



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial

**BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL  
PRINCIPIO DEL *TAKT TIME*, EN UNA LÍNEA DE  
REFRIGERADORES INDUSTRIALES**

**Celeste Rocío Aguilar Barillas**

Asesorado por el Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay

Guatemala, marzo de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL  
PRINCIPIO DEL *TAKT TIME*, EN UNA LÍNEA DE  
REFRIGERADORES INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CELESTE ROCÍO AGUILAR BARILLAS**

ASESORADO POR EL INGENIERO LEONEL ESTUARDO GODÍNEZ ALQUIJAY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2010

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. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
EXAMINADOR	Ing. Marco Vinicio Monzón
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:

### **BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL PRINCIPIO DEL *TAKT TIME*, EN UNA LÍNEA DE REFRIGERADORES INDUSTRIALES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en noviembre de 2008.



Celeste Rocio Aguilar Barillas

Guatemala, 23 de septiembre de 2009

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

Respetable Director:

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL PRINCIPIO DEL TAKT TIME EN UNA LÍNEA DE REFRIGERADORES INDUSTRIALES”**, presentado por la estudiante Celeste Rocío Aguilar Barillas, carné 200512114, de la carrera Ingeniería Industrial.

Después de hechas las correcciones del caso, considero que el desarrollo del mismo ha sido de forma satisfactoria y reúne los requisitos para continuar con el siguiente paso en el proceso respectivo de la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



---

Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay  
Colegiado no. 6030  
Asesor

**LEONEL ESTUARDO GODÍNEZ ALQUIJAY**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado No. 6030

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

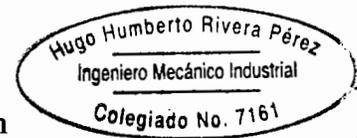


FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL PRINCIPIO DEL TAKT TIME EN UNA LÍNEA DE REFRIGERADORES INDUSTRIALES**, presentado por la estudiante universitaria **Celeste Rocío Aguilar Barillas**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2009

/mgp



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 "BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL PRINCIPIO DEL TAKT TIME, EN UNA LÍNEA DE REFRIGERADORES INDUSTRIALES", presentado por la estudiante universitaria Celeste Rocío Aguilar Barrillas, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
*Ing. César Ernesto Urquiza Rodas*  
DIRECTOR  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DIRECCION  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Febrero de 2010.

/agrm



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **BALANCE DE CARGAS DE TRABAJO CON BASE AL PRINCIPIO DEL TAKT TIME, EN UNA LÍNEA DE REFRIGERADORES INDUSTRIALES**, presentado por la estudiante universitaria **Celeste Rocío Aguilar Barillas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, marzo de 2010.



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **DIOS**

Por ser parte de mi vida y bendecirme siempre.

### **MIS PADRES**

MANUEL Y EDITH DE AGUILAR. Por darme la vida, ser mi ejemplo a seguir en ella y depositar su confianza en mí, gracias a ustedes logré llegar hasta acá.

### **MIS HERMANOS**

MANUEL ALEJANDRO, CECILIA AGUILAR Y MI SOBRINO GABRIEL ANDRÉS. Por comprenderme siempre, brindarme su cariño y apoyarme cuando lo necesito, se los dedico a ustedes esperando que este logro sea motivo de orgullo y ejemplo para alcanzar las metas que se propongan.

## **AGRADECIMIENTO A:**

### **DIOS**

Por permitirme alcanzar este momento de mi vida.

### **MIS PADRES**

Manuel y Edith, por estar siempre conmigo dándome su apoyo incondicional para seguir adelante.

### **MIS AMIGOS**

Por hacer de estos años de estudio de los mejores de mi vida, porque gracias a ustedes los días en la Universidad resultaron ser entretenidos, por todas las experiencias que compartimos juntos.

### **EN ESPECIAL**

A todas aquellas personas que colaboraron de una u otra forma en la realización de este trabajo de graduación. Al Ing. Manuel Raya, por haberme compartido sus amplios conocimientos en el tema, así como al Ing. Estuardo Godínez, por su valiosa asesoría.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>GLOSARIO</b> .....	IX
<b>RESUMEN</b> .....	XIII
<b>OBJETIVOS</b> .....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XVII
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b> .....	1
1.1 La empresa .....	1
1.1.1 Historia .....	1
1.1.2 Ubicación .....	3
1.1.3 Tipo de organización .....	4
1.1.3.1 Misión .....	4
1.1.3.2 Visión .....	4
1.1.3.3 Política de calidad .....	5
1.1.3.4 Perfil industrial .....	5
1.1.3.5 Estructura organizacional .....	6
1.1.3.5.1 Organigrama .....	6
1.1.4 Jornadas de trabajo .....	8
1.2 Estudio de tiempos .....	8
1.2.1 Equipo para el estudio de tiempos .....	9
1.2.1.1 Cronómetro .....	10
1.2.1.2 Tablero de estudio de tiempos .....	10
1.2.1.3 Hoja de observaciones .....	11
1.2.2 Inicio del estudio .....	11
1.2.2.1 Método de regreso a cero .....	12
1.2.3 Ejecución del estudio .....	12
1.2.3.1 Calificación del desempeño del operario .....	13

1.2.3.2 Asignación de suplementos.....	14
1.3 Sistema de producción esbelto.....	15
1.3.1 Producción nivelada.....	16
1.3.2 Producción en tiempo <i>takt</i> .....	16
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
2.1 Generalidades .....	21
2.1.1 Diagrama de operaciones del proceso.....	23
2.1.2 Diagrama de flujo del proceso.....	25
2.1.3 Diagrama de recorrido del proceso .....	29
2.2 Descripción general del producto realizado.....	31
2.2.1 Dimensiones .....	32
2.2.2 Elementos .....	34
2.3 División organizacional del área de producción.....	35
2.3.1 Organigrama .....	36
2.4 Descripción de la línea de producción.....	37
2.4.1 Ensamble 1 .....	38
2.4.2 Espuma.....	39
2.4.3 Ensamble 2 .....	41
2.4.4 Ensamble 3 .....	41
2.4.5 Sub-ensambles .....	42
2.4.6 Refrigeración.....	42
2.4.7 Puertas.....	43
2.4.8 Acabado final .....	44
2.4.9 Pintura.....	44
2.4.10 Empaque.....	45

<b>3. PROPUESTA DE ESTUDIO DE TIEMPOS .....</b>	<b>47</b>
3.1 Planificación del estudio de tiempos.....	47
3.1.1 Formato de la hoja de toma de tiempos .....	47
3.1.2 Establecer metodología para la toma de tiempos .....	50
3.1.2.1 Método de cronometración .....	51
3.1.2.2 Ciclos de estudio .....	51
3.1.2.3 Equipo a utilizar .....	54
3.1.3 Proceso de informar al empleado sobre el estudio de tiempos .....	55
3.2 Toma de tiempos y análisis de las estaciones de trabajo .....	56
3.2.1 Elección del operario.....	56
3.2.2 Posición del observador .....	58
3.2.3 División de la operación en elementos.....	59
3.2.3.1 Ensamble 1.....	59
3.2.3.2 Espuma .....	61
3.2.3.3 Ensamble 2.....	62
3.2.3.4 Ensamble 3.....	64
3.2.3.5 Sub-ensambles.....	65
3.2.3.6 Refrigeración .....	67
3.2.3.7 Puertas .....	68
3.2.3.8 Acabado final .....	69
3.2.3.9 Pintura .....	70
3.2.3.10 Empaque .....	70
3.3 Normalización de tiempos de operación .....	72
3.3.1 Método para calificar el desempeño del operario.....	72
3.3.2 Cálculo para obtener el tiempo normal.....	75
3.4 Estandarización de tiempos de operación .....	79
3.4.1 Asignación de suplementos .....	79
3.4.2 Cálculo para obtener el tiempo estándar.....	81
3.4.3 Tiempo de ciclo .....	83

<b>4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA</b> .....	87
4.1 Ritmo ideal de producción .....	87
4.1.1 Tiempo disponible .....	87
4.1.2 Cálculo del <i>takt time</i> .....	88
4.2 Balanceo de cargas de trabajo .....	89
4.2.1 Metodología para la realización del balanceo .....	90
4.2.2 Asignación de tareas actual y propuesta .....	92
4.2.3 Requerimiento de personal .....	115
4.2.3.1 Real .....	116
4.2.3.2 Actual .....	118
4.2.3.3 Propuesto .....	118
4.3 Análisis de resultados .....	120
4.3.1 Áreas críticas .....	121
4.3.2 Recomendaciones para mejorar el tiempo de proceso .....	121
<b>5. SEGUIMIENTO</b> .....	125
5.1 Beneficios del balanceo de cargas de trabajo .....	125
5.2 Capacitación .....	126
5.2.1 Programa integral .....	127
5.2.2 Programación de eventos .....	135
5.3 Ventajas del análisis del resto de equipos producidos en la planta .....	137
5.4 Mejora continua .....	138
<b>CONCLUSIONES</b> .....	141
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	143
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	147
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	149
<b>ANEXOS</b> .....	151

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Organigrama de la empresa	7
2. Operaciones del departamento de corte, troquel y dobléz	22
3. Diagrama de operaciones del proceso	23
4. Diagrama de flujo del proceso	26
5. Diagrama de recorrido	30
6. Dimensiones externas del equipo	33
7. Características del equipo	35
8. Organigrama del área de producción	37
9. Proceso realizado en Ensamble 1	39
10. Proceso realizado en Ensamblés 2 y 3	42
11. Hoja de toma de tiempos	50
12. Asignación de tareas actual en Ensamble 1	93
13. Asignación de tareas propuesta en Ensamble 1	95
14. Asignación de tareas actual para espumado de gabinete	97
15. Asignación de tareas actual para espumado de puerta	97
16. Asignación de tareas actual en Ensamble 2	98
17. Asignación de tareas propuesta en Ensamble 2	100
18. Asignación de tareas actual en Ensamble 3	101
19. Asignación de tareas propuesta en Ensamble 3	102
20. Asignación de tareas actual para Evaporadores	104
21. Asignación de tareas propuesta para Evaporadores	105
22. Asignación de tareas actual para <i>Baffles</i>	106
23. Asignación de tareas actual para Unidades	107
24. Asignación de tareas propuesta para Unidades	107

25. Asignación de tareas actual en Refrigeración	109
26. Asignación de tareas actual en Puertas	109
27. Asignación de tareas actual en Acabado final	110
28. Asignación de tareas propuesta en Acabado final	111
29. Asignación de tareas actual en Pintura	112
30. Asignación de tareas propuesta en Pintura	113
31. Asignación de tareas actual en Empaque	114
32. Asignación de tareas propuesta en Empaque	114
33. Construyendo la mejora continua	132
34. Formato de hoja de acción mini- <i>kaizen</i>	133
35. Programación de la capacitación del personal	135
36. Círculo de mejora continua	140

## **TABLAS**

I. Estudio de tiempos en Ensamble 1	60
II. Estudio de tiempos para espumado de gabinete	61
III. Estudio de tiempos para espumado de puerta	62
IV. Estudio de tiempos en Ensamble 2	63
V. Estudio de tiempos en Ensamble 3	64
VI. Estudio de tiempos en sub-ensamble de evaporadores	65
VII. Estudio de tiempos en sub-ensamble de <i>baffles</i>	66
VIII. Estudio de tiempos en sub-ensamble de unidades	66
IX. Estudio de tiempos en el área de refrigeración	67
X. Estudio de tiempos en el área de puertas	68
XI. Estudio de tiempos en acabado final	69
XII. Estudio de tiempos en el área de pintura	70

XIII.	Estudio de tiempos en empaque	71
XIV.	Cálculo del tiempo normal en ensamble 1	77
XV.	Cálculo del tiempo estándar en ensamble 1	82
XVI.	Resumen del estudio de tiempos para el equipo A	85
XVII.	Requerimiento de personal para el equipo A	119
XVIII.	Porcentajes de calificación de la actuación del sistema Westinghouse	149
XIX.	Márgenes de tolerancia por retrasos personales y fatiga	149



## GLOSARIO

<b>Actividad</b>	Es una parte esencial y definida de una tarea u operación determinada por uno o más movimientos fundamentales del operador.
<b>Baffle</b>	Conjunto o espacio entre el evaporador y ventilador que se instalan en el equipo de refrigeración.
<b>CFC</b>	Abreviatura de clorofluorocarbonos, una familia de líquidos utilizados en los sistemas de refrigeración responsables del deterioro de la capa de ozono que protege a la Tierra de la radiación solar.
<b>Curado</b>	Es el proceso mediante el cual la espuma de poliuretano en estado líquido se transforma en un sólido resistente.
<b>Chiller</b>	Unidad enfriadora de líquidos.
<b>Diagrama de Gantt</b>	Procedimiento gráfico de programación de proyectos, en el que el tiempo transcurrido por cada actividad es representado por una barra horizontal, cuyos extremos corresponden al principio y fin de la actividad, cuya duración temporal se mide por una línea de fechas situada en la parte inferior o superior del diagrama.
<b>Espuma de poliuretano</b>	Material plástico poroso formado por una agregación de burbujas.

<b>Esqueleto</b>	Armazón de un equipo de refrigeración, el cual no incluye aún ninguno de los componentes que lo constituyen.
<b>Gabinete</b>	Caja que contiene los elementos más importantes de un equipo de refrigeración.
<b>Holgura</b>	Cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin afectar la fecha de terminación del proyecto total.
<b>Manufactura esbelta</b>	Son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.
<b>Máquina premix</b>	Es una máquina inyectora utilizada para suministrar la espuma necesaria a los equipos de refrigeración.
<b>NPS</b>	Calcomanías que dan instrucciones sobre el manejo del equipo de refrigeración que las lleva pegadas.
<b>Relay</b>	En español conocido como relé térmico, se encarga de limitar el paso de corriente por el motor para evitar sobrecargas que lo quemarían.
<b>Rivnut</b>	Es una tuerca de remache, utilizado en la fabricación de productos en grandes cantidades.
<b>Suplemento</b>	Es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos

contingentes que son partes regulares de la tarea

<b>Tiempo ciclo</b>	El mínimo tiempo en el que el proceso se espera pueda trabajar en circunstancias óptimas.
<b>Tiempo disponible</b>	También conocido como tiempo neto de operación por período, puesto que al tiempo de turno se le debe restar el tiempo otorgado para descansos y comida.
<b>Tiempo estándar</b>	Es el tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar una operación.
<b>Tiempo medio observado</b>	Es el promedio de los tiempos obtenidos durante el estudio de tiempos, al observar cómo se llevan a término las distintas actividades del proceso de producción.
<b>Tiempo normal</b>	Es el tiempo requerido por el operario para realizar la operación cuando trabaja con velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables.
<b>Tiempo <i>takt</i></b>	Indica el ritmo que debe seguir la línea de producción, de modo que pueda seguir con los requerimientos de la demanda en el tiempo disponible por turno.
<b>Unidad</b>	Unidad condensadora del equipo, la cual está diseñada para absorber calor y transferirlo al gas, provocando su condensación.



## RESUMEN

Se realizó un balance en las cargas de trabajo en la línea de producción X de una empresa dedicada a la fabricación de refrigeradores industriales, esto en base al principio del *takt time*.

Para ello fue necesario analizar el proceso de fabricación a través de un estudio de tiempos, para el cual fue necesario dividir las operaciones realizadas en cada una de las áreas de la línea en elementos, para facilitar su estudio. Además, se utilizó un cronómetro digital, un tablero donde se colocaba la hoja de toma de tiempos y una calculadora de bolsillo.

Utilizando el método de cronometración vuelta a cero, se hicieron 10 tomas de tiempo por elemento, mostrando los tiempos en minutos, con lo cual se obtuvo el tiempo medio observado, el tiempo normal (brindando una calificación por velocidad al operario) y por último el tiempo estándar (asignando los suplementos necesarios).

Al tener los tiempos estándar de las operaciones se procedió a graficar las actividades realizadas por cada operario en cada una de las áreas de la línea de producción, trazando luego una línea que representaba el *takt time*; si las actividades de cada operario lo sobrepasaban mostraba la necesidad de reasignar las tareas para así nivelarlas.

El *takt time* que se obtuvo para nivelar las cargas de trabajo correspondía a 8.25 minutos, el cual relaciona el tiempo disponible al día y la demanda que se pretende cubrir con dicho tiempo, representando el ritmo que debe seguir la línea de producción.

# OBJETIVOS

## GENERAL

Proporcionar la base teórica y práctica para la implementación del concepto *takt time* en una línea de producción de refrigeradores industriales para nivelar las cargas de trabajo.

## ESPECÍFICOS:

1. Determinar el tipo de estudio de tiempos que se ejecutará en la línea de producción de refrigeradores industriales.
2. Conocer el tiempo de ciclo para la fabricación de un refrigerador industrial.
3. Determinar el número de operarios utilizado actualmente para la fabricación de refrigeradores industriales en la línea de producción.
4. Calcular el *takt time* que servirá como guía para poder nivelar las cargas de trabajo.
5. Identificar las áreas críticas en las cuales se necesita balancear las cargas de trabajo.

6. Establecer el número de operarios necesario a mantener en una línea de producción de refrigeradores industriales.
7. Establecer la importancia de mantener balanceadas las cargas de trabajo, para crear conciencia de que la maximización del uso del recurso humano aumenta la eficiencia en las líneas de producción.

## INTRODUCCIÓN

Entre los problemas más comunes que se presentan en las líneas de producción es un desbalance en las cargas de trabajo, por lo que es fácil observar que mientras los operarios de algunas áreas se encuentran ociosos, otros están sobrecargados. De esta forma se hace conveniente elaborar un estudio de tiempos en una de las líneas de producción, con el cual se puede realizar un balance de cargas de trabajo y distribuir mejor la mano de obra, creando con esto líneas de producción más eficientes.

Es así como surge la idea de implementar conceptos de la Manufactura Esbelta en una línea que sirva de modelo para el resto. La línea que es reconocida para la prueba piloto es la línea X ya que se encuentra alejada del resto en lo que es bodega 2, adaptándose con esto a las necesidades del estudio que se realiza.

El balance de cargas de trabajo es realizado bajo el principio del *takt time*, el cual considera el tiempo disponible al día y la demanda que se pretende cubrir con dicho tiempo. Para ello es necesario estandarizar los tiempos de ciclo en las distintas áreas de trabajo y verificar que no sobrepasen dicho tiempo, de ser así se modifican las actividades asignadas a cada operario, para que trabajen la misma cantidad.

De esta forma se considera que el balance de cargas de trabajo en base al principio del *takt time*, específicamente en una línea de producción de refrigeradores industriales, resulta importante debido a que siempre se va a buscar lograr líneas de producción más eficientes y aplicar las últimas técnicas de la Ingeniería Industrial para enfrentar los problemas que se presenten en líneas de producción, con lo cual se puede mantener la mejora continua.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1 La empresa**

Para poder tener conocimiento de una empresa en particular, es necesario conocer su historia, ubicación, la forma en que está organizada, su razón de ser frente al mercado y a dónde quiere llegar, es por ello que a continuación se describirán todos estos aspectos respecto a una empresa encargada de la fabricación de refrigeradores industriales.

### **1.1.1 Historia**

La empresa nació en Filadelfia, USA, en el año de 1899, cuando el padre del Señor William Fogel empezó a fabricar cajones de madera aislados para preservar alimentos, con un sistema de enfriamiento que funcionaba por medio de hielo colocado en la sección trasera del cajón.

Estos artefactos de refrigeración, tenían la gran ventaja de ser muy económicos en su precio, pero tenían la gran desventaja que enfriaban muy poco, eran de madera y además su aislamiento estaba hecho de papel, aserrín o de corcho.

Posteriormente, con el desarrollo tecnológico de los compresores, los gases refrigerantes y los modernos sistemas de aislamiento de la empresa, que desde sus inicios fue una empresa familiar, en la que trabajan siete hermanos

que directamente se involucraban en la fabricación y ventas, se convirtió rápidamente en uno de los líderes de la refrigeración comercial en los Estados Unidos de Norteamérica, con innovaciones que en día son estándares en toda la Industria de Refrigeración.

Con la gran visión de Mr. William Fogel y su capacidad para establecer alianzas con empresarios de otros países, la empresa, rápidamente estableció alianzas estratégicas en muchos países, algunos tan distantes como Israel, Francia e Italia, pero con mayor energía y énfasis en Centro América y en el Caribe.

Hoy en día está en boga la Globalización y el concepto de alianzas estratégicas, sin embargo con su visión futurista, estas estrategias fueron aplicadas por Mr. Fogel desde 40 años antes y hasta la fecha de su deceso en el año 1998, el Sr. Fogel se mantuvo abriendo brechas.

Esta empresa, de refrigeradores industriales, en Centro América dio sus primeros pasos en 1967 bajo el liderazgo de don Jacobo Tefel Pasos al fundar Fogel de Nicaragua en sociedad con el Sr. William Fogel, con el propósito de aprovechar la instauración del mercado común Centroamericano y atender la incipiente, pero prometedora demanda de refrigeración comercial en el área.

En 1981 los problemas políticos en Nicaragua forzaron a la familia Tefel 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 a la preferencia de las principales firmas de bebidas gaseosas, de cervezas, de jugos y refrescos naturales, lácteos, avícolas, empacadoras de embutidos, hielo, helados y otros productos alimenticios, se ha logrado impresionantes tasas de crecimiento.

Refrigeradores de Guatemala, S.A., atiende en la actualidad a los países de Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Estados Unidos, Canadá, México, Puerto Rico, República Dominicana, Cuba, Bahamas, Curacao, Jamaica, Martinico, Saint Marteen, Surinam, Trinidad y Tobago, Ecuador, Venezuela y Perú, siendo sus principales clientes las industrias cerveceras, embotelladoras de bebidas carbonatadas tales como Coca-Cola y Pepsi-Cola, industrias de bebidas no carbonatadas tales como las industrias de bebidas isotónicas y embotelladoras de agua purificada, industrias lácteas y fabricantes de helados.

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 a los mercados y a los clientes mencionados en el párrafo anterior.

### **1.1.2 Ubicación**

La empresa de refrigeradores industriales está ubicada actualmente en la 3ª Av. 8-92 zona 3 Lotificación el Rosario Mixco Guatemala, donde sus edificios no están localizados en un área netamente industrial, puesto que hay algunas residencias a su alrededor.

Sus instalaciones colindan con empresas como lo son Bimbo, Rikeli, Aprisa entre los más cercanos a sus edificios; y al frente del edificio de producción se encuentra ubicada una estación de bomberos municipales.

### **1.1.3 Tipo de organización**

Refrigeradores de Guatemala, está constituida actualmente como una sociedad anónima.

#### **1.1.3.1 Misión**

Somos una empresa que provee equipos de refrigeración industrial, confiables, duraderos y adaptados a los requerimientos del cliente; para la exhibición, almacenamiento y venta de productos fríos en el continente americano.

Utilizamos tecnología de punta y materiales de calidad mundial y capacitamos a nuestro recurso humano para desempeñarnos profesional y éticamente con permanente sentido de urgencia.

Brindamos a nuestros clientes entregas a tiempo, asistencia y capacitación técnica mediante un servicio personalizado. Siempre buscamos la satisfacción de nuestros clientes, la rentabilidad de los accionistas y el bienestar de nuestros colaboradores y la comunidad.

#### **1.1.3.2 Visión**

Seremos el mejor proveedor de equipos de refrigeración industrial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de ventas al detalle de productos fríos en América Latina.

Lograremos esto por medio de innovación permanente, calidad, bajo consumo energético de nuestros productos, servicio personalizado, soporte técnico y precio competitivo.

### **1.1.3.3 Política de calidad**

Fabricamos y comercializamos equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente. Mantenemos un proceso permanente de mejora continua.

Nos comprometemos a obtener:

1. La satisfacción del cliente.
2. El bienestar de nuestros colaboradores.
3. La rentabilidad de la organización.

### **1.1.3.4 Perfil industrial**

La capacidad instalada sobrepasa los 84,000 equipos anuales, de los cuales el 10% se venden a nivel local y el 90% a nivel internacional. Siendo su mercado Norte, Centro, Sur América y el Caribe con 24 países en total.

Actualmente producen más de 97 modelos diferentes de equipos de refrigeración, con una variedad de más de 250 modelos de los mismos.

Cuenta con un área de 20,000 m<sup>2</sup> la cual está distribuida en sus dos edificios, el administrativo y el de producción, en los cuales cuentan con 750 colaboradores para alcanzar los objetivos de la organización.

### **1.1.3.5 Estructura organizacional**

Para que una empresa dedicada a la manufactura de refrigeradores industriales pueda operar correctamente debe estar conformada por los siguientes departamentos:

- ⊕ Producción
- ⊕ Calidad
- ⊕ Materiales
- ⊕ Logística
- ⊕ Mantenimiento
- ⊕ Recursos humanos y servicios administrativos
- ⊕ Mercadeo y ventas

Cada uno de ellos busca optimizar sus recursos con el objetivo de que la funcionalidad de su personal y las operaciones correspondientes a cada uno sea lo más eficaz y eficiente posible.

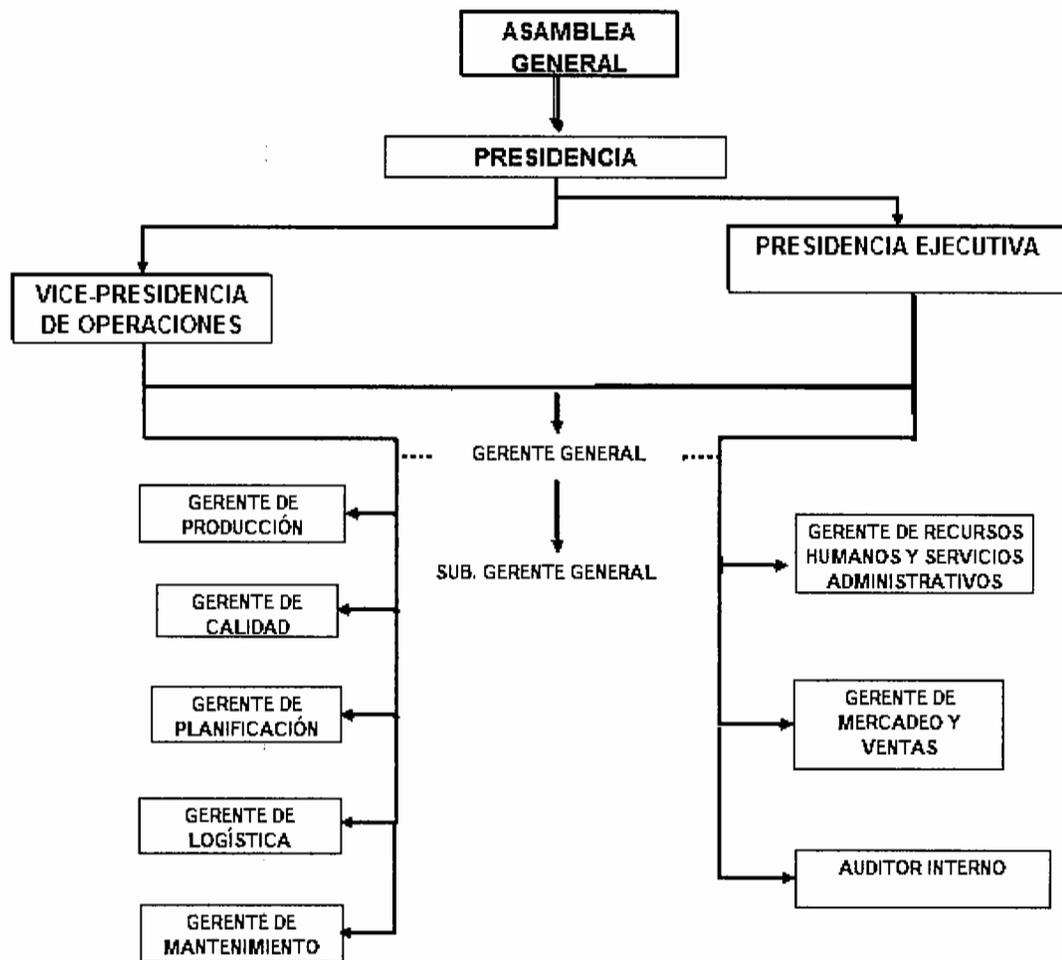
Cada una de las gerencias existentes por departamento, son las encargadas de dirigir y coordinar todas las actividades necesarias para lograr sus objetivos, de tal manera que al trabajar en conjunto todos los departamentos logren la satisfacción del cliente, trabajando bajo las políticas de la empresa.

#### **1.1.3.5.1 Organigrama**

La estructura organizacional de una empresa que produce refrigeradores industriales, puede estar agrupada por función o proceso, la cual responde a

reunir los cargos de acuerdo con la similitud de tareas que se desarrollan en los mismos tal y como se aprecia en la figura 1.

**Figura 1.** Organigrama de la Empresa



**Fuente:** Estudio de campo

#### **1.1.4 Jornadas de trabajo**

Para poder cumplir con los objetivos de la Empresa, día a día, se trabaja en jornada diurna normal, teniendo como hora de entrada las 7:30 a.m. de lunes a viernes y siendo la hora de salida de lunes a jueves a las 4:30 p.m. y los días viernes a las 3.30 pm, con lo que cumplen con las 44 horas laboradas a la semana. El día sábado no se trabaja.

Todos los días se le brinda a todo el personal quince minutos de refacción y 30 minutos para almorzar, los cuales deben utilizar fuera de sus áreas de trabajo, en los lugares asignados para dicha actividad, como lo son los comedores de cada edificio.

### **1.2 Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos puede definirse como “el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme un método especificado” (Hodson, 1996).

El estudio de tiempos, utilizando como sistema de medición el cronómetro, es el método más usado para la medición del trabajo. El padre de la ingeniería industrial, Frederick W. Taylor, lo creó por primera vez a fines del siglo XIX. Es así, como este método se aplicará para determinar la duración de las actividades realizadas en cada una de las estaciones de trabajo de la línea de producción.

El resultado de un estudio de tiempos es el tiempo que una persona situada en su área de trabajo y entrenada en el método, necesitará para desarrollar el trabajo considerándolo como un trabajador normal y dicho tiempo podrá ser llamado tiempo estándar (Barnes, 1980).

Existen tres razones por las cuales se recomienda romper o dividir las acciones en elementos definidos y medibles, éstas son:

- ✦ Cuando una actividad toma demasiado tiempo para ser desarrollada o por el contrario se desarrolla excesivamente rápido.
- ✦ Cuando el operario no trabaja al mismo tiempo a lo largo del ciclo.
- ✦ Para determinar el tiempo estándar total para una operación.

Es por ello que se puede decir que el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

### **1.2.1 Equipo para el estudio de tiempos**

El equipo mínimo que se requiere para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos comprende un cronómetro, un tablero o paleta para estudio de tiempos, la hoja de observaciones y una calculadora de bolsillo. Además de los mencionados con anterioridad, existen ciertos instrumentos registradores de tiempo que se emplean con éxito y tienen algunas ventajas sobre el cronómetro, éstos son las máquinas registradoras de tiempo, las cámaras cinematográficas y el equipo de videocinta.

El equipo necesario para el estudio de tiempos o medición del trabajo, no es tan elaborado ni tan costoso como el que se requiere para el estudio de micro movimientos. En general, las aptitudes y la personalidad del analista de tiempos son lo básico para el éxito del estudio y no el equipo utilizado.

### **1.2.1.1 Cronómetro**

Los aparatos empleados para medir el tiempo son los cronómetros, aparatos movidos regularmente por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha o detenerse a voluntad del operador. En la actualidad se usan dos tipos de cronómetros:

**Cronómetro tradicional con décimos de minuto.** Tiene su carátula con 100 divisiones y cada una de ellas corresponde a 0.01 de minuto. Una vuelta completa de la manecilla mayor requerirá un minuto. Este cronómetro tiende a ser el favorito de los analistas de tiempos por la facilidad con que se lee y registra.

**Cronómetro electrónico.** Proporcionan una resolución de un centésimo de segundo y una exactitud de 0.003%. Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue contando el tiempo total transcurrido, por lo que se pueden obtener tiempos continuos y de regreso a cero sin las desventajas de los cronómetros mecánicos.

### **1.2.1.2 Tablero de estudio de tiempos**

Cuando se usa el cronómetro es necesario disponer de un tablero conveniente para fijar la hoja de observaciones impresa para el estudio de

tiempos y el cronómetro. Este tablero tiene que ser ligero para no cansar el brazo del analista y suficientemente rígido y resistente para servir de respaldo adecuado a la forma de estudio de tiempos.

De pie en la posición adecuada el analista puede ver la estación de trabajo por encima de la tabla y seguir los movimientos del operario, al tiempo que mantiene el reloj y la forma dentro de su campo visual (Niebel, 2004).

### **1.2.1.3 Hoja de observaciones**

La hoja de observaciones proporciona espacio para registrar o anotar toda la información pertinente relativa al método que se estudia. La forma impresa para el estudio de tiempos también debe tener espacio para la firma del supervisor, indicando su aprobación del método que se observó.

El diseño debe ser tal que el analista pueda anotar fácilmente las lecturas del cronómetro, los elementos extraños, los factores de calificación y aún así disponga de espacio en la hoja para calcular el tiempo asignado.

## **1.2.2 Inicio del estudio**

Al momento de registrar los tiempos elementales de un estudio de tiempos se pueden utilizar una de dos técnicas existentes. La primera es el método de tiempos continuos, el cual permite que el cronómetro trabaje durante todo el estudio. El otro método es el de regreso a cero el cual será explicado en detalle más adelante.

Una recomendación al registrar las lecturas del cronómetro es anotar sólo los dígitos necesarios y omitir el punto decimal, para así tener el mayor tiempo posible para observar el desempeño del operario.

### **1.2.2.1 Método de regreso a cero**

Para este método después de leer el cronómetro en el punto terminal de cada elemento, el tiempo se restablece en cero, por ello al realizar el siguiente elemento el tiempo avanza a partir de cero.

Como se pueden comparar los valores elementales de un ciclo a otro, es posible tomar decisiones en cuánto a qué número de ciclos estudiar. Sin embargo, es un error usar las observaciones de los ciclos anteriores para determinar cuántos ciclos adicionales estudiar. Esta práctica puede llevar a estudiar una muestra demasiado pequeña.

### **1.2.3 Ejecución del estudio**

Durante la ejecución del estudio de tiempos se debe obtener y registrar toda la información concerniente a la operación, lo cual debe lograrlo el analista de tiempos a través de la observación directa.

Entre los pasos principales que resultan necesarios para realizar el estudio de tiempos se encuentran la calificación del desempeño del operario observado y la asignación de suplementos al mismo, tal y como se muestra a continuación.

### 1.2.3.1 Calificación del desempeño del operario

Como el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende en un alto grado de la habilidad y esfuerzo del operario, es necesario ajustar hacia arriba el tiempo normal del operario bueno y hacia abajo el del menos capacitado (Niebel, 2004). Es por ello que el analista debe dar una calificación objetiva al operario antes de abandonar la estación de trabajo.

El principio básico al calificar el desempeño es ajustar el tiempo medio observado (TO) para cada elemento ejecutado durante el estudio al tiempo normal (TN) que requeriría el operario calificado para realizar el mismo trabajo:

$$TN = TO \times \frac{C}{100}$$

donde C es la calificación del desempeño estándar del operario expresada como porcentaje, con el 100% correspondiente al desempeño estándar de un operario calificado.

Existen cuatro distintos métodos de calificación los cuales dependen del trabajo en estudio, las políticas de la empresa donde se apliquen y los datos que se pueden recopilar acerca de la operación. Estos son: el sistema Westinghouse, calificación sintética, calificación objetiva y calificación de velocidad. A continuación se explicará de forma más amplia el método que se considera necesario a utilizar en la empresa de refrigeradores industriales propuesta.

**Sistema Westinghouse.** Es un método que para la evaluación del desempeño del operario considera cuatro factores: habilidad, esfuerzo,

condiciones y consistencia. Para dichos factores existen tablas correspondientes que clasifican cada uno en distintas clases (ver anexo 1).

Tras asignar una calificación a cada factor y haber establecido los valores numéricos, se debe determinar el factor de desempeño global mediante la suma aritmética de los cuatro valores y agregando la unidad a esa suma. Este porcentaje es la calificación del desempeño estándar, C, a sustituir en la fórmula anterior.

### **1.2.3.2 Asignación de suplementos**

Un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea. Pueden tener lugar tres clases de interrupciones para las que debe asignarse tiempo adicional:

- ⊕ Interrupciones personales, como viajes al baño y a los bebederos.
- ⊕ La fatiga que afecta aun a los trabajadores más fuertes en los trabajos más ligeros.
- ⊕ Retrasos inevitables, como herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, etc.

El tiempo estándar (TS) de una operación es el tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar dicha operación.

$$TS = TN \times (1 + \text{suplemento})$$

### 1.3 Sistema de producción esbelto

La filosofía básica del Sistema de Producción Esbelta es manufacturar de la forma más económica, para lo que se debe producir lo que es necesario (conforme expectativas del cliente, calidad, etc.), cuando es requerido, en la cantidad necesaria y usando los recursos realmente necesarios. Esto se alcanza tras la eliminación de desperdicios, éstos son:

1. Sobreproducción
2. Tiempo de espera
3. Transporte
4. Inventarios
5. Transporte y acarreo
6. Reproceso
7. Mala calidad

Se considera como desperdicio todo aquello que no agrega valor al producto por lo que incrementa los costos.

**Herramientas de Manufactura Esbelta.** Las 5´S es una metodología que permite lograr un funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

- + *Seiri* (seleccionar): seleccionar lo necesario y eliminar lo que no es.
- + *Seiton* (orden): cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa.
- + *Seiso* (limpiar): esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas.
- + *Seiketsu* (estandarizar): como controlar y mantener las tres primeras S.
- + *Shitsuke* (autodisciplina): convertir las 4S en una forma natural de actuar.

### **1.3.1 Producción nivelada**

Es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La demanda del cliente debe cumplirse con la entrega requerida del cliente, pero la demanda del cliente es fluctuante, mientras las fábricas prefieren que ésta esté "nivelada" o estable. Un fabricante necesita nivelar estas demandas de la producción.

La herramienta principal para la producción suavizadora es el cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada. En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes pequeños de muchos modelos en periodo cortos de tiempo. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia.

### **1.3.2 Producción en tiempo *takt***

El tiempo ciclo es el requerido para completar un período de funcionamiento. Es decir, el tiempo necesario para producir un producto o una pieza, expresado en minutos y segundos.

El tiempo *takt*, es el ritmo de la demanda del cliente: el tiempo de producción disponible dividido por la proporción de la demanda del cliente.

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

Cronometrando el ritmo de la demanda de acuerdo con las actividades operativas en la empresa, el tiempo *takt* es el corazón de cualquier sistema de *Lean Management*. La sincronización entre el tiempo ciclo y el tiempo *takt* se utiliza con el fin de eliminar el despilfarro en tiempos de espera, transportes innecesarios, exceso de inventario y para acelerar y agilizar la producción.

El no sincronizar o regular los tiempos, conlleva retrasos en los plazos de entrega y como consecuencia, cancelación de pedidos. Por otro lado, si el producto se fabrica con demasiada anticipación, pueden formarse montañas de inventario.

Para determinar el número de operadores indispensables para fabricar cualquier producto en estudio se necesita dividir el tiempo de ciclo total del producto entre el *takt* time.

$$\text{Mano de obra requerida} = \frac{\text{Tiempo total manual del proceso}}{\text{Tiempo takt}}$$

A continuación se muestra un ejemplo para ampliar estos términos y la correcta utilización de dichas fórmulas.

**Ejemplo.** Considere el siguiente proceso, en donde se tienen siete operaciones (estampado, colocar rines, colocar llantas, soldar pieza, soldar techo, soldar cajuela, ensamble final), siete operadores, un tiempo disponible correspondiente a 26100 segundos y una demanda de 800 automóviles.

A continuación se muestran los tiempos de cada una de las operaciones del proceso de producción, con lo cual se obtendrá el tiempo de ciclo. Utilizando la información proporcionada responda ¿cuál es el tiempo *takt* de dicho proceso y cuentan con el número de operarios necesario?

<b>Operación</b>	<b>Tiempo estándar (segundos)</b>
1 Estampado	2
2 Colocar rines	15
3 Colocar llantas	23
4 Soldar pieza	34
5 Soldar techo	29
6 Soldar cajuela	35
7 Ensamble final	35
<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>173</b>

Para calcular el tiempo *takt* utilizaremos el tiempo disponible y la demanda que nos brinda el problema de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}} = \frac{26100}{800} = \underline{\underline{33 \text{ segundos}}}$$

Para determinar el número de operadores se necesita efectuar la siguiente operación:

$$\text{Mano de obra requerida} = \frac{\text{Tiempo total manual del proceso}}{\text{Tiempo takt}} = \frac{173}{33} = \underline{\underline{5.24}}$$

Se requieren de 5.24 personas, lo cual quiere decir que se cuenta con más del número necesario de operarios, ya que se requieren seis para que puedan manejar el proceso. Este hecho representa un problema, pero también un área de oportunidad para mejorarlo.

Si se eliminara el suficiente desperdicio en el proceso, se lograría hacer todo con seis operadores. Según el pensamiento esbelto, cuando se saca el número de operadores y el decimal obtenido tiene un valor que es menor o igual a 0.5 (en este caso 0.24) es un buen indicador, ya que se podrá trabajar para eliminar el operador de más y disminuir los desperdicios.

En el proceso de mejora, cada uno de estos operadores debe decir que es lo que requieren para hacer una parte dentro de los 33 segundos. Entonces, el tiempo de ciclo total debe ser menor o igual a 173 segundos.

La solución debe ser la combinación de operaciones, por ejemplo estampado y colocar rines, y dejar las demás estaciones como están. Aquí se reparten las operaciones, con el fin de que los operadores logren un tiempo de ciclo de 32 segundos, el cual está dentro del tiempo *takt*.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

### **2.1 Generalidades**

Actualmente la empresa cuenta con cinco líneas de producción, independientes una de otra, todas con las mismas características para poder producir los refrigeradores industriales que ofrecen a sus clientes.

Dependiendo de la capacidad de la línea así es el tipo de equipo que fabrican, pero esto no produce cambios en el proceso de producción entre una línea y otra, por lo que a continuación se muestra un panorama general del mismo.

El proceso de producción de refrigeradores industriales está organizado en cada línea de producción por procesos de ensamble y sub-ensamble. Dicho proceso tiende a resultar complejo producto de la cantidad de componentes que se manejan para cada equipo a lo largo del mismo.

Al tener distintos productos para ofrecer a los distintos clientes que tiene la empresa, se presenta complejidad durante el proceso, puesto que no todos los productos utilizan la misma cantidad de componentes. Además todos los procesos de ensamble y sub-ensamble realizados son manuales, lo cual provoca un desgaste físico elevado en los trabajadores.

Para que los trabajadores de las líneas de producción tengan un mejor desenvolvimiento es necesario que tengan conocimientos básicos en cuanto a

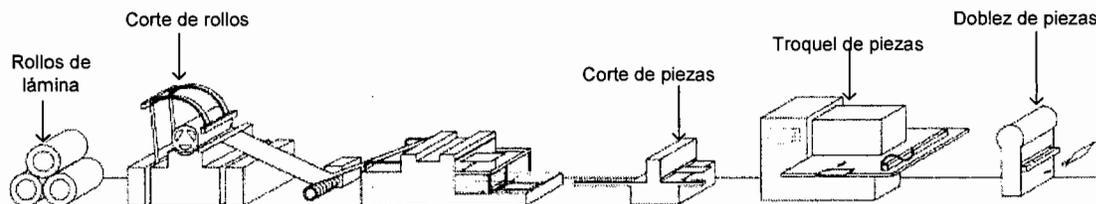
refrigeración y conexiones eléctricas, esto debido a la naturaleza del producto fabricado.

**Departamento de corte, troquel y dobléz.** El proceso de producción se inicia en este departamento, el cual está aislado de las líneas de producción ubicado en una sola área lo suficientemente amplia para poder realizar las piezas con las cuales son abastecidas todas las líneas de producción para poder fabricar los productos solicitados.

La primera operación a realizarse es el corte de la lámina, ya sea galvanizada o pre-pintada, dependiendo de las dimensiones requeridas para cada uno de los modelos que estén produciendo. Al tener las piezas cortadas, estas son enviadas a las máquinas troqueladoras, en las cuales les realizan los troqueles o perforaciones necesarias, en las distintas figuras que éstos requieran.

Finalmente las piezas son dobladas según los planos correspondientes, para ser enviadas a ensamble 1, el cual depende directamente de corte, troquel y dobléz para ser abastecido.

**Figura 2.** Operaciones del departamento de corte, troquel y dobléz.

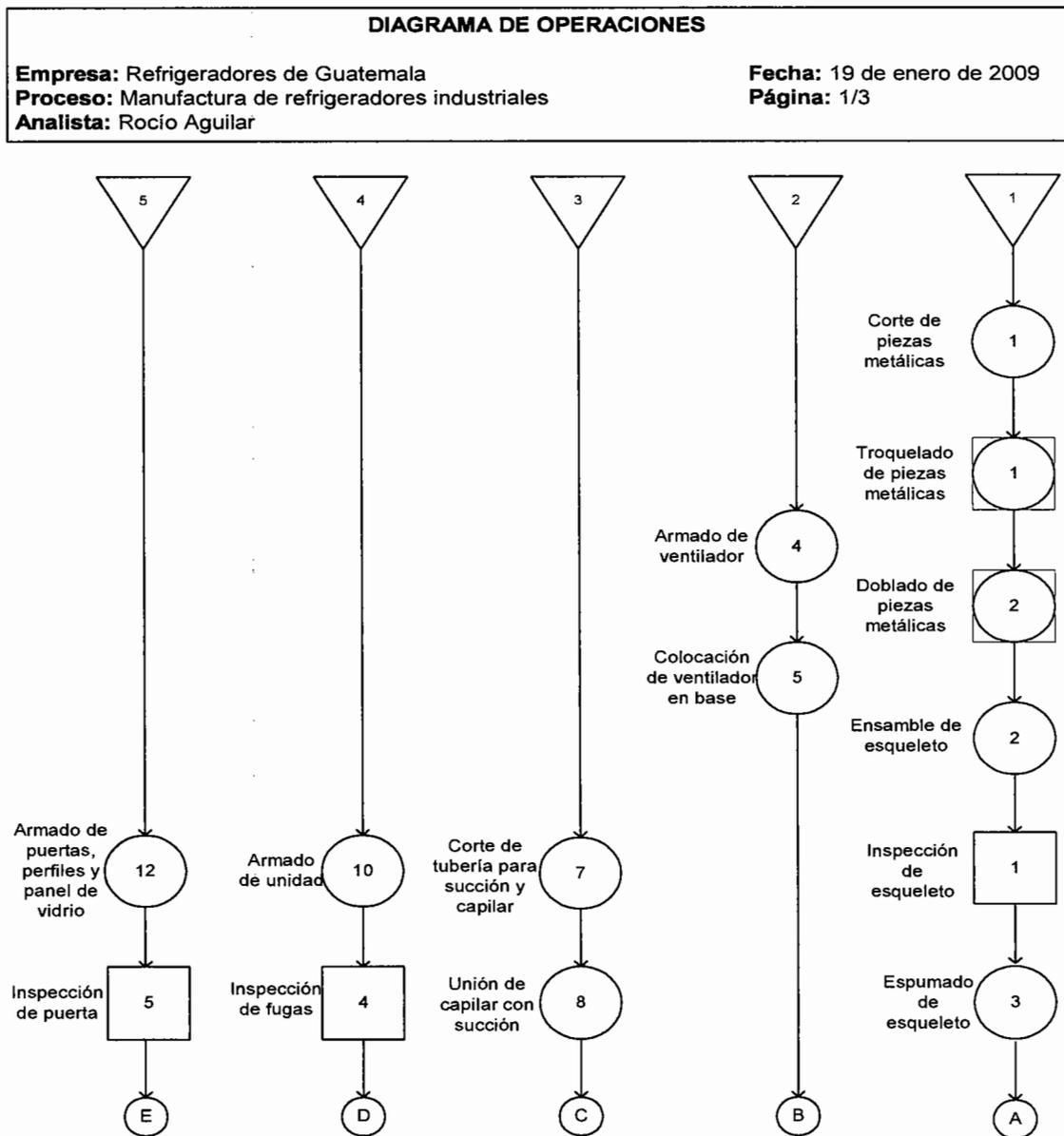


**Fuente:** Estudio de campo

## 2.1.1 Diagrama de operaciones del proceso

En el diagrama de operaciones del proceso, figura 3, se aprecian todas las operaciones e inspecciones que se llevan a cabo durante el proceso de producción de refrigeradores industriales.

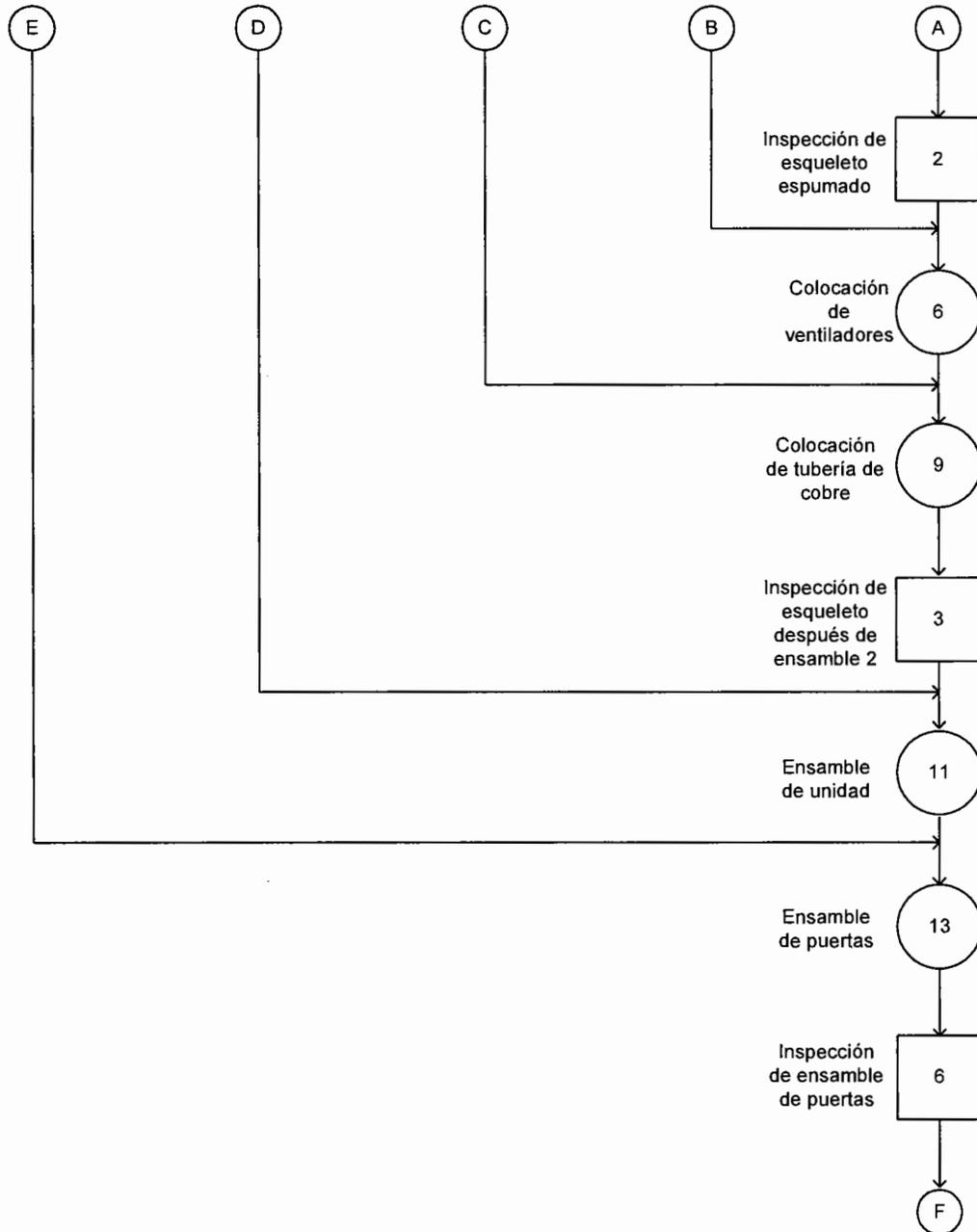
**Figura 3.** Diagrama de operaciones del proceso



### DIAGRAMA DE OPERACIONES

**Empresa:** Refrigeradores de Guatemala  
**Proceso:** Manufactura de refrigeradores industriales  
**Analista:** Rocío Aguilar

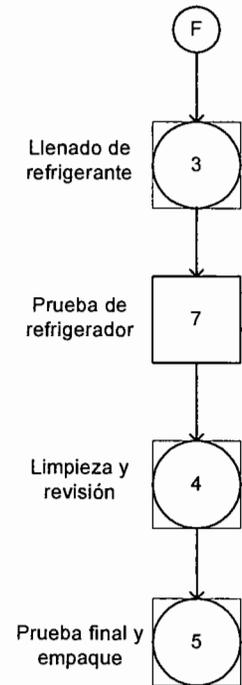
**Fecha:** 19 de enero de 2009  
**Página:** 2/3



## DIAGRAMA DE OPERACIONES

**Empresa:** Refrigeradores de Guatemala  
**Proceso:** Manufactura de refrigeradores industriales  
**Analista:** Rocío Aguilar

**Fecha:** 19 de enero de 2009  
**Página:** 3/3



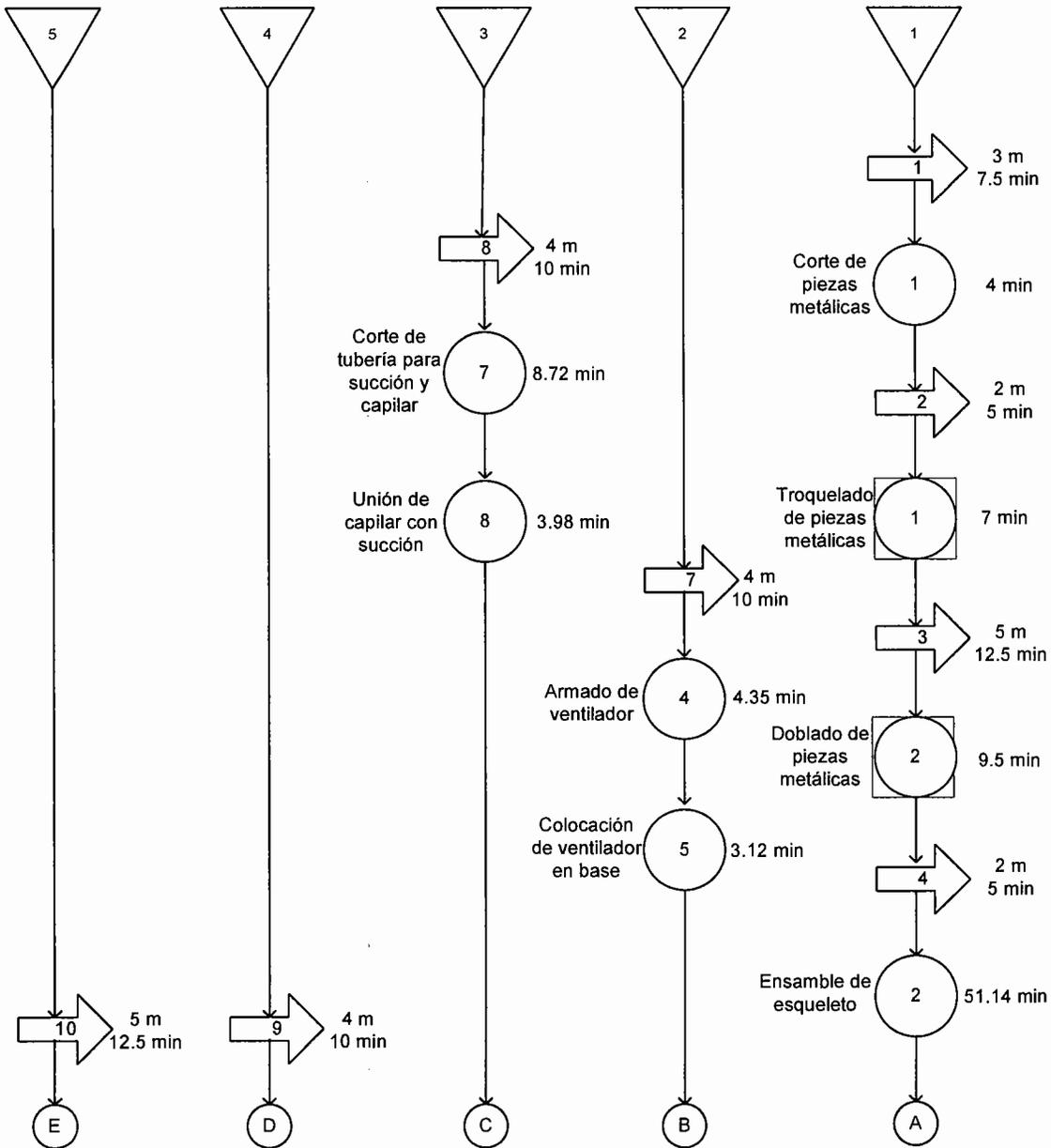
**Fuente:** Estudio de Campo

### 2.1.2 Diagrama de flujo del proceso

En la figura 4, la cual se muestra a continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de refrigeradores industriales. En él se podrán observar tanto las operaciones e inspecciones realizadas durante el proceso así como los transportes ejecutados.

**Figura 4.** Diagrama de flujo del proceso

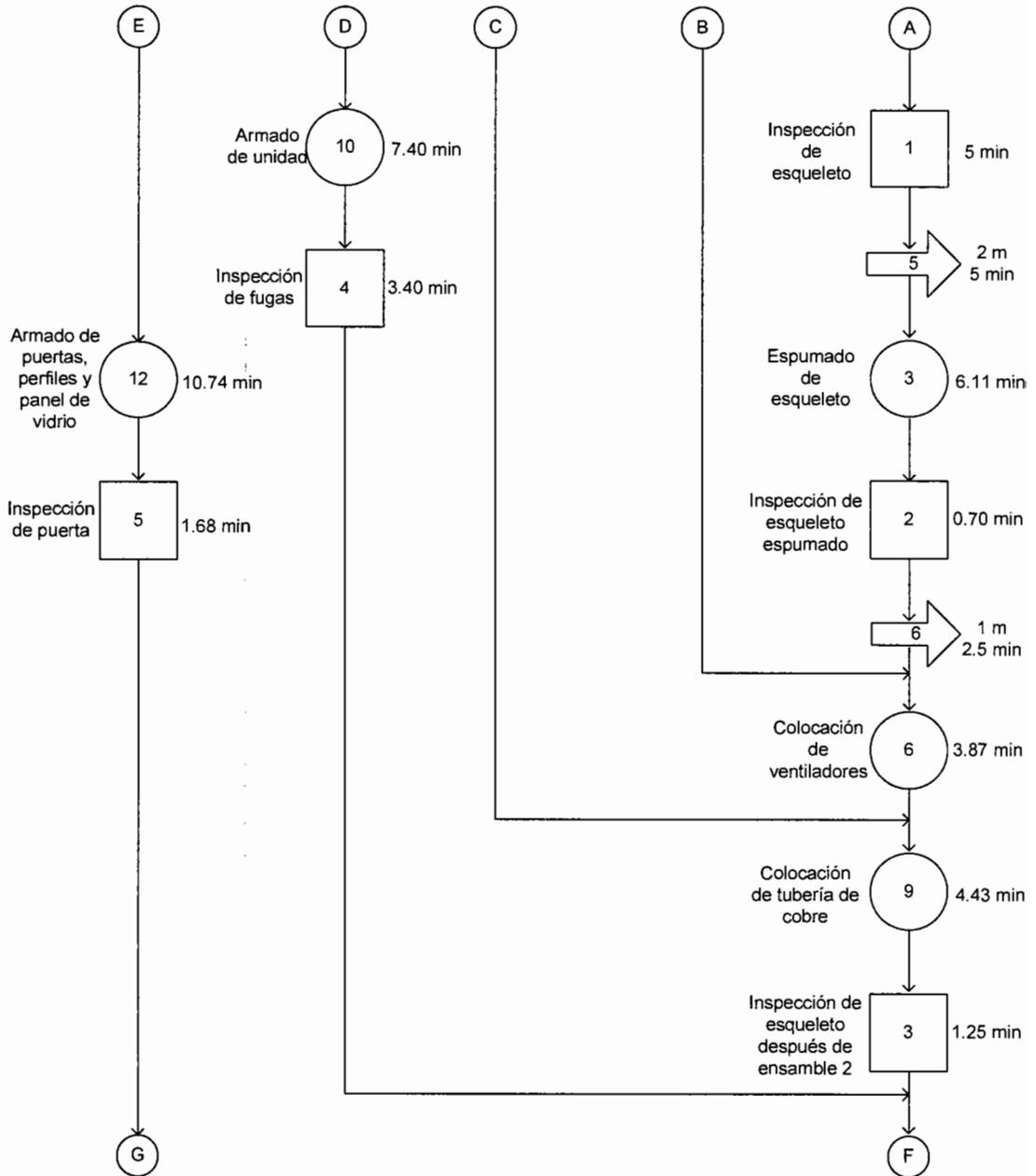
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>	
<b>Empresa:</b> Refrigeradores de Guatemala	<b>Fecha:</b> 19 de enero de 2009
<b>Proceso:</b> Manufactura de refrigeradores industriales	<b>Página:</b> 1/4
<b>Analista:</b> Rocio Aguilar	



**DIAGRAMA DE FLUJO**

**Empresa:** Refrigeradores de Guatemala  
**Proceso:** Manufactura de refrigeradores industriales  
**Analista:** Rocío Aguilar

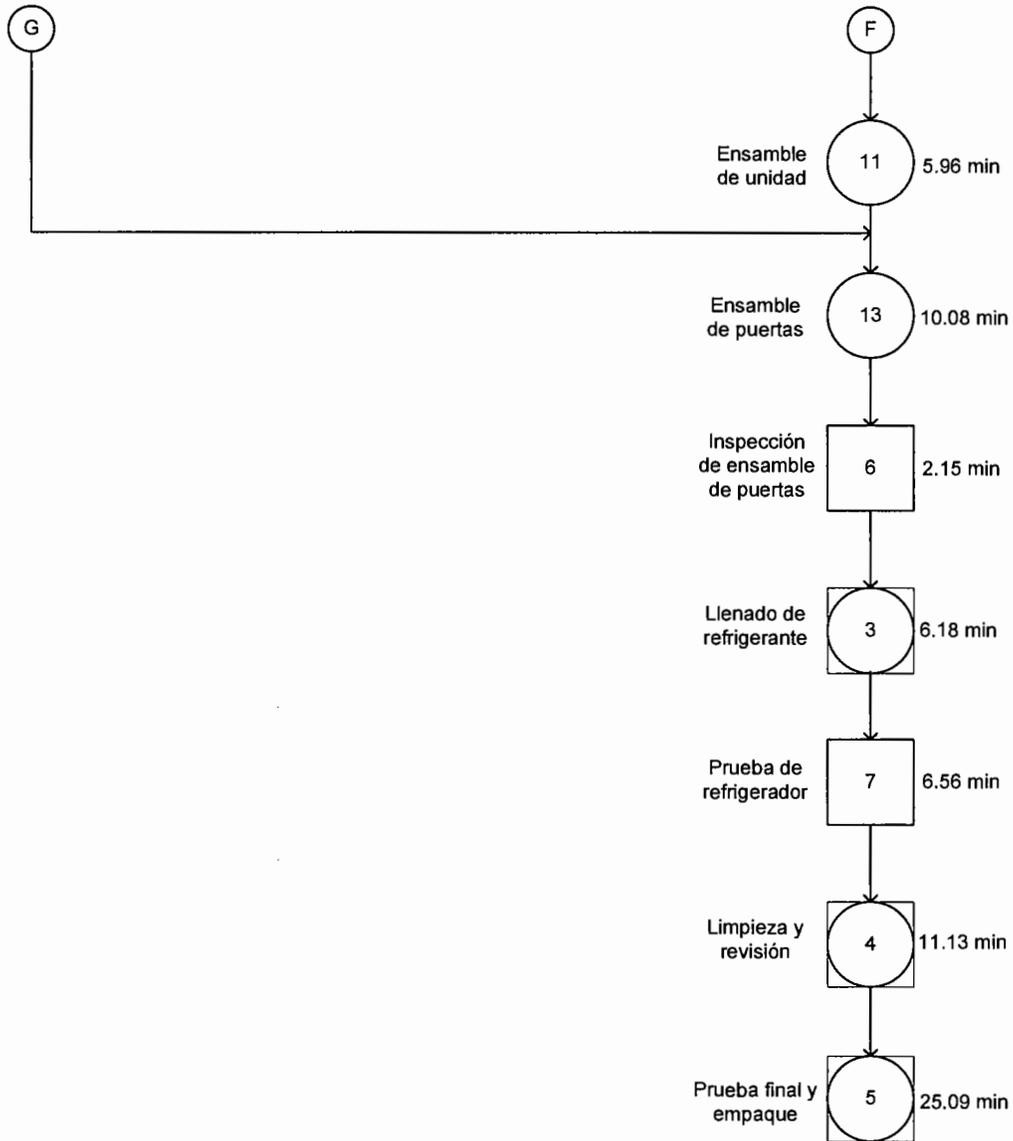
**Fecha:** 19 de enero de 2009  
**Página:** 2/4



### DIAGRAMA DE FLUJO

**Empresa:** Refrigeradores de Guatemala  
**Proceso:** Manufactura de refrigeradores industriales  
**Analista:** Rocío Aguilar

**Fecha:** 19 de enero de 2009  
**Página:** 3/4

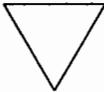
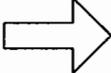


## DIAGRAMA DE FLUJO

**Empresa:** Refrigeradores de Guatemala  
**Proceso:** Manufactura de refrigeradores industriales  
**Analista:** Rocío Aguilar

**Fecha:** 19 de enero de 2009  
**Página:** 4/4

### RESUMEN

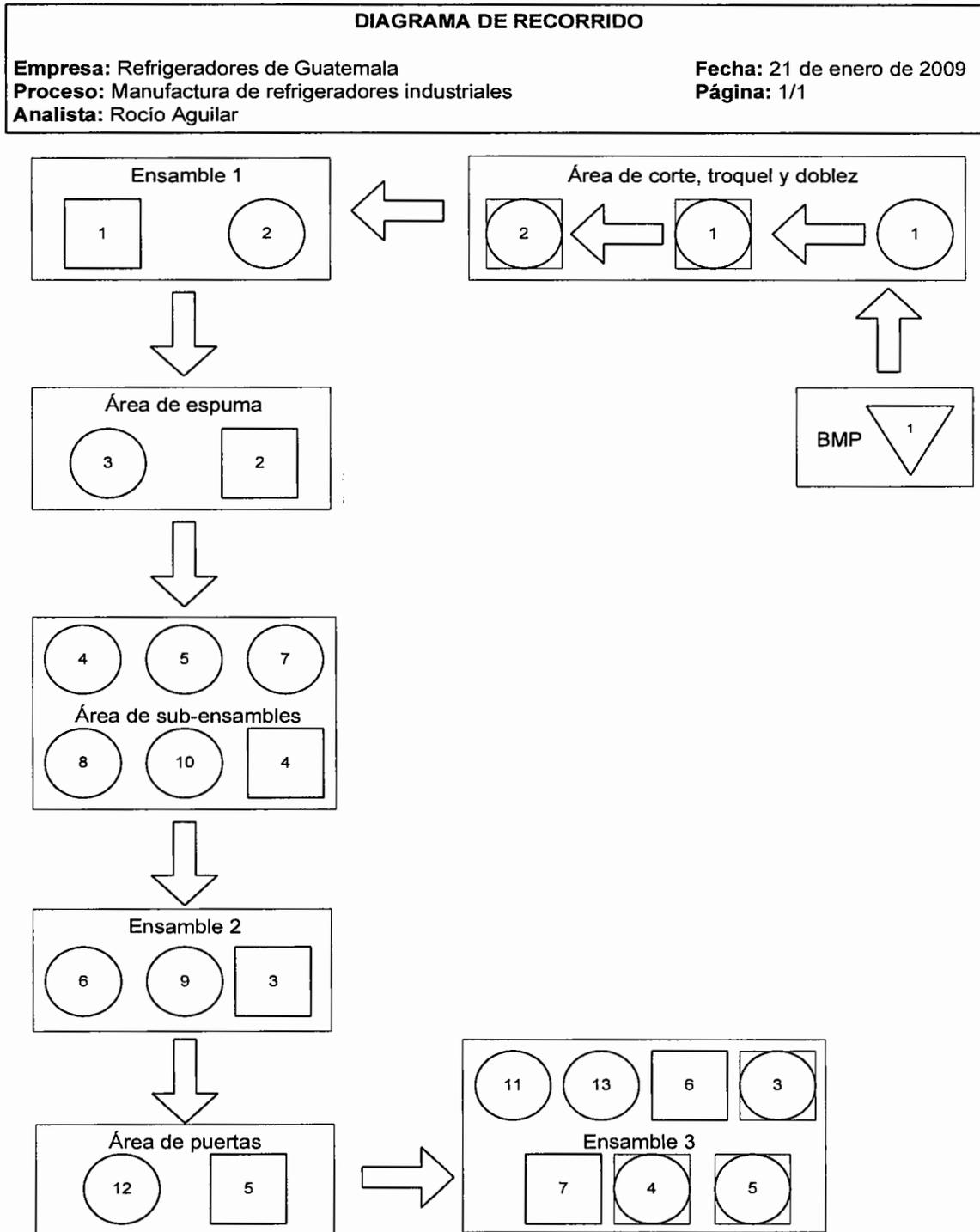
Figura	Cantidad	Tiempo	Distancia
	5	-	-
	10	77.50	32
	13	123.90	-
	5	58.09	-
	7	20.74	-
<b>TOTALES</b>	<b>40</b>	<b>280.83 min</b>	<b>32 m</b>

**Fuente:** Estudio de campo

### 2.1.3 Diagrama de recorrido del proceso

En el diagrama siguiente, identificado como figura 5, se puede apreciar la forma en que están organizadas cada una de las líneas de producción en la empresa de refrigeradores industriales, de tal forma que se podrá apreciar las operaciones realizadas en cada área de la línea.

**Figura 5.** Diagrama de recorrido



**Fuente:** Estudio de campo

Hay ciertas operaciones que no son realizadas específicamente en ensamble 3 como lo muestra el diagrama, sino que físicamente están divididas en otras áreas, éstas son: refrigeración, acabado final, pintura y empaque. Debido a que la distancia entre un área y otra es menor a un metro no está representado el transporte ocurrido en la línea de producción.

## **2.2 Descripción general del producto realizado**

La empresa encargada de la producción de refrigeradores industriales fabrica distintos productos, todos destinados a la preservación de los alimentos, incluyendo distintas características en cada uno de ellos correspondientes al tipo de alimento que pretenden conservar. Entre sus productos se encuentran cámaras refrigeradas de uso comercial, congeladores verticales, enfriadores de botellas, congeladores-conservadores y mostradores refrigerados.

Uno de los productos más vendidos por la empresa es la cámara refrigerada de uso comercial, la cual es de rápido enfriamiento y atractiva exhibición en los puntos de venta de refrescos, cervezas, jugos, lácteos, vinos, pasteles, embutidos, productos farmacéuticos y alimentos en general.

En los últimos años la empresa ha diseñado una línea de refrigeradores revolucionaria, la primera especial para cervecerías, con el objetivo de incrementar el rendimiento de su inversión en equipos de enfriamiento para los canales de consumo.

Esta línea incorpora un nuevo sistema de frío profundo para cerveza, formando una capa de escarcha en el exterior de las botellas al retirarlas del refrigerador para consumo inmediato. El producto puede ser enfriado a una temperatura de  $-6^{\circ}\text{C}$  ( $21^{\circ}\text{F}$ ) sin congelar el líquido. Estos equipos son apropiados para restaurantes, bares o cualquier negocio o evento de alto volumen de consumo inmediato.

Existen dos tipos de categorías de equipos en esta línea de productos, verticales y horizontales, para satisfacer diversos requerimientos de espacio y volumen en función de las características de los locales de sus clientes. A continuación se prestará mayor atención en los equipos verticales, puesto que son el objeto de estudio en el desarrollo del balance de línea que se presentará en los siguientes capítulos debido a que es el producto más elaborado de la empresa.

Los equipos verticales son apropiados para locales de reducido espacio pero de alto consumo. Utilizan puertas sólidas en vez de puertas de vidrio para evitar que se filtre el calor dentro de la unidad. Están totalmente decorados con calcomanías de alto impacto en las cuales se despliega su arte con un efecto visual de frío profundo sobre la imagen de la botella.

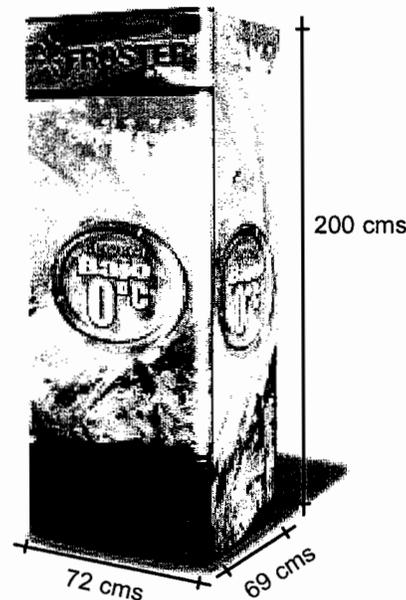
### **2.2.1 Dimensiones**

El equipo el cual es objeto de investigación en este trabajo de graduación, será identificado como equipo A, el cual hace referencia a un refrigerador mediano, vertical, y de puerta sólida curva.

La capacidad del equipo A es de  $0.515 \text{ m}^3$  (18 pies cúbicos), en el cual es posible almacenar 280 botellas de 12 onzas, equivalentes a 11.6 cajas de cerveza, incluyendo cuatro parrillas para su almacenamiento dentro del equipo.

Con una altura de 2 metros, 0.72 metros de frente y 0.69 metros de fondo, los equipos verticales decorados con calcomanías de alto impacto llaman la atención y estimulan visualmente el deseo por una cerveza bien fría. Es así, como en la figura 6 se pueden apreciar las dimensiones externas del equipo A.

**Figura 6.** Dimensiones externas del equipo



**Fuente:** Estudio de campo

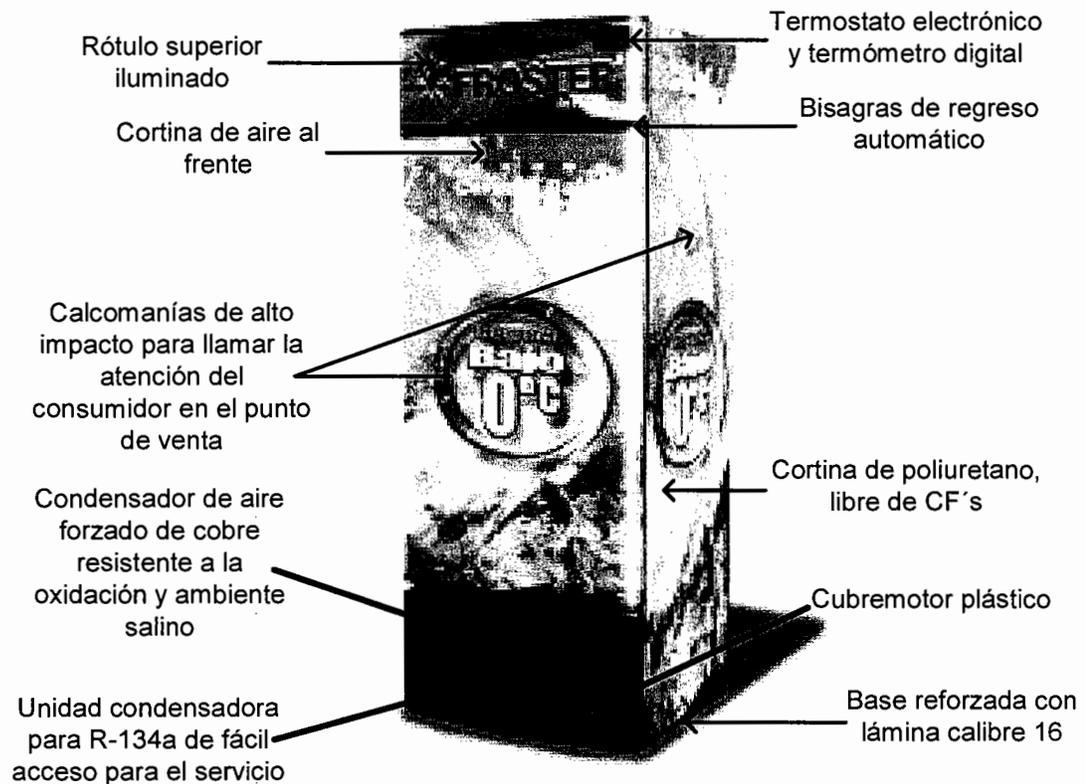
## 2.2.2 Elementos

Entre los distintos elementos o componentes que contiene el equipo A, los cuales resultan ser las especificaciones del mismo, puesto que son sus características específicas se tienen:

- ⊕ Termostato electrónico con pantalla de 9.7 cms x 4.9 cms y números de 3 cms para obtener una mayor visibilidad y con supresor de picos de corriente para protección del relay.
- ⊕ Cuenta con selector para dos rangos de temperatura, los cuales oscilan de -6 a -1 °C y -8 a -4 °C, para disfrutar cerveza bien fría “bajo cero”.
- ⊕ Cortina de aire frontal para enfriar primero y más rápido las botellas próximas a ser consumidas.
- ⊕ Rótulo superior iluminado.
- ⊕ Refrigeradores con el gas R-134a libres de CFC para la protección de la capa de ozono.

Cada una de las características del equipo, explicadas anteriormente se muestran en la figura 7, para una mejor apreciación de las mismas.

**Figura 7.** Características del equipo



**Fuente:** Estudio de campo

### **2.3 División organizacional del área de producción**

El área de producción no está encargada únicamente del proceso productivo, también tiene a su cargo áreas como lo son la seguridad e higiene industrial y mantenimiento, esto porque las actividades realizadas en ellas están ligadas directamente al proceso de producción, maquinaria y personal involucrado.

Para controlar toda el área de producción se encuentra a cargo un gerente de producción, quien tiene a su cargo al jefe de mantenimiento, al jefe de planta y al coordinador de seguridad e higiene industrial.

Mientras el área de mantenimiento se preocupa por mantener toda la maquinaria en buen estado para su óptimo funcionamiento, el área de seguridad e higiene industrial se preocupa porque todo el personal esté trabajando en condiciones seguras para poderse desempeñar de forma eficiente y así evitar accidentes laborales en la planta de producción.

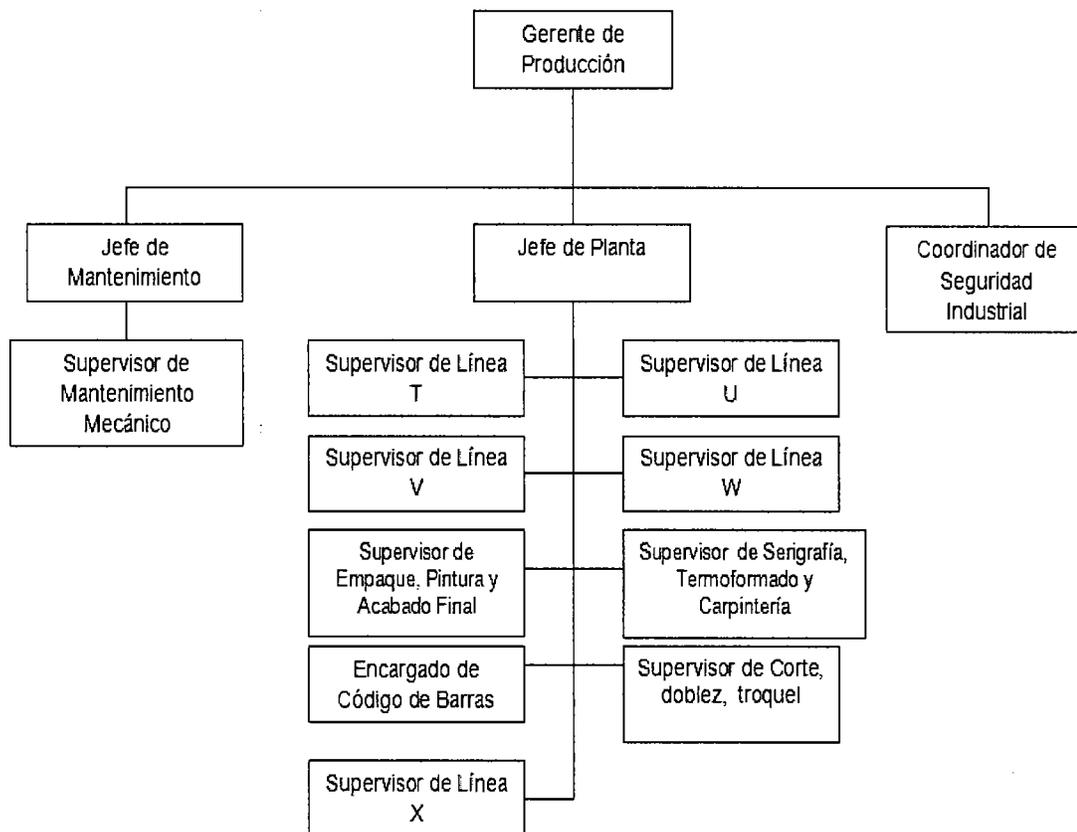
El jefe de planta se encarga de controlar directamente las operaciones de la planta de producción, coordinando de la mejor manera posible a los supervisores de las líneas de producción y de las otras áreas existentes, necesarias para cumplir con la demanda de sus clientes.

Entre las distintas áreas existentes en la planta de producción y que no están presentes en cada una de las líneas, se encuentran el área código de barras, pintura, acabado final, termoformado, corte, troquel y dobléz. Dichas áreas se encuentran aisladas, puesto que son encargadas de detalles del equipo, o de las piezas utilizadas a un inicio, por lo que sólo se encargan de abastecer cada una de las líneas de producción.

### **2.3.1 Organigrama**

En la figura 8 se muestra el organigrama del área de producción, en el cual se aprecia su división organizacional de forma gráfica.

**Figura 8.** Organigrama del área de producción



**Fuente:** Estudio de campo

## 2.4 Descripción de la línea de producción

Actualmente cada una de las cinco líneas de producción con las que labora la empresa inician su proceso de producción desde el área de ensamble 1, siendo abastecidas con las piezas enviadas por el departamento de corte troquel y dobléz, proceso explicado con anterioridad.

Es por ello que a continuación se detallarán las operaciones realizadas por cada una de las áreas que poseen las líneas de producción, de tal forma que se podrá comprender de forma más amplia el proceso de producción ejemplificado en las figuras 3, 4 y 5 a través de los diagramas del proceso.

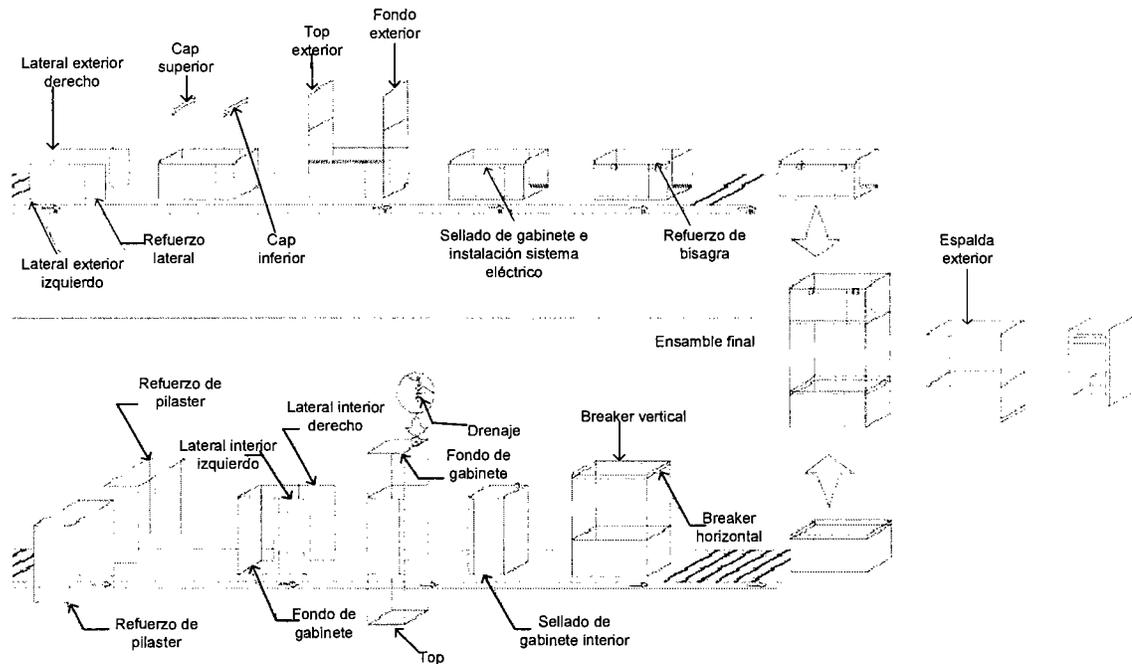
### **2.4.1 Ensamble 1**

El objetivo final de ensamble 1 es armar el esqueleto del refrigerador para luego llegar al área de espuma y ser procesado antes de llegar a ensamble 2. Para ello se seleccionan las piezas correspondientes a los gabinetes del modelo a fabricar, las cuales son enviadas por el área de corte, troquel y dobléz.

Para realizar los gabinetes, se ensamblan las piezas exteriores que lo conforman con grapas y tornillos. Luego se procede a elaborar los interiores del gabinete, los cuales se ensamblan de forma similar a sus exteriores, con la diferencia de que a estos se les instala el arnés eléctrico.

Al tener listos tanto los exteriores como los interiores, se procede a ensamblarlos para finalmente tener los gabinetes armados, los cuales conforman el esqueleto del refrigerador.

**Figura 9.** Proceso realizado en ensamble 1



**Fuente:** Estudio de campo

## 2.4.2 Espuma

La espuma es una mezcla la cual es inyectada a los equipos durante el proceso de producción para establecer una barrera al paso del calor entre dos medios (el equipo y el ambiente) que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.

Las sustancias que componen la espuma utilizada se encuentran en estado líquido al iniciar el proceso en este departamento, éstos son:

- + Polioli, agente el cual se polimeriza al momento de la mezcla.

- ÷ Ciclopentano, el cual actúa como agente expansivo.
- ÷ Isocianato el cual brinda la resistencia térmica y solidez a la espuma.

Conociendo los componentes de la espuma empleada en el proceso, se explican las actividades realizadas en el departamento de espuma, el cual empieza a operar tras ser abastecido directamente por ensamble 1. Es así como colocan los esqueletos en una cámara de presión, colocándoles alrededor moldes de madera para que no se deformen, debido a la expansión de la espuma que ocurrirá en el interior del refrigerador.

El proceso de la mezcla inicia en la máquina premix, donde se colocan el polioliol y el ciclopentano, ambos apolares, lo que causa se mantengan en constante movimiento. Al estar realizada dicha mezcla se envía directamente a la cámara de presión.

El isocianato se encuentra en el chiller a una temperatura ambiente, el cual se mezcla con el polioliol y el ciclopentano al momento en que son inyectados en el esqueleto del refrigerador, para lograr completar el proceso de espumado.

Al terminar de ser espumado el refrigerador es necesario darle un tiempo de curado, el cual consiste en 9 minutos aproximadamente, para evitar cualquier problema y lograr que la espuma solidifique correcta y completamente dentro del equipo.

### **2.4.3 Ensamble 2**

A este departamento llegan los esqueletos de los refrigeradores ya espumados y es considerado como una de las partes más complejas del proceso, puesto que se le instalan al esqueleto todos los principales componentes para su óptimo funcionamiento.

Al terminar esta parte del proceso el esqueleto se convierte ya en un equipo de refrigeración. Los componentes que son instalados al esqueleto son:

- + Evaporador
- + Baffle
- + Ventiladores
- + La tubería de cobre

### **2.4.4 Ensamble 3**

En esta área se procede a colocarle los últimos detalles al equipo, es por ello que se le instalan los siguientes elementos:

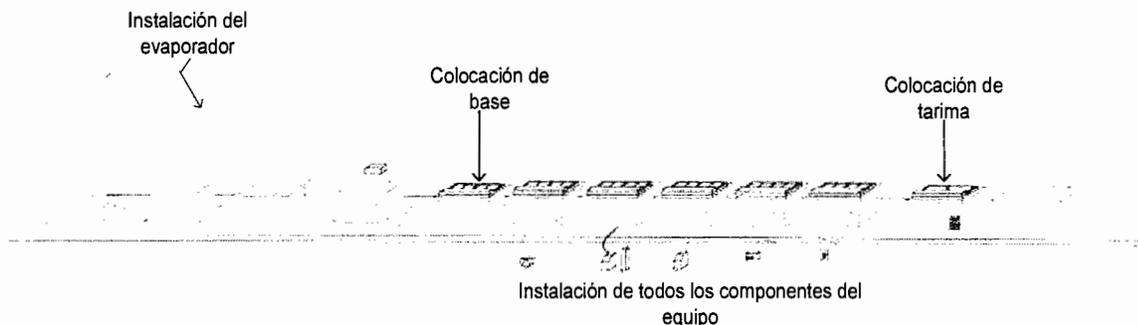
- + Tarima
- + Tapaderas para cubrir el motor
- + Tapaderas para cubrir la succión
- + La unidad del equipo
- + Puerta, una o dos según el modelo

### 2.4.5 Sub-ensambles

En este departamento se pre-ensamblan los componentes que son colocados en el equipo de refrigeración para que de esta forma al llegar a los departamentos de ensamble 2 y 3 ya sólo se instalen al equipo conectándolos a los arneses que les suministrarán la corriente eléctrica.

Es por ello que los evaporadores, los baffles, los ventiladores y las unidades son armadas en éste departamento, de tal forma que lleguen directamente a la línea para ser ensamblados en el equipo, conservando así la idea de que sus líneas de producción son líneas de ensamble.

**Figura 10.** Proceso realizado en ensambles 2 y 3



**Fuente:** Estudio de campo

### 2.4.6 Refrigeración

Teniendo el equipo completo se le introduce la carga de refrigerante que éste requiera para su óptimo funcionamiento. Es por ello que en éste departamento se llevan a cabo 3 operaciones en específico:

- + Soldar la tubería necesaria para hacer circular el refrigerante.
- + Preparar el equipo para hacer vacío e inyectarle el refrigerante.
- + Pruebas de fugas y eléctrica.

El ciclo de refrigeración en el equipo tiene las siguientes etapas:

- a) Inicia en el condensador el cual envía el refrigerante en estado líquido al evaporador.
- b) El evaporador convierte el refrigerante a estado gaseoso para enviarlo al compresor.
- c) Al llegar al compresor éste lo comprime enviándolo al evaporador para iniciar nuevamente el ciclo.

El refrigerante viaja por un tubo de drenaje y un capilar, ambos de cobre.

### **2.4.7 Puertas**

En este departamento de la línea como su nombre lo dice se encargan de armar las puertas sólidas que correspondan al equipo que se esté produciendo, las cuales al estar ensambladas deberán ser enviadas al departamento de espuma donde se procede de la misma forma que con los equipos. Tras estar espumadas las puertas son enviadas a ensamble 3 para poder instalarlas en el equipo.

Para armar las puertas se llevan a cabo tres actividades básicamente, éstas son:

- + Armar el frente de la puerta
- + Preparación del fondo de puerta
- + Ensamble del frente y el fondo de puerta

### **2.4.8 Acabado final**

Este es de los últimos departamentos que se encuentran en la línea de producción y está encargado de dar los últimos retoques al refrigerador antes de ser enviado al departamento de pintura.

Es así como se procede a dejar el equipo limpio de tal forma que al ser aplicada la pintura ésta quede en óptimas condiciones para conservar la mejor presentación del mismo.

Básicamente se procede a remover el masking-tape que sigue visible en el equipo para luego limpiar el gabinete por completo (tina, top, laterales y la espalda del mismo) así como la puerta.

### **2.4.9 Pintura**

La aplicación de pintura a los equipos se hace al finalizar el proceso de producción puesto que es necesaria para cubrir algunos imperfectos encontrados al finalizar, los cuales por lo general son producto de algunos rayones dados al material del equipo por su mala manipulación.

La pintura, al utilizarse para mejorar el acabado final debe ser aplicada en todo el equipo, es por ello que es aplicada en el frente, la puerta y la tina, para luego inspeccionar nuevamente el equipo y limpiarlo. Para finalizar se pinta la base del equipo, quedando listo para ser enviado a empaque.

### **2.4.10 Empaque**

En el área de empaque se termina de preparar el equipo para enviarlo con el cliente que realizó el pedido. El tipo de empaque puede variar un poco en base a su destino, dependiendo si el equipo es para exportación o para venta nacional.

Las variantes entre un empaque y otro radican básicamente en el número de calcomanías que llevan (puesto que algunas son llamadas de atención para los montacarguistas) o bien en la cantidad de *stretch film* que se le coloca alrededor para su protección.

En general las operaciones realizadas en este departamento son las de colocar las calcomanías y Np's que lleva el equipo, el rótulo superior iluminado, el instructivo y las parrillas que lleva dentro.

Finalmente empacan el equipo, colocándole una bolsa alrededor, esquineros de cartón y una capa de *stretch film* protegiéndolo así de una mejor manera al momento de trasladarlo.



## **3. PROPUESTA DE ESTUDIO DE TIEMPOS**

### **3.1 Planificación del estudio de tiempos**

Para empezar a realizar el estudio de tiempos, logrando con esto dar inicio al proyecto propuesto, es necesario pensar en los aspectos que influirán en el mismo para poder recabar los datos necesarios de la mejor forma posible obteniendo con ello información importante para su análisis.

Es por ello que a continuación se presentan dichos aspectos, los cuales son fundamentalmente el formato de la hoja de toma de tiempos y la metodología a ser utilizada, puesto que esto dirá la forma en que será realizado el estudio.

Para la realización del proyecto, el estudio de tiempos será realizado en la línea de producción conocida como “la línea X” puesto que se encuentra aislada de las otras cuatro con lo que logra facilitar el estudio y análisis a realizar, presentándose así como la línea piloto.

#### **3.1.1 Formato de la hoja de toma de tiempos**

La importancia de la hoja de toma de tiempos radica en la información que en ella se recopila, por eso debe tenerse claro los datos necesarios a obtener durante el estudio.

Es así como se logran establecer como datos necesarios a recopilar en las distintas áreas de la línea de producción X, los siguientes:

✦ Un encabezado que identifique los datos generales del estudio de tiempos, como lo son:

1. El nombre de quien lo elabora
2. El nombre de quien lo supervisa
3. La línea donde se realiza el estudio
4. El método en estudio
5. El personal que posee la línea
6. La fecha en que éste es realizado.

✦ El nombre del equipo y el departamento o área de la línea que son objeto de estudio en ese momento también son importantes mencionar, es por ello que estos se destacan antes de la tabla que contendrá los tiempos.

✦ En la tabla que se utilizará para recopilar los datos del estudio de tiempos contiene los siguientes campos:

1. **No.** El cual es correlativo correspondiente a la actividad realizada.

2. **Actividad.** En donde las actividades u operaciones realizadas se presentarán divididas en elementos.
3. **Tiempos.** Se presenta espacio para la toma de 10 tiempos para cada una de las actividades realizadas, éstos se presentarán en minutos por efectos de estudio.
4. **Calificación porcentual.** Sobre un 100% se calificará al operario conforme sea su desempeño al momento de realizar su trabajo.
5. **Suplementos porcentual.** Los cuales serán asignados al operario y la tarea que realizan en base a la naturaleza de la misma.
6. **No. de operarios.** Correspondiente al número de operarios empleados para desarrollar la actividad que está siendo observada.
7. **Tiempo estándar.** El cual será calculado hasta después en la hoja de cálculo programada en Excel.
8. **Observaciones.** El cual será utilizado si resultara necesario anotar aspectos relevantes de la actividad que está siendo observada.

En la figura 11 se presenta la hoja de toma de tiempos que será utilizada durante el desarrollo del estudio de tiempos, la cual fue explicada con anterioridad en base a la información que ésta contendrá.



No está de más aclarar que todos los cálculos necesarios se harán a través de hojas de cálculo de Microsoft Excel, programadas de tal forma que permitan analizar la información requerida de la mejor forma posible.

### **3.1.2.1 Método de cronometración**

La toma de tiempos durante el estudio propuesto se realizará utilizando el método de cronometración conocido como vuelta a cero, debido a que de esta forma se obtienen directamente los tiempos observados, ideal para el tipo de formato que se le dio a la hoja de toma de tiempos.

Utilizando el método de regreso a cero se ahorrará el trabajo de escritorio, puesto que no será necesario hacer restas entre una lectura y otra para obtener el tiempo observado, puesto que se obtendrá de forma directa.

Es así, como durante la toma de tiempos, al iniciar el ciclo de estudio de un elemento el cronómetro se encontrará en cero, al terminar de desarrollarse se detiene el cronómetro y se anota el tiempo observado. De esta forma el cronómetro se regresa a cero para empezar con el siguiente ciclo del mismo elemento, siendo esta la metodología de cronometración que se adaptará al momento de obtener los tiempos observados.

### **3.1.2.2 Ciclos de estudio**

En el capítulo 1 se vio que al utilizar el método de cronometración vuelta a cero, el error más fácil de cometer es comparar los valores de los tiempos observados entre un ciclo y otro para determinar el número de ciclos total a estudiar, puesto que podría reducir el tamaño de muestra en uno muy pequeño.

Es por ello que el número de ciclos a estudiar no será decidido durante la puesta en marcha del estudio de tiempos, de tal forma que a través de la similitud de los tiempos observados obtenidos se llegue a tomar la decisión de parar el estudio del elemento en cuestión.

Como la actividad de una operación y su tiempo de ciclo influyen en el número de ciclos que se pueden estudiar y en busca de realizar un estudio de tiempos objetivo, se utilizará un método estadístico para determinar el número de ciclos necesario.

Como los estudios de tiempos involucran sólo muestras pequeñas ( $n < 30$ ) de una población, debe usarse una distribución t, por lo que es posible utilizar la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{t \cdot s}{k \cdot \bar{x}} \right)^2$$

Donde:

n = número de ciclos a realizar

t = parámetro estimado con  $n - 1$  grados de libertad

s = desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$  = media de la muestra

k = fracción aceptable de  $\bar{x}$

Para poder sustituir los datos correspondientes en dicha fórmula se debe obtener una estimación real de  $\bar{x}$  y s a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación mas alta (Niebel, 2004). Es así como se realizó un estudio piloto para un elemento de una actividad importante realizada en el área de ensamble 1, ensamble de gabinete, a continuación se muestran los datos recopilados:

**No. Lectura (min)**

1	3.54
2	3.85
3	3.99
4	3.74
5	3.15
6	3.42
7	3.63
8	4.02
9	3.74
10	3.20
11	3.85
12	3.62
13	3.95
14	3.87
15	3.89

Como se puede apreciar en el listado anterior, se obtuvieron 15 lecturas para la actividad elegida, la cual mostró una media de 3.70 y una desviación estándar de 0.27, con una probabilidad de error del 5% para 14 grados de libertad lo que conduce a  $t = 2.14$ . Al resolver la ecuación se obtiene:

$$n = \left( \frac{2.14 \times 0.27}{0.05 \times 3.70} \right)^2 = 9.75 \approx \underline{\underline{10 \text{ observaciones}}}$$

Para asegurar la confianza requerida, siempre se redondea hacia arriba, es por ello que se llega a concluir que el número de ciclos de estudio conveniente a realizar es el de 10 ciclos por elemento, con los cuales se podrá determinar un tiempo medio representativo de las operaciones efectuadas.

### **3.1.2.3 Equipo a utilizar**

Entre los aspectos importantes a considerar para la planificación del estudio de tiempos se encuentra determinar el equipo necesario a utilizar para lograr que su desarrollo sea eficiente, tomando siempre en cuenta los recursos disponibles dentro de la Empresa.

Es por ello que entre el equipo que se va a utilizar durante la realización del estudio propuesto se encuentran:

- ✦ Tabla para el estudio de tiempos, la cual será de madera y con un gancho arriba para sostener la hoja que se esté utilizando.
- ✦ La hoja de observaciones, para anotar los tiempos observados durante la realización de las operaciones identificadas, cuyo formato se explicó con anterioridad.
- ✦ Cronómetro electrónico que presenta una resolución de un centésimo de segundo.
- ✦ Calculadora de bolsillo, para poder realizar los cálculos pertinentes al momento de convertir los tiempos observados, los cuales se obtendrán en segundos y para efectos de estudio se analizarán en minutos.

### **3.1.3 Proceso de informar al empleado sobre el estudio de tiempos**

Antes de iniciar el estudio de tiempo es indispensable informarle al empleado de la realización del mismo, para que esté consciente del mismo con lo cual no afectará al estudio, puesto que su percepción sobre el mismo podría afectar los tiempos observados que se obtengan.

El estudio nunca debe hacerse en secreto, de ser así, el momento en el cual el operario llegue a darse cuenta de lo que sucede podría reaccionar de forma negativa frente al mismo sin deseos de cooperar en el mismo, perjudicando su desarrollo.

Es por ello que dentro de la Empresa de refrigeradores industriales, antes de iniciar el estudio de tiempos, se le informará al supervisor de la línea X sobre el mismo, para que esté conciente de que su línea fue elegida como la línea piloto para poder estudiar a fondo el proceso de fabricación de la Empresa.

De esta forma el supervisor de la línea estaría informado de la presencia de la analista en su línea y los objetivos que busca el mismo cumplir en ella, con lo cual le hará saber a los encargados de las distintas áreas de la situación para que éstos hablen con la gente que tienen a su cargo.

Al momento en el cual la analista llegue a cada una de las áreas de trabajo, hablará con el encargado de la misma para que reúna a todos sus empleados con el objetivo de comunicarles lo necesario respecto al estudio que se realizará en la línea de producción, para que de esta forma no se sientan incómodos durante su desarrollo.

Es por ello que se les informará que estarán siendo observados durante el desempeño de sus actividades, para lo cual también se les tomará el tiempo que tarden en realizarlas, con el fin de entender mejor el proceso de producción y así poder revisar la distribución de cargas de trabajo en toda la línea de producción, puesto que de ser necesario éstas serán balanceadas y todos puedan tener cargas de trabajo similares.

### **3.2 Toma de tiempos y análisis de las estaciones de trabajo**

Tras haber planificado el estudio de tiempos, se procede a su realización, prestando atención a las distintas estaciones de trabajo que se encuentran dentro de la línea, puesto que el éxito de dicho estudio depende en gran parte del análisis objetivo y eficiente de cada una de ellas.

Es por ello que se propone analizar dos estaciones de trabajo por día en promedio, esto dependiendo en gran parte del número de operaciones realizadas en cada una de ellas, puesto que si hay tiempo disponible para analizar más estaciones en el mismo día se procederá a efectuarlo, con el objetivo de aprovechar el tiempo al máximo.

#### **3.2.1 Elección del operario**

Cuando se debe elegir al operador es necesario considerar los siguientes puntos:

- ⊕ **Habilidad.** Elegir a un trabajador con habilidad promedio.
- ⊕ **Deseo de cooperar.** Nunca seleccionar a un trabajador que se opone.

- ÷ **Temperamento.** No debe elegirse a un trabajador nervioso.
- ÷ **Experiencia.** Es preferible elegir a un trabajador con experiencia (García, 2005).

Todas estas sugerencias expuestas por García Criollo parecen óptimas para ser tomadas en cuenta al momento de seleccionar al operario que será elegido para ser observado durante el estudio de tiempos, pero para fines prácticos no es posible hacer énfasis en el deseo de cooperar del mismo y su temperamento.

Por la forma en que se va desarrollando el proceso de producción en cada una de las estaciones de trabajo, no se puede hablar de una selección del operario como tal, puesto que están distribuidos de tal forma que ellos se encargan de ciertas actividades en específico.

Es por ello, que es importante que el departamento de Recursos Humanos seleccione bien al operario antes de ser contratado, por lo que les dan dos meses de prueba para ir viendo su desenvolvimiento dentro de la línea de producción. De tal forma, que ayuda a reforzar dos de los puntos que parecen primordiales al momento de seleccionar al operario: la habilidad y la experiencia.

Es así, como no se entrará en un proceso de selección del operario al momento de realizar el estudio de tiempos, puesto que se sabe que el personal distribuido en la línea de producción es personal competente que puede desenvolverse como un operario promedio como mínimo.

### **3.2.2 Posición del observador**

Al haber seleccionado al operario cuyo trabajo será estudiado, queda claro que es necesario informarle al mismo la esencia del estudio y lo que se hará al respecto. Esto es pedirle que trabaje a su ritmo habitual, haciendo las pausas a las que esté acostumbrado, explicándole y aclarándole al observador todo lo que éste necesite saber acerca de la operación en estudio.

La posición del observador con relación al operario es importante, puesto que debe situarse en un punto en el cual pueda observar a la perfección todo lo que el operario hace, prestando especial atención a sus manos, sin entorpecer sus movimientos ni distraerlo de su trabajo.

Es por ello que se propone ubicarse a un lado del operario, a unos metros de distancia y un poco atrás, con lo cual no se hará sentir incómodo al operario, y de ser necesario éste podrá voltearse para hacer preguntas o aclarar aspectos relacionados a la operación que realiza.

También es importante tener la hoja de tiempos bien sujeta al tablero, de tal forma que no se pierda tiempo acomodando la hoja durante el estudio, lo que podría causar falta de atención al operario observado y errores en la toma de tiempos. Por lo que se aconseja tener el tablero y el cronómetro en una línea de visión que permita ver la hora y anotar sin dejar de observar el trabajo estudiado.

El estudio de tiempos exige intensa concentración y constante atención, particularmente para tomar el tiempo de elementos o ciclos breves, y está generalmente reconocido que de pie es más fácil mantenerlas (Niebel, 2004).

### **3.2.3 División de la operación en elementos**

Para fines de observación y cronometraje de un proceso seleccionado, es necesario dividir las distintas operaciones del mismo en elementos. Por lo que podemos definir un elemento, como una parte esencial y definida de una actividad en especial.

Es necesario que los elementos sean de fácil identificación (teniendo su inicio y fin claramente definidos) y lo más breves posibles. También es inevitable separar los elementos manuales de los mecánicos, puesto que no se puede influir en el tiempo de ciclo de una máquina.

Durante el capítulo 2 se explicó a grandes rasgos lo que es el proceso de producción actual de refrigeradores industriales, donde se dio a conocer de forma general las actividades desarrolladas en cada una de las áreas que componen una línea de producción.

De tal forma que a continuación, se presenta dicho proceso de producción expuesto de una forma más específica, datos obtenidos al realizar el estudio de tiempos. En los siguientes incisos, encontraremos todas las actividades que se realizan en las distintas áreas de la línea de producción, por lo que todas las operaciones se presentan divididas en elementos junto con su tiempo medio observado a lo largo del estudio.

#### **3.2.3.1 Ensamble 1**

En la tabla I, se muestran las 7 operaciones realizadas en el área de ensamble 1 divididas en sus elementos respectivos. En la columna que lleva por nombre TMO, se presentan los tiempos medios observados que se obtuvieron tras realizar 10 tomas de tiempo de cada elemento.

**Tabla I. Estudio de tiempos en ensamble 1**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>TMO (min)</b>
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Armar tina	5.86
2	Pre-sellar tina	1.41
3	Colocar tapa espuma	0.47
4	Colocar refuerzo de pilaster	1.42
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Colocar braker	0.97
2	Colocar permagón	1.02
3	Terminar de sellar	1.41
4	Colocar duroport	0.45
5	Colocar arnés	4.85
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Limpiar exterior de lateral	0.43
2	Preparar marco	0.49
3	Instalar marco	0.36
4	Voltear y limpiar interior	0.46
5	Colocar cinta doble cara al lateral	0.78
6	Preparar refuerzo de lateral	0.60
7	Instalar refuerzo de lateral	0.42
8	Preparación de cap frontal	0.77
<b>OPERACIÓN 4</b>		
1	Preparación de fondo	0.73
2	Preparación de top	0.17
3	Ensamble de gabinete	3.99
4	Colocar permagón	1.01
5	Colocar cinta adhesive	1.64
6	Colocar refuerzos	1.15
<b>OPERACIÓN 5</b>		
1	Preparar bisagras (refuerzos)	0.20
2	Colocar bisagras y refuerzos	1.43
3	Instalar calefactor, sellar y colocar trozos de espuma	1.51
4	Colocar cinta de aluminio	1.96
5	Enrollar succión	0.54
<b>OPERACIÓN 6</b>		
1	Unión de tina y gabinete	7.08
<b>OPERACIÓN 7</b>		
1	Preparar espalda	1.48
2	Preparación para colocación de espalda	2.10
3	Colocación de espalda	7.05

**Fuente:** Estudio de campo

El personal que opera en dicho departamento corresponde a una cantidad de siete trabajadores, estando encargados de una operación en específico cada uno.

### 3.2.3.2 Espuma

En el área de espuma, se trabajan tanto el gabinete del equipo como la puerta que éste lleve, de tal forma que entre sus actividades principales se encuentran enmoldar el equipo para después espumarlo.

En la tabla II se presenta el estudio de tiempos realizado al inyectar espuma al gabinete del equipo, en estación de trabajo todas las actividades son realizadas por un equipo de 4 operarios, por la naturaleza de las mismas, es por ello que los tiempos medios observados se dividieron entre 4, para mostrar la aportación de cada uno al tiempo de ciclo total.

**Tabla II. Estudio de tiempos para espumado de gabinete**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Colocación del tape	0.87
2	Colocación de equipo	0.60
3	Enmoldar equipo	0.99
4	Inyectar espuma	0.34
5	Curado de la espuma	2.25
6	Desenmoldar equipos	0.77
7	Quitar tape	0.65

**Fuente:** Estudio de campo

Para el espumado de puertas se emplean equipos de 2 personas, el estudio de tiempos para esta actividad se muestra a continuación en la tabla III.

**Tabla III. Estudio de tiempos para espumado de puerta**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>TMO (min)</b>
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Enmoldar puertas	0.69
2	Perforación para inyectar espuma	0.41
3	Inyectar espuma	0.17
4	Curado de espuma	1.13
5	Desenmoldar puertas	0.55

**Fuente:** Estudio de campo

### **3.2.3.3 Ensamble 2**

A este departamento llegan los esqueletos de los refrigeradores tras haber sido espumados, de tal forma que al terminar el proceso en dicha área éstos se convierten en un equipo de refrigeración.

Esto se debe a que dentro del esqueleto son instalados diversos componentes, como lo son evaporador, condensador, baffle, ventiladores y la tubería de cobre.

Actualmente, para el desarrollo de sus distintas actividades en dicha área, se cuenta con un personal correspondiente a cinco operarios, totalmente calificados para el éxito de las mismas.

Al observar la tabla IV, la cual contiene las operaciones realizadas en dicho departamento, divididas en sus respectivos elementos, junto con sus tiempos medios observados, se hace evidente los componentes que son instalados al esqueleto y que fueron mencionados anteriormente.

**Tabla IV. Estudio de tiempos en Ensamble 2**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>TMO (min)</b>
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Instalar los drenajes	0.49
2	Perforación de pilaster	1.03
3	Perforación de ventilador	0.20
4	Perforación de bushings	0.40
5	Colocar deflector	0.50
6	Colocar bushings	0.24
7	Colocar sensors	0.84
8	Colocar refuerzo de grada	0.08
9	Colocar grada	1.27
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Colocar rivnuts	0.33
2	Colocar EL-1000	0.49
3	Colocar pilaster	2.47
4	Colocar balastro	0.33
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Colocar cable de tierra	0.26
2	Colocar abrazadera de tubería	0.14
3	Colocar base	1.81
4	Colocar tarima	0.87
5	Quitar filo al soporte de tapa succión	0.24
6	Perforación de cubremotor	1.00
<b>OPERACIÓN 4</b>		
1	Aspirar el equipo	0.14
2	Colocar 2 deflectores curvos	0.48
3	Colocar clip de sensor	0.15
4	Colocar evaporador	1.97
5	Colocar 2 deflectores de aire	0.46
6	Doblar succión	0.55
<b>OPERACIÓN 5</b>		
1	Colocar ventilador	1.02
2	Colocar mariposas	0.24
3	Enrollar sensors	1.44
4	Colocar baffles	1.07
5	Colocar tapa baffle	0.13

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.2.3.4 Ensamble 3

El departamento de ensamble 3 cuenta con cuatro operarios para realizar sus distintas actividades, entre las que destacan colocar tapadera para cubrir la succión, instalar la unidad del equipo así como la puerta, lo cual se aprecia en la tabla V, correspondiente a su estudio de tiempos.

**Tabla V. Estudio de tiempos en Ensamble 3**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 0</b>		
1	Voltear equipo	0.29
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Perforaciones de tapasucción	0.41
2	Colocar tornillos	0.50
3	Colocar cable de tierra	0.17
4	Colocar manguera	0.80
5	Colocar tapa succión	0.33
6	Instalar unidad	1.16
7	Cortar manguera	0.25
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Perforaciones para remaches	0.90
2	Colocar remaches	0.77
3	Colocar rivnuts	2.92
4	Amar bisagra de puerta	1.80
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Conectar EL-1000	0.41
2	Colocar abrazaderas	0.21
3	Conectar switch y balastro	0.32
4	Colocar lámpara	0.16
5	Conectar relay	0.43
6	Colocar L de rótulo	1.01
<b>OPERACIÓN 4</b>		
1	Perforar para bisagras	1.72
2	Colocar bisagra superior	0.45
3	Instalar puerta	1.06
4	Aplicar calor y limpiar empaque	1.30

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.2.3.5 Sub-ensambles

Como se expuso en el capítulo 2, ésta área realiza sus actividades antes que los equipos lleguen a ensambles 2 y 3, para que en ellos simplemente se ensambren las piezas armadas en dicha área, por lo que se divide en tres: evaporadores, baffles y unidades.

- + **Evaporadores.** Para el sub-ensamble de evaporadores cuentan con 2 operarios, por lo que cada uno realiza cuatro actividades distintas, esto se aprecia en la tabla VI junto con los tiempos medios observados para cada actividad.

**Tabla VI. Estudio de tiempos en sub-ensamble de evaporadores**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Amarrar resistencia a evaporador	2.93
2	Pegar capilar a tubería de succión	1.90
3	Doblar succión	1.01
4	Soldar succión al evaporador	2.66
5	Realizar prueba de fugas	2.36
6	Pegar cinta asfáltica a acumulador	0.98
7	Expandir succión	0.28
8	Colocar en carrito de transporte	0.26

**Fuente:** Estudio de campo

- + **Baffles.** En el área de baffles se realizan dos operaciones, la preparación de baffle y la preparación de ventilador y soporte de abanico, realizadas ambas por un sólo operario. El estudio de tiempos ejecutado en dicha área se muestra en la tabla VII.

**Tabla VII. Estudio de tiempos en sub-ensamble de baffles**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Quitar filo a baffle	1.17
2	Colocar rivnut a baffles	0.79
3	Colocar cinta doble cara a pana	0.33
4	Ensamblar pana con baffle	1.21
5	Colocar bombilla a baffle	0.45
6	Colocar tapa de bombilla	0.29
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Repasar agujeros a base de ventilador	0.24
2	Colocar rivnut a base de ventilador	0.47
3	Preparar soporte de abanico	0.81
4	Colocar base a motor	0.79
5	Colocar aspa de motor	0.24
6	Ensamblar base de soporte de motor	0.50

**Fuente:** Estudio de campo

- ⇒ **Unidades.** Para realizar las actividades en el área de sub-ensamble de unidades cuentan en la actualidad con dos operarios, los tiempos medios observados se muestran en la tabla VIII.

**Tabla VIII. Estudio de tiempos en sub-ensamble de unidades**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Corte de tubería	0.38
2	Armar motor	1.28
3	Soldadura de tubería	3.79
4	Preparar calefactor	1.51
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Armar unidad sobre riel base	3.82
2	Colocar arnés eléctrico	2.51
3	Prueba de fugas	3.14

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.2.3.6 Refrigeración

El área de refrigeración está dividida en tres áreas, en cada una de ellas se desarrolla una operación distinta:

- + Fosa de soldadura de tubería
- + Estación de vacío y carga
- + Estación de pruebas de fugas y eléctrica

Es así como al encontrar las operaciones 1, 2 y 3 en la tabla IX, se hace referencia a cada una de las estaciones anteriormente citadas, en las cuales se desarrollan las actividades que se describen en dicha tabla junto con sus tiempos medios observados.

**Tabla IX. Estudio de tiempos en el área de refrigeración**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Acomodar, limpiar tubería y calibrar capilar	2.88
2	Soldar tubería	1.53
3	Purgar con aire	0.53
4	Soldar capilar	0.41
5	Inyectar nitrógeno y dejar con presión el sistema	0.46
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Prueba de fugas (jabón)	1.75
2	Preparar equipo para hacer vacío	0.44
3	Hacer vacío	2.25
4	Inyectar refrigerante	1.68
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Prueba de HyPot y de corto	0.38
2	Prueba de fugas (detector)	1.16
3	Hacer pinch off y hacer prueba del vaso de agua	1.92
4	Conectar sistema eléctrico	1.40
5	Probar sistema eléctrico y esperar condensación	1.34

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.2.3.7 Puertas

Para la elaboración de las puertas sólidas que utilizan los equipos, emplean 4 operarios, para las cuales realizan tres operaciones:

- ± Armado de frente de puerta
- ± Preparación de fondo de puerta
- ± Ensamble de frente y fondo de puerta

**Tabla X. Estudio de tiempos en el área de puertas**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Colocar agarrador y esponja	1.24
2	Colocar cap metálico y sellar cap	2.28
3	Colocar trozos de espuma	0.45
4	Colocar fondo y sellar con cap plástico	1.26
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Colocar agarrador y esponja	1.24
2	Colocar cap metálico y sellar cap	2.28
3	Colocar trozos de espuma	0.45
4	Colocar fondo y sellar con cap plástico	1.26
5	Preparar fondo de puerta	1.64
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Quitar filo de descansador	0.61
2	Limpieza	0.97
3	Colocar empaque	1.34
4	Atornillar cap plástico y descansador	1.98
<b>OPERACIÓN 4</b>		
1	Quitar filo de descansador	0.61
2	Limpieza	0.97
3	Colocar empaque	1.34
4	Atornillar cap plástico y descansador	1.98

**Fuente:** Estudio de campo

En la tabla X se observan cuatro operaciones y no tres como se describió anteriormente, esto debido a que la operación 3 y 4 consisten en las mismas actividades, lo cual se demuestra al observar los elementos de cada una y sus tiempos medios observados (éstos son exactamente iguales). En dicho estudio se muestran como dos operaciones distintas, puesto que son realizadas por un equipo de dos personas y facilitará el análisis de dicha estación de trabajo al realizar el balance de líneas.

### 3.2.3.8 Acabado final

Como se puede observar en la tabla XI las operaciones desarrolladas en acabado final son simples, de tal forma que no presentan una gran división en elementos que las compongan.

La división presentada en cuatro operaciones, se muestra necesaria al demostrar durante el estudio de tiempos que son realizadas por distintos operarios, con lo que se sabe que son 4 los que trabajan en dicha área.

**Tabla XI. Estudio de tiempos en acabado final**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>TMO (min)</b>
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Limpieza de tina	2.36
2	Cavidad de rótulo	1.27
3	Limpieza de puerta	1.46
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Remover masking tape	4.65
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Limpieza de espalda de equipo	3.77
<b>OPERACIÓN 4</b>		
1	Limpieza de top y laterales	3.01

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.2.3.9 Pintura

El área de pintura, ya es de las últimas estaciones de trabajo por las cuales pasa el equipo antes de ser enviado con el cliente, por lo que se realizan en el equipo los últimos detalles del proceso, como lo son aplicar pintura en todo el equipo para un mejor acabado, inspeccionarlo, limpiarlo y sellarlo.

Todas estas actividades pueden apreciarse en la tabla XII, junto con los tiempos medios observados, necesarios para llevarlas a su término.

**Tabla XII. Estudio de tiempos en el área de pintura**

No.	Actividad	TMO (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Pintura de frente	1.56
2	Pintura de la puerta	1.71
3	Pintura de tina	1.72
4	Inspeccionar y limpiar equipo	1.37
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Poner silastic	1.35
2	Poner brisa	2.15
3	Pintar bases	0.45

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.2.3.10 Empaque

Empaque es el último departamento que recibe el equipo en la línea de producción, por lo que le coloca los detalles que lo hacen llamativo en el punto de venta, éstas son las calcomanías que lleva a su alrededor y el rótulo que lo identifica.

También es aquí donde le colocan el número de parrillas que solicita el cliente lleve cada equipo así como las calcomanías que dan instrucciones de su manejo (NPS).

Finalmente empaacan el equipo con esquineros, bolsas y stretch film para protegerlo al momento del traslado, tanto de la línea de producción a la bodega de almacenaje como al momento de ser enviado al cliente que lo solicitó.

**Tabla XIII. Estudio de tiempos en empaque**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>TMO (min)</b>
<b>OPERACIÓN 1</b>		
1	Calcomanía lateral derecha	1.85
2	Calcomanía lateral izquierda	2.08
3	Calcomanía de puerta	4.11
<b>OPERACIÓN 2</b>		
1	Colocar rótulo	3.32
<b>OPERACIÓN 3</b>		
1	Preparación de bolsas con clips	0.32
2	Colocar y ajustar parrillas	0.69
<b>OPERACIÓN 4</b>		
1	Colocar NPS	2.11
2	Colocar NPS cubremotor	0.42
<b>OPERACIÓN 5</b>		
1	Colocar cubremotor	1.03
2	Trasladar equipo a bodega	1.15
3	Colocar bolsa	0.28
4	Colocar esquineros	0.98
5	Colocar stretch film	1.37
6	Armar caps	0.91
<b>OPERACIÓN 6</b>		
1	Trasladar equipo a bodega	1.15
2	Colocar bolsa	0.28
3	Colocar esquineros	0.98
4	Colocar stretch film	1.37
5	Armar caps	0.91

**Fuente:** Estudio de tiempos

Las actividades mencionadas están plasmadas en la tabla XIII junto con los tiempos medios observados utilizados para su realización. En las operaciones 5 y 6 puede apreciar que cinco de sus actividades son exactamente iguales, esto se debe a que las llevan a término 2 personas trabajando en equipo por la naturaleza de las mismas.

### **3.3 Normalización de tiempos de operación**

La normalización de tiempos de operación es necesaria para ajustar el tiempo medio observado durante el estudio de tiempos de tal forma que incluya en él el desempeño del operario, puesto que su desempeño influye en gran parte en el tiempo que le toma desarrollar una actividad en particular.

La calificación que se le proporciona al operario, debe irse anotando al momento en que se lleva a cabo el estudio de tiempos, de tal forma que la calificación asignada sea justa. De esta forma se tendrá presente con exactitud la forma en que el operario se desarrolló mientras trabajaba. Es por ello que a continuación se determinará el método de calificación que fue utilizado.

#### **3.3.1 Método para calificar el desempeño del operario**

Al momento de observar al operario desenvolverse en sus actividades, se tomó en cuenta la forma con la que las llevaba a término, para asignarle un porcentaje como calificación, para lo cual se observaron cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Se eligió el sistema *Westinghouse* como método de calificación, puesto que éste método al evaluar cuatro factores distintos del desempeño del operario, tiende a ser un método muy objetivo, con lo cual se evitan molestias por parte de ellos al respecto.

Además, se considera que los procedimientos de calificación *Westinghouse* son adecuados, tanto para la calificación por ciclos como para calificar un estudio completo, puesto que los analistas no tienen tiempo para evaluar cada factor en cada uno de los elementos.

Es así como su elección representa practicidad y objetividad, puesto que para efectos del estudio se otorgará una calificación global por estación de trabajo, ya que las actividades realizadas en una en particular necesitan un desempeño similar.

Para evaluar cada uno de los factores de este sistema es necesario tener claro a que hace referencia cada uno, por lo que esto se explica a continuación:

- + **Habilidad.** Es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo.
- + **Esfuerzo.** Es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad y el operario puede controlarla en un grado alto.
- + **Condiciones.** Se evalúan con una comparación con la forma en que es usual encontrarlas en la estación de trabajo, por lo que éstas afectan al operario y no a la operación.
- + **Consistencia.** Los conocimientos del analista de estudio de tiempos sobre el trabajo determinan, en alto grado, el intervalo de variación justificado para una operación en particular.

Teniendo claro en que consiste cada factor se puede comprender en que se basó la decisión del porcentaje otorgado a cada factor, los cuales se muestran a continuación:

<b>Factor</b>	<b>Calificación</b>	<b>Porcentaje</b>
Habilidad	Aceptable E1	-0.05
Esfuerzo	Promedio D	0.00
Condiciones	Aceptable E	-0.03
Consistencia	Aceptable E	-0.02
Suma aritmética		-0.10
<b>Factor de desempeño</b>		<b>0.90</b>

Dichos valores numéricos se toman de la tabla de porcentajes de calificación de la actuación del sistema *Westinghouse* (ver anexo 1), para luego determinar el factor global mediante la suma aritmética de los cuatro valores y agregando la unidad a esa suma, tal y como se mostró. El factor global corresponde a la calificación porcentual otorgada al operario.

Al explicar el formato de la hoja de toma de tiempos, se explicó la existencia de un campo con el nombre de “calificación porcentual”, es ahí donde va el valor respecto a un 100% como máximo para evaluar el desempeño del operario.

La única forma de que se otorgue una calificación del 100%, que a la vez sería como no otorgar calificación alguna, es cuando la actividad en estudio es realizada por una máquina, puesto que esta trabaja siempre en base a un estándar y su forma de actuar será siempre la misma.

Esto se podrá comprobar en las hojas del estudio de tiempos utilizadas en cada una de las áreas, dónde las únicas calificaciones de 100% otorgadas, fueron a máquinas.

Tras conceder las calificaciones respectivas al desempeño de cada uno de los operarios observados, que por lo general se muestran en un 90% puesto que el personal que se encuentra trabajando en la línea de producción es personal competente y por ello es que están contratados, se procede a calcular el tiempo normal.

### **3.3.2 Cálculo para obtener el tiempo normal**

Para calcular el tiempo normal, sólo se necesita el tiempo medio observado (TO) y la calificación (C) asignada al operario durante el estudio de tiempos, de tal forma que se pueda aplicar la siguiente fórmula:

$$TN = TO \times \frac{C}{100}$$

En la fórmula anterior se puede observar que la calificación es dividida entre cien, puesto que ésta no se presentó de forma porcentual, al hacerlo directamente simplemente se multiplica dicha calificación por el tiempo medio observado.

Puesto que en el estudio de tiempos realizado en la línea de producción se analizaron todos sus departamentos detalladamente, son muchas las actividades en estudio, por lo que realizar dichos cálculos manualmente con la ayuda de una calculadora representaría un trabajo tedioso.

Es así como se utilizan hojas de cálculo para realizar todos los cálculos pertinentes, de tal forma que todo el estudio de tiempos se conserva de forma virtual en un libro creado en el programa Microsoft Excel.

En él se tienen organizadas todas las áreas de estudio, representadas por una hoja de cálculo distinta, en las cuales se puede observar el mismo formato de la hoja de tiempos que es utilizada en el estudio físico dentro de la línea. En dichas hojas en formato virtual se procede a digitar todos los datos recopilados en la línea de producción el mismo día que se obtienen.

En el campo asignado para la calificación porcentual, como su nombre lo dice, el número otorgado al operario acorde a su desempeño se presenta de una vez como un porcentaje, por lo que la fórmula que se programa para el tiempo normal es la siguiente:

$$TN = TO \times C\%$$

En la tabla XIV se presenta una muestra del cálculo del tiempo normal, tomando como ejemplo el área de Ensamble 1, donde se observa el cambio que produce la clasificación asignada, respecto al tiempo medio observado.

Como se verá en dicha tabla, a los operarios de Ensamble 1 se les asignó una calificación del 90%, lo cual significa que su desempeño está un 10% por debajo de lo normal al considerar el 100% como normal.

Al poderse otorgar una calificación de 100% únicamente a elementos controlados por máquinas se considera que un 90% es aceptable para interpretar que por su desempeño son operarios competentes.

**Tabla XIV. Cálculo del tiempo normal en Ensamble 1**

No.	Actividad	TMO (min)	Calif. %	Tiempo Normal
<b>OPERACIÓN 1</b>				
1	Armar tina	5.86	90%	5.27
2	Pre-sellar tina	1.41	90%	1.27
3	Colocar tapa espuma	0.47	90%	0.42
4	Colocar refuerzo de pilaster	1.42	90%	1.28
<b>OPERACIÓN 2</b>				
1	Colocar braker	0.97	90%	0.87
2	Colocar permagón	1.02	90%	0.92
3	Terminar de sellar	1.41	90%	1.27
4	Colocar duroport	0.45	90%	0.40
5	Colocar arnés	4.85	90%	4.37
<b>OPERACIÓN 3</b>				
1	Limpiar exterior de lateral	0.43	90%	0.39
2	Preparar marco	0.49	90%	0.44
3	Instalar marco	0.36	90%	0.33
4	Voltear y limpiar interior	0.46	90%	0.41
5	Colocar cinta doble cara al lateral	0.78	90%	0.70
6	Preparar refuerzo de lateral	0.60	90%	0.54
7	Instalar refuerzo de lateral	0.42	90%	0.37
8	Preparación de cap frontal	0.77	90%	0.69
<b>OPERACIÓN 4</b>				
1	Preparación de fondo	0.73	90%	0.66
2	Preparación de top	0.17	90%	0.15
3	Ensamble de gabinete	3.99	90%	3.59
4	Colocar permagón	1.01	90%	0.91
5	Colocar cinta adhesive	1.64	90%	1.48
6	Colocar refuerzos	1.15	90%	1.03
<b>OPERACIÓN 5</b>				
1	Preparar bisagras (refuerzos)	0.20	90%	0.18
2	Colocar bisagras y refuerzos	1.43	90%	1.29
3	Instalar calefactor, sellar y colocar trozos de espuma	1.51	90%	1.36
4	Colocar cinta de aluminio	1.96	90%	1.76
5	Enrollar succión	0.54	90%	0.49
<b>OPERACIÓN 6</b>				
1	Unión de tina y gabinete	7.08	90%	6.37
<b>OPERACIÓN 7</b>				
1	Preparar espalda	1.48	90%	1.33
2	Preparación para colocación de espalda	2.10	90%	1.89
3	Colocación de espalda	7.05	90%	6.35

Fuente: Estudio de campo

Para obtener los tiempos normales que se muestran en la tabla XIV, tomando en cuenta que la primer columna corresponde a A, la segunda a B y así sucesivamente, sólo es necesario ingresar en la columna del tiempo normal la siguiente fórmula:

$$TN = C3*D3$$

El número 3 hace referencia a la fila en la que se está ubicado, de tal forma que Excel realiza el siguiente cálculo:

$$TN = 5.86*90\%$$

Otorgando en la columna de tiempo normal para esa actividad, un tiempo de 5.27 minutos. Para el cálculo en el resto de actividades, sólo es de copiar la fórmula y pegarla en las filas correspondientes, con lo que se ahorra tiempo durante el estudio de tiempos al utilizar dicha herramienta.

En el formato de la hoja de toma de tiempos no se tiene un campo en específico para mostrar el tiempo normal, sólo aparece el del tiempo estándar, puesto que para efectos de análisis este último es el único necesario, lo cual se explicará más adelante. Es por ello que parte de la fórmula utilizada en el campo de tiempo estándar es la siguiente:

$$TN = \text{promedio}(C14:L14)*M14$$

Con la fórmula anterior se programa dicho campo para realizar el promedio de los 10 tiempos observados en la línea de producción para la actividad en estudio y el cual se multiplica por la calificación porcentual que se le brindó al operario, con lo cual se demuestra la utilización de la fórmula que brinda la teoría.

### **3.4 Estandarización de tiempos de operación**

El trabajo estandarizado implica a los líderes de las líneas de producción establecer procedimientos de trabajo normalizados, para sus propios equipos humanos de trabajo y gente haciendo las cosas de acuerdo a los lineamientos establecidos.

Representa la revisión continua de los procedimientos de trabajo, a fin de lograr el mejoramiento de la eficiencia, calidad y condiciones del trabajo. Permitiendo al mismo tiempo una sólida base para mantener la productividad y la seguridad en sus más altos niveles.

Así mismo, para obtener el tiempo de ciclo de una operación, es necesario hacerlo en base a los tiempos estándares de las actividades que la componen, por lo que a continuación se presentará la forma en que se obtuvieron éstos datos.

#### **3.4.1 Asignación de suplementos**

Al realizar una actividad, ésta requerirá un esfuerzo humano, por lo que hay que prevenir ciertos suplementos para compensar la fatiga y descansar, de tal forma que el tiempo normal sea ajustado al tiempo estándar de la operación.

Puesto que ya existen valores predeterminados para alguno de los casos más comunes, presentados por la oficina internacional del trabajo en Estados Unidos (ILO) se utilizará dicha tabla para establecer los suplementos asignados a cada una de las operaciones observadas (ver anexo 2).

En las únicas operaciones que no les será asignado suplemento alguno es para aquellas realizadas por una máquina, puesto que éstas no sufren de retrasos de ningún tipo (personales, de fatiga, ni especiales).

A continuación se presentan los suplementos asignados a la operación número 1 correspondiente al área de Ensamble 1, para comprender la forma en que éstos son asignados:

**SUPLEMENTOS CONSTANTES**

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1. Suplemento personal          | 5 |
| 2. Suplemento por fatiga básica | 4 |

**SUPLEMENTOS VARIABLES**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Suplemento por estar de pie                                    | 2 |
| 2. Suplemento por posición anormal (un poco incómoda)             | 0 |
| 3. Uso de la fuerza o energía muscular ( peso levantado 5 libras) | 0 |
| 4. Mala iluminación (un poco debajo de la recomendada)            | 0 |
| 5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad variable)            | 0 |
| 6. Atención requerida (trabajo preciso)                           | 2 |
| 7. Nivel de ruido (intermitente-fuerte)                           | 2 |
| 8. Estrés mental ( proceso bastante complejo)                     | 1 |
| 9. Monotonía (nivel bajo)   | 0 |
| 10. Tedio (algo tedioso)  | 0 |

**SUPLEMENTOS ASIGNADOS**

**16**

Como se puede observar a la operación 1 de dicha área le fueron asignados 16 suplementos, equivalentes a un 16%, de la misma forma como se hizo con dicha operación se hizo con las otras estudiadas durante todo el estudio de tiempos.

Con anterioridad se explicó el formato de la hoja de toma de tiempos, donde se mencionó la existencia de un campo que tiene por nombre “suplementos porcentual”, en el cual está escrito el valor de los suplementos que fueron asignados a la operación durante el estudio realizado.

### **3.4.2 Cálculo para obtener el tiempo estándar**

El tiempo estándar es el considerado como base para calcular la producción por ciclo, hora, o bien turno de alguna máquina o una persona y en este se deben considerar todos los tiempos que afecten al ciclo de producción como experiencia y fatiga del operador, cambios de materiales, acciones del operador como tomar agua, ir al baño, etc.

Puesto que la experiencia del operador se toma en cuenta al calcular el tiempo normal (TN), para el cálculo del tiempo estándar (TS) se emplea la siguiente fórmula:

$$TS = TN \times (1 + \text{suplemento})$$

El cálculo del tiempo estándar es el que se presenta en el campo que está nombrado de esa forma, para obtenerlo al explicar la forma en que se obtenía el tiempo normal se presentó parte de la fórmula empleada, siendo ésta:

$$TN = \text{promedio}(C14:L14) * M14$$

Al observar dicha fórmula y la teórica, se aprecia que a la segunda únicamente le es necesario agregar los suplementos, por lo que la fórmula a programar en la hoja de cálculo queda finalmente de la siguiente forma:

$$TN = \text{promedio}(C14:L14) * M14 * (1 + N14)$$

Es con esta fórmula que se programa el campo proporcionado al tiempo estándar, obteniéndose de esta forma los resultados correspondientes a él, en la tabla XV se presenta el tiempo estándar de cada operación de Ensamble 1.

**Tabla XV. Cálculo del tiempo estándar en Ensamble 1**

No.	Actividad	Tiempo Normal	Suple. %	Tiempo Estándar
<b>OPERACIÓN 1</b>				
1	Armar tina	5.27	16%	6.11
2	Pre-sellar tina	1.27	16%	1.48
3	Colocar tapa espuma	0.42	16%	0.49
4	Colocar refuerzo de pilaster	1.28	16%	1.48
<b>OPERACIÓN 2</b>				
1	Colocar braker	0.87	14%	0.99
2	Colocar permagón	0.92	14%	1.04
3	Terminar de sellar	1.27	14%	1.45
4	Colocar duroport	0.40	14%	0.46
5	Colocar arnés	4.37	14%	4.98
<b>OPERACIÓN 3</b>				
1	Limpiar exterior de lateral	0.39	14%	0.44
2	Preparar marco	0.44	14%	0.50
3	Instalar marco	0.33	14%	0.37
4	Voltear y limpiar interior	0.41	14%	0.47
5	Colocar cinta doble cara al lateral	0.70	14%	0.80
6	Preparar refuerzo de lateral	0.54	14%	0.61
7	Instalar refuerzo de lateral	0.37	14%	0.43
8	Preparar cap	0.69	14%	0.79
<b>OPERACIÓN 4</b>				
1	Preparación de fondo	0.66	14%	0.75
2	Preparación de top	0.15	14%	0.17
3	Ensamble de gabinete	3.59	14%	4.10
4	Colocar permagón	0.91	14%	1.03
5	Colocar cinta adhesive	1.48	14%	1.68
6	Colocar refuerzos	1.03	14%	1.18

<b>OPERACIÓN 5</b>				
1	Preparar bisagras (refuerzos)	0.18	14%	0.21
2	Colocar bisagras y refuerzos	1.29	14%	1.47
3	Instalar calefactor, sellar y colocar trozos de espuma	1.36	14%	1.55
4	Colocar cinta de aluminio	1.76	14%	2.01
5	Enrollar succión	0.49	14%	0.55
<b>OPERACIÓN 6</b>				
1	Unión de tina y gabinete	6.37	14%	7.27
<b>OPERACIÓN 7</b>				
1	Preparar espalda	1.33	14%	1.52
2	Preparación para colocación de espalda	1.89	14%	2.15
3	Colocación de espalda	6.35	14%	7.23

**Fuente:** Estudio de campo

### 3.4.3 Tiempo de ciclo

El objetivo de haber dividido el proceso productivo en el número de subprocesos posibles, a fin de tomar el tiempo de cada uno de ellos era determinar finalmente el tiempo de ciclo estándar.

Para ello, en cada una de las áreas estudiadas se sumaron los tiempos estándar de cada operación, puesto que en conjunto completan el tiempo estándar del proceso productivo en el área respectiva.

Al sumar el tiempo estándar de todas las áreas estudiadas y que componen la línea de producción, se llega a obtener el tiempo de ciclo de todo el proceso de fabricación de refrigeradores industriales.

El tiempo de ciclo será primordial para realizar el balance de cargas de trabajo, procedimiento que se explicará más adelante en el capítulo 4, en el cual se podrá apreciar la importancia de realizar de forma conciente el estudio de tiempos y hacerlo lo más exacto posible.

En la tabla XVI se muestra el resumen del estudio de tiempos que se realizó para el equipo A, por lo que se mostrarán 2 datos relevantes que se obtuvieron, éstos son el número de operadores actual con que se cuenta en cada área de trabajo y el tiempo de ciclo de cada una de ellas en minutos. Con lo que se podrá saber el número de operadores actual utilizados para la fabricación del equipo A y su tiempo de ciclo total.

El área de prueba no muestra número de operadores actual puesto que el equipo ya viene listo para permanecer acá durante 90 minutos, conectado a computadoras que realizan dicho procedimiento, esto desde el área de refrigeración y al haber pasado este tiempo poder llegar al área de acabado final.

**Tabla XVI. Resumen del estudio de tiempos para el equipo A**

<b>ÁREA</b>	<b>No. OPERADORES ACTUAL</b>	<b>TIEMPO DE CICLO (minutos)</b>
Ensamble 1	7	56.14
Espumado de Gabinete	4	6.81
Espumado de Puerta	2	3.09
Ensamble 2	6	21.14
Ensamble 3	4	17.82
Refrigeración	4	18.70
Prueba	Operación automática.	90
Acabado final	4	17.84
Pintura	2	11.13
Empaque	6	25.09
Evaporadores	2	12.70
Baffles	1	7.47
Unidades	2	17.63
Puerta Sólida	4	22.49
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>328.05</b>

**Fuente:** Estudio de campo



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1 Ritmo ideal de producción**

La palabra *takt* viene del alemán que significa ritmo o latido, con frecuencia es confundido con el tiempo de ciclo aunque ambos son calculados de diferente manera (Gómez, 2003).

El trabajo estandarizado se vale de un elemento crucial que se denomina tiempo ritmo (*takt time*) por lo que indica el ritmo que debe seguir la línea de producción o ensamble, de modo que pueda seguir con los requerimientos de la demanda en el tiempo disponible por turno.

#### **4.1.1 Tiempo disponible**

Para calcular el *takt time* que debe seguir el proceso productivo dentro de la Empresa, es necesario conocer el tiempo disponible que se tiene por turno.

Es acá donde se hace necesario utilizar la información que se tiene acerca de las jornadas de trabajo de la Empresa (la cual se presentó en el capítulo uno), donde se conocen el tiempo otorgado para descansos y comida, con lo que se podrá obtener el tiempo neto de operación por período o bien tiempo disponible.

Es por ello que al tiempo por turno se le debe restar el tiempo que se otorga para descansos y comida, dicho cálculo se muestra a continuación:

Tiempo disponible:

9 .00 horas	Jornadas de trabajo
(-) 0.5 0 horas	Almuerzo
(-) 0.25 horas	Refacción
<hr/>	
8.25 horas	Disponibles al día

Al realizar el cálculo necesario para obtener el tiempo disponible al día, se obtiene uno de 8.25 horas el cual es equivalente a 495 minutos disponibles. Puesto que el estudio de tiempos se trabajó en minutos, se utilizará esta unidad de tiempo para todos los cálculos pertinentes.

#### **4.1.2 Cálculo del *takt time***

Para establecer el ritmo que debe seguir la línea de producción se debe encontrar el *takt time*, por lo que se procede a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda}}$$

Donde se obtuvo que el tiempo disponible al día corresponde a 495 minutos, y según proyecciones del departamento de planificación se sabe que la demanda corresponde a una cantidad promedio de 60 equipos diarios. Con éstos datos se calcula el *takt time* de la línea de producción de refrigeradores industriales:

$$\text{Takt time} = \frac{495}{60} = 8.25 \text{ min}$$

De esta forma se observa que el *takt time* a utilizar como el ritmo ideal de producción a seguir corresponde a 8.25 minutos. Esto significa que cada 8.25 minutos debería producirse un refrigerador industrial y al final de la jornada 60 de ellos.

## **4.2 Balanceo de cargas de trabajo**

El balanceo de líneas casi siempre se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Con la finalidad de producir a una tasa específica, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados.

Después, se deben determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble (como taladrar un agujero, apretar una tuerca o pintar con aerosol una parte). La administración también necesita conocer la relación de precedencia entre las actividades, es decir, la secuencia en que deben desempeñarse las tareas.

Muther afirma en Hodson (1996) que “el problema de balancear la línea consiste en garantizar que todas las operaciones consuman las mismas cantidades de tiempo y que dichas cantidades basten para lograr la tasa de producción esperada”.

Es conveniente aclarar que es raro lograr el balance perfecto debido a que frecuentemente ocurre que queda algún tiempo extra en, por lo menos, una operación.

Previo al balanceo de cargas de trabajo fue necesario ejecutar las siguientes tareas:

- ⊗ Examinar las operaciones necesarias y las consideraciones sobre la secuencia que se necesite.
- ⊗ Identificar el tiempo necesario para realizar cada operación, con el estudio de tiempos se logró el de cada uno de sus elementos.
- ⊗ Determinar la tasa de producción o ritmo de la línea (*takt time*).

#### **4.2.1 Metodología para la realización del balanceo**

Para realizar el balanceo de cargas de trabajo, se usará como guía el *takt time* que se calculó con anterioridad, bajo el principio de que es el ritmo ideal que debería mantener la línea de producción.

El balanceo se presentará por cada estación de trabajo, es por ello que se usará Microsoft Excel para graficar las actividades realizadas en cada una de ellas. Se utilizarán gráficos de barras, donde el eje "x" representará un operario distinto de dicha estación y el eje "y" el tiempo que le toma realizar cada actividad que tiene asignada.

Al haber creado el gráfico del departamento en estudio, se procede a trazar una línea horizontal que represente el *takt time* a seguir (éste es de 8.25 minutos), de esta forma se podrá observar si el tiempo de las actividades realizadas ahí exceden o no el *takt time*.

En caso de que el tiempo de las operaciones sea mayor al *takt time*, será necesario balancear la carga de trabajo en dicho departamento por lo que se seguirán las siguientes recomendaciones:

1. Analizar cada uno de los elementos.
2. Simplificar o eliminar elementos.
3. Combinar o dividir actividades para una repartición equitativa de trabajo entre estaciones y operarios.
4. Verificar que todas las actividades estén por debajo del *takt time*.
5. En caso necesario, ajustar tiempo de operación con más servidores por estación.

Así mismo, Muther en Hodson (1996) afirma que “en caso de que se tenga que equilibrar algún tiempo ocioso se puede asignar algún otro trabajo al operario, el cual puede consistir en transportar el material a la línea, hacer inspecciones adicionales a la operación, e incluso realizar operaciones más largas, cuando se deja que el trabajo se acumule en la estación”.

De ser necesario, para mejorar las actividades se buscará eliminar aquellos movimientos inútiles y con respecto a mejorar el desempeño del

operario se tratará de que en caso de ineficiencia de parte suya, éste reduzca el tiempo que le toma realizar una operación.

#### **4.2.2 Asignación de tareas actual y propuesta**

A continuación se mostrará la asignación de tareas actual en cada una de las áreas de la línea, tal y como se explicó en el punto anterior, de evidenciarse la necesidad de un balance de cargas de trabajo se procederá a realizar una propuesta, la cual se mostrará seguida de la asignación actual.

De esta forma se podrá evidenciar de una mejor forma las modificaciones realizadas y cómo mejoran el proceso de fabricación. Al finalizar el capítulo se podrán observar mejoras en él y si es posible proceder a un ahorro en cuanto al recurso humano de la empresa.

Las tablas presentadas en el capítulo 3, las cuales contienen las operaciones divididas en elementos y sus tiempos realizadas en cada una de las áreas de la línea de producción, son las que se utilizarán como base para graficar la asignación de tareas actual.

Al representar las actividades gráficamente, se podrá diferenciar cuando es otro operario el que las lleva a término, puesto que cada operación es realizada por un operario diferente.

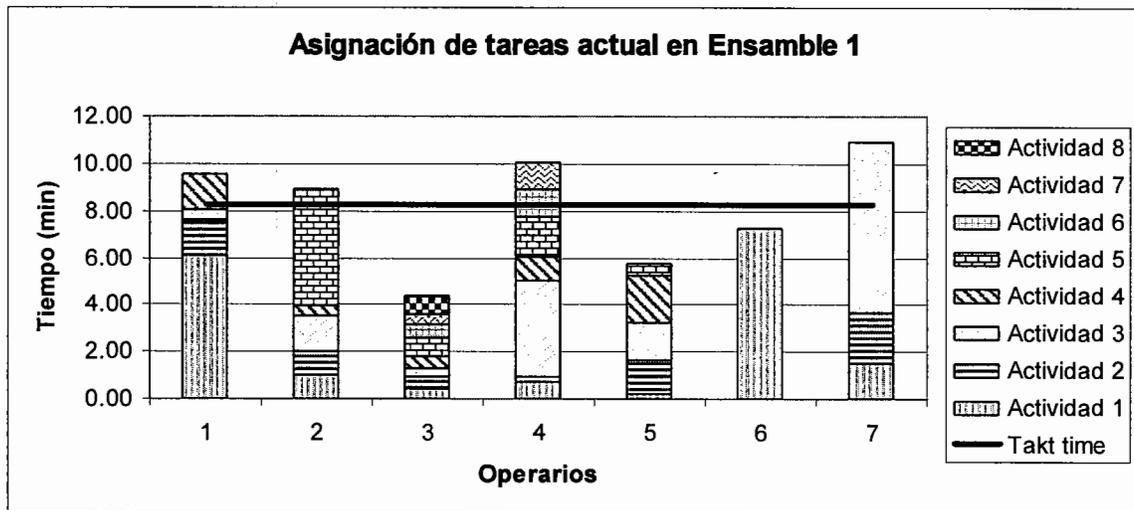
Los tiempos que se tomarán en cuenta para dichas gráficas serán los tiempos estándar de cada operación. Es importante recordar que el *takt time*

que se utilizará como guía para determinar la necesidad del balanceo de cargas de trabajo equivale a 8.25 minutos.

### Ensamble 1

En la figura 12 se muestra la asignación de tareas actual en Ensamble 1, donde se puede observar que cuentan con 7 operarios y las cargas de trabajo no están balanceadas. Así mismo los operarios 1, 2, 4 y 7 son los que presentan mas carga de trabajo en dicha área, sobrepasando el *takt time* determinado, el cual equivale a 8.25 minutos.

**Figura 12.** Asignación de tareas actual en Ensamble 1



**Fuente:** Estudio de campo

Para lograr el balanceo de cargas de trabajo en esta área sólo es necesario organizar la asignación de tareas, puesto que la naturaleza de sus operaciones no permite el cambio en el orden de ellas, aspecto válido al utilizar el tiempo *takt* como guía.

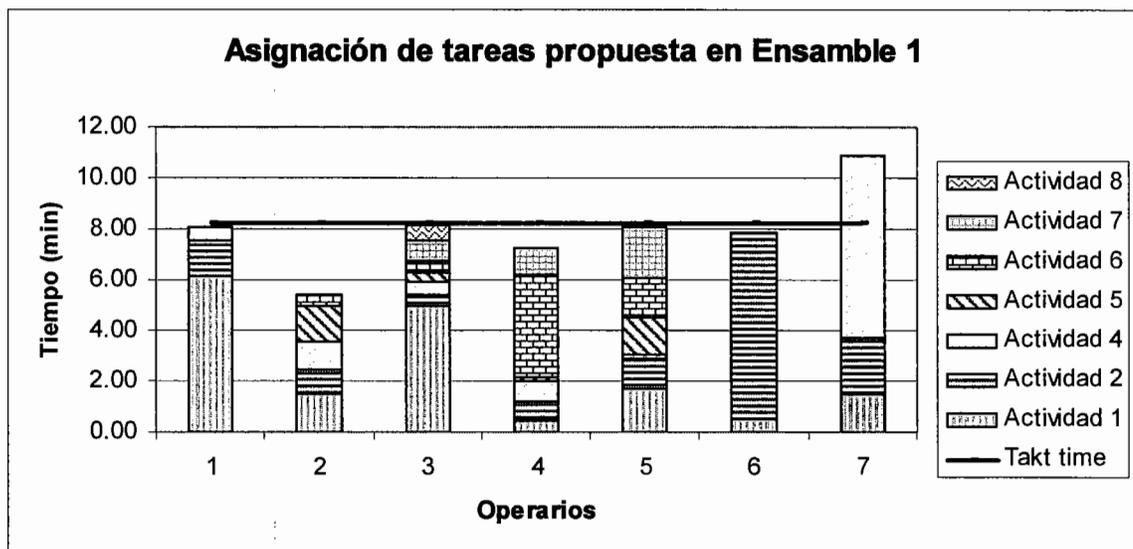
A continuación se muestra la comparación entre la asignación de tareas actual y propuesta para el área de ensamble 1.

### ASIGNACIÓN DE TAREAS EN ENSAMBLE 1

<u>Actual</u>	<u>TS (min)</u>	<u>Propuesta</u>	<u>TS (min)</u>
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>9.56</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>8.08</b>
Armar tina	6.11	Armar tina	6.11
Pre-sellar tina	1.48	Pre-sellar tina	1.48
Colocar tapa espuma	0.49	Colocar tapa espuma	0.49
Colocar refuerzo de pilaster	1.48	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>5.42</b>
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>8.92</b>	Colocar refuerzo de pilaster	1.48
Colocar braker	0.99	Colocar braker	0.99
Colocar permagón	1.04	Colocar permagón	1.04
Terminar de sellar	1.45	Terminar de sellar	1.45
Colocar duroport	0.46	Colocar duroport	0.46
Colocar arnés	4.98	<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>8.17</b>
<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>4.41</b>	Colocar arnés	4.98
Limpiar exterior de lateral	0.44	Limpiar exterior de lateral	0.44
Preparar marco	0.50	Preparar marco	0.50
Instalar marco	0.37	Instalar marco	0.37
Voltear y limpiar interior	0.47	Voltear y limpiar interior	0.47
Colocar cinta doble cara al lateral	0.80	Colocar cinta doble cara al lateral	0.80
Preparar refuerzo de lateral	0.61	Preparar refuerzo de lateral	0.61
Instalar refuerzo de lateral	0.43	<b>OPERACIÓN 4</b>	<b>7.27</b>
Preparación de cap frontal	0.79	Instalar refuerzo de lateral	0.43
<b>OPERACIÓN 4</b>	<b>8.91</b>	Preparar cap frontal	0.79
Preparación de fondo	0.75	Preparación de fondo	0.75
Preparación de top	0.17	Preparación de top	0.17
Ensamble de gabinete	4.10	Ensamble de gabinete	4.10
Colocar permagón	1.03	Colocar permagón	1.03
Colocar cinta adhesive	1.68	<b>OPERACIÓN 5</b>	<b>8.10</b>
Colocar refuerzos	1.18	Colocar cinta adhesive	1.68
<b>OPERACIÓN 5</b>	<b>5.79</b>	Colocar refuerzos	1.18
Preparar bisagras (refuerzos)	0.21	Preparar bisagras (refuerzos)	0.21
Colocar bisagras y refuerzos	1.47	Colocar bisagras y refuerzos	1.47
Instalar calefactor, sellar y colocar trozos de espuma	1.55	Instalar calefactor, sellar y colocar trozos de espuma	1.55
Colocar cinta de aluminio	2.01	Colocar cinta de aluminio	2.01
Enrollar succión	0.55	<b>OPERACIÓN 6</b>	<b>7.82</b>
<b>OPERACIÓN 6</b>	<b>7.27</b>	Enrollar succión	0.55
Unión de tina y gabinete	7.27	Unión de tina y gabinete	7.27
<b>OPERACIÓN 7</b>	<b>10.9</b>	<b>OPERACIÓN 7</b>	<b>10.9</b>
Preparar espalda	1.52	Preparar espalda	1.52
Preparación para colocación de espalda	2.15	Preparación para colocación de espalda	2.15
Colocación de espalda	7.23	Colocación de espalda	7.23

En la figura 13 se muestra la asignación de tareas propuesta en Ensamble 1 de forma gráfica, donde se puede observar un mejor balanceo de las cargas de trabajo. Por la naturaleza de las operaciones realizadas en ella, no se puede cambiar el orden de ellas ni eliminar alguna de forma que se presente una mejora en el tiempo de ciclo o un ahorro de mano de obra, aunque con la propuesta se aprecia que ésta es utilizada de una forma más justa.

**Figura 13.** Asignación de tareas propuesta en Ensamble 1



**Fuente:** Estudio de campo

Es así como la mejor propuesta que se puede presentar es la de la figura anterior y aunque pareciera que la mejor opción sería quitarle la última actividad realizada al operario 7, esto no es posible porque quedaría demasiado tiempo libre para el operario que realizara las otras 2 actividades, con lo que se incurrirían en mayores costos para la Empresa puesto que se le pagaría a un operario más.

Puesto que el objetivo de este trabajo de graduación es enseñar cómo balancear las cargas de trabajo con base al tiempo *takt* se deja lo anterior como la mejor propuesta.

Así mismo, en dicha figura se ve que el operario 2 tiene suficiente tiempo para poder apoyar al operario 7 en la realización de sus tareas, en especial la de preparación para colocación de espalda con lo cual no excedería el tiempo *takt*, logrando con esto el balance perfecto. Por el orden en que se realizan las actividades no se muestra de esta forma en la propuesta.

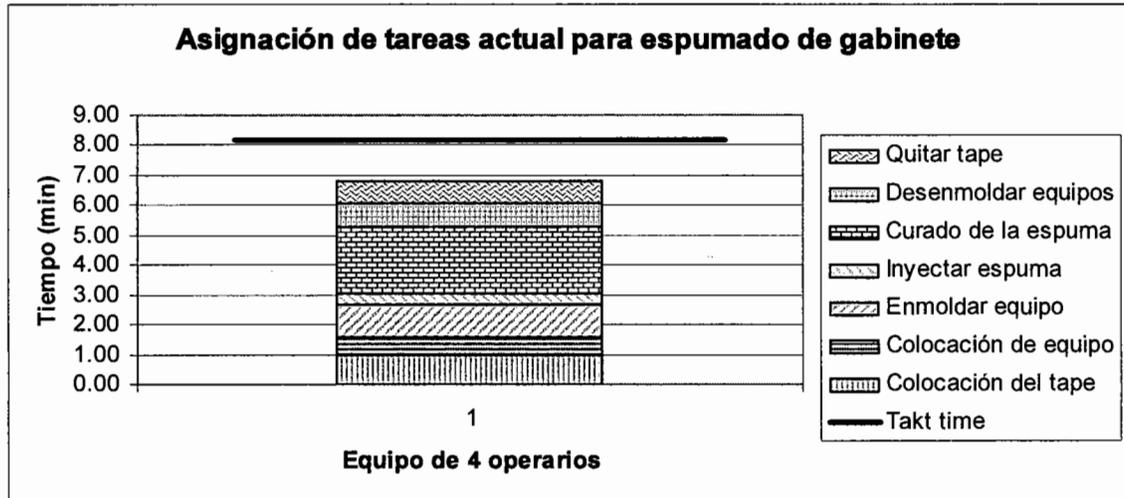
Más adelante se presentarán recomendaciones para mejorar el tiempo de proceso lo cual ayudaría a disminuir el tiempo para realizar dichas actividades y lograr un mejor balanceo más adelante.

## ➤ **Espuma**

Para el área de espuma se presentarán dos gráficas distintas, la que corresponde al espumado del equipo y la correspondiente al espumado de la puerta del mismo.

En la figura 14 se aprecia que la asignación de tareas actual para el espumado del equipo no requiere un balanceo de cargas de trabajo, puesto que las actividades asignadas no exceden el *takt time* y éstas son realizadas de forma eficiente por el equipo de 4 operarios con el que cuentan en ella.

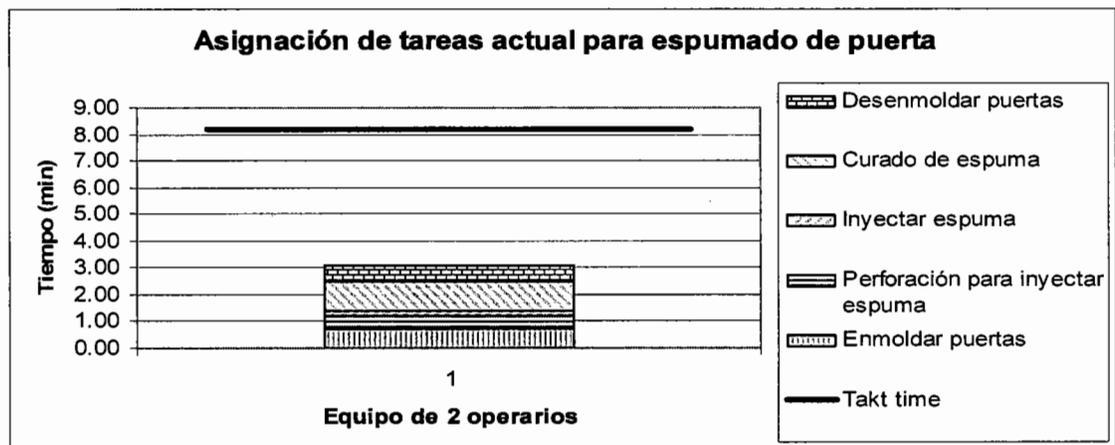
**Figura 14.** Asignación de tareas actual para espumado de gabinete



**Fuente:** Estudio de campo

Para el espumado de la puerta cuentan con un equipo de 2 operarios, los cuales desarrollan las actividades necesarias por debajo del *takt time* establecido, lo que indica que no es necesario balancear las tareas asignadas, esto se observa en la figura 15.

**Figura 15.** Asignación de tareas actual para espumado de puerta



**Fuente:** Estudio de campo

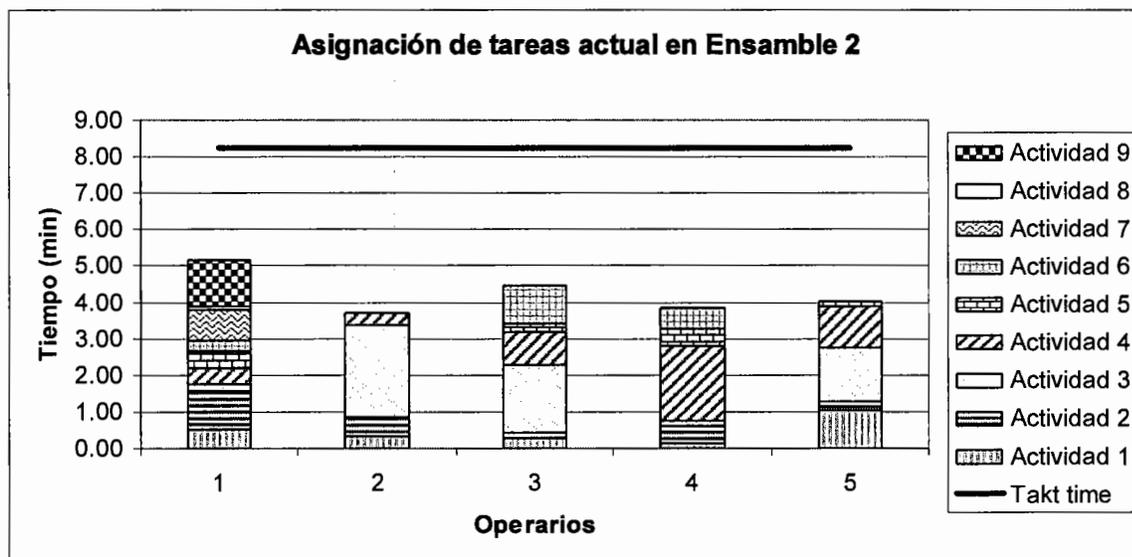
A pesar de que el personal encargado del espumado de puertas no sobre pasa el tiempo takt se puede observar que tienen suficiente tiempo libre, el cual pueden aprovechar para realizar el sellado y colocación de plástico en top, el cual corresponde a las últimas dos actividades realizadas actualmente por Ensamble 1.

Si se lograra esta reasignación de tareas, se lograría un mejor balanceo de cargas de trabajo en toda la línea de producción, sin necesidad de mover al operario 2 de Ensamble 1 para apoyar al último operario de la misma área, evitándose así interrumpir el flujo continuo en la producción.

### Ensamble 2

En la figura 16 se presenta la asignación de tareas actual en Ensamble 2, en ella se puede observar que ningún operario excede el *takt time* con las operaciones que tiene asignadas. Pero aún así se observa que todos tienen suficiente holgura como para poder desarrollar más actividades.

**Figura 16.** Asignación de tareas actual en Ensamble 2



## ASIGNACIÓN DE TAREAS EN ENSAMBLE 2

<u>Actual</u>	<u>TS (min)</u>	<u>Propuesta</u>	<u>TS (min)</u>
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>5.17</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>6.99</b>
Instalar los drenajes	0.50	Instalar los drenajes	0.50
Perforación de pilaster	1.06	Perforación de pilaster	1.06
Perforación de ventilador	0.20	Perforación de ventilador	0.20
Perforación de bushings	0.41	Perforación de bushings	0.41
Colocar deflector	0.51	Colocar deflector	0.51
Colocar bushings	0.24	Colocar bushings	0.24
Colocar sensores	0.86	Colocar sensores	0.86
Colocar refuerzo de grada	0.08	Colocar refuerzo de grada	0.08
Colocar grada	1.30	Colocar grada	1.30
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>3.71</b>	Colocar rivnuts	0.34
Colocar rivnuts	0.34	Colocar EL-1000	0.50
Colocar EL-1000	0.50	Colocar balastro	0.34
Colocar pilaster	2.54	Colocar clip de sensor	0.15
Colocar balastro	0.34	Colocar 2 deflectores curvos	0.49
<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>4.43</b>	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>7.10</b>
Colocar cable de tierra	0.27	Quitar filo al soporte de tapa succión	0.25
Colocar abrazadera de tubería	0.14	Colocar pilaster	2.54
Colocar base	1.86	Aspirar el equipo	0.14
Colocar tarima	0.89	Perforación de cubremotor	1.02
Quitar filo al soporte de tapa succión	0.25	Colocar cable de tierra	0.27
Perforación de cubremotor	1.02	Colocar abrazadera de tubería	0.14
<b>OPERACIÓN 4</b>	<b>3.83</b>	Colocar base	1.86
Aspirar el equipo	0.14	Colocar tarima	0.89
Colocar 2 deflectores curvos	0.49	<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>7.36</b>
Colocar clip de sensor	0.15	Colocar evaporador	2.02
Colocar evaporador	2.02	Colocar 2 deflectores de aire	0.47
Colocar 2 deflectores de aire	0.47	Doblar succión	0.56
Doblar succión	0.56	Colocar ventilador	1.05
<b>OPERACIÓN 5</b>	<b>4.00</b>	Colocar mariposas	0.25
Colocar ventilador	1.05	Enrollar sensores	1.47
Colocar mariposas	0.25	Colocar baffles	1.10
Enrollar sensores	1.47	Colocar tapa baffle	0.13
Colocar baffles	1.10	Voltrear equipo	0.30
Colocar tapa baffle	0.13		

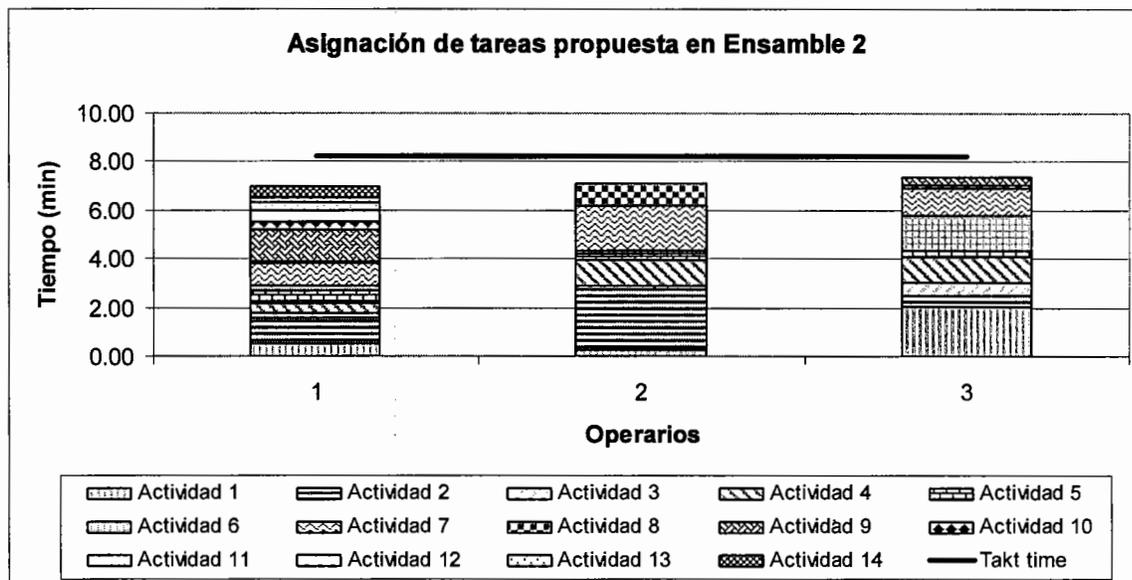
Es por ello que se realiza una propuesta, la cual establece la utilización de dos operarios menos en dicha área de tal forma que las actividades estén distribuidas de una mejor manera entre ellos tres sin exceder el *tak time*. De

excederse el mismo el ahorro de mano de obra no tendría sentido, puesto que se haría el proceso más lento en dicha área.

Previamente se presentó una comparación entre la asignación de tareas actual y propuesta, donde se observa que no se elimina ninguna actividad, sino que se reorganiza la secuencia en que ellas se desarrollan y quiénes las realizan. Esto es porque el proceso ahí desarrollado lo permite.

Al tercer operario se le agrega la actividad correspondiente a voltear el equipo, la cual antes era realizada únicamente por 2 operarios de ensamble 3. La asignación de tareas propuesta se muestra a continuación en la figura 17.

**Figura 17.** Asignación de tareas propuesta en Ensamble 2

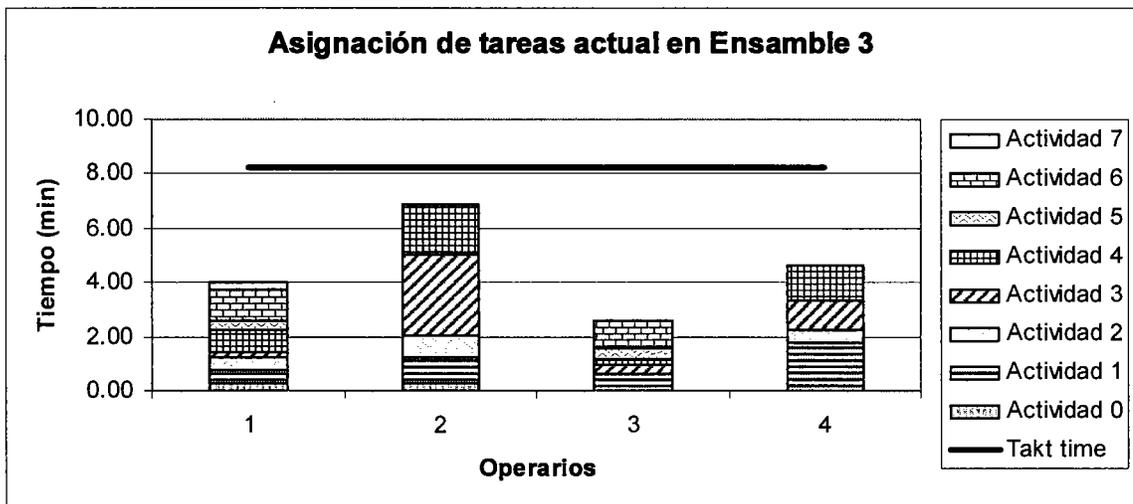


**Fuente:** Estudio de campo

### Ensamble 3

Al prestar atención a la asignación de tareas actual existente en Ensamble 3 se encuentra el mismo problema de Ensamble 2, ninguno de los operarios sobre pasa el *takt time* pero tienen suficiente tiempo libre como para realizar un mayor número de actividades, por lo que se evidencia la posibilidad de ahorrar en mano de obra, quitando un operario. Para ello ver la figura 18.

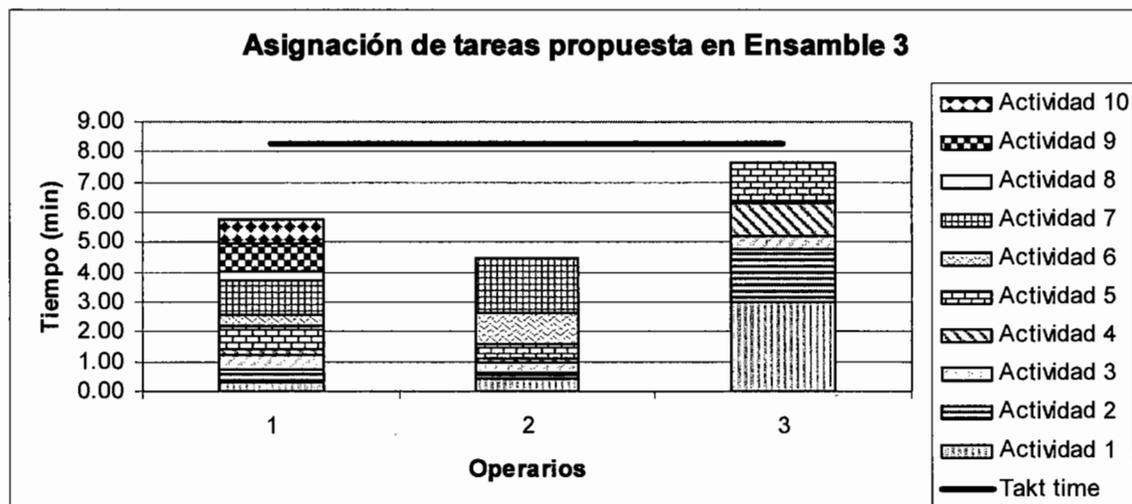
**Figura 18.** Asignación de tareas actual en Ensamble 3



**Fuente:** Estudio de campo

Para balancear las cargas de trabajo en ésta área se elimina la operación 0, la cual era realizada por 2 operarios, pero ahora se propone que sea realizada por un operario de Ensamble 2 ayudado por uno de Ensamble 3, de tal forma que la asignación de tareas queda mejor distribuida.

**Figura 19.** Asignación de tareas propuesta en Ensamble 3



**Fuente:** Estudio de campo

En la figura 19 se aprecia que con la propuesta de asignación de tareas, efectivamente se concede un operario menos al área de Ensamble 3, logrando los tres operarios concedidos a ella, llevar a término las actividades sin dificultad de falta de tiempo cumpliendo así con el principio del *takt time*.

A continuación se muestra una comparación de las tareas realizadas en dicha área, esto entre el método actual y el propuesto, en donde se logra observar que por los tiempos de cada actividad no es posible dejar únicamente 2 operarios en el área. Para ello es necesario disminuir el tiempo de proceso y así ajustarlos en tiempo completo al *takt time*, lo cual se lograría dejando que el área de puertas aplique calor y limpie el empaque.

### ASIGNACIÓN DE TAREAS EN ENSAMBLE 3

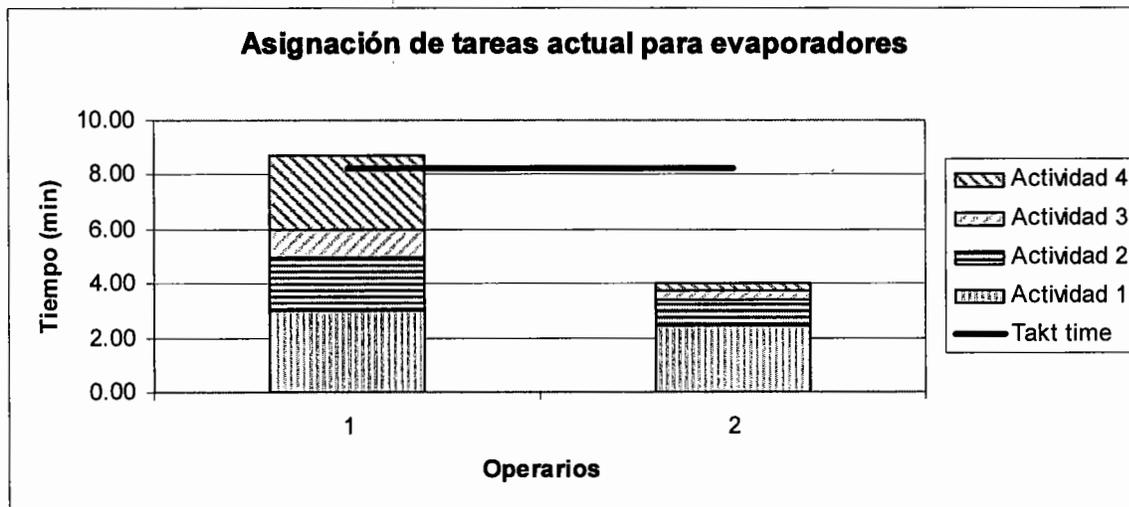
<u>Actual</u>	TS (min)	<u>Propuesta</u>	TS (min)
<b>OPERACIÓN 0</b>	<b>0.30</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>5.73</b>
Voltear equipo	0.30	Voltear equipo	0.30
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>3.72</b>	Perforaciones de tapasucción	0.42
Perforaciones de tapasucción	0.42	Colocar tornillos	0.51
Colocar tornillos	0.51	Colocar cable de tierra	0.18
Colocar cable de tierra	0.18	Colocar manguera	0.82
Colocar manguera	0.82	Colocar tapa succión	0.34
Colocar tapa succión	0.34	Instalar unidad	1.19
Instalar unidad	1.19	Cortar manguera	0.26
Cortar manguera	0.26	Perforaciones para remaches	0.93
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>6.55</b>	Colocar remaches	0.78
Perforaciones para remaches	0.93	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>4.46</b>
Colocar remaches	0.78	Colocar EL-1000	0.43
Colocar rivnuts	2.99	Colocar abrazaderas	0.21
Armar bisagra de puerta	1.84	Colocar switch y balastro	0.33
<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>2.61</b>	Colocar lámpara	0.16
Colocar EL-1000	0.43	Conectar relay	0.44
Colocar abrazaderas	0.21	Colocar L de rótulo	1.04
Colocar switch y balastro	0.33	Armar bisagra de puerta	1.84
Colocar lámpara	0.16	<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>7.64</b>
Conectar relay	0.44	Colocar rivnuts	2.99
Colocar L de rótulo	1.04	Perforar para bisagras	1.77
<b>OPERACIÓN 4</b>	<b>4.64</b>	Colocar bisagra superior	0.46
Perforar para bisagras	1.77	Instalar puerta	1.09
Colocar bisagra superior	0.46	Aplicar calor y limpiar empaque	1.33
Instalar puerta	1.09		
Aplicar calor y limpiar empaque	1.33		

#### ✦ Sub-ensambles

Como se ha estudiado a lo largo de este trabajo de graduación, al área de sub-ensambles corresponde la elaboración de evaporadores, baffles y unidades. A continuación se muestra la asignación de tareas para cada uno de estos componentes del equipo de refrigeración.

a) **Evaporadores.** En la figura 20 se muestra la asignación de tareas actual para éstos componentes, en la cual es notable el desbalance de cargas de trabajo, no sólo porque el operario 1 presenta actividades que conllevan un mayor tiempo de realización sino que éste también excede el *takt time*.

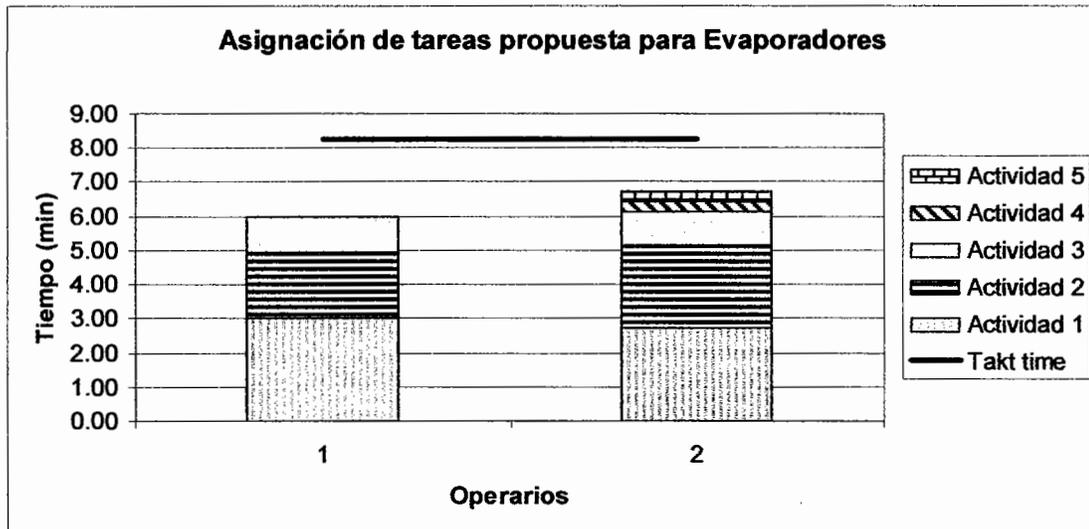
**Figura 20.** Asignación de tareas actual para evaporadores



**Fuente:** Estudio de campo

Es por ello que la propuesta de asignación de tareas para evaporadores se presenta en la figura 21, donde se observa que sólo fue necesario cambiar la responsabilidad de una actividad al otro operario, con lo que se logra balancear las cargas de trabajo y mantenerlas por debajo del *takt time*.

**Figura 21.** Asignación de tareas propuesta para evaporadores



Fuente: Estudio de campo

Como se verá a continuación el cambio realizado en la asignación de tareas de dicha área es únicamente dejar que el operario 2 haga la soldadura de la succión al evaporador, en lugar del operario 1.

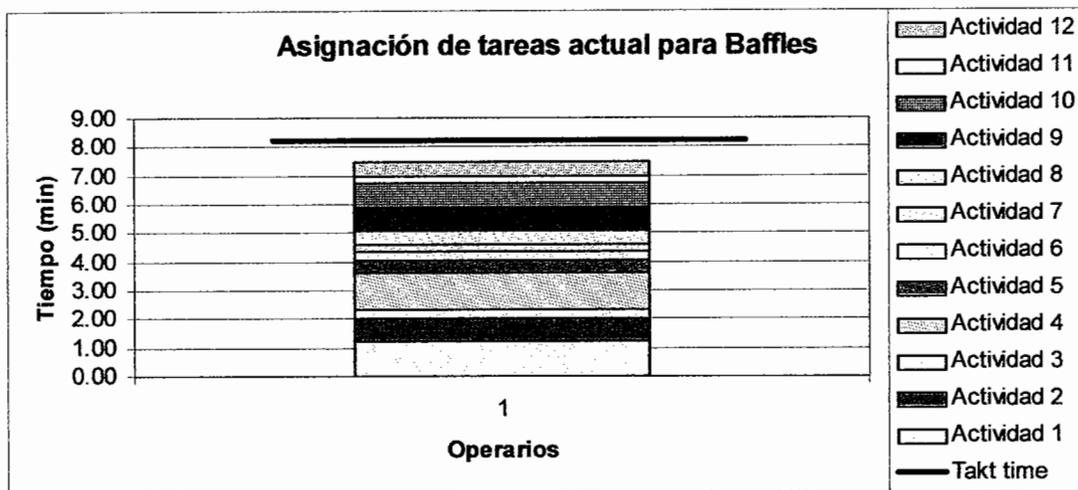
### ASIGNACIÓN DE TAREAS PARA EVAPORADORES

<u>Actual</u>		<u>Propuesta</u>	
	TS (min)		TS (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>8.71</b>	<b>OPERACIÓN1</b>	<b>5.98</b>
Amarrar resistencia a evaporador	3.01	Amarrar resistencia a evaporador	3.01
Pegar capilar a tubería de succión	1.95	Pegar capilar a tubería de succión	1.95
Doblar succión	1.03	Doblar succión	1.03
Soldar succión al evaporador	2.73	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>6.71</b>
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>3.99</b>	Soldar succión al evaporador	2.73
Realizar prueba de fugas	2.42	Realizar prueba de fugas	2.42
Pegar cinta asfáltica a acumulador	1.01	Pegar cinta asfáltica a acumulador	1.01
Expandir succión	0.29	Expandir succión	0.29
Colocar en carrito de transporte	0.27	Colocar en carrito de transporte	0.27

**b) Baffles.** La elaboración de baffles se realiza en 12 actividades distintas, las cuales lleva a término un solo operario. En la figura 22 se puede visualizar que el operario ejecuta las actividades en

el tiempo estipulado quedando demostrado que no excede el *takt time*, con lo que no es necesario brindarle un operario que lo apoye.

**Figura 22.** Asignación de tareas actual para *Baffles*

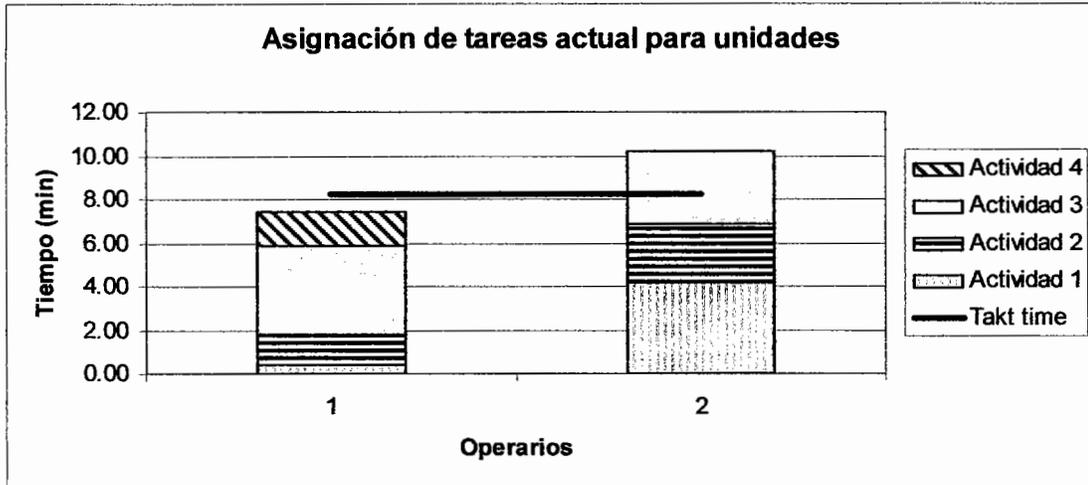


Fuente: Estudio de campo

**c) Unidades.** Para construir las unidades que utiliza el equipo de refrigeración se tienen 2 personas asignadas que trabajen en ellas, pero no se hacen suficientes para cumplir con el trabajo al mismo ritmo que lo hace el resto de la línea de producción.

El operario 1 está trabajando por debajo del ritmo de la línea de producción (del *takt time*) pero está muy cerca de llegar a él, mientras que el operario 2 lo sobrepasa aproximadamente por dos minutos. De esta forma el balanceo de cargas de trabajo no se puede realizar cambiando la responsabilidad de las actividades que tienen actualmente. Todo esto puede evidenciarse en la figura 23.

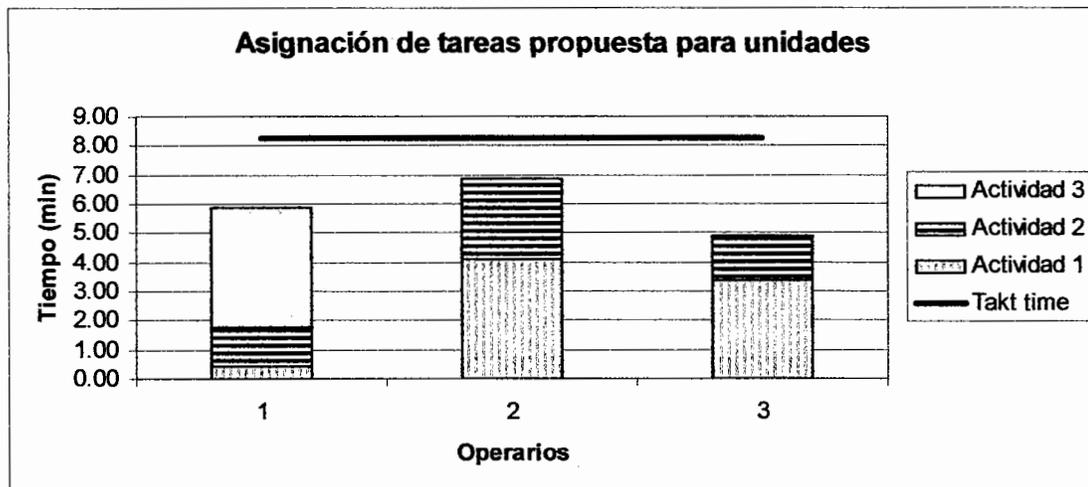
**Figura 23.** Asignación de tareas actual para unidades



Fuente: Estudio de campo

Por el tiempo que toma ejecutar cada una de las actividades y la naturaleza de las mismas, permiten cambiar la secuencia en que éstas se realizan para poder asignar a dicha área un operario más que apoye a los dos ya existentes. Esto se puede observar en la figura 24.

**Figura 24.** Asignación de tareas propuesta para unidades



Fuente: Estudio de campo

A continuación se presenta la asignación de tareas para fabricar las unidades del equipo, tanto actual como propuesta, para poder evidenciar de una forma más específica los cambios que se producen con esto.

<b>ASIGNACIÓN DE TAREAS PARA UNIDADES</b>			
<u>Actual</u>		<u>Propuesta</u>	
	TS (min)		TS (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>7.40</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>5.89</b>
Corte de tubería	0.41	Corte de tubería	0.41
Armar motor	1.39	Armar motor	1.39
Soldadura de tubería	4.09	Soldadura de tubería	4.09
Preparar calefactor	1.51	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>6.83</b>
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>10.23</b>	Armar unidad sobre riel base	4.12
Armar unidad sobre riel base	4.12	Colocar arnés eléctrico	2.71
Colocar arnés eléctrico	2.71	<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>4.91</b>
Prueba de fugas	3.40	Prueba de fugas	3.40
		Preparar calefactor	1.51

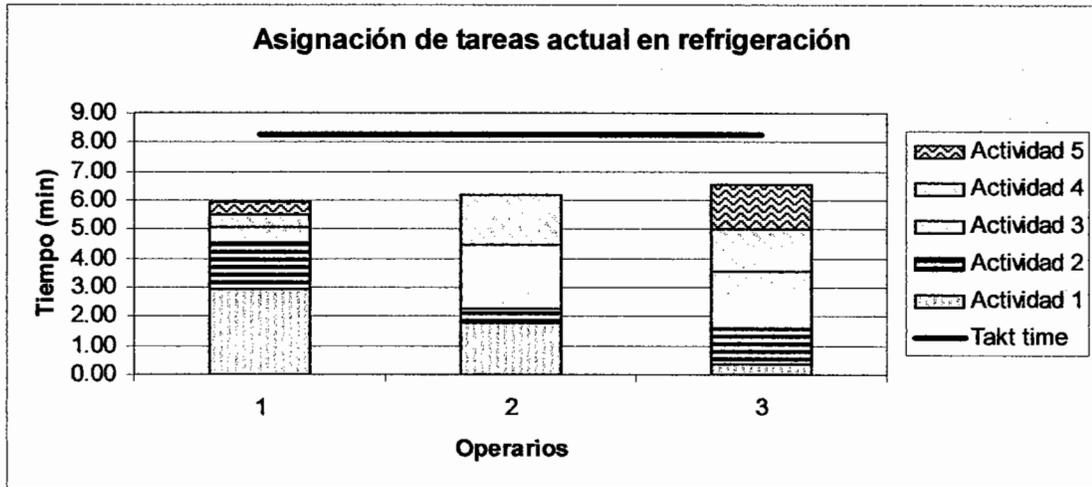
#### ✦ Refrigeración

En el área de refrigeración se tienen 3 operarios realizando las distintas actividades necesarias para cumplir con el proceso de producción estipulado a dicha área.

Cada uno de ellos cumple con sus actividades de manera eficiente, logrando así realizarlas por debajo del *takt time*, lo que indica que no están yendo más lento que el resto de la línea de producción.

No se presentará una propuesta de mejora para dicha área, puesto que se puede evidenciar que no existe dicha necesidad, esto al observar la figura 25, que muestra la asignación de tareas actual en el área de refrigeración.

**Figura 25.** Asignación de tareas actual en refrigeración

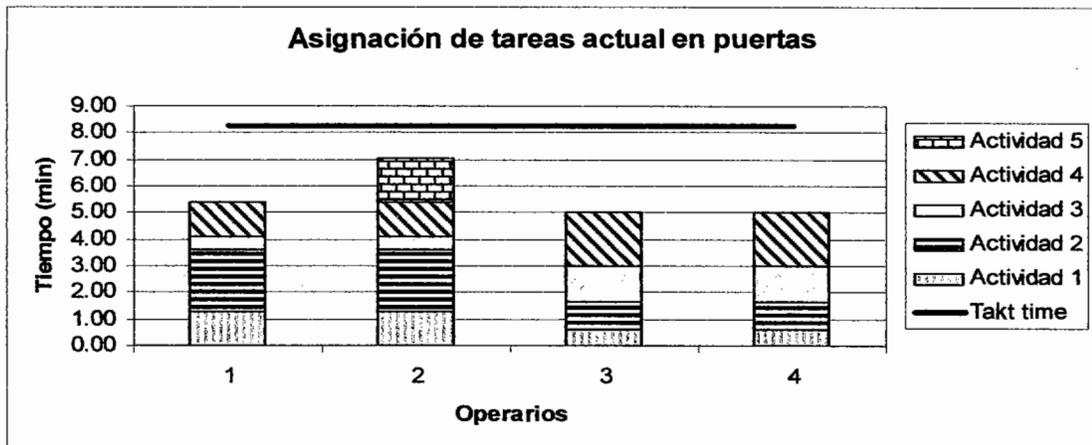


Fuente: Estudio de campo

#### ✦ Puertas

Para la realización de puertas sólidas, se cuenta con cuatro operarios los cuales desarrollan sus actividades en el tiempo requerido y por debajo del *takt time*, con lo que no es necesario balancear las cargas de trabajo. Ver figura 26.

**Figura 26.** Asignación de tareas actual en puertas

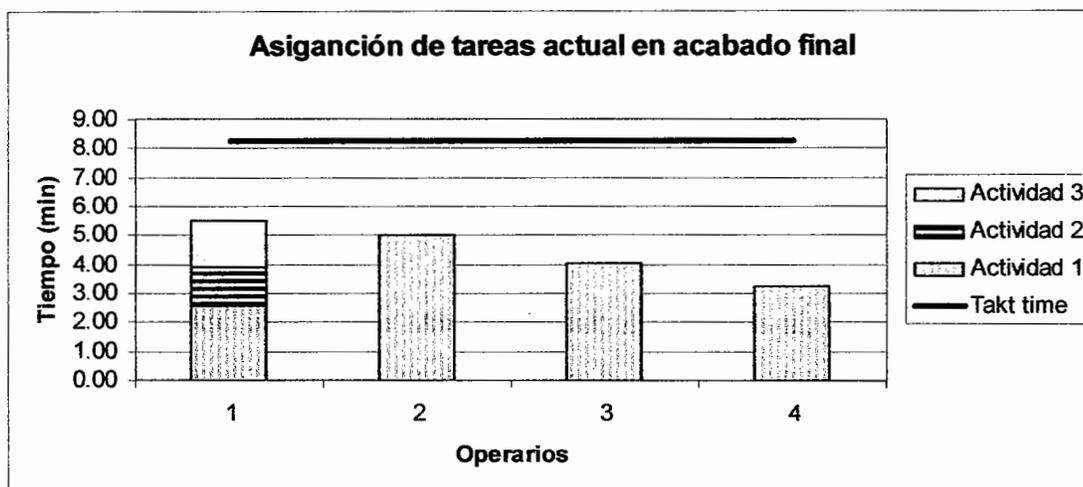


Fuente: Estudio de campo

#### ✦ Acabado final

Al prestar atención a la asignación de tarea actual existente en el área de acabado final, se evidencia que ninguno de los 4 operarios que trabajan en ella sobrepasan el *takt time* aunque tienen tiempo disponible para realizar un mayor número de actividades y posiblemente utilizar un operario menos en dicha área. Esto se puede observar en la figura 27.

**Figura 27.** Asignación de tareas actual en acabado final



**Fuente:** Estudio de campo

Por la naturaleza de las actividades realizadas en este departamento, es posible buscar una mejor secuencia para llevarlas a término, y con ello lograr un ahorro en mano de obra.

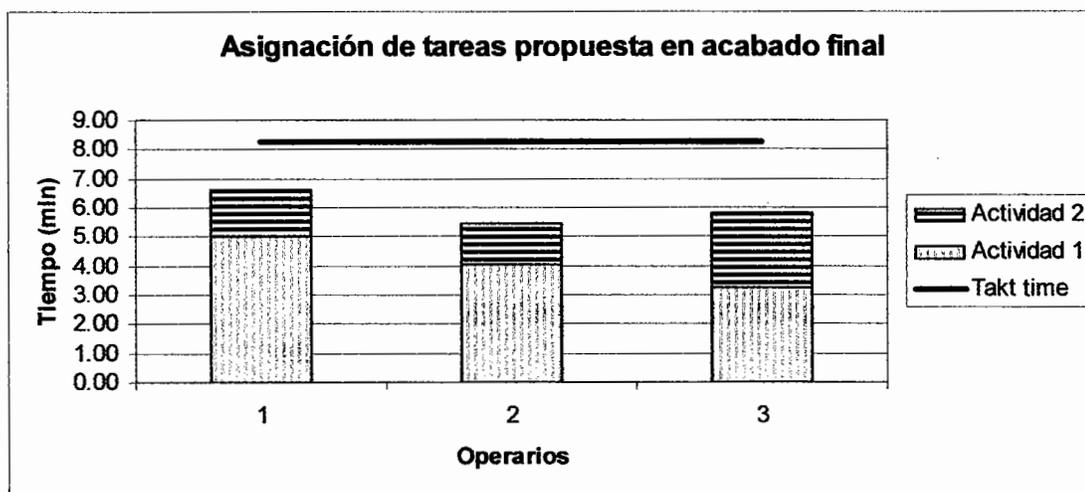
A continuación se compara la asignación actual de tareas con la propuesta, donde se comprueba que la idea de cambiar su secuencia es aceptable y funcional.

### ASIGNACIÓN DE TAREAS EN ACABADO FINAL

<u>Actual</u>	TS (min)	<u>Propuesta</u>	TS (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>5.50</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>6.60</b>
Limpieza de tina	2.55	Remover masking tape	5.02
Cavidad de rótulo	1.37	Limpieza de puerta	1.57
Limpieza de puerta	1.57	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>5.44</b>
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>5.02</b>	Limpieza de espalda de equipo	4.07
Remover masking tape	5.02	Cavidad de rótulo	1.37
<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>4.07</b>	<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>5.80</b>
Limpieza de espalda de equipo	4.07	Limpieza de top y laterales	3.25
<b>OPERACIÓN 4</b>	<b>3.25</b>	Limpieza de tina	2.55
Limpieza de top y laterales	3.25		

Como se aprecia ninguna actividad se eliminó, sólo se redistribuyeron todas las actividades de una mejor manera, quedando suficientes tres operarios en el área puesto que logran mantenerse por debajo del *takt time*, esto se evidencia en la figura 28.

**Figura 28.** Asignación de tareas propuesta en acabado final

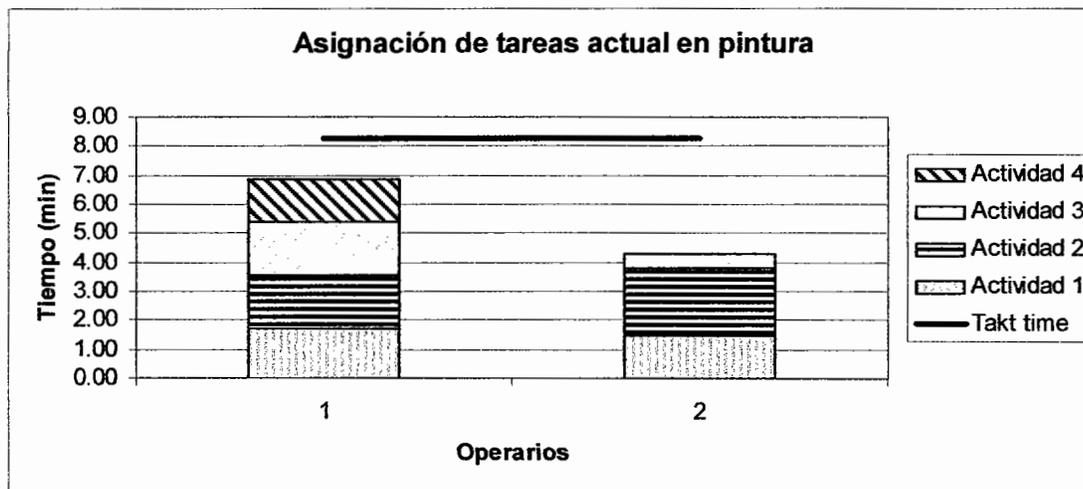


Fuente: Estudio de campo

## ✦ Pintura

A continuación, en la figura 29, se podrá observar que en el departamento de pintura las actividades realizadas por cada operario no exceden el *takt time*, pero igual hay un desbalance de cargas de trabajo entre ambos operarios, por lo que podría buscarse una mejora a dicha asignación.

**Figura 29.** Asignación de tareas actual en pintura



Fuente: Estudio de campo

Analizando las actividades ahí realizadas, se encuentra la oportunidad de balancear las cargas de trabajo entre los dos operarios sólo con cambiar el responsable de una de ellas, puesto que al pasarla al operario 2, los emplean tiempos similares en el total de sus actividades.

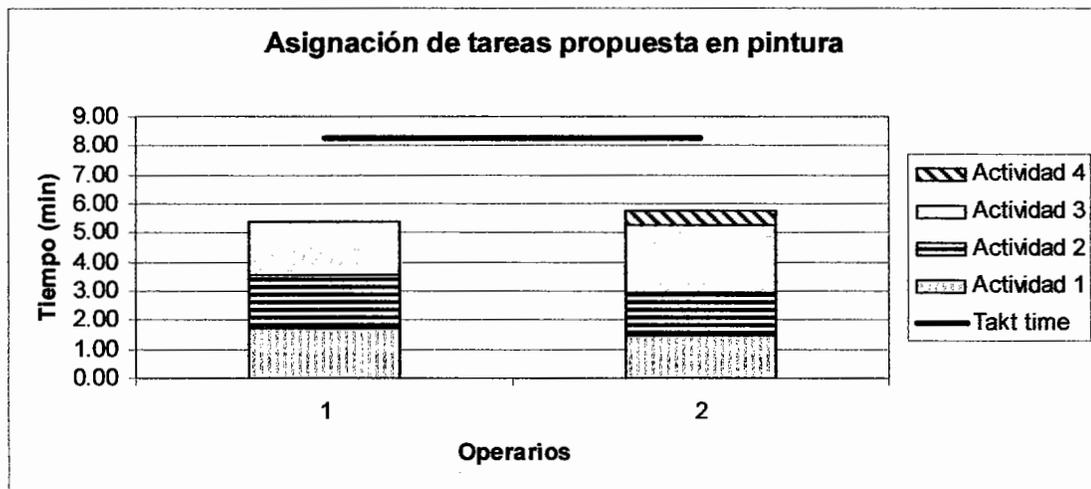
### ASIGNACIÓN DE TAREAS EN PINTURA

<u>Actual</u>		<u>Propuesta</u>	
	TS (min)		TS (min)
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>6.87</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>5.39</b>
Pintura de frente	1.69	Pintura de frente	1.69
Pintura de la puerta	1.85	Pintura de la puerta	1.85
Pintura de tina	1.85	Pintura de tina	1.85
Inspeccionar y limpiar equipo	1.48	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>5.74</b>
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>4.26</b>	Inspeccionar y limpiar equipo	1.48

Poner silastic	1.46	Poner silastic	1.46
Poner brisa	2.32	Poner brisa	2.32
Pintar bases	0.48	Pintar bases	0.48

En la figura 30 se puede verificar lo anteriormente descrito, puesto que se evidencia el balanceo de cargas de trabajo logrado en el área de pintura.

**Figura 30.** Asignación de tareas propuesta en pintura



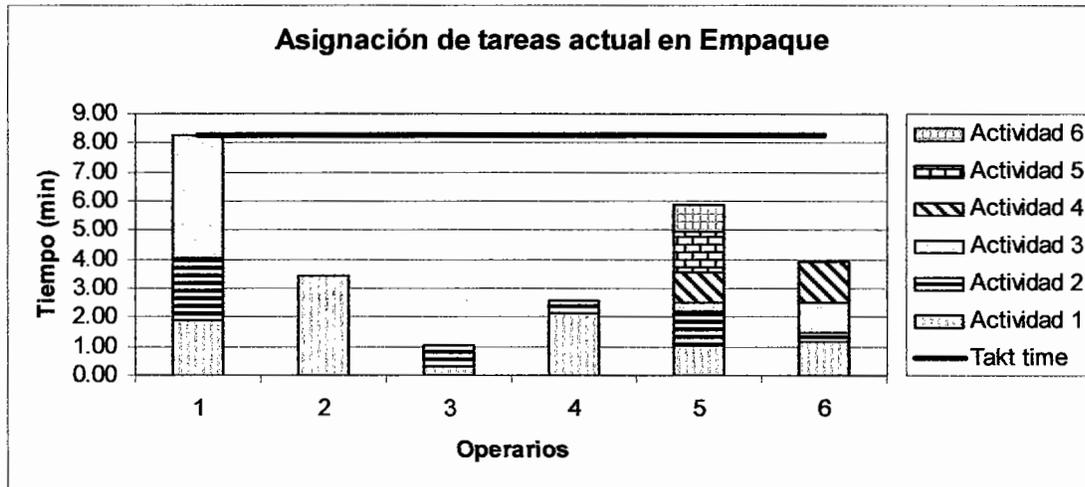
Fuente: Estudio de campo

### ⊕ Empaque

En el área de empaque operan 6 trabajadores, sólo el primero trabaja al mismo ritmo que el resto de la línea, esto es igual al *takt time*, pero los otros no exceden el mismo, por lo que se pensaría que no es necesario balancear las cargas de trabajo.

Pero si se presta una mayor atención, los otros 5 operarios tienen suficiente tiempo disponible con lo que podrían realizar un mayor número de actividades para trabajar todos la misma cantidad de tiempo, esto se aprecia en la figura 31.

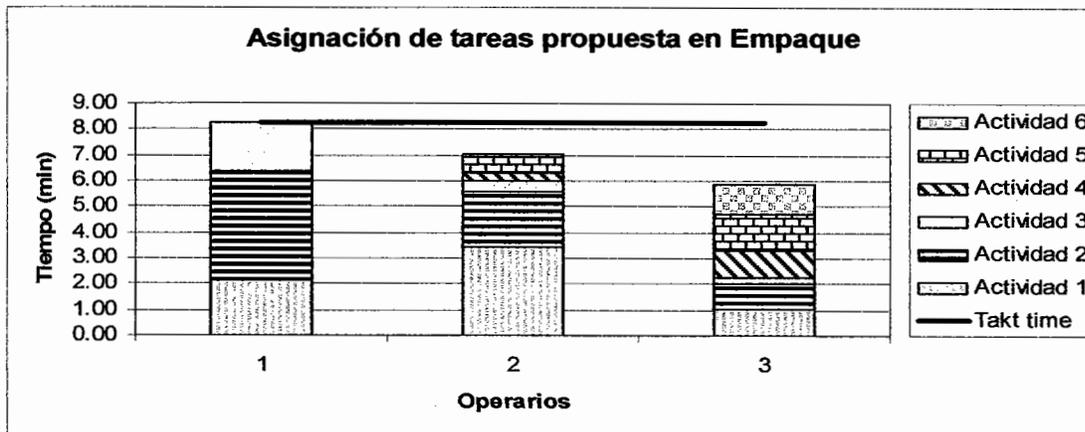
**Figura 31.** Asignación de tareas actual en Empaque



Fuente: Estudio de campo

Si se toma en cuenta todas las actividades que se desarrollan en el área de empaque para terminar con el proceso de producción, se detecta que es posible cambiar la secuencia de alguna de ellas para mejorarlo y con esto necesitar menos gente. La propuesta se muestra en la figura 32.

**Figura 32.** Asignación de tareas propuesta en Empaque



Fuente: Estudio de campo

Para poder comprender mejor la propuesta que se presentó de forma gráfica, a continuación se muestra la propuesta junto con la asignación actual de tareas de forma mas detallada.

<b>ASIGNACIÓN DE TAREAS EN EMPAQUE</b>			
<u>Actual</u>		<u>Propuesta</u>	
	<b>TS (min)</b>		<b>TS (min)</b>
<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>8.25</b>	<b>OPERACIÓN 1</b>	<b>8.25</b>
Calcomanía lateral derecha	1.90	Calcomanía lateral izquierda	2.13
Calcomanía lateral izquierda	2.13	Calcomanía de puerta	4.21
Calcomanía de puerta	4.21	Calcomanía lateral derecha	1.90
<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>3.40</b>	<b>OPERACIÓN 2</b>	<b>7.03</b>
Colocar rótulo	3.40	Colocar rótulo	3.40
<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>1.04</b>	Colocar NPS	2.16
Preparación de bolsas con clips	0.33	Colocar NPS cubremotor	0.43
Colocar y ajustar parrillas	0.71	Preparación de bolsas con clips	0.33
<b>OPERACIÓN 4</b>	<b>2.59</b>	Colocar y ajustar parrillas	0.71
Colocar NPS	2.16	<b>OPERACIÓN 3</b>	<b>5.87</b>
Colocar NPS cubremotor	0.43	Colocar cubremotor	1.06
<b>OPERACIÓN 5</b>	<b>5.87</b>	Armar caps	0.94
Colocar cubremotor	1.06	Colocar bolsa	0.29
Trasladar equipo a bodega	1.18	Colocar esquineros	1.01
Colocar bolsa	0.29	Colocar stretch film	1.41
Colocar esquineros	1.01	Trasladar equipo a bodega	1.18
Colocar stretch film	1.41		
Armar caps	0.94		
<b>OPERACIÓN 6</b>	<b>3.94</b>		
Trasladar equipo a bodega	1.18		
Colocar bolsa	0.29		
Colocar esquineros	1.04		
Colocar stretch film	1.44		

#### **4.2.3 Requerimiento de personal**

Para analizar el balanceo de cargas de trabajo realizado más a fondo, se propone analizar el requerimiento de personal que surge en la línea de producción desde tres puntos de vista:

- ⊕ Real
- ⊕ Actual
- ⊕ Propuesto

De esta forma se podrá observar las mejoras que éste presente en cuanto a la mano de obra que se necesita en la línea de producción para realizar todas las actividades del proceso de producción de una forma eficiente.

#### 4.2.3.1 Real

Para determinar la mano de obra requerida, es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Mano de obra requerida} = \frac{\text{Tiempo total manual del proceso}}{\text{Tiempo takt}}$$

Con ella obtendremos el número real de operarios que se necesitan en cada una de las áreas de la línea de producción, para así poder compararlo con el número actual de operarios con los que se cuenta en ellas y a la vez analizar si es razonable el balanceo de cargas de trabajo propuesto.

Como se observa en la fórmula, éste número de operarios está ligado al tiempo de ciclo del área en estudio y al ritmo que debe mantener la gente mientras trabaje (*takt time*).

A continuación se muestra un ejemplo utilizando dicha fórmula, esto para el área de Ensamble 1:

$$\text{Mano de obra requerida} = \frac{56.14 \text{ minutos}}{8.25 \text{ minutos}} = 6.80 \text{ operarios}$$

Puesto que no se puede hablar de un operario y la fracción de otro, es prudente aproximar el número con decimales que brinde la fórmula al mayor inmediato, con lo que la fórmula dicta que son necesarios 7 operarios en el área de Ensamble 1.

Todos los cálculos fueron realizados en una hoja de cálculo, en el programa Microsoft Excel, los resultados se muestran a continuación:

ÁREA	NO. REAL DE OPERARIOS
⊕ Ensamble 1	7
⊕ Espumado de gabinete	1
⊕ Espumado de puerta	1
⊕ Ensamble 2	3
⊕ Ensamble 3	3
⊕ Refrigeración	3
⊕ Acabado final	3
⊕ Pintura	2
⊕ Empaque	3
⊕ Evaporadores	2
⊕ Baffles	1
⊕ Unidades	3
⊕ Puerta sólida	3

#### 4.2.3.2 Actual

El número de operarios actual presente en cada área de trabajo corresponde al número de operarios observado durante el estudio de tiempos, y que a la vez se evidencia en las gráficas de asignación de tareas actual presentadas algunos incisos atrás. Éstos son:

ÁREA	NO. REAL DE OPERARIOS
✦ Ensamble 1	7
✦ Espumado de gabinete	4
✦ Espumado de puerta	2
✦ Ensamble 2	6
✦ Ensamble 3	4
✦ Refrigeración	3
✦ Acabado final	4
✦ Pintura	2
✦ Empaque	6
✦ Evaporadores	2
✦ Baffles	1
✦ Unidades	2
✦ Puerta sólida	4

#### 4.2.3.3 Propuesto

El número de operarios propuesto corresponde al número de operarios que se determinaron como necesarios al realizar el balanceo de cargas de trabajo en cada una de las áreas de la línea de producción.

**Tabla XVII. Requerimiento de personal para el equipo A**

AREA	TRABAJADORES			
	Real	Propuesto	Actual	Diferencia
Ensamble 1	6.80	7	7	0
Espumado de Gabinete	0.83	4	4	0
Espumado de Puerta	0.37	2	2	0
Ensamble 2	2.56	3	6	-3
Ensamble 3	2.16	3	4	-1
Refrigeración	2.27	3	3	0
Prueba	PROCESO AUTOMÁTICO			
Acabado Final	2.16	3	4	-1
Pintura	1.35	2	2	0
Empaque	3.04	3	6	-3
Evaporadores	1.54	2	2	0
Baffles	0.91	1	1	0
Unidades	2.14	3	2	1
Puerta Sólida	2.73	4	4	0
<b>Total</b>	<b>28.86</b>	<b>40</b>	<b>47</b>	<b>-7</b>

Fuente: Estudio de campo

En la tabla XVII se muestra el requerimiento de personal para el equipo en estudio, el equipo A, donde se pueden comparar las necesidades de personal existentes por área de trabajo, entre el número real, el actual y el propuesto de número de trabajadores.

En la columna que lleva por nombre diferencia se comparan directamente el número actual con el propuesto, si hay un número negativo esto significa que disminuye en esa cantidad el número de operarios en el área que se esté observando, y si es positivo que aumenta en esa cantidad.

El número real de operarios por área sólo sirve para dar una guía de qué tan razonable es el número de operarios que se tienen actualmente en la línea. Así mismo, el número propuesto de trabajadores, también se fundamenta en las gráficas presentadas sobre la asignación de tareas, puesto que a través de ellas se evidencia visualmente la carga de trabajo mientras se compara con el ritmo que debe seguir la línea de producción.

Es así como se concluye que actualmente trabajan 47 operarios en toda la línea de producción y al balancear las cargas de trabajo éste número es reducido a 40 operarios. Así mismo, es el número que se propone mantener en la línea de producción, puesto que al ser el equipo más elaborado el resto de equipos no necesitarán un mayor número de ayudantes.

### **4.3 Análisis de resultados**

A través del balanceo de cargas de trabajo y el requerimiento de personal expuesto se realizó un análisis previo de los resultados, por lo que a continuación se enfatizarán las áreas críticas encontradas a lo largo del estudio

y las recomendaciones para cada una de ellas con el objetivo de mejorar el proceso.

#### **4.3.1 Áreas críticas**

Se le denomina áreas críticas a aquellas donde se identificó que era necesario balancear las cargas de trabajo y que por lo mismo se podrían presentar recomendaciones para mejorar su tiempo de proceso o la forma en que éste se realiza, por lo que se enumeran a continuación:

- ✦ Ensamble 1
- ✦ Ensamble 2
- ✦ Ensamble 3
- ✦ Acabado final
- ✦ Empaque
- ✦ Sub-ensambles (evaporadores y unidades específicamente)

#### **4.3.2 Recomendaciones para mejorar el tiempo de proceso**

Después de observar detenidamente el proceso de producción en la línea X, surgen las siguientes recomendaciones en distintas áreas de la misma, con las cuales se pretende mejorar el tiempo de proceso.

- ✦ **En ensamble 1:**
  1. Revisar la cantidad de cinta adhesiva en la actividad de sellado de gabinete.

2. En la actividad de colocación de espalda exterior se debe revisar la cantidad de masking tape utilizada en el equipo.
3. Utilizar plantilla correspondiente para la verificación del cuadro del equipo.
4. Proponer que el sellado de espalda y colocación de plástico al top lo realice el personal de espuma.

✦ **En el área de espuma:**

1. El personal de espuma encargado del espumado de puertas tiene el tiempo necesario para realizar el sellado y colocación de plástico en top, proceso que actualmente está realizándose en ensamble 1.

✦ **En ensamble 2:**

1. La actividad correspondiente a quitar filo al soporte de tapa succión deberá pasar a ser parte de las actividades realizadas por el área de metales.

✦ **En ensamble 3:**

1. La actividad de limpieza de empaque realizada en ensamble 3 debe ser incluida en el proceso de colocación de empaque en el área de puertas.

✦ **En el área de pruebas:**

1. Creación de buffer de equipos deberá ir hacia el área de acabado final.
2. El líder de acabado final debe asegurar que se respete el *takt time* del modelo que se esté trabajando en la línea de producción.

✦ **En acabado final:**

1. Revisar la cantidad de masking tape colocada a los equipos en los procesos anteriores de modo que se coloque estrictamente lo necesario.

✦ **En empaque:**

1. Es necesario delimitar las áreas de trabajo para eliminar movimientos innecesarios por parte de los trabajadores.

✦ **En sub-ensambles:**

1. La actividad de quitar el filo al baffle deberá pasar a formar parte de las actividades del área de metales.
2. Verificar si es necesario realizar una nota de cambio de ingeniería para corregir el diámetro de los agujeros de la base de ventilador y así eliminar la actividad correspondiente a la perforación de dichos agujeros.



## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1 Beneficios del balanceo de cargas de trabajo**

El beneficio más significativo que se obtiene al balancear las cargas de trabajo es la reducción de la mano de obra a lo necesario con base a la demanda. De 47 operarios que se tenían en la línea de producción se logra reducir a 40.

A lo largo del capítulo 4 se presentaron gráficas, las cuales mostraban un comparativo de la duración de las operaciones de cada área de trabajo contra el *takt time* establecido. Como se pudo observar si la asignación de tareas actual no se encontraba debajo de este tiempo, se propuso una nueva forma de asignar las tareas para lograrlo.

Dicha propuesta permitirá se cumpla con la producción esperada por día que es de 60 equipos de refrigeración, lo que se traduce en otro beneficio para la planta de producción.

Así mismo al lograr la nueva propuesta de asignación de tareas, en varias áreas se logró encontrar una mejor forma de realizar las distintas actividades (en algunas sólo con el hecho de encontrar una mejor secuencia de ellas) logrando con ello recomendaciones para mejorar el tiempo de proceso en ellas.

Para realizar el balanceo de cargas de trabajo fue necesario registrar todas las operaciones realizadas en las distintas áreas y estandarizar sus tiempos de operación. Por lo que de esta forma se empiezan a obtener

estándares de producción que a la vez reflejan el *know how* y la experiencia acumulada de los trabajadores. Con esto la gerencia podrá asegurar que el trabajo se realice de una misma forma siguiendo los mismos métodos de trabajo, permitiendo al mismo tiempo la mejora continua, en la cual los resultados se convertirán en nuevos estándares.

## **5.2 Capacitación**

Para que el proyecto sea complementado y los operarios entiendan correctamente el objetivo del estudio de tiempos realizado y la necesidad de balancear las cargas de trabajo (necesidad que también sienten algunos de ellos) es importante que se les capacite.

Para ello es necesario empezar con los operarios de la línea X, puesto que es la línea que está siendo propuesta como modelo y a la vez son los primeros en ser afectados con la implementación de los resultados obtenidos. Tras estar todo su personal capacitado, sería necesario continuar con la capacitación del personal de las otras cuatro líneas de producción.

La principal razón para capacitar al personal es generar el cambio y este cambio por lo tanto lleva una modificación en la situación actual presentada en las líneas de producción, por lo que si se quiere que la gente se sienta comprometida con dicho cambio deberá entender todo el proceso a fondo.

Es así como a continuación se muestra el programa integral, el cual será impartido a todo el personal involucrado directamente en el proceso de producción de esta Empresa.

### **5.2.1 Programa integral**

Con el programa integral que se infundirá a los operarios se pretende que entiendan los conceptos básicos y la importancia de dicho proyecto, logrando así que se sientan comprometidos con su implementación.

De esta forma, siendo ellos parte importante en la producción de refrigeradores industriales de la Empresa, también podrán aportar ideas que ayuden a mejorar el proceso.

Para lograr que sea un programa integral y sea trascendental a lo largo del tiempo en la planta de producción, no se hablará únicamente del *takt time* y la forma en que se realizó el balance de línea sino que se abarcará cómo la aplicación de la manufactura esbelta es un camino hacia la excelencia operativa.

La metodología de presentación del programa integral, se hará a través de diapositivas realizadas en Microsoft Power Point, en un curso de 2 a 4 horas sobre la manufactura esbelta. Los temas específicos se presentarán a continuación:

- ✦ **Estructura de los sistemas de cambio.** Se da a conocer que los líderes son quienes deben liderar el cambio y que en un sistema de cambio existen tres estados: el actual, el de transición y el mejorado.
  
- ✦ **Construyendo la mejora continua.** Se mostrará en forma visual a través de la figura 33, en donde se ejemplifica que la base de ella

radica en lograr una producción nivelada y la mejora de la planta a través de la administración visual. Sus pilares son lograr el flujo de una sola pieza, la producción “jalar”, establecer el trabajo estándar y producir en tiempo *takt*, con lo que se logra cumplir con la filosofía justo a tiempo.

⊕ **El sistema de producción esbelto (filosofía y sus 10 mandamientos).** Se deja claro que la filosofía básica del sistema de producción esbelto es manufacturar de la forma más económica y se muestran sus 10 mandamientos:

1. Resolver el problema de una vez, no cada vez que se ejecuta la actividad.
2. No pensar en razones por lo que no sirve, buscar maneras de hacerlo servir.
3. No de excusas.
4. No espere perfección, 50% puede estar bien para empezar.
5. Corregir errores al momento.
6. Las mejoras no deben ser costosas.
7. La sabiduría se obtiene cometiendo errores.
8. Preguntar “por qué” al menos cinco veces hasta encontrar la causa raíz.
9. Mejor la sabiduría de 10 personas, que el conocimiento de una.
10. La mejora continua es ilimitada.

⊕ **7 tipos de desperdicio y actividades que no agregan valor.** Se dan a conocer los 7 desperdicios, dejando claro que todo lo que no agrega valor incrementa los costos.

1. Corrección

2. Inventarios
3. Procesos innecesarios.
4. Tiempos de espera.
5. Sobreproducción.
6. Transporte y acarreo.
7. Movimientos innecesarios.

✦ **Producción nivelada.** Se explica puesto que es un requisito para el sistema de producción esbelto, se implementa en etapas nivelando cantidad y mezcla de modelos en el período.

✦ **Producción en tiempo *takt*.** Determinar el ritmo al que los procesos deben operar, concepto explicado a lo largo de este trabajo de graduación.

✦ **Sistemas jalar.** Producir sólo lo que sea requerido por los procesos que siguen en el proceso global, puesto que si los que preceden mantienen un stock en proceso, los siguientes se detienen.

✦ **Administración visual (las 5 S).** Las 5 S son los bloques de la cimentación sobre los cuales podemos implementar procesos de flujo continuo, control visual, estandarizar operaciones y otros bloques de justo a tiempo.

1. Seleccionar.
2. Ordenar y limpiar.
3. Asegurar.
4. Estandarizar lugar.
5. Establecer lugar (autocontrol).

- ✦ **Evento Kaizen.** Es un programa de una semana o menos, que se enfoca en mejoras operacionales rápidas en un área de trabajo específica e involucra personas y operadores directamente involucrados en esa operación.
  
- ✦ **Cómo mantener la manufactura esbelta.** A través de la utilización de tres técnicas en particular:
  1. Pizarrones de información visual.
  2. Hojas de mejora continua.
  3. Juntas de inicio de turno.
  
- ✦ **Beneficios en el futuro.** Se dará a conocer un sumario de beneficios que podrían obtenerse al implementar la manufactura esbelta de forma adecuada, éstos son:
  1. Reducción de desperdicio al mejorar el manejo de materiales.
  2. Reducción de retrabajos debido al flujo de una pieza o a la disminución del tamaño del lote de producción.
  3. Control visual de las áreas de trabajo.
  4. Reducción significativa del inventario de proceso.
  5. Reducción de la mano de obra a lo necesario con base a la demanda.
  6. Reducción significativa del área de trabajo requerida.

El objetivo de presentar toda esta información al personal que trabaja en las distintas líneas de producción y no sólo a un área de trabajo en específico es el de crear áreas de trabajo más ordenada las cuales en un futuro mostrarían más productividad en la gente que ahí se desenvuelve.

El diseñar un balance de línea es trabajo de la persona encargada de todo el estudio de tiempos, puesto que es un observador de todo el proceso viendo mejoras potenciales en cuanto a una mejor distribución de las cargas de trabajo, el cual a su vez puede observar oportunidades de mejora en el tiempo de proceso.

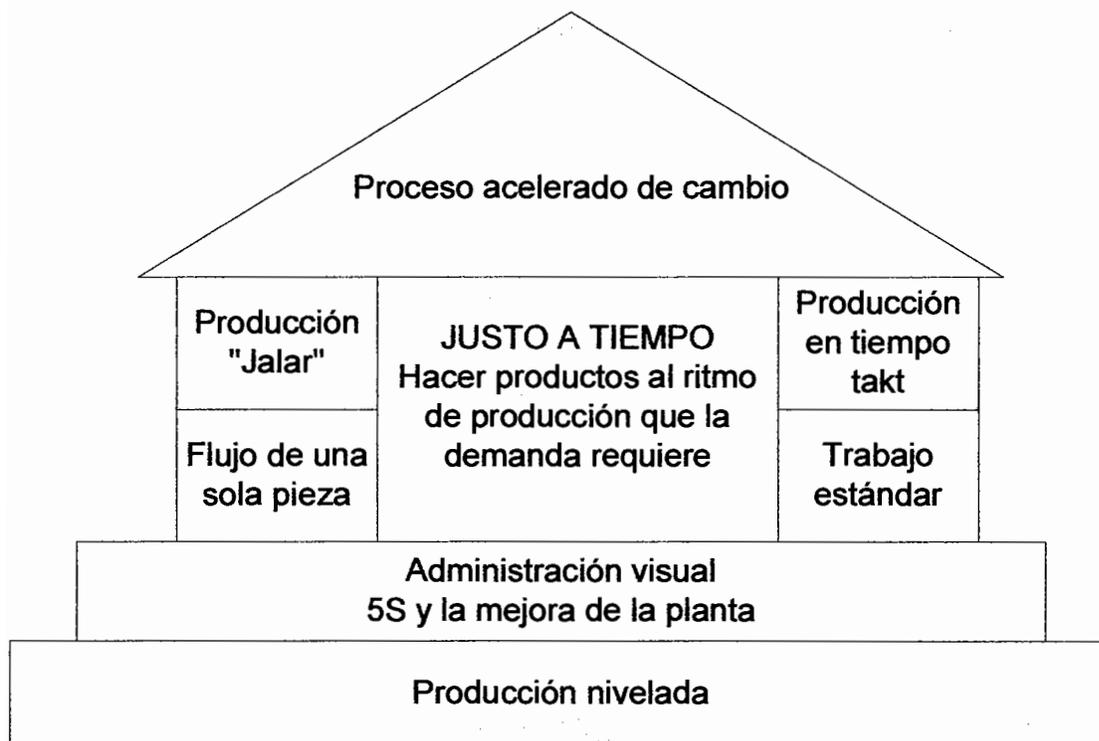
Sin embargo, el detectar una oportunidad de mejora no promoverá un cambio en el proceso ni las áreas de trabajo, es así como al mostrar el programa integral propuesto a todos los operarios y supervisores de las líneas se podrá promover el cambio deseado y encaminar a la Empresa a mantener una mejora continua.

Por ejemplo, si un operario del área de Ensamble 1 tiene claro los 7 desperdicios existentes en un proceso y los logra identificar en dentro de su área sabrá que es necesario eliminarlos y buscará la forma de lograr esto. Así mismo, estaría conciente de que para poder trabajar en flujo continuo es necesario mantener un control visual de su área y en base a la utilización de las 5 S lo obtendría con mayor facilidad.

De esta forma todos estarían participando activamente en la mejora continua, logrando con esto cumplir sus objetivos de forma más eficiente y así contribuir a mantener una Empresa más rentable.

Es por ello que básicamente se necesita que todo el personal comprenda cómo construir la mejora continua para lograr mantenerla, en la figura 33 se muestra en forma visual el programa integral de la capacitación.

**Figura 33. Construyendo la mejora continua**



Fuente: Elaboración propia

Al finalizar la exposición de los conceptos incluidos en la programación integral, se procederá a dar una hoja de acción mini-kaizen a cada una de las personas presentes, tras llenar cada uno su hoja, se podrá observar si comprendieron los conceptos expuestos con anterioridad al mismo tiempo que estarán proponiendo alguna idea de mejora en su área de trabajo.

El formato de dicha hoja se muestra a continuación, en la figura 34.

**Figura 34.** Formato de hoja de acción mini-kaizen

<b>HOJA DE ACCIÓN MINI-KAIZEN</b>		
Jefe o Líder de Equipo:		Fecha:
<b>Descripción del problema:</b>	<b>Acciones tomadas/ a ser tomadas:</b>	<b>Resultados/resultados esperados:</b>
<b>Antes de Kaizen (dibujar retrato):</b>		<b>Después de Kaizen (dibujar retrato):</b>
<b>Salidas medidas/ a ser medidas para determinar el impacto de cambios:</b>		

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar el formato de la hoja de acción Mini-Kaizen, el cual es un formato sencillo para la comprensión de todo el personal. Un ejemplo sencillo de su utilización sería el de retomar el que se mostró con anterioridad acerca de una persona que trabaje en Ensamble 1.

Si esta persona observa un desorden en su área de trabajo y que debido a él no logra encontrar con facilidad las plantillas que utiliza para el cuadro del equipo, habría identificado un problema, el cual presentaría en el espacio que lleva por nombre descripción del problema.

Identificado el problema prosigue a pensar en acciones a ser tomadas, las cuales expondrá en el espacio dado para ello, una opción podría ser la utilización de las 5 S, será tan específico como crea necesario, por ejemplo:

- ⊕ Seleccionar: sacar los ítems no necesarios y documentarlo adecuadamente.
- ⊕ Ordenar y limpiar: toda el área, gabinetes, cajones, bajo la mesa, etc.
- ⊕ Asegurar: realizar ganancias de seguridad a través de ordenar visualmente.
- ⊕ Estandarizar lugar: ubicar cada cosa en su lugar, diseñado para eliminar desperdicio de movimientos.
- ⊕ Establecer lugar (autocontrol): un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Delimitar, señalizar e identificar cada lugar.

Teniendo conocimiento de que rumbo se tomará para solucionar el problema, es necesario especificar los resultados esperados, éstos podrían ser cuantitativos o cualitativos. Para este ejemplo, el resultado esperado que podría esperar el operario de ensamble 1, es el de poder encontrar las plantillas necesarias en menor tiempo, puesto que no lo perdería mientras las busca. Así mismo podría esperar tener un área de trabajo más segura.

En los recuadros que llevan por nombre antes y después de Kaizen, como se indica entre paréntesis se dibuja el área de trabajo de cómo estaba en el momento en que se identificó el problema y como quedó después de implementar las medidas que consideró necesarias.

Finalmente, el único campo que queda sin llenar es el que dice salidas a ser medidas para determinar el impacto de cambios, éste podría ser un indicador que muestre mejora, en este caso un simple indicador sería el tiempo

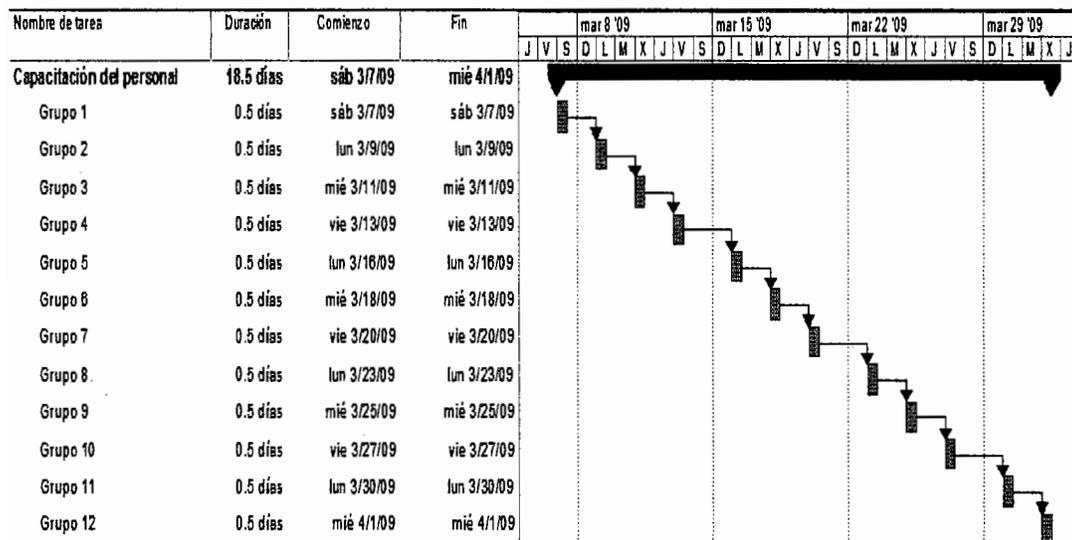
que se tarda en encontrar las plantillas, tomando el tiempo antes y después de haber aplicado las 5 S.

A través del ejemplo acerca de la utilización de la hoja de acción mini-kaizen queda claro cómo es que realmente esta hoja puede utilizarse como una herramienta para evaluar el conocimiento que adquirió el personal que asistió a la capacitación.

### 5.2.2 Programación de eventos

En cuanto a la programación de eventos, se hace referencia únicamente a la forma en que se dividirán los operarios en distintos grupos para ser capacitados, por lo que se presentará un diagrama de Gantt en el cual se presenta en cuánto tiempo será capacitado todo el personal de las cinco líneas de producción. Este se presenta a continuación, en la figura 35.

**Figura 35.** Programación de la capacitación del personal



Fuente: Elaboración propia

Las fechas mostradas en la figura anterior son tentativas, pero se propone que se capaciten tres grupos por semana, utilizando toda la mañana, para poder presentar correctamente el programa integral.

Gracias al diagrama, se puede apreciar que la capacitación de todo el personal de producción se estaría logrando en menos de un mes al utilizar dicha metodología.

Como se mencionó con anterioridad, dichas fechas son tentativas al igual que la propuesta de capacitar tres grupos por semana, dicha idea se muestra pensando en que si se capacita al personal entre semana éste se sentirá más cómodo y asistirá con más entusiasmo en comparación de realizar las capacitaciones día sábado al medio día.

Si la demanda de la Empresa fuera muy alta, podría recurrir a capacitar al personal únicamente días sábados ya que no se acostumbra a trabajar ese día, aprovechándolo de esta forma para su crecimiento profesional.

El tiempo total que se tome la Empresa en capacitar a su personal no afecta de manera trascendental la implementación del proyecto, puesto que en lo que se termina de capacitarlos se puede seguir con el balanceo del resto de equipos antes de cambiar la asignación de tareas directamente en la línea de producción.

El primer grupo en ser capacitado estaría integrado por los supervisores de cada línea de producción y el gerente de producción, para que ellos también se sientan comprometidos con el proyecto y a la vez puedan ayudar a dirigir los siguientes grupos. Es por ello que se propone que dicho grupo sea capacitado un día sábado, para así evitar dejar sin supervisores las líneas de producción.

Se formarán 11 grupos de 20 personas cada uno, se hablará con los supervisores de cada línea para que escojan cada uno 4 personas de su línea para enviarlas a la capacitación. De esta forma no se interrumpirán las labores diarias en el área de producción y se podrá ir capacitando a todo el personal.

El primer grupo en ser capacitado serán únicamente los supervisores de cada línea, junto con los de cada área de trabajo y el gerente de producción para que ellos también estén concientes del proyecto que se propone, logrando de esta forma que también puedan estar a cargo de capacitar alguno de los 11 grupos.

### **5.3 Ventajas del análisis del resto de equipos producidos en la planta**

Aunque el equipo A sea el más vendido y producido por la Empresa, el balance de cargas de trabajo propuesto en base al análisis de su proceso de producción, podría no ser funcional para el resto de equipos fabricados.

Esto puesto que al ser también el equipo más elaborado, el número de trabajadores que se necesita para fabricarlo es mayor al necesario en el resto de equipos.

Es por ello que resulta necesario elaborar un estudio de tiempos para el resto de equipos producidos dentro de la Empresa y así mismo elaborar un balanceo de cargas de trabajo para cada uno de ellos, con lo que podrían surgir las siguientes ventajas:

- ✦ El tiempo disponible en la jornada de trabajo puede ser aprovechado al máximo.
- ✦ El número máximo de operarios en cada línea de producción corresponderá a 40 y éstos serán suficientes para fabricar cualquier modelo de refrigerador industrial que venda la Empresa.
- ✦ Cuando se trabaje cualquier otro equipo, al tener ya el balance de cargas de trabajo del mismo, se tendría una idea clara y real de qué operarios necesitan ayuda para distribuirlos adecuadamente.

## **5.4 Mejora continua**

Como se observó en el programa integral, se incluye un apartado para explicar lo que es Kaizen, esto porque genera la dinámica y las acciones del mejoramiento continuo, así como la motivación y el esfuerzo de la gente para involucrarse en el diseño y gerencia de su propio trabajo.

Por una parte, se cumplen los procedimientos normalizados de trabajo, pero por la otra, los trabajadores aportan las mejoras con su creatividad y participación para disponer de operaciones y puestos de trabajo más eficientes integralmente.

El *takt time* no sólo es la base para el trabajo en los procesos, sino que forma parte de los tres elementos del trabajo estandarizado, siendo los otros dos el trabajo secuencial y el inventario estandarizado en los procesos. Estos se describen a continuación:

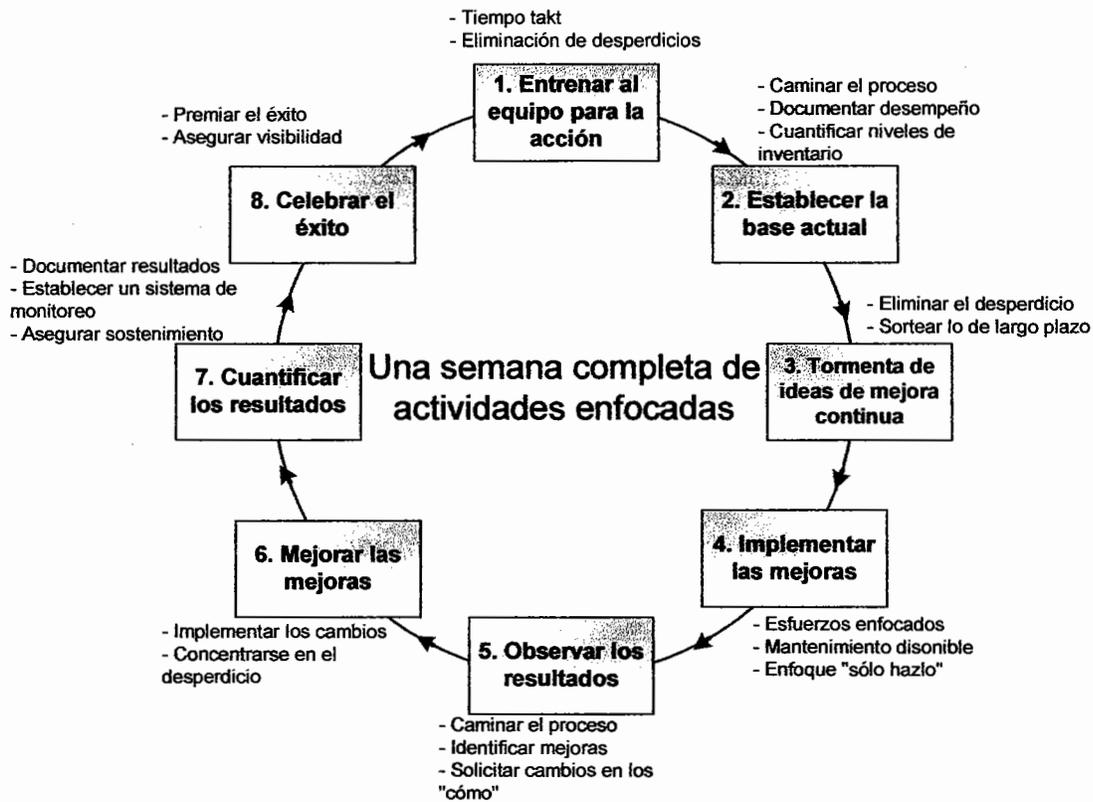
- ✦ El primero, referido a la secuencia operacional lógica que se requiere para poder lograr la forma más eficiente de hacer el trabajo.
- ✦ El segundo, se refiere al mínimo *stock* de piezas a la mano que se debe mantener en un puesto de trabajo para lograr eliminar las trancas o “cuellos de botella”.

Para estos fines, se utilizan tres herramientas básicas que los operarios deben manejar muy bien y se proponen como necesarias para mantener la manufactura esbelta en las líneas de producción y al mismo tiempo la mejora continua:

1. **La hoja de capacidad de producción.** Especifica la máxima capacidad de producción de cada máquina del proceso y es información determinante en la identificación de los “cuellos de botella”.
2. **La gráfica de trabajo combinada.** Indica el flujo de trabajo humano en el proceso y especifica el tiempo exacto requerido para cada paso de la operación, importante para asignar la fuerza laboral en los puestos de trabajo.
3. **La gráfica de trabajo estandarizado.** Es un diagrama que muestra la secuencia del trabajo que se realiza en el puesto, indicando los elementos del trabajo estandarizado (el *takt time* y el número de inventario en el proceso). La gente suele referirse a esta última gráfica como “la gerencia del puesto”.

En la figura 36, se muestra un círculo de mejora continua con el cual se pretende tener cambios significativos que ocurran en tiempo real y a la vez mantener el mejoramiento de forma activa.

**Figura 36. Círculo de mejora continua**



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. El estudio de tiempos realizado en la línea de producción de refrigeradores industriales corresponde a la utilización del método de cronometración vuelta a cero, que tras utilizar el método estadístico se obtuvo que era necesario realizar 10 observaciones por elemento, utilizando para ello un cronómetro digital, un tablero donde se colocaba la hoja de toma de tiempos y una calculadora de bolsillo.
2. Tras realizar el estudio de tiempos en cada una de las áreas que componen la línea de producción, normalizar los tiempos aplicando factores de calificación de *Westinghouse*, luego los suplementos necesarios para estandarizar los tiempos y finalmente sumar todos los tiempos por área de trabajo, se obtuvo que el tiempo de ciclo para la fabricación de un equipo de refrigeración industrial (siendo éste el más completo al tener el mayor número de elementos que lo componen) corresponde a 328.05 minutos.
3. Observando cada una de las estaciones de trabajo con las que cuenta la línea de producción piloto, se determinó que actualmente para la fabricación de refrigeradores industriales se utilizan 47 operarios en cada una de las líneas de producción de la empresa.
4. El *takt time* que se obtuvo como guía para poder nivelar las cargas de trabajo en la línea de producción X es de 8.25 minutos, para ello fue necesario determinar el tiempo disponible al día y obtener información del departamento de planificación sobre la demanda del cliente.

5. El estudio de tiempos realizado demuestra que las áreas críticas, denominadas así por la necesidad que existe en ellas de balancear sus cargas de trabajo son: ensamble 1, ensamble 2, ensamble 3, acabado final, empaque y sub-ensambles (evaporadores y unidades específicamente).
  
6. Tras analizar cada una de las áreas de la línea X y las cargas de trabajo que posee cada una de ellas, se propone mantener a 40 operarios en la línea para poder realizar de forma eficiente y balanceada las actividades necesarias para la producción de distintos equipos de refrigeración fabricados dentro de la empresa.
  
7. El mantener balanceadas las cargas de trabajo es de gran importancia para una empresa, puesto que con ello logrará aumentar la eficiencia en las líneas de producción, bajo el concepto de que estará utilizando menor recurso humano del que cuentan en la actualidad y este número corresponderá al personal necesario para cumplir con la demanda del cliente.

## RECOMENDACIONES

1. Para la realización del estudio de tiempos se escogió el método de cronometración vuelta a cero, por lo que debe evitarse incurrir en el error de disminuir el número de ciclos de estudio para un elemento en particular si se observa que los tiempos entre un ciclo y otro no varían. Aunque parezca práctico hacerlo así, es incorrecto, puesto que ya quedó demostrado mediante el método estadístico que para un estudio de tiempos objetivo en este proceso de producción deben realizarse 10 ciclos de estudio.
2. Es indispensable comprender el proceso de producción de refrigeradores industriales al momento de determinar el tiempo de ciclo del mismo, puesto que de esta forma el analista será capaz de calificar el desempeño del operario y asignarle suplementos a la operación objetivamente. Así mismo, al momento de estudiar el tiempo de ciclo de un equipo de refrigeración industrial se debe observar la forma en que opera cada estación de trabajo, con lo cual se logra identificar movimientos innecesarios. Esto ayudaría a presentar una propuesta de simplificación de las operaciones, lo cual se traduciría en un método de trabajo más eficiente y simple mostrando reducción importante en el tiempo de ciclo del equipo.
3. Al realizar el estudio de tiempos se pudo observar que actualmente se cuenta con 47 operarios en cada una de las líneas de producción pudiendo identificar la forma en que son utilizados en las distintas áreas. De esta forma, al analizar distintos equipos de refrigeración industrial se

concluirá que existe la misma cantidad de operarios, pero se debe aprovechar a observar la asignación de tareas que tiene cada uno y a la vez identificar una mejor forma de emplearlos en todo el proceso.

4. Es importante tomar en cuenta que la demanda del cliente puede ser cambiante y no será la misma de un equipo de refrigeración a otro, por lo que al estudiar los distintos equipos que produce la empresa no se debe cometer el error de establecer el *takt time* de 8.25 minutos como un estándar para todos ellos. Se debe consultar al departamento de planificación sobre la demanda del cliente para el equipo en estudio y recalcular el *takt time* para el mismo.
5. Este proyecto es una guía para maximizar el recurso humano en las líneas de producción, pero aún así es necesario ir analizando las distintas áreas dentro de ellas para identificar aquellas en las que no se esté usando correctamente la materia prima requerida para la fabricación de cada uno de los equipos producidos y así también maximizar su uso.
6. Al presentar los resultados se puede observar que el balance de cargas de trabajo para el equipo A muestra un máximo de 40 operarios en la línea, por lo que ésta es la cantidad de operarios que se propone mantener contratados en cada una de las líneas de producción de la empresa. Para determinar el número de operarios propuesto influyen diversos factores, siendo uno de éstos el tiempo de ciclo de cada estación de trabajo, por lo que debe procurarse ser objetivos al momento de la toma de tiempos, así como al calificar al operario y asignarle suplementos a la operación.

7. Al buscar este proyecto la maximización de la utilización de recurso humano al presentar el caso en que el equipo que se esté fabricando necesite un menor número de operarios en la línea, se propone utilizar el balance presentado y verificar el funcionamiento del mismo en la línea para observar en qué áreas se puede utilizar el resto de mano de obra, de tal forma que éstos no se queden ociosos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hodson, William. **Maynard: Manual del Ingeniero Industrial**, 4ª. Edición. México: Editorial McGrawHill, 1996. 2129 pp.
2. Barnes, Ralph. **Motion and time study design and measurement of work**, 7ª. Edición. Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc, 1980.
3. Niebel, Benjamín W. y Andris Freivalds. **Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo**, 11ª edición. México: Editorial Alfaomega, 2001. 750 pp.
4. García Criollo, Roberto. **Estudio del trabajo**, 2ª. Edición. México: Editorial McGraw Hill, 2005. 459 pp.
5. Gómez, V. **Lean Manufacturing, Cátedra en el curso en Ingeniería Industrial**. México: UDLA-P, 2003



## BIBLIOGRAFÍA

1. García Criollo, Roberto. **Estudio del trabajo**, 2ª. Edición. México: Editorial McGraw Hill, 2005. 459 pp.
2. Gómez García, J.M y D.M. Lozano Camarrillo. **Propuesta de rediseño y Mejora del área de ensamble de cafeteras KF 400 en la empresa A.G.** 2004.
3. Gutiérrez Garza, Gustavo. **Justo a tiempo y calidad total, principios y aplicaciones**, 5ª. Edición. México: Ediciones Castillo S.A. de C.V, 2000.
4. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad**, 2ª. Edición. México: Editorial McGraw Hill, 2005. 419 pp.
5. Hodson, William. **Maynard: Manual del Ingeniero Industrial**, 4ª. Edición. México: Editorial McGrawHill, 1996. 2129 pp.
6. Konz, Stephan. **Diseño de los sistemas de trabajo**. México: Editorial Limusa, 1990.
7. Krick, Edward V. **Ingeniería de métodos**. México: Editorial Limusa, 1982. 543 pp.
8. Meyers, Fred E. **Estudio de tiempos y movimientos, manufactura ágil**, 2ª. Edición. Editorial Pearson Educación, 2000. 342 pp.

9. Niebel, Benjamín W. y Andris Freivalds. **Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo**, 11ª edición. México, Editorial Alfaomega, 2001. 750 p.
  
10. Salvendy, Gabriel. **Manual del Ingeniero Industrial**. México: Editorial Limusa, 1991.

## ANEXOS

### Anexo 1

**Tabla XVIII.** Porcentajes de calificación de la actuación del Sistema *Westinghouse*

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0.15	A1	Superior	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Superior	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Bueno	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Bueno	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.06	E2	Aceptable
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Bueno	+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Malo	-0.04	F	Mala

Fuente: Adaptado de Niebel, 2004

### Anexo 2

**Tabla XIX.** Suplementos revisados

A. Márgenes de tolerancia constantes		
1	Personales	5
2	Básicos por fatiga	4

<b>B. Márgenes de tolerancia variables</b>		
1	Por estar de pie	2
2	Por posiciones anormales	
	a) Ligeramente incómoda	0
	b) Incómoda (inclinación)	2
	c) Muy incómoda (tendido, acostado)	7
3	Empleo de fuerza o energía muscular	
	Peso levantado, libras:	
	5	0
	15	2
	20	3
	25	4
	30	5
	35	7
	40	9
	45	11
	50	13
	60	17
	70	22
4	Iluminación mala	
	a) Ligeramente por debajo de lo recomendado	0
	b) Muy por debajo	2
	c) Extremadamente inadecuado	5
5	Condiciones atmosféricas	0-
	(calor y humedad variables)	10
6	Atención extrema	
	a) Trabajo bastante delicado	0
	b) Delicado o exacto	2
	c) Muy delicado o muy exacto	5
7	Nivel de ruido	
	a) Continuo	0
	b) Intermitente-alto	2
	c) Intermitente-muy alto	5
	d) Agudo alto	5
8	Esfuerzo mental	
	a) Proceso bastante complejo	1
	b) Complejo	4
	c) Muy complejo	8
9	Monotonía	
	a) Baja	0
	b) Media	1
	c) Alta	4
10	Tedio	
	a) Más o menos tedioso	0
	b) Tedioso	2
	c) Muy tedioso	5