



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA METODOLOGÍA  
APLICADA EN UNA EMPRESA DE LA RAMA AUTOMOTRIZ  
VS. ANÁLISIS DEL VALOR.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**MAESTRO EN INGENIERIA**

INGENIERÍA MECÁNICA - DISEÑO MECANICO

P R E S E N T A

**ING. ANGEL RAMIRO MUÑOZ VAZQUEZ**

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**



TUTOR

**M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ**

2005

## **JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Jesús Manuel Dorador

Secretario: Dr. Adrián Espinosa Bautista

Vocal: M.I. Antonio Zepeda Sánchez

1<sup>er</sup>. Suplente: Dr. Saúl Daniel Santillán Gutiérrez

2<sup>do</sup>. Suplente: Dr. Marcelo López Parra

Lugar o Lugares donde se realizo la Tesis:

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería

### **Tutor de Tesis**

M.I. Antonio Zepeda Sánchez

---

**Firma**

## Dedicatorias

Dedico este trabajo a toda mi familia ya que gracias a su apoyo ellos he llegado hasta donde estoy ya que siempre me han apoyado en todas las actividades que he emprendido, son una parte muy importante en mi vida.

A todos los amigos que durante este tiempo me recordaron que tenía que concluir una etapa de mi vida y no dejarla perder.

A los profesores que siempre me alentaron y ayudaron, en especial a Saúl y a Toño por confiar en que este trabajo si se realizaría, gracias por empujarme a iniciarlo y a terminarlo también.

Y por último quiero agradecer y dedicar este trabajo a la mejor amiga que pude haber encontrado por todo su apoyo, paciencia y amor durante todo este tiempo, gracias BRENDA.

Y claro esto es por ustedes, gracias PQS.....

---

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| Índice  | 1  |
| Introducción  | 3  |
| Antecedentes  | 5  |
| Objetivos   | 6  |
| Generales   | 6  |
| Específicos   | 6  |
| <br>  |    |
| 1. Capítulo 1   | 7  |
| 1.1. Ciclo Básico de Transferencia de Calor de un Sistema de Aire Acondicionado de un Vehículo. | 7  |
| 1.1.1. Línea de Alta  | 7  |
| 1.1.2. Línea de Baja  | 7  |
| 1.2. Descripción de un módulo de aire acondicionado   | 8  |
| 1.3. Evaporador y flujo de aire frío  | 9  |
| 1.4. Calefactor y flujo de aire caliente  | 10 |
| 1.5. Descripción del Caso de Estudio  | 11 |
| 1.5.1. Caso de Estudio  | 11 |
| <br>  |    |
| 2. Capítulo 2   | 12 |
| 2.1. Metodologías   | 12 |
| 2.1.1. Análisis del Valor   | 12 |
| 2.1.1.1. Definición   | 13 |
| 2.1.1.2. Fases  | 14 |
| 2.1.1.2.1. Fase I Preparación y Orientación   | 15 |
| 2.1.1.2.2. Fase II Información  | 15 |
| 2.1.1.2.3. Fase III Análisis de la función y de costos  | 15 |
| 2.1.1.2.4. Fase IV Innovación y Creatividad   | 16 |
| 2.1.1.2.5. Fase V Evaluación de Alternativas  | 16 |
| 2.1.1.2.6. Fase VI Implementación   | 17 |
| 2.1.2. Descripción de la metodología aplicada en una empresa automotriz                         | 17 |
| 2.1.2.1. Descripción  | 17 |
| 2.1.2.2. Etapas   | 17 |
| 2.1.2.2.1. Análisis   | 17 |
| 2.1.2.2.2. Diseño   | 18 |
| 2.1.2.2.3. Desarrollo   | 18 |
| 2.1.2.2.4. Implementación   | 18 |

---

|  |    |
|--|----|
| 3. Capítulo 3  | 19 |
| 3.1. Aplicación de las metodologías                                    | 19 |
| 3.1.1. Análisis del Valor  | 19 |
| 3.1.1.1. Fase I Preparación y Orientación                              | 19 |
| 3.1.1.1.1. Equipo de Trabajo   | 20 |
| 3.1.1.2. Fase II Información   | 20 |
| 3.1.1.2.1. Requerimientos  | 22 |
| 3.1.1.2.2. Especificaciones  | 22 |
| 3.1.1.2.3. Descripción de las partes                                   | 23 |
| 3.1.1.2.4. Secuencia de Ensamble                                       | 24 |
| 3.1.1.2.4.1. Línea de entrada y salida                                 | 24 |
| 3.1.1.2.4.2. Línea de entrada secundaria                               | 25 |
| 3.1.1.2.4.3. Placa de acoplamiento                                     | 25 |
| 3.1.1.2.4.4. Anillos   | 26 |
| 3.1.1.2.4.5. Bloque de aluminio  | 26 |
| 3.1.1.2.4.6. Birlo   | 26 |
| 3.1.1.3. Fase III Análisis de la función y de costos                   | 27 |
| 3.1.1.4. Fase IV Innovación y Creatividad                              | 31 |
| 3.1.1.5. Fase V Evaluación de Alternativas                             | 34 |
| 3.1.1.5.1. Descripción de la propuesta                                 | 35 |
| 3.1.1.6. Fase VI Implementación  | 36 |
| 3.1.2. Aplicación de la metodología empleada en una empresa automotriz | 37 |
| 3.1.2.1. Análisis  | 37 |
| 3.1.2.2. Diseño  | 38 |
| 3.1.2.3. Desarrollo  | 40 |
| 3.1.2.4. Implementación  | 42 |
| 4. Capítulo 4  | 44 |
| 4.1. Estudio comparativo de las metodologías aplicadas                 | 44 |
| Conclusiones   | 46 |
| Bibliografía   | 47 |
| Apéndice   | 48 |

---

---

## **INTRODUCCIÓN.**

*Desde ya hace varios años los vehículos automotores se han convertido en una parte importante en la vida de los seres humanos debido principalmente a la utilidad y comodidad que estos proporcionan, pero dependen del segmento de mercado al que estén enfocados que podrán proporcionar mayor o menor comodidad al usuario; hace algunos años sólo ciertos tipo de vehículos automotores contaban con sistemas que proporcionaban una mayor comodidad al usuario y por lo regular eran vehículos que estaban enfocados a grupos sociales que podían pagarlos; se consideraban como equipamiento de lujo en los vehículos. Uno de estos sistemas es el aire acondicionado.*

*En ciertos lugares es indispensable contar con el sistema de aire acondicionado como equipo estándar en los vehículos automotores dadas las altas temperaturas de ciertas regiones; por lo que pasa de ser un lujo a una necesidad, sin embargo, antes no era posible que todos o la mayoría de los diferentes grupos sociales pudieran contar con este sistema en su vehículo.*

*En los últimos años gracias a los avances tecnológicos, al esfuerzo de las empresas automotrices y a la fuerte competencia que existe entre ellas el sistema de aire acondicionado ahora esta disponible para la mayoría de los vehículos que actualmente se producen y por lo tanto esta disponible para un mayor número de clientes, ahora, no necesariamente para contar con este sistema se debe comprar un automóvil de lujo.*

*El sistema de aire acondicionado es ahora mucho más accesible y eficiente que hace algunos años, sin embargo, existe todavía posibilidad de mejorar el sistema; para las empresas automotrices es indispensable contar con este sistema en la mayoría de sus vehículos para lograr captar el mayor mercado posible en los diferentes segmentos, existen muchos más sistemas que pueden hacer la diferencia para que un cliente compre un determinado vehículo, sin embargo, por ser de particular interés en este trabajo nos enfocaremos solamente al sistema de aire acondicionado*

*Dada la fuerte competencia que existe entre las empresas automotrices por conservar su participación en el mercado se tiene un desarrollo importante en las diferentes áreas de las empresas como son: mercadotecnia, compras, ingeniería, etc.*

---

*Con el fin de seguir llevando al cliente actual un producto de la misma o una mejor calidad pero a un costo más bajo, tratando de captar nuevos clientes y ampliar su porcentaje de participación en el mercado, específicamente un punto que es de principal importancia en todas y cada una de las áreas dentro de una empresa automotriz es la reducción de costos por lo que cada área tiene que ver la manera de reducir costos pero manteniendo la capacidad funcional sin afectar al cliente o usuario final, específicamente en el área de ingeniería se está trabajando arduamente, evaluando todas y cada una de las partes existentes del vehículo para lograr un rediseño mejorando o manteniendo la función y desempeño de las mismas pero a un precio menor, esto le dará un valor agregado al producto final y por lo tanto el cliente valorará el producto permitiendo así a la empresa mantenerlo cautivo. Existen diferentes métodos o formas de llevar a cabo un análisis de los diseños actuales así como de los nuevos desarrollos pero en las empresas se ha perdido la práctica de aplicar metodologías que nos llevan a un mejor resultado y solo se aplican ciertos pasos que ayudan a llevar a cabo un rediseño de una parte ya sea por experiencia o por comunicación de partes pero no se lleva tal cual una metodología.*

*Con la importancia que tiene el sistema del aire acondicionado para muchos clientes es de particular importancia el aplicar una metodología dentro de la empresa automotriz que nos permita lograr una reducción de costos en el producto final manteniendo la funcionalidad y desempeño del sistema para satisfacción del cliente, una metodología que cumple con lo anterior es el Análisis del Valor, el cual pretende conservar la función principal de una parte o conjunto de partes pero con un costo menor de fabricación dándole un valor agregado al cliente; es por esto que esta técnica es una de las más apropiadas para ser aplicada a un sistema que ha tomado importancia dentro de un vehículo automotor y con esto un mayor número de clientes podrán tener acceso a este sistema; así como este sistema todos los demás que forman un vehículo pueden contribuir y lograr una reducción de costo muy importante que se verá reflejada en la satisfacción económica del cliente. Por lo anterior la metodología a emplearse en este trabajo será el análisis del valor el cual se utilizará para obtener una propuesta de rediseño y se comparará con los resultados obtenidos de aplicar la metodología existente en la empresa automotriz.*

*Este trabajo consta de cuatro capítulos de los cuales se hace una breve descripción en las siguientes líneas.*

*En el capítulo 1, se hace una breve descripción del caso de estudio y de las partes que se analizaron, además se da una pequeña introducción al sistema de aire*

---

*acondicionado automotriz describiendo el ciclo básico de transferencia de calor que es el principio de funcionamiento de un módulo de aire acondicionado automotriz.*

*En el capítulo 2, se hace una descripción general de las metodologías de diseño o rediseño a emplear como son el análisis del valor y la metodología empleada por una empresa automotriz.*

*En el capítulo 3, se hace la aplicación practica de las metodologías mencionadas en el capítulo 2, con esto se obtienen las propuestas de rediseño, se hace la evaluación y se determina la que mejor cumplía con los criterios de las metodologías aplicadas.*

*En el capítulo 4, se hace el estudio comparativo de las metodologías aplicadas así como de las propuestas obtenidas, comentando las ventajas y desventajas de cada una.*

*Al final de los cuatro capítulos se encuentra la parte más importante del trabajo que son las conclusiones donde se hacen observaciones finales y recomendaciones después de haber finalizado el desarrollo completo de este trabajo.*

## **ANTECEDENTES.**

*Como se mencionó en la introducción de este trabajo la fuerte competencia lleva a la necesidad de buscar nuevas formas de elaborar productos de calidad a un menor costo para llevar al cliente un mejor producto al cual le dará un mayor valor por la satisfacción que el producto le proporcionará.*

*Este trabajo esta enfocado al aire acondicionado específicamente al rediseño del evaporador dado que mi área de desarrollo profesional esta enfocada a este sistema en particular, específicamente módulos de aire acondicionado, y en los últimos años la reducción de costos es una meta importante dentro de toda empresa automotriz, tanto, que se ha creado todo un equipo de trabajo para identificar, evaluar, desarrollar e implementar todas y cada una de las propuestas factibles.*

*Se ha trabajado conjuntamente con los proveedores de los módulos, con el área de compras y con las plantas directamente para llevar a cabo la implementación de varias reducciones de costo pero mi principal interés es llevar a cabo un estudio para demostrar que aplicando una metodología ya existente y adaptándola a las particularidades de la empresa se pueden tener mejores resultados que con la forma*

---

*actual de trabajar.*

## **OBJETIVOS.**

### **Generales.**

*El objetivo general de este trabajo es el de hacer el estudio comparativo entre la metodología empleada por una empresa automotriz y análisis de valor y demostrar que se pueden obtener mejores resultados llevando un orden en las diferentes etapas o fases de un rediseño, con la aplicación del conocimiento de un conjunto de técnicas, procedimientos de análisis y síntesis, así como, la capacidad para articularlos estratégicamente según la características del problema de diseño, del entorno de desarrollo y la tecnología disponible.*

### **Específicos.**

- *Aplicar la técnica de Análisis del Valor a un caso práctico de estudio.*
- *Conocer las diferentes etapas del análisis del valor para una correcta aplicación en el caso práctico de estudio.*
- *Conocer la importancia de aplicar una metodología en la solución de problemas dentro de una empresa automotriz.*
- *Proponer la implementación y seguimiento de una metodología dentro de una empresa automotriz.*

---

# **1. CAPÍTULO 1.**

*En este primer capítulo se abordará el tema del sistema de aire acondicionado utilizado en los vehículos producidos por una empresa automotriz. Esta información permitirá plantear el contexto del caso de estudio que se describe en el apartado 1.5.*

## **1.1. Ciclo Básico de Transferencia de Calor de un Sistema de Aire Acondicionado de un Vehículo.**

*Para lograr que el sistema de aire acondicionado funcione es indispensable además del módulo de aire, contar con otros elementos que nos ayudarán a lograr el correcto funcionamiento y control de la temperatura dentro del vehículo. A partir de la simple teoría de que el calor fluye de lo más caliente a lo más frío, se genera el sistema completo de aire acondicionado.*

### **1.1.1. Línea de Alta Presión.**

*El sistema completo de aire acondicionado consta además del módulo de aire de un compresor donde se inicia el ciclo; el compresor comprime un líquido refrigerante, el cual tiene la misma habilidad para cambiar de estado pero en un tiempo menor que el agua, mediante la compresión se aumenta la presión del líquido y mediante un cambio de fase se convierte en gas también a alta presión y a alta temperatura el cual entra al siguiente elemento del sistema que es el condensador donde el gas a alta presión y temperatura sufre el fenómeno de condensación debido a la remoción de calor por el aire frío del ambiente que se hace pasar a través de los tubos del condensador por medio de un ventilador convirtiendo así el vapor en líquido a alta presión y a alta temperatura, al salir del condensador este líquido pasa por un elemento que restringe el flujo como una válvula de expansión o un tubo de orificio y con esto termina la mitad del ciclo al cual se le denomina lado de alta presión o simplemente lado de alta.*

### **1.1.2. Línea de Baja Presión.**

*Después de que el líquido sale del lado de alta presión, se dice que pasa al lado de baja presión o simplemente al lado de baja, esto es debido, a que después de que el*

líquido que salió del condensador a alta presión y alta temperatura, pasa por el elemento de restricción de flujo o de expansión bajando su presión y temperatura por el proceso de expansión, este líquido a baja presión y temperatura pasa al evaporador que se encuentra dentro del módulo de aire, el líquido cambia a vapor a baja presión y temperatura debido a la capacidad que tiene de absorber el calor del aire del habitáculo que se hace pasar a través de los tubos del evaporador mediante un motor ventilador, este mismo motor es el que ayuda a que el aire frío sea llevado al habitáculo, el vapor a baja presión y temperatura es succionado por el compresor para iniciar nuevamente el ciclo de transferencia de calor.

En general este es el ciclo que se sigue para enfriar el aire dentro del habitáculo de un vehículo y brindar la comodidad que tanto el conductor y pasajeros requieren dependiendo de las condiciones ambientales que se presenten.

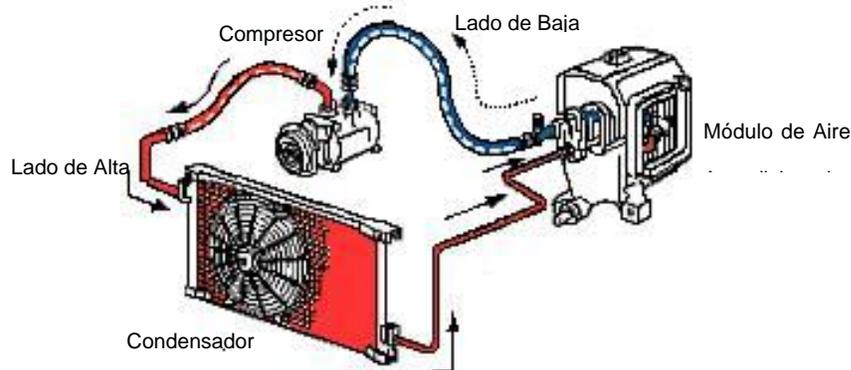


Fig. 1.1 Ciclo básico de transferencia de calor

## 1.2. Descripción de un módulo de aire acondicionado.

Un Módulo de Aire Acondicionado tiene cuatro funciones, de las cuales la más importante es la de proveer al conductor de un vehículo, de una herramienta para controlar la temperatura interior del mismo cuando la temperatura interna es mayor a la temperatura de confort del conductor, permitiendo así, hacer descender la temperatura según lo desee el conductor; las funciones secundarias que ayudan a lograr la función principal y mantener el confort del cliente es la de hacer circular aire, purificarlo y remover la humedad.

Los elementos principales de un módulo de aire acondicionado son: Evaporador, Calefactor, Motor soplador y aspas, compuertas y carcasas.

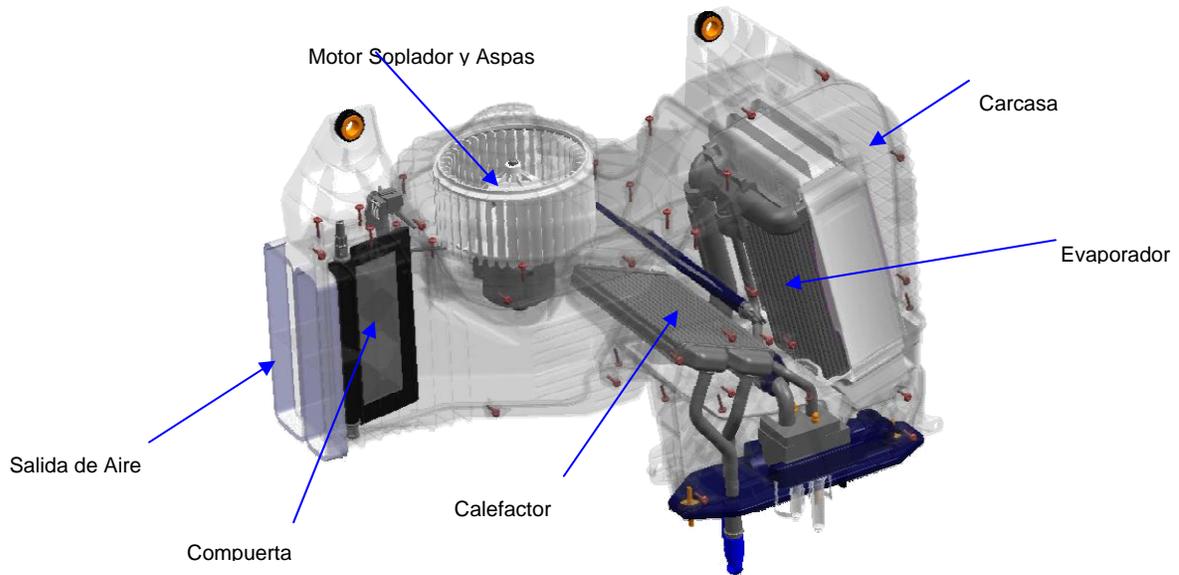


Fig. 1.2 Módulo de Aire Acondicionado.

### 1.3. Evaporador y flujo de aire frío.

*El evaporador es el elemento que ayuda a lograr el descenso de temperatura tomando el calor del ambiente y transfiriéndolo al vapor de baja presión y temperatura llevándolo así hacia fuera del habitáculo del vehículo. El flujo de aire comienza con el motor soplador el cual hace girar las aspas que producen el flujo de aire el cual es llevado a través de las cavidades internas de la carcasa del módulo haciéndolo pasar por el evaporador donde se lleva a cabo la transferencia de calor, el aire que sale del evaporador sale a una temperatura menor, este aire es llevado a la salida del módulo por el mismo flujo que genera el motor soplador, este aire se distribuye al habitáculo mediante ductos ergonómicamente y estratégicamente ubicados dependiendo del tipo de vehículo.*

*En la siguiente figura se muestra un ejemplo del flujo de aire así como la ruta que sigue, esto puede cambiar según la configuración del fabricante y los requerimientos de la empresa automotriz y dependiendo si es un módulo delantero o trasero. Para que se logre tener una temperatura de confort es necesario repetir el ciclo un par de veces ya que se necesita mover todo el aire dentro del habitáculo y remover el calor de este, también es importante señalar que no es posible remover todo el calor del aire debido a que es imposible sellar herméticamente el vehículo y evitar así la pérdida de frío hacia el exterior ya que por el principio básico el calor fluye hacia el frío.*

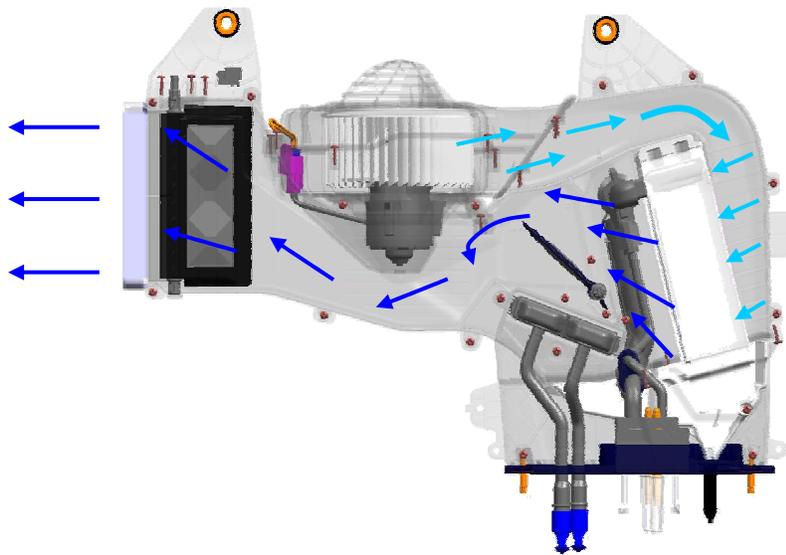


Fig. 1.3 Flujo de Aire en modo de enfriamiento

#### 1.4. Calefactor y flujo de aire caliente.

El flujo comienza en el motor soplador el cual hace pasar el aire a través de las cavidades de las carcasas llevando así el flujo hacia el calefactor, donde el líquido caliente que pasa a través del calefactor transfiere el calor hacia el aire frío que viene del habitáculo del vehículo, este aire caliente es llevado hacia la salida y de igual manera que en el ciclo de enfriamiento el aire se distribuye a través de ductos.

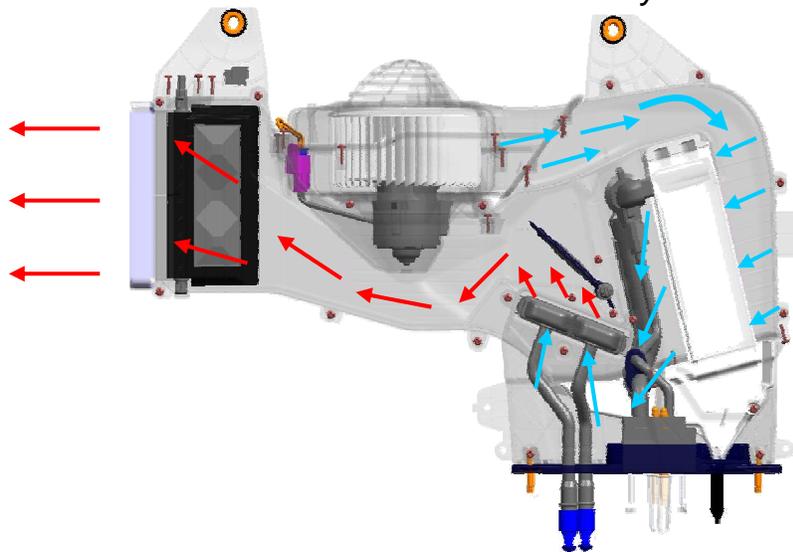


Fig. 1.4 Flujo de Aire en modo de calefacción

---

## 1.5. Descripción del Caso de Estudio.

Una vez dada la descripción del ciclo básico de transferencia de calor en un sistema de aire acondicionado automotriz y dada una breve explicación del funcionamiento del evaporador y del flujo de aire dentro del módulo se procede a describir el caso de estudio así como los componentes involucrados.

### 1.5.1. Caso de Estudio.

Debido al interés de mejorar el proceso de diseño o rediseño dentro de una empresa automotriz y para mejorar el sistema de aire acondicionado de un vehículo es que se lleva a cabo este trabajo, el sistema o caso de estudio se centra en el evaporador del módulo de aire acondicionado debido al campo de aplicación profesional que tengo dentro de la empresa automotriz y al interés personal de lograr un mejoramiento en el sistema aplicando lo más estrictamente posible una metodología que nos ayude a lograr una reducción de costo manteniendo o mejorando el desempeño del aire acondicionado y con esto agregando un valor al producto final para la completa satisfacción del cliente.

El evaporador consta de varios elementos de los cuales se tomaron un par de ellos para analizarlos, estos elementos están previamente seleccionados debido a que ya se ha venido trabajando esta propuesta utilizando la metodología de la empresa y con esto se hará el estudio comparativo, por lo tanto se tomaron como el caso de estudio.

Los elementos a analizar son las líneas y el bloque del evaporador, estas partes se identifican rápidamente por el tipo de diseño ya que se podría decir que es un diseño obsoleto y es importante rediseñar las partes ya que se ve un beneficio directo al aplicar una metodología y obtener un propuesta.

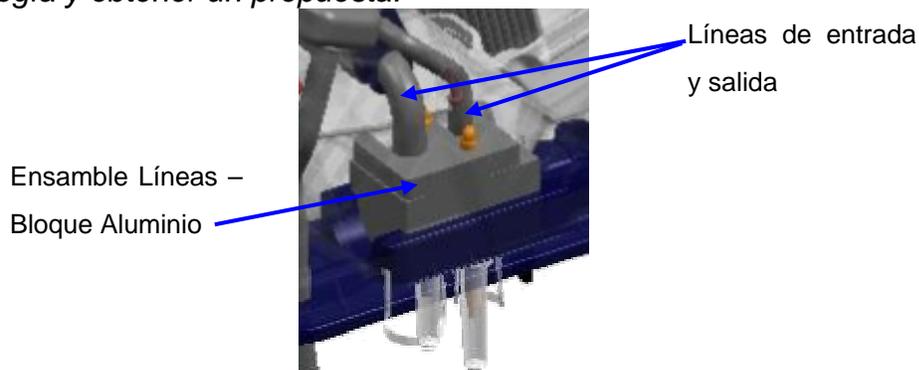


Figura. 1.5 Componentes de Estudio

---

## 2. CAPÍTULO 2.

*En este segundo capítulo se aborda el tema de las metodologías que se aplicaron al caso de estudio, se hace una breve descripción de cada una de ellas definiendo conceptos básicos que serán de utilidad en la aplicación que se verá en el capítulo 3. En este capítulo no se pretende profundizar demasiado debido a que solo se pretende dar una explicación general de las metodologías y en el capítulo 3 se verá con más detalle debido a que se estarán aplicando al caso de estudio descrito en el apartado 1.5.*

### **2.1. Metodologías.**

*En este trabajo se aplicaron dos metodologías diferentes para hacer el estudio comparativo del caso de estudio descrito en el apartado 1.5. La primera metodología a aplicar es el Análisis del Valor y la segunda metodología es la utilizada en una empresa automotriz contra la cual se hará el estudio comparativo.*

#### **2.1.1. Análisis del Valor.**

*Un gran número de empresas al paso del tiempo se han visto en la necesidad de desarrollar, aplicar e implementar sistemas o programas que les ayuden a tener una reducción en sus costos de fabricación, producción, etc. A pesar de que no se ha tenido una manera de uniformizar la forma en que se debe llevar a cabo el enfoque en la reducción de los mismos, de una u otra manera estos sistemas o programas han logrado resultados benéficos para la empresa que los utiliza debido a los resultados que se han obtenido por los efectos que dichos resultados tuvieron en la calidad de los productos o servicios, la productividad y la eliminación de tiempos muertos o desperdicios.*

*Entre tantos sistemas, programas o metodologías desarrolladas se encuentra el **Análisis de Valor**, metodología creada por Lawrence Miles, inicialmente fue creada para ser aplicada por la empresa General Electric. Este sistema utilizado en sus inicios por General Electric fue rápidamente adoptado y adaptado a las necesidades propias de una diversidad de empresas del Japón, sin embargo debido al panorama actual de la situación de las grandes empresas vuelve a ser objeto de interés por las empresas occidentales.*



Figura 2.1 Lawrence D. Miles

#### **2.1.1.1. Definición.**

***El análisis del valor es un sistema, un conjunto completo de técnicas debidamente organizadas para un solo propósito, eficientemente identificar costos innecesarios antes, durante y después del desarrollo. La efectividad del sistema depende del entendimiento, entrenamiento y habilidades de los usuarios tanto como del conocimiento del negocio.***

*El objetivo de los conceptos y técnicas del análisis del valor es hacer posible un grado de efectividad para identificar y remover costos innecesarios y a la par logren identificar eficientemente mejoras en el producto o servicio.*

*El análisis del valor también se considera como un método para diseñar o rediseñar un producto o servicio, de forma que asegure, con un mínimo costo, todas las funciones que el cliente desea y está dispuesto a pagar, y únicamente éstas, con todas las exigencias requeridas y no más.*

*Cuando los costos son demasiado altos es una razón potencial para perder presencia y competitividad en el mercado y más aún en la situación actual en la cual se tiene una fuerte competencia en la industria automotriz.*

*Los conceptos básicos del Análisis del Valor son:*

*Necesidad: Aquello que es necesario o deseado para el cliente tanto interno (de la empresa) como externo.*

*Función: Características esperadas o inducidas de un objeto con la finalidad de satisfacer las necesidades de los clientes.*

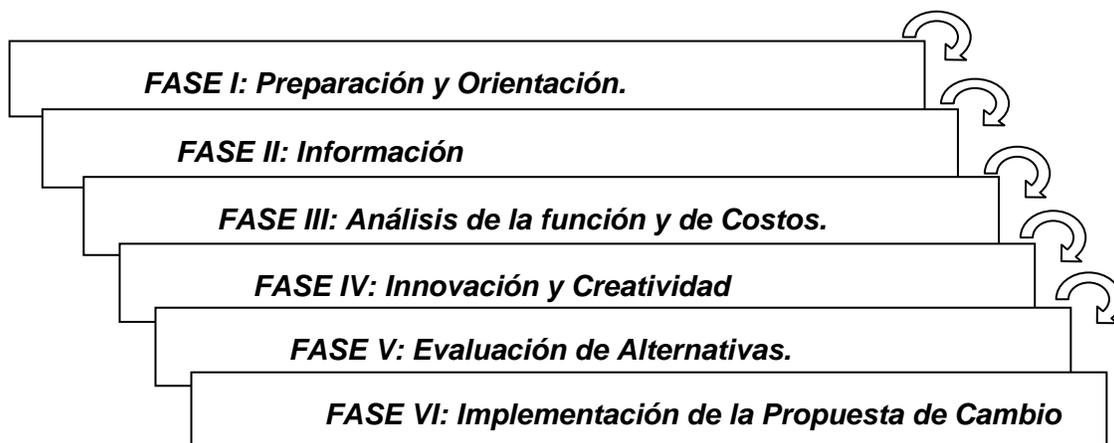
---

*Valor: Un producto o servicio es considerado con buen valor cuando tiene un buen funcionamiento y costo apropiado. Por lo que un producto tendrá un mayor valor cuando tenga un buen desempeño y su costo sea bajo. Mientras un producto cumpla con las necesidades y deseos del cliente este tendrá un mayor valor y si a esto le agregamos un costo bajo, el valor se incrementara considerablemente.*

*Objeto de Valor: producto, proceso y/o servicio potencial o existente al cual se le aplica la metodología de Análisis del Valor.*

### **2.1.1.2. Fases.**

*El análisis del valor es un sistema, un conjunto completo de técnicas debidamente organizadas, las fases que comprende el análisis del valor son las siguientes:*



**FIG. 2.2 FASES DEL ANÁLISIS DEL VALOR**

*Las dos primeras fases tienen como objeto determinar las necesidades del usuario en relación al objeto de estudio y formularlas en funciones a realizar por éste.*

*Las siguientes tres fases tienen por objeto, partiendo de las funciones, crear o rediseñar un nuevo objeto de estudio y formularlas en funciones a realizar por éste. En cada fase se llevan a cabo diferentes tareas y actividades y se utilizan diversas herramientas específicas y complementarias.*

*La aplicación de la metodología requiere de una organización del equipo de trabajo involucrando a todas las áreas correspondientes.*

*A continuación se presenta la metodología de una manera más detallada Fase por Fase, proponiendo con esto las herramientas que se utilizarán durante la aplicación de la metodología.*

---

#### **2.1.1.2.1. Fase I. Preparación y Orientación.**

*En la primera de las fases, la de preparación del producto y orientación, se debe definir el producto u objeto de valor a ser estudiado o analizado así como el alcance del mismo, se debe tener bien definido el camino a seguir y los resultados a los que se pretenden llegar, se debe estar consiente del apoyo de la empresa ya que es necesario formar un equipo de trabajo multidisciplinario y esto se traduce en horas hombre, el equipo de trabajo debe formarse de 6 u 8 participantes incluyendo al coordinador, deben ser áreas involucradas como diseño, ingeniería, producción, manufactura, servicio, compras, ventas, etc.*

#### **2.1.1.2.2. Fase II. Información.**

*En la fase de información, se debe recolectar toda la información existente del objeto de valor o caso de estudio, como son planos, especificaciones, validaciones, costos, usuarios del objeto de valor, medios de obtener la información, etc. Pueden efectuarse encuestas según sea el requerimiento o simplemente recolectar la información con la gente experta en el tema.*

#### **2.1.1.2.3. Fase III. Análisis de la función y de costos.**

*El rol básico del Análisis del valor es eliminar funciones innecesarias mediante el análisis de la relación entre las funciones esenciales y los costos, analizando posibles métodos de lograr la función necesaria y seleccionar el método óptimo como la base de la propuesta de cambio. El propósito del AV es contestar las siguientes preguntas: ¿Qué es?, ¿Qué hace?, ¿Cuál es su costo?, ¿Hay algo diferente que pueda hacer la misma función?, ¿Cuál es el costo de sustituirlo?.*

*Se debe definir la función esencial y después se deben seguir los pasos que sean necesarios para lograr esa función pero al menor costo posible.*

*Definición de la función. Se analiza un producto, se determina que función tiene y que funciones son requeridas de él. Si se encuentran funciones que no son requeridas, entonces estas funciones se consideran innecesarias. Para eliminar esas funciones innecesarias es de gran ayuda tener una clara idea de la función del producto, esto se logra expresando la función simplemente en términos de un verbo y un sustantivo, ejemplo: Medir (verbo) distancia (sustantivo).*

---

*Evaluación de la función. Determinar el valor de una función en términos monetarios constituye una evaluación de la función. Usualmente el costo de producción es más de 10 o 20 veces el valor otorgado a su función. A través de la evaluación de la función se puede determinar el potencial de reducir costos y por lo tanto determinar objetivos o metas de reducción de costos. Esta etapa es única del análisis del valor. Un entrenamiento adecuado y un conocimiento de diversas técnicas son necesarios para una correcta evaluación.*

#### **2.1.1.2.4. Fase IV Innovación y Creatividad.**

*En esta etapa, existen diferentes maneras de lograr la función requerida o esencial, tales como la tormenta de ideas, haciendo una lista de ventajas, objetivos deseados y desventajas. Así usando todas las técnicas creativas los esfuerzos son concentrados en el desarrollo de diferentes posibles soluciones. En esta fase el trabajo en equipo es de vital importancia.*

#### **2.1.1.2.5. Fase V Evaluación de Alternativas.**

*En esta fase del análisis del valor se consideran las alternativas propuestas en la fase anterior, se hace un estudio de estas propuestas y se hace una ponderación basada en la función costo y valor para determinar cual es la mejor propuesta y seguir a la siguiente fase, la de pruebas de validación.*

*Los criterios de evaluación son, simplemente un conjunto de objetivos mediante los cuales se valorará una alternativa. Los criterios deben ser medibles e independientes entre sí. Comúnmente son parámetros como: costo, riesgos, servicios, etc. Se trata de establecer objetivos estándares, mediante los cuales se juzgará el valor de las diferentes alternativas.*

#### **2.1.1.2.6. Fase VI Implementación de la Propuesta de Cambio.**

*Esta es la última fase de la metodología en donde se debe planificar la implementación de la alternativa o propuesta elegida, se debe definir a los responsables y los plazos en los cuales se hará la implementación así como definir los posibles obstáculos para lograr la implementación; se debe informar a la empresa los logros obtenidos mediante la aplicación de la metodología.*

---

### **2.1.2. Descripción de la metodología aplicada en una empresa automotriz.**

*A continuación se abordará el tema de la metodología empleada en una empresa automotriz.*

#### **2.1.2.1. Descripción.**

*La metodología empleada en la empresa automotriz, no tiene un nombre específico y no sigue un orden, sin embargo, se llevan ciertos pasos generales para el diseño, desarrollo e implementación de las mejoras o rediseños de las diferentes partes.*

*La metodología se puede englobar en cuatro grandes etapas que pueden considerarse etapas generales o globales que se utilizan en todo proceso de diseño o rediseño de un producto.*

#### **2.1.2.2. Etapas.**

##### **2.1.2.2.1. Análisis.**

*En la etapa de análisis se determina la idea o ideas que pueden tener posibilidad de cambio o mejora, esto se hace basado en la experiencia de ciertas personas o gracias a una lluvia de ideas generada de un junta donde se invita a diferentes miembros de la empresa, sin considerar si son o no expertos en ciertas áreas, simplemente se hace una generación de ideas de posibles partes a ser rediseñadas, dichas ideas se plasman en una lista, enumerándolas y apoyándose de fotos o simplemente describiendo la idea de cambio o mejora. En seguida se hace una revisión de las ideas y se determina el responsable de cada una de las ideas generadas.*

##### **2.1.2.2.2. Diseño.**

*En la etapa de diseño se determina la factibilidad de las ideas. Para las ideas que son factible se sigue un proceso de evaluación donde se determina que modificaciones se deben hacer a la parte o ensamble para no afectar el desempeño y siga cumpliendo su función pero de una manera más simple y menos costosa.*

---

#### **2.1.2.2.3. Desarrollo.**

*En la etapa de desarrollo se trabaja conjuntamente con el proveedor de la parte para definir las modificaciones y ver si son factibles o es necesario hacer ajustes o pequeñas modificaciones para lograr que el proveedor cumpla con el objetivo de mejorar la función, hacerla más simple y menos costosa.*

*Una vez determinados los cambios o modificaciones es necesario obtener prototipos y llevar a cabo las evaluaciones necesarias para asegurar el correcto funcionamiento y desempeño de la parte rediseñada.*

#### **2.1.2.2.4. Implementación.**

*En la etapa de implementación una vez que se tiene validada la parte se deben hacer pruebas físicas de ensamble para confirmar que no existe ningún problema con las partes con las cuales interactúa. Después de hacer esta confirmación se lleva a cabo la implementación de la parte en producción regular.*

*Básicamente esta es la metodología empleada en la empresa automotriz para el diseño o rediseño, existen otras técnicas o metodologías pero nos enfocaremos a la forma general de trabajar.*

---

## **3. CAPÍTULO 3.**

*En este capítulo se abordará el tema de aplicación de cada una de las metodologías descritas en el capítulo 2, Análisis del Valor y Metodología de una empresa automotriz, al caso de estudio descrito en el apartado 1.5.*

### **3.1. Aplicación de las metodologías.**

*En el capítulo anterior se dio una breve explicación de las dos metodologías que se aplicarán al caso de estudio u objeto de valor, ahora en este capítulo se pretende aplicar las dos metodologías para obtener una propuesta de cada una y con ello pasar a hacer el estudio comparativo. En este capítulo se profundiza más en la metodología de análisis del valor debido a que se aplicó al caso práctico.*

*Como se mencionó en la descripción del caso de estudio, el evaporador es el objeto de valor de este trabajo, el evaporador cuenta con diferentes componentes por lo que debido al alcance de este trabajo sólo se analizó un par de componentes del evaporador mediante la aplicación del Análisis del Valor.*

#### **3.1.1. Análisis del Valor.**

*A continuación se presentan las diferentes fases del Análisis del valor aplicadas al caso de estudio u objeto de valor.*

##### **3.1.1.1. Fase I Preparación y Orientación.**

*Objetivo del proyecto: Reducir costos de producción manteniendo o mejorando el desempeño del evaporador.*

*Definición del proyecto. Este proyecto surge por la inquietud de llevar a cabo un análisis más detallado de los componentes del evaporador de un módulo de aire acondicionado y ver la posibilidad de tener un mayor beneficio de costo mejorando o manteniendo el desempeño del evaporador.*

---

*Las partes del evaporador que se analizaron son, línea de entrada y salida, así como el bloque de aluminio, anillos y Placa de acoplamiento. Cabe mencionar que los anillos que se analizaron son únicamente los que tienen relación directa con el Bloque de Aluminio debido a que existen otros anillos relacionados a la válvula de expansión TXV y ésta no forma parte del objeto de valor.*

*Estos componentes se eligieron por dos razones principales, la primera que es un ensamble en donde se tiene una mayor área de oportunidad de mejorar el diseño por el número de piezas que lo forman y la segunda debido a que esta parte del ensamble del evaporador fue el cambio que se llevó a cabo dentro de la empresa automotriz aplicando la metodología contra la cual se hizo el estudio comparativo.*

#### **3.1.1.1.1. Equipo de Trabajo.**

*El equipo de trabajo se formó en base a la experiencia de cada uno de los participantes en las áreas de interés, tomando en cuenta a un grupo por parte del proveedor del módulo y otro grupo por parte de la empresa automotriz, quedando de la siguiente manera:*

*2 Ingenieros expertos específicamente en módulos de aire.*

*2 Ingenieros de Manufactura, expertos en los diferentes procesos de manufactura*

*2 Analistas de costos, gente del área de compras.*

*Las reuniones fueron indispensables para llevar a cabo todo el desarrollo y para ayudar a eliminar los obstáculos que se presentaron; una junta semanal durante dos meses.*

*Ya definido el proyecto y el equipo de trabajo así como las juntas para darle seguimiento, se pasó a la fase de información.*

#### **3.1.1.2. Fase II Información.**

*Esta fase se enfocó a recopilar toda la información disponible que nos ayudó a desarrollar y aplicar la metodología de análisis del valor. En primer lugar hace mención de las partes que forman el evaporador las cuales se muestran en la tabla 3.1 y figura 3.1.*

*El evaporador como se mencionó anteriormente es el componente del módulo de aire acondicionado que ayuda a remover el calor del habitáculo del vehículo hacia el*

exterior, el evaporador es de flujo paralelo con aletas planas, todo el corazón del evaporador es de aluminio, en algunos casos esta protegido por un acabado contra la corrosión.

El evaporador debe tener la eficiencia y durabilidad necesaria para brindar un confort suficiente a un 98 percentil, con un rango entre 90% y 100% de confiabilidad y una vida útil de por lo menos 10 años. No debe permitir fugas mayores a unos par de gramos por año de refrigerante. El evaporador debe tener la suficiente resistencia a la corrosión. Más de 200 hrs. en cámara salina.

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1.- Placas laterales.          | 8.- Línea secundaria de entrada. |
| 2.- Aletas.                    | 9.- Línea de salida.             |
| 3.- Tubos.                     | 10.- Placa de acoplamiento.      |
| 4.- Válvula de Expansión, TXV. | 11.- Anillos.                    |
| 5.- Tubo capilar.              | 12.- Bloque de Aluminio.         |
| 6.- Aislante del tubo Capilar. | 13.- Birlo de sujeción           |
| 7.- Línea de entrada.          |                                  |

Tabla 3.1 Componentes de un Evaporador

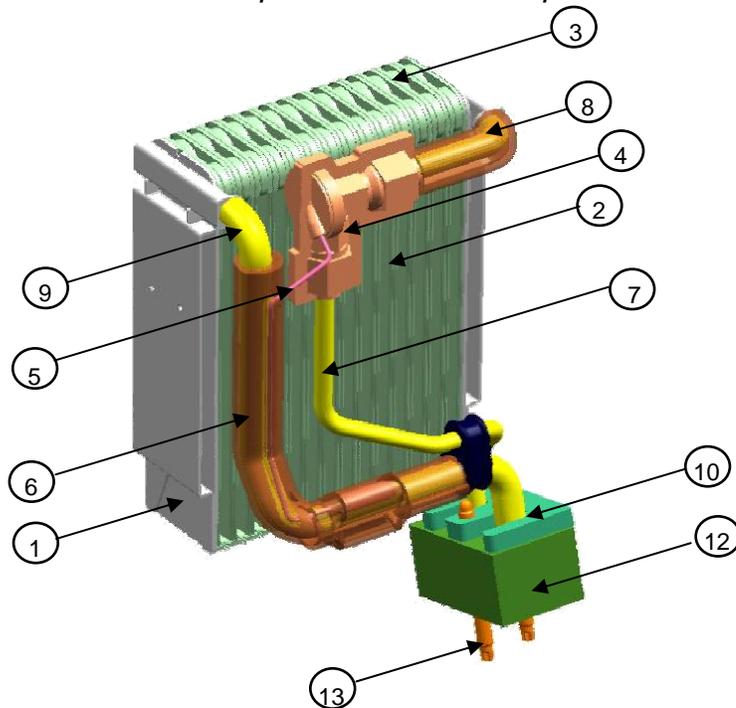


Figura 3.1 Ensamble del evaporador

### 3.1.1.2.1. Requerimientos.

El evaporador debe tener las características de desempeño (Tabla 3.2) bajo las condiciones de prueba abajo descritas (Tabla 3.3).

| <b>Item</b> | <b>Característica</b>                    | <b>Medida</b>         |
|-------------|--|-----------------------|
| 1           | Transferencia de calor del refrigerante: | Mínimo de 7000 Watts. |
| 2           | Caída de Presión:                        | 110 kPa.              |

Tabla 3.2 Desempeño

| <b>Item</b> | <b>Característica</b>                         | <b>Medida</b> |
|-------------|---|---------------|
| 1           | Flujo de aire:                                | 20 lbm/min    |
| 2           | Temperatura de entrada                        | 40° C         |
| 3           | Temperatura de Condensación:                  | 20° C         |
| 4           | Presión de salida del refrigerante:           | 180 KPa       |
| 5           | Recalentamiento en la salida del refrigerante | 5° C          |
| 6           | Refrigerante                                  | R134a         |

Tabla 3.3 Condiciones de Prueba

### 3.1.1.2.2. Especificaciones.

El objeto de estudio debe trabajar bajo las condiciones mostradas en la siguiente tabla.

| <b>Elemento</b>                | <b>Límite inferior</b> | <b>Rango Normal</b>      | <b>Límite superior</b> |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Temperatura                    | (-40°C)                | (-16 to 36°C)            | (50°C)                 |
| Humedad Relativa (%)           | 0%                     | 10 to 90%                | 100%                   |
| Presión Atmosférica (absoluta) | 400mmHg                | 600mmHg                  | 800mmHg                |
| Exposición al Ozono            | 0 PPM                  | 0 - 0.30 PPM             | 0.50 PPM               |
| Exposición al Polvo            | 20 µg/m <sup>3</sup>   | 35-130 µg/m <sup>3</sup> | 3 g/m <sup>3</sup>     |
| Ambiente Electromagnético      | 5 volts/meters         | 15 volts/meters          | 600 volts/meters       |

Tabla 3.4. Condiciones ambientales de Operación

### 3.1.1.2.3. Descripción de las partes.

Las partes que forman el objeto del valor se enlistan en la tabla 7.5 y 7.6 donde se muestran dimensiones y características generales y su forma física se muestra en las figuras 3.2 y 3.3.

| <b>Parte</b>     | <b>Material</b> | $\varnothing$ | <b>longitud</b> | <b>Tipo de acoplamiento</b> | <b># de dobleces</b> |
|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| Línea de Entrada | Aluminio        | 8.6           | 283.9           | 2 bids                      | 4                    |
| Línea secundaria | Aluminio        | 11.7          | 102.1           | 1 bid                       | 1                    |
| Línea de salida  | Aluminio        | 15.8          | 354.7           | 1 bid                       | 4                    |

Tabla 3.5 Características de las líneas

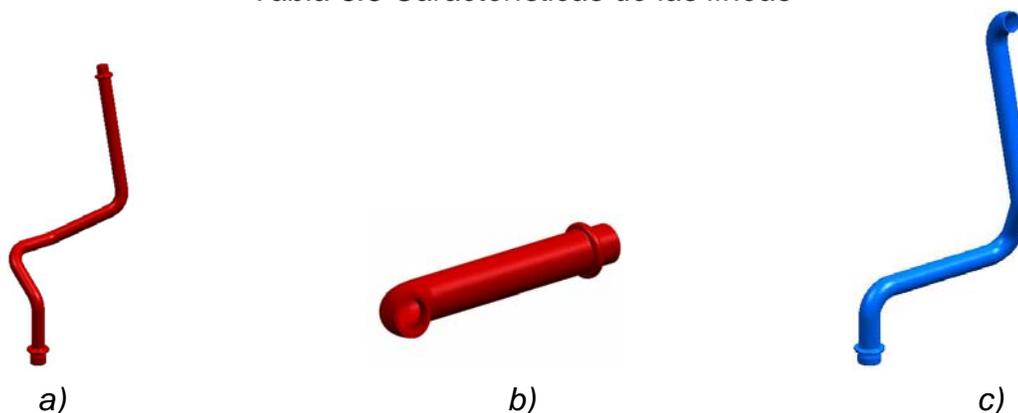


Figura 3.2. a) Línea de entrada, b) línea de salida y c) línea secundaria de entrada

| <b>Parte</b>          | <b>Material</b>  | <b>Dimensiones</b>   | <b>Cantidad</b> |
|-----------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| Placa de Acoplamiento | Aluminio         | 62 X 51 X 10         | 1               |
| Anillo 1              | HNBR*            | 8.6                  | 1               |
| Anillo 2              | HNBR*            | 15.8                 | 1               |
| Bloque Aluminio       | Aluminio         | 74 X 50 X 42         | 1               |
| Birlo                 | Acero Recubierto | $\varnothing$ 7 X 93 | 2               |

\* Hydrogenated nitrile butadiene rubber

Tabla 3.6 Material y dimensiones

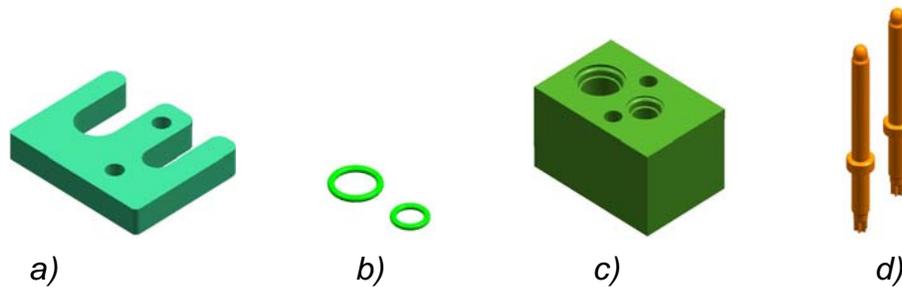


Figura 3.3. a) Placa de acoplamiento, b) Anillos, c) Bloque de Aluminio, d) Birlo de sujeción

#### **3.1.1.2.4. Secuencia de Ensamble.**

*A continuación se presenta la secuencia de ensamble de los elementos que conforman el objeto de valor.*

*El corazón del evaporador ya contiene la línea de salida y la línea secundaria de entrada soldadas a este debido a la naturaleza del proceso de fabricación del corazón del evaporador; la línea de entrada se ensambla junto con la válvula TXV a la línea secundaria de entrada, de esta manera quedan las dos líneas principales que son la de entrada y salida ensambladas al corazón del evaporador.*

*A estas líneas se le insertan los Anillos debidamente lubricados, enseguida se ensambla el bloque de aluminio y después de este se ensambla la placa de acoplamiento, una vez ensambladas todas estas partes se introducen los birlos y se atornillan para cerrar el ensamble.*

##### **3.1.1.2.4.1. Línea de entrada y salida.**

*Línea de Entrada. Se puede considerar como una extensión de la línea de salida del compresor la cual lleva el líquido a alta presión y temperatura hacia la válvula de expansión esta extensión comienza a partir del inicio del módulo de aire acondicionado y termina en la entrada de la válvula de expansión.*

*Línea de Salida. La línea de salida tiene la función de llevar el vapor que sale de los tubos del evaporador de regreso al compresor, de igual manera que la línea de entrada la línea de salida es una extensión de la línea principal que lleva el vapor al compresor para iniciar el ciclo básico de transferencia de calor.*

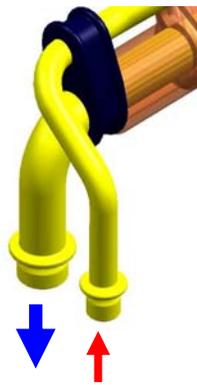


Figura 3.4 Línea de entrada (Derecha) – Línea de Salida (Izquierda).

#### **3.1.1.2.4.2. Línea de entrada secundaria.**

La línea de entrada secundaria. Es la línea que conecta a la válvula TXV con los tubos del evaporador y es la línea encargada de llevar el flujo de agua a baja temperatura y presión que sale de la válvula de expansión hacia los tubos del evaporador para comenzar con el cambio de fase de líquido de baja presión y temperatura a vapor de baja presión y temperatura.

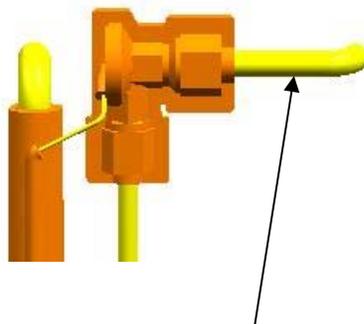


Figura 3.5 Línea de entrada secundaria

#### **3.1.1.2.4.3. Placa de acoplamiento.**

La Placa de acoplamiento. Sirve para comprimir las líneas de entrada y salida contra el bloque de aluminio para ayudar a cerrar y sellar ayudado de los Anillos y de los birlos.

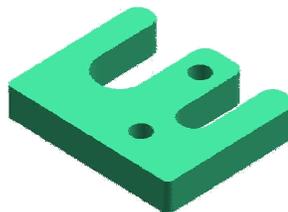


Figura 3.6 Placa de acoplamiento

---

#### **3.1.1.2.4.4. Anillos.**

*Anillos. Su función es hacer el sellado entre las líneas de entrada y salida contra la Placa de acoplamiento y el bloque de aluminio evitando así la fuga de líquido o vapor.*

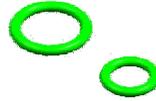


Figura 3.7 Anillos

#### **3.1.1.2.4.5. Bloque de aluminio.**

*Bloque de Aluminio. La función principal del bloque de aluminio es mantener la posición de las líneas de entrada y salida además de ser la interfase para la conexión con la línea que vienen del condensador y la que va al compresor.*

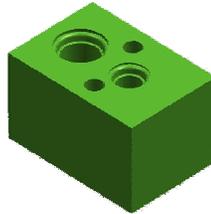


Figura 3.8 Bloque de Aluminio

#### **3.1.1.2.4.6. Birlo.**

*Los birlos tienen dos funciones la primera es la de hacer de elemento de fijación de los bloques de la línea que viene del condensador y de la que va al compresor, auxiliados de una tuerca; la segunda función es la de unir el bloque de aluminio con la Placa de Acoplamiento para cerrar el ensamble y sellar las líneas de entrada y salida con los Anillos y con el bloque que es la interfase con las líneas de condensador y compresor.*



Figura 3.9 Birlos

### 3.1.1.3. Fase III Análisis de la función y de costos.

Una vez que se recopiló toda la información necesaria del objeto de valor se procede a realizar el análisis de la función y de costos que será una parte fundamental en el desarrollo de la fase de generación de nuevas alternativas y es una parte medular del análisis del valor. Para esta fase se utilizó la técnica de FAST por sus siglas en inglés Function Analysis System Technique.

La Tabla 3.7 y 3.8 muestran el análisis funcional del ensamble y de cada una de las partes que componen el objeto de valor (ensamble líneas – bloque aluminio), como se observa cada una de las partes tienen diferentes funciones, de las cuales las más importantes o funciones básicas son: Transferir líquido, Transferir Vapor y mejorar el flujo; estas funciones fueron la base para el desarrollo del diagrama mostrado en la figura 3.10

Con estas funciones partimos para elaborar el diagrama FAST que se encuentra en la figura 3.0 no fue un diagrama complicado debido a que son funciones sencillas.

Tanto para la función transferir líquido como transferir vapor se siguen una misma línea debido a que la función es la misma lo único que cambia es el fluido a transferir, uno es líquido y el otro vapor.

La función de mejorar el flujo sólo tiene relación con las dos funciones anteriores en cuanto a que se necesita colocar las líneas.

La tabla 3.9 muestra el precio de todas y cada una de las partes que forman el ensamble del evaporador. Y para nuestro caso el costo total de las partes que forman el objeto de valor es de \$70.5 y el costo total del evaporador es de \$300.00.

| <b>Parte</b>            | <b>Función Básica</b>       | <b>Función Primaria</b> | <b>Función Secundaria</b> |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Ensamble líneas- bloque | Transferir líquido Caliente | Ubicar línea líquido    | Ubicar evaporador         |
|                         | Transferir Vapor Frío       | Ubicar línea succión    | Montar evaporador         |

Tabla 3.7 Análisis de Funciones del Ensamble completo

| <b>Parte</b>       | <b>Función Básica</b>   | <b>Función Primaria</b>    | <b>Función Secundaria</b> | <b>Función Terciaria</b> |
|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Línea de Entrada   | Transferir líquido      | Permitir<br>Desensamble    | Ubicar Evaporador.        | Ubicar<br>TXV            |
|                    | Mejorar Flujo           | TXV                        |                           |                          |
| Línea secundaria   | Transferir líquido      | Permitir<br>Desensamble    | Ubicar Evaporador.        | Ubicar<br>TXV            |
|                    | Mejorar Flujo           | TXV                        |                           |                          |
| Línea de salida    | Transferir Vapor        | Posicionar Tubo            | Ubicar Evaporador.        |                          |
|                    | Mejorar Flujo           | Capilar                    |                           |                          |
| Placa Acoplamiento | Retener Líneas          | Permitir<br>Desensamble    |                           |                          |
|                    | Retener birlo           |                            |                           |                          |
| Anillo 1           | Sellar Espacio línea    |                            |                           |                          |
| Anillo 2           | Sellar Espacio línea    |                            |                           |                          |
| Bloque Aluminio*   | Alojar Línea Entrada    | Alojar Conectores          | Permitir<br>Desensamble   |                          |
|                    | Alojar Línea salida     | Alojar birlo               |                           |                          |
|                    | Transferir Líquido      | Resistir Calor             |                           |                          |
|                    | Transferir vapor        | Resistir Frío              |                           |                          |
|                    | Conectar Líneas         |                            |                           |                          |
| Birlo              | Permitir<br>Desensamble | Ubicar conector<br>líquido |                           |                          |
|                    |                         | Ubicar conector<br>vapor   |                           |                          |

\*Base del objeto de valor

Tabla 3.8 Desglose de Funciones de cada parte

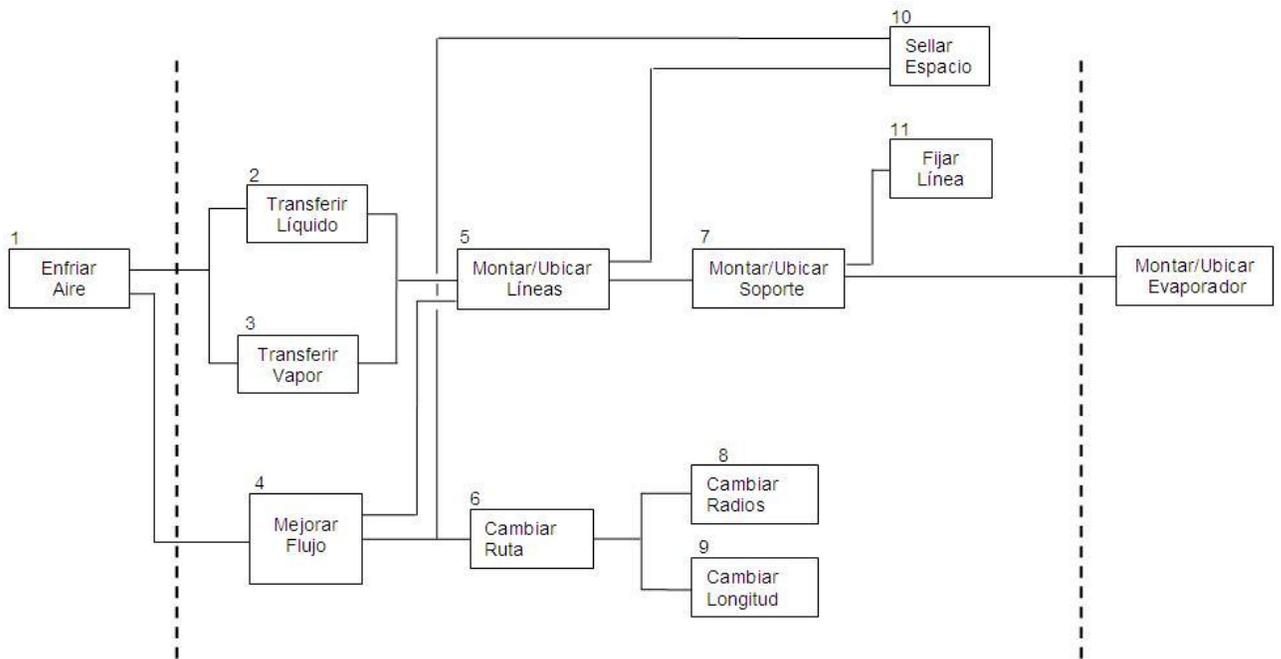


Figura 3.10 Diagrama de FAST

| #            | Parte                          | Cantidad  | \$ / pieza      | \$ Total        |
|--------------|--------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 1            | <u>Línea de Entrada</u> *      | 1         | \$10.00         | \$10.00         |
| 2            | <u>Línea secundaria</u> *      | 1         | \$4.00          | \$4.00          |
| 3            | <u>Línea de salida</u> *       | 1         | \$18.00         | \$18.00         |
| 4            | <u>Placa de Acoplamiento</u> * | 1         | \$8.00          | \$8.00          |
| 5            | <u>Anillo 1</u> *              | 1         | \$0.50          | \$0.50          |
| 6            | <u>Anillo 2</u> *              | 2         | \$1.00          | \$2.00          |
| 7            | <u>Bloque Aluminio</u> *       | 1         | \$20.00         | \$20.00         |
| 8            | <u>Birlo</u> *                 | 2         | \$4.00          | \$8.00          |
| 9            | TXV                            | 1         | \$50.00         | \$50.00         |
| 10           | Aislante TXV                   | 1         | \$12.00         | \$12.00         |
| 11           | Aislante Tubo Capilar          | 1         | \$5.00          | \$5.00          |
| 12           | Corazón                        | 1         | \$155.00        | \$155.00        |
| 13           | Clip                           | 1         | \$3.50          | \$3.00          |
| 14           | Anillo 3                       | 1         | \$0.70          | \$0.50          |
| 15           | Shipping Caps                  | 2         | \$2.00          | \$4.00          |
| <b>Total</b> |                                | <b>18</b> | <b>\$293.70</b> | <b>\$300.00</b> |

Tabla 3.9 Costos por parte

Para hacer la ponderación en el diagrama de FAST se tomó únicamente los \$70.5 debido a que no se consideraron los demás elementos como son la válvula TXV y el corazón del evaporador, en esta ponderación se dio un valor según la importancia de su función de donde obtuvimos que las funciones que mayor valor tiene son las mostradas en la tabla 3.10.

| # | Función               | Costo       | Valor  |
|---|-----------------------|-------------|--------|
| 1 | Montar Ubicar Líneas  | 59.22 / 32  | 1.85   |
| 2 | Montar Ubicar Soporte | 47.376 / 20 | 2.3688 |
| 3 | Fijar línea           | 18.95 / 16  | 1.1843 |
| 4 | Sellar Espacio        | 17.48 / 2.5 | 6.992  |

Tabla 3.10 Valor de las funciones.

De la tabla 3.10 se observa que la función que mayor valor tiene es la de sellar espacio, luego la de montar/ubicar soporte después Montar/ubicar línea y por último fijar línea. En la siguiente fase se obtienen diferentes opciones para realizar la función.

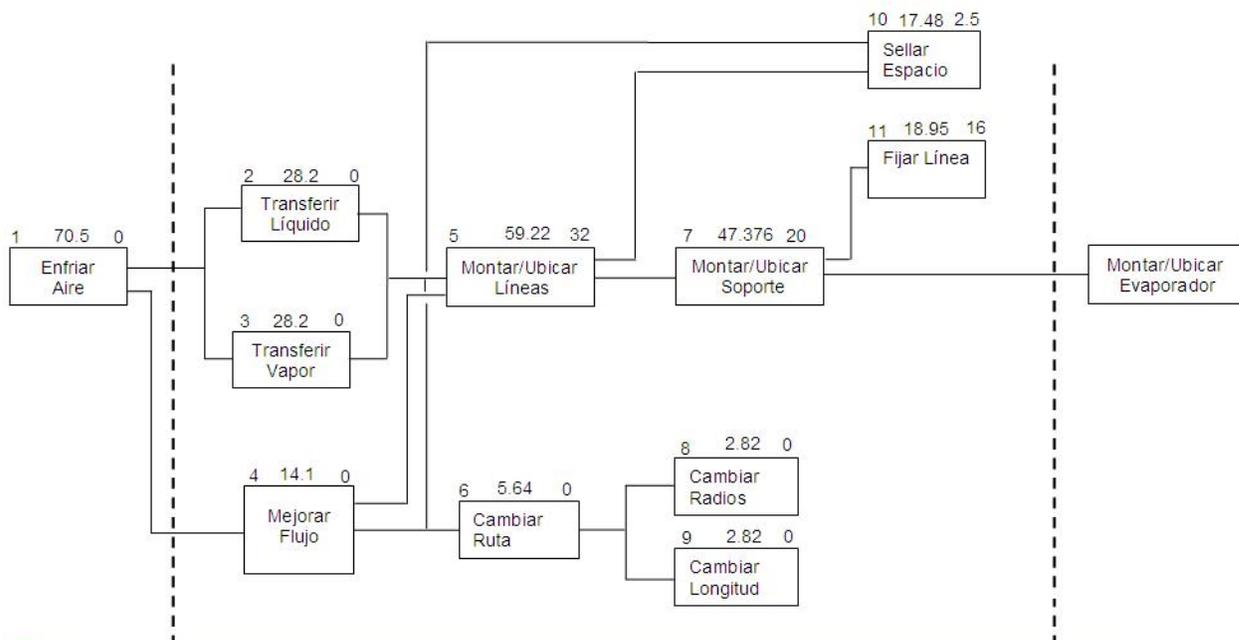


Figura 3.11 Diagrama de FAST con costos y valor

De la figura 3.11 se observa que la función cambiar ruta tiene un área de oportunidad ya que al cambiar los radios y la longitud existen menos pérdidas de flujo y se tiene una longitud menor para que el líquido llegue del condensador a la válvula de expansión, de

---

la válvula al evaporador y el vapor que sale del evaporador al compresor, además de que se tiene un costo menor al reducir la longitud se reduce el material utilizado.

#### **3.1.1.4. Fase IV Innovación y Creatividad.**

Para esta fase se llevó a cabo una reunión y se tuvo una lluvia de ideas se considero el ensamble principal que es el formado por las líneas y el bloque de aluminio tomando como base el bloque debido a que una de las funciones que mayor valor agrega y por ser una parte fundamental del ensamble, y de aquí partir hacia los demás componentes.

Se tomó como consideración que la línea de entrada llevar líquido a alta presión y temperatura, la línea de salida vapor a baja presión y temperatura, fue necesario considerar los cambios de fase para determinar la mejor propuesta, para el bloque fue necesario considerar que estaría expuesto a ambas condiciones de las líneas, el birlo, la placa de acoplamiento y los anillos son partes secundarias sin embargo no menos importantes, el ensamble no debía permitir fugas, se considera cero ya que de lo contrario el desempeño baja; esta es un consideración muy importante.

| # | Consideraciones                      |
|---|--------------------------------------|
| 1 | Líquido a Alta Presión y Temperatura |
| 2 | Vapor a baja presión y Temperatura   |
| 3 | Cero Fugas                           |
| 4 | Mejorar o mantener el desempeño      |
| 5 | Reducir Costos                       |
| 6 | Agregar valor                        |

Tabla 3.11 Consideraciones para elaboración de propuestas.

Las propuestas obtenidas durante la lluvia de ideas se muestran en la siguiente tabla:

| <i>Ensamble líneas-Bloque</i> | <i>Propuesta 1</i>        | <i>Propuesta 2</i>      | <i>Propuesta 3</i>      | <i>Propuesta 4</i>         | <i>Propuesta 5</i>          |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <i>Líneas</i>                 | <i>Cambiar Ruta</i>       | <i>Cambiar Material</i> | <i>Manguera</i>         | <i>.....</i>               | <i>.....</i>                |
| <i>Placa Acoplamiento</i>     | <i>Cambiar material</i>   | <i>Cambiar forma</i>    | <i>Clip</i>             | <i>Placa Remachada</i>     | <i>.....</i>                |
| <i>Anillos</i>                | <i>Empaques</i>           | <i>Soldar</i>           | <i>Asegurar</i>         | <i>.....</i>               | <i>.....</i>                |
| <i>Bloque *</i>               | <i>Conectores Rápidos</i> | <i>Bloque Soldado</i>   | <i>Bloque Asegurado</i> | <i>Ensamble modificado</i> | <i>Tipo línea de frenos</i> |
| <i>Birlo</i>                  | <i>Soldar</i>             | <i>Remachar</i>         | <i>Roscar</i>           | <i>Pegar</i>               | <i>Clip</i>                 |

Tabla 3.12 Propuestas de Rediseño.

La tabla anterior muestra las alternativas de las diferentes partes, sin embargo al tomar como referencia el bloque las propuestas de este engloban a la mayoría de las funciones por lo que la siguiente tabla muestra las propuestas generales que se evaluaron en la siguiente fase.

Para todas las propuestas se consideró que las líneas cambiaran de longitud, y los radios cambiaran de la misma manera, a continuación se presenta una tabla con las dimensiones actuales y modificadas, así como la diferencia esta reducción de material se ve reflejada en un ahorro en el costo de cada propuesta.

| <i>Líneas</i>     | <i>Longitud Original (mm)</i> | <i>Longitud Modificada (mm)</i> | <i>Diferencia (mm)</i> |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| <i>Entrada</i>    | <i>283.9</i>                  | <i>264.1</i>                    | <i>19.8</i>            |
| <i>Secundaria</i> | <i>102.1</i>                  | <i>72.1</i>                     | <i>30</i>              |
| <i>Salida</i>     | <i>354.7</i>                  | <i>317.9</i>                    | <i>36.8</i>            |

Tabla 3.13 Longitud de las líneas

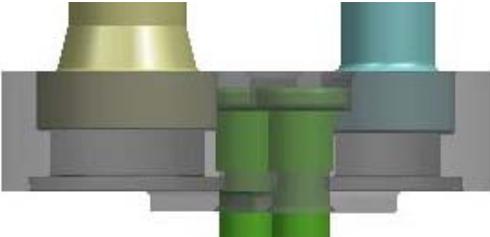
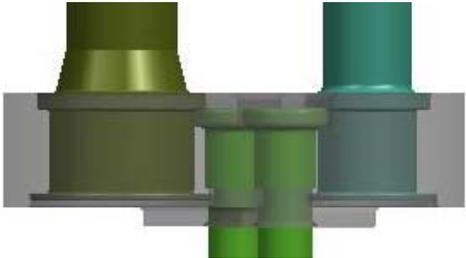
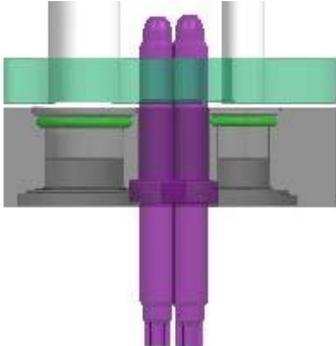
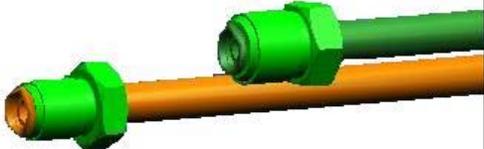
| # | Propuesta           | Descripción  | Imagen  |
|---|---------------------|--|---|
| 1 | Conectores Rápidos  | Se elimina el ensamble completo quedando simplemente las líneas y los conectores rápidos, se debe modificar el final de las líneas para hacer la conexión                      |    |
| 2 | Bloque Soldado      | Se eliminan los anillos, la placa de acoplamiento, se integran los birlos al bloque rediseñado y se sueldan las líneas al bloque   |     |
| 3 | Bloque Asegurado    | Se eliminan los anillos, la placa de acoplamiento, se integran los birlos al bloque rediseñado, las líneas se aseguran al bloque por medio de un proceso de expansión          |    |
| 4 | Ensamble modificado | Se simplifica el ensamble actual rediseñando el bloque y placa de acoplamiento, se sigue utilizando los anillos y los birlos se modifica su longitud.                          |  |
| 5 | Conexión con Tuerca | Se elimina el ensamble completo y solo se tienen las líneas unidas por una tuerca de seguridad, se debe modificar el final de la línea para agregar rosca y hacer la conexión. |   |

Tabla 3.14 Alternativas

### 3.1.1.5. Fase V Evaluación de Alternativas.

En esta fase del análisis del valor se consideraron las alternativas propuestas en la fase anterior, se hizo un estudio de estas propuestas y se hizo una ponderación basada en la función costo y valor para determinar cual era la mejor propuesta y seguir a la siguiente fase que es la de pruebas de validación.

Los criterios de evaluación son, simplemente un conjunto de objetivos mediante los cuales se valorará una alternativa. Los criterios deben ser medibles e independientes entre si.

Comúnmente son parámetros (costo, riesgos, servicios, etc.). Se trata de establecer objetivos estándares, mediante los cuales se juzgará el valor de las diferentes alternativas.

Se deben elegir ciertos criterios para después hacer la ponderación, los criterios se eligieron según los objetivos que son reducir costos y mantener o mejorar la función y también se consideran criterios como ergonomía que es un factor muy importante para que la planta de ensamble acepte la idea.

| # | Criterios             | Peso |
|---|-----------------------|------|
| A | Ahorro                | 10   |
| B | Inversión             | 8    |
| C | Tiempo de desarrollo  | 6    |
| D | Facilidad de ensamble | 7    |
| E | Tiempo de ensamble    | 5    |
| F | Desempeño             | 9    |

Tabla 3.15 Criterios y Peso de los criterios

Para hacer la ponderación se utilizó una escala del 1 al 5, donde 1 es lo peor y 5 es lo mejor.

|   |           |
|---|-----------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Bueno     |
| 3 | Regular   |
| 2 | Malo      |
| 1 | Muy Malo  |

a)

|     |                     |
|-----|---------------------|
| P-1 | Conector Rápido     |
| P-2 | Bloque Soldado      |
| P-3 | Bloque Asegurado    |
| P-4 | Ensamble Modificado |
| P-5 | Conexión con tuerca |

b)

Tabla 3.16 a) Escala de evaluación b) Propuestas

|     | A      | B      | C      | D      | E      | F      | Total | Lugar    |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|
|     | 10     | 8      | 6      | 7      | 5      | 9      |       |          |
| P-1 | 4 – 40 | 3 – 24 | 1 – 6  | 5 – 35 | 5 – 25 | 3 – 27 | 157   | 4        |
| P-2 | 4 – 40 | 3 – 24 | 3 – 18 | 4 – 28 | 3 – 15 | 4 – 36 | 161   | 3        |
| P-3 | 5 – 50 | 3 – 24 | 3 – 18 | 4 – 28 | 3 – 15 | 4 – 36 | 171   | <b>1</b> |
| P-4 | 3 – 30 | 5 – 40 | 4 – 24 | 3 – 21 | 3 – 15 | 4 – 36 | 166   | 2        |
| P-5 | 3 – 30 | 4 – 30 | 4 – 24 | 4 – 14 | 1 – 5  | 5 – 45 | 148   | 5        |

Tabla 3.17 Matriz de decisión.

De la tabla 3.16 observamos que mediante los criterios y la ponderación que se hizo la propuesta 3 fue la que mejor calificación obtuvo, por lo que esta propuesta es la que se consideró para seguir su implementación. Ver Apéndice 1 para tiempos y costos de propuestas.

### 3.1.1.5.1. Descripción de la propuesta.

Propuesta 3 o Bloque Asegurado. Se rediseña el bloque de aluminio, se integran los birlos al bloque por interferencia y se reduce su longitud eliminando la rosca superior, se eliminan los anillos y la placa de acoplamiento ya que no son necesarios debido a que las líneas se fijan al bloque por medio de un proceso de expansión, el líquido o vapor ya no tiene contacto con el bloque, se determinó una nueva ruta de las líneas ahorrando material que también impactó en la longitud del tubo capilar.

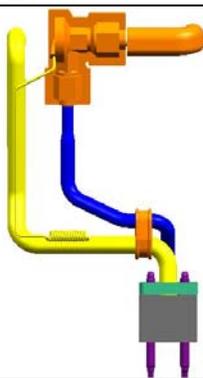
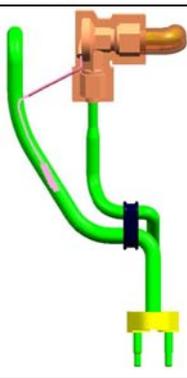
| Diseño Actual   | Propuesta Análisis del Valor  |
|---|---|
|  |  |
| Costo \$ 70.5   | Costo \$ 40   |
| 8 parte   | 5 partes  |
| Peso evaporador completo 6.6825 Kg.   | Peso evaporador completo 6.255 Kg.  |

Tabla 3.18 Comparación con el diseño actual

---

### 3.1.1.6. Fase VI Implementación.

Ya que mediante la ponderación de las propuestas se determinó que la propuesta de Bloque asegurado es la que mejor se continuó a realizar el plan de validación el cual incluye las pruebas mostradas en la tabla 3.18.

| # | Prueba                  | Muestras | Duración días |
|---|-------------------------|----------|---------------|
| 1 | Fugas                   | Todas    | NA            |
| 2 | Corrosión               | 6        | 21            |
| 3 | Caída de Presión        | 4        | 3             |
| 4 | Ciclo de Presión        | 6        | 14            |
| 5 | Presión de explosión    | 6        | 1             |
| 6 | Vibración               | 2        | 21            |
| 7 | Apariencia              | 6        | 1             |
| 8 | Estabilidad Dimensional | 6        | 7             |

Tabla 3.19 Pruebas de Validación

Una vez que la validación se completa y los resultados son satisfactorios se autoriza el cambio por completo y se valida el ensamble físico en planta, con esto no debe haber mayor problema para la implementación.

Se dará a conocer los resultados a la empresa para tener todo el apoyo y poder llevar a cabo la correcta implementación de la propuesta de rediseño aplicando la metodología de Análisis del Valor.

### 3.1.2. Aplicación de la metodología empleada en una empresa automotriz.

#### 3.1.2.1. Análisis.

La primer etapa de la metodología inició mediante una junta a donde se invito a todos los ingenieros del área de aire acondicionado, en esta junta se proporcionaron 5 módulos de aire acondicionado de diferentes vehículos previamente desensamblados para poder observar y analizar los componentes internos, se hizo una lluvia de ideas y las diferentes propuestas se registraron en una tabla similar a la tabla 3.20. En esta tabla se registro la idea de rediseño del ensamble del evaporador basado en la aplicación de una tecnología diferente en otro vehículo, el ingeniero platico la idea con otros miembros del taller y se vio que era un área de oportunidad de reducir costos y mejorar el diseño, por lo cual se determinó el área responsable y por consiguiente el ingeniero responsable de verificar la factibilidad y desarrollo hasta su implementación. Esta idea se reforzó con las fotografías de la figura 3.12.

| Idea No. | Descripción                     | Área responsable HVAC o PTC | Responsable      | Foto No. |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|------------------|----------|
| ....     | .....                           | .....                       | .....            | .....    |
| 35       | Rediseñar Bloque del Evaporador | HVAC                        | Ing. Angel Muñoz | 12 - 13  |
| ....     | .....                           | .....                       | .....            | .....    |

Tabla 3.20 Lista de Ideas

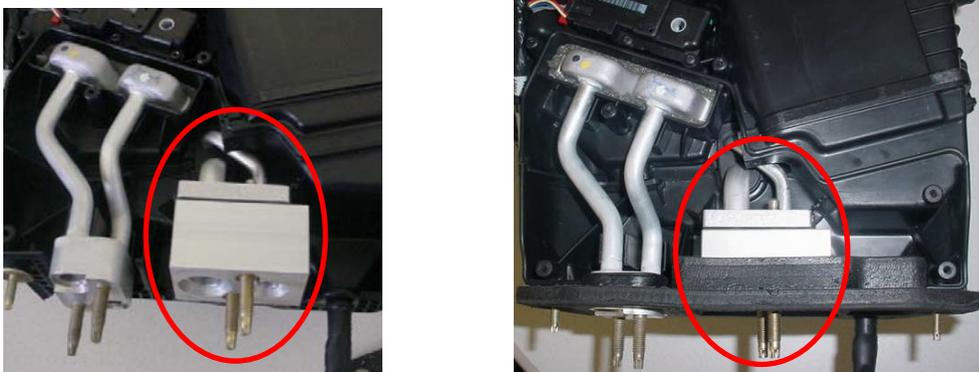


Figura 3.12 Fotos de referencia cambio en el evaporador

### 3.1.2.2. Diseño.

Para verificar si la idea era factible desde el punto de vista de la fabricación, se contactó al proveedor del módulo para obtener retroalimentación de costos e inversión para el desarrollo de la parte así como una respuesta de factibilidad, es decir si tenían la tecnología disponible para llevar a cabo la propuesta. Mediante el análisis actual de diseño y la propuesta de tecnología a emplear se observó que era necesario eliminar algunas partes y otras era necesario rediseñarlas:

| Parte  | Rediseño | Eliminación |
|--|----------|-------------|
| Línea de entrada                               | X        |             |
| Línea de Salida                                | X        |             |
| Boque de aluminio                              | X        |             |
| Placa acoplamiento                             |          | X           |
| Birlo  | X        |             |
| Anillos $\varnothing$ 8.6 y $\varnothing$ 15.8 |          | X           |

Tabla 3.21 Relación de partes

Basado en esta relación los impactos recibidos por parte del proveedor fueron:

| Concepto          | Costo Actual | Costo Rediseño | Diferencia |
|-------------------|--------------|----------------|------------|
| Costo de la pieza | \$300        | \$290          | 10         |
| Inversión         | \$800,000    | \$740,000      | \$60,000   |
| Masa              | 6.6825 Kg.   | 6.3225 Kg.     | 0.36 Kg.   |

Tabla 3.22 Impactos

Con los impactos anteriores se tuvo una idea general de la inversión y del ahorro que tendría el rediseñar la parte así como una respuesta directa de que el proveedor sí tenía los recursos y tecnología disponible para realizar el rediseño. Por lo cual se comenzó a trabajar para hacer las modificaciones de las partes correspondientes.

La nueva propuesta incorporó los birlos en el bloque y las líneas se unieron al bloque por un proceso de soldadura. La parte principal fue el bloque de aluminio el cual tuvo muchas áreas de oportunidad, las cuales se identificaron después de un estudio más

detallado ayudado por la experiencia de las personas involucradas. Se redujo la altura, se elimino el material de las esquinas, se eliminaron los maquinados para acabado así como las cajas para la contención de los anillos.

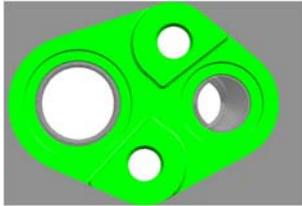


Fig. 3.13 Vista de Planta

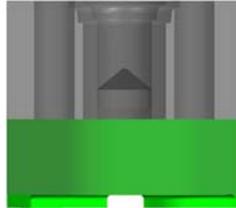


Fig. 3.14 Vista Lateral

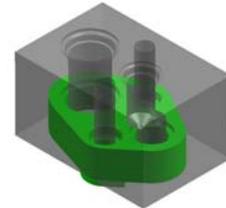


Fig. 3.15 Vista Isométrica

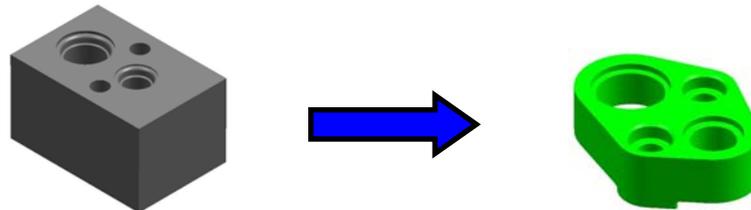


Fig. 3.16 Bloque Aluminio

Otra parte que sufrió un cambio mayor es el birlo ya que al reducir la altura del bloque ya no era necesario tener un birlo tan largo, por lo que disminuyo su longitud, eliminando el maquinado requerido para la segunda cuerda del birlo original, además se elimina la terminación del birlo.



fig. 3.17 Birlos

Las líneas solamente se modificaron en su terminación, incrementando un poco la longitud y preparando el final de la línea para entrar al bloque y ser soldadas a él.

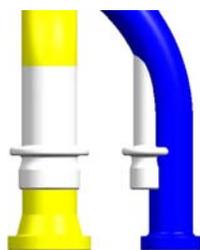


Fig. 3.18 Líneas

Finalmente el diseño se presenta en las figuras 3.19 y 3.20 las cuales incluye el corazón del evaporador, en la figura 3.20 se aprecia un diseño más sencillo.

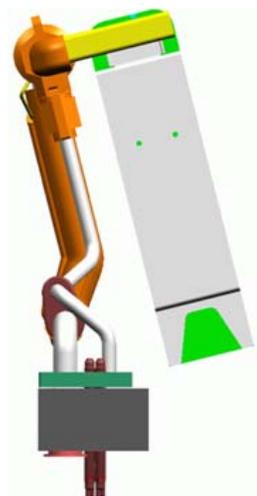


Figura 3.19 Ensamble Original

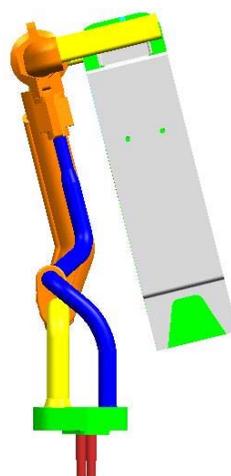


Figura 3.20 Ensamble Rediseñado

### 3.1.2.3. Desarrollo.

Mediante juntas semanales se llevó un control de las diferentes actividades que se realizaron y se determinó el responsable de cada una de ellas, registrando todo en un formato similar al presentado en el Apéndice 2. Las partes identificadas para hacer la modificación son las mostradas en la tabla 3.23.

| # | Nombre de la parte      |
|---|-------------------------|
| 1 | Cubierta del Calefactor |
| 2 | Cubierta de drene       |
| 3 | Sello de las líneas     |
| 4 | Sello                   |

Tabla 3.23 Partes a modificar

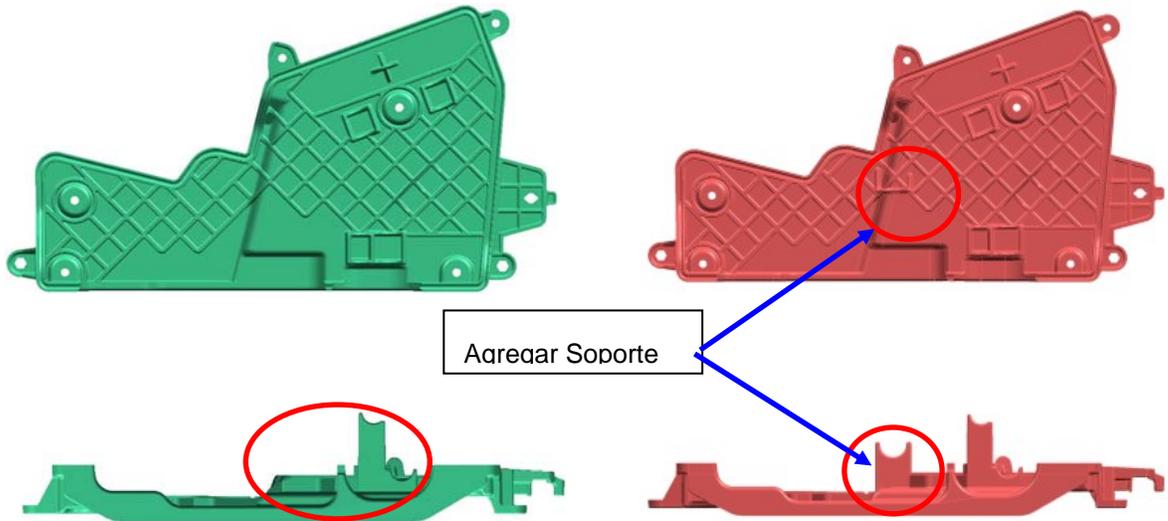


Figura 3.21 Cambio en la cubierta del calefactor

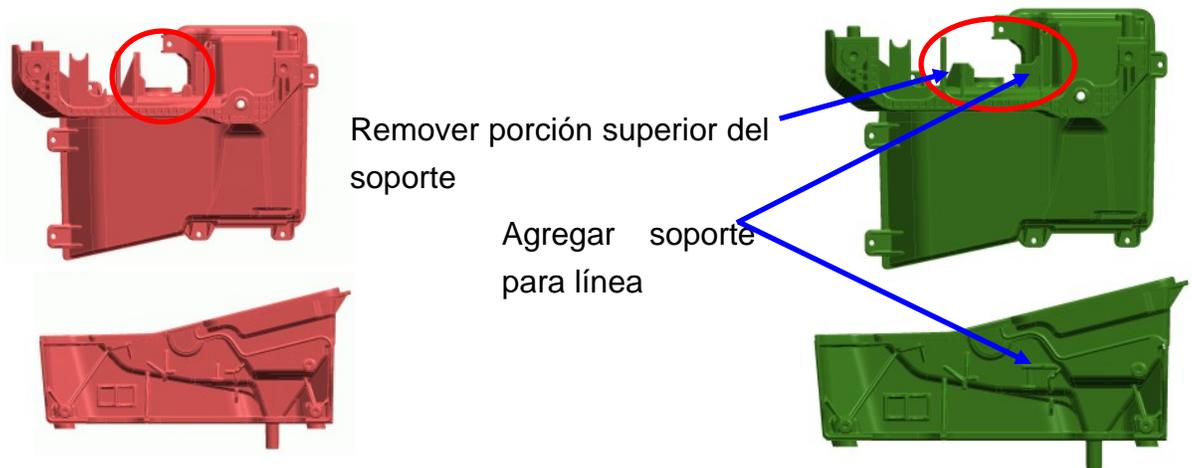


Figura 3.22 Cambio en la carcasa de drene

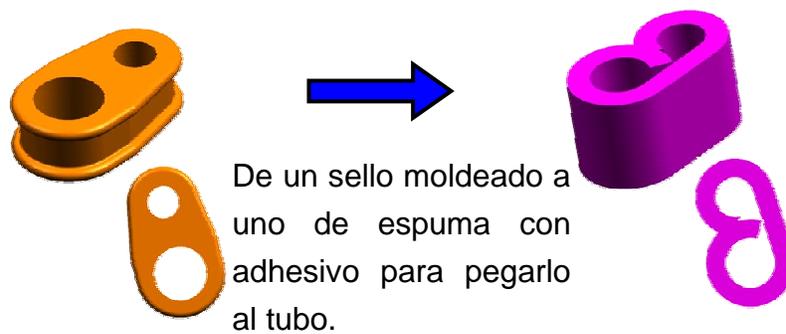


Figura 3.23 Cambio en el sello de las líneas

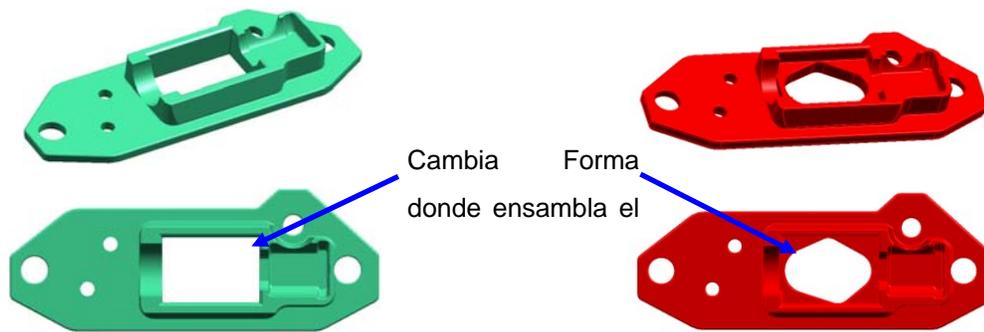


Figura 3.24 Cambio en el sello

Una vez concluido todo el diseño se valido la nueva propuesta para tener la seguridad de que cumple con todas las especificaciones determinadas por la empresa.

Las pruebas de validación que se llevaron a cabo son:

| # | Prueba                  | Estatus | Muestras | Duración días |
|---|-------------------------|---------|----------|---------------|
| 1 | Fugas                   | OK!     | Todas    | NA            |
| 2 | Corrosión               | OK!     | 6        | 21            |
| 3 | Caída de Presión        | OK!     | 4        | 3             |
| 4 | Ciclo de Presión        | OK!     | 6        | 14            |
| 5 | Presión de explosión    | OK!     | 6        | 1             |
| 6 | Vibración               | OK!     | 2        | 21            |
| 7 | Apariencia              | OK!     | 6        | 1             |
| 8 | Estabilidad Dimensional | OK!     | 6        | 7             |

Tabla 3.24 Pruebas de Validación

Los resultados de dichas pruebas fueron satisfactorios, cubriendo los requerimientos especificados en las normas que establece la empresa para sus vehículos.

#### 3.1.2.4. Implementación.

Ya que se determinaron las partes a ser modificadas debido al cambio en el diseño del evaporador además de que el cambio esta validado, se pidieron partes prototipo para hacer una evaluación física en un vehículo, el resultado fue bueno y la propuesta fue aprobada.

---

*El siguiente paso en la etapa de implementación fue ensamblar un cierto número de vehículos para determinar que no habría falla alguna durante la producción debido al cambio en el diseño, al ser un cambio interno del módulo no hay problema y en la prueba que se realizó en planta todo resulta bien e inicia la producción en forma regular.*

*Por todo lo anterior se concluyó el proceso de rediseño y se da por terminada toda acción relacionada al cambio, se le dará seguimiento solo si hay reportes de fallas relacionadas a este cambio pero esto será hasta que existan suficientes vehículos en campo y claro que se reporten fallas.*

## 4. CAPÍTULO 4.

En este capítulo nos enfocaremos a realizar el estudio comparativo de las dos metodologías descritas en el apartado 3.1.1 análisis del valor y 3.1.2 metodología de una empresa automotriz para posteriormente pasar a las conclusiones de este trabajo.

### 4.1. Estudio comparativo de las metodologías aplicadas.

Para realizar el estudio comparativo de las metodologías descritas en el capítulo 3 nos basaremos en la tabla 4.1 donde se describen las diferencias de cada una.

| <i>Análisis del Valor</i>  | <i>Empresa</i>  |
|--|---|
| <i>Se recolecta toda la información antes de empezar a trabajar en el diseño</i> | <i>Se trabaja con lo que se tiene, no se recaba más información, se obtiene según se requiere.</i>    |
| <i>Se crea un equipo específico para este estudio</i>                            | <i>No se tiene un equipo específico para trabajar, se van integrando según se requiera.</i>           |
| <i>Se determina la función de las partes involucradas</i>                        | <i>No se determina la función de las partes, simplemente se ve una opción diferente.</i>              |
| <i>Se determina el costo de la función</i>                                       | <i>No se determina el costo de la función, lo que se determina es el costo de producción</i>          |
| <i>Se le asigna un valor a las partes y al producto en sí.</i>                   | <i>No es necesario darle valor, si cumple esta bien. No le da un valor agregado al producto.</i>      |
| <i>Se trabaja bajo experiencia en las áreas determinadas</i>                     | <i>Se trabaja bajo experiencia o aplicación en otro producto.</i>                                     |
| <i>Toma más tiempo llegar a la solución.</i>                                     | <i>No se invierte tanto tiempo en tener una solución, aunque no sea la mejor</i>                      |
| <i>Se invierte menos tiempo en remediación.</i>                                  | <i>Se invierte demasiado tiempo, dinero y recursos humanos en remediación.</i>                        |
| <i>A largo plazo es más barato y agrega valor al producto</i>                    | <i>Es igual de cara pero a largo plazo será más cara por los recurso que se tendrán que invertir.</i> |

Tabla 4.1 Comparación de Metodologías.

| <i>Concepto</i>               | <i>Empresa Automotriz</i>       | <i>Análisis del Valor</i>       |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <i>Ahorro/parte</i>           | <i>\$ 21.00</i>                 | <i>\$ 35.00</i>                 |
| <i>Ahorro %</i>               | <i>7%</i>                       | <i>11.67%</i>                   |
| <i>Inversión</i>              | <i>\$ 914,000</i>               | <i>\$1,014,000</i>              |
| <i>Ahorro total</i>           | <i>\$4,754,375.00</i>           | <i>\$8, 434,375.00</i>          |
| <i>Tiempo de Recuperación</i> | <i>5.8 meses</i>                | <i>3.9 meses</i>                |
| <i>Desempeño</i>              | <i>Dentro de Especificación</i> | <i>Dentro de Especificación</i> |

*Tabla 4.2 Tabla de Costos*

*De la tabla 4.2 se observa como el análisis del valor tiene una mayor ventaja sobre la metodología de la empresa automotriz, se logra un incremento del 67% sobre el ahorro obtenido previamente así mismo en el tiempo que lleva implementada la idea se han dejado de ganar \$3,680,000.00. Por lo que se demuestra la efectividad de la metodología en este caso. El balance de costos más detallado se puede ver en los Apéndices 3 y 4.*

*Aplicando análisis del valor se logro detectar un área de oportunidad de obtener costos la cual no se identifico con la metodología tradicional.*

---

## **CONCLUSIONES.**

### **Conclusiones de los Objetivos Particulares.**

- *Se logró aplicar la técnica de análisis del valor a un caso práctico de estudio con resultados satisfactorios.*
- *Al aplicar la metodología al caso práctico de estudio se llega a conocer más detalladamente las diferentes etapas de Análisis del Valor.*
- *Mediante la aplicación de Análisis del Valor se observó que de haber aplicado la metodología desde un inicio se tendrían mayores beneficios económicos a los que se obtuvieron.*
- *Mediante los resultados obtenidos se puede proponer la implementación de la metodología para lograr mayores beneficios tanto económicos, como de desempeño y de tiempo.*

### **Conclusiones de los Objetivos Generales.**

*Se cumple el objetivo general propuesto al inicio del trabajo, se aplicaron las dos metodologías descritas en el capítulo 3 satisfactoriamente y al hacer el estudio comparativo se confirma que se obtienen mejores resultados aplicando análisis del valor que los obtenidos con la metodología empleada por la empresa automotriz.*

### **Observaciones.**

*Mediante la aplicación de una metodología se logro identificar costos que no se habían determinado anteriormente llevando a un ahorro significativo.*

*El desempeño es similar en ambas propuestas por lo que la propuesta obtenida por análisis del valor tendrá un valor más alto debido a que desempeña la misma función con la misma calidad pero a un menor costo*

*Se demuestra que la industria automotriz puede ser objeto, y deberían serlo, de un análisis y mejora mediante metodologías como la descrita en este trabajo que permitan llevar a cabo un estudio más profundo de los cambios que se realizan día a día evitando invertir recursos cuando el producto ya se encuentra en el mercado.*

---

## APÉNDICE 1.

Ahorros, Inversión y Tiempo de implementación de las propuestas obtenidas mediante la lluvia de ideas realizada para Análisis del Valor.

**Propuesta 1**      *Tiempo*    18 Semanas

| <b>Concepto</b>    | <b>Ahorro</b> | <b>Herramental</b> |
|--------------------|---------------|--------------------|
| Conectores Rápidos | \$18.00       | \$900,000.00       |
| Prototipos         | \$0.00        | \$44,000.00        |
| Validación         | \$0.00        | \$100,000.00       |
| <b>Total</b>       | \$18.00       | \$1,044,000.00     |

**Propuesta 2**      *Tiempo*    14 Semanas

| <b>Concepto</b> | <b>Ahorro</b> | <b>Herramental</b> |
|-----------------|---------------|--------------------|
| Bloque Soldado  | \$21.00       | \$770,000.00       |
| Prototipos      | \$0.00        | \$44,000.00        |
| Validación      | \$0.00        | \$100,000.00       |
| <b>Total</b>    | \$21.00       | \$914,000.00       |

**Propuesta 3**      *Tiempo*    12 Semanas

| <b>Concepto</b>  | <b>Ahorro</b> | <b>Herramental</b> |
|------------------|---------------|--------------------|
| Bloque Asegurado | \$35.00       | \$870,000.00       |
| Prototipos       | \$0.00        | \$44,000.00        |
| Validación       | \$0.00        | \$100,000.00       |
| <b>Total</b>     | \$35.00       | \$1,014,000.00     |

**Propuesta 4**      *Tiempo*    9 Semanas

| <b>Concepto</b>     | <b>Ahorro</b> | <b>Herramental</b> |
|---------------------|---------------|--------------------|
| Ensamble Modificado | -\$11.00      | \$400,000.00       |
| Prototipos          | \$0.00        | \$44,000.00        |
| Validación          | \$0.00        | \$100,000.00       |
| <b>Total</b>        | -\$11.00      | \$544,000.00       |

**Propuesta 5**      *Tiempo*    10 Semanas

| <b>Concepto</b>     | <b>Ahorro</b> | <b>Herramental</b> |
|---------------------|---------------|--------------------|
| Conexión con tuerca | \$10.00       | \$600,000.00       |
| Prototipos          | \$0.00        | \$44,000.00        |
| Validación          | \$0.00        | \$100,000.00       |
| <b>Total</b>        | \$10.00       | \$744,000.00       |

## APÉNDICE 2.

Formato para registrar las actividades cuando se aplica la metodología empleada en una empresa automotriz.

### Proveedor Inc. Sumario de Propuesta Sección A - Contacto

|  |   |
|--|---|
| Contacto: Proveedor  | Fecha: Noviembre 25 de 2004   |
| Phone: 222-345-5678  | Comprador: Buyer  |
| Fax: 222-345-5678  | Teléfono: 222-345-5678  |
| E-Mail: <a href="mailto:mend@proveedor.com">mend@proveedor.com</a> | Fax: 222-345-5600   |
|  | Email: <a href="mailto:buyer.1@empresa.com">buyer.1@empresa.com</a> |

### Sección B - Información de Referencia

|   |                        |
|---|------------------------|
| Supplier ARC #: ARC-000022  | <b>Bloque Soldado.</b> |
| # Parte: 22222222   |                        |
| Nombre: Modulo de Aire Acondicionado  |                        |
| Ingeniero: Angel Muñoz <a href="mailto:angel.muñoz@empresa.com">angel.muñoz@empresa.com</a> |                        |
| Descripción: Reemplazar el bloque de aluminio por un bloque                                 |                        |
| Implementación: Efectivo 17 semanas despues de la aprobación final.                         |                        |

### Sección C - Estátus de Propuesta

|                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Discusión Inicial</b> |
|-------------------------------------|--------------------------|

### Section D - Impactos de la propuesta

|  |                      |   |                       |                            |
|--|----------------------|---|-----------------------|----------------------------|
| Precio actual de la parte              | \$ 300.000           | Costo Actual del Herramental                      | \$ 740.000            |                            |
| Nuevo precio de la parte               | \$ 290.000           | Nuevo costo del herramental                       | \$ 800.000            |                            |
| <b>Impacto (-/+)</b>                   | <b>\$ (\$10.000)</b> | <b>Impactos del costo de Herramental</b>          | <b>\$ 60.000</b>      |                            |
| <b>Impacto a nivel Vehicular (-/+)</b> | <b>\$ (\$10.000)</b> | <b>cto de Herramental a nivel Vehicular (-/+)</b> | <b>\$ 60.000</b>      |                            |
| Dibujos                                | Herramenta           | 1er Parte Disponible                              | Validación Documentos | <b>Semanas Totales: 17</b> |
| 4                                      | 8                    | 1   | 2                     |                            |

### Sección E - Acciones Abiertas

| Issue # | Issue Date | Issue Description                     | Person Responsible | Status/Action Plan  | Forecast Completion Date |
|---------|------------|---------------------------------------|--------------------|---|--------------------------|
| 1       | 5/21/03    | Enviar costo de prototipos a empresa. | Proveedor          | Proveedor enviará cotización. (Partes no funcionales) - Proveedr precio para partes funcionales - Mejorar tiempo de entrega de prototipos - No es posible mejorar tiempo de 14 semanas. | Cerrado                  |
| 2       | 5/28/03    | Aprovar plan de validación            | Empresa            | Proveedor envio validación para revisión - Junta de Junio 6 Validación OK por Angel Muñoz   | Cerrado                  |
| 3       | 6/4/03     | Determinar Impactos de Servicio.      | Servicio           | Revisión con Servicio10/15 -  | Cerrado                  |
| 4       |            |                                       |                    |   |                          |
| 5       |            |                                       |                    |   |                          |
| 6       |            |                                       |                    |   |                          |

## APÉNDICE 3.

*Balance de costos de la propuesta obtenida de aplicar la metodología aplicada en una empresa automotriz.*

| Ahorros por Año |                     |                        |
|-----------------|---------------------|------------------------|
|                 | Ahorro por Vehículo | <b>-\$21.00</b>        |
|                 | Año 2005            | <b>-\$1,890,000.00</b> |
|                 | Año 2006            | <b>-\$1,890,000.00</b> |
|                 | Año 2007            | <b>-\$1,890,000.00</b> |
|                 | <b>Total</b>        | <b>-\$5,670,000.00</b> |

| HERRAMENTAL                  |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Herramental prototipos       | \$44,000.00         |
| Herramental producción       | \$770,000.00        |
| <b>INVERSION HERRAMENTAL</b> | <b>\$814,000.00</b> |

| PROTOTIPOS                 |                   |
|----------------------------|-------------------|
| Partes para Validación (5) | \$1,625.00        |
| <b>TOTAL PROTOTYPES</b>    | <b>\$1,625.00</b> |

| VALIDATION              |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Validación              | \$100,000.00        |
| <b>VALIDACION TOTAL</b> | <b>\$100,000.00</b> |

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| <b>INVERSION TOTAL</b> | <b>\$915,625.00</b> |
|------------------------|---------------------|

| BALANCE               |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Ahorro en el año 2005 | <b>-\$1,890,000.00</b> |
| Ahorro en el año 2006 | <b>-\$1,890,000.00</b> |
| Ahorro en el año 2007 | <b>-\$1,890,000.00</b> |
| Costo Total           | \$915,625.00           |
| <b>Ahorros Netos</b>  | <b>-\$4,754,375.00</b> |

Ahorro Total: **-\$4,754,375.00** (Todos los años)

Recuperación de la inversión

Inversión Total: \$915,625.00

Ahorro por año **\$1,890,000.00**  
 Ahorro por mes **-\$157,500.00**

Tiempo para recuperar la inversión=

Inversión Total / Ahorro Mensual

|   |            |              |
|---|------------|--------------|
| <b>Tiempo para recuperar la inversión =</b> | <b>5.8</b> | <b>Meses</b> |
|---|------------|--------------|

---

| <b>Volumen de Producción</b> |        |        |        |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Años de Producción           | 2005   | 2006   | 2007   |
| Volumen / Anual              | 90,000 | 90,000 | 90,000 |
| Volumen / Mes                | 7,500  | 7,500  | 7,500  |

| <b>Partes a modificar</b> | <b>Herramental</b>   |
|---------------------------|----------------------|
| Cubierta del Calefactor   | \$ 160,000.00        |
| Cubierta de drene         | \$ 350,000.00        |
| Refuerzos para tubos      | \$ 100,000.00        |
| Sello                     | \$ 160,000.00        |
| <b>Total</b>              | <b>\$ 770,000.00</b> |

| <b>Concepto</b> | <b>Ahorro</b>   | <b>Herramental</b> |
|-----------------|-----------------|--------------------|
| Bloque Soldado  | -\$21.00        | \$ 770,000         |
| Prototipos      | \$0.00          | \$ 44,000          |
| Validación      | \$0.00          | \$ 100,000         |
| <b>Total</b>    | <b>-\$21.00</b> | <b>\$ 914,000</b>  |

## APÉNDICE 4.

*Balance de costos de la propuesta obtenida de aplicar la metodología Análisis del Valor.*

| Ahorros por Año     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Ahorro por Vehículo | <b>-\$35.00</b>        |
| Año 2005            | <b>-\$3,150,000.00</b> |
| Año 2006            | <b>-\$3,150,000.00</b> |
| Año 2007            | <b>-\$3,150,000.00</b> |
| <b>Total</b>        | <b>-\$9,450,000.00</b> |

| HERRAMENTAL                  |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Herramental prototipos       | \$44,000.00         |
| Herramental producción       | \$870,000.00        |
| <b>INVERSION HERRAMENTAL</b> | <b>\$914,000.00</b> |

| PROTOTIPOS                 |                   |
|----------------------------|-------------------|
| Partes para Validación (5) | \$1,625.00        |
| <b>TOTAL PROTOTYPES</b>    | <b>\$1,625.00</b> |

| VALIDATION              |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Validación              | \$100,000.00        |
| <b>VALIDACION TOTAL</b> | <b>\$100,000.00</b> |

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>INVERSION TOTAL</b> | <b>\$1,015,625.00</b> |
|------------------------|-----------------------|

| BALANCE               |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Ahorro en el año 2005 | <b>-\$3,150,000.00</b> |
| Ahorro en el año 2006 | <b>-\$3,150,000.00</b> |
| Ahorro en el año 2007 | <b>-\$3,150,000.00</b> |
| Costo Total           | \$1,015,625.00         |
| <b>Ahorros Netos</b>  | <b>-\$8,434,375.00</b> |

Ahorro Total: **-\$8,434,375.00** (Todos los años)

Recuperación de la inversión

Inversión Total: \$1,015,625.00

Ahorro por año **-\$3,150,000.00**  
 Ahorro por mes **-\$262,500.00**

Tiempo para recuperar la inversión=

Inversión Total / Ahorro Mensual

|   |            |              |
|---|------------|--------------|
| <b>Tiempo para recuperar la inversión =</b> | <b>3.9</b> | <b>Meses</b> |
|---|------------|--------------|

---

| <b>Volumen de Producción</b> |        |        |        |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Años de Producción           | 2005   | 2006   | 2007   |
| Volumen / Anual              | 90,000 | 90,000 | 90,000 |
| Volumen / Mes                | 7,500  | 7,500  | 7,500  |

| <b>Partes a modificar</b> | <b>Herramental</b>   |
|---------------------------|----------------------|
| Cubierta del Calefactor   | \$ 160,000.00        |
| Cubierta de drene         | \$ 350,000.00        |
| Refuerzos para tubos      | \$ 100,000.00        |
| Sello                     | \$ 160,000.00        |
| Tubos                     | \$ 100,000.00        |
| <b>Total</b>              | <b>\$ 870,000.00</b> |

| <b>Concepto</b>  | <b>Ahorros</b>  | <b>Herramental</b>  |
|------------------|-----------------|---------------------|
| Bloque Asegurado | -\$35.00        | \$ 870,000          |
| Prototipos       | \$0.00          | \$ 44,000           |
| Validación       | \$0.00          | \$ 100,000          |
| <b>Total</b>     | <b>-\$35.00</b> | <b>\$ 1,014,000</b> |

## APÉNDICE 5.

Costo de cada parte antes y después de aplicar las metodologías presentadas en el capítulo 3.

|                       | Cantidad | \$ / pieza | \$ Total | Metodología Empresa |              | Reducción de costo % |
|-----------------------|----------|------------|----------|---------------------|--------------|----------------------|
|                       |          |            |          | \$ Rediseño         | Reducción \$ |                      |
| Línea de Entrada      | 1        | \$10.00    | \$10.00  | \$11.00             | -\$1.00      | 7.00%                |
| Línea secundaria      | 1        | \$4.00     | \$4.00   | \$4.00              | \$0.00       |                      |
| Línea de salida       | 1        | \$18.00    | \$18.00  | \$19.00             | -\$1.00      |                      |
| Placa de Acoplamiento | 1        | \$8.00     | \$8.00   | \$0.00              | \$8.00       |                      |
| Anillo 1              | 1        | \$0.50     | \$0.50   | \$0.00              | \$0.50       |                      |
| Anillo 2              | 2        | \$1.00     | \$2.00   | \$0.00              | \$2.00       |                      |
| Bloque Aluminio       | 1        | \$20.00    | \$20.00  | \$11.50             | \$8.50       |                      |
| Birlo                 | 2        | \$4.00     | \$8.00   | \$4.00              | \$4.00       |                      |
| TXV                   | 1        | \$50.00    | \$50.00  | \$50.00             | \$0.00       |                      |
| Aislante TXV          | 1        | \$12.00    | \$12.00  | \$12.00             | \$0.00       |                      |
| Aislante Tubo Capilar | 1        | \$5.00     | \$5.00   | \$5.00              | \$0.00       |                      |
| Corazón               | 1        | \$155.00   | \$155.00 | \$155.00            | \$0.00       |                      |
| Clip                  | 1        | \$3.50     | \$3.00   | \$3.00              | \$0.00       |                      |
| Anillo 3              | 1        | \$0.70     | \$0.50   | \$0.50              | \$0.00       |                      |
| Capucha               | 2        | \$2.00     | \$4.00   | \$4.00              | \$0.00       |                      |
| Total                 | 18       | \$293.70   | \$300.00 | \$279.00            | \$21.00      |                      |

|                       | Cantidad | \$ / pieza | \$ Total | Análisis del Valor |              | Reducción de costo % |
|-----------------------|----------|------------|----------|--------------------|--------------|----------------------|
|                       |          |            |          | \$ Rediseño        | Reducción \$ |                      |
| Línea de Entrada      | 1        | \$10.00    | \$10.00  | \$9.00             | \$1.00       | 11.67%               |
| Línea secundaria      | 1        | \$4.00     | \$4.00   | \$3.00             | \$1.00       |                      |
| Línea de salida       | 1        | \$18.00    | \$18.00  | \$16.00            | \$2.00       |                      |
| Placa de Acoplamiento | 1        | \$8.00     | \$8.00   | \$0.00             | \$8.00       |                      |
| Anillo 1              | 1        | \$0.50     | \$0.50   | \$0.00             | \$0.50       |                      |
| Anillo 2              | 2        | \$1.00     | \$2.00   | \$0.00             | \$2.00       |                      |
| Bloque Aluminio       | 1        | \$20.00    | \$20.00  | \$8.00             | \$12.00      |                      |
| Birlo                 | 2        | \$4.00     | \$8.00   | \$4.00             | \$4.00       |                      |
| TXV                   | 1        | \$50.00    | \$50.00  | \$47.00            | \$3.00       |                      |
| Aislante TXV          | 1        | \$12.00    | \$12.00  | \$12.00            | \$0.00       |                      |
| Aislante Tubo Capilar | 1        | \$5.00     | \$5.00   | \$3.50             | \$1.50       |                      |
| Corazón               | 1        | \$155.00   | \$155.00 | \$155.00           | \$0.00       |                      |
| Clip                  | 1        | \$3.50     | \$3.00   | \$3.00             | \$0.00       |                      |
| Anillo 3              | 1        | \$0.70     | \$0.50   | \$0.50             | \$0.00       |                      |
| Capucha               | 2        | \$2.00     | \$4.00   | \$4.00             | \$0.00       |                      |
| Total                 | 18       | \$293.70   | \$300.00 | \$265.00           | \$35.00      |                      |

---

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Society of Japanese Value Engineering, web page [http://www.sjve.org/115\\_English/default.htm](http://www.sjve.org/115_English/default.htm) 2005.
- Canadian Society of Value Analysis, web page <http://www.scav-csva.org/v2/EN/>, 2005.
- *Análisi del Valor-Eines de Progrés, Asociación Catalana de Análisis del Valor, CIDEM 2004*
- *Value Engineering: Analysis and Methodology (Cost Engineering, 30) (Hardcover), Del L. Younker, May, 2003.*
- *Jesús Alonso Girón, Análisis del valor de un dispositivo de Iluminación, XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, España 2002*
- *Flores Rentarúa, Miguel Angel , Aplicación del análisis del valor al rediseño de productos, UNAM, 2000*
- *Society of Japanese Value Engineering, Guide Book for VE activities, English Version, 2000*
- *Luque, J; Aguayo, F, Mirón H. "Curso de análisis del valor". Sevilla, 1997.*
- *Lindberck, J.R. "Product Design and Manufacture". Prentice Hall. New York, 1998.*
- *Miler, L.D. "Análisis del Valor". Deusto. 1970.*
- *Lawrence D. Miles, Techniques of Value Analysis and Engineering, 1999.*