



**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

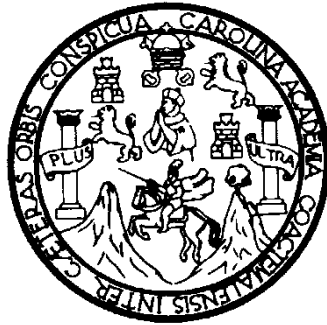
**ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE  
VENTILACIÓN ADECUADO PARA FOGEL DE CENTROAMÉRICA.**

**Edgar Iván Meneses Mendoza**

Asesorado por el Ing. José Rolando Chávez Salazar

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE  
VENTILACIÓN ADECUADO PARA FOGEL DE CENTROAMÉRICA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**EDGAR IVÁN MENESES MENDOZA**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ ROLANDO CHÁVEZ SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Martha Guisela Gaitan Garavito.
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez.
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo Gonzalez Trejo.
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas.

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN ADECUADO PARA FOGEL DE CENTROAMÉRICA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en noviembre de 2007.

**EDGAR IVÁN MENESES MENDOZA**

Guatemala, 16 de septiembre del 2,008

Ingeniero  
José Francisco Gómez Rivera.  
Director de Escuela  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he tenido a bien asesorar el trabajo de tesis: **ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN ADECUADO PARA FOGEL DE CENTROAMÉRICA**, del estudiante Edgar Iván Menses Mendoza; previo a optar el título de Ingeniero Industrial.

Al respecto quiero indicarle que luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que procedo a aprobarlo y remitirlo a usted para su trámite correspondiente.

Atentamente,



Ing. José Rolando Chávez Salazar  
Colegiado No. 4317  
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN ADECUADO PARA FOGEL DE CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Iván Meneses Mendoza**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Luis Alfredo Asturias Zuñiga  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial  
Colegiado No. 2761

Guatemala, noviembre de 2008.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN ADECUADO PARA FOGEL DE CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Iván Meneses Mendoza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. José Francisco Gómez Rivera  
**DIRECTOR**  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2008.



/mgp

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios:** Por todas las bendiciones que ha derramado sobre mi persona, para cumplir las metas que me he trazado en mi vida.
- Mis padres:** Miriam Mendoza de Meneses y Edwin Meneses, por todos los sacrificios realizados y por ser los guías y mejores críticos de mis actos.
- Mis hermanos:** Edwin y Kevin, por ser mis dos grandes ejemplos de lo que significa esfuerzo y dedicación.
- Mi cuñada:** Victoria, por todo el apoyo dado a mi persona.
- Mis sobrinos:** Dieguito y Sebas, por ser dos personitas que me alegran la vida y me recuerdan lo que es ser niño.
- Mi novia:** Silvia Vargas, por estar incondicionalmente a mi lado en las distintas situaciones y etapas en lo que va de mi vida.
- Mi familia** Tíos (as) y primos (as), por el apoyo que me han dado en todo momento.
- Mis amigos(as)** Por brindarme su amistad, confianza en los buenos y malos momentos.
- Don Bosco:** Por crear en mi persona la mentalidad de ser un buen cristiano y honrado ciudadano.
- Universidad de San Carlos:** Por ser el centro de estudios del cual logre obtener los conocimientos que me ayudaran a desarrollarme profesionalmente.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XI</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXI</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1 Historia de empresa	1
1.2 Estructura organizacional	2
1.2.1 La gerencia general	4
1.2.2 Departamento de producción.	4
1.3 Proceso de producción	4
1.3.1 Corte, troquel y dobléz	5
1.3.2 Proceso de ensamble 1	6
1.3.3 Proceso espuma	6
1.3.4 Proceso de ensamble 2	7
1.3.5 Proceso de ensamble 3	7
1.3.6 Proceso de refrigeración.	8
1.4 Ventilación y agentes contaminantes	8
1.4.1 Importancia de la ventilación	9
1.4.2 Principios de diseño	10
1.4.3 Tipos de ventilación	13
1.4.4 Fuentes de contaminación	20
<b>2. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>23</b>
2.1 Infraestructura	23
2.1.1 Análisis de planos.	23

2.2 Distribución de planta	24
2.2.1 Descripción de departamentos.	24
2.2.2 Layout de planta	27
2.2.3 Diagrama de flujo del proceso.	28
2.3 Recursos de producción	31
2.3.1 Personal	31
2.3.2 Herramienta y equipo	32
2.3.3 Materiales	33
2.4 Sistema de ventilación actual.	34
2.4.1 Descripción del sistema de ventilación.	34
2.4.2 Agentes contaminantes.	36
2.4.2.1. Tipos de agentes.	36
<b>3. PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN</b>	<b>37</b>
3.1 Descripción del sistema de ventilación propuesto.	37
3.1.1 Tipo de ventilación	37
3.1.1.1 Determinación de parámetros para el diseño del sistema de ventilación.	37
3.1.2 Funcionamiento del sistema de ventilación	41
3.2. Selección del equipo	45
3.2.1 Componentes del sistema de ventilación	45
3.2.2 Especificaciones técnicas	48
3.3. Análisis de costos	49
3.3.1 Inversión inicial	49
3.3.1.1 Costo del equipo	49
3.3.1.2 Costo de instalación	49
3.3.1.3 Capacitación del personal	49
3.3.2 Costo de mantenimiento	50

<b>4. IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>51</b>
4.1 Descripción de las actividades	51
4.1.1 Montaje del equipo	51
4.1.2 Prueba de funcionamiento	53
4.1.3 Capacitación del personal	54
4.1.4 Monitoreo	55
4.2 Diagrama de Gantt	55
<b>5. MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO</b>	<b>57</b>
5.1 Plan de mantenimiento preventivo	57
5.1.1 Rutinas de mantenimiento	57
5.1.2 Frecuencia de mantenimiento	58
5.1.3 Cronograma	58
5.2 Procedimiento documentado para la revisión de la funcionalidad del sistema de ventilación	59
5.2.1 Cuadro de seguimiento	59
5.2.1.1 Cronograma de revisiones	59
5.2.1.2 Parámetros de revisiones	62
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

- 1 Estructura organizacional
- 2 Representación gráfica del proceso de corte, troquel y dobléz.
- 3 Representación gráfica del proceso de ensamble 1.
- 4 Representación gráfica del proceso de ensamble 2 y 3
- 5 Esquema de funcionamiento del sistema de ventilación natural.
- 6 Layout de planta de producción.
- 7 Plano de la planta en su exterior.
- 8 Descripción de la funcionalidad del sistema de ventilación.
- 9 Representación del área para el ingreso del aire limpio.
- 10 Distribución de extractores.
- 11 Componentes del extractor axial de descarga vertical.
- 12 Dimensiones de extractor axial de descarga vertical.

## TABLAS

- I Volumen de aire necesario por persona.
- II Renovaciones necesarias de aire en número de veces/hora.
- III Límite de combustión en elementos comunes.
- IV Temperatura promedio en la ciudad de Guatemala en el transcurso de un año.
- V Velocidad promedio del viento.
- VI Características técnicas.
- VII Frecuencia de actividades de mantenimiento anualmente.

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Ancho
<b>L</b>	Largo
<b><math>\alpha</math></b>	Ángulo
<b>H1</b>	Altura planta baja
<b>H2</b>	Altura de techo
<b>V1</b>	Volumen planta baja
<b>V2</b>	Volumen techo
<b>VT</b>	Volumen total
<b>VVi</b>	Velocidad del viento
<b>CA</b>	Caudal de aire necesario
<b>No R/h</b>	Número renovaciones por hora
<b>CAc</b>	Caudal de aire calculado
<b>Ar</b>	Área
<b>No Ext</b>	Número de extractores
<b>Cap</b>	Caudal por extractor
<b>DV</b>	Distancia vertical extractores
<b>DH</b>	Distancia horizontal extractores



## GLOSARIO

<b>Troquelado:</b>	Acción que ejecuta un dado o molde a una pieza, el cual realiza en base a presión un corte en la forma que se desee.
<b>Cajones:</b>	Parte exterior del refrigerador, el cual es de lámina galvanizada o pre-pintada.
<b>Interiores:</b>	Parte interior del refrigerador, el cual es de lámina galvanizada o pre-pintada.
<b>Arnes eléctrico:</b>	El cableado por medio del cual se transporta la energía eléctrica dentro de un refrigerador.
<b>Esqueleto:</b>	Es la unión del cajón y el interior, es decir la estructura metálica del refrigerador armada por completo.
<b>Poliol:</b>	Alcoholes con grupos de dos o mas hidroxilos, el cual es base del aislante utilizado en los refrigeradores.
<b>Ciclopentano:</b>	Es un hidrocarburo, compuesto químico formado únicamente por carbono e hidrógeno, del grupo de los



hidrocarburos cíclicos, que pertenece a la categoría de los cicloalcanos. El cual es base del aislante utilizado para los refrigeradores

**Isocianato:**

Los isocianatos son productos de partida en diversos procesos químicos, entre otros en la obtención de los poliuretanos.

**Máquina premix:**

Máquina que se encarga de mezclar el isocianato y el polioli, para que estos no se solidifiquen.

**Chiller:**

Se encarga de mantener al ciclopentano a una temperatura no mayor de 15 °C.

**Evaporador:**

Dentro del ciclo de refrigeración cumple la función de evaporar el refrigerante para que este vaya al compresor.

**Condensador:**

Dentro del ciclo de refrigeración este se encarga de condensar el refrigerante y transportarlo en forma líquida al evaporador..

**Extractor:**

Es una máquina motora, que trabaja entregándole energía a un fluido compresible.

**Recursos:**

Son aquellos materiales o no, que al ser combinados en el proceso de producción agregan valor para la elaboración de bienes y servicios



## RESUMEN

Hoy en día para que una empresa sea productiva debe tomar en cuenta no solo la materia prima, la infraestructura, la tecnología, los procesos productivos sino también debe darle prioridad al recurso humano. Es de suma importancia entender las exigencias básicas del ser humano como la adecuada ventilación, iluminación, la correcta distribución de las área de trabajo y la ergonomía de sus estaciones de trabajo para que puedan desempeñar su trabajo de manera óptima.

De aquí salta la necesidad de las empresas de desarrollar proyectos enfocados en satisfacer las necesidades del capital humano, por tal razón el presente trabajo de graduación se centra en lo que es el análisis y diseño de un sistema de ventilación para una planta productora de refrigeradores comerciales.

Para la realización de este proyecto se debe hacer referencia a ingeniería de plantas, en la cual se encuentran los fundamentos sobre ventilación industrial; así como de las distintas normas existentes relacionadas con el tema.

Es de tomar en cuenta que no existe un único sistema de ventilación, por lo cual se debe realizar un análisis previo, el cual será fundamental para determinar el tipo de ventilación que sea mas eficiente y adecuada para el proceso de producción que en está planta se realiza.

Posterior al análisis se procede a realizar el diseño, en el cual se plasman todos los fundamentos teórico-prácticos necesarios para la realización del proyecto.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

Llevar a cabo el análisis y diseño de un sistema de ventilación adecuado para una planta de producción de refrigeradores comerciales.

### **Específicos:**

1. Evaluar el sistema de ventilación actual para la realización de mejoras.
2. Enumerar los posibles sistemas de ventilación que puedan implementarse en la planta en estudio
3. Seleccionar el sistema de ventilación idóneo para esta planta.
4. Determinar los componentes del sistema de ventilación.
5. Desarrollar el cronograma de actividades para el montaje del sistema de ventilación.
6. Establecer un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de ventilación.
7. Elaborar un procedimiento documentado para la revisión de la funcionalidad del sistema de ventilación.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente en las empresas se maneja que el capital humano es la fuerza que impulsa el desarrollo de la misma, esto basados en sus habilidades, capacidades, destrezas y aptitudes. Para lo cual es de suma importancia mantener un área de trabajo con todo lo necesario para explotar al máximo estos conceptos.

En muchas ocasiones se tiene muy poca proyección por parte de la dirección con respecto al rumbo que pueda llegar a tomar la empresa en el futuro, esto puede causar al momento de un crecimiento significativo de la misma, que todos los recursos que se tienen se deben adecuar a las instalaciones y no al contrario como debería de ser.

Un aspecto importante a tomar en cuenta es el confort con que debe de contar el ambiente y un aspecto fundamental para este es la adecuada extracción del aire viciado, utilizando un sistema de ventilación que se ajuste a las necesidades del proceso, con este fin se desarrollan cinco capítulos:

Capítulo 1: realiza una descripción sobre Fogel de Centroamérica, dando una breve historia y describiendo su estructura organizacional. Un punto importante que toca este capítulo es la explicación del proceso de producción y los principios de ventilación, lo cual es necesario comprender para realizar un mejor análisis del problema.

Capítulo 2: muestra la situación actual en cuanto a su infraestructura, la forma en que se encuentra distribuida la planta realizando una breve descripción de los departamentos que existen. Define los recursos que son utilizados en los distintos departamentos.



Capítulo 3: explica el proyecto propuesto realizando una breve descripción del sistema definido, detallando los parámetros de diseño y la forma en la cual funciona el mismo. Se define o selecciona los distintos componentes y especificaciones técnicas de los mismos, llevando a cabo un presupuesto sobre el costo de los recursos empleados.

Capítulo 4: Presenta la forma en la cual se implementa el proyecto, detallando las distintas actividades que se realizan, dichas actividades son representadas en forma ordenada y cronológica.

Capítulo 5: Indica el plan de seguimiento y mantenimiento preventivo del sistema, describiendo la rutina y frecuencia de la realización de este. Con la finalidad de garantizar la eficiencia del sistema con el pasar del tiempo se presenta un cuadro de seguimiento.

Dejo en sus manos, este aporte, esperando que quienes lo utilicen, puedan sacar el mayor provecho posible para sus propósitos de aprendizaje

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Historia

Fogel, tuvo su nacimiento en la ciudad de Filadelfia, Estados Unidos en el año de 1899, cuando el señor William Fogel inició a realizar cajones aislados de refrigeración para preservar alimentos funcionando estos con hielo que se encontraba colocado en la parte trasera del cajón.

Los cajones de refrigeración eran muy económicos, pero contaban con la desventaja de enfriar muy poco, esto debido a que los cajones eran de madera y el aislamiento se hacía de papel, aserrín o corcho.

Posteriormente con el desarrollo tecnológico de los compresores, gases refrigerantes y los modernos sistemas de aislamiento Fogel, la cual se caracterizo siempre por ser una empresa familiar, por lo cual se convirtió rápidamente en uno de los líderes de la refrigeración comercial en Estados Unidos, con innovación que hoy en día son estándares en toda la industria de refrigeración.

Hoy en día está en boga la globalización y el concepto de alianzas estratégicas, sin embargo estas estrategias fueron aplicadas 40 años antes, gracias a la visión futurista del señor William.

En 1967, bajo el liderazgo de Jacobo Tefel Pasos, quien fundó Fogel de Nicaragua en sociedad con el señor William, observando a Centroamérica como un mercado potencial, por la necesidad de refrigeración comercial en el área.

Debido a problemas políticos en Nicaragua la familia Tefel se vio forzada a emigrar a Guatemala, en donde fundaron la nueva fábrica Refrigeradores de Guatemala, S.A, la que gracias a su liderazgo en el mercado y la preferencia de las principales firmas de bebidas carbonatadas, cervezas, jugos, lácteos,

avícolas, hielo, helados y productos alimenticios, se han logrado impresionantes tasas de crecimiento.

Refrigeradores de Guatemala, S.A., a partir del año 2006 fue citada como Fogel de Centroamérica, S.A., esto con la finalidad de estandarizarse con las sucursales de Estados Unidos (Fogel US), Puerto Rico (Fogel Caribbean) y Colombia (Fogel Andina).

Actualmente se producen más de 105 modelos diferentes de equipos de refrigeración con una variedad de más de 250 versiones de estos modelos para atender las necesidades de los diferentes mercados entre los cuales se pueden mencionar los países de Colombia, Perú, Ecuador, Venezuela, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Estados Unidos, Canadá, México, Puerto Rico, Republica Dominicana, Cuba, Bahamas, Curacao, Jamaica, Saint Marteen Surinam, Trinidad y Tobago y Guatemala, así como las marcas reconocidas de bebidas carbonatadas Pepsi Cola y Coca Cola, SAB Millar, entre otros.

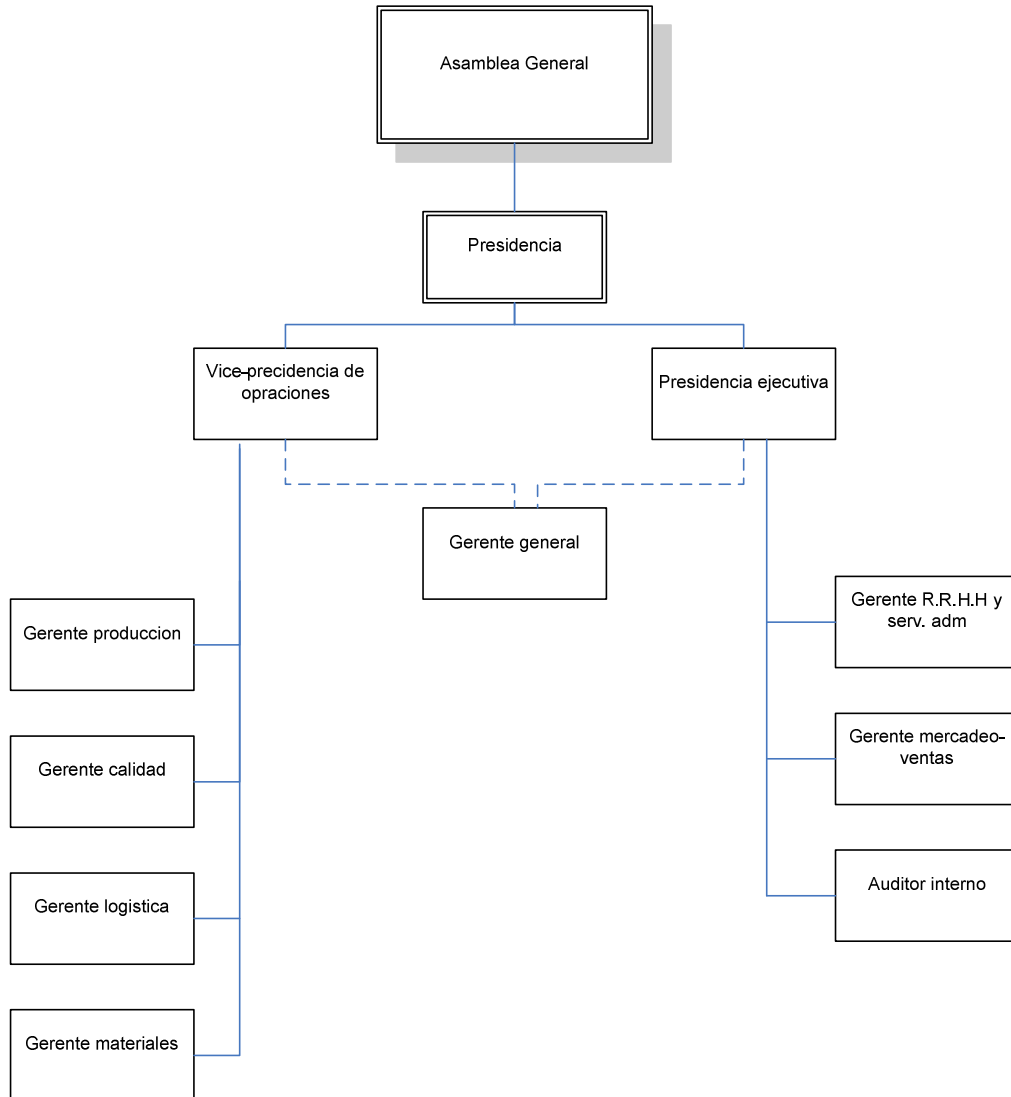
## **1.2 Estructura organizacional**

Fogel de Centroamérica dentro de su estructura organizacional consta de:

- Asamblea General: es el ente superior formado por presidentes, vicepresidentes y gerente general.
- Presidente: es el puesto con mayor autoridad dentro de la estructura.
- Presidente Ejecutivo: responsable de todas las gestiones financieras, mercadeo y ventas.
- Vice-presidente de operaciones: responsable de todas las operaciones de la empresa, producción, logística, calidad y bodega.

- Gerente general: encargado que todos los departamentos de la empresa caminen bien.
- Gerencias: encargados y responsables del buen funcionamiento de sus áreas

**Figura 1. Organigrama.**



**Fuente: Estudio de campo**

**1.2.1 Gerencia general:** La gerencia general es la encargada de velar por el buen funcionamiento de la empresa en todos sus departamentos, apoyándose directamente en gerentes de los mismos.

Uno de los trabajos mas importantes que se realizan es el análisis para la optimización de los movimientos internos dentro de los distintos departamentos que tienen una relación directa con la fabricación de refrigeradores.

Es importante hacer notar que la gerencia general es más que todo un apoyo importante en lo que significa la toma de decisiones en las distintas etapas de la producción de refrigeradores.

**1.2.2 Departamento de producción:** El departamento de producción tiene como principal objetivo la realización de equipos de refrigeración comercial, optimizando de la mejor manera los recursos.

El departamento de producción se encuentra distribuido en distintas áreas, las cuales son precedidas por el gerente de producción, el cual a su vez se apoya del jefe de planta. Dicho jefe de planta es el encargado de conjuntar al equipo de supervisores los cuales son los encargados de velar por el cumplimiento de las metas, todo esto brindando atención a los colaboradores y analizando mejoras en el proceso de producción.

### **1.3. Proceso de producción**

El proceso de fabricación y ensamble de refrigeradores es bastante complejo debido a la cantidad de componentes que se manejan desde el principio al final del proceso.

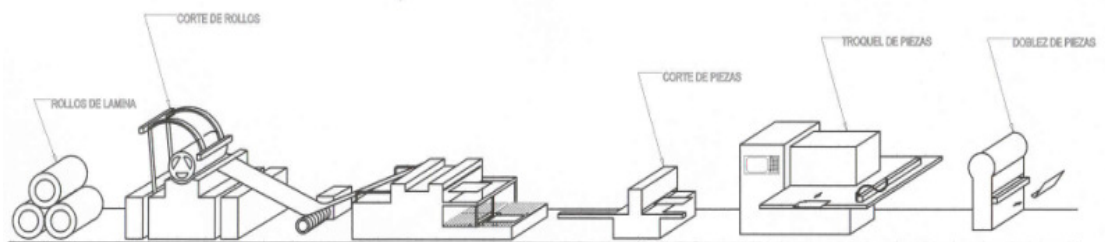
La complejidad del proceso inicia por los diferentes productos que se tiene y todos los procesos de ensambles y sub-ensambles son manuales, por lo tanto los colaboradores tienen un desgaste físico elevado.

En lo que a conocimiento se refiere, la mayoría de colaboradores deben de tener conocimientos básicos de refrigeración y eléctrico, para poder desenvolverse de mejor manera dentro de la línea de ensambla o sub-ensamble según sea el caso.

**1.3.1 Corte, troquel y doblez:** este departamento es el que da inicio al proceso de producción, en el cual primeramente se realiza el corte de la lámina (galvanizada o pre-pintado) según las dimensiones que se soliciten para los distintos modelos. Ya con las piezas cortadas se procede a realizar el proceso de troquelado, en donde a las distintas piezas se les realizan los troqueles o perforaciones en las distintas figuras que estos requieran.

Para finalizar las piezas son dobladas en base a planos. El abastecimiento de ensamble I depende directamente de este departamento.

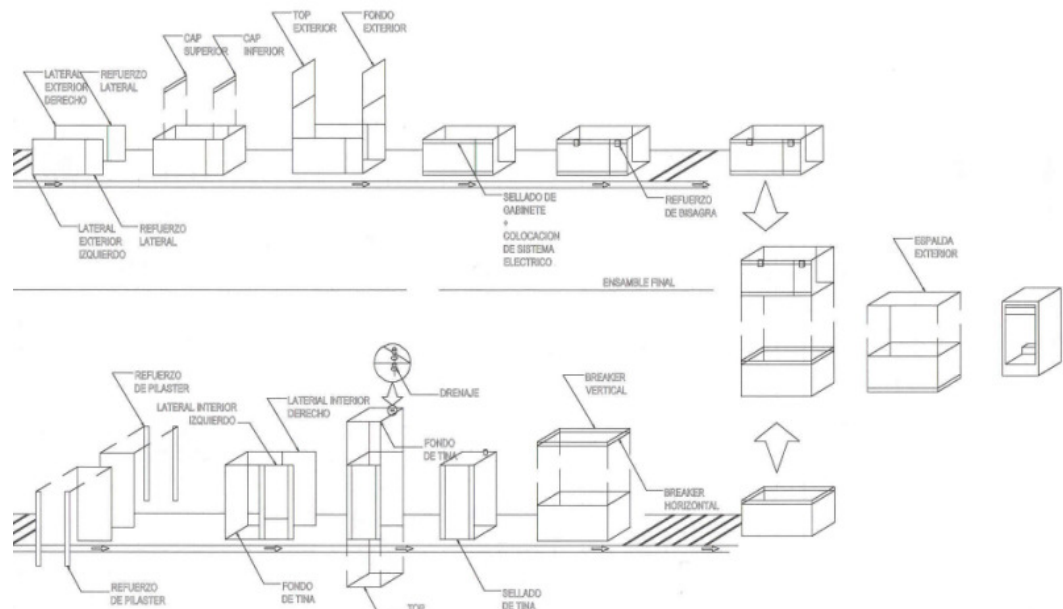
**Figura 2. Representación gráfica del proceso de corte, troquel y doblez**



**Fuente: Estudio de campo**

**1.3.2 Proceso de ensamble I:** con todas las piezas listas, se procede a realizar los cajones, los cuales se ensamblan utilizando grapas y tornillos. Contiguo a la realización de los cajones, se realizan los interiores los cuales se ensamblan de manera similar a los cajones, con la diferencia que en el interior va colocado el arnes eléctrico. Ya ensambladas estas dos partes se procede a unir las para así formar el esqueleto del refrigerador.

**Figura 3. Representación gráfica del proceso en ensamble 1**



**Fuente: Estudio de campo**

**1.3.3 Proceso de espuma:** esta área es abastecida directamente por ensamble I, por lo cual se procede a colocar los esqueletos una cámara a presión, y forrando el refrigerador con moldes de madera para que no se deforme debido a la expansión de la espuma en el interior del refrigerador.

En si, la espuma se compone de tres sustancias en estado líquido las cuales son: Polioliol, este es el agente que se polimeriza al momento de la mezcla, ciclopentano, actua como agente expansivo y por último el isosianato que da la resistencia térmica y solidez a la espuma. Sabiendo las bondades de cada elemento el proceso de la mezcla inicia en la máquina de premix, en la cual se coloca en polioliol y el ciclopentano los cuales se mantienen en constante movimiento debido a que el polioliol es apolar y el ciclopentano es apolar, luego de esta mezcla se envía directamente a la cámara de presión.

El isocianato está en el chiller a una temperatura ambiente, este se mezcla con el polioliol y ciclopentano al momento en que ingresan al refrigerador y asi completar el proceso de espumado. Luego de espumado el refrigerador es prudente darle un tiempo de curado para evitar cualquier problema.

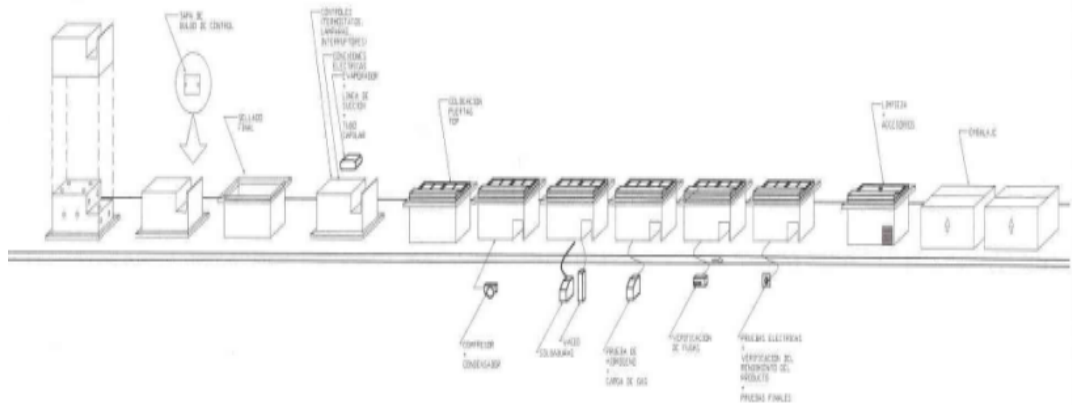
**1.3.4 Proceso de ensamble II:** es una de las partes más complejas del proceso, ya que en esta se procede a introducirle al esqueleto todos los componentes necesarios para que este funcione de una manera optima.

Los componentes son evaporador, condensador, ventiladores y la tubería de cobre. Luego que se termina esta parte del proceso el esqueleto se convierte en equipo de refrigeración.

**1.3.5 Proceso de ensamble III:** es la parte del proceso en la cual se le colocan los últimos detalles al equipo. Se procede a la colocación de tarima, puerta(s) y tapaderas para cubrir el motor.



**Figura 4. Representación gráfica del proceso en ensamble 2 y 3**



**Fuente: Estudio de campo**

**1.3.6 Proceso de refrigeración:** ya con el equipo completo se procede a introducir la carga de refrigerante que el equipo requiera para su óptimo funcionamiento.

En si el proceso del refrigeración o ciclo de refrigeración inicia en el condensador, el cual envía el refrigerante en estado liquido al evaporador, el cual convierte el refrigerante a estado gaseoso y lo envía al compresor el cual comprime el gas refrigerante y lo envía al evaporador para iniciar nuevamente el ciclo. El refrigerante viaja por un tubo de drenaje y un capilar, los cuales son de cobre.

#### **1.4. Ventilación y agentes contaminantes**

Un sistema adecuado de ventilación dentro de una planta de producción es de suma importancia cubrir las necesidades que tienen los colaboradores dentro de la misma.

Para poder realizar un análisis completo sobre la renovación del aire contaminado es necesario detectar o definir los puntos de contaminación así como los agentes contaminantes que hay en el ambiente.

**1.4.1 Importancia de la ventilación:** debido a la necesidad de aumentar la productividad de la empresa, se analizan las materias primas, infraestructura, tecnología, mejora en procesos y lo mas importante el bienestar del capital humano.

Al momento de entender las exigencias del ser humano se puede observar que un buen sistema de ventilación en el área de trabajo aumenta la productividad, eficiencia y calidad del trabajo que los colaboradores realizan.

Las empresas de producción masiva necesitan un buen sistema para el control de la seguridad e higiene industrial de las distintas áreas de trabajo, una de las ideologías mas erróneas que puede tener la dirección es ver la seguridad e higiene industrial como un gasto hasta cierto punto innecesario.

Esto sin darse cuenta que en realidad es una inversión muy importante, debido a que al mejorar las condiciones de trabajo de los colaboradores su eficiencia, rendimiento y calidad de trabajo es mucho mejor, lo cual implica una reducción de costos para la empresa.

Con la mejora de la seguridad e higiene se pueden reducir las enfermedades ocupacionales, se mantiene un ambiente limpio, se reducen los niveles de contaminación, el colaborador trabaja con más tranquilidad, dando como resultado la eliminación de lo que se denominan costos ocultos.

Si un colaborador no cuenta con todo lo necesario para realizar su trabajo eficientemente en un ambiente adecuado, tiende a cometer errores repetitivos, reducir la velocidad de trabajo, aumenta el número de accidentes y se corre el riesgo de aumentar la posibilidad de contraer enfermedades ocupacionales.

Todo esto afecta directamente al bolsillo de la empresa, por lo cual es de suma importancia tener un control específico para evitar pérdidas y mantener en buenas condiciones al capital humano.

**1.4.2 Principios de diseño:** si el nivel de contaminación en una nave de producción es alto, la principal medida a tomar en cuenta es la modificación del proceso, con el fin de la reducción y/o eliminación de estos agentes.

Si el proceso no puede ser modificado, se procede a utilizar el sistema alternativo de la ventilación. Al llevar a cabo el diseño se debe de analizar las condiciones actuales de la planta, el tipo de agentes contaminantes, costos y el tipo de proceso.

La ventilación industrial se mide por el número de veces que cambia el volumen del aire por hora dentro del edificio, siendo éste aire exclusivamente el destinado a ventilación.

Este número de renovaciones de aire por hora está en función del número de personas que se encuentran en él, del tipo de maquinaria y de las operaciones del proceso, presentándose la situación más crítica en la época de verano que es cuando se da la máxima temperatura.

Entre los factores a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de ventilación tenemos:

- Velocidad promedio del aire.
- Dirección dominante del aire.
- Variaciones diarias y estacionarias de la velocidad y dirección.
- Obstáculos cercanos tales como edificios, árboles, accidentes topográficos, vallas publicitarias, entre otros.

**Tabla I. Volumen de aire necesario por persona/hr/m<sup>3</sup>**

<b>INSTALACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Hospitales, salas generales	60
Hospitales, salas de heridos	100
Hospitales, sala de enfermedades	150
Talleres	60
Industrias insalubres	100
Teatros y salas de reuniones	50
Escuela niños	15
Escuela adultos	30
Estancias ordinarias	10

**Fuente: Ingeniería de Plantas, Sergio Torres**

**Tabla II. Renovación necesaria de aire en número de veces por hora**

<b>TIPO DE INSTALACIÓN</b>	<b>VECES/HORA</b>
Habitación ordinaria	1
Dormitorio	2
Hospital enfermedades comunes	3-4
Hospital enfermedades epidémicas	5-6
Talleres	3-4
Teatros	3-4

**Fuente: Ingeniería de Plantas, Sergio Torres**

De todos los accidentes de trabajo, el 2.5% ocurren en espacios confinados. Algunos ejemplos de estos espacios son: trabajos en tanques cerrados, drenajes de agua, túneles, entre otros. Existen tres riesgos básicos que son:

- Deficiencia de oxígeno.
- Combustión
- Toxicidad.

Los combustibles presentan problemas de explosión, algunos son más pesados que el aire y se asientan en puntos bajos, otros son mas ligeros que el aires y se acumulan en puntos altos.

El límite explosivo inferior da el punto de concentración más bajo al cual un gas dado explotará en el aire. El límite explosivo superior define el punto alto. Estos espacios deben ventilarse de modo que los espacios tengan menos del 10% del límite inferior de explosión.

**Tabla III. Límites de combustión en elementos comunes**

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>LIMITE INF</b>	<b>LIMITE SUP</b>
Butano	11.6	8.0
Hidrogeno	4.0	75.0
Metanoa	5.3	14.0
Vapor/petróleo	1.0	7.5
Propano	2.1	9.5

**Fuente: Ingeniería de Plantas, Sergio Torres**

**1.4.3 Tipos de ventilación:** un sistema de ventilación debe promover salud, comodidad, bienestar para los ocupantes y la calidad del proceso de manufactura, esto se cumple al controlar las condiciones térmicas, las partes contaminantes o ambas.

La ventilación industrial puede ser general o localizada. La ventilación general, también conocida por dilución, busca la renovación y control del aire en la totalidad de un ambiente, en tanto que la ventilación localizada trata de crear condiciones particulares en sectores delimitados del mismo.

- **Ventilación general:** consiste en el ingreso al local de un caudal de aire limpio exterior, calculado para diluir los contaminantes y reducir sus concentraciones a valores inferiores a los límites admisibles, o bien suficiente para una adecuada transferencia de calor al exterior.

Este tipo de ventilación, denominada con propiedad ventilación por dilución, es aplicable cuando en un local existen numerosas fuentes de contaminación dispersas, o cuando las fuentes son móviles. Su aplicación está limitada por la toxicidad y por la cantidad de contaminantes generados que, cuando superan ciertos valores,

determinan la necesidad de caudales de aire que no son técnica o económicamente factibles.

El cálculo del caudal de la ventilación general, necesaria para la dilución de los contaminantes, requiere el conocimiento del régimen de generación de éstos. La correspondiente estimación es, en general, dificultosa.

La concentración admisible para el cálculo debe incluir un factor de seguridad que tome en cuenta la distribución desigual de los contaminantes en el local. Es también aconsejable favorecer los movimientos convectivos localizados que tienden a unificar dicha distribución.

- Ventilación general mecánica: un principio fundamental en la ventilación general es que los contaminantes químicos y/o el calor deben ser evacuados lo antes posible.

En el caso de los contaminantes químicos la disposición de los ventiladores depende de la ubicación de las fuentes y la distribución de las aberturas de entrada y salida adoptadas, que pueden estar ubicadas sobre las paredes y las cubiertas de los locales.

En el caso del calor, que puede arrastrar también a partículas gases y vapores, lo ideal es que la columna de aire ascendente salga al exterior rápidamente al llegar al techo. Por ello es muy importante que los ventiladores se monten sobre el techo y se distribuyan ocupando la mayor superficie posible.

Además, debido a que los ventiladores seleccionados son del tipo axial, y funcionan generalmente como extractores con descarga libre,

la depresión que crean en su zona de influencia es muy pequeña y para lograr que la masa de aire que llega a ellos sea extraída inmediatamente deben ser empleados el mayor número de ventiladores posible, a igualdad de caudal a extraer.

Si los ventiladores de extracción en lugar de colocarse sobre el techo del local se los ubica sobre las paredes cerca de los techos, pero distantes del centro del local, no son capaces de evacuar a la capa de aire caliente cargado de impurezas que por su baja densidad relativa llega hasta el techo.

El aire caliente, en contacto con el techo más frío comienza a descender por las paredes, también frías respecto al aire interior, perdiendo energía cinética por los rozamientos con ellas, provocando la caída de las partículas más pesadas, y creando un ambiente sucio a pesar de estar ventilándose.

Ventilación general natural: la ventilación general natural de los edificios es consecuencia de la diferencia de densidad entre el aire interior y el aire exterior, provocada por la transferencia de calor al ambiente de trabajo, y del viento. Las entradas y salidas de aire se diseñan de tal forma que el aire interior pueda mantener las condiciones requeridas, cualquiera sea la situación atmosférica externa.

Las diferencias de temperatura y la velocidad del viento pueden transportar grandes cantidades de aire. En naves que albergan procesos calientes, el aire transferido puede ser del orden de millones de kilogramos por hora.



Si esos caudales de aire se tuvieran que mover por medios mecánicos, se consumiría una enorme cantidad de energía. Entonces, la gran importancia económica de la ventilación natural reside en que se pueden mover esas cantidades de aire sin consumir energía mecánica.

Se ha demostrado que la ventilación natural renueva un volumen de aire varias veces superior al volumen renovado por la ventilación mecánica. O sea que el papel desempeñado por esta última es insignificante, para la eliminación del calor de grandes naves industriales, a pesar de sus elevados costos de instalación y funcionamiento.

En estos casos conviene utilizar la ventilación mecánica para hacer más efectiva la ventilación natural, mediante el uso de cortinas de aire y suministro y extracción localizados.

La renovación natural del aire es deseable particularmente en los talleres donde se liberan cantidades importantes de calor, talleres calientes, y como ejemplo se mencionan altos hornos, hornos de reverbero, laminadoras, forjas, fundiciones, talleres de tratamiento térmico, salas de calderas, entre otras.

En muchas ocasiones resulta útil el empleo de la ventilación natural en combinación con la ventilación localizada. La ventilación natural no puede ser usada en aquellos locales industriales donde el aire requiere tratamiento previo por razones tecnológicas, por ejemplo inyección de aire acondicionado.

El siguiente esquema corresponde al corte transversal de un local con una fuente caliente ubicada a lo largo de su eje, donde:

$H (w)$ : es la potencia térmica entregada por la fuente al ambiente de trabajo y que se determina a través de un balance del calor intercambiado.

$H (m)$ : distancia entre los ejes de las aberturas superiores y inferiores.

$G 1$  y  $G 3$  (kg / s): caudales máxicos de aire entrantes.

$G 2$  y  $G 4$  (kg / s): caudales máxicos de aire salientes.

$F 1$  y  $F 3$  (m<sup>2</sup>): áreas de aberturas inferiores.

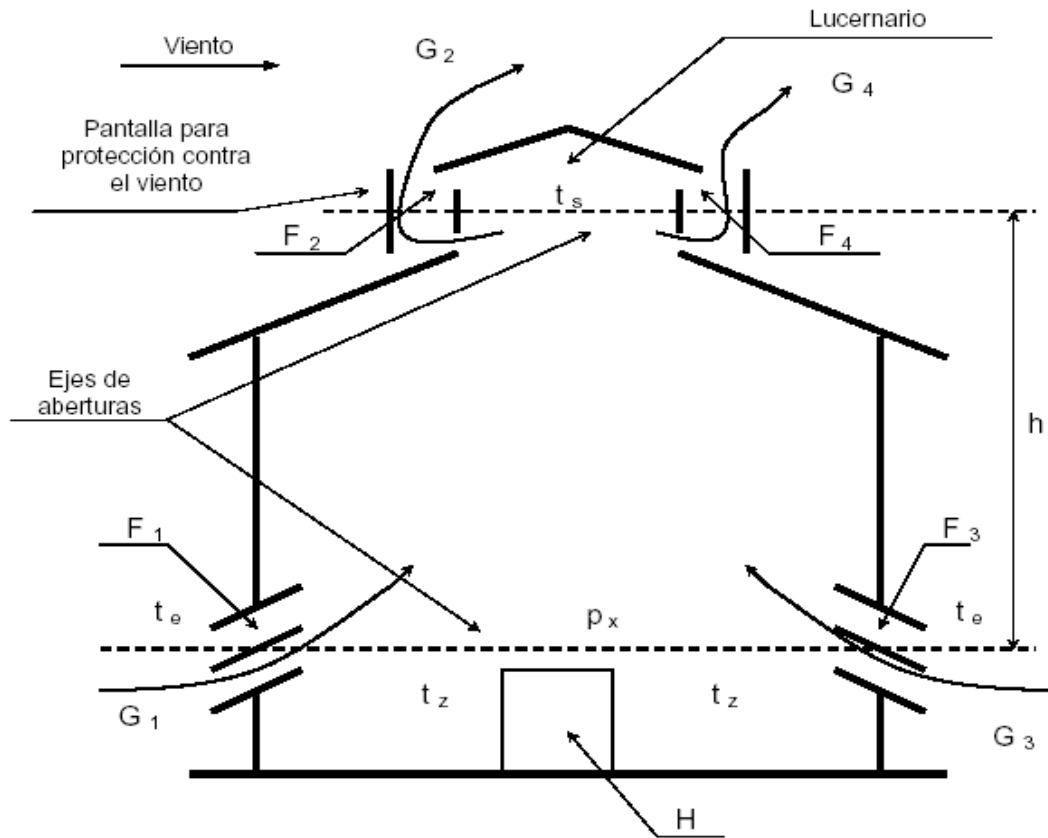
$F 2$  y  $F 4$  (m<sup>2</sup>): áreas de aberturas superiores.

$T e$ : temperatura exterior,  $t z$ : temperatura de la zona de trabajo,

$t s$ : temperatura de salida.

$P x$ : presión en la zona de trabajo

**Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema de ventilación natural**



**Fuente: Estudio de campo**

La expresión:

$$G = G_1 + G_3 = G_2 + G_4 \text{ (kg / s) (ec. 1)}$$

Indica que los caudales máxicos entrantes son iguales a los salientes e iguales al caudal máxico necesario para eliminar el calor **H** entregado por las fuentes calientes al ambiente de trabajo.

$$G = m \cdot H / (C m \cdot \Delta t_z) \text{ (kg / s) (ec. 2)}$$

Con las ecuaciones 1 y 2 se plantea un sistema de dos ecuaciones y presenta diversas incógnitas: los dos caudales de

entrada (**G 1** y **G 3**) y los dos caudales de salida (**G 2** y **G 4**), las cuatro áreas de las aberturas (**F 1** a **F 4**), la temperatura de la zona de trabajo (**t z**), la temperatura de salida (**t s**) y la presión en la zona de trabajo (**p x**).

El sistema presenta infinitas soluciones, pero estableciendo relaciones entre las incógnitas se obtiene soluciones adecuadas. Además debe lograrse un valor de la presión de la zona de trabajo (**p x**) que permita la entrada del aire por las aberturas inferiores de sotavento, aún cuando sus presiones exteriores sea inferiores a las presiones exteriores de las aberturas situadas a barlovento.

- **Ventilación localizada:** la ventilación localizada incluye tanto a la extracción como a la inyección de aire. La extracción localizada encuentra una aplicación importante en la evacuación de contaminantes en su propia fuente de origen.

Idealmente el cálculo de este tipo de ventilación no requiere el conocimiento de la cantidad ni de la toxicidad de los contaminantes, puesto que el aire evacuado del local no debe ajustarse a las exigencias de respirabilidad.

Desde un punto de vista práctico, los factores mencionados influyen en el factor de seguridad que se adopta para determinar el caudal a extraer.

La inyección localizada de aire se aplica a la creación de zonas de alta velocidad con el fin de aliviar la carga térmica ambiental o, como ya se ha señalado, para reducir la concentración de contaminantes mediante su dispersión.

**1.4.4 Fuentes de contaminación:** las fuentes que contaminan el ambiente dentro de una planta de producción van a variar según sea el proceso productivo que esta lleve a cabo.

Como fuentes de contaminación se pueden mencionar las siguientes:

- Maquinaria.
- Colaboradores
- Montacargas
- Calderas
- Turbinas
- Chimeneas
- Hornos
- Forjas.
- Áreas de soldadura.
- Solventes.
- Ruido producido por el proceso.

Habitualmente se clasifican los contaminantes del aire, según su estado físico, en partículas, gases y vapores. Se ha demostrado que las partículas de interés higiénico, es decir las que pueden ingresar al organismo por la vía respiratoria, forman en el aire dispersiones estables.

El tamaño de dichas partículas es tal, que su movimiento propio es despreciable; se mueven acompañando al aire en que están dispersas.

Este concepto conduce al principio general de la ventilación industrial aplicada al control de los contaminantes del aire y que es el siguiente: "El control de los contaminantes del aire se hace controlando el

movimiento del aire”, ya que los contaminantes que no pueden ser controlados en esta forma carecen de interés higiénico. Este principio es también aplicable a los contaminantes gaseosos que forman dispersiones moleculares.



## 2. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1 Infraestructura

Es fundamental conocer y analizar la infraestructura con la que se cuenta. La información obtenida facilita la toma de decisiones en cuanto a la selección y distribución de los elementos necesarios para la ejecución del proyecto.

**2.1.1 Análisis de planos:** La planta de producción se puede catalogar como un edificio de segunda categoría, debido a que predomina la combinación de acero estructural con concreto armado. Se utiliza cimentación corrida, ya que los muros interiores y exteriores cargan su peso al suelo.

La cubierta superior es de lámina galvanizada pre-pintada, utilizando un techo de dos aguas. Los muros interiores y exteriores son de ladrillo, con ventanas metálicas.

Consta de dos áreas, las cuales son el área de oficinas y planta, utilizando en la planta un piso de concreto armado sin pulir. El tipo de iluminación que se utiliza es en su mayor parte natural, ahora bien en los procesos críticos se utiliza iluminación artificial.

Debido al movimiento constante de los montacargas y carretes con grandes pesos, el piso dentro de la planta es de concreto armado sin pulir con una resistencia alta. La señalización de las distintas áreas y rutas de evacuación se encuentran bien definidas.



## 2.2 Distribución de planta

Al realizar el análisis es necesario saber donde se encuentra y el estado en el que se encuentra cada departamento o área que estén involucrados dentro del proyecto. Esto para facilitar la toma de decisiones acertadas desde el momento de la planificación.

**2.2.1 Descripción de departamentos:** La planta cuenta con cuatro líneas de producción, cuenta con seis departamentos principales, los cuales se describen a continuación:

- Corte, troquel y dobléz: es el inicio del proceso, en esta área se cuenta con maquinas cortadoras, dobladoras y troqueladoras, bien distribuidas y señalizadas. En este departamento la contaminación generada es bastante baja, el sistema de iluminación que utiliza es artificial y cada maquina cuenta su propio sistema, esto como una medida de seguridad para los colaboradores.
- Ensamble I: en esta parte del proceso existe un mayor desgaste físico del operario, debido a esto el área cuenta con una alfombra ortopédica para reducir el cansancio en los pies, ya que el trabajo se realiza de pie. En este departamento inicia la división por líneas, por lo cual realiza diferentes operaciones por cada una.

Dentro de este departamento no se utiliza maquinaria, únicamente se utilizan unas camillas, las cuales sirven para recostar los esqueletos para que así queden en alto y facilite mas el proceso.

Utiliza únicamente iluminación artificial, la cantidad de contaminación generada es casi nula.

- Espuma: dentro de este departamento se procede a llenar los esqueletos con espuma de poliuretano, la cual es una solución líquida, esta solución es transportada por medio de tuberías dentro de un ducto, el cual cuenta con extractores para evitar que esta solución contamine el ambiente.

Existen máquinas prensadoras a base de moldes, esto para que el esqueleto no pierda su forma. Se utiliza una iluminación artificial y ventilación natural.

- Ensamble II y III: en estas áreas es en las que existe mayor cantidad de personal y el trabajo que se realiza es en su totalidad manual. La peculiaridad de estas áreas es que cuentan con los sub-ensambles de baffle, evaporadores, puertas, los cuales alimentan la línea.

En la línea los colaboradores utilizan andamios para facilitar la colocación de los componentes, el desgaste físico es alto. Dentro de los sub-ensambles se analizan varios factores, el más importante es la fuga del evaporador.

Debido a la emanación de calor dentro de esta área utilizan ventiladores ordinarios apuntando hacia arriba como un sistema de ventilación.

- Refrigeración: básicamente aquí ya se tiene el equipo completo, únicamente se inyecta refrigerante.

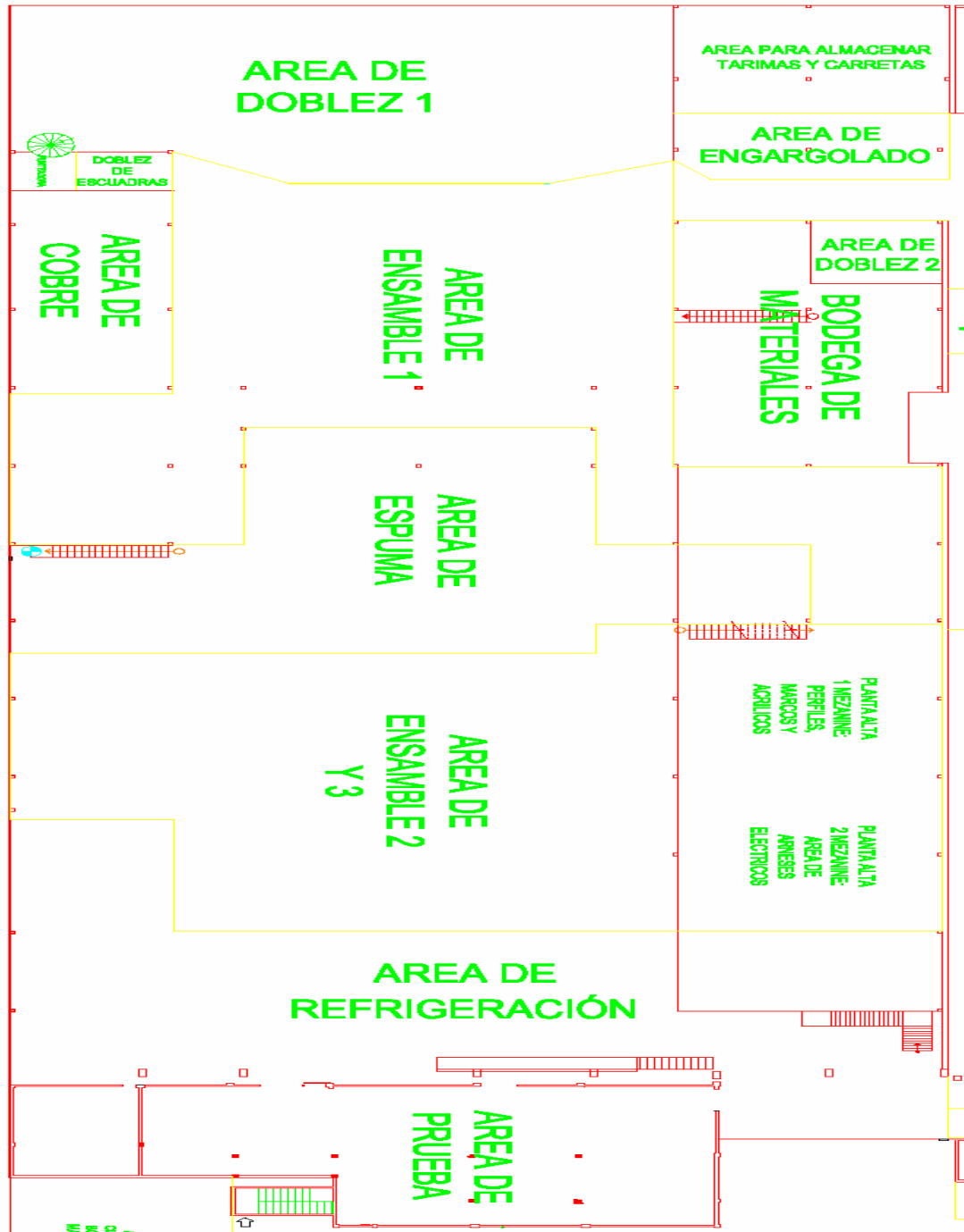
Para llevar a cabo este proceso se utilizan bombas de vacío para limpiar la tubería de cualquier tipo de contaminación que pueda dañar las propiedades del refrigerante.

Se procede a soldar la tubería para luego cerciorarse que no exista ningún tipo de fuga en la tubería.

El tipo de iluminación que se utiliza es artificial y no se cuenta con un sistema para la renovación del aire viciado.

## 2.2.2 Layout de planta:

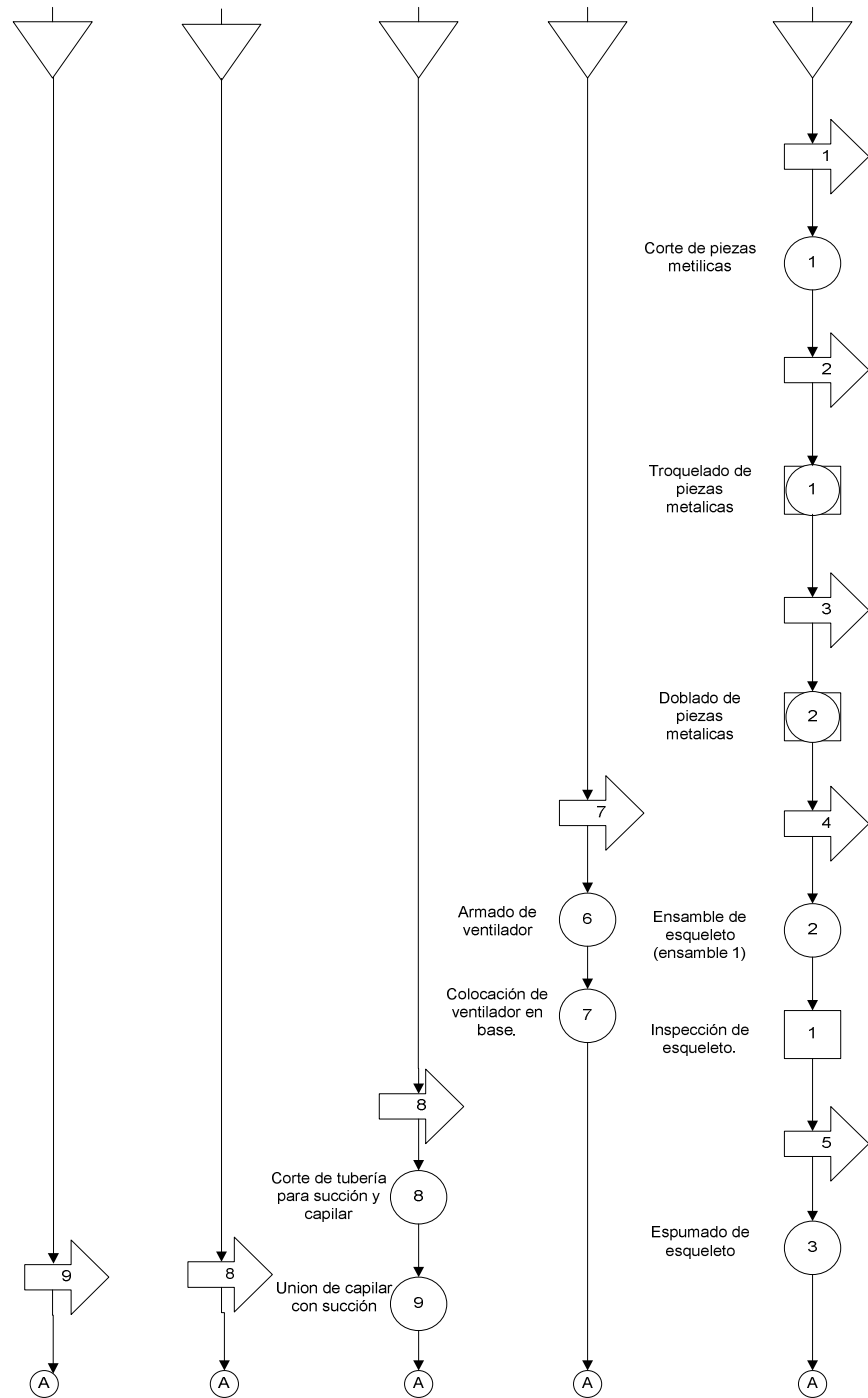
Figura 6. Layout de planta de producción



Fuente : Estudio de campo




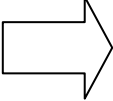
### 2.2.3 Diagrama de flujo del proceso:

Empresa: FOGEL de Centroamérica Proceso: Manufactura de refrigeradores Elaborado por: Edgar Meneses	Fecha: 08/05/2008 Paginas 1 de 2
---	-------------------------------------





## RESUMEN

SÍMBOLO	CANTIDAD
	13
	8
	5
	9

## 2.3 Recursos de producción

El departamento de producción es el motor que impulsa a una empresa, por lo tanto necesita tener a su disposición los recursos necesarios óptimos para mantener la productividad de la empresa.

Los recursos que abarca el departamento de producción son el personal, materiales, herramienta y equipo.

**2.3.1 Personal:** debido a la complejidad del proceso de producción, la cantidad de personal y las habilidades que estos requieren varía entre departamentos

- Corte, troquel y doblado: para que el colaborador pueda llevar a cabo con satisfacción el trabajo dentro de este departamento necesita tener un conocimiento básico de la utilización del metro, lectura de planos, matemática básica y computación.

El departamento cuenta con 66 colaboradores repartidos entre las distintas máquinas.

- Ensamble I: en su totalidad cuenta con 45 colaboradores repartidos en las cuatro líneas. Las habilidades con las que debe contar el personal para llevar a cabo el trabajo en forma eficiente son habilidades espaciales, lectura de planos, matemática básica y computación.
- Espuma: dentro del proceso es el más complejo en cuanto a capacidades y habilidades de los colaboradores ya que existen operadores y cargadores. Los operadores necesitan habilidad espacial, lectura de planos, utilización de metro, conocimientos en desechos químicos industriales, mientras que los cargadores requieren de motricidad gruesa, utilización de metro y lectura de planos.



En espuma existen 26 colaboradores repartidos en las distintas maquinas prensadoras.

- Ensamble II y III: debido a que son los departamentos en los cuales existe un mayor desgaste físico para los colaboradores, se encuentran repartidos 90 colaboradores entre las cuatro líneas tomando en cuenta los sub-ensambles.

Las habilidades que se requieren son motricidad gruesa, manejo de herramientas, utilización de metro, lectura de planos y en el sub-ensamble de evaporadores se requiere soldar.

- Refrigeración: en este departamento se requiere que los colaboradores tengan un conocimiento amplio en el tema de refrigeración, soldadura autógena y computación básica.

El departamento de refrigeración cuenta con 15 colaboradores, los cuales se encuentran distribuidos en tres estaciones, las cuales son alimentadas por las líneas.

**2.3.2 Herramientas y equipo:** dentro de un proceso, el cual es casi en su totalidad manual, la diversidad de herramientas y equipos que se utilizan es bastante grande, razón por la cual existe variación en la utilización de herramientas y equipo entre un departamento y otro.

Al inicio del proceso, en el departamento de corte, troquel y doblado; los colaboradores utilizan como principales herramientas las llaves allen y copa de corona, estas son utilizadas para realizar los ajustes en las diferentes máquinas que hay en el área.

Para el proceso de troquelado es de suma importancia la utilización de la computadora, ya que con base a esta se realizan los cambios en los programas.

En tres ensambles las herramientas a utilizar son muy similares, dentro de las cuales se mencionan, barrenos desarmadores, cinta adhesiva, visegrip, ventosas, cuchillas, remachadoras, pistola de impacto y dobla tubos. En los sub-ensambles se utiliza la soldadura autógena.

Espuma cuenta con una computadora central, desde la cual se maneja todo el sistema de llenado de los esqueletos, esta máquina hace que la cantidad de espuma de poliuretano que se transporta a las maquinas prensadoras sea la correcta.

Las máquinas prensadoras funcionan a base de moldes de madera los cuales dan resistencia al esqueleto para que este no se quiebre. Las herramientas que se utilizan en espuma son los sargentos, barrenos y desarmadores.

Al momento de refrigerar los equipos se utilizan bombas de vacío para dar una limpieza al sistema. Para la inyección del refrigerante se utiliza una máquina controladora, la cual da una carga exacta y por último se procede a soldar.

Las herramientas que se utilizan son vicegrip, alicates, tenazas, manómetros de alta presión y acoples.

Cabe mencionar que todos los colaboradores dentro de los distintos departamentos utilizan su equipo de protección personal.

**2.3.3 Materiales:** en cuanto a materiales se refiere se puede definir que dentro del proceso el material principal es la lámina galvanizada y el acero inoxidable, ya que el exterior e interior del refrigerador están constituidos de este material.

La espuma de poliuretano es una mezcla de polioli, ciclopentano e isosianato, luego de un tiempo de premezclado es colocada en la parte interior del refrigerador.

Las características de la espuma de poliuretano son: dar solidez al refrigerador y cumplir como aislante térmico. Desde el punto de vista de aislante es un punto crítico, ya que lo que se busca es que exista una menor transferencia de calor para reducir el consumo energético del mismo.

Dentro de los ensambles los materiales se clasifican en materiales de ensamble y materiales de unidad. Dentro de los materiales de ensamble se tienen los tornillos, remaches, cinta adhesiva, silicón, rinup y tornillos remachables. Los materiales de unidad son los compresores, evaporador, condensador, tubería de cobre.

El nitrógeno y el refrigerante (134<sup>a</sup> y/o 404<sup>a</sup>) son los materiales utilizados dentro del departamento de refrigeración.

## **2.4 Sistema de ventilación actual**

Para definir la situación actual con lo que a ventilación respecta es necesario definir si se utiliza o no un sistema de ventilación, de utilizarse se debe determinar el sistema y eficiencia.

Otro punto a remarcar son los agentes contaminantes que existan dentro de la planta, para poder sectorizarlos y tomar las medidas pertinentes para su eliminación.

**2.4.1 Descripción del sistema de ventilación:** actualmente se cuenta con un sistema de ventilación muy empírico. Esto debido al rápido crecimiento a corto plazo que ha tenido la empresa. Por lo cual el

proceso se ha tenido que adecuar a las instalaciones con las que se dispone.

El aire ingresa a las instalaciones a través de un área de 35 m<sup>2</sup>. Es de suma importancia mencionar que la única salida de aire viciado con la que cuenta la planta es en la parte superior por medio de un monitor que posee un área de 50m<sup>2</sup>.

Según lo observado se cuenta con salida y entrada de aire muy limitadas y adicionalmente hay un desbalance en el ingreso y expulsión del aire.

El sistema de ventilación actual no es lo suficientemente capaz de mantener el aire limpio y la temperatura interna confortable, ya que la temperatura promedio en el interior de la planta es de 30 °C y de la temperatura promedio en la ciudad Guatemala es de 19.38 °C, por lo tanto, la renovación de aire contaminado por aire puro no se está realizando de la forma más eficiente.

Dentro de la planta se cuenta con ventiladores de 15 watts, los cuales están distribuidos en los distintos departamentos con la finalidad de reducir el calor para los colaboradores, estos no mejoran la condición de la temperatura ambiente y tampoco solucionan la problemática de la renovación del aire.

La planta cuenta con 40 ventiladores distribuidos en los diferentes departamentos. Los departamentos que cuentan con más ventiladores son ensamble 2 y ensamble 3, debido a la cantidad de personal y el esfuerzo físico que allí se realiza.

En el departamento de espuma se cuenta con ductos por medio de los cuales se elimina los residuos de la solución que conforma la espuma,

debido a los efectos que este puede llegar a tener en los colaboradores y el alto riesgo de incendio debido a la alta combustión del ciclopentano.

**Tabla IV. Temperatura promedio en la ciudad de Guatemala en el transcurso de un año**

	Temperatura	
	alta (°C)	baja (°C)
Enero	22	13
Febrero	24	13
Marzo	25	14
Abril	26	16
Mayo	26	17
Junio	24	17
Julio	23	16
Agosto	23	16
Septiembre	23	16
Octubre	23	16
Noviembre	22	14
Diciembre	22	14
Promedio	23.58	15.17

Promedio	19.375
----------	--------

**Fuente: [www.weather.yahoo.com](http://www.weather.yahoo.com)**

## **2.4.2 Agentes contaminantes**

**2.4.2.1 Tipos de agentes:** en la planta de producción existen múltiples agentes contaminantes distribuidos por la planta dentro de los agentes contaminantes que repercuten de mayor forma se mencionan:

- Calor generado por colaboradores (36 a 37.5 grados centigrados) y maquinas (maquina prensadora)
- Soldadura, esta se genera al momento de armar la unidad.
- Ruido, el cual es generado por las herramientas de aire (barrenos).

### 3. PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

**3.1 Descripción del sistema de ventilación propuesto:** para realizar un sistema de ventilación eficiente, es de suma importancia determinar la totalidad de colaboradores que interactúan en las distintas áreas de trabajo, la maquinaria y herramientas que se utilizan, la distribución de la planta y sobre todo identificar los puntos críticos de contaminación.

El sistema de ventilación que se propone es un sistema que sea sencillo tanto en su colocación como en su mantenimiento, y debido a que el proceso es casi en su totalidad manual, la contaminación dentro de la planta se debe en un 90% al calor emanado por los colaboradores, los cuales están en constante movimiento.

Lo que se propone es la colocación de extractores, los cuales se colocaran dependiendo la cantidad de renovaciones que sean necesarias para que el sistema sea eficiente.

**3.1.1 Tipo de ventilación:** el tipo de ventilación que se propone es una mezcla entre la general mecánica y la natural, utilizando turbinas que pueden funcionar eólicamente así como con la instalación de un ventilador para los momentos pico. Básicamente, se empleará este sistema, debido a que se busca la rápida evacuación del aire viciado aunado al ingreso del aire puro en las cantidades necesarias para brindar un ambiente laboral agradable y confortable para los colaboradores.

**3.1.1.1 Determinación de parámetros para el diseño del sistema de ventilación:** los parámetros necesarios para poder realizar un sistema de ventilación general mecánico son:

- Velocidad del viento: para determinar la velocidad del viento, se utilizó un velómetro digital, con el cual se realiza

un muestreo en horas diferentes, días diferentes y temperaturas diferentes para determinar un valor promedio de velocidad para llevar a cabo el sistema.

**Tabla V. Velocidad promedio del viento**

<b>VELOCIDAD DEL VIENTO km/Hr</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>
6.5	28.2
16.27	25.1
10.06	26
8.04	27
12.16	26.5
12.81	25.9
16	25.5
12.98	27.4
17.37	24.2
11.71	23.5
13.72	22.6
14.81	21.2
6.22	28
10.79	26.7
13.26	25.7
12.18	25.57

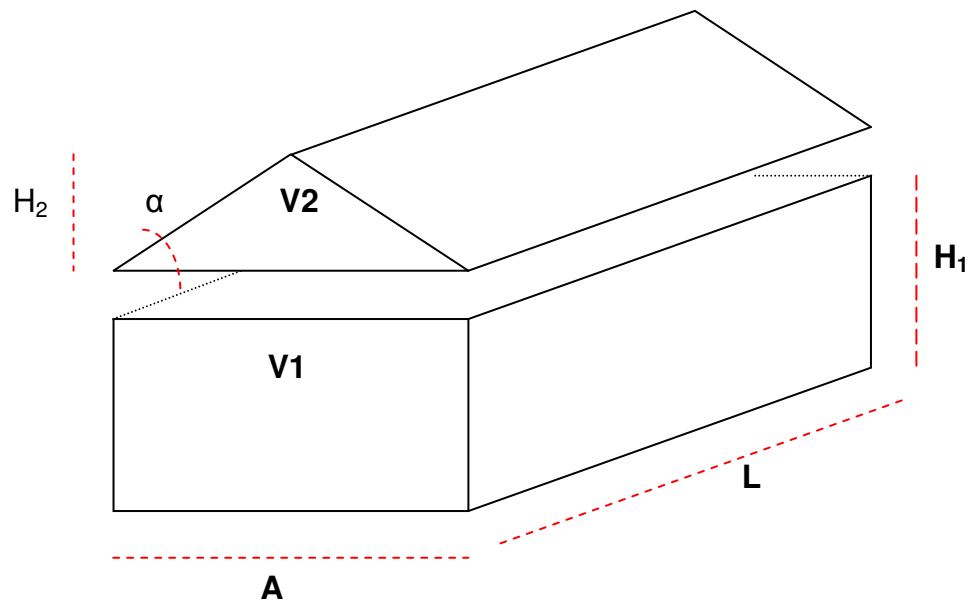
**Fuente: Estudio de campo**

Por lo tanto, la velocidad promedio es de 12.18 Km/Hr, a una temperatura promedio de 25.57 °C.

- Número de renovaciones necesarias por hora: tomando en cuenta que es un taller, según la tabla se toman de 3 a 4 renovaciones por hora.

- Volumen de aire necesario por persona por hora y metro cúbico: un taller cuenta con un volumen necesario de 60 metros cúbicos.
- Área de ingreso de aire: en la actualidad se tiene una cavidad que está ubicada perpendicularmente al movimiento del aire, dicha cavidad tiene un área de  $35 \text{ m}^2$  distribuida en todo el frete.
- Capacidad de ventilador: se utiliza un ventilador de bajo consumo energético, con una capacidad de 35 kw.
- Volumen a renovar: el volumen que se necesita renovar es el siguiente:

**Figura 7. Plano exterior de la planta**



**Fuente: Estudio de campo**



$$VT = V1 + V2$$

Datos:

$$\text{Altura (H1)} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Ancho (A)} = 42 \text{ m}$$

$$\text{Largo (L)} = 100 \text{ m}$$

$$\text{Ángulo } (\alpha) = 20^\circ$$

$$V1 = H_1 * A * L$$

$$V1 = 30\text{m} * 42\text{m} * 100\text{m}$$

$$V1 = 126,000 \text{ m}^3$$

$$V2 = H_2 * \frac{1}{2} A * L$$

$$\text{Tan } \alpha = H_2 / (\frac{1}{2} A)$$

$$H_2 = \text{Tan } \alpha * \frac{1}{2} A$$

$$H_2 = \text{Tan } 20^\circ * \frac{1}{2} 42$$

$$H_2 = 7.65 \text{ m}$$

$$V2 = 7.65\text{m} * \frac{1}{2} 42 * 100$$

$$V2 = 16,065 \text{ m}^3$$

$$VT = 126,000 \text{ m}^3 + 16,065 \text{ m}^3$$

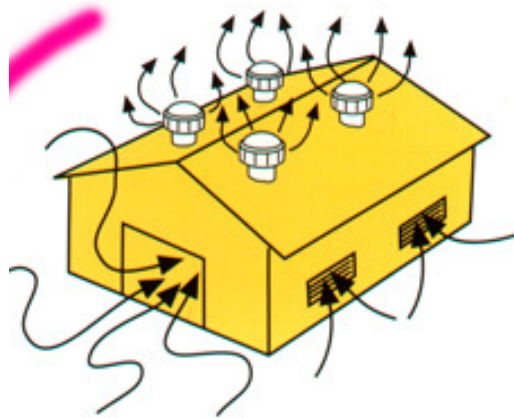
$$\mathbf{VT = 142,065 \text{ m}^3}$$

**3.1.2 Funcionamiento del sistema de ventilación:** El principio básico del sistema, es que se utiliza la extracción forzada mediante la utilización de extractores en la menor cantidad posible, esto para facilitar su instalación, mantenimiento y que además de esto tengan un funcionamiento eficiente, el cual busca el beneficio de los colaboradores para que estos cuenten con un entorno de trabajo agradable y además de esto sean eficientes con el trabajo que realizan.

El diseño busca succionar del interior de la planta el aire contaminado por calor y otros contaminantes. Lo que se busca es la igualdad en la entrada de aire puro con la extracción de aire viciado, buscando un equilibrio y así un ambiente de trabajo cómodo y seguro. El principio de funcionamiento del sistema es muy sencillo, y es la extracción del aire viciado en base a extractores, los cuales funcionarían en forma eléctrica.

Para que el aire viciado pueda llevarse a la parte superior y así crear un ciclo de renovación de aire, es necesario crear entradas de aire puro en la parte inferior de la planta, por medio de las cuales se medirá el caudal de aire que ingresa a la planta y se buscara balancearlo con la extracción para crear un sistema de ventilación eficiente y balanceado.

**Figura 8. Descripción de la funcionalidad del sistema de ventilación**



**Fuente: books.google.com**

Definidos los parámetros se puede lo siguiente:

$$VVi = 12.18 \text{ Km/h} = 12,168 \text{ m/h}$$

$$CA = VT * No R/h$$

CA = Caudal de aire necesario.

$$CA = 142,065 \text{ m}^3 * 3.5$$

$$CA = 497,227.5 \text{ m}^3/h$$

$$CA c= VVi * \text{Área}$$

CAc = Caudal de aire calculado.

$$CAc = 12,168 \text{ m/h} * 35 \text{ m}^2$$

$$CAc = 425,880 \text{ m}^3/h$$

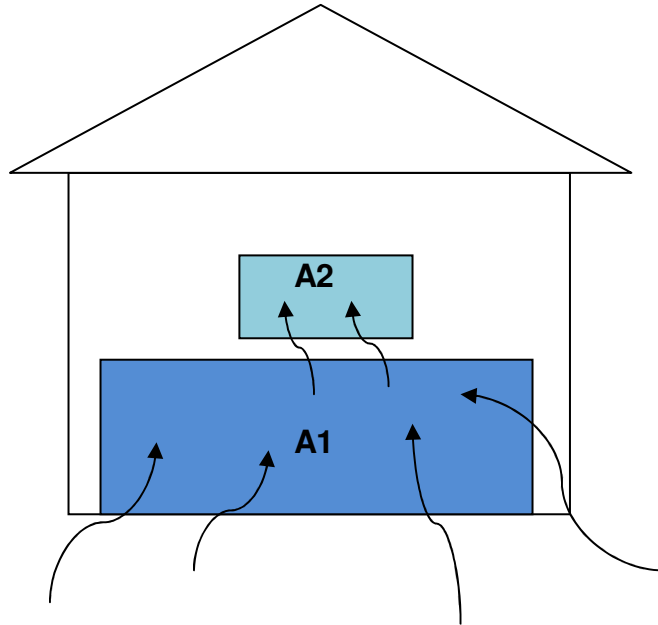
Debido a que el caudal que se necesita es de 497, 227.5 m<sup>3</sup>/hr y lo que y el cauda que se calculó con los recursos actuales es de 425,880 m<sup>3</sup>/hr, se procede a determinar el área faltante para balancear poder tener el caudal que se requiere. El área se calcula a partir del despeje de la fórmula del caudal calculado dando el siguiente resultado:

$$Ar = (497,227.5 - 425,880) \text{ m}^3/h / 12,168 \text{ m/h}$$

$$Ar = 5.86 = 6 \text{ m}^2$$

Se procederá a colocar una ventana con esa área en el mismo punto donde se encuentra la cavidad principal, debido a que esta la dirección dominante del viento.

**Figura 9. Representación del área para el ingreso de aire limpio**



**Fuente: Estudio de campo**

Según el gráfico se puede determinar que el caudal por extractor es de  $4,400 \text{ m}^3/\text{h}$ , Lo cual mediante se utiliza para determinar la cantidad de extractores a utilizar

$$\text{No Ext} = CA/\text{cap}$$

No Ext = Número de extractores.

Cap= Caudal por extractor

$$\text{No Ext} = 497,227.5 \text{ m}^3/\text{h} / 51,060 \text{ m}^3/\text{h}$$

**No Ext= 10 extractores.**

El extractor a utilizar es el modelo RXT-C-1500/18, el cual tiene una capacidad de extracción de  $51,060 \text{ m}^3/\text{h}$ . Dentro de los beneficios de la utilización de este modelo están: la cantidad de extractores a instalar es reducido, por lo tanto se hace menos complicado darles un

mantenimiento preventivo óptimo. Estéticamente hablando la nave industrial tendrá un mejor aspecto y el punto más importante es que debido a la capacidad con la que cuenta este extractor se garantiza una renovación eficiente de aire dentro de la planta de producción.

Para colocar de una manera uniforme y eficiente los extractores se realizan los siguientes cálculos:

**Cálculo Vertical:**

$$DV = \text{Largo total} / \text{No de extractores}$$

DV = distancia entre extractores vertical

Para cumplir con la cantidad de extractores requeridos se distribuirán en las dos partes del techo, colocando 5 de cada lado.

$$DV = 100/5 = 20 \text{ m}$$

**Cálculo horizontal:**

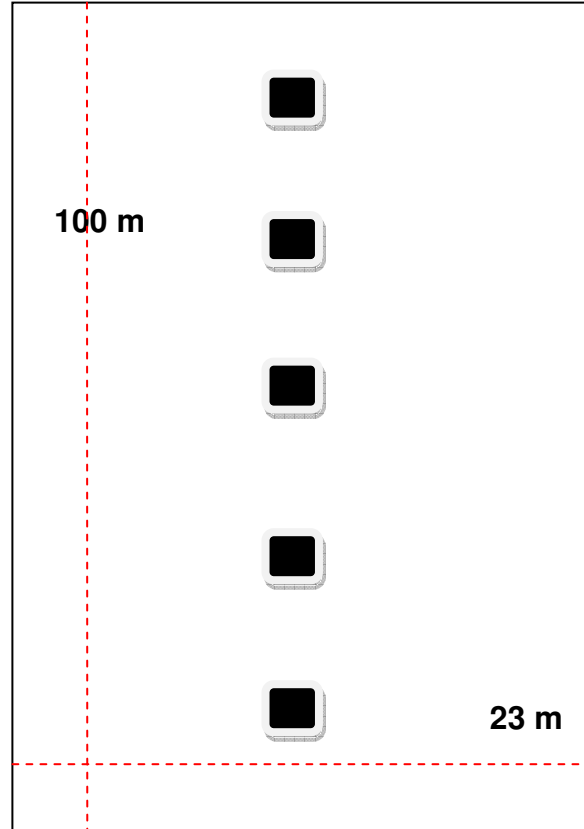
$$DH = \text{Ancho total} / \text{No de extractores}$$

$$DH = 23 / 2 = 11.5 \text{ m.}$$

Por lo tanto, las distancias que existan entre los extractores serán 20 m en forma vertical. Horizontalmente se tendrá una distancia entre esquinas y extractores de 11.5 m.

Con base a lo calculado se tiene el siguiente diagrama de la distribución de los extractores:

**Figura 10. Distribución de extractores**



**Fuente: Estudio de campo**

### **3.2 Selección del equipo**

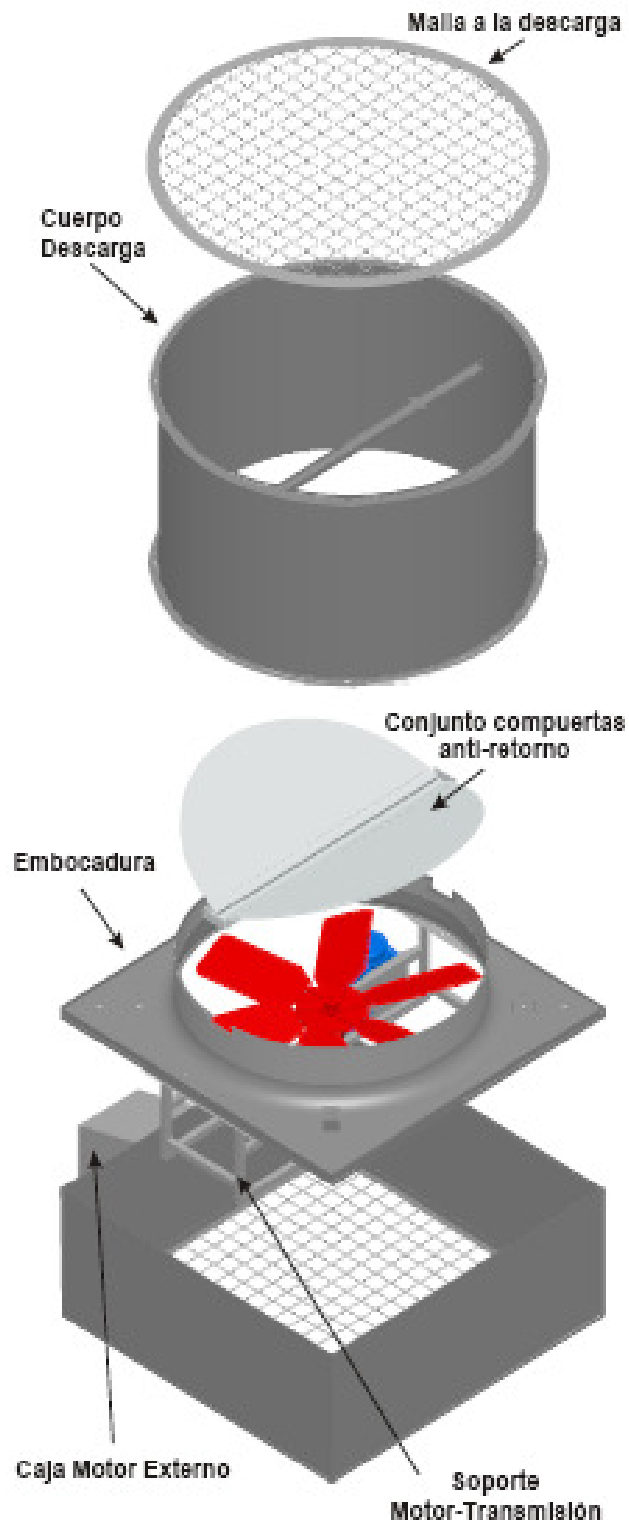
**3.2.1 Componentes del sistema de ventilación:** para llevar a cabo el sistema de ventilación que se propone, el componente principal sería el extractor axial de descarga vertical, el cual cuenta con transmisión por bandas y poleas, caja envolvente, puertas de inspección lateral y malla de succión.

El extractor seleccionado está compuesto de:

- Cuerpo de descarga: fabricado de lámina galvanizada unido en su totalidad con soldadura continua.

- Puertas anti-retorno: protección para evitar el retorno del aire viciado a la planta. Hechas de lamina de aluminio con canal de desagüe, bisagras, tornillería y pernos de acero inoxidable.
- Embocadura: sobre ella va colocado el ventilador y facilita el montaje del cuerpo de descarga, base de soporte de motor y base para malla de protección. Fabricada de lámina galvanizada.
- Soporte de motor: cuenta con material de grueso calibre, diseñado para dar seguridad y soporte al motor.
- Caja de motor externo: caja envolvente de lamina galvanizada con puerta de acceso a transmisión y caja para motor externo con puerta independiente.
- Malla de descarga: evita el paso de objetos extraños al extractor.

**Figura 11. Componentes del extractor axial de descarga vertical**



**Fuente: Catalogo Soler y Palau**



**Tabla VI. Características técnicas**

RXTC

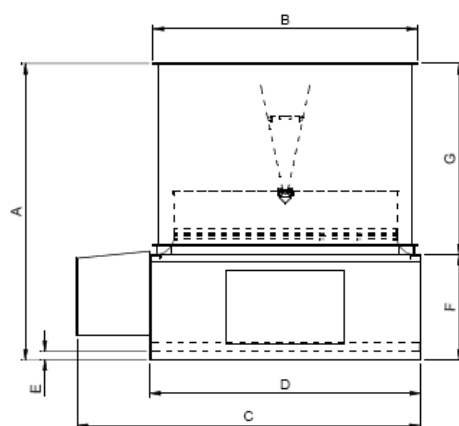
MODELO	Velocidad R.P.M.	Potencia HP	Intensidad máxima (A)			Caudal a descarga libre m <sup>3</sup> /hr	Peso aprox. Kg.	Nivel Sonoro dB(A)*
			440 V	220V	127 V			
RXT-C-800L	720	0.5	1.0	2.0	-	14423	135	74
RXT-C-800H	800	0.75	1.6	3.2	-	16103	145	78
RXT-C-1000L	650	0.75	1.6	3.2	-	22470	265	74
RXT-C-1000H	600	1.5	2.9	5.8	-	32312	265	79
RXT-C-1250L	575	1.5	2.9	5.8	-	33422	350	79
RXT-C-1250H	700	3	2.9	5.8	-	47295	980	84
RXT-C-1500/18	650	3	3.50	7.0	-	51060	470	79
RXT-C-1500/23	650	5	5.05	10.10	-	72312	480	82
RXT-C-1500/30	650	7.5	9.30	18.60	-	92552	495	87
RXT-C-1500/36	650	10	11.90	23.80	-	108744	500	91

Fuente: Catalogo Soler y Palau

**3.2.2 Especificaciones técnicas:** para cubrir las exigencias del sistema de ventilación que se propones, se requiere de equipo y herramienta adecuada.

Para determinar las dimensiones del extractor a utilizar se analiza la siguiente gráfica:

**Figura 11. Dimensiones del extractor axial de descarga vertical**



MODELO	Dimensiones en mm.						
	A	B	C	D	E	F	G
800	1290	970	1400	1050	40	550	740
1000	1550	1250	1700	1300	50	610	930
1250	1760	1480	2050	1600	50	660	1100
1500	2010	1790	2330	1825	58	710	1300

Fuente: Catalogo Soler y Palau

Según la figura 11, se determina que las dimensiones del extractor a utilizar son las siguientes:

- Altura: 2010 mm
- Diámetro de cuerpo de descarga 1790 mm
- Caja de ventilador 1825 mm
- Base hasta caja de motor 2330 mm

Basado en la tabla VI, las características técnicas del extractor axial que se propone son las siguientes:

- Velocidad 555 RPM
- Potencia 3 HP
- Caudal de descarga 51,600 m<sup>3</sup>/h
- Peso aproximado 470 Kg
- Diámetro de ventilador 1500 mm

### **3.3 Análisis de costos:**

#### **3.3.1 Inversión inicial**

3.3.1.1 Costo del equipo: dentro del sistema propuesto el equipo que se utiliza son los extractores, los cuales tienen un precio unitario de Q 63,000.

3.3.1.2 Costo de instalación: Si el trabajo es realizado por una empresa, el costo es de Q 150,000. De llevarse a cabo por el departamento de mantenimiento se tiene un costo de Q 66,500.

3.3.1.3 Capacitación del personal: el departamento de mantenimiento necesita conocer el funcionamiento de los

extractores, por lo tanto, se le impartirá una capacitación de Q3,000 impartida por el proveedor de los extractores.

#### Resumen de inversión inicial

		<b>UNIDADES</b>	<b>TOTAL</b>
<b>EQUIPO</b>			
	Extractores	Q63,000	Q 630,000
			<b>Q 630,000</b>
<b>INSTALACIÓN</b>			
	Mano de obra	Q3,500	Q 40,000
	Materiales eléctricos		Q 6,000
	Impermeabilizante		Q 8,500
	Herramientas		Q 12,000
			<b>Q 66,500</b>
<b>CAPACITACIÓN</b>			
	Curso		Q3,000
<b>TOTAL</b>			<b>Q 699,500</b>

3.3.2 Costo de mantenimiento: El costo en el cual se incurre anualmente por llevar a cabo el mantenimiento preventivo es el siguiente:

<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO</b>
Lubricantes	Q1,500
Desengrasante	Q1,500
Mano de obra	Q10,000
Trapos	Q200
Materiales eléctricos	Q1000
<b>Total</b>	<b>Q23,200</b>

## 4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Descripción de las actividades: realizado el análisis sobre el tipo de ventilación y los materiales a utilizar, es necesario definir el procedimiento a seguir para la ejecución del proyecto.

4.1.1 Montaje del equipo: para llevar a cabo el montaje del equipo es necesario realizar las siguientes actividades:

- Planificación: antes que nada en la planificación se determina si la instalación va a ser realizada por una empresa o bien por el departamento de mantenimiento de la empresa se llevara a cabo la delegación de responsabilidades y asignación de tareas para realizar el proyecto, así como la determinación y distribución de los recursos a utilizar.

Se debe de definir la fecha de inicio y fecha de entrega del proyecto, así como los posibles problemas con los que se pueda llegar a contar.

Realización de ventana: la fabricación de la abertura se lleva a cabo en forma simultánea a la instalación de los extractores. Para su ejecución se procede a realizar en la pared una abertura de  $6\text{m}^2$ , la cual tendrá forma rectangular y el principal objetivo de esta será balancear el caudal de entrada con el de salida.

- Ejecución o puesta en marcha: esta sería la parte técnica-mecánica del proceso, la cual se debe iniciar con un análisis previo de las instalaciones para poder observar las

zonas o áreas inseguras, determinando así los puntos críticos, entre otras observaciones.

Se debe evaluar la posibilidad de mover los extractores a otras zonas de más fácil acceso. Si no fuera posible mover los extractores de estas zonas, se debe hacer un listado de los equipos de seguridad necesarios para evitar algún percance durante la implementación del proyecto.

La energía eléctrica es parte fundamental para la implementación de este proyecto, por lo tanto es de suma importancia contar con alimentación eléctrica lo más cercana posible. Para evitar sobrecargas en la alimentación eléctrica se debe de realizar un estudio de cargas.

El proyecto será realizado por el departamento de mantenimiento, esto debido al incumplimiento de los requisitos de seguridad mínimos por parte de las empresas externas.

Dentro de los requisitos mínimos se tienen la utilización de arnés de seguridad al momento de trabajar en alturas mayores de 3 metros, escaleras anti deslizantes, utilización de equipo para soldadura y protección auditiva

Antes de instalar los extractores en el techo, se procede a armar y revisar los extractores. De ser necesario se procede a nivelar el extractor perfectamente con respecto a la superficie sobre la que se colocará, en este caso sería en un techo de dos aguas con una inclinación de 20° con

respecto al horizonte, para lo cual se utilizan adaptadores, los cuales cuentan con la inclinación que se necesita.

Colocado el extractor se procede al perfecto ajuste del mismo al techo con la utilización de tornillos o remaches, con la aclaración que este no puede quedar con desajustes ni vibración.

Para finalizar sumamente importante impermeabilizar los alrededores del extractor para evitar filtraciones de agua.

Como notas importantes es preferible colocar las entradas de aire lo más bajo posible y alejadas de los extractores para beneficio del sistema.

- Documentación de procedimiento: se debe dejar documentado el procedimiento, para facilitar el mantenimiento del sistema. En si busca dejar plasmado paso a paso el proceso de instalación de los extractores y ventiladores.

4.1.2 Prueba de funcionamiento: al finalizar la instalación del sistema se procede a revisar los siguientes aspectos:

- Medición de caudal: se monitorea si el caudal de entrada y salida de aire es el que se cálculo, para esto se deben de tomar en cuenta las distintas variables con las que se puedan contar como lo son el tipo de clima o estación del año en la cual se encuentre, si el proceso de producción dentro de la planta se está realizando de manera normal, entre otras.

- Funcionamiento del sistema eléctrico: se debe de estar seguro que ninguna instalación eléctrica genere corto circuito, que ningún aspa quede trabada o tope con algún cable o base solida.
- Funcionamiento de extractores: es parte importante la revisión del funcionamiento de las piezas móviles del extractor.
- Aseguramiento de impermeabilización: con la finalidad de mantener un sistema hermético sin importar las clemencias del tiempo se debe de probar que la impermeabilización realizada fue la adecuada.

4.1.3 Capacitación del personal: para asegurar que el esfuerzo realizado para llevar a cabo el proyecto no sea desaprovechado se debe de capacitar al personal de mantenimiento para que sepa de manera puntual la forma en la cual funciona el sistema de ventilación.

Para esto es necesario hacer saber al personal, del equipo por el cual se encuentra conformado el sistema, así como la función que cada pieza realiza en el.

Consientes de la función que realiza cada pieza es fundamental determinar qué tipo de herramienta y los repuestos utilizar para cada pieza. Con las herramientas es de suma importancia la utilización adecuada de la misma para poder garantizar el tiempo máximo de vida útil que se proporcione por pieza.

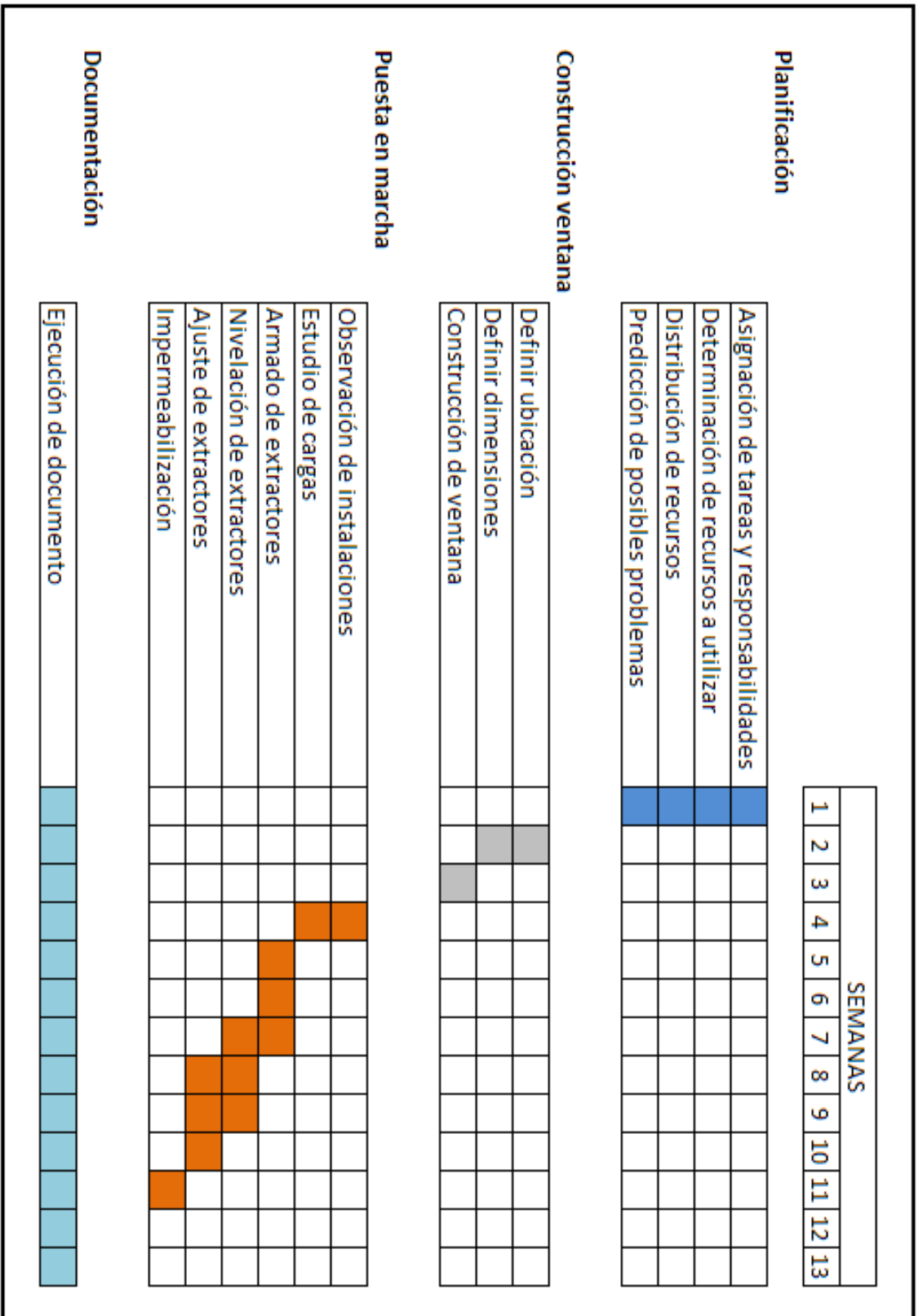
4.1.4 Monitoreo: ya con el sistema funcionando por un mes es necesario realizar nuevamente la inspección realizada para la prueba de funcionamiento,

#### 4.2 Diagrama de Gantt:

Al momento de aplicar esta herramienta se trata de mostrar en forma sencilla y ordenada las actividades a realizar para la implementación del proyecto.



## DIAGRAMA GANTT DE ACTIVIDADES



## 5. MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO

5.1 Plan de mantenimiento preventivo: con este se busca prevenir posibles problemas en el sistema de ventilación, mediante la limpieza y cambio de las piezas con las que se cuentan dentro del sistema.

5.1.1 Rutinas de mantenimiento: para llevar a cabo un mantenimiento preventivo eficiente, es de suma importancia definir las actividades que se realizaran así como la periodicidad de las mismas.

Las actividades a realizar rutinariamente se desglosan principalmente en:

- limpieza de aspas: la correcta limpieza de estas se realiza con trapos húmedos y su fuese necesario se debe utilizar un desengrasante que no dañe las partes plásticas de la misma.
- limpieza de filtros: para que los filtros trabajen en forma optima es necesario llevar a cabo la limpieza, sopleteando el filtro a una presión no mayor de los 25 psi, de lo contrario se corre el riesgo de dañar los filtros en lugar de limpiarlos.
- revisión de arrancadores (ventilador eléctrico): lo principal aquí es verificar el consumo de corriente eléctrica de los motores, y concluir si se encuentran o no dentro de los parámetros especificados por el fabricante.
- lubricación de partes móviles: para tener una buena lubricación en las partes móviles es necesario limpiar con un desengrasante todos los residuos de lubricante seco, para su posterior aplicación

- Medición de caudal: el objetivo de medir el caudal es definir la eficiencia de cada extractor en base a la capacidad que se tiene por unidad. Por lo tanto se realiza el marcaje el cual en su punto óptimo debe de ser de 51,060 m<sup>3</sup>/h.

Estas actividades se deben de realizar para todos los extractores en periodos de tiempo que se estipulan más adelante.

5.1.2 Frecuencia de mantenimiento: la frecuencia con la cual se realizará la revisión es variable, debido a los componentes con los que cuentan los extractores, por lo tanto el mantenimiento de los mismos se realizara de la siguiente forma:

**Tabla VII. Frecuencia de actividades de mantenimiento anualmente**

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia anual</b>
-Limpieza de filtros -Lubricación de partes móviles.	4
-Limpieza de aspas -Revisión de arrancadores. -Medición de caudal	2
-Cambio de cojinetes -Cambio de aspas	0.2

**Fuente: Estudio de campo**

5.1.3 Cronograma: se presentan en forma esquematizada las actividades y el periodo en las cuales se realizara mantenimiento al sistema, con la finalidad de su óptimo funcionamiento.

### CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Limpieza de filtro												
Lubricación de partes móviles												
Limpieza de aspas												
Revisión de arrancadores												
Medición de caudal												

## 5.2 Procedimiento documentado para la revisión de la funcionalidad del sistema de ventilación

Para saber, qué, cómo y cuándo hacer el mantenimiento es sumamente importante realizar un procedimiento, en el cual se especifiquen los pasos para realizar el mantenimiento del sistema de forma eficaz-

5.2.1 Cuadro de seguimiento: el cuadro de seguimiento está conformado por el cronograma de revisiones en un período mínimo de 2 años y los parámetros de revisión a utilizar en el proceso.

5.2.1.1 Cronograma de revisiones: análisis de funcionalidad del sistema de ventilación debido a las variaciones que se

puedan sufrir dentro de la planta en un período de tiempo determinado.

Dando seguimiento a los cambios que se puedan sufrir con los recursos que se cuentan, sean maquinaria, personal, material, procesos. Así como variaciones climáticas que se puedan dar con el pasar de los años.

<b>CRONOGRAMA DE REVISIÓN ANUAL DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA</b>													
<b>No DE REVISIONES</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Revisión 1													
Revisión 2													

LISTA DE CHEQUEO SEMESTRAL

Evaluador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

	Corte, troquel y doblez	Ensamble 1	Espuma	Ensamble 2	Ensamble 3	Refrigeración	Sub- ensambles
No Empleados							

Descripción de cambios en el proceso: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

	Corte, troquel y doblez	Ensamble 1	Espuma	Ensamble 2	Ensamble 3	Refrigeración	Sub- ensambles
No maquinas							

Descripción de nuevas técnicas de trabajo empleadas \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Comentarios y/o observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5.2.1.2 Parámetros de revisiones: para el sistema los parámetros a tomar en cuenta son los motores y la cantidad de caudal. Para los motores se tiene un parámetro de 0.5 A y para el caudal se maneja un +/- 0.5%.

## CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis realizado se puede definir que el sistema de ventilación actual cuenta con muchas deficiencias, debido al crecimiento acelerado que ha tenido la industria, por lo tanto los recursos se han tenido que adecuar a las instalaciones y no al revés.
2. Dentro de los sistemas que se pueden utilizar según el estudio realizado son, el sistema general natural y general mecánico, por medio de los cuales se busca la rápida evacuación de los contaminantes dentro de la planta.
3. Debido al tipo de proceso que se da en esta planta se plantea utilizar un sistema de ventilación mecánico, el cual funcionara con extractores axiales verticales, los cuales se encuentran distribuidos y en cantidades necesarias para poder cumplir con las renovaciones necesarias y mantener un ambiente y clima confortable dentro de la planta.
4. Para llevar a cabo el sistema de ventilación que se propone, el componente principal serian los extractores, los cuales serán complementados con un motor.
5. Las actividades a realizar para llevar a cabo el proyecto inician con la planificación, por medio de la cual se busca la asignación y distribución de responsabilidades y recursos. Para poder mantener balanceado el sistema de ventilación es necesario crear una ventana, para luego llevar a cabo la colocación de todos los componentes del sistema. Como último punto se realiza la documentación del trabajo realizado, para que quede evidencia de la forma en cual se realizo el mismo.



6. Debido al equipo con el que cuenta el sistema, se llevo a cabo un cronograma, por medio del cual se asignan las actividades de limpieza, lubricación y revisión de funcionamiento, de los distintos componentes.
7. Debido a los cambios que se puedan sufrir con el tiempo se documentará una lista de chequeo por medio del cual se revisan las variaciones que puedan sufrir los distintos recursos dentro de la empresa, esto para verificar la eficiencia del sistema de ventilación.

## RECOMENDACIONES

1. Antes de iniciar el proyecto se deben analizar los distintos elementos que puedan interferir de una u otra forma la puesta en marcha del mismo.
2. Colocar las entradas y salidas de aire lo mas separados que se puedan para que el movimiento de este dentro de la planta sean los deseados para que el sistema sea eficiente.
3. La entrada y salida de aire deben de estar balanceadas en su caudal para que el sistema sea funcional.
4. Al momento de la ejecución del proyecto se deben de tomar las medidas de seguridad necesarias para que no exista ningún tipo de accidente.
5. Cumplir el cronograma de mantenimiento preventivo a cabalidad para así asegurar que el sistema de ventilación está siendo efectivo.
6. Llevar a cabo los recorridos semestrales y darle un buen uso a la lista de chequeo para determinar si es necesario llevar a cabo cambios dentro del sistema, debido a las distintas variaciones que se puedan presentar.
7. Para ayudar al sistema se pueden pintar las paredes interiores de la planta con colores que creen una sensación de frescura.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asfahl, C. Ray, Seguridad industrial y salud, Pearson Ecuación, 4ta edición, México 1999, pp 81-100, 175-182, 337-358.
2. Kanawaty Geroge, Introducción al estudio del trabajo, LIMUSA Noriega Editores, México 2000, pp 56-63.
3. Enciclopedia DALY de la construcción: Aire acondicionado y calefacción, Ediciones DALY, España 2000
4. Rosales Robert. C, Manual del Ingeniero de planta: tomo 1, editorial McGraw Hill, México 1997, pp 5.1-5.85.
5. Rosales Robert. C, Manual del ingeniero de planta: tomo 2, editorial McGraw Hill, México 1997, pp 13.3 – 13.60.
6. Rubio Montes Carlos Antonio, Consideraciones para la selección e instalación de un sistema de ventilación en un taller industrial, Tesis Universidad de San Carlos, Guatemala 2000.
7. Rodríguez Alvarez Oscar Adolfo, Ventilación y aire acondicionado para hospitales, Tesis Universidad de San Carlos, Guatemala 2000.
8. Navas Robles Rene Iván, Ventilación forzada de la consulta externa del hospital IGGS, tesis Universidad de San Carlos, Guatemala 2003.
9. Elías Gramajo Edwin Ildenfonso, Rediseño de un sistema de aire acondicionado y ventilación forzada para el bloque operativo e intensivo del centro médico militar, Tesis Universidad de San Carlos, Guatemala 1997.

10. Márquez Salazar León Omar, Diseño de un sistema de extracción de emanaciones tóxicas para empresas que manipulan químicos, Tesis Universidad de San Carlos, Guatemala 1999.