



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA “ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Industriales.

**Autores:**

Herrera Tigselema Germánico Omar

Tapia Pruna Santiago Tomás

**Tutor Académico:**

Ing. Msc. Espín Beltrán Cristian Xavier

**LATACUNGA - ECUADOR**

**2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo **Herrera Tigselema Germánico Omar** y **Tapia Pruna Santiago Tomás** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA “ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A”** siendo Ing. Msc. Espín Beltrán Cristian Xavier tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



.....

**Herrera Tigselema Germánico Omar**

**C.C. 0503291775**



.....

**Tapia Pruna Santiago Tomás**

**C.C. 0503849218**




## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA “ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A.””, de Herrera Tigselema Germánico Omar y Tapia Pruna Santiago Tomás, de la carrera Ingeniería Industrial considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.**

Latacunga, agosto, 2021

Firma

  
Firmado digitalmente  
por CRISTIAN XAVIER  
ESPIN BELTRAN  
Fecha: 2021.07.31  
12:04:13 -05'00'

Ing. Msc. Espin Beltrán Cristian Xavier

C.C. 0502269368



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS

### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas; por cuanto, los postulantes: Herrera Tigselema Germánico Omar y Tapia Pruna Santiago Tomás con el título de Proyecto de titulación: **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA “ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto de 2021.

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**  
Ing. Msc. Ángel Tello  
CC: 0501518559

**Lector 2**  
Dra. Lilia Cervantes  
CC: 1757274376

**Lector 3**  
Ing. Msc. Raúl Andrango  
CC: 1717526253

## CERTIFICACIÓN EMPRESA



**ECUAREF CIA. LTDA.**  
**Ecuatoriana de Refrigeración**  
*Líderes en refrigeración*

DIRECCION: Zumbalica Centro calle principal  
TELEFONOS: 032-271307 Movi: 0983535216 Claro: 093551978  
RUC: 0591723200001  
E-mail: [ecuaref\\_cia@hotmail.com](mailto:ecuaref_cia@hotmail.com)

### CERTIFICADO

Latacunga 29 de julio del 2021

La empresa ECUATORIANA DE REFRIGERACION "S.A" con ruc: 0591723200001 Representada por el Ing. EDISON BOLIVAR JACOME VIVAS como Gerente General avala al Sr. **Herrera Tigselema Germánico Omar con CI.0503291775** y al Sr. **Tapia Pruna Santiago Tomas con C.I 0503849218** estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Industrial, que ha desarrollado con éxito el tema de investigación: MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA "ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A" cumpliendo con las expectativas establecidas bajo la supervisión de la empresa

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que los interesados puedan hacer uso del presente documento para los fines que crean convenientes.

Atentamente:  
  
Ing. Bolívar Jacome  
GERENTE GENERAL



## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir con una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi. Después de años de esfuerzo, sacrificios, dedicación y grandes alegrías llego el día en mirar hacia atrás el camino recorrido por tus pasillos y aulas.

Mi gratitud también a mi asesor de tesis, Ing. Msc. Espín Beltrán Cristian Xavier, gracias a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas contribuyen la base de mi vida profesional.

*Germánico*

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios, a mi madre, hermanos y docentes por todo el apoyo incondicional que me brindaron para cumplir con mis metas y objetivos durante los años de estudios y de igual manera a la Universidad Técnica De Cotopaxi, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional en la carrera de Ingeniería Industrial.

*Santiago*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Milton y Gladys por ser el pilar más importante y por demostrarme su apoyo incondicional; Para mi mami Fina que supo escucharme y amarme en todo momento. A mis hermanos por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento siendo un logro de ustedes también. A mi amada hija Sarahy que con su amor y ternura cambio mi vida y la lleno de felicidad; para María José mi amada esposa que me enseñó que no existe nada mas importante que apoyo de la familia, gracias amor por caminar junto a mi en todo este tiempo te amo.

*Germánico*



## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación la dedico a toda mi familia y amigos, principalmente a mi madre que ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos y por último a esos verdaderos amigos con los que he compartido en todos estos años juntos.

*Santiago*

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN EMPRESA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
ÍNDICE GENERAL .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	xx
2. INTRODUCCIÓN .....	1
2.1.1. Situación problemática .....	1
2.1.2. Formulación del problema.....	2
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	2
2.3. BENEFICIARIOS .....	2
2.4. JUSTIFICACIÓN .....	3
2.5. HIPÓTESIS .....	3
2.6. OBJETIVOS .....	3
2.6.1. General.....	3
2.6.2. Específicos.....	3
2.7. SISTEMA DE TAREAS .....	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
3.1. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS .....	5
3.2. TIEMPO NORMAL .....	5
3.3. TIEMPO CICLO.....	6

3.4.	TIEMPO ESTÁNDAR .....	6
3.5.	TIEMPO REAL .....	6
3.6.	TIEMPO IMPRODUCTIVO .....	7
3.7.	RITMO DE TRABAJO .....	7
3.8.	EFICIENCIA .....	7
3.9.	EFICACIA .....	8
3.10.	EFFECTIVIDAD .....	8
3.11.	LA PRODUCCIÓN.....	8
3.12.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....	8
3.13.	CAPACIDAD DE LA PRODUCCIÓN .....	9
3.14.	OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	9
3.15.	PRODUCTIVIDAD .....	9
3.16.	PLANEACIÓN .....	9
3.17.	PROCESOS.....	10
3.18.	PROCESO PRODUCTIVO .....	10
3.19.	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.....	10
3.20.	ESTUDIO DEL TRABAJO .....	10
3.21.	ESTUDIO DE MÉTODOS .....	11
3.22.	ESTUDIO DEL TRABAJO Y EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.....	12
3.23.	DIAGRAMAS DE PROCESOS .....	12
3.24.	CICLO PHVA .....	14
4.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
4.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	14
4.2.	INSTRUMENTOS.....	15
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	16
5.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA .....	16
5.1.1.	Descripción de Áreas y Proceso Actual .....	17
5.1.2.	Descripción de maquinaria y equipo .....	19
5.1.3.	Descripción de herramientas .....	20
5.1.4.	Descripción de materia prima.....	20
5.2.	MÉTODOS ACTUALES DE TRABAJO .....	21
5.2.1.	Cursograma actual de actividades basado en el material .....	21
5.2.2.	Cursograma analítico .....	23

5.2.3.	Flujo de proceso .....	25
5.2.4.	Diagrama de recorrido .....	26
5.3.	ESTUDIO DE TIEMPOS ACTUALES .....	27
5.3.1.	Elaboración del estudio de tiempos .....	27
5.3.2.	Capacidades de producción .....	41
5.3.3.	Análisis de eficiencia de producción .....	42
5.4.	PLAN DE MEJORA.....	44
5.4.1.	Oportunidades de mejora.....	44
5.4.2.	Estudio de tiempos propuesto.....	45
5.4.3.	Cursograma analítico propuesto .....	47
5.4.5.	Presupuesto para implementar mejoras .....	50
5.5.1.	Análisis costos .....	50
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
6.1.	CONCLUSIONES .....	52
6.2.	RECOMENDACIONES.....	52
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	53
8.	ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Beneficiarios del proyecto .....	2
<b>Tabla 2.2.</b> Actividades y metodología .....	4
<b>Tabla 3.1.</b> Técnicas para el estudio de métodos de trabajo [15].....	11
<b>Tabla 3.2.</b> Simbología del diagrama de procesos [17].....	13
<b>Tabla 5.1.</b> Complejidad actividades por área. ....	19
<b>Tabla 5.2.</b> Maquinaria.....	19
<b>Tabla 5.3.</b> Herramientas.....	20
<b>Tabla 5.4.</b> Cursograma de Actividades: Paneles de Refrigeración.....	22
<b>Tabla 5.5.</b> Número de actividades por tipo.....	23
<b>Tabla 5.6.</b> Cursograma Analítico.....	24
<b>Tabla 5.7.</b> Resumen Cursograma Analítico.....	25
<b>Tabla 5.8.</b> Observaciones preliminares: Corte.....	27
<b>Tabla 5.9.</b> Número de observaciones según Método 1.....	28
<b>Tabla 5.10.</b> Número de observaciones por el método de General Electric.....	29
<b>Tabla 5.11.</b> Comparación número de observaciones entre métodos. ....	29
<b>Tabla 5.12.</b> Actividades: Fabricación de paneles de refrigeración.....	32
<b>Tabla 5.13.</b> Hoja de Toma de Tiempos: Corte. ....	33
<b>Tabla 5.14.</b> Cálculo de Suplementos por Descanso: Corte.....	34
<b>Tabla 5.15.</b> Hoja de Toma de Tiempos: Laminado. ....	35
<b>Tabla 5.16.</b> Cálculo de Suplementos por Descanso: Laminado. ....	36
<b>Tabla 5.17.</b> Hoja de Toma de Tiempos: Prensado.....	37
<b>Tabla 5.18.</b> Cálculo de Suplementos por Descanso: Prensado.....	38
<b>Tabla 5.19.</b> Hoja de Toma de Tiempos: Almacenamiento. ....	39
<b>Tabla 5.20.</b> Cálculo de Suplementos por Descanso: Almacenamiento. ....	40
<b>Tabla 5.21.</b> Resumen general del Estudio de Tiempos de Fabricación de Paneles.....	41
<b>Tabla 5.22.</b> Productividad en la Fabricación de Paneles de Refrigeración. ....	42
<b>Tabla 5.23.</b> Estudio de tiempos de Paros no planeados.....	43
<b>Tabla 5.24.</b> Propuestas de mejora.....	44
<b>Tabla 5.25.</b> Tiempo por paros no planeados según propuesta de mejora.....	45
<b>Tabla 5.26.</b> Hoja de tiempos propuesto: Prensado. ....	46
<b>Tabla 5.27.</b> Cálculo de Suplementos por Descanso: Prensado Propuesto.....	47

<b>Tabla 5.28.</b> Cursograma Analítico Propuesto: Prensado.....	48
<b>Tabla 5.29.</b> Comparación por mejoras.....	48
<b>Tabla 5.30.</b> Comparación Capacidad de Producción.....	49
<b>Tabla 5.31.</b> Presupuesto.....	50
<b>Tabla 5.32.</b> Costo de Mano de Obra.....	50
<b>Tabla 5.33.</b> Costo de Mano de Obra.....	51
<b>Tabla 5.34.</b> Comparación Costo.....	51
<b>Tabla 5.35.</b> Comparación ingresos.....	51

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura 3.1.</b> Ventajas del estudio de trabajo [14].....	11
<b>Figura 3.2.</b> Relación de los instrumentos del estudio de trabajo, tomado de [16] .....	12
<b>Figura 5.1.</b> Panel de refrigeración en 3D.....	16
<b>Figura 5.2.</b> Flujo general de proceso. ....	17
<b>Figura 5.3.</b> Distribución de máquinas en Ecuatoriana de Refrigeración. ....	18
<b>Figura 5.4.</b> Porcentajes de valor agregado.....	23
<b>Figura 5.5.</b> Flujo de proceso. ....	25
<b>Figura 5.6.</b> Recorrido de producto.....	26
<b>Figura 5.7.</b> Cálculo de Suplementos.....	31
<b>Figura 5.8.</b> Diagrama de Capacidad de Producción. ....	42
<b>Figura 5.9.</b> Porcentaje de mejora. ....	49



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 5.1.....	28
Ecuación 5.2.....	30
Ecuación 5.3.....	30
Ecuación 5.4.....	34

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TITULO: MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA “ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A”

#### Autores:

Herrera Tigselema Germánico Omar

Tapia Pruna Santiago Tomás

#### RESUMEN

El proyecto de investigación tiene el objetivo de mejorar el proceso de fabricación de paneles para reducir las pérdidas productivas en una empresa que se dedica a este tipo de productos. Inicialmente, se identifica las características de la empresa y se realiza el análisis de la situación actual de sus procesos que son corte, laminado, prensado y almacenamiento. Mediante cursogramas basados en el material y analíticamente se observa y registra las actividades necesarias para la fabricación de paneles de refrigeración. Además, se hace el diagrama de recorrido en el que se identifican 20 actividades en total las cuales se ejecutan alrededor de la planta hasta llegar a la bodega de producto terminado. Posteriormente, con un estudio de tiempos y movimientos en el que se toman 15 muestras por cada actividad, se obtienen los suplementos y se calculan los tiempos estándar para cada proceso. En este estudio, se encuentra que el proceso cuello de botella es el prensado con un tiempo de 23.03 minutos/panel el cual marca el ritmo de producción por lo que inicialmente la salida teórica de paneles es de 19 y la salida real por eficiencia es de 18. Finalmente, se propone un plan de mejora con el que se realiza un estudio de tiempos propuesto y se obtiene mejoras a nivel de productividad y eficiencia en la fabricación de paneles. Los resultados muestran que el tiempo de ciclo disminuye en 1.87%; pasa a 22.60 minutos/panel lo cual incrementa la capacidad de producción en 1.90% ya que se pueden fabricar 20 paneles.

**Palabras clave:** estudio de tiempos y movimientos, productividad, proceso.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**THEME: "IMPROVEMENT OF THE COOLING PANELS MANUFACTURING  
PROCESS TO REDUCE PRODUCTION LOSSES IN THE ECUADORIAN  
REFRIGERATION S.A COMPANY"**

**Authors:**

Herrera Tigselema Germánico Omar

Tapia Pruna Santiago Tomás

**ABSTRACT**

The research project aims to improve the panel manufacturing process to reduce production losses in a company dedicated to this type of product. Initially, the characteristics of the company are identified and an analysis of the current situation of its processes is carried out, which are cutting, laminating, pressing and storage. By means of material-based and analytical diagrams, the activities necessary for the manufacture of cooling panels are observed and recorded. In addition, the route diagram is made in which 20 activities are identified, which are carried out around the facilities until reaching the finished product warehouse. Subsequently, with a study of times and movements in which 15 samples are taken for each activity, the supplements are obtained and the standard times for each process are calculated. In this study, it is found that the bottleneck process is the pressing with a time of 23.03 minutes/panel which marks the pace of production so that initially the theoretical output of panels is 19 and the actual output by efficiency is 18. Finally, an improvement plan is proposed with which a proposed time study is carried out and improvements to the level of productivity and efficiency in the manufacture of panels are obtained. The results show that the cycle time decreases by 1.87%; it passes to 22.60 minutes/panel, which increases the production capacity by 1.90% since 20 panels can be manufactured.

**Keywords:** time and movement study, productivity, process.



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES DE REFRIGERACIÓN PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS PRODUCTIVAS EN LA EMPRESA “ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A”** presentado por: **Herrera Tigselema Germánico Omar y Tapia Pruna Santiago Tomas** egresados de la Carrera de: **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Julio del 2021

Atentamente,

**Mg. Mayra Clemencia Noroña Heredia.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**C.C. 0501955470**



Fluorescencia por  
MARC PAUL  
BELTRAN  
SEMBRANTES



CENTRO  
DE IDIOMAS

# **1. INFORMACIÓN GENERAL**

## **Título:**

Mejoramiento del proceso de fabricación de paneles de refrigeración para reducir las pérdidas productivas en la empresa ECUATORIANA DE REFRIGERACIÓN S.A

## **Fecha de inicio:**

5 de abril del 2020.

## **Fecha de finalización:**

2 de agosto del 2021.

## **Lugar de ejecución:**

Latacunga – Empresa “Ecuatoriana de refrigeración S.A”.

## **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

## **Carrera de auspicia:**

Ingeniería Industrial.

## **Equipo de trabajo:**

- Ing. Msc. Espín Beltrán Cristian Xavier
- Herrera Tigselema Omar Germánico
- Tapia Pruna Santiago Tomás

## **Área de conocimiento:**

07 Ingeniería, industria y construcción / 072 Fabricación y procesos / 0722 Materiales

## **Línea de investigación:**

Administración y gestión de la producción: Procesos industriales.

## **Sub líneas de investigación:**

Diseño de procesos productivos, puestos de trabajo y distribución de plantas industriales y de servicios.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. EL PROBLEMA**

La empresa ECUATORIANA DE REFRIGERACION S.A. es una empresa que se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga y se dedica a la fabricación, elaboración y comercialización de equipos de refrigeración industrial, tales como cámaras de frío, contenedores de transporte de alimentos, exhibidores, paneles de refrigeración y bancos de hielo. Esta empresa actualmente cubre el mercado de sierra centro norte, sin embargo, últimamente ha tenido una ampliación de mercado en lo que corresponde a la venta de paneles de refrigeración, que son placas de policarbonato para retener la temperatura de los alimentos.

Se ha evidenciado la necesidad de mejorar el proceso de fabricación para la realización de paneles de refrigeración, el proceso principal se halla en la manipulación y operaciones de la prensa hidráulica. Esta prensa básicamente cumple los requerimientos que exige la empresa sin obtener resultados por aprovechamiento de recursos. El desarrollo de la investigación ha sido propuesto por la existencia de cuellos de botella en la prensa hidráulica y el reproceso que surge por la deficiencia de los paneles de refrigeración.

La empresa cuenta con alrededor de 20 trabajadores, los mismos que están distribuidos por toda la planta y se dedican a múltiples actividades; es decir, no tienen actividades definidas, lo que se presume que sea una de las causas del fallo del proceso de fabricación, además de que el diseño de distribución de máquinas utilizadas para la producción de los paneles tales como prensas y sierras, no está conforme las exigencias del proceso.

#### **2.1.1. Situación problemática**

El problema radica en que la empresa Ecuatoriana de Refrigeración S.A. tiene una gran demanda en la producción de paneles y a la vez no se optimiza los procesos de producción para la fabricación de los mismos haciendo que la producción disminuya y no se aproveche correctamente, se observa que la prensa hidráulica para los paneles de refrigeración se maneja manualmente mediante pulsadores y sin alarmas de funcionamiento provocando que en cada ciclo de trabajo exista cuellos de botella que afectan a la empresa, disminuyendo de esta manera los Índices de productividad.

La empresa Ecuatoriana de Refrigeración S.A. tiene la capacidad de producción limitada por la falta de la implementación tecnológica y la distribución de su planta, la producción máxima alcanzada es 18 unidades diarias de paneles, lo que se busca al mejorar su proceso productivo

es incrementar su producción diaria. La planta tiene proyección ascendente al futuro, pero su capacidad limita a su crecimiento, por lo que la gerencia tomo la decisión de implementar una mejora en su proceso productivo, principalmente en la prensa hidráulica que a futuro será sometida a nuevas tecnologías, es una decisión que necesita de inversión pero que al ser concluida tendrá resultados positivos

Para el mejoramiento de los procesos productivos se realizará un estudio de tiempos y movimientos que permitan identificar los cuellos de botellas que se producen dentro del proceso productivo de los paneles y que tienen como consecuencia el retraso de la entrega de los mismos, provocando insatisfacción en los clientes y por ende pérdidas económicas significativas a la empresa.

A través de mecanismos de optimización se realizará una evaluación total del proceso productivo para determinar las principales falencias dentro del mismo tales como desorganización del área, incapacidad del personal o atrofio de las tareas, es decir, los trabajadores no tienen tareas definidas dentro de la planta, lo que causa que el proceso de producción sea minimizado o se noten actividades incompletas; esto trae como consecuencia una baja productividad en los trabajadores y por consecuente se refleja en el producto final.

### 2.1.2. Formulación del problema

¿Cómo mejorar el proceso productivo de la empresa Ecuatoriana de Refrigeración S.A.?

### 2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Paneles de Refrigeración

330000 Ciencias Tecnológicas / 3310 Tecnología industrial / 3310.05 Ingeniería de procesos / 3310.07 Estudio de Tiempos y Movimientos.

### 2.3. BENEFICIARIOS

**Tabla 2.1.** Beneficiarios del proyecto

<b>Directos</b>	<b>Individuos</b>	<b>Indirectos</b>	<b>Individuos</b>
Gerente	1	Clientes	20
Colaboradores	20	Proveedores	5
Total	21	Total	25



## **2.4. JUSTIFICACIÓN**

Al no contar con la respectiva estandarización en el proceso productivo, la empresa no consigue cumplir con los requerimientos diarios que exige la demanda de productos. Esto se debe a la existencia de múltiples falencias identificadas en el proceso de fabricación de los paneles de refrigeración, los problemas con mayor afectación al proceso productivo son: reproceso por la presencia de fisuras en el producto final, cuellos de botella en procesos manuales por desconocimiento de métodos de trabajo, falta de aplicación de las 5s en el área de trabajo.

Con la presente investigación se busca la mejora del proceso productivo, utilizando la ingeniería de métodos para la estandarización, lo cual permitirá mejorar el proceso productivo de los paneles de refrigeración.

El estudio y análisis de métodos de trabajo en la planta, es una necesidad básica, que traerá efectividad a la Empresa; el personal es la base principal sobre la que se debe realizar toda mejora, para que ellos una vez comprometidos con la organización sirvan como el recurso de mejora; proponiendo y aportando soluciones que fomenten el mejoramiento continuo. Es importante que cada persona tenga sus funciones bien definidas y que sepan en conjunto cual es el objetivo por el que ejecutan sus actividades.

## **2.5. HIPÓTESIS**

¿La aplicación de un plan de mejora ayudará a incrementar la producción en el proceso de fabricación de la empresa?

## **2.6. OBJETIVOS**

### **2.6.1. General**

Mejorar el proceso de fabricación de paneles de refrigeración con el estudio de métodos para reducir las pérdidas productivas en la empresa Ecuatoriana de Refrigeración S.A

### **2.6.2. Específicos**

- Analizar la situación actual de la empresa mediante el estudio de las líneas de producción para obtener un diagnóstico de cada proceso y actividad.
- Determinar los tiempos y movimientos del proceso de fabricación de paneles de refrigeración para identificar cuellos de botella en la línea de producción.
- Proponer un plan que permita la mejora del proceso productivo de la empresa.

## 2.7. SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 2.2.** Actividades y metodología

<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados de la actividad</b>	<b>Metodología e instrumentos</b>
<p>1. Analizar la situación actual de la empresa mediante el diagrama de procesos para identificar el proceso productivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del proceso productivo de la empresa.</li> <li>• Documentación de los las actividades del proceso.</li> <li>• Diagramación del flujo de proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo del proceso productivo.</li> <li>• Resumen de tipos de actividades por proceso.</li> <li>• Diagrama de proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de campo y técnica de observación.</li> <li>• Cursogramas.</li> <li>• Diagrama de recorrido.</li> </ul>
<p>2. Determinar los tiempos del proceso de fabricación de los paneles de refrigeración para identificar cuellos de botella en la línea de producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo del número de ciclos de observación.</li> <li>• Desarrollo del estudio de tiempos y movimientos en el proceso productivo.</li> <li>• Análisis de capacidad y eficiencia de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos para toma de tiempos.</li> <li>• Obtención del tiempo ciclo.</li> <li>• Identificación de cuellos de botella en la línea de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de tiempos.</li> <li>• Tablas de suplementos.</li> <li>• Diagrama de flujo.</li> </ul>

**Tabla 2.3.** Actividades y metodología (Continuación)

<b>Objetivo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados de la actividad</b>	<b>Metodología e instrumentos</b>
3. Proponer un plan que permita la mejora del proceso productivo de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de un plan de mejora.</li> <li>• Desarrollo del estudio de tiempos propuesto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización del proceso de fabricación de paneles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de mejora.</li> <li>• Estudio de tiempos.</li> <li>• Cursogramas.</li> </ul>

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Para la fundamentación del proyecto de investigación se considera varios autores pertenecientes a la rama de ingeniería industrial. A su vez, es necesario realizar una investigación bibliográfica para obtener las referencias de sitios web, artículos científicos y libros y tesis pertenecientes al tema de investigación.

#### **3.1. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS**

El estudio de tiempo y movimiento es una herramienta la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación [1]. La aplicación del estudio de tiempos y movimientos implica identificar el tiempo estándar para realizar una determinada tarea considerando los suplementos para cada colaborador de tal manera que, cada trabajador de la empresa trabaja a un ritmo de trabajo diferente impidiendo un estándar en el tiempo de trabajo que requiere una actividad del proceso de fabricación de los paneles de refrigeración.

#### **3.2. TIEMPO NORMAL**

El tiempo normal es el tiempo que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo "normal", emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio. Su valor se determina al multiplicar el tiempo normal por el ritmo de trabajo y debe ser constante, por ser independiente del ritmo de trabajo que se ha empleado en su ejecución [2]. Se puede definir al tiempo normal como el lapso que el trabajador tarda en realizar una tarea o actividad asignada sin interrupciones de ningún tipo, además de un ritmo de trabajo normal.

### **3.3. TIEMPO CICLO**

El tiempo de ciclo es un parámetro que queda establecido para cada proceso. Se define como el tiempo en el que un proceso se ejecuta, ya sea un proceso de máquina o un proceso manual. Este tiempo queda definido en función de una serie de parámetros y de él dependerán diferentes aspectos relacionados con la productividad y la gestión de la producción [3]. Entonces, el tiempo ciclo se define como la frecuencia con la que una parte es completada por un proceso en particular, hablando del tiempo ciclo se puede clasificar dos tipos:

- Tiempo ciclo manual. - Cada momento en que una persona necesita realizar una tarea física como levantar objetos u operar maquinaria.
- Tiempo ciclo automático. – No requiere un operador para continuar con el trabajo, por ejemplo; al presionar el botón de inicio de una máquina.

### **3.4. TIEMPO ESTÁNDAR**

El tiempo estándar es el tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo tipo. También se define el tiempo estándar como el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad que puede mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga [4].

Al ser la herramienta predilecta para la estandarización, el tiempo estándar establece los tiempos operacionales de los procesos industriales, esto quiere decir que dicho tiempo consigue determinar la eficiencia productiva de las áreas de trabajo. Dentro de la empresa es de vital importancia conseguir el tiempo estándar, de esta forma se aprovecha el rendimiento en función del tiempo de los trabajadores.

### **3.5. TIEMPO REAL**

Tiempo real son aquellos que deben producir respuestas correctas dentro de un intervalo de tiempo definido. Si el tiempo de respuesta excede ese límite, se produce una degradación del funcionamiento y/o un funcionamiento erróneo [5].

Para obtener datos validos se precisa que; el tiempo de entrada y salida de un proceso debe ser de intervalos cortos de tiempo para obtener un rango tolerable en las medidas conseguidas a través del estudio de tiempos.

### **3.6. TIEMPO IMPRODUCTIVO**

Tiempo improductivo es aquel que genera atrasos en la producción ocasionando paradas y aumento del tiempo de producción incrementando el costo de los recursos utilizados el cual afecta la productividad [6].

Se puede definir también como el tiempo en el cual no se ejecuta un trabajo eficaz, el cual puede estar enlazado con varios factores como son: interrupciones en la línea de producción, falta de material a procesar, trabajadores no cualificados, mala organización del personal, fallas en el sistema informático.

### **3.7. RITMO DE TRABAJO**

Cuando se habla de ritmo de trabajo, se refiere a las exigencias temporales ligadas a la carga de trabajo. El ritmo de trabajo es el tiempo necesario para realizar una determinada tarea. Para evaluarlo no solo tenemos en cuenta el factor tiempo sino también debemos tener en cuenta el nivel de concentración y atención necesaria para la ejecución de las tareas, la rapidez con las que hay que realizar esas tareas, si tienen plazos cortos o estrictos, o determinados por máquinas, clientes, procesos productivos, etc. [7].

También se puede definir al ritmo de trabajo como un estándar en el cual el trabajador busca el aprendizaje por medio de la observación de actividades de otra persona, la valoración del ritmo de trabajo determina si el individuo realiza sus actividades como lo haría cotidianamente o a su vez, aceleradamente por la presencia de un supervisor.

### **3.8. EFICIENCIA**

La eficiencia es un concepto que con frecuencia se utiliza como sinónimo de productividad; se puede resumir como la utilización óptima de los recursos. Un trabajador eficiente debe utilizar los materiales con el mínimo de desperdicio; emplear el mínimo tiempo posible en la producción sin deteriorar la calidad del producto; utilizar los servicios (electricidad, agua, gas, etc.) en las cantidades necesarias, sin desperdicio, y utilizar los medios tecnológicos (máquinas, equipos, herramientas, etc.) de manera tal que no se deterioren más de lo normal [8].

Se puede interpretar a la eficiencia como la realización de los objetivos de la empresa utilizando la menor cantidad de recursos posibles y evitando los desperdicios [8].

### **3.9. EFICACIA**

Al tratarse de la eficacia se puede interpretar como la realización y cumplimiento de los objetivos de la empresa sin tomar en cuenta el gasto de recursos empleados en el proceso de fabricación, se trata de la relación del tiempo y los recursos; entre más recursos empleados, menor el tiempo de culminación de los objetivos.

### **3.10. EFECTIVIDAD**

Se define como el logro exitoso de los objetivos establecidos por la empresa al reducir los recursos empleados en el proceso de fabricación, de esta forma aumentar el grado de satisfacción en base a las necesidades del cliente.

### **3.11. LA PRODUCCIÓN**

El sistema de producción es la parte de la empresa encargada de fabricar los productos, por lo tanto, es un sistema que crea riqueza, es decir, añade valor a las materias primas y componentes adquiridos por la empresa. Está formado por un proceso de transformación, los factores de producción, los outputs resultantes, la retroalimentación de la información y el entorno [9].

El área productiva o de fabricación es el proceso de mayor generación de valor agregado de la empresa, se lo define como el diseño por medio del cual los elementos se transforman en producto terminado. Según diversas fuentes afirman que la producción es toda actividad económica que al crear bienes o servicios aporta con un valor agregado, es decir, la diferenciación del producto de los demás de la misma rama del mercado.

### **3.12. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Las empresas productoras de manufacturas o servicios desarrollan procesos de Negocios con la finalidad de operar con eficiencia y satisfacer a sus clientes. Estos procesos tienen la finalidad de producir bienes (manufacturas y/o servicios) que atienden a las necesidades de los clientes y generan un beneficio (económico) para la empresa, de este modo, la eficiencia de los procesos productivos se relaciona tanto con la calidad de los bienes producidos, como con el costo de producción en que se incurre [10].

El sistema de producción abarca todo el proceso productivo de la empresa, quiere decir que dentro de la empresa Ecuatorianas de Refrigeración, los procesos que agregan valor al producto terminado son: Corte, laminado, prensado y almacenamiento.

### **3.13. CAPACIDAD DE LA PRODUCCIÓN**

La capacidad de producción es el nivel más alto de unidades producidas que se logra con una estructura productiva dada, también se determina el uso de factores fundamentales como: el tiempo, materia prima y recursos que son utilizados en el proceso de transformación en un periodo de tiempo determinado, tomando siempre en cuenta la demanda del mercado y la disponibilidad de recursos de la empresa.

### **3.14. OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

La optimización de procesos de producción es el eficiente manejo de recursos del área por parte de un profesional técnico-humano en cuanto se refiere a la administración de operaciones, para lo cual se requiere de una programación y organización industrial para el manejo operacional y control de todos los sistemas productivos utilizando procedimientos técnicos, científicos y humanos para el desarrollo de la empresa y el país.

### **3.15. PRODUCTIVIDAD**

Tradicionalmente la productividad total de la empresa, se ha visualizado como una razón matemática entre el valor de todos los productos y servicios fabricados o prestados y el valor de todos los recursos utilizados en hacer el producto o prestar el servicio, en un intervalo de tiempo dado [11].

Se tiene por objetivo de la productividad como la medición de la eficiencia de producción por cada factor o recurso empleado, teniendo en cuenta que, a menor cantidad de recursos empleados para obtener el producto terminado, será mayor la productividad del sistema y, por ende, mayor eficiencia.

### **3.16. PLANEACIÓN**

La planeación es el proceso por el cual una organización define sus objetivos y el cómo cumplirlos, debe ser aplicada a todas las organizaciones sin importar su sector o el tamaño de la misma. Para la elaboración del proyecto de investigación también se requiere obtener una planeación sobre los objetivos trazados y su cumplimiento. Determinar los problemas de la empresa es la base para empezar con el estudio y futuras mejoras sobre el proceso de fabricación de los paneles de refrigeración.



### **3.17. PROCESOS**

Es el conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman los elementos de entrada en elementos de salida aportando valor para el usuario. Por ejemplo: un proceso productivo, es aquel en que se transforman los insumos y bienes intermedios en un bien final que contiene más valor que la suma de sus componentes porque se le ha añadido valor [12].

También se define a los procesos industriales como el conjunto de actividades cronológicas realizadas por individuos y máquinas para generar un bien o un servicio.

### **3.18. PROCESO PRODUCTIVO**

En las empresas de producción, el proceso productivo, tiene características específicas de producción, como lo son la flexibilidad (Fácil adaptación a los cambios del entorno y a las necesidades del cliente), alta importancia del recurso humano (Ya que es este el que presta el servicio, debe tener la preparación adecuada, así como los materiales y el producto final para brindar la satisfacción de las necesidades del cliente) [13].

En la empresa Ecuatorianas de Refrigeración, el proceso productivo es el conjunto de actividades focalizadas en el proceso de fabricación de los paneles de refrigeración, contando con cuatro procesos en total que son: Corte, laminado, prensado y almacenamiento.

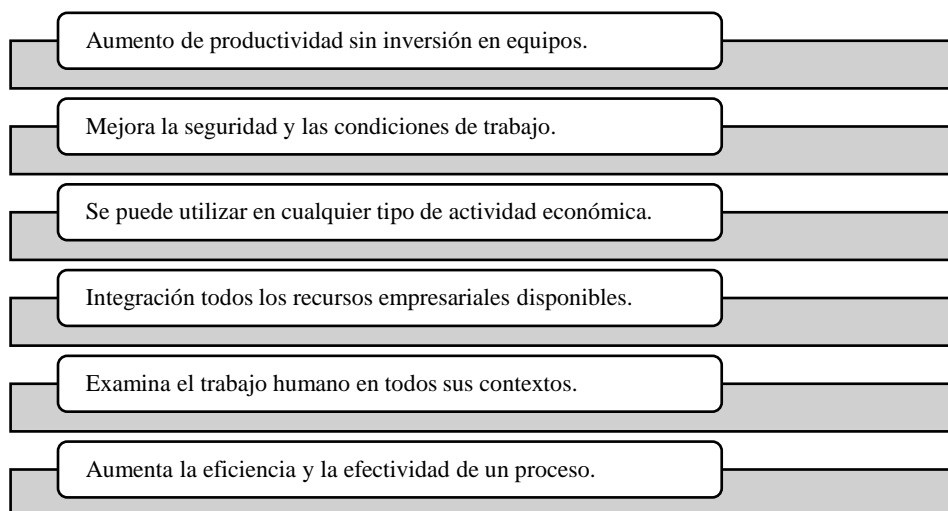
### **3.19. OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS**

La optimización de los procesos productivos de una organización, es el valor agregado de la organización, aumentando el aprovechamiento de los recursos que, a su vez, se reflejara en una mayor utilidad para la empresa, un mejor entorno laboral y una mejor relación con el cliente. Para realizar la optimización de procesos primero se debe tener un conocimiento de todos los procesos, actividades y funciones que la empresa realiza y esto se analiza mediante la cadena de valor.

### **3.20. ESTUDIO DEL TRABAJO**

Consiste en el examen sistemático de los métodos para realizar actividades, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de los recursos. A continuación, se expone las ventajas del estudio de trabajo [14].

Para la medición del trabajo es necesario recopilar los tiempos que el trabajador se tarda en realizar una actividad determinada, incluido el análisis de los suplementos.



**Figura 3.1.** Ventajas del estudio de trabajo [14]

### 3.21. ESTUDIO DE MÉTODOS

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras [15].

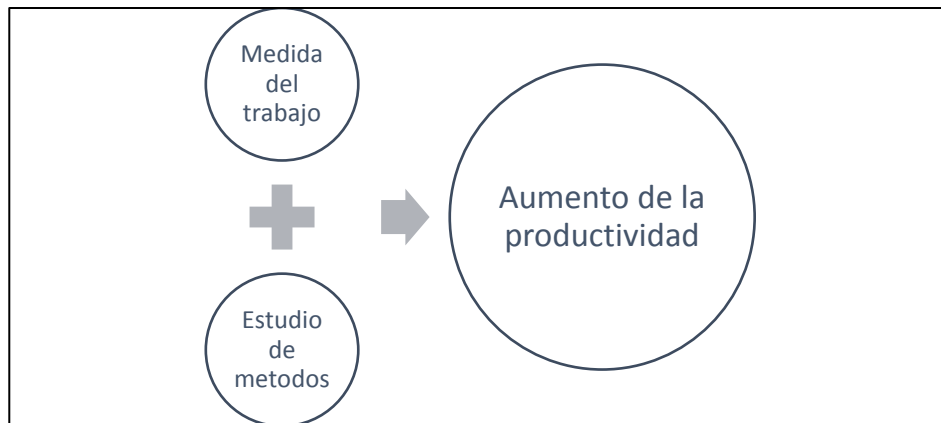
Para la ejecución del estudio de métodos se debe seguir ocho ciclos: seleccionar el trabajo, registrar hechos relevantes, examinar el modo de trabajo, establecer el método más eficaz, evaluar las opciones, definir los métodos, implantar el nuevo método, controlar la aplicación del método.

**Tabla 3.1.** Técnicas para el estudio de métodos de trabajo [15]

<b>Gráficos</b>	Que indican sucesión en los hechos	Cursograma sinóptico del proceso Cursograma analítico del operario y la maquina Diagrama bimanual
	Con escala de tiempo	Gráfico de actividades de tiempo Sinograma
<b>Diagramas</b>	Que indican movimiento	Diagrama de recorrido o de circuito Diagrama de hilo

### 3.22. ESTUDIO DEL TRABAJO Y EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa la comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o productos) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos).



**Figura 3.2.** Relación de los instrumentos del estudio de trabajo, tomado de [16]

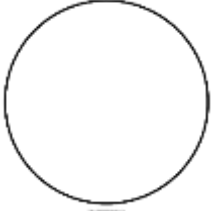


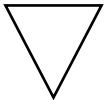

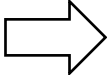
### 3.23. DIAGRAMAS DE PROCESOS

Esta herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido [17].

Al proceso se lo puede definir como la agrupación de las actividades secuencialmente realizadas para conseguir un propósito en la empresa, para la creación del diagrama de procesos es necesario conocer los procesos de la empresa y la simbología a utilizar. La función de un diagrama de proceso es ayudar a comprender la secuencia de actividades a través de la cual se mueve todo el producto o servicio, con la finalidad de: identificar los mejores puntos de recogida de datos, aislar y seguir el origen de los problemas, identificar el mejor lugar para realizar auditorías de proceso, identificar la oportunidad de reducir tramos en el proceso.

A tal fin, los diagramas de proceso clasifican toda actividad bajo uno de estos conceptos: Operación, Transporte, Inspección, Espera y Almacenaje. Listan las tareas incluyendo su correspondiente concepto y añaden las distancias recorridas [18].

**Tabla 3.2.** Simbología del diagrama de procesos [17]

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo	
Inspección	Ocurre cuando un objeto o un grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características.	
Demora	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.	
Almacenaje	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados	
Actividad combinada	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo.	
Transporte	Cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación	

### **3.24. CICLO PHVA**

En la ISO 9001:2015 se hace referencia al ciclo PHVA que es un método de gestión de procesos, el cual permite al individuo desarrollar y crecer continuamente al establecer estrategias para la reducción de costos y optimización de procesos.

- Planear: Se determina los procesos necesarios para obtener los mejores resultados en una empresa además de establecer las medidas de control y seguimiento de dichos procesos.
- Hacer: Consiste en la ejecución de los cambios planificados para lograr las metas planteadas para poder corregir fallas en la cadena de valor de una organización.
- Verificar: Se establece un modelo de medición y control para comprobar que los cambios planificados ayudan a la efectividad de la empresa.
- Actuar: Se procede a ajustar los cambios realizados con los objetivos de la organización para continuar con las mejoras respectivas.

El ciclo presenta cuatro etapas que se desarrollan de manera secuencial, iniciando por cualquiera de ellas y repitiéndose de manera indefinida. Esta repetición indefinida es la que produce el mejoramiento continuo en la organización. El ciclo se aplica a nivel organizacional pero también en cada puesto de trabajo. En este último caso aparece el concepto de mejoramiento diario. El mejoramiento, en cualquiera de los dos niveles, es considerado como una escalera en la cual se asciende peldaño por peldaño; dicho ascenso está apalancado en la aplicación de ciclos PHVA [19].

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **Investigación descriptiva**

También conocida como la investigación estadística, se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio. Este nivel de Investigación responde a las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo y cómo [20].

Para la resolución del presente proyecto de investigación se requiere utilizar la investigación descriptiva por la necesidad de realizar un levantamiento de procesos con el fin de obtener datos cuantificables y describir las actividades de cada proceso en la fabricación del producto terminado.

## **Investigación aplicada**

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto [21].

Se utiliza la investigación aplicada para encontrar estrategias que sirvan para cumplir un objetivo en específico. Dentro de la empresa Ecuatoriana de Refrigeración se produce cuellos de botella considerable, por lo tanto, la investigación aplicada enfoca el estudio en mejorar el rendimiento del tiempo en el proceso productivo.

## **Técnica bibliográfica**

Para el desarrollo de la investigación se requiere investigar fuentes bibliográficas para la búsqueda de información que sustente teóricamente la viabilidad del proyecto.

## **Técnica de campo**

En la empresa Ecuatoriana de Refrigeración fue necesario utilizar la técnica de campo para obtener información referente al proceso de fabricación de los paneles de refrigeración directamente en la fuente, A demás, se puede identificar los posibles problemas a solucionar en la empresa.

## **Técnica de Observación**

La técnica de observación es el pilar de la investigación en la empresa, ya que, se recopila información específica sobre los procesos que son estudiados y a su vez se puede analizar los problemas con forme se siga observando los procesos.

## **4.2. INSTRUMENTOS**

### **Diagramas de procesos**

La utilización de diagramas es necesaria para la investigación del proyecto porque ayudan a un mejor entendimiento y análisis mediante la tabulación de resultados.

Cronometro

### **Hojas de cálculo en Excel**

En este caso, se utiliza las hojas de cálculo de Excel para el registro de los datos obtenidos en la observación del proceso de fabricación de los paneles de refrigeración.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

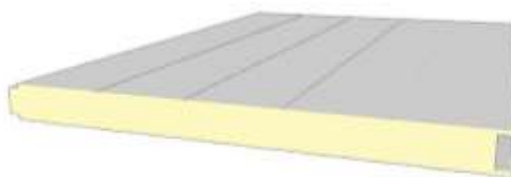
### 5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

#### Descripción empresa

La empresa Ecuatoriana de Refrigeración fue creada en el año 2011, por el Ing. Edison Bolívar con el propósito de diseñar, fabricar y comercializar paneles de refrigeración en el mercado que se encuentra establecido dentro y fuera de la provincia de Cotopaxi, para sus diversos usos en el sector de alimentos, farmacéutico, gastronomía y construcción.

#### Producto

Los paneles de refrigeración que se muestra en la Figura 5.1 es el principal producto de la empresa siendo las medidas más comunes: 6 m de alto, 6 m de ancho y 10 cm de espesor con un peso promedio de 60 kg.



**Figura 5.1.** Panel de refrigeración en 3D.

Los paneles de refrigeración se conforman por polímeros sintéticos, tienen un bajo coeficiente global de transferencia de calor, debido al bajo coeficiente de conductividad térmica de sus materiales, lo que minimiza las pérdidas por conducción o convección entre los lados interior y exterior de la cámara. Este tipo de paneles pueden estar disponibles en distintos espesores.

Dentro de esta gama existen 3 paneles estándar diferenciados por su grosor.

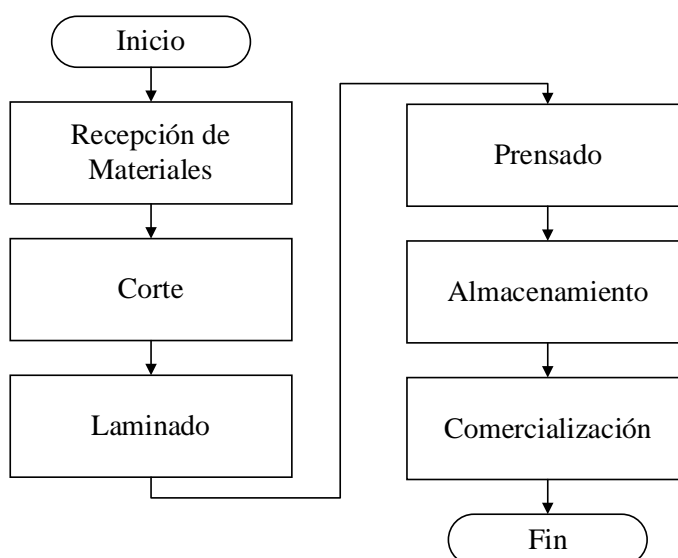
Panel de 60mm: Es un panel para cámaras de refrigeración. Están pensadas para sitios que no estén expuestos a un calor extremadamente alto (luz directa durante todo el día, a lado de hornos industriales).

Panel de 80mm: Panel para cámaras de refrigeración expuestas en sitios de más calor. Con su grosor es más difícil que la temperatura externa afecte la temperatura interior.

Panel 100mm: Son paneles para cámaras de congelación para productos congelados como pescado, alimentos u otros. Con este espesor se garantiza un aislamiento superior para ayudar al máximo el correcto funcionamiento del equipo de congelación y ahorrar en energía.

### 5.1.1. Descripción de Áreas y Proceso Actual

El proceso para la producción de paneles de refrigeración consta de 6 etapas que se muestran en la Figura 5.2 en las cuales se desarrollan diferentes actividades hasta obtener el producto final. Cada una de las etapas se ubica físicamente en áreas distintas de la planta de producción a través de la cual se transforman las láminas galvanizadas en paneles.



**Figura 5.2.** Flujo general de proceso.

Las áreas dentro de la planta de producción de Ecuatoriana de Refrigeración son las que se describen a continuación

#### **Ingreso de materiales**

En esta área se reciben las láminas de aluminio, se contabilizan y validan las características de la materia prima.

#### **Corte o Desbobinado**

En esta área se procede con el corte de la lámina galvanizada pre pintada que viene en un rollo con un peso de 5 toneladas, a este rollo se le va desenvolviendo en la mesa de trabajo hasta obtener las dimensiones adecuadas para el panel la cuales son: 6 m de largo y 1,22 m de ancho con un espesor de 0,40 cm, una vez medido correctamente se procede a cortar la lámina.

#### **Laminado**

En esta sección se procede a dar forma a la lámina de acero con un tamaño final 7 m de largo y 1,3 m de ancho. Posteriormente, se añade la lámina galvanizada.



## Prensado

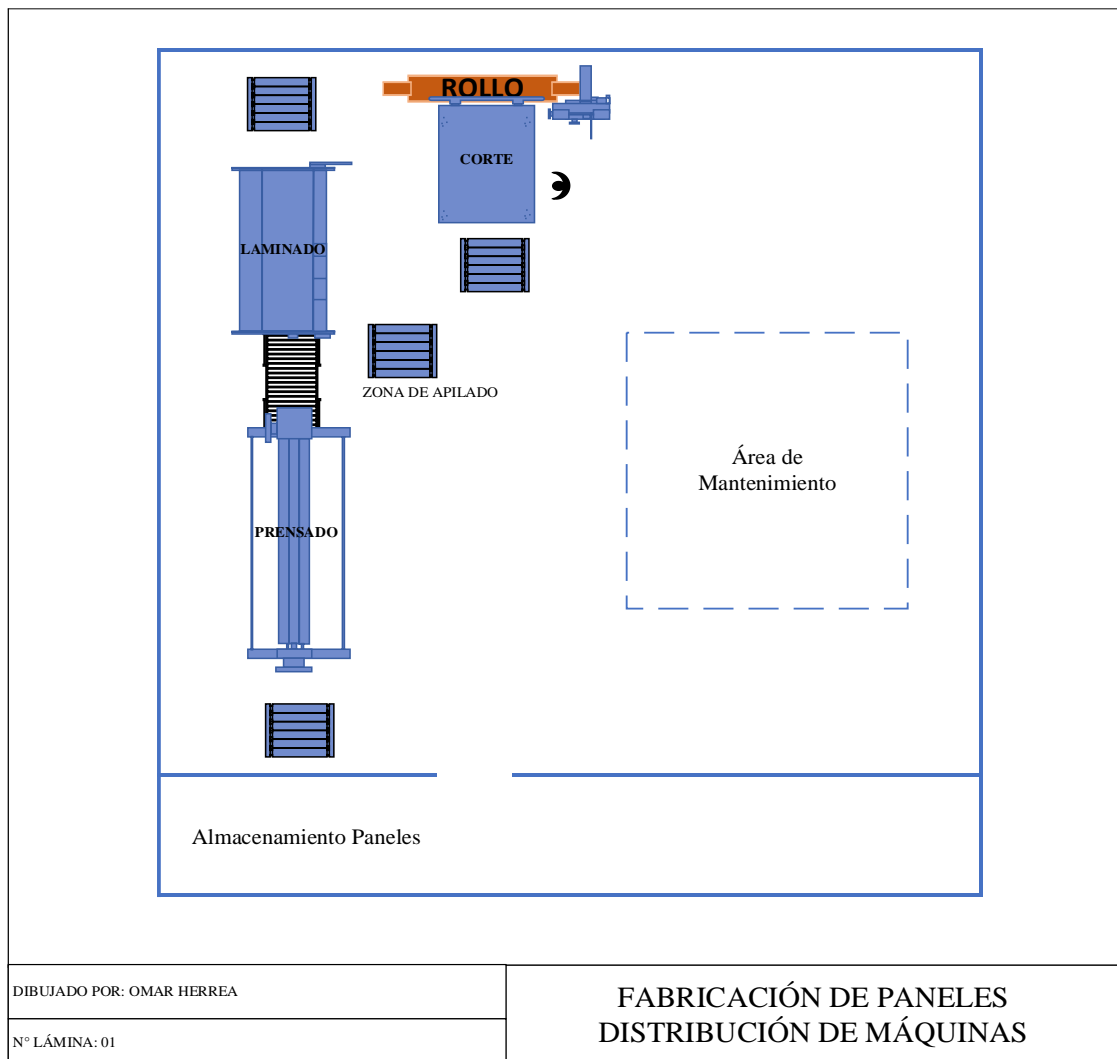
En esta sección se añade poliuretano en medio de las láminas formando así el panel el cual bajo presión se solidifica y se forma un panel de tamaño 6 m de largo y 1,1 m de ancho.

## Almacenamiento

En esta área los paneles se mantienen almacenados y contabilizados en el stock hasta ser distribuidos.

## Distribución de máquinas

En la Figura 5.3 se puede observar la distribución de maquinaria en la empresa Ecuatoriana de Refrigeración, en la que se observa los procesos de corte, laminado y prensado. Entre cada uno de los procesos existe zonas para apilar las láminas y fuera de la nave se almacena los paneles terminados.



**Figura 5.3.** Distribución de máquinas en Ecuatoriana de Refrigeración.

### Nivel de complejidad de actividades

En la Tabla 5.1 se determina el nivel de complejidad de las actividades que se realizan en cada área del proceso de producción. Se identifica que el área de mayor complejidad es el prensado debido a que allí, el panel adquiere su forma final.

La complejidad se evalúa en una escala de 1 a 4 en donde 1 es bajo y 4 crítico.



**Tabla 5.1.** Complejidad actividades por área.

Área	Complejidad	%
Corte	2	21%
Laminado	2	32%
Prensado	3	37%
Almacenamiento	1	11%
<b>Nivel de Complejidad</b>	1 bajo; 2 normal; 3 alto; 4 Crítico	

### 5.1.2. Descripción de maquinaria y equipo

La empresa Ecuatoriana de Refrigeración consta de maquinaria instalada para el proceso de fabricación de los paneles que se muestra en la Tabla 5.2.





**Tabla 5.2.** Maquinaria.

Maquinaria	Número	Características	Capacidad Teórica	Imagen
Prensa hidráulica	1	Prensa hidráulica cuya función es prensar los paneles.	20 paneles	
Laminadora	1	Laminadora cuya función es formar los canales en la lámina y dar la mayor dureza al material	115 paneles	

### 5.1.3. Descripción de herramientas

En la producción de paneles de refrigeración se utiliza varias herramientas que se detallan en la Tabla 5.3, necesarias para obtener paneles de refrigeración de alta calidad y sellado.

**Tabla 5.3.** Herramientas.

Herramienta	Número	Características	Capacidad	Imagen
Guillotina de corte	1	Corta a medida las láminas de aluminio	1 lamina	
Remachadora	1	Permite fijar los paneles con remache	30 remaches	
Galones de plástico	6	Uso para transportar agua o adherentes	1 galón	
Estilete	3	Corte de adhesivos para los paneles	1 corte	

### 5.1.4. Descripción de materia prima

La materia prima que se utiliza en la producción de paneles de refrigeración en la empresa Ecuatoriana de Refrigeración llega de varios proveedores nacionales. El panel está constituido por dos láminas de acero galvanizado pre pintado con alma en poliuretano de alta densidad que le garantiza un bajo flujo de calor.

**Lámina Galvanizada:** el recubrimiento de Zinc está dado por el proceso de inmersión en caliente para obtener una capa G-90 (equivalente a 0,9 oz/pie<sup>2</sup> por ambas caras) conforme con la norma ASTM 25.

**Espuma Poliuretano:** el alma aislante se expande pegándose completamente a las capas de cobertura sin necesidad de emplear ningún tipo de adhesivo, por lo que se considera que el conjunto forma un único producto o elemento de construcción.

**OBJETIVO 1: Analizar la situación actual de la empresa mediante el estudio de las líneas de producción para obtener un diagnóstico de cada proceso y actividad.**

## **5.2. MÉTODOS ACTUALES DE TRABAJO**

En esta sección se realiza el análisis de los métodos actuales que se usan para la producción de los paneles de refrigeración, para lo cual se utilizan cursogramas en donde se registran las actividades y operaciones que intervienen en la producción.

### **5.2.1. Cursograma actual de actividades basado en el material**

En la Tabla 5.4 se realiza el análisis de todas las actividades para la fabricación de un panel de refrigeración, se usa un cursograma de actividades en el que se registran e identifican los inventarios, transportes, inspecciones y operaciones que se ejecuten.

Para este cursograma, el analista hace varias observaciones del proceso y define claramente cada actividad que se realiza durante la fabricación de los paneles. Una vez que se identifica la totalidad del proceso se colocan los símbolos por tipo de actividad y se clasifican en actividades productivas e improductivas.

Se definen tres tipos de actividades; así: actividades necesarias que añaden valor al producto, actividades necesarias que no añaden valor al producto y actividades innecesarias que no añaden valor al producto.

En la empresa Ecuatoriana de Refrigeración se producen paneles con dos componentes: láminas galvanizadas y espuma de poliuretano. Durante el proceso de producción se identifican 14 operaciones principales, en las que las láminas ingresan en la operación de corte y la espuma de poliuretano ingresa en el prensado.

Se observa que existen tres inspecciones globales durante el proceso que se realizan al finalizar cada etapa, esto debido a los altos costos que implica la producción de un panel de refrigeración que no cumpla con las características definidas.

En el proceso de producción de paneles de refrigeración no existen subensambles intermedios que se fabriquen previamente, por el contrario, la línea es continua y los procesos son dependientes de su predecesor.

**Tabla 5.4.** Cursograma de Actividades: Paneles de Refrigeración.

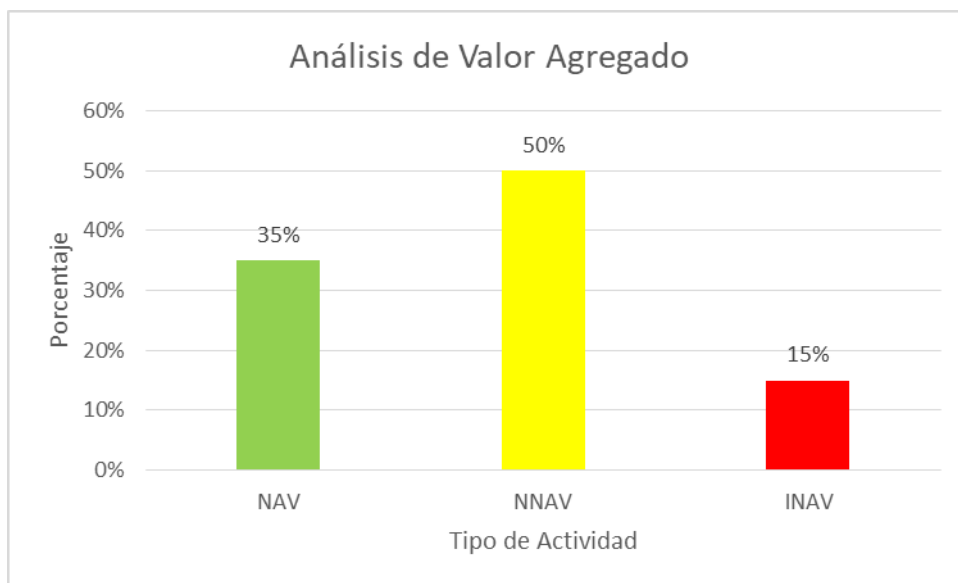
<b>Cursograma de Actividades Basado en el Material</b>			
<b>Diagrama N° 01</b>	<b>Hoja Núm: 1/1</b>	Método Lineal	Original
<b>Producto:</b> Paneles de Refrigeración		<b>Operario (s):</b> Tres operarios	
<b>Proceso:</b> Fabricación de Paneles de Refrigeración		<b>Lugar:</b> Latacunga	<b>Empresa:</b> Ecuatoriana de Refrigeración
		<b>Elaborado por:</b> Omar Herrera, Santiago Tapia	
		<b>Fecha:</b> 12/04/2021	
<b>Símbolo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tipo de Actividad</b>	
	Colocar rollo en eje	NNAV	
	Extendido del material	NNAV	
	Corte de la lámina	NAV	
	Inspección de las medidas	INAV	
	Retirar lámina de la mesa de trabajo y depositar en pallet	NNAV	
	Colocar lámina en rodillos	NNAV	
	Compresión de lámina	NAV	
	Extracción de lámina hacia los rieles	NNAV	
	Revisar deformaciones	INAV	
	Colocar lámina en pallet	NNAV	
	Colocar lámina 1 en prensa	NAV	
	Colocar lámina 2 en presa	NAV	
	Cuadrar láminas	INAV	
	Inyectar poliuretano	NAV	
	Comprimir panel	NAV	
	Secado de panel	NAV	
	Retirar panel de la prensa	NNAV	
	Trasladar panel al área de almacenamiento	NNAV	
	Organizar los paneles por paquetes	NNAV	
	Registrar inventario de paneles	NNAV	
Nomenclatura: NAV actividad necesaria, añade valor al producto; NNAV actividad innecesaria, no añade valor al producto; INAV actividad innecesaria, no añade valor al producto.			

En la Tabla 5.5 se determina el número actividades por tipo y se calcula el ratio de valor agregado (RVA), para el proceso de fabricación de paneles de refrigeración se tiene un RVA de 35% con 7 actividades.

**Tabla 5.5.** Número de actividades por tipo.

Tipo de Actividad	Cuenta	Porcentaje
NAV	7	35%
NNAV	10	50%
INAV	3	15%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

En la Figura 5.4 se observa que el mayor porcentaje de actividades son necesarias que no añaden valor al producto con 50% y existe un 15% de actividades innecesarias que se deben analizar en los planes de mejora.



**Figura 5.4.** Porcentajes de valor agregado.

### 5.2.2. Cursograma analítico

En la Tabla 5.6 se levanta el cursograma analítico del proceso en el que se determinan tiempos preliminares y se calcula un tiempo total de 29.07 minutos para la fabricación de un panel de refrigeración bajo un proceso continuo y sin inventarios intermedios. Se identifica una distancia recorrida de 0.9 metros con 3 transportes. Además, se realizan tres inspecciones durante el proceso.

**Tabla 5.6. Cursograma Analítico.**

Ecuatoriana de Refrigeración		Método: Actual/Propuesto			Actividad					Actual	Propuesta		
Cursograma Analítico					Operación ●					14			
Objetivo: Fabricación de paneles de refrigeración					Transporte →					3			
					Inspección ■					2			
Diagrama N° 01					Hoja Num: 1/1		Espera ◐					0	
							Almacenamiento ▼					1	
		Distancia (m)					0.9						
		Tiempo (min)					29.075						
N.-	ACTIVIDAD	Cantidad (un)	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observación			
					●	→	■	◐	▼				
1	Colocar rollo en eje	1		0.37	●						Unidad rollo		
2	Extendido del material	2		0.40	●						Unidad lámina		
3	Corte de la lámina	2		0.60	●						Unidad lámina		
4	Inspección de las medidas	2		0.10	●						Unidad lámina		
5	Retirar lámina de la mesa de trabajo y depositar en pallet	2	0.2	0.17	●	→					Unidad lámina		
6	Colocar lámina en rodillos	2		0.37	●						Unidad lámina		
7	Compresión de lámina	2		1.50	●						Unidad lámina		
8	Extracción de lámina hacia los rieles	2		0.26	●						Unidad lámina		
9	Revisar deformaciones	2		0.11	●						Unidad lámina		
10	Colocar lámina en pallet	2	0.2	0.17	●	→					Unidad lámina		
11	Colocar lámina 1 en prensa	1		0.37	●						Unidad paneles		
12	Colocar lámina 2 en presa	1		0.36	●						Unidad paneles		
13	Cuadrar láminas	1		0.20	●						Unidad paneles		
14	Inyectar poliuretano	1		3.50	●						Unidad paneles		
15	Comprimir panel	1		3.00	●						Unidad paneles		
16	Secado de panel	1		15.00	●						Unidad paneles		
17	Retirar panel de la prensa	1		0.36	●						Unidad paneles		
18	Trasladar panel al área de almacenamiento	1	0.5	0.75	●	→					Unidad paneles		
19	Organizar los paneles por paquetes	1		1.34	●						Unidad paneles		
20	Registrar inventario de paneles	1		0.15	●						Unidad paneles		
Total		-	0.9	29.07	14	3	2	0	1				

En la Tabla 5.7 se muestra el resumen del cursograma analítico en el que se identifica que 44% de las actividades son operaciones con 3.24 minutos.

**Tabla 5.7.** Resumen Cursograma Analítico.

Actividades	Cuenta	Porcentaje	Tiempo (min)
Operación	14	70%	27.63
Transporte	3	15%	1.09
Inspección	2	10%	0.21
Espera	0	0%	0.00
Almacenamiento	1	5%	0.15
Total	20	100%	29.07

### 5.2.3. Flujo de proceso

En cuanto al flujo de proceso para la fabricación de paneles de refrigeración que se define en la empresa, se tiene ciertas características.

Entre corte y laminado se tiene un proceso continuo en el cual no existe inventario intermedio; es decir, se busca en lo posible que estos dos procesos se encuentren balanceados en cuanto a tiempo de ciclo.

Después del proceso de laminado, la empresa decide ubicar un inventario intermedio de láminas para que el prensado cuente constantemente con material y no se detenga. La empresa no tiene definido un valor de inventario adecuado; sin embargo, el jefe de producción menciona que 25 láminas son las que por lo general se encuentran en el proceso.

Después del prensado, se tiene un proceso continuo con el almacenamiento en el que mientras los paneles se encuentran en máquina, aquel que se termina se traslada inmediatamente a la bodega de producto terminado.

Se observa en este flujo de proceso de la Figura 5.5. que, el proceso restricción se encuentra en el prensado, análisis que será comprobado con el estudio de tiempos.



**Figura 5.5.** Flujo de proceso.



### 5.2.4. Diagrama de recorrido

En la Figura 5.6 se observa el recorrido que realiza el producto a través de las instalaciones de la empresa. El proceso inicia con el traslado del rollo de láminas galvanizadas hacia el eje para desbobinado que se encuentra junto a la mesa de corte. Seguido se cortan las láminas y se envían al laminado en el cual a través de rieles se extraen las láminas y se colocan en la zona de apilado que sirve de inventario intermedio. El último proceso es el prensado en el que se forman los paneles de refrigeración y se envían al área de almacenamiento de materiales.

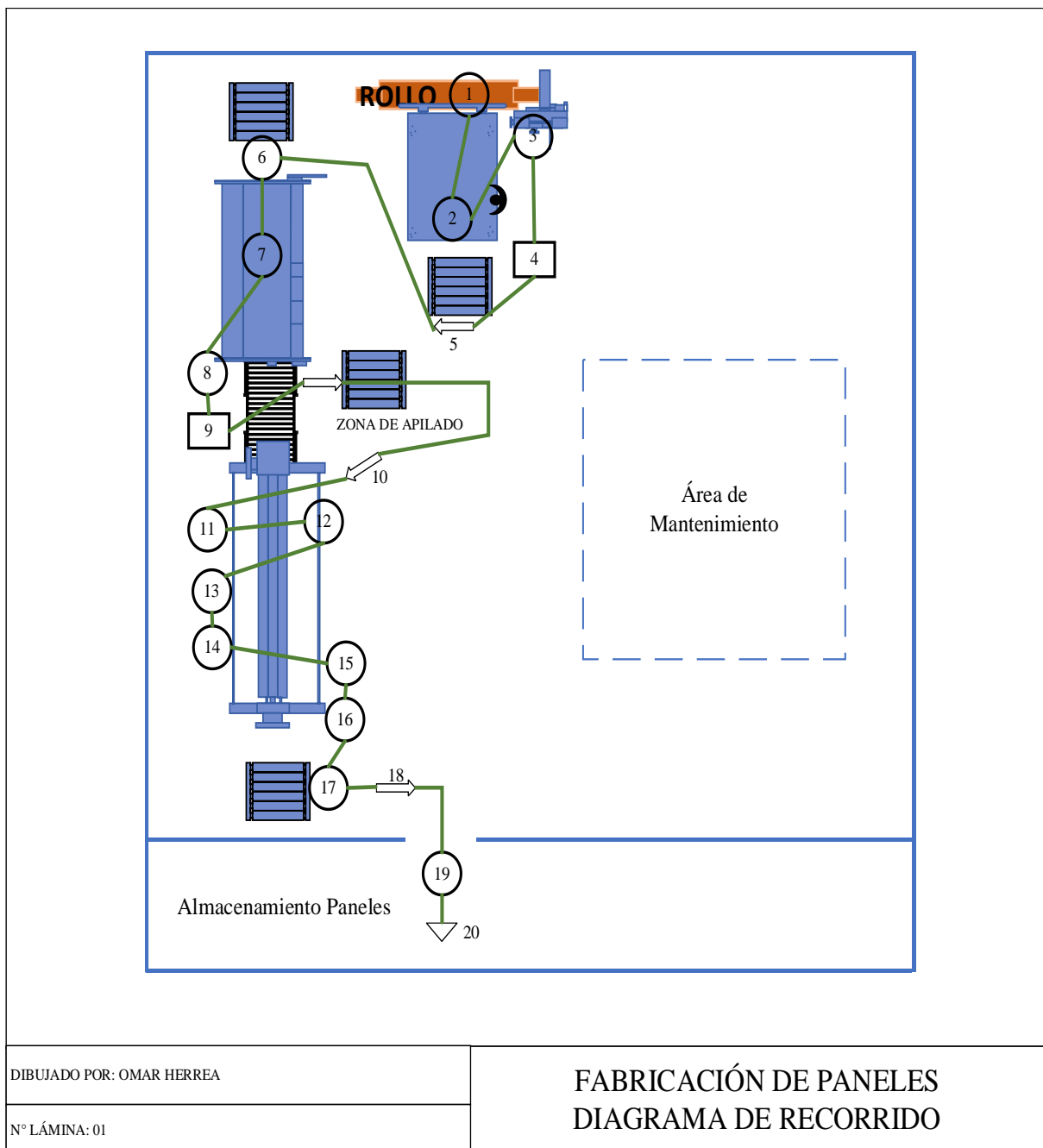


Figura 5.6. Recorrido de producto.

**OBJETIVO 2: Determinar los tiempos y movimientos del proceso de fabricación de paneles de refrigeración para identificar cuellos de botella en la línea de producción.**

### **5.3. ESTUDIO DE TIEMPOS ACTUALES**

En esta sección se determina los tiempos de cada proceso mediante el estudio de tiempos y movimientos y se determina las capacidades de producción de cada uno para identificar el proceso cuello de botella.

#### **5.3.1. Elaboración del estudio de tiempos**

El estudio de tiempos que se realiza en este proyecto de investigación usa la técnica del cronometraje con vuelta a cero y se plantea bajo tres fases: diagnóstico de procesos, selección y cálculo de datos previos, análisis de datos y cálculo de tiempos estándar.

##### **5.3.1.1. Determinación del número de ciclos de observación**

El número de observaciones a cronometrar o número de ciclos es la cantidad de datos que se toman en el estudio de tiempos. Se define como ciclo de trabajo a la ejecución total de un proceso desde el inicio del primer elemento hasta el último. Se define como elemento a una parte delimitada de una tarea definida.

Para el cálculo del número de observaciones adecuado se eligen dos métodos.

#### **Método de muestras**

Se realiza un estudio preliminar de tiempos para cada proceso en el que se toman cinco observaciones a partir de los cuales se calcula el número de ciclos adecuado. La Tabla 5.8 muestra el registro de observaciones para el proceso de corte.

**Tabla 5.8.** Observaciones preliminares: Corte.

<b>Observaciones preliminares (min)</b>	<b>Observación preliminar al cuadrado</b>
3.2800	10.7584
3.3800	11.4244
3.4400	11.8336
3.4800	12.1104
3.3200	11.0224
$\sum x = 16.9000$	$\sum x^2 = 57.1492$

Con las observaciones de tiempos de ciclo preliminares se sustituyen los valores en la ecuación 5.1 a fin de determinar el número de observaciones adecuado.

En este caso se define un nivel de confianza de 95% y un margen de error de  $\pm 5\%$ .

$$N = \left( \frac{40\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (5.1)$$

En donde:

N = Tamaño de la muestra que deseamos calcular

n = Número de observaciones del estudio preliminar

$\sum$  = Suma de los valores

x = Valor de las observaciones

40 = constante para un nivel de confianza de 95.45% y un margen de error de  $\pm 5\%$

En la Tabla 5.8 se registran las observaciones preliminares para el proceso de corte y se calculan las sumatorias que se sustituyen en la ecuación 1, teniendo:

$$N = \left( \frac{40\sqrt{5(57.1492) - (16.90)^2}}{16.90} \right)^2$$

$$N = 0.7619$$

En este caso, como los datos no tienen mucha dispersión se obtiene un tamaño de muestra de 0.7619; es decir, 1. Este método de cálculo se repite para el resto de procesos y se obtiene la Tabla 5.9 que indica cuál es el número de muestras adecuado según el método 1.

**Tabla 5.9.** Número de observaciones según Método 1.

LAMINADO			PRENSADO			ALMACENAMIENTO		
Observaciones preliminares (min)	Observación preliminar al cuadrado	N	Observaciones preliminares (min)	Observación preliminar al cuadrado	N	Observaciones preliminares (min)	Observación preliminar al cuadrado	N
5.0400	25.4016	0.3720	23.1000	533.6100	0.0452	2.3100	5.3361	0.6208
4.8400	23.4256		22.7700	518.4729		2.3400	5.4756	
4.8600	23.6196		22.8200	520.7524		2.2500	5.0625	
4.9600	24.6016		22.7800	518.9284		2.3600	5.5696	
4.9800	24.8004		22.8900	523.9521		2.2500	5.0625	
24.6800	121.8488		114.3600	2615.7158		11.5100	26.5063	

En este caso, como los datos no tienen mucha dispersión se obtiene un tamaño de muestra de 1 para todos los procesos.

### **Método de General Electric**

De acuerdo a la tabla que propone General Electric (Anexo 1) el número de observaciones adecuado depende del tiempo de ciclo en minutos, en este caso para los procesos de corte, laminado y almacenamiento con tiempos entre 2.00 y 5.00 se recomienda 15 observaciones y para el proceso de prensado con tiempos entre 20.00 y 40.00 se recomienda 5 observaciones como se muestra en la Tabla 5.10.

**Tabla 5.10.** Número de observaciones por el método de General Electric.

<b>Tiempo de ciclo (min)</b>	<b>Número recomendado de observaciones</b>
2.00 - 5.00	15
20.00 - 40.00	5

### **Número de Ciclos**

Para seleccionar el número de ciclos adecuado se realiza la comparación de resultados entre los dos métodos de cálculo, con objeto de escoger una muestra que permita disminuir el error en el estudio de tiempos para la fabricación de paneles de refrigeración.

Se observa en la Tabla 5.11 que el método de muestras propone 1 y por General Electric se proponen muestras de 15 en corte, laminado y almacenamiento y 5 en prensado.

**Tabla 5.11.** Comparación número de observaciones entre métodos.

<b>Proceso</b>	<b>Método muestras</b>	<b>Método General Electric</b>
Corte	1	15
Laminado	1	15
Prensado	1	5
Almacenamiento	1	15

De acuerdo al análisis, se decide seleccionar un número de muestras de 15 para todos los procesos ya que es el mayor valor recomendado.

#### **5.3.1.2. Cálculo del desempeño tipo**

La empresa Ecuatoriana de Refrigeración cuenta con tres trabajadores capacitados para la fabricación de paneles de refrigeración, estos son polifuncionales y conocen de todos los procesos que intervienen. Los tres trabajadores presentan un desempeño promedio y amplia

experiencia en la ejecución de las tareas. Este desempeño corresponde al valor de 100 en las escalas de valoración del ritmo y desempeño, en el Anexo 2 se señala la escala de valoración y la descripción de cada desempeño.

### **5.3.1.3. Tiempo básico**

Es el tiempo que tarda un operario en efectuar un elemento de trabajo de manera normal según su desempeño, resulta de la multiplicación del tiempo observado por la valoración real, según la ecuación 5.2.

$$TB = \frac{\text{Tiempo observado} * \text{Valor del ritmo observado}}{\text{Valor del ritmo tipo}} \quad (5.2)$$

Para el tiempo básico del ciclo se considera la clasificación del tiempo manual (TAM) y el tiempo condicionado a la máquina (TCM). En el primer caso, corresponde a todas las operaciones que dependen directamente del operario y para el segundo caso, corresponde a las operaciones cuyo tiempo está sujeto al control de la máquina.

### **5.3.1.4. Tiempo estándar**

Es el tiempo que tarda un operario en efectuar una actividad de manera normal tomando en cuenta suplementos por descanso según las condiciones de su trabajo. Se calcula con la ecuación 5.3.

$$TE = TB * (1 + \text{suplementos}) \quad (5.3)$$

Además se debe considerar que los suplementos se aplican solo al tiempo de las actividades que dependen directamente del operario, en este caso el tiempo manual (TAM).

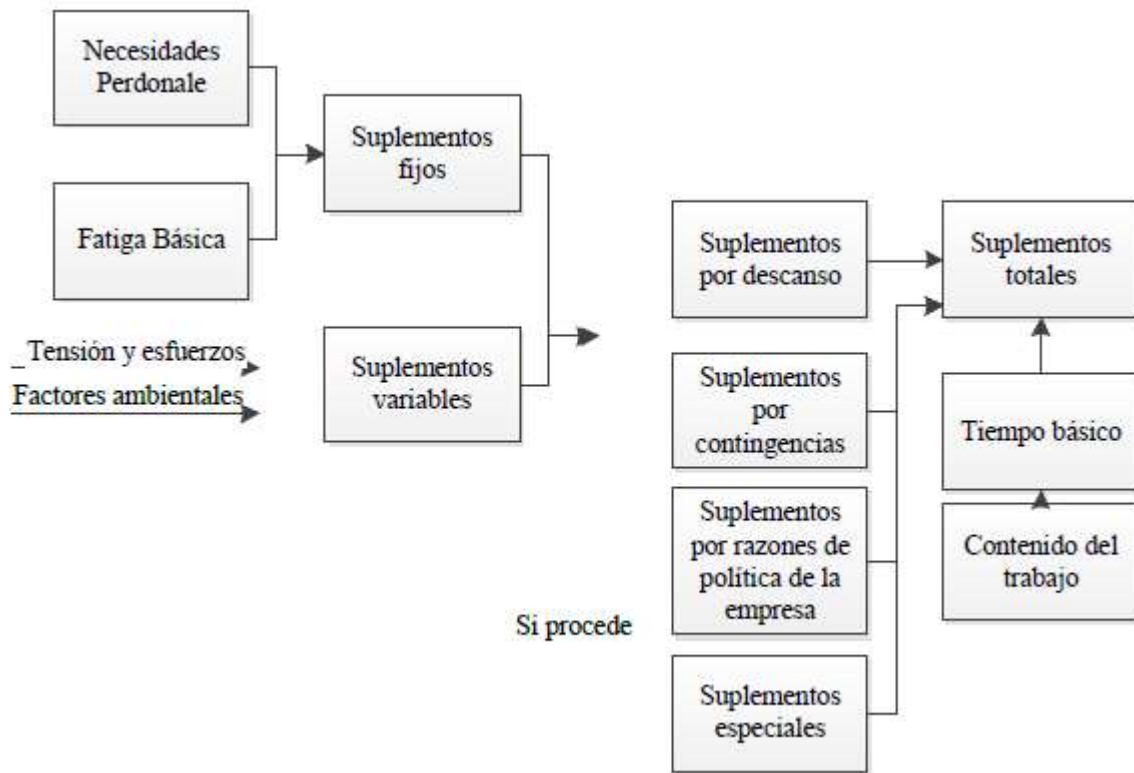
### **5.3.1.5. Cálculo de suplementos**

En el estudio de tiempos se debe prever ciertos suplementos para que el trabajador pueda compensar la fatiga por su trabajo y descansar, además que se deben considerar los tiempos necesarios para que el operario pueda ocuparse de sus necesidades personales.

De acuerdo a la Figura 5.7 se realiza el cálculo de suplementos en la que las necesidades personales y fatiga física son suplementos fijos por descanso. Los demás suplementos son variables y se aplican de acuerdo al tipo de trabajo.

Como suplementos constantes se considera un 9% por necesidades personales y fatiga para todos los procesos de la empresa.

Como suplementos variables se analiza las características de cada proceso y en base al Anexo 3 se coloca su cuantía dependiendo de la naturaleza del trabajo.



**Figura 5.7.** Cálculo de Suplementos.

### 5.3.1.6. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos inicia con la descripción de actividades del proceso en la que se definen los elementos que componen la tarea, al mismo tiempo se debe realizar el croquis del proceso e identificar la secuencia de los elementos.

Para definir los elementos se debe identificar un cambio de movimientos del operario que sea lo suficientemente significativo para indicar la finalización del elemento y el inicio de uno nuevo. Se realizan grabaciones del proceso para definir claramente los elementos y entender los momentos en los que el cronometro debe volver a cero ya que es el método que se selecciona en este proyecto de investigación.

Se definen formatos específicos para la descripción de actividades, toma de tiempo y cálculo de suplementos que se usan para el estudio de tiempos de cada proceso de forma independiente. En general, cada proceso cuenta con tres hojas de estudio, así: hoja #1 descripción de actividades, hoja #2 estudio de tiempos, hoja # 3 cálculo de suplementos.

En la Tabla 5.12 se muestra la descripción de actividades para el proceso.

**Tabla 5.12.** Actividades: Fabricación de paneles de refrigeración.

<b>DETALLE DE ELEMENTOS O ACTIVIDADES</b>	
<b>PRODUCTO:</b> Panel de Refrigeración <span style="float: right;"><b>ANÁLISIS # 01</b></span>	
<b>COMPONENTE:</b> Lámina Galvanizada <span style="float: right;"><b>APARTADO # 01</b></span>	
<b>PROCESO:</b> Fabricación de paneles	
<b>MAQUINARIA USADA:</b> Sierra manual, laminadora, prensa	
A	Colocar rollo en eje
B	Extendido del material
C	Corte de la lámina
D	Inspección de las medidas
E	Retirar lámina de la mesa de trabajo y depositar en pallet
F	Colocar lámina en rodillos
G	Compresión de lámina
H	Extracción de lámina hacia los rieles
I	Revisar deformaciones
J	Colocar lámina en pallet
K	Colocar lámina 1 en prensa
L	Colocar lámina 2 en presa
M	Cuadrar láminas
N	Inyectar poliuretano
O	Comprimir panel
P	Secado de panel
Q	Retirar panel de la prensa
R	Trasladar panel al área de almacenamiento
S	Organizar los paneles por paquetes
T	Registrar inventario de paneles

En la hoja de estudio de tiempos se registran las 15 observaciones que se define previamente, para cada uno de los elementos se toma el tiempo de forma continua y para la siguiente observación el cronómetro vuelve a cero.

Posteriormente, se realizan los cálculos de la suma total de tiempos (T), promedio de tiempos (P), se registra la valoración del ritmo con valor 100 y se calcula el tiempo básico al multiplicar el promedio por la valoración. Seguido, se calcula la sumatoria del tiempo básico de cada elemento y se clasifican los elementos de acuerdo al tipo de operación manual o condicionada por la máquina. En la Tabla 5.13 se muestra la hoja de tiempo para el proceso de corte con un tiempo básico de 3.29 min/panel con tiempo manual de 3.29 minutos y tiempo de máquina de 0 minutos. En este caso todas las operaciones son manuales.

Tabla 5.13. Hoja de Toma de Tiempos: Corte.

<b>REGISTRO DE TIEMPOS</b>																		
<b>DEPARTAMENTO:</b> Producción de paneles																<b>ANÁLISIS: # 01</b>		
<b>PROCESO:</b> Corte																<b>APARTADO #: 02</b>		
<b>MAQUINARIA USADA:</b> Sierra manual																<b>FIN:</b> 17:00		
<b>AUXILIARES:</b> Flexómetro																<b>INICIO:</b> 8:30		
<b>NÚMERO DE PERSONAS EN PROCESO:</b> 1 persona																<b>TIEMP. TRANS:</b> 8h		
<b>PRODUCTO:</b> Paneles de refrigeración																<b>FECHA:</b> 12/04/2021		
<b>COMPONENTE:</b> Lámina galvanizada																<b>ANALISTA</b>		
<b>LAYOUT:</b> Diagrama de Recorrido																<b>Omar Herrera</b>		
<b>ELEMENTOS</b>	<b>TIEMPOS (MIN)</b>															<b>CALCULOS</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>TB</b>
A	0.72	0.70	0.67	0.78	0.82	0.78	0.73	0.80	0.70	0.72	0.70	0.74	0.68	0.72	0.74	0.73	100	0.73
B	0.82	0.80	0.82	0.78	0.80	0.82	0.82	0.82	0.82	0.78	0.78	0.82	0.82	0.82	0.80	0.81	100	0.81
C	1.22	1.22	1.18	1.18	1.20	1.18	1.22	1.18	1.18	1.22	1.18	1.22	1.22	1.18	1.18	1.20	100	1.20
D	0.20	0.22	0.20	0.22	0.20	0.22	0.22	0.20	0.22	0.20	0.20	0.20	0.22	0.20	0.22	0.21	100	0.21
E	0.32	0.34	0.38	0.36	0.32	0.32	0.38	0.36	0.36	0.34	0.36	0.34	0.32	0.34	0.32	0.34	100	0.34
<b>Tiempo Básico del Ciclo</b>																		3.29
<b>T.Ma. (A+B+C+D+E+G)</b>																		3.29
<b>T.M. ()</b>																		0.00
Nomenclatura: R= Ritmo de trabajo, TB=Tiempo Básico, T.Ma.= Tiempo Manual, T.M.= Tiempo fijo por máquina																		



En la Tabla 5.14 se muestra el cálculo de suplementos para el proceso de corte en el que se considera un 17% adicional; es decir: 0.56 minutos.

**Tabla 5.14.** Cálculo de Suplementos por Descanso: Corte.

<b>ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR</b>		
<b>PROCESO</b> Corte		
<b>ANÁLISIS #01</b>		<b>APARTADO # 03</b>
<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b>	%	T(MIN)
<b>OPERARIO MASCULINO</b>		
<b>FIJOS</b>		
	Por Necesidades Personales	5
	Por Fatiga	4
<b>POR TIPO DE TRABAJO</b>		
	Trabajo de Pie	2
	Postura	2
	Uso de fuerza	4
<b>PORCENTAJE TOTAL (%)</b>		17
<b>TB</b>		3.29
<b>T.M.</b>		0.00
<b>T.Ma.</b>		3.29
<b>SUPLEMENTO POR DESCANSO</b>		0.56
<b>TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO: CORTE</b>		3.85

Una vez que se calcula el tiempo estándar de corte se obtiene la capacidad de producción con la ecuación 5.4.

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (5.4)$$

$$Cp = \frac{1}{3.85}$$

$$Cp = 0.26 \text{ paneles/min}$$

En la Tabla 5.15 se muestra la hoja de tiempo para el proceso de laminado con un tiempo básico de 4.81 min/panel con tiempo manual de 1.81 minutos y tiempo de máquina de 3.00 minutos. En este caso las operaciones A, B, D, E son manuales.

Tabla 5.15. Hoja de Toma de Tiempos: Laminado.

<b>REGISTRO DE TIEMPOS</b>																			
<b>DEPARTAMENTO:</b> Producción de paneles																<b>ANÁLISIS: # 02</b>			
<b>PROCESO:</b> Laminado																<b>APARTADO #: 02</b>			
<b>MAQUINARIA USADA:</b> Laminadora de rodillos																<b>FIN:</b> 17:00			
<b>AUXILIARES:</b> N/A																<b>INICIO:</b> 8:30			
<b>NÚMERO DE PERSONAS EN PROCESO:</b> 1 persona																<b>TIEMP. TRANS:</b> 8h			
<b>PRODUCTO:</b> Paneles de refrigeración																<b>FECHA:</b> 13/04/2021			
<b>COMPONENTE:</b> Lámina galvanizada																<b>ANALISTA</b>			
<b>LAYOUT:</b> Diagrama de Recorrido																<b>Omar Herrera</b>			
<b>ELEMENTOS</b>	<b>TIEMPOS (MIN)</b>															<b>CALCULOS</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>TB</b>	
F	0.72	0.74	0.76	0.74	0.72	0.74	0.76	0.74	0.72	0.76	0.76	0.76	0.76	0.74	0.72	0.74	100	0.74	
G	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	100	3.00	
H	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50	0.52	0.52	0.50	0.54	0.52	0.52	0.50	0.54	0.50	0.52	0.52	100	0.52	
I	0.22	0.22	0.20	0.20	0.22	0.22	0.20	0.20	0.22	0.20	0.20	0.22	0.20	0.22	0.22	0.21	100	0.21	
J	0.32	0.32	0.32	0.34	0.32	0.34	0.34	0.34	0.32	0.34	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	100	0.33	
																		<b>Tiempo Básico del Ciclo</b>	4.81
																		<b>T.Ma. (F+H+I+J)</b>	1.81
																		<b>T.M. (G)</b>	3.00
Nomenclatura: R= Ritmo de trabajo, TB=Tiempo Básico, T.Ma.= Tiempo Manual, T.M.= Tiempo fijo por máquina																			

En la Tabla 5.16 se muestra el cálculo de suplementos para el proceso de laminado en el que se considera un 17% adicional; es decir: 0.31 minutos.

**Tabla 5.16.** Cálculo de Suplementos por Descanso: Laminado.

<b>ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR</b>	
<b>PROCESO</b> Laminado	
<b>ANÁLISIS #02</b>	<b>APARTADO # 03</b>
<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b>	<b>T(MIN)</b>
<b>OPERARIO MASCULINO</b>	
<b>FIJOS</b>	
	Por Necesidades Personales 5
	Por Fatiga 4
<b>POR TIPO DE TRABAJO</b>	
	Trabajo de Pie 2
	Postura 2
	Uso de fuerza 4
<b>TOTAL (%)</b>	17
<b>TB</b>	4.81
<b>T.Ma.</b>	3.00
<b>T.M.</b>	1.81
<b>SUPLEMENTO POR DESCANSO</b>	0.31
<b>TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO: LAMINADO</b>	
	5.11

Una vez que se calcula el tiempo estándar de laminado se obtiene la capacidad de producción con la ecuación 5.4.

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (5.4)$$

$$Cp = \frac{1}{5.11}$$

$$Cp = 0.20 \text{ paneles/min}$$

En la Tabla 5.17 se muestra la hoja de tiempo para el proceso de prensado con un tiempo básico de 22.79 min/panel con tiempo manual de 1.29 minutos y tiempo de máquina de 21.50 minutos. En este caso las operaciones A, B, C, G son manuales.

**Tabla 5.17.** Hoja de Toma de Tiempos: Prensado.

<b>REGISTRO DE TIEMPOS</b>																				
<b>DEPARTAMENTO:</b> Producción de paneles																<b>ANÁLISIS: # 03</b>				
<b>PROCESO:</b> Prensado																<b>APARTADO #: 02</b>				
<b>MAQUINARIA USADA:</b> Prensa hidráulica																<b>FIN:</b> 17:00				
<b>AUXILIARES:</b> N/A																<b>INICIO:</b> 8:30				
<b>NÚMERO DE PERSONAS EN PROCESO:</b> 2 personas																<b>TIEMP. TRANS:</b> 8h				
<b>PRODUCTO:</b> Paneles de refrigeración																<b>FECHA:</b> 14/04/2021				
<b>COMPONENTE:</b> Lámina galvanizada y Espuma de Poliuretano																<b>ANALISTA</b>				
<b>LAYOUT:</b> Diagrama de Recorrido																<b>Omar Herrera</b>				
<b>ELEMENTOS</b>	<b>TIEMPOS (MIN)</b>															<b>RESUMEN</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>TB</b>		
K	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.37	0.36	0.37	0.37	100	0.37		
L	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.36	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37	0.36	0.36	100	0.36		
M	0.19	0.19	0.19	0.21	0.21	0.19	0.19	0.21	0.19	0.22	0.19	0.19	0.21	0.19	0.21	0.20	100	0.20		
N	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	100	3.50		
O	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	100	3.00		
P	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	100	15.00		
Q	0.38	0.36	0.37	0.34	0.34	0.36	0.34	0.36	0.38	0.35	0.34	0.38	0.34	0.35	0.37	0.36	100	0.36		
																		<b>Tiempo Básico del Ciclo</b>	22.79	
																			<b>T.Ma. (K+L+M+Q)</b>	1.29
																			<b>T.M. (N+O+P)</b>	21.50
Nomenclatura: R= Ritmo de trabajo, TB=Tiempo Básico, T.Ma.= Tiempo Manual, T.M.= Tiempo fijo por máquina																				

En la Tabla 5.18 se muestra el cálculo de suplementos para el proceso de prensado en el que se considera un 19% adicional; es decir: 0.24 minutos.

**Tabla 5.18.** Cálculo de Suplementos por Descanso: Prensado.

<b>ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR</b>		
<b>PROCESO</b> Prensado		
<b>ANÁLISIS #03</b>		<b>APARTADO # 03</b>
<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b>	%	T(MIN)
<b>OPERARIO MASCULINO</b>		
<b>FIJOS</b>		
	Por Necesidades Personales	5
	Por Fatiga	4
<b>POR TIPO DE TRABAJO</b>		
	Trabajo de Pie	2
	Postura	2
	Uso de fuerza	4
	Tedio	2
<b>TOTAL (%)</b>		19
<b>TB</b>		22.79
<b>T.Ma.</b>		21.50
<b>T.M.</b>		1.29
<b>SUPLEMENTO POR DESCANSO</b>		0.24
<b>TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO: PRENSADO</b>		23.03

Una vez que se calcula el tiempo estándar de prensado se obtiene la capacidad de producción con la ecuación 5.4.

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (5.4)$$

$$Cp = \frac{1}{23.03}$$

$$Cp = 0.043 \text{ paneles/min}$$

En la Tabla 5.19 se muestra la hoja de tiempo para el proceso de almacenamiento con un tiempo básico de 2.24 min/panel con tiempo manual de 2.24 minutos y tiempo de máquina de 0 minutos. En este caso todas las operaciones son manuales.



En la Tabla 5.20 se muestra el cálculo de suplementos para el proceso de almacenamiento en el que se considera un 16% adicional; es decir: 0.36 minutos.

**Tabla 5.20.** Cálculo de Suplementos por Descanso: Almacenamiento.

<b>ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR</b>		
<b>PROCESO</b> Almacenamiento		
<b>ANÁLISIS</b>		
<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b>	<b>%</b>	<b>T(MIN)</b>
<b>OPERARIO MASCULINO</b>		
<b>FIJOS</b>		
	Por Necesidades Personales	5
	Por Fatiga	4
<b>POR TIPO DE TRABAJO</b>		
	Trabajo de Pie	2
	Postura	2
	Trabajo muy monótono	1
	Tedio	2
<b>TOTAL (%)</b>		16
<b>TB</b>		2.24
<b>T.Ma.</b>		0.00
<b>T.M.</b>		2.24
<b>SUPLEMENTO POR DESCANSO</b>		0.36
<b>TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO: ALMACENAMIENTO</b>		2.60

Una vez que se calcula el tiempo estándar de almacenamiento se obtiene la capacidad de producción con la ecuación 5.4.

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (5.4)$$

$$Cp = \frac{1}{2.60}$$

$$Cp = 0.38 \text{ paneles/min}$$

En la Tabla 5.21 se muestra el resumen del estudio de tiempos de todos los procesos para la fabricación de los paneles de refrigeración, en el caso de corte y laminado se realiza el estudio para una lámina pero al requerir dos láminas para la construcción de un panel el tiempo tipo en la columna final se multiplica por dos. Para el prensado y almacenamiento no se realiza ningún cálculo adicional pues en estos procesos se forma el panel.

Se observa que el tiempo de la primera corrida de producción es de 34.59 min/panel que resulta de la sumatoria de los tiempos tipo estándar de cada proceso. Posteriormente, cada panel tendrá una salida de 23.03 minutos.

**Tabla 5.21.** Resumen general del Estudio de Tiempos de Fabricación de Paneles.

<b>Operaciones</b>	<b>Tiempo Básico (TB)</b>	<b>Tiempo Manual (T.A.M.)</b>	<b>Tiempo de Máquina (T.C.M.)</b>	<b>Suplementos</b>	<b>Tiempo Tipo Estándar (en minutos/panel)</b>
Corte	3.29	3.29	0.00	0.56	3.85
Laminado	4.81	1.81	3.00	0.31	5.11
Prensado	22.79	1.29	21.50	0.24	23.03
Almacenamiento	2.24	2.24	0.00	0.36	2.60
Tiempo estándar para la fabricación de un panel en la empresa Ecuatoriana de Refrigeración					34.59

### 5.3.2. Capacidades de producción

En la Figura 5.8 se hace el diagrama de capacidad de producción de toda la línea de fabricación de paneles de refrigeración. Se observa que el proceso cuello de botella es el prensado ya que su tiempo de procesamiento es demasiado alto debido a que el producto requiere un tiempo de secado que se realiza dentro de la máquina, por lo que, durante este tiempo no se puede producir un nuevo ítem.

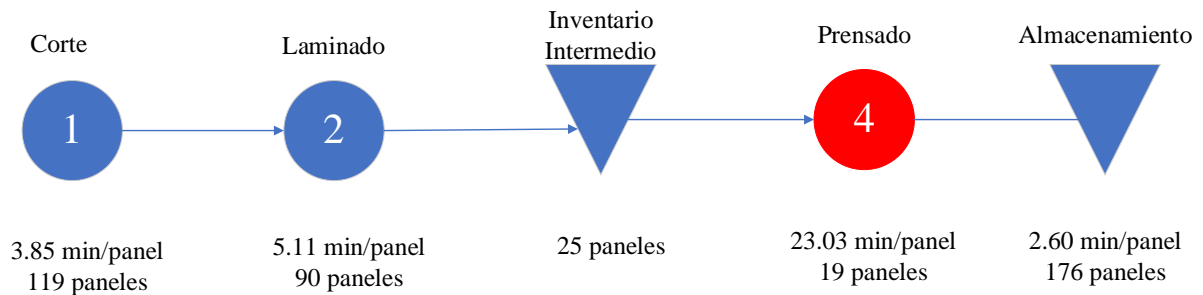
Se observa que el proceso de laminado con una capacidad de 90 paneles/turno puede abastecer de 4.73 turnos si trabaja de forma continua durante un turno completo. En este análisis se identifica que corte y laminado tienen suficiente capacidad, la cual no se aprovecha ya que el cuello de botella hace que todo el proceso se detenga.

Después del proceso de laminado, la empresa tiene definido un inventario máximo de 25 paneles de forma teórica que permite mantener en constante trabajo al proceso cuello de botella. Se identifica que durante los cinco días de trabajo de la empresa solo el proceso de prensado está activo al ser el cuello de botella y del cual depende la salida de producto. Por el contrario, los procesos de corte y laminado se programan solo cuando existe la necesidad de los componentes, esto debido a la capacidad de producción con la que cuentan.

Finalmente, posterior al prensado se realiza el almacenamiento el cual tiene suficiente capacidad para guardar los paneles mientras se van produciendo. En este caso, el personal que realiza el corte y laminado realiza otras actividades como el almacenamiento o inclusive otro



tipo de asignaciones como mantenimiento de sistemas de enfriamiento que no están dentro del alcance de esta investigación.



**Figura 5.8.** Diagrama de Capacidad de Producción.

En la Tabla 5.22 se calcula la cantidad de paneles que se pueden fabricar en cada uno de los procesos de forma independiente. Sin embargo, se debe considerar que la salida de producto depende directamente del cuello de botella por lo que, al observar el proceso de prensado con un tiempo de 23.03 minutos/panel y con un tiempo por turno de 460 minutos se tiene una capacidad diaria de 19 paneles y un máximo anual de 4750 paneles.

**Tabla 5.22.** Productividad en la Fabricación de Paneles de Refrigeración.

Procesos	Ts (min/panel)	Tiempo Turno (min/día)	Capacidad Diaria (paneles/día)	Capacidad Semanal (paneles/sem)	Capacidad Mensual (paneles/mes)	Capacidad Anual (paneles/año)
Corte	3.85	460.00	119.00	595.00	2380.00	29750.00
Laminado	5.11	460.00	89.00	445.00	1780.00	22250.00
<b>Prensado</b>	<b>23.03</b>	<b>460.00</b>	<b>19.00</b>	<b>95.00</b>	<b>380.00</b>	<b>4750.00</b>
Almacenamiento	2.60	460.00	176.00	880.00	3520.00	44000.00

### 5.3.3. Análisis de eficiencia de producción

Se realiza un análisis de eficiencia en el proceso de prensado ya que es el cuello de botella y se encuentra que a pesar de tener un tiempo estándar de 23.03 minutos y una capacidad teórica de 19 paneles, estos no se alcanzan debido a un sin número de pérdidas las cuales se indican en la Tabla 5.23 en la que se realiza un estudio de tiempos.

**Tabla 5.23.** Estudio de tiempos de Paros no planeados.

<b>REGISTRO DE TIEMPOS: PÉRDIDAS POR PAROS NO PLANEADOS</b>																		
<b>DEPARTAMENTO:</b> Producción de paneles																<b>ANÁLISIS: # 04</b>		
<b>PROCESO:</b> Prensado																<b>APARTADO #: 01</b>		
<b>MAQUINARIA USADA:</b> Prensa hidráulica																<b>FIN:</b> 17:00		
<b>AUXILIARES:</b> N/A																<b>INICIO:</b> 8:30		
<b>NÚMERO DE PERSONAS EN PROCESO:</b> 2 personas																<b>TIEMP. TRANS:</b> 8h		
<b>PRODUCTO:</b> Paneles de refrigeración																<b>FECHA:</b> 14/04/2021		
<b>COMPONENTE:</b> Lámina galvanizada y Espuma de Poliuretano																<b>ANALISTA</b>		
<b>LAYOUT:</b> Diagrama de Recorrido																<b>Omar Herrera</b>		
<b>ELEMENTOS</b>	<b>TIEMPOS (MIN)</b>															<b>RESUMEN</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>TB</b>
Arranque de máquina	33.00	33.00	31.00	33.00	30.00	31.00	29.00	32.00	31.00	32.00	29.00	33.00	33.00	29.00	33.00	31.47	100	31.47
Sincronización de personal	2.10	3.40	2.14	5.30	2.00	3.10	2.11	5.00	3.40	2.10	3.20	4.30	2.20	3.20	3.30	3.12	100	3.12
Falta de personal	1.10	0.90	0.94	0.94	0.96	0.98	0.10	0.96	0.99	0.98	0.10	0.95	0.10	0.10	0.10	0.68	100	0.68
Mal colocado láminas	0.88	0.83	0.87	0.75	0.82	0.83	0.85	0.84	0.92	0.81	0.79	0.85	0.81	0.82	0.75	0.83	100	0.83
								<b>Tiempo Básico del Ciclo por PERDIDAS</b>										<b>36.10</b>

En la Tabla 5.24 se observa que la eficiencia del proceso cuello de botella se encuentra al 92% ya que al disminuir los 36.10 minutos que se tiene por paros no planeados se tiene solamente un tiempo efectivo de 423.90 minutos de un disponible de 460 minutos.

**Tabla 5.24.** Eficiencia actual de prensado.

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tiempo disponible turno	460.00	minutos
Perdidas por paros no planeados	36.10	minutos
Tiempo efectivo	423.90	minutos
Tiempo de ciclo prensado	23.03	min/panel
Estándar teórico	19.97	panel/turno
Estándar real	18.41	panel/turno
Eficiencia	92%	porcentaje

**OBJETIVO3: Proponer un plan que permita la mejora del proceso productivo de la empresa.**

#### **5.4. PLAN DE MEJORA**

En esta sección se propone un plan de mejora que permita organizar los procesos de la empresa Ecuatoriana de Refrigeración y opciones para incrementar la productividad.

##### **5.4.1. Oportunidades de mejora**

Del análisis de la situación actual y estudio de tiempos se obtiene que el proceso cuello de botella es el prensado por lo que las mejoras están dirigidas a este proceso. En la Tabla 5.24 se identifican las principales oportunidades de mejora y se proponen acciones para la disminución del tiempo de ciclo.

**Tabla 5.24.** Propuestas de mejora.

<b>Oportunidad identificada</b>	<b>Detalle</b>	<b>Propuesta de Mejora</b>
Pérdida de tiempo al colocar las láminas en la prensa	La colocación de las láminas en la prensa se hace encima de tubos cuadrados sin guías.	Montaje con guías. Hacer canales para montaje rápido.
Paros no planeados	El arranque de máquina se hace al iniciar la jornada.	Encender la prensa 30 minutos antes del inicio de la jornada
	Cuando se deben colocar las láminas en la prensa, no hay otro operario que apoye en la operación causando pérdida de tiempo.	Sincronizar las actividades de los operarios

**Tabla 5.24.** Propuestas de mejora (Continuación).

<b>Oportunidad identificada</b>	<b>Detalle</b>	<b>Propuesta de Mejora</b>
Paros no planeados	Al terminar el secado no hay personal que saque los paneles por estar en otras actividades.	Colocar una alarma en la prensa que anuncie el fin de la operación.
Cuello de botella en prensado	Prensado trabaja solo un turno.	Programar dos turnos de trabajo asignando un operario de corte o laminado para este efecto.

#### 5.4.2. Estudio de tiempos propuesto

A través del plan de mejoras se pueden obtener reducciones en el tiempo de ciclo en el proceso de prensado. En este contexto, se realiza el estudio de tiempos propuesto con 15 observaciones en los que los elementos N, O y P se mantienen ya que son tiempos condicionados por la máquina y se deben cumplir para que el producto tenga las características de calidad necesarias.

La actividad M de cuadrar las láminas se elimina ya que el montaje por acople rápido con guías permite que estos componentes se ubiquen de forma adecuada y no sea necesario esa actividad adicional.

Las actividades K y L disminuyen su tiempo ya que el sistema de acople rápido permite a los operarios ubicar las láminas a través de las guías de forma adecuada y los esfuerzos son menores. Adicional, sincronizar las actividades de los operarios permite que se disminuya el tiempo de paros no planeados como lo muestra la Tabla 5.25.

**Tabla 5.25.** Tiempo por paros no planeados según propuesta de mejora.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Mejora</b>
Tiempo disponible turno	minutos	460.00	460.00	NA
Perdidas por paros no planeados	minutos	36.10	1.80	34.30
Tiempo efectivo	minutos	423.90	458.20	NA

La Tabla 5.26 muestra el estudio de tiempos propuesto para el proceso de prensado de acuerdo a las propuestas que se plantean en esta investigación.

Tabla 5.26. Hoja de tiempos propuesto: Prensado.

<b>REGISTRO DE TIEMPOS PROPUESTO</b>																				
<b>DEPARTAMENTO:</b> Producción de paneles																<b>ANÁLISIS: # 05</b>				
<b>PROCESO:</b> Prensado																<b>APARTADO #: 02</b>				
<b>MAQUINARIA USADA:</b> Prensa hidráulica																<b>FIN:</b> 17:00				
<b>AUXILIARES:</b> N/A																<b>INICIO:</b> 8:30				
<b>NÚMERO DE PERSONAS EN PROCESO:</b> 2 personas																<b>TIEMP. TRANS:</b> 8h				
<b>PRODUCTO:</b> Paneles de refrigeración																<b>FECHA:</b> 14/04/2021				
<b>COMPONENTE:</b> Lámina galvanizada y Espuma de Poliuretano																<b>ANALISTA</b>				
<b>LAYOUT:</b> Diagrama de Recorrido																<b>Omar Herrera</b>				
<b>ELEMENTOS</b>	<b>TIEMPOS (MIN)</b>															<b>RESUMEN</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>TB</b>		
K	0.30	0.25	0.31	0.28	0.31	0.26	0.26	0.26	0.31	0.31	0.28	0.31	0.26	0.31	0.26	0.28	100	0.28		
L	0.26	0.31	0.26	0.28	0.28	0.25	0.26	0.31	0.30	0.26	0.30	0.28	0.26	0.31	0.31	0.28	100	0.28		
M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	0.00		
N	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	100	3.50		
O	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	100	3.00		
P	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	100	15.00		
Q	0.38	0.36	0.37	0.34	0.34	0.36	0.34	0.36	0.38	0.35	0.34	0.38	0.34	0.35	0.37	0.36	100	0.36		
																		<b>Tiempo Básico del Ciclo</b>	22.42	
																			<b>T.Ma. (K+L+M+Q)</b>	0.92
																			<b>T.M. (N+O+P)</b>	21.50
Nomenclatura: R= Ritmo de trabajo, TB=Tiempo Básico, T.Ma.= Tiempo Manual, T.M.= Tiempo fijo por máquina																				

En la Tabla 5.27 se muestra el cálculo de suplementos para el proceso de prensado en el que se considera un 16% adicional; es decir: 0.18 minutos.

**Tabla 5.27.** Cálculo de Suplementos por Descanso: Prensado Propuesto.

<b>ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR</b>	
<b>PROCESO</b> Prensado	
<b>ANÁLISIS #05</b>	<b>APARTADO # 03</b>
<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b>	% T(MIN)
<b>OPERARIO MASCULINO</b>	
<b>FIJOS</b>	
	Por Necesidades Personales 5
	Por Fatiga 4
<b>POR TIPO DE TRABAJO</b>	
	Trabajo de Pie 2
	Postura 2
	Uso de fuerza 4
	Tedio 2
<b>TOTAL (%)</b>	19
<b>TB</b>	22.42
<b>T.Ma.</b>	21.50
<b>T.M.</b>	0.92
<b>SUPLEMENTO POR DESCANSO</b>	0.18
<b>TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO: PRENSADO</b>	
	22.60

Una vez que se calcula el tiempo estándar de almacenamiento se obtiene la capacidad de producción con la ecuación 5.4.

$$Cp = \frac{1}{Ts} \quad (5.4)$$

$$Cp = \frac{1}{22.60}$$

$$Cp = 0.044 \text{ paneles/min}$$

### 5.4.3. Cursograma analítico propuesto

En la Tabla 5.28 se levanta el cursograma analítico propuesto para el proceso de prensado en el que se colocan los tiempos básicos y se calcula un tiempo total incluido suplementos de 22.60 minutos para la fabricación de un panel de refrigeración. Se identifica dos actividades donde el tiempo se disminuye y una actividad que se elimina por las propuestas de mejora.

**Tabla 5.28.** Cursograma Analítico Propuesto: Prensado.

Ecuatoriana de Refrigeración		Método: Actual / Propuesto			Actividad	Actual	Propuesta			
Cursograma Analítico PRENSADO					Operación	7	6			
Objetivo: Fabricación de paneles de refrigeración					Transporte	0	0			
Diagrama N° 01					Inspección	0	0			
Hoja Num: 1/1					Espera	0	0			
					Almacenamiento	0	0			
					Distancia (m)	0.0	0			
		Tiempo (min)	23.03	22.60						
N.-	ACTIVIDAD	Cantidad (un)	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observación
					●	→	■	▣	▼	
11	Colocar lámina 1 en prensa	1		0.28	●					Unidad paneles
12	Colocar lámina 2 en presa	1		0.28	●					Unidad paneles
13	Cuadrar láminas	1		0.00	✗					Unidad paneles
14	Inyectar poliuretano	1		3.50	↔					Unidad paneles
15	Comprimir panel	1		3.00	↔					Unidad paneles
16	Secado de panel	1		15.00	↔					Unidad paneles
17	Retirar panel de la prensa	1		0.36	↔					Unidad paneles
Total tiempo básico		-	0.0	22.42	6	0	0	0	0	
Suplementos				0.18						
Tiempo Tipo o Estándar				22.60						

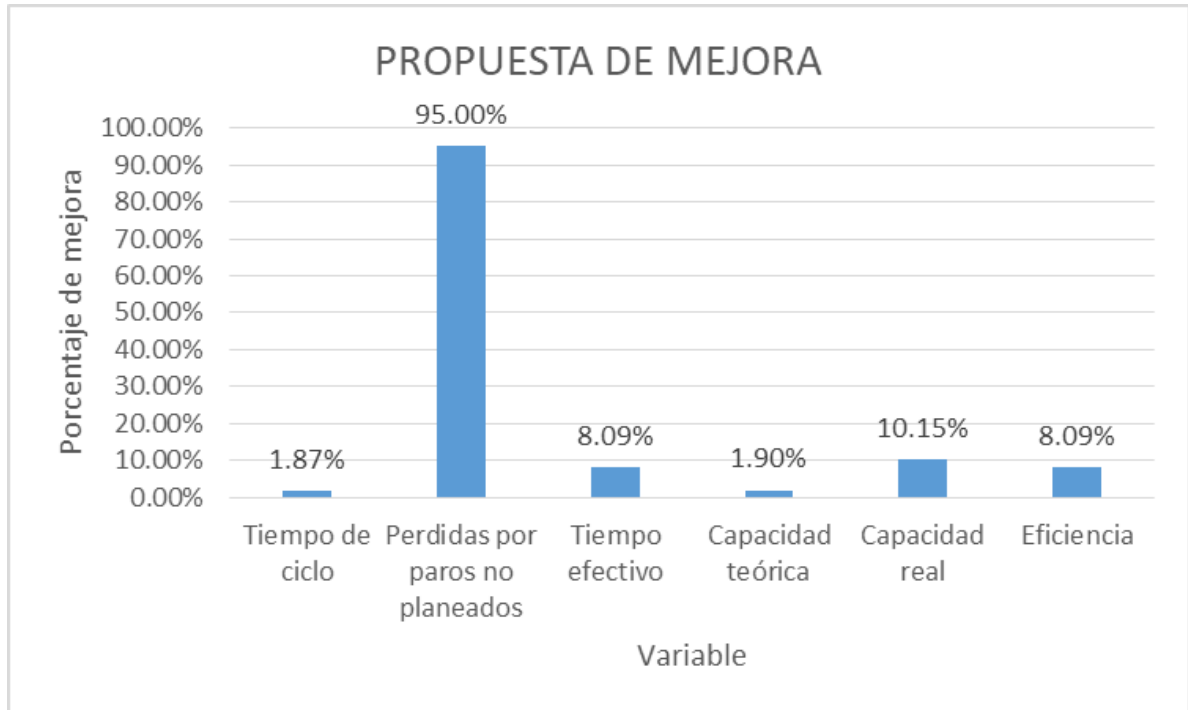
#### 5.4.4. Comparación y comprobación de hipótesis

En la Tabla 5.29 se realiza la comprobación de la situación actual y propuesta en el que se observa que al mejorar el proceso cuello de botella se pueden obtener más paneles de refrigeración. El tiempo de ciclo propuesto es menor, lo que permite que la capacidad aumente y al tener mejoras en el cuello de botella la mejora es global.

**Tabla 5.29.** Comparación por mejoras.

Variable	Actual	Propuesto	Mejora	Mejora %
Tiempo de ciclo prensado	23.03	22.60	0.43	1.87%
Perdidas por paros no planeados	36.10	1.80	34.29	95.00%
Tiempo efectivo	423.90	458.20	34.29	8.09%
Capacidad teórica	19.97	20.35	0.38	1.90%
Capacidad real	18.41	20.27	1.87	10.15%
Eficiencia	92.15%	99.61%	0.07	8.09%

En la Figura 5.9 se observa que las propuestas de mejora permiten que el tiempo de ciclo disminuya 1.87% y la capacidad real aumente en 10.15% como valores más representativos. La producción de paneles pasa de 18 paneles/turno a 20 paneles/turno.



**Figura 5.9.** Porcentaje de mejora.

En la Tabla 5.30 se realiza la comparación de la capacidad de producción en el proceso de prensado el cual es cuello de botella y marca el ritmo de producción en la empresa. La capacidad de este proceso es la capacidad de toda la empresa. Se observa un incremento de 11.11% en los paneles producidos.

**Tabla 5.30.** Comparación Capacidad de Producción.

Procesos	Ts (min/panel)	Tiempo Turno (min/día)	Capacidad Diaria (paneles/día)
Prensado Actual	23.03	423.90	18.00
Prensado Propuesto	22.60	458.20	20.00
Mejora en Valor	0.43	34.30	2.00
Mejora Porcentual	1.87%	8.09%	11.11%



#### 5.4.5. Presupuesto para implementar mejoras

En la Tabla 5.31 se muestra el presupuesto necesario para la implementación de las mejoras.

**Tabla 5.31.** Presupuesto.

<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Guías para prensa	2	un	100	200
Anclajes rápidos	8	un	35	280
Sistema de luces alarma	1	un	150	150
Capacitación al personal	1	un	130	130
<b>TOTAL</b>				<b>760</b>

#### 5.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN

En esta sección se analiza los costos de producción de la empresa, se recalca que al ser información confidencial no se muestra el detalla del costo sino solamente un valor total.

##### 5.5.1. Análisis costos

En la Tabla 5.32 se muestra el consolidado de los costos de mano de obra de la empresa en el que se toman en cuenta número de personas que intervienen, costo por hora y estándares alcanzados actual y propuesto.

Se sabe que cada trabajador recibe \$525 dólares/mes por su labor. El número total de horas trabajadas, se consideran 40 horas/semana y 4 semanas/mes; es decir, mensualmente se tiene 160 horas/mes.

**Tabla 5.32.** Costo de Mano de Obra.

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>
A	Sueldo mensual	\$	525	525
B	Horas mensual (40*4)	h	160	160
C	Costo hora MOD (A/B)	\$/h	3.28	3.28
D	Capacidad	panel/turno	18.41	20.27
E	Ciclo (8/D)	h/panel	0.43	0.39
F	Num. Personas	#	3	3
G	Costo MOD total (C*E*F)	\$	4.28	3.89

En la Tabla 5.33 se muestra el consolidado del costo total de un panel de refrigeración, así como, el precio de venta al público que define la empresa.

**Tabla 5.33.** Costo de Mano de Obra.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>
Costo MOD total	\$/panel	4.28	3.89
Gastos de operación	\$/panel	5.00	5.00
Costos maquinaria	\$/panel	2.00	2.00
Costo total	\$/panel	11.28	10.89
Precio	\$/panel	16.00	16.00

### 5.5.2. Comparación ingresos

En la Tabla 5.34 se muestra la comparación del costo total, se observa que la propuesta ayuda a disminuir el costo en 0.39 \$/panel.

**Tabla 5.34.** Comparación Costo.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Mejora</b>	<b>Mejora %</b>
Costo total	\$/panel	11.28	10.89	-0.39	-3.48%

En la Tabla 5.35 se considera el ingreso diario por los paneles en la que se identifica que existe una mejora porcentual del 10.10%.

**Tabla 5.35.** Comparación ingresos.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Mejora</b>	<b>Mejora %</b>
Capacidad	panel/turno	18.41	20.27	-	-
Precio	\$/panel	16.00	16.00	-	-
Ingreso diario	\$/día	294.56	324.32	29.76	10.10%

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. CONCLUSIONES**

- El proceso de fabricación de paneles consta de cuatro etapas: corte, laminado, prensado y almacenamiento dentro de los cuales el cuello de botella se presenta en el prensado el cual tiene una eficiencia real del 92.15% ya que se tienen 36.1 minutos que se pierden por paros no planeados. En la propuesta se reduce este tiempo a 1.80 minutos y se alcanza una eficiencia del 99.61%.
- La capacidad de producción real por eficiencia en el proceso cuello de botella: prensado es de 18.41 paneles diarios con un tiempo de ciclo de 23.03 minutos/panel. Se propuso un plan de mejora a través de oportunidades identificadas y con las propuestas se puede disminuir el tiempo de ciclo a 22.60 minutos/panel por lo que la capacidad de producción aumente a 20.27 paneles diarios.
- Se tiene un incremento del 8.09% en la eficiencia de producción por paros no planeados y en cuanto a la capacidad de producción se aumente en 10.15% a través de las propuestas del plan de mejora en el proceso cuello de botella de prensado.
- El costo de fabricación de los paneles pasa de \$11.28 a \$10.89 con un ahorro de \$0.39 lo que permite una reducción porcentual del 3.48%, en cuanto a los ingresos diarios a un precio de venta de \$16 se puede obtener \$324.32 con un aumento de \$29.76 dólares diariamente.

### **6.2. RECOMENDACIONES**

- Recomendamos a la empresa Ecuatoriana de Refrigeración implementar un sistema de alamas en la prensa hidráulica para alertar sobre la culminación del tiempo de ciclo de la máquina.
- Se recomienda capacitar a los operarios en temas de calidad para asegurar que el producto final cuente con las características adecuadas para el cliente.
- Es necesario planificar el mantenimiento de la maquinaria de la empresa, especialmente de la prensa hidráulica ya que es el único recurso para la fabricación de los paneles de refrigeración.
- También recomendamos actualizar la tecnología de la prensa hidráulica ya que permite incrementar la capacidad de producción de la empresa.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Tejada, «Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD,» de *Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD*, España, 3C Empresa, 2017, pp. 39-49.
- [2] R. Velasco, «Estudio de métodos y tiempos,» Colombia, 2007.
- [3] A. Álvarez, «QE2 eConsulting,» 24 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://qe2ingenieria.com/blog/tiempo-de-ciclo>. [Último acceso: 2021].
- [4] M. Fernández, «Algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo,» *Revista Ingeniería Industrial*, Colombia, 2016.
- [5] J. Ojeda, «Sistema en tiempo real,» 2017. [En línea]. Available: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/8221>. [Último acceso: 2021].
- [6] J. Andrade, «Mejora del proceso de elaboración de puré de banano,» Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, 2015.
- [7] Observatorio de riesgos psicosociales UGT, *Organización del trabajo: Ritmo de trabajo*, España: DI-0002, 2012.
- [8] Rincon de Parra, Haydeé, «Actualidad Contable Faces,» de *Calidad, Productividad y Costos*, Merida, Universidad de los Andes, 2001, pp. 46-61.
- [9] F. Taylor, «Administración de empresas,» de *Sistema de Producción de la Empresa*, Estados Unidos, 2007.
- [10] M. Llerena, *Optimización de los procesos de producción de jeans en la empresa*, Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2014.
- [11] A. Castellanos, «Nursing productivity,» *Nursing productivity*, vol. I, n° Bogotá, 2008.
- [12] Universidad ESAN, «conexión esan,» 6 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/10/que-es-el-mapa-de-procesos-de-la-organizacion>. [Último acceso: 2021].
- [13] M. Mallar, «La gestión por procesos: Un enfoque de gestión eficiente,» *Visión de Futuro*, vol. 13, n° 1, 2010.
- [14] J. López, *Estudio del trabajo*, Mexico: Javier Enrique Callejas, 2014.
- [15] L. Marescalchi, *Estudio de Metodos*, Córdoba, 2015.

- [16] R. Paz, Productividad y Competitividad, Argentina: Universidad Nacional del Mar del Plata, 2010.
- [17] E. Escalante, «Diagrama de Procesos,» Mep, 9 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.mep.pe/diagrama-de-procesos-plan-operativo-parte-1/>. [Último acceso: 2021].
- [18] J. A. Buzón Quijada, Operaciones y procesos de producción, España: Elearning S.L., 2019.
- [19] M. E. Uribe Macías, Gerencia del servicio. 3a. Edición: Alternativa para la competitividad, Bogotá: Ediciones de la U, 2017.
- [20] R. Peña, «Metodología de la Investigación,» 2012. [En línea]. Available: [http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion](http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion). [Último acceso: 2021].
- [21] J. Lozada, «Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria,» de *Cienciamérica*, Quito, Universidad Tecnológica Indoamericana, 2014, pp. 34-39.
- [22] J. Guzmán, «Técnicas de Investigación de Campo,» 2019. [En línea]. Available: <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/0fec888-6a3f-4b31-b704-a2d94e3eed72/U000308176506/index.html>. [Último acceso: 2021].

## 8. ANEXOS

### Anexo A. Tabla recomendada de General Electric

Tiempo de ciclo en min	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

## Anexo B. Escalas de Valoración del Ritmo de Trabajo

Escala	Descripción del Desempeño
0	Actividad Nula
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.
100	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de "virtuoso", sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

### Anexo C. Valoración de Suplementos

VALORACIÓN DE SUPLEMENTOS					
SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	H	M			
A. Suplemento por necesidades personales	5	7			
B. Suplemento base por fatiga	4	4			
SUPLEMENTOS VARIABLES					
	H	M		H	M
<b>A. Suplementos por trabajar de pie</b>	2	4	<b>E. Condiciones Atmosféricas</b>		
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>			Índice de enfriamiento de Kata		
Ligeramente Incómoda	0	1	16	0	0
Incómoda (inclinado)	2	3	8	10	10
Muy incomoda (acostado, estirado)	7	7	4	45	45
<b>C. Uso de fuerza/ Energía muscular</b>			2	100	100
(levantar, tirar, empujar)			<b>F. Concentración intensa</b>		
[Kg]			Trabajos de cierta precisión	0	0
2.5	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
5	1	2	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
7.5	2	3	<b>G. Ruido</b>		
10	3	4	Continuo	0	0
12.5	4	6	Intermitente y Fuerte	2	2
15	5	8	Intermitente y muy Fuerte	5	5
17.5	7	10	<b>H. Tensión Mental</b>		
20	9	13	Proceso bastante complejo	1	1
22.5	11	16	Atención dividida, muchos objetos	4	4
25	13	20max	Muy complejo	8	8
30	17	-	<b>I. Monotonía</b>		
33.5	22	-	Trabajo algo monótono	0	0
<b>D. Mala iluminación</b>			Trabajo bastante monótono	1	1
Ligeramente por debajo de la potencia	0	0	Trabajo muy monótono	4	4
Bastante por debajo	2	2	<b>J. Tedio</b>		
Absolutamente por debajo	5	5	Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2



**Anexo D. Fotografía de la mesa de corte**



## Anexo E. Fotografía del proceso de laminado



**Anexo F. Fotografía de componentes laminados**



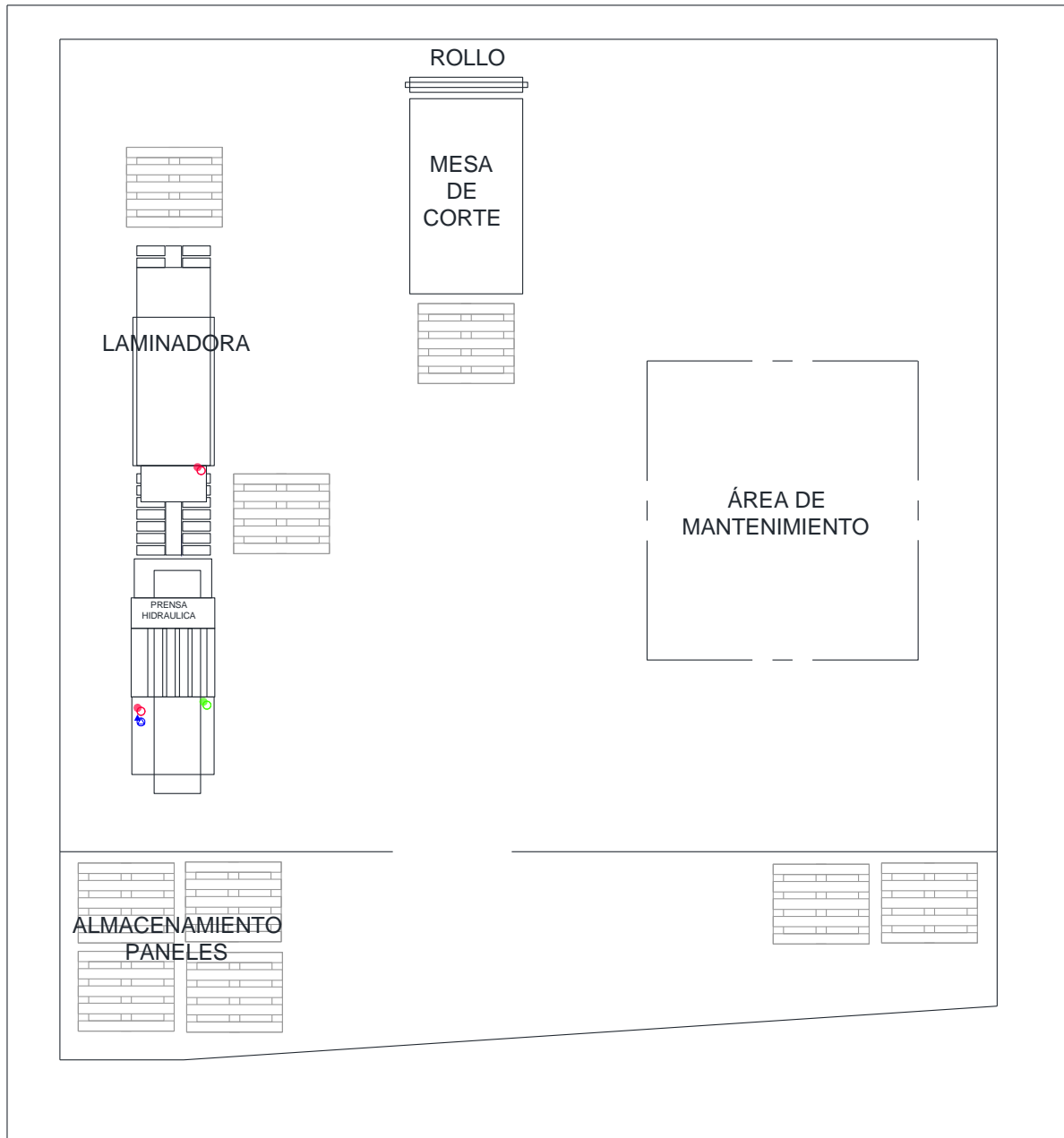
## Anexo G. Fotografía de prensa hidráulica



**Anexo H. Fotografía de colocación de láminas en prensa hidráulica**



## Anexo I. Layout Ecuatoriana de Refrigeración



**ECUATORIANA DE  
REFRIGERACIÓN**

LAYOUT DE FABRICA DE PANELES DE  
REFRIGERACIÓN

DIBUJADO POR: OMAR HERRERA - SANTIAGO TAPIA

Edición: Primera

Lámina: 1/1