partes anexas.

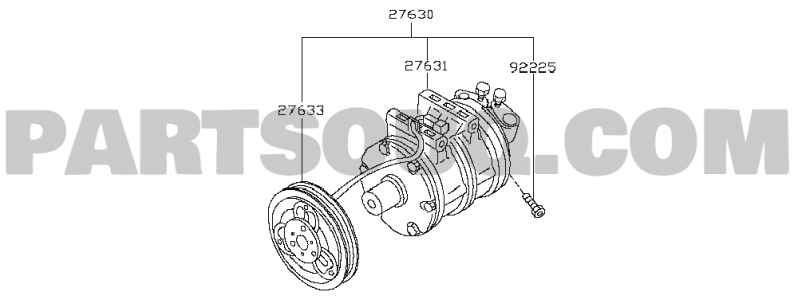
	CLUTCH -	27633
	COMPRESSOR	
	VALVULA -	92225
	BYPASS	
	COMPRESSOR	27631
	COMPRESSOR Y POLEA	27630

FIG 12: Unidad compresora<sup>8</sup>

La figura 13 muestra el condensador y las partes anexas que el proveedor ofrece como repuesto.

MANGUERA FLEXIBLE BAJA	92480
TANQUE LIQUIDO R134	27640
TUBO FRONTAL ALTA	92440
CONDENSADOR	27650
MANGUERA FLEXIBLE ALTA	92490
TUBO CONDENSADOR A TANQUE	92446
TUBO FRONTAL BAJA	92450
SWITCH PRESION	27623

FIG 13: Condensador y piezas anexas

<sup>8</sup> Tomado de [www.partsouq.com](http://www.partsouq.com)

La figura 14 muestra el evaporador y las partes anexas

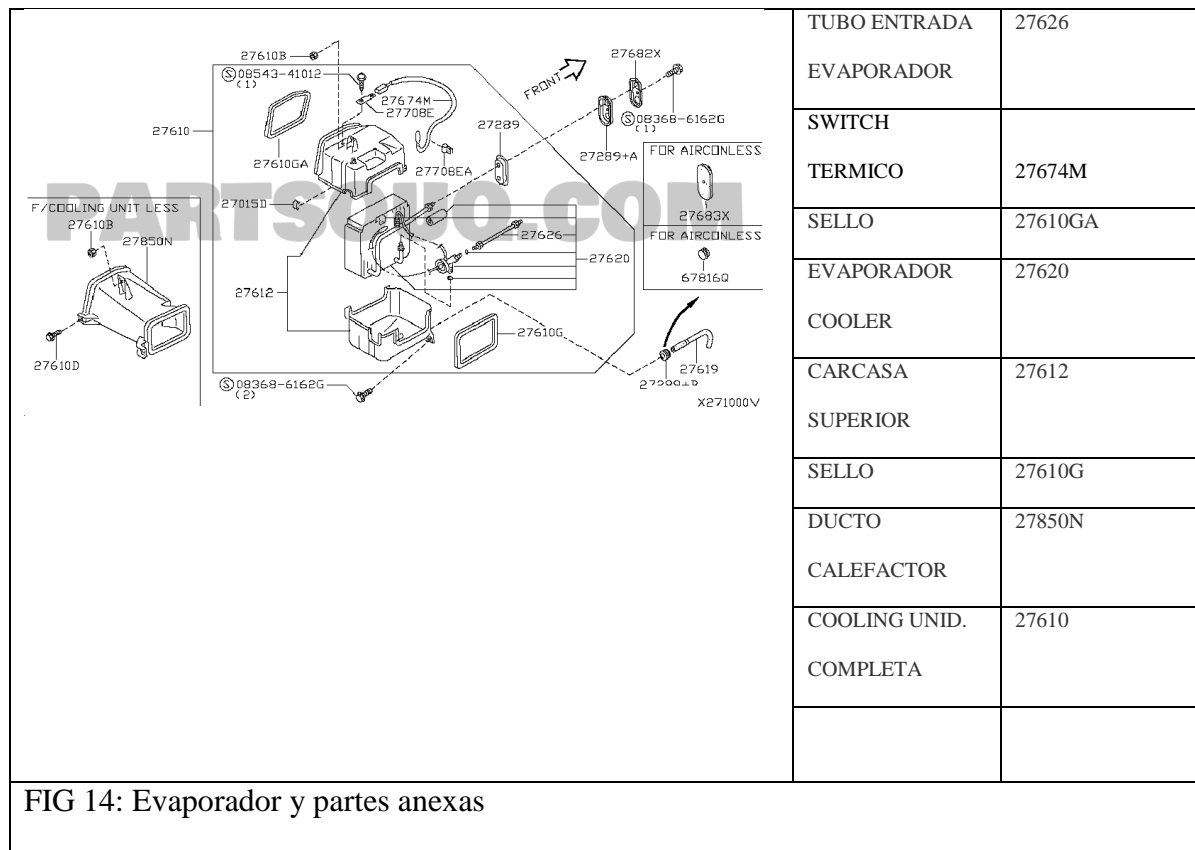
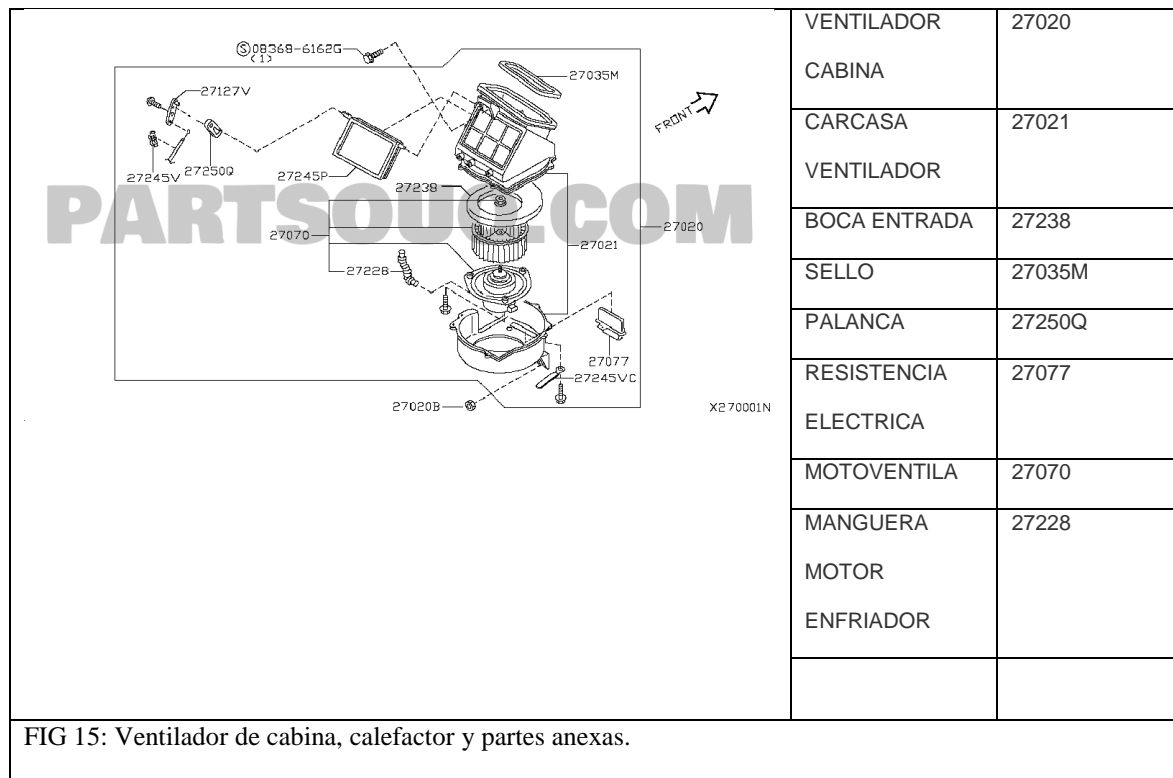


FIG 14: Evaporador y partes anexas

La figura 15 muestra el ventilador y las piezas anexas.



	nel757	112000	hjl033	104000	rlr932	215000	rlv962	225000	rez635	105000	rez612	115000
PARTE	REPUESTO	KM DE FALLA	REPUESTO	KM DE FALLA	REPUESTO	KM DE FALLA	REPUESTO	KM DE FALLA	REPUESTO	KM DE FALLA	REPUESTO	KM DE FALLA
27633	\$1.287.000	65000					\$ 1.287.000	85000			\$ 1.287.000	82000
92225	\$ 36.000	65000	\$ 36.000	80000	\$ 36.000	70000	\$ 36.000	110000	\$ 36.000	103000	\$ 36.000	82000
					\$ 36.000	170000					\$ 36.000	110000
27631											\$ 1.959.000	110000
27630					\$ 2.556.000	170000	\$ 2.556.000	110000	\$ 2.556.000	103000		
27674M	\$ 111.000	99000	\$ 111.000	86000	\$ 111.000	130000	\$ 111.000	110000	\$ 111.000	85000	\$ 111.000	47000
					\$ 111.000	170000	\$ 111.000	196000			\$ 111.000	100000
27610	\$1.449.000	99000			\$ 1.449.000	110000	\$ 1.449.000	110000				
92480	\$ 426.000	60000			\$ 426.000	68000	\$ 426.000	118000			\$ 426.000	88000
					\$ 426.000	140000					\$ 426.000	110000
27640			\$ 306.000	73000	\$ 306.000	104000	\$ 306.000	134000	\$ 306.000	73000		
92440	\$ 141.000	85000	\$ 141.000	79000	\$ 141.000	81000	\$ 141.000	91000	\$ 141.000	73000	\$ 141.000	95000
					\$ 141.000	126000	\$ 141.000	147000			\$ 141.000	110000
					\$ 141.000	189000						
27650			\$ 945.000	100000	\$ 945.000	126000	\$ 945.000	147000	\$ 945.000	73000	\$ 945.000	95000
92490	\$ 369.000	85000	\$ 369.000	64000	\$ 369.000	77000	\$ 369.000	91000	\$ 369.000	73000	\$ 369.000	95000
					\$ 369.000	189000	\$ 369.000	147000				
92450	\$ 279.000	60000	\$ 279.000	100000	\$ 279.000	126000	\$ 279.000	91000				
27623	\$ 174.000	90000	\$ 174.000	73000	\$ 174.000	104000	\$ 174.000	95000	\$ 174.000	73000		
							\$ 174.000	134000				
27021					\$ 270.000	185000						
27077	\$ 75.000	74000			\$ 75.000	185000	\$ 75.000	135000			\$ 75.000	88000
27070	\$ 522.000	74000			\$ 522.000	185000	\$ 522.000	135000			\$ 522.000	88000
							522.000					

**TABLA 1: Datos de fallas en los vehículos y su costo de repuesto**

## 7.2. Análisis de Datos

### **Pasos para el plan de mantenimiento**

1. Realizar un análisis completo del funcionamiento de todo el sistema al cual se le efectuará el mantenimiento evaluando su comportamiento, cada uno de los equipos, procedimientos en la fabricación y conservación del producto.
2. Se lleva a cabo un estudio completo de la ficha técnica para cada uno de los equipos con el fin de conocer sus especificaciones como capacidad de refrigeración, fabricante, dimensiones del sitio, los modelos correspondientes a la unidad interna y externa (evaporadora y condensadora), tipo de refrigerante, entre otras. Es importante conocer la hoja de vida con sus respectivas intervenciones, cambios de partes, mantenimientos programados, reparaciones y actividades en general.
3. Se debe realizar un análisis completo de todos los factores externos que influyen en el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado y que pueden afectar el buen desempeño como la ubicación, presión, ingreso de aire, los rayos del sol, el tamaño del cuarto a refrigerar, cantidad de materiales, estantes y en general producto que puedan disminuir la capacidad de enfriamiento.
4. Crear la lista de actividades para realizar el mantenimiento como limpieza de filtros, de las unidades evaporadora y condensadora, acometidas eléctricas, partes mecánicas y lubricación.
5. Se establece un cronograma de actividades según el kilometraje llevando a cabo el cumplimiento de este a cabalidad en el kilometraje que corresponda.
6. Mediante la inspección visual encontrar fallas analizando en especial aquellas partes que normalmente se desgastan por el uso de los equipos y de esta forma programar la

corrección, el tiempo, mano de obra y los insumos necesarios para completar la reparación

7. Se efectúan capacitaciones técnicas, operarias y normativas establecidas por la empresa de acuerdo a las máquinas específicas las cuales deben ser asignadas a un especialista con base a su conocimiento quien se hará cargo y será el responsable de su mantenimiento.
8. Llevar a cabo los procedimientos de reparación en horarios que no afecten la productividad de la empresa, cumpliendo todas las normas de seguridad, ambientales y siguiendo el protocolo según sea el caso de reparación ya sea para instalar partes, ajustes mecánicos asegurando que la reparación se complete con éxito.
9. El proceso de limpieza que en muchos casos no se le da la importancia es uno de los pasos más relevantes que se debe exigir a los técnicos. Es necesario mantener limpios los serpentines de las unidades evaporadoras y condensadora como también los filtros purificadores, estos últimos pueden ser efectuados por operarios. Los compresores son el corazón del ciclo de refrigeración, es por ello que se programan revisiones periódicas en esta parte analizando su capacidad de funcionamiento, compresión de refrigerante, presiones, estado de las borneras, lubricación y buen estado en la instalación eléctrica.

### **7.3. Propuesta de Solución**

#### **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO**

Tomando como referencia las fallas ocurridas y los kilometrajes relacionados se propone el siguiente plan de mantenimiento preventivo.

Se reajustan las frecuencias de inspección y se detalla que parte del sistema será inspeccionada.





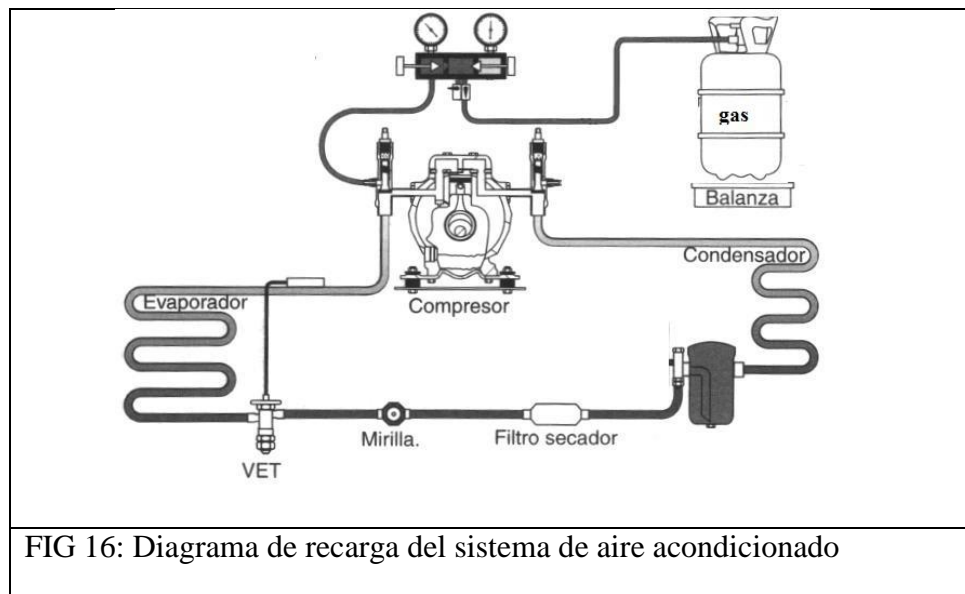
1.2.1	Limpieza del evaporador	20.000	40.000	60.000	20.000			
1.2.2	Revisión del termostato	40.000	80.000	120.000	40.000			
1.2.3	Cambio de termostato	80.000	160.000	240.000	80.000			
<b>1.3 CONDENSACION</b>								
1.3.1	Revisión de mangueras de baja	20.000	40.000	60.000	20.000			
1.3.2	Cambio de mangueras de baja	40.000	80.000	120.000	40.000			
1.3.3	Revisión de guardas del condensador	20.000	40.000	60.000	20.000			
1.3.4	Revisión de soporte del condensador	20.000	40.000	60.000	20.000			
1.3.5	Cambio de soportes del condensador	60.000	120.000	180.000	60.000			
1.1.8	Revisar conexiones del compresor	20.000	40.000	60.000	20.000			
1.1.9	Cambio de ductos de alta	60.000	120.000	180.000	60.000			
1.3.6	Revisión de presión de refrigerante	20.000	40.000	60.000	20.000			
1.3.7	Recarga del sistema	60.000	120.000	180.000	60.000			
1.3.8	Revisión del estado del tanque almacenador de refrigerante	30.000	60.000	90.000	30.000			
<b>1.4 VENTILACION</b>								
1.4.1	Revisión del motoventilador	40.000	80.000	120.000	40.000			
1.4.2	Limpieza de ductos de ventilación	50.000	100.000	150.000	50.000			
1.4.3	Cambio de resistencia eléctrica	80.000	160.000	240.000	80.000			
1.4.4	Limpieza de filtros de cabina	10.000	20.000	30.000	10.000			
1.4.5	Cambio de filtros de cabina	30.000	60.000	90.000	30.000			
<p style="text-align: center;"> <span style="display: inline-block; width: 45%; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></span> <b>ELABORÓ</b>  Ing. de Mantenimiento y equipos </p> <p style="text-align: center;"> <span style="display: inline-block; width: 45%; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></span> <b>REVISÓ</b>  Dirección Administrativa </p>								
TABLA 2: Plan de mantenimiento para aire acondicionado automotriz propuesto								

- **Selección de técnicas de monitoreo de condición para mantenimiento predictivo**

Dentro de las técnicas disponibles en la actualidad que resulten de utilidad para detectar mecanismos de falla en los componentes se sugieren las siguientes:

1. Revisión de presión barométrica de refrigerante.

Requiere del cambio del sensor de presión en el tanque de refrigerante. Este sensor tendrá una conexión directa a un ordenador que permitirá conocer la cantidad de refrigerante existente y si es necesario realizar una recarga. El sistema es simple y puede ser determinado con la cantidad de milivoltios generados. Para complementar la técnica es necesario un kit de recarga de refrigerante mostrado en la figura 17 que permita mantener el nivel de presión de refrigerante.

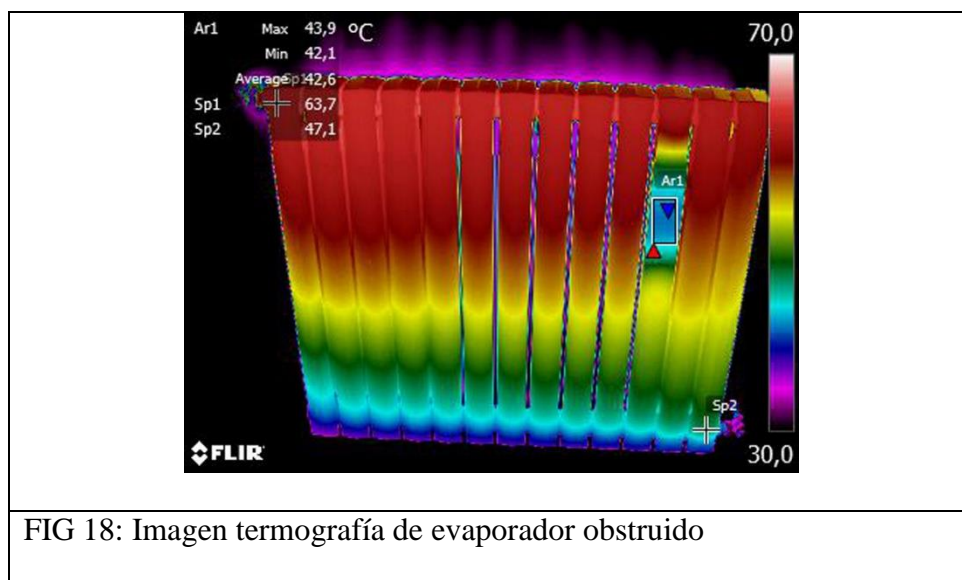




## 2. Revisión de fugas de aire acondicionado por termografía

Esta técnica permite conocer los puntos fríos donde pueden existir fuga, también bloqueos en el evaporador o condensador, sobrecalentamiento del compresor; ocasionadas por deterioro.

Este servicio se propone como externo al requerir un equipo de muy alto costo. La figura 18 muestra una imagen típica del procedimiento.



### 3. Detección de fugas o pérdidas por ultrasonido activo

Se utiliza un equipo de detección de fugas por ultrasonido, calibrado para las condiciones específicas del refrigerante. El equipo registra ondas ultrasónicas que se presentan cuando hay pequeñas fugas de gases. Este servicio se propone como externo al requerir un equipo de muy alto costo que debe ser calibrado periódicamente. Además, necesita capacitación adicional. La figura 19 ilustra la técnica.



FIG 19: Inspección de ultrasonido activo para detección de fugas

## **8. FUENTES DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN**

Como muestra de análisis se tomaron 6 vehículos del mismo modelo con el fin de buscar mayor consistencia de datos y reducir las variables externas. A continuación, se relacionan los vehículos como fuente de información.

### **8.1. Fuentes primarias:**

Nuestra principal fuente de información fue la empresa **PUENTES Y TORONES S.A.S**, compañía de la cual se obtuvieron los históricos de fallas, se indago y se realizaron entrevistas al personal del área productiva para recolectar información en temas relacionados al mantenimiento de los equipos y sistema de aire acondicionado.

### **8.2. Fuentes Secundarias:**

Fueron obtenidas por documentos: tesis relacionadas al mantenimiento y sistemas de refrigeración, documentos en general descargados de internet y libros de mantenimiento.

## 9. ANÁLISIS FINANCIERO

Como se expresó en la sección del diseño metodológico, se propone que el personal técnico de la compañía este en la capacidad de realizar los mantenimientos al sistema de aire acondicionado, evitando desplazamientos innecesarios al taller, costosas reparaciones y tiempos fuera de servicio.

### 9.1. Costo de las intervenciones

La propuesta incluye capacitar 3 técnicos que estén en capacidad de comprender el sistema y aplicar los conocimientos para beneficio de la compañía, la tabla 3 muestra en resumen los rubros que se involucran es esta propuesta. El detalle de cada rubro se incluye en los anexos del presente escrito.

<b>TABLA 3: EGRESOS POR RUBROS</b>		<b>TOTAL</b>
<b>01.</b>	Talento humano	\$ 12.672.000
<b>02.</b>	Equipos y software	\$ 5.620.000
<b>03.</b>	Capacitación y participación en eventos	\$ 9.300.000
<b>04.</b>	Servicios tecnológicos y pruebas	\$ 10.000.000
<b>05.</b>	Materiales, insumos y documentación	\$ 150.000
<b>06.</b>	Protección de conocimiento y divulgación	\$ -
<b>07.</b>	Gastos de viaje	\$ 2.400.000
<b>08.</b>	Infraestructura	\$ -
<b>09.</b>	Administrativos	\$ 600.000
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40.742.000</b>

El presupuesto de la ejecución del plan toma en cuenta el valor de intervención del mecánico especialista o externo, y el repuesto que sería necesario en la intervención como se muestra en la tabla 4; mientras que el total de costo presupuestado del plan se muestra en la tabla 5.



ACTIVIDAD	KM	Horas	TECNICO	COSTO	REPUESTO
Revisar estado de la correa impulsora	5.000	0,1	MEC	\$ 1500	
Revisar aceite del compresor	10.000	0,25	MEC	\$ 3750	
Revisar actuador de la polea	20.000	0,5	MEC	\$ 7500	
Cambio de la correa impulsora	20.000	0,5	MEC	\$ 7500	\$ 40000
Limpieza del evaporador	20.000	3	ESP	\$ 45000	\$ 15000
Revision de mangueras de baja	20.000	1	MEC	\$ 15000	
Revision de guardas del condensador	20.000	0,5	MEC	\$ 7500	
Revision de soporte del condensador	20.000	0,2	MEC	\$ 3000	
Revisar conexiones del compresor	20.000	0,5	ESP	\$ 7500	
Revision de presion de refrigerante	20.000	1	ESP	\$ 15000	\$ 45000
Revision del estado del tanque almacenador de refrigerante	30.000	0,5	ESP	\$ 7500	
Revision del termostato	40.000	1	ESP	\$ 15000	
Cambio de mangueras de baja	40.000	1,5	MEC	\$ 22500	\$ 704000
Cambio de aceite del compresor	50.000	1,5	ESP	\$ 22500	\$ 60000
Hacer prueba de valvula de control	60.000	2	ESP	\$ 30000	
Cambio de soportes del condensador	60.000	2	MEC	\$ 30000	\$ 120000
Cambio de ductos de alta	60.000	3	ESP	\$ 45000	\$ 510000
Recarga del sistema	60.000	2	ESP	\$ 30000	\$ 200000
Cambio de termostato	80.000	3	ESP	\$ 45000	\$ 174000
<b>PREDICTIVO EXTERNO</b>					
Revision termografica	50.000		EXT	\$ 166666	
Revision por ultrasonido	50.000		EXT	\$ 166666	

**TABLA 4: Costo de actividades del plan preventivo propuesto**

60000	70000	80000	90000	100000	110000	120000	130000	140000	150000	160000	170000	180000	190000	200000	a 100000 km	a 200000 km
3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	\$ 15000	\$ 45000
3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	\$ 18750	\$ 56250
7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500	\$ 22500	\$ 60000
7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500	\$ 22500	\$ 60000
45000		45000		45000		45000		45000		45000		45000		45000	\$ 135000	\$ 360000
15000		15000		15000		15000		15000		15000		15000		15000	\$ 45000	\$ 120000
7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500	\$ 22.500	\$ 60.000
3000		3000		3000		3000		3000		3000		3000		3000	\$ 9.000	\$ 24.000
7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500		7500	\$ 22.500	\$ 60.000
15000		15000		15000		60000		60000		15000		15000		15000	\$ 45.000	\$ 210.000
7500			7500			7500			7500			7500		7500	\$ 15.000	\$ 45.000
		15000				15000			15000					15000	\$ 15.000	\$ 60.000
		726500				726500			726500					726500	\$ 726.500	\$2.906.000
				82500					82500					82500	\$ 82.500	\$ 247.500
30000						30000								30000	\$ 30.000	\$ 90.000
150000						150000								150000	\$ 150.000	\$ 450.000
45000						45000								45000	\$ 45.000	\$ 135.000
230000															\$ 230.000	\$ 230.000
		219000								219000					\$ 219.000	\$ 438.000
															\$ -	
				166667					166667					166667	\$ 166.667	\$ 500.000
				166667					166667					166667	\$ 166.667	\$ 500.000
															<b>\$ 2.204.083</b>	<b>\$6.656.750</b>

TABLA 5: COSTO PLAN PREVENTIVO PROPUESTO A 100.000 KM Y 200.000 KM

- **Costos de mantenimientos de acuerdo a las fallas**

Tomando los costos de mantenimiento de acuerdo a las fallas registradas, el gráfico 1 muestra la proyección lineal de gasto de mantenimiento del aire acondicionado para cada vehículo. En la línea punteada se ve la proyección del kilometraje recorrido VS el costo del plan de mantenimiento propuesto.

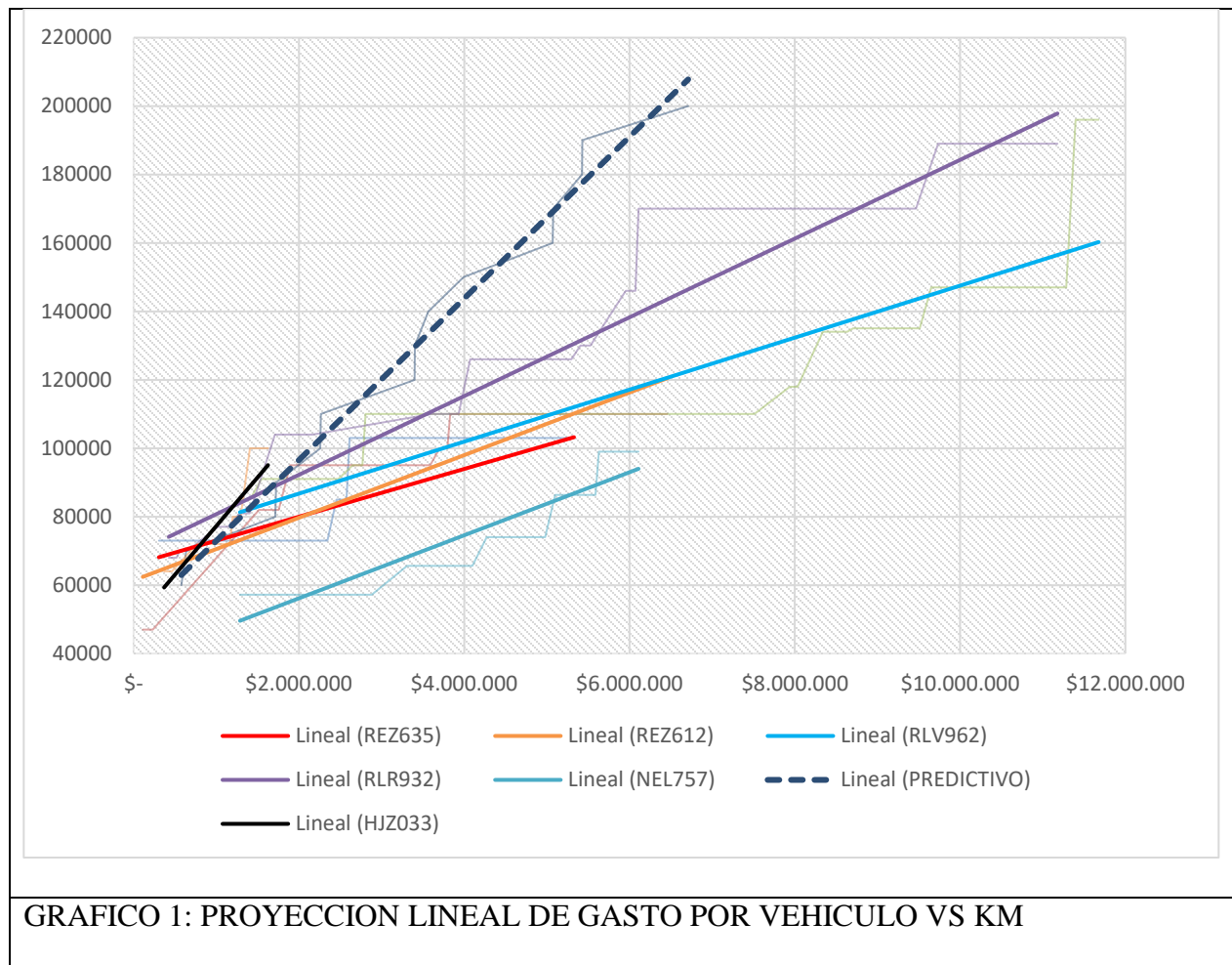


GRAFICO 1: PROYECCION LINEAL DE GASTO POR VEHICULO VS KM

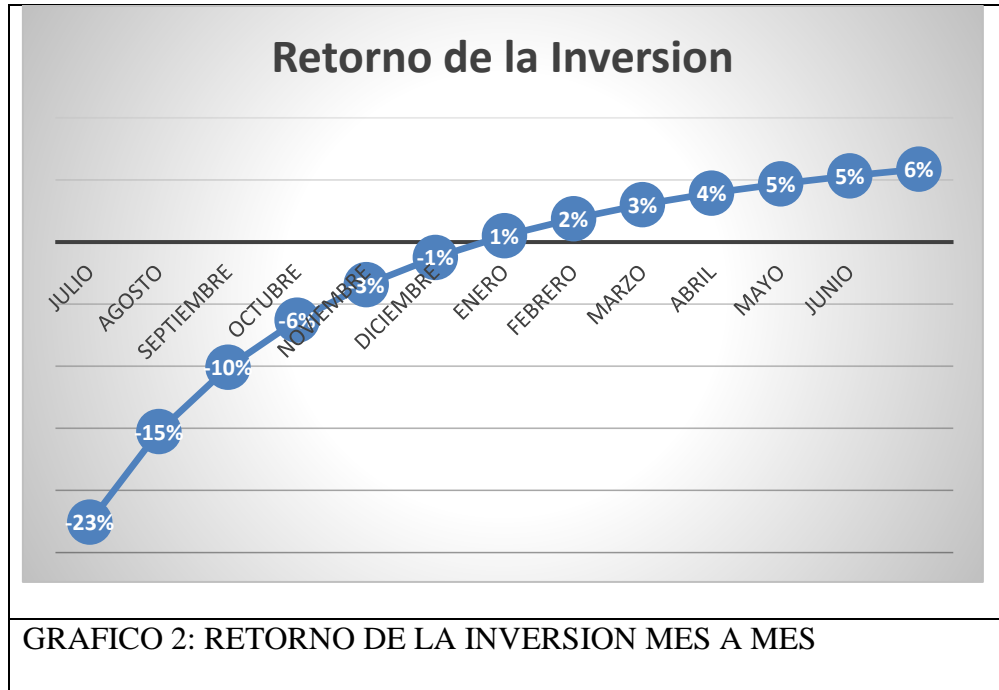
- **Retorno de la inversión**

Los valores esperados de costo se muestran en la tabla 6. Como este plan requiere de una constante inversión en técnicas predictivas, el ROI es calculado mes a mes mostrándose su

proyección positiva en 1 año de ejecución y llegando al 6% constante. En otras palabras, el plan ahorrara \$14'124.000 pesos al año.

<b>TABLA 6: RETORNO DE LA INVERSION</b>				
<b>MES</b>	<b>INVERSION</b>	<b>UTILIDAD</b>	<b>FLUJO</b>	<b>ROI</b>
<b>ENERO</b>	-\$ 6.450.000	\$ 3.328.175	-\$ 3.121.825	
<b>FEBRERO</b>	-\$ 7.152.000	\$ 3.328.175	-\$ 3.823.825	
<b>MARZO</b>	-\$ 7.772.000	\$ 3.328.175	-\$ 4.443.825	
<b>ABRIL</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	
<b>MAYO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	
<b>JUNIO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	
<b>JULIO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	-23%
<b>AGOSTO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	-15%
<b>SEPTIEMBRE</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	-10%
<b>OCTUBRE</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	-6%
<b>NOVIEMBRE</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	-3%
<b>DICIEMBRE</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	-1%
<b>ENERO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	1%
<b>FEBRERO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	2%
<b>MARZO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	3%
<b>ABRIL</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	4%
<b>MAYO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	5%
<b>JUNIO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	5%
<b>JULIO</b>	-\$ 2.152.000	\$ 3.328.175	\$ 1.176.175	6%

El grafico 2 ilustra el comportamiento del ROI mes a mes



## **10. TALENTO HUMANO**

Alineándose con el objetivo organizacional de reducir costos y desarrollar el perfil profesional se pretende el área de mantenimiento empiece a realizar revisiones y reparaciones del sistema de aire acondicionado en los talleres de la empresa. Esto se logra con capacitaciones frecuentes que permite al personal técnico adquirir nuevos conocimientos, mejorar sus habilidades y su desarrollo profesional.

Mejorar las competencias del personal de mantenimiento les dará la capacidad de proponer soluciones efectivas y ser fácilmente adaptables al cambio. El reconocimiento al esfuerzo de los integrantes del área de mantenimiento y logros obtenidos son recompensados creando motivación y estímulo en el personal. Estos estímulos se implementan de diferentes formas como: un día de descanso entre semana remunerado, bonos, ascensos, aumento de salario, etc.

Crear conciencia y compromiso en el equipo de trabajo haciendo entender que la satisfacción y confort del cliente interno es indispensable para que se tenga éxito en las labores y la conservación de los activos de la empresa.

Se pretende capacitar a un grupo de personas del área de mantenimiento en temas relacionados al mantenimiento básico, inspección y limpieza de los componentes en los sistemas de aire acondicionado de los vehículos para reducir costos, aumentar la eficiencia del sistema e incrementar la disponibilidad del vehículo al no tener que trasladarlo hasta un sitio donde se preste este servicio.

## **11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **11.1. CONCLUSIONES**

- Es claro que las fallas más costosas y tiempos fuera de servicio son debido a la falta de preinspecciones. La tarea de verificar el nivel y estado del aceite del compresor puede evitar daños prematuros. Una correcta ejecución del plan propuesto permitirá extender la vida útil más allá de 300.000 km de servicio. Sin embargo, el condensador, que por la necesidad de aire fresco está expuesto a golpes directos y roturas.
- Se tienen expectativas respecto a la efectividad de las técnicas predictivas que existen para la industria. Los resultados pueden ser extensivos a los demás vehículos de la compañía y por ende a otros sistemas de aire acondicionado estáticos. Así mismo, los resultados permiten realizar tareas preventivas innecesarias por lo que se espera que la utilidad sea mayor a la calculada.
- Al contar con un historial que involucra tareas predictivas y preventivas. Las frecuencias se toman como las más bajas mientras se cuenta con más datos comparativos que permitan aumentarla. Cambiar a una estrategia de RCM2 no tendrá dificultades, así como la eficiencia en el uso de recursos disponibles.
- Aunque la reducción de gastos no es muy grande, se debe tener en cuenta que es solamente uno de los sistemas del vehículo, por lo que analizar otros sistemas puede tener los mismos efectos de reducción de gasto.

### **11.2. RECOMENDACIONES**

- 11.2.1.** Se sugiere crear un sistema de digitalización de los registros que facilite el manejo de los datos y su posterior análisis.

## BIBLIOGRAFIA

- ❖ Red PARF Documento Técnico N° 11. Red Panamericana de Armonización de la Reglamentación Farmacéutica. World Health Organization; 2011.
- ❖ Procedimientos de Mantenimiento para Sistemas de Refrigeración en cuartos fríos. Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ingeniería Mecánica
- ❖ Tecnologías para industria química y farmacéutica. Messer Ibérica de Gases, S.A.
- ❖ Los Recursos Humanos en Mantenimiento, Renovetec Editorial, Guías técnicas IRIM (Instituto Renovetec de Ingeniería de Mantenimiento).
- ❖ Principios y sistemas de refrigeración, Edward G. Pita, Limusa, 1992.
- ❖ Ordoñez Ramírez, M.A., López P., Pardo F: Manual de mantenimiento, Eurotech Ingeniería consulting , SL, 2007
- ❖ Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración/Por Eduardo Hernandez Goribar, México : Editorial Limusa, 2008
- ❖ Refrigeración y acondicionamiento de aire/Por W. F Stoecker, México : McGraw-Hill, 1965
- ❖ ANDRANGO, Yessenia. (2010). Plan de Mantenimiento Preventivo de los Sistemas de Aire Acondicionado de los laboratorios NIFA.
- ❖ GAMIZ, Juan. (2000). Control de Sistemas de Aire Acondicionado.
- ❖ SANCHEZ, SANCHEZ y TAPIA. (2007). Planeacion del Mantenimiento Preventivo de una unidad tipo paquete de Aire Acondicionado, Propiedad de AeroMexico ubicado en el aeropuerto Internacional de la ciudad de Mexico (AICM).



## REFERENCIAS

**[http://prakticaformacion.eu/wp-content/uploads/2016/06/diccionario-de-terminos-tecnicos\\_aire-acondicionado.pdf](http://prakticaformacion.eu/wp-content/uploads/2016/06/diccionario-de-terminos-tecnicos_aire-acondicionado.pdf)**

ARIAS - PAZ manual de automóviles ISBN 978 - 84 - 98437 - 38 – 8