

---

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ANÁLISIS Y DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORA  
DEL PROCESO DE MANUFACTURA DE UNA EMPRESA DE  
VIDRIOS DE SEGURIDAD PARA ELECTRODOMÉSTICOS**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO  
ANTE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

Realizado por:

Br. Hernández Guzmán, Willians Armando  
Br. Herrera Gonzalez, Dácil Cecilia

Tutor: Ingeniero Industrial Pablo Hernández

Octubre del 2000



## DEDICATORIA

***A mi papá por ser la persona más dulce y comprensiva,  
no me pudo tocar un mejor papá.***

*A mi mamá por ser más que mi mamá, mi mejor amiga y la  
persona que siempre está conmigo para todo.*

*A Susi, mi hermana, por quererme tanto y estar siempre  
pendiente de mí.*

*A Leo, mi esposo, por estar a mi lado y ser parte de esta nueva  
vida juntos.*

*Y a ese pedacito de mí que ya adoro, mi hija Melany, mi princesa.  
Gracias por apoyarme siempre, son lo más importante en mi vida.  
Los Amo con todo mi corazón.*

C.H.



---

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi padre por ser mi motivación y estar siempre a mi lado, a mi madre por darme la vida y aparecer en los momentos cumbre para hacerme reflexionar con sus consejos, a mis hermanos para que de algún modo vean en mi el camino a seguir , a mi novia por ser mi apoyo en todo momento y finalmente a la persona que se merece esta dedicatoria por ser mi inspiración, a mi abuela. A todos ustedes que me ayudaron a conseguir el logro de este objetivo .... son lo mas importante que tengo.*

W.H.



---

## AGRADECIMIENTOS

*Cuando se llega al final de una etapa se llega paralelamente, al momento de reflexión. Se reflexiona sobre el esfuerzo realizado, los sinsabores sufridos y las satisfacciones logradas; se reflexiona sobre las personas que conocimos y tan amablemente nos brindaron su ayuda cuando la necesitamos. Entre estas personas se encuentran los profesores Ing. César Pérez e Ing. Nelson Belardi, quienes nos orientaron en la estructura de la tesis, el Ing. Miguel Carrillo en la planta de VT, y todos los trabajadores de ella, el Ing. Pablo Hernández, por darnos la oportunidad de realizar esta tesis en su planta y asesorarnos en el trabajo de grado, y a tantas personas que se nos pueden escapar, además de nuestros padres y amigos que son el pilar de nuestras vidas.*

*A todos mil gracias por estar con nosotros.*

C.H. & W.H.



## ÍNDICE GENERAL

SINOPSIS	i
INTRODUCCIÓN	ii
OBJETIVOS	iii
1.General	
2.Específicos	
ACERCA DE LA EMPRESA	
1.Estructura de VT C.A	iv
2.El Producto de VT C.A	v
CAPÍTULO I	
I. MARCO TEÓRICO	
1. Estudio de Tiempos	
1.1. Definición	1
1.2. Actividades	
1.2.1. Definición	1
1.2.2. Tipos	1
1.3. Toma de Tiempo	
1.3.1. Definición	2
1.3.2. Método Acumulativo	2
1.3.3. Método Vuelta a Cero	2
1.4. Número de Muestras	
1.4.1. Cálculo del número de muestra	3
1.5. Tiempos estándar	
1.5.1. Fatiga	4
1.5.2. Valoración del paso	5
1.5.3. Suplementos	
1.5.3.1. Definición	5
1.5.3.2. Tipos	5
1.5.4. Definición de tiempos estándar	6
1.5.5. Cálculo de los tiempos estándar	6
1.6. Etapas del estudio de tiempos	6
1.7. Aplicaciones de un estudio de tiempos	
1.7.1. Balanceo de línea	7
2. Estudio de movimiento	
2.1. Definición	8
2.2. Distribución	8
2.3. Diagrama de procesos y movimientos	8
2.3.1. Diagrama de operaciones de proceso	8
2.3.2. Diagrama Hombre-Máquina	9
2.4. Aplicaciones del Estudio de movimientos	10



2.4.1. Manejo de materiales	10
3. Técnicas de evaluación de un proyecto	
3.1. Valor Presente Neto	11
3.2. Tasa de Retorno Atractiva Mínima	11
3.3. Tasa Interna de Retorno	11
4. Plan Maestro	12
CAPÍTULO II	
II. Marco Metodológico	13
CAPÍTULO III	
II. Estudio De Las Operaciones	
A. Descripción	
1. Distribución de la planta	16
2. Descripción de los procesos de fabricación	17
2.1. Recepción de Materia prima	17
2.2. Proceso de Corte	17
2.3. Proceso de Canteado	20
2.4. Proceso de Perforado	21
2.5. Proceso de Lavado	21
2.6. Proceso de Serigrafía	23
2.7. Proceso de Templado	25
B. Análisis de los procesos	
1. Estudio de tiempos	28
2. Diagrama Hombre-Máquina	33
3. Situación Actual	39
CAPÍTULO IV	
1. Opciones De Mejora	
1.1. Sección de corte	41
1.1.1. Mejora CO-A	41
1.1.2. Mejora CO-B	43
1.2. Sección Canteado	44
1.2.1. Mejora CA-A	44
1.2.2. Mejora CA-B	46
1.3. Sección Serigrafía	48
1.3.1. Mejora SE-A	48
1.3.2. Mejora SE-B	49
1.4. Sección Templado	51
1.4.1. Mejora TE-A	51
2. Escenarios de mejora	52
2.1. Situación Actual	53
2.2. Escenario 1	54
2.3. Escenario 2	55
2.4. Escenario 3	56
2.5. Escenario 4	57



---

2.6. Escenario 5	58
2.7. Resultados del balance de línea	59
CAPÍTULO V.	
1. Estudio Económico	60
CAPÍTULO VI.	
1. Plan Maestro	66
1. Objetivo	67
2. Estructura organizativa	67
2.1. Grupos de trabajo	67
3. Inversión en equipos	69
4. Cronograma de ejecución	70
5. Inversiones del plan	70
CONCLUSIONES	vi
RECOMENDACIONES	vii
BIBLIOGRAFÍA	viii

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico # 1: Situación actual</b>	<b>40</b>
Gráfico # 2: Escenario Situación Actual	53
Gráfico # 3: Escenario 1	54
Gráfico # 4: Escenario 2	55
Gráfico # 5: Escenario 3	56
Gráfico # 6: Escenario 4	57
Gráfico # 7: Escenario 5	58
Gráfico # 8: Incremento de la capacidad actual	59



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla # 1: Actividades en cada sección</b>	<b>27</b>
Tabla # 2: Tiempos sección de Corte	29
Tabla # 3: Tiempos sección de Canteado	30
Tabla # 4: Tiempos sección de Serigrafía	31
Tabla # 5: Tiempos sección de Templado	32
Tabla # 6: Resumen Diagrama Hombre-Máquina CO-Actual	33
Tabla # 7: Resumen Diagrama Hombre-Máquina CA-Actual	33
Tabla # 8: Resumen Diagrama Hombre-Máquina SE-Actual	33
Tabla # 9: Resumen Diagrama Hombre- Máquina TE-Actual	33
Tabla # 10: Resumen de operaciones	38
Tabla # 11: Comparación de mejora CO-A	42
Tabla # 12: Resumen Diagrama Hombre-Máquina CO-A	43
Tabla # 13: Comparación de mejora CO-B	44
Tabla # 14: Resumen Diagrama Hombre-Máquina CO-B	44
Tabla # 15: Estimación de tiempos estándar CA-A	45
Tabla # 16: Comparación de mejora CA-A	46
Tabla # 17: Resumen Diagrama Hombre-Máquina CA-A	46
Tabla # 18: Comparación de mejora CA-B	47
Tabla # 19: Resumen Diagrama Hombre-Máquina CA-B	47
Tabla # 20: Comparación de mejora SE-A	48
Tabla # 21: Estimación de tiempos estándar SE-B	49
Tabla # 22: Comparación de mejora SE-B	50
Tabla # 23: Resumen Diagrama Hombre-Máquina	50
Tabla # 24: Comparación de mejora TE-A	51
Tabla # 25: Resumen Diagrama Hombre-Máquina TE-A	52
Tabla # 26: Escenario 1	54
Tabla # 27: Escenario 2	55
Tabla # 28: Escenario 3	56
Tabla # 29: Escenario 4	57
Tabla # 30: Escenario 5	58
Tabla # 31: Valores para el cálculo del flujo de caja	60
Tabla # 32: Esc. 1: Instalar PLC en sección de serigrafía	61
Tabla # 33: Esc. 2: Colocar bandas transportadoras en corte	61
Tabla # 34: Esc. 3: Colocar bandas transportadoras en canteado	62
Tabla # 35: Esc. 4: Instalar resistencias en el horno de templado	63
Tabla # 36: Esc. 5: Creación de almacenamiento temporal y Compra de chupones en sección de corte	64
Tabla # 37: Comparación de la TIR con la TRAM	65
Tabla # 38: Inversiones en equipo	69
Tabla # 39: Inversiones del plan maestro	70



## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo # 1: Máquina de corte	i
Anexo # 2: Máquina de canteado	i
<b>Anexo # 3: Máquina de perforado</b>	<b>ii</b>
Anexo # 4: Máquina de serigrafía	iii
Anexo # 5: Horno de templado	iv
Anexo # 6: Escenario A, sección corte	v
Anexo # 7: Escenario B, sección corte	vi
Anexo # 8: Tabla de valoración y suplemento	vii
Anexo # 9: Escenario A, sección canteado	viii
Anexo # 10: Banda transportadora y acumulador	ix
Anexo # 11: Escenario B, sección canteado	xi
Anexo # 12: Escenario B, sección serigrafía	xii
Anexo # 13: Escenario A, sección templado	xiii
Anexo # 14. Cálculo de la TIR y la TRAM	xiv



El trabajo especial de grado que se presenta a continuación, fue realizado en la empresa VT C.A., líder en la producción de vidrio templado para electrodomésticos en Venezuela.

Este trabajo se estructuró en seis capítulos de la siguiente manera:

- Marco teórico.

Este capítulo abarca, todo el aspecto conceptual que se necesitó para la realización de este trabajo.

- Marco metodológico.

Se plantea en este, la metodología aplicada para la realización de todos los objetivos propuestos para la resolución del problema.

- Estudio de las operaciones.

Comprende aspectos como: la distribución de la planta, la descripción de los procesos de fabricación, diagramas de procesos y Hombre-Máquina de cada sección, los grupos de trabajo y sus respectivas actividades, además de analizar los tiempos tomados en cada sección y por último la situación actual de la empresa.

- Opciones de mejora.

Este aparte trata sobre las posibles mejoras que se pueden realizar luego del estudio de la situación actual, y a partir de estos los escenarios aceptados con sus respectivos gráficos que muestran la mejora sobre la línea de producción en base a los cuellos de botella.

- Estudio económico.

Trata sobre la técnica empleada para estudiar la factibilidad de los escenarios escogidos, y los valores numéricos que permitieron escoger los escenarios de mejor perfil para la empresa.

- Plan maestro.

Con este punto culmina la investigación y consiste en un cronograma de trabajo para la puesta en funcionamiento de las mejoras propuestas, que se encargarán luego de implementar en la empresa.



---

## INTRODUCCIÓN

En razón de mejorar la productividad en las industrias, urge evaluar los procesos productivos de las mismas, para encontrar posibles mejoras de su desempeño actual, es así que los procesos de manufactura pasan a ser el objeto fundamental de estas investigaciones.

La manufactura de vidrio templado, posee un conjunto de características muy particulares en su procesamiento, que obligan a rigurosos controles en la línea de producción para obtener óptimos resultados con la mayor calidad a menor tiempo.

VT C.A., en su proceso de expansión y búsqueda de nuevos mercados, ha considerado imprescindible una evaluación profunda de su línea de producción con miras a una mayor productividad a un menor costo que le permita satisfacer las necesidades de su clientela en forma oportuna con la mayor calidad para lograr ser competitiva en los mercados internacionales.

Esta investigación aportará información sustentada que justifique los cambios propuestos que conllevan al logro de los objetivos planteado por esta empresa, para esta investigación.



---

## OBJETIVOS

### 1. General

Analizar y desarrollar propuestas de mejora del proceso de manufactura de una empresa de vidrios de seguridad para electrodomésticos.

### 2. Específicos

- Estudiar los procesos actuales de manufactura.
- Identificar los factores críticos que intervienen en el proceso.
- Evaluar y estudiar los factores críticos del proceso.
- Realizar propuestas de mejora de los factores críticos del proceso.
- Jerarquizar las propuestas de mejora, para obtener la más conveniente, en cuanto a los requerimientos de la empresa.
- Evaluar los costos asociados a la propuesta de mejora del proceso.
- Realizar un plan maestro de mejora (Cronograma de actividades para las propuestas).



---

## ACERCA DE LA EMPRESA

### **ESTRUCTURA DE VT C.A.**

VT C.A. es una empresa que se dedica al proceso industrial de producción de vidrio templado de transformación del vidrio como materia prima, en vidrio templado, para ser utilizado en artefactos electrodomésticos.

La empresa VT C.A. se encuentra conformada por dos entes operacionales: uno administrativo, localizado en la zona metropolitana; y otro que corresponde a la planta de producción ubicada en La Victoria Edo. Aragua.

La proyección de VT C.A. está dirigida al mejoramiento continuo de todos los procesos que comprende su sistema de calidad (condiciones laborales, ambientales, procesos de producción y administrativos), soportado en la adquisición de modernos equipos y en el seguimiento y control a través de la aplicación de técnicas estadísticas y calidad; para dar a sus clientes nacionales e internacionales productos de alta calidad a un precio justo.

Cuenta con una planta industrial con capacidad de producción para ser un competidor en el mercado de las Américas.

Sus exportaciones se dirigen a Chile, Ecuador, Perú, México y Estados Unidos.

Esta empresa cuenta con una certificación en sistemas de calidad basado en el logro de cero defectos otorgado por uno de sus mayores clientes: General Electric.



## **EL PRODUCTO.**

VT. C.A., elabora piezas planas de vidrio templado de 0,33 m<sup>2</sup> de área, decoradas con pinturas vitrificables, para ser utilizadas en repisas de refrigeradores y en puertas de hornos de cocinas.

El proceso de templado transfiere a las piezas de vidrio, unas características físico-químicas incremento en 800% de la capacidad de carga y absorción de impactos, fragmentación en pequeños granos en caso de ruptura y finalmente mejora notable de la capacidad del vidrio de resistir fuertes cambios de temperatura, lo cual lo hace apto para su uso en equipos electrodomésticos como vidrio de seguridad.

El producto se elabora en una línea de producción de alta precisión, partiendo de láminas de vidrio crudo. Se elabora en base a órdenes específicas de producción.



## CONCLUSIONES

En la actualidad cualquier empresa que desee ser competitiva, tiene que contar con las herramientas necesarias para desenvolverse eficientemente en dicho ambiente, es por ello que la Ingeniería Industrial apoya estas necesidades y permite aplicar metodologías que ayudan a aumentar la competitividad de la industria.

Con el análisis de los procesos productivos y la aplicación de los conocimientos y metodologías, se obtienen una serie de conclusiones que son la base para la búsqueda y recomendación de soluciones concretas.

En este trabajo se observaron factores que afectan al buen desempeño de la línea de producción de VT.C.A., los cuales se detallan a continuación:

Los tiempos de arranque son elevados en todas las secciones, al igual que los tiempos de preparación en las secciones de corte y serigrafía.

Los tiempos de ciclo son menores a la capacidad instalada, lo que indica un desaprovechamiento de los niveles de producción en las secciones.

El bajo nivel de fatiga existente en los operarios, permite que trabajen a un ritmo normal.

Todas las etapas del proceso se encuentran trabajando a diferentes capacidades, con lo que se generan cuellos de botella, específicamente en la sección de serigrafía.

El análisis de costos de las mejoras, en relación al aumento de producción que ellas generaran, resultan económicamente rentables para su implantación.

Por último el incremento de la producción al implantar las mejoras en forma secuencial, obtiene una variación positiva de 610 m<sup>2</sup> de producción adicional diaria.



---

## RECOMENDACIONES

- Las mejoras planteadas, deben ser enfocadas a minimizar los tiempos de espera, preparación y arranque ya que son los factores que están limitando la producción.
- La redistribución del espacio físico en la planta, influirá de manera determinante en el incremento de la producción debido a que se disminuye el recorrido de la materia prima entre secciones.
- La automatización del manejo de materiales entre las diferentes secciones permitirá disminuir riesgos en la manipulación de los productos y aumentar el nivel de eficiencia en la línea de producción.
- Una participación crítica y activa del personal permitirá ir detectando las mejoras más apropiadas a ser implantadas con el fin de mejorar cada vez más el proceso.
- La aplicación de mejoras en la sección de corte, permitirá su nivelación paulatina con el resto de las secciones, originando un nuevo balance de línea, y por ende un aumento de la producción.



---

## CAPÍTULO I

### I. MARCO TEÓRICO

Antes de proceder a efectuar la investigación de los factores críticos en el proceso de manufactura de un producto debe estudiarse con detalle las realizaciones de las actividades en dicho proceso. Analizar las operaciones es una técnica que permite aumentar la producción por unidad de tiempo, y en consecuencia reducir los costos unitarios mientras se mantiene o mejora la calidad. Benjamín Niebel afirma en su libro Ingeniería de Métodos (9ª edición), que el único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar sus rentabilidades (o sus utilidades) es aumentando la productividad. Se describirán a continuación dos técnicas: el estudio de tiempo y el estudio de movimiento, cuyas aplicaciones permitirán encontrar la forma más económica y establecer un paso de trabajo al operario, logrando así aumentar la productividad.

#### 1. Estudio de Tiempo

##### 1.1. Definición

Este estudio se realiza para determinar el tiempo que necesita una persona calificada, trabajando a un ritmo normal, para llevar a cabo una actividad.

##### 1.2 Actividades

###### 1.2.1. Definición

Se definen actividades o elementos como “una subdivisión de una operación que es precisa, medible y que contiene una porción lógica de trabajo”<sup>1</sup>.

Es relevante clasificar las actividades en el proceso de manufactura, ya que permite identificar aquellas que sean susceptibles de mejora.

###### 1.2.2. Tipos de actividades

- a. Repetitivas: son las que aparecen en cada ciclo de trabajo establecido.
- b. Casuales: son las que no aparecen en cada ciclo de trabajo establecido, sino a intervalos tanto regulares como irregulares.



- c. Constantes: Son aquellas cuyo tiempo básico de ejecución es siempre igual.
- d. Variables: son aquellas cuyo tiempo básico de ejecución cambian según ciertas características del producto, equipo o proceso, como dimensiones, peso, calidad, etc.
- e. Mecánicas: son las realizadas automáticamente por una máquina (o proceso) a base de fuerza motriz.
- f. Dominantes: son las que duran más tiempo que cualquiera de las otras actividades realizadas simultáneamente.
- g. Extrañas: son las observadas en el estudio y que al ser analizadas no resultan ser una parte necesaria del trabajo.

### **1.3 Toma de Tiempo**

#### **1.3.1 Definición**

Consiste en determinar con dispositivos de medida de tiempo, la duración de una actividad en el proceso de producción.

Se frecuenta realizar la toma de tiempo con cronómetro a través de dos métodos:

- Método Acumulativo o continuo (también conocido como cronometraje dividido)
- Método de Vuelta a Cero.

#### **1.3.2. Método Acumulativo de toma de tiempo.**

En el Método Acumulativo, el reloj acumula el tiempo. Cada lectura muestra el tiempo total transcurrido desde el inicio de la primera actividad y no se detiene hasta que el estudio finalice.

#### **1.3.3. Método Vuelta a Cero de toma de tiempo.**

En el cronometraje de vuelta a cero, el reloj se inicia al comienzo de la primera actividad del primer ciclo. Al final de cada actividad, el reloj muestra el tiempo y se regresa a cero. Este procedimiento se sigue para cada actividad a través del estudio.

---

<sup>1</sup> MAYNARD. Manual del Ingeniero Industrial. 4º edición. Tomo 1. Editorial Mc Graw Hill. P-4.27





## 1.5. Tiempos Estándar

Para definir tiempos estándar y explicar como se realiza su cálculo es necesario explicar algunos conceptos involucrados en él.

### 1.5.1 Fatiga

Entre los objetivos del estudio de movimientos y tiempos, se encuentra la reducción de la fatiga, y con esto lograr que el trabajo sea lo más fácil y satisfactorio para el individuo.

Cuando se habla en términos industriales, la fatiga es relacionada con:

- Sensación de cansancio: asociado a largos períodos de trabajo.

“La fatiga no es homogénea en ningún aspecto; va desde el cansancio puramente físico hasta la fatiga puramente psicológica, e incluye una combinación de ambas. Tiene marcada influencia en ciertas personas, y aparentemente poco a ningún efecto en otras”<sup>4</sup>.

- Un cambio fisiológico en el cuerpo: Tanto los nervios como los músculos no funcionan de igual manera todo el tiempo, debido a los cambios químicos producidos en el cuerpo como resultado del trabajo.
- Una capacidad disminuida para ejecutar un trabajo.

Independientemente que la fatiga sea física o mental, siempre va a ocasionar una disminución de la producción; sin embargo no se podría afirmar que ésta disminuye a causa de la fatiga, ya que una persona puede bajar su rendimiento en la última hora el trabajo, debido a otras razones como distracción por problemas personales, creer que ya ha realizado su trabajo del día, etc.

Entre los factores más importantes que afectan la fatiga se pueden mencionar los siguientes:

1.- Condiciones de trabajo: luz, temperatura, humedad, frescura del aire, color del local y sus alrededores, ruido, etc.

2.- Naturaleza del trabajo: concentración necesaria para ejecutar la tarea, monotonía de movimientos corporales semejantes, la posición que debe asumir el

<sup>3</sup> NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos. 9ª Edición. Editorial Alfa Omega. P-387

<sup>4</sup> NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos. 9ª Edición. Editorial Alfa Omega P- 438



trabajador o empleado para ejecutar la operación, cansancio muscular debido a la distinción de músculos.

3.- Estado general de salud del trabajador, físico y mental: estatura, dieta, descanso, estabilidad emocional, condiciones domésticas.

La fatiga es un factor que se puede reducir pero nunca eliminar; por ello actualmente se busca disminuir el esfuerzo físico y psicológico situando a la persona apropiada en el trabajo adecuado.

### **1.5. 2. Valoración del paso.**

Es indiscutible que no todos los operarios tienen la misma habilidad para realizar una actividad, por lo que es necesario clasificarlos según su paso en el trabajo.

Si se considera que un operario trabaja a paso normal, el factor de valoración debe ser igual a 1. En el caso que el operario trabaje a medio paso, tendrá un factor de valoración igual a 0,5. Un operario trabajando a un paso superior al normal, tendrá un factor de valoración mayor que 1. En condiciones diferentes a las ya expuesta se valorará al operario con un factor comprendido entre 0 y 1.<sup>5</sup>

Sin embargo existe la técnica de rotación de puestos que consiste en el movimiento para asignar empleados en puestos durante un período corto y después retirarlos. Esta técnica permite que todos los operarios tengan la misma habilidad para realizar una actividad.

### **1.5.3. Suplementos**

#### **1.5.3.1. Definición**

Es un porcentaje del tiempo en el cual el operario no es productivo. Se toma en cuenta para la estandarización de los tiempos.

#### **1.5.3.2. Tipos de Suplementos**

- a) Suplemento por fatiga: Se determina a criterio, de acuerdo a las condiciones y clase de trabajo, este factor se reconoce por una disminución de la producción al transcurrir el tiempo de trabajo.



b) Suplemento por retrasos: Pueden ser evitables e inevitables y afectan a la productividad. Lo que se busca es reducir los evitables al mínimo.

c) Suplemento por necesidades personales: Aunque depende también de las condiciones ambientales principalmente del clima y de cada persona en especial, es costumbre fijar un 5% para hombre y un 6% para mujeres.

#### **1.5.4 Definición de Tiempos Estándar.**

La determinación de tiempos estándar es uno de los objetivos del estudio de tiempos y movimientos. Se puede definir el tiempo estándar como el tiempo en el cual un operario trabajando a un paso normal, realiza una determinada actividad, tomando en cuenta los suplementos por fatiga, retrasos y necesidades personales.

#### **1.5.5. Cálculo de los Tiempos Estándar.**

Para obtener tiempos estandarizados es necesario tomar los tiempos medidos, realizar la corrección multiplicándolo por el factor de valoración del paso, con el objeto de obtener el tiempo normal. A ese tiempo normal se le sumarán los porcentajes de suplementos con lo que se obtendrá el tiempo base o tiempo estándar. Se presenta entonces la ecuación necesaria para el cálculo de los tiempos estándar:<sup>6</sup>

$$T_{\text{normal}} = T_{\text{medido}} \times F_{\text{valoración}} \quad (3)$$

$$T_{\text{estándar}} = T_{\text{normal}} + (\%S \times T_{\text{normal}}) \quad (4)$$

#### **1.6. Etapas del Estudio de Tiempos.**

Una vez explicados todos los factores involucrados en el estudio de tiempo, se resumen a continuación las etapas a seguir:<sup>7</sup>

- i. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la actividad, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.

<sup>5</sup> TRUJILLO DEL RÍO, Juan José. Elementos de Ingeniería industrial. 1º Edición. México. Editorial Limusa. P-186

<sup>6</sup> TRUJILLO DEL RÍO, Juan José. Elementos de Ingeniería industrial. 1º Edición. México. Editorial Limusa. P-187



- ii. Registrar una descripción completa del proceso descomponiéndolo en actividades o elementos.
- iii. Examinar el desglose de las actividades para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de muestra.
- iv. Realizar la toma de tiempo con un instrumento apropiado, (generalmente un cronómetro) y aplicando la técnica más adecuada.
- v. Convertir los tiempos observados en tiempos estándar si es necesario, tomando en cuenta la valoración del paso y los suplementos.

### **1.7. Aplicaciones de un Estudio de Tiempo<sup>8</sup>**

- i. Determinar programas y plan de trabajo.
- ii. Determinar costos y cómo ayuda en la preparación de presupuestos.
- iii. Estimar costos de un producto previo a su manufactura.
- iv. Determinar el rendimiento de las máquinas, número de estas que puede manejar una persona, número de personas necesarias en un grupo de trabajo y cómo ayuda en el balanceo de líneas.
- v. Determinar tiempos estándar que han de utilizarse como base para el pago de un salario con incentivo a la mano de obra directa e indirecta.

#### **1.7.1. Balanceo de Línea**

Balancear una línea consiste en garantizar que todas las actividades de un proceso de producción consuman las mismas cantidades de tiempo y que dichas cantidades basten para lograr la tasa de producción esperada.

En ocasiones se logra tener un balance de línea perfecto, pues siempre hay algún tiempo extra en alguna actividad, entonces se asigna otro trabajo al operario que tenga algún tiempo ocioso.

---

<sup>7</sup> Introducción al estudio del trabajo. 3ª Edición. México. 1986. Editorial Limusa. P-230

<sup>8</sup> BARNES, Ralph. Estudio de movimiento y tiempo. 4ª Edición. Madrid. 1962. Editorial Aguilar. P-341



## **2. Estudio de Movimiento**

### **2.1. Definición**

Consiste en registrar y analizar los modos existentes y proyectados de llevar a cabo una actividad, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces que permitan reducir los costos. Para realizar un estudio de movimiento es necesario conocer la distribución del espacio físico en el cual se realizan las actividades, así como realizar los diagramas de proceso y movimientos que representan gráficamente los desplazamientos de los operarios, materiales y máquinas en el desarrollo del proceso que se realiza en dicha distribución.

### **2.2. Distribución**

Es la disposición física de mobiliario, máquina, y personal que se encuentran dentro de un espacio determinado. Una distribución óptima proporciona condiciones de trabajo aceptables, seguras y confortables. Para lograr una buena distribución se deben considerar principios de integración, mínima distancia y flexibilidad, que permiten:

- Obtener una visión de todo el conjunto (Integración)
- Reducir el manejo de material (Mínima distancia)
- Disponer de un diseño que pueda reajustarse a procesos de producción más económicos (Flexibilidad)

Todo esto cumpliendo con el bienestar del trabajador mejorando su eficiencia y reduciendo la fatiga si la hay.

### **2.3. Diagrama de Procesos y Movimientos**

#### **2.3.1. Diagrama de Operaciones de Proceso**

Estos diagramas muestran desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, todas las secuencias cronológicas de las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso administrativo o de fabricación.

Un diagrama de operación de proceso abarca:

1. Propósito de la operación,



2. Diseño de la parte o pieza,
3. Tolerancia y especificaciones,
4. Materiales.

Los símbolos utilizados en este tipo de diagramas son los siguientes:<sup>9</sup>



**OPERACIÓN:** Representa las fases principales del proceso. Toda operación es una subdivisión de un proceso.



**TRANSPORTE:** Se presenta cuando una pieza, objeto u operario de se mueve de un lugar a otro.



**ALMACENAJE:** Indica el almacenamiento temporal o permanente.



**ESPERA:** Indica una demora obligatoria.



**INSPECCIÓN:** Representa una inspección de cantidad o calidad.



**OPERACIÓN E INSPECCIÓN:** Es un símbolo combinado, que indica que las actividades se realizan simultáneamente.

### 2.3.2. Diagrama Hombre-Máquina

Es fundamental para la determinación del tiempo de ciclo en una operación repetitiva. Definiéndose ciclo como el período en el cual una serie de actividades siguen un orden determinado. Después de un ciclo se repiten las mismas actividades en el mismo orden.

Un diagrama Hombre-Máquina muestra separadamente el tiempo de operación de la máquina (descompuesto en sus elementos), el tiempo del operario y la simultaneidad de las operaciones. Al representar en una escala de tiempos común, las actividades de diversos operarios o máquinas, se puede observar en qué momentos del proceso está inactivo el operario o la máquina. Al



estudiar más atentamente el gráfico se logra combinar las actividades para suprimir tiempos inactivos.

## **2.4. Aplicaciones del Estudio de Movimiento.<sup>10</sup>**

- i. Eliminar el tiempo improductivo y estudiar las posibles mejoras
- ii. Comparar los distintos métodos que se puedan utilizar
- iii. Repartir el trabajo dentro de los equipos o grupos de trabajo
- iv. Determinar la carga de trabajo adecuada para una persona.

### **2.4.1. Manejo de Materiales**

Incluye consideraciones de movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio, el cual debe asegurar que las partes, materia prima, material en proceso, producto terminado y suministros se desplacen periódicamente de un lugar a otro.

El manejo de materiales debe considerar el espacio para almacenamiento temporal y permanente, su manejo adecuado permite la entrega de un surtido en el momento oportuno y en condiciones apropiadas en el punto de empleo y con el menor costo total.

El buen manejo de materiales trae entre sus beneficios:<sup>11</sup>

1. Reducción de los costos de manejo de materiales:
  - Reducción de los costos de mano de obra.
  - Reducción de costos de materiales y gastos generales.
2. Aumento de la capacidad:
  - Incremento de la producción y capacidad de almacenamiento.
  - Mejoramiento de la distribución del equipo.
3. Mejora en las condiciones de trabajo:
  - Aumento de la seguridad
  - Disminución de la fatiga.
4. Mejor distribución:

---

<sup>9</sup> NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos. 9º Edición. P-29

<sup>10</sup> DOMÍNGUEZ, José Antonio. Dirección de operaciones. 1º Edición. Madrid. 1995. Editorial Mc Graw Hill. P-185



- Mejora en el sistema de manejo de materiales.
- Localización estratégica de almacén.
- Incremento de la disponibilidad del producto.

### 3. Técnicas de evaluación de un proyecto.<sup>12</sup>

La evaluación de proyectos, consiste en saber que tan beneficioso puede resultar un proyecto en base a las ventajas y desventajas que puede presentar la asignación de recursos a una idea.

Las técnicas que se utilizan para evaluar un proyecto son: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Retorno Atractiva Mínima (TRAM).

#### 3.1. Valor Presente Neto.(VPN)

Consiste en descontar los valores de flujos de ingresos y egresos que genera el proyecto a lo largo de su vida económica. Un proyecto se evalúa a través del cálculo del VPN, cuando su valor es positivo.

$$VPN = - I_0 + ( F_1 / ( 1 + TIR ) ) + ( F_2 / ( 1 + TIR )^2 ) + \dots \quad (5)$$

#### 3.2.Tasa de Retorno Atractiva Mínima (TRAM).

Es una tasa única y exclusiva para cada tipo de proyecto ejecutado en distintos sectores de inversión o promovido por diferentes inversores.

$$TRAM(nominal) = \%d * K_d + \%p * K_p \quad (6)$$

$\%d$  = % de deuda             $\%p$  = %capital propio  
 $K_d$  = Costo de la deuda ;  $K_p$  = Costo de capital propio

#### 3.3.Tasa Interna de Retorno.(TIR)

Es el interés pagado sobre el saldo deudor de dinero tomado en préstamo o la tasa de interés ganada sobre el saldo aún no recuperado de un préstamo o

<sup>11</sup> MAYNARD. Manual del Ingeniero Industrial. 4ª edición. Tomo 4. Editorial Mc Graw Hill. P-13.78

<sup>12</sup> PEREIRA, José Luis. Formulación y evaluación de proyectos de inversión. 1ª Edición. 1996. Publicaciones UCAB. P-186



inversión, de manera tal que el ingreso final considerando que esta tasa de interés lleva el valor a cero. Un proyecto se considera factible cuando la  $TIR > TRAM$ .

$$TIR \rightarrow VPN = 0 \quad (7)$$

## 5. PLAN MAESTRO

Consiste en determinar cuáles son las actividades, qué recursos se requieren y cuándo se necesitan para la ejecución de un proyecto. Este tipo de plan permite controlar el proyecto en cuanto a sus costos y tiempo de ejecución y hace posible medir el avance del mismo.

Una desventaja que presenta este tipo de plan, es que una vez establecido no se puede modificar, ya que impediría un seguimiento efectivo de la ejecución de las actividades que allí se establecen.

Las partes de un plan maestro son:

- Objetivo: describe la finalidad que persigue el plan.
- Grupos de trabajo: consiste en organizar a los recursos de manera tal que trabajen en grupos y que tengan relación con la actividad que vayan a realizar.
- Actividades: son las tareas a realizar para llevar a cabo el plan.
- Cronograma: en él se colocan las actividades con sus respectivas duración para llevar un control de la ejecución del plan.
- Inversión a efectuar.



---

## CAPÍTULO II

### II. II. MARCO METODOLÓGICO

La metodología a seguir para el desarrollo del presente Trabajo de Grado tiene como objetivo describir el producto, su proceso de elaboración, los factores críticos involucrados en dicho proceso y determinar las oportunidades de mejora que permitan incrementar la producción.

La investigación se estructuró en tres fases, la primera consistió en el levantamiento de información del proceso, en la segunda fase se realizó el análisis del proceso y en la tercera se llevó a cabo las propuestas de mejora, su análisis, estudio de factibilidad (estudio económico) y el cronograma para la aplicación de las propuestas.

A continuación se explicará con detalle cada una de las fases:

#### - **Primera Fase:**

Se llevó a cabo mediante técnicas de recolección de información como: data histórica, entrevistas y observación directa.

La información obtenida permitió conocer el producto y sus características, además de la aplicación de las primeras etapas del estudio de tiempo descrito en el marco teórico, tales como: la obtención y registro de toda la información acerca de las actividades en cada una de las secciones del proceso, los operarios y sus condiciones de trabajo.

Por cada sección, se creó una tabla para registrar las actividades del proceso, y su duración, tomando 20 mediciones como muestra piloto. Para dicha medición se utilizó el método continuo debido a su precisión.

#### -**Segunda Fase:**

Se realizó el muestreo correspondiente a las 20 mediciones de cada actividad. Dicho muestreo consistió en el cálculo del tamaño de muestra (N) y desviación estándar (S), a través de las ecuaciones 1 y 2 presentadas en el capítulo 1, tomando en cuenta un error (K) de 5% y distribución T-Student con confianza ( $\alpha$ ) del 95%. Se comparó el tamaño de la muestra (N) con la muestra piloto (n) y en



los casos en que  $N > n$  fue necesario completar el número de observaciones ( $n$ ) hasta alcanzar el tamaño de muestra ( $N$ ) calculado.

El siguiente paso, según el estudio de tiempos, era la estandarización de los tiempos observados, sin embargo, no se llevó a cabo, debido al bajo nivel de operación y rotación del personal

Con los tiempos promedios observados, se realizó en cada sección el diagrama Hombre-Máquina, identificando el tamaño del ciclo de producción y el tiempo de arranque, determinando así el tiempo de trabajo, el porcentaje de utilización de cada grupo de trabajo o máquina, finalmente se procedió a calcular la producción por turno de trabajo.

Se realizó el Diagrama de Operaciones de proceso para mostrar la secuencia de las actividades más detalladamente que en el diagrama Hombre-Máquina.

Para culminar esta fase, se elaboró una tabla denominada Tabla Resumen de Operaciones (ver tabla #10) para visualizar la situación actual del proceso productivo.

- **Tercera Fase:**

Consistió en plantear las opciones de mejoras en cada sección, modificar el diagrama Hombre-Máquina según la opción de mejora, crear la tabla resumen de actividades para visualizar la mejora y la comparación con la situación actual, para determinar el incremento en la producción. Se aplicó un algoritmo para la resolución del principio de “cuello de botella” y obtener así los escenarios de mejora, dicho algoritmo se describe a continuación:

- III. -Primero se tomaron las mejoras A y B por cada sección y se calculó su aumento de producción, si este aumento es igual a la suma de los incrementos
- IV. de producción de las actividades por separado, se consideran opciones independientes, entonces se pueden utilizar ambas (A +B) para un incremento mayor.



-Segundo: se estudió cuál era la sección de menor producción en la situación actual y se elaboró un escenario con la mejora que permita incrementar la producción.

-Tercero: a partir del primer escenario, se estudió cuál es la siguiente sección de la situación actual que limita la producción (cuello de botella) y se elaboró otro escenario con la mejora más idónea que resuelva el límite en la producción dado por la sección identificada, manteniendo las mejoras del escenario anterior.

-Cuarto: se aplicó repetitivamente el segundo y tercer paso del algoritmo hasta obtener cinco escenarios que permitieran el balance de la línea de producción.

El estudio económico formó parte de ésta fase, se compararon los valores de la TRAM con las TIR obtenidas en cada escenario, tomando los ingresos y egresos, realizando el flujo de caja correspondiente en cada caso y con este flujo se calculó el valor de la TIR haciendo que el valor presente neto del flujo de caja fuera igual a cero y despejando por ende el valor de la misma. Por otro lado, se calculó el valor de la TRAM utilizando los valores con los que la empresa trabaja, en cuanto a su estructura de capital (58% de deuda y 42% de capital), luego donde la TIR fue mayor que la TRAM, se aceptaron los escenarios en función a los alcances de la empresa.

Finalmente, se desarrolló un cronograma de actividades como parte de un plan maestro de proyecto de mejora. Este plan se estructuró en base a 4 grupos de trabajo (Diseño, Compras, Instalación y Puesta en marcha y entrenamiento), todos a cargo de un líder de proyecto que sería el gerente de planta de la empresa. Estos grupos de trabajo realizarán varias actividades que se deben colocar en un diagrama Gantt para saber en cuánto tiempo se puede desarrollar el proyecto.



---

## CAPÍTULO III

### V. II. ESTUDIO DE LAS OPERACIONES

VI. Para realizar el estudio de las operaciones del proceso productivo de la empresa es necesario describir la planta y los procesos como tal.

VII.

#### A. DESCRIPCIÓN

##### 1. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

VIII. La planta está formada por un área de oficinas y la línea de producción en las oficinas se encuentran: la Gerencia de la Planta, Recursos Humanos, Administración. En la línea de producción se encuentran:

IX.-Recepción de materia prima y el almacenaje de las mismas

X. -Sección de corte, canteado, serigrafía y templado

XI.-Sanitarios

XII. -Almacén de materia prima reciclable

XIII. -Sala de bombas

XIV. -Departamento de mantenimiento industrial

XV. -Carpintería

XVI. -Control de Calidad

XVII. -Empacado.

XVIII.

XIX. A continuación se puede observar la distribución de la línea de producción y el recorrido de la materia prima para la obtención del producto terminado.



## **XX. 2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN.**

A continuación se describirán las etapas del proceso de producción de vidrio templado.

### **2.1. Recepción de Materia prima.**

El vidrio utilizado para el proceso de templado se caracteriza por tener un grosor de 3 mm, empackado en madera y presentado en forma de láminas separadas entre sí por papel.

En esta etapa, el montacarguista baja el rack de los camiones y los coloca en el espacio disponible en el almacén.

A medida que la etapa siguiente (proceso corte), necesite un nuevo rack de vidrios, el montacarguista prepara un rack, es decir, lo desempaca y coloca listo para transportarlo a la sección de corte.

### **2.2. Proceso de Corte**

Esta etapa se divide en dos grupos de trabajo, una de dos operarios (Grupo 1-CO) y otro de un solo operario (Grupo 2-CO).



El montacarguista coloca el rack frente a la mesa de volteo (preparación), desde allí el Grupo 1-CO dispone de las láminas de vidrio, de acuerdo a la producción programada.

Se sube la mesa de volteo, para desplazar el vidrio de manera manual entre los dos operarios. Bajan la mesa de volteo y esperan a desocupar la mesa de corte.

El operario del Grupo 1-CO desplaza la lámina de vidrio hacia la mesa de corte, al tiempo que enciende la máquina para generar una capa de aire que permite desplazar de una manera más fácil la lámina sobre la mesa, seguidamente cuadra la lámina, apaga la máquina y da la orden al programa para que comience el corte de la lámina.

La máquina que se utiliza en este proceso, es completamente automática, ya que por medio de la computadora el programador introduce el diseño que desea el cliente y la máquina lo corta a una velocidad máxima de trazado de 120 m/min, para lograr un tiempo mínimo de corte de 1,08 min / lámina, obteniendo la menor cantidad de desperdicio por lámina. (Ver anexo 1)

Luego de cortada la lámina el operario del Grupo 2-CO la desplaza a la mesa de despiece en donde se separan las piezas y las colocan en los carros de almacenaje, de acuerdo al tamaño cortado.

Todos los retazos de vidrio son destrozados y depositados en cajas para luego ser enviados de vuelta a los proveedores que se encargan de reprocesarlo.

En esta sección se producen aproximadamente 1924 m<sup>2</sup> en un turno de trabajo.



XXI. A continuación se presenta el diagrama de operación del proceso de corte.

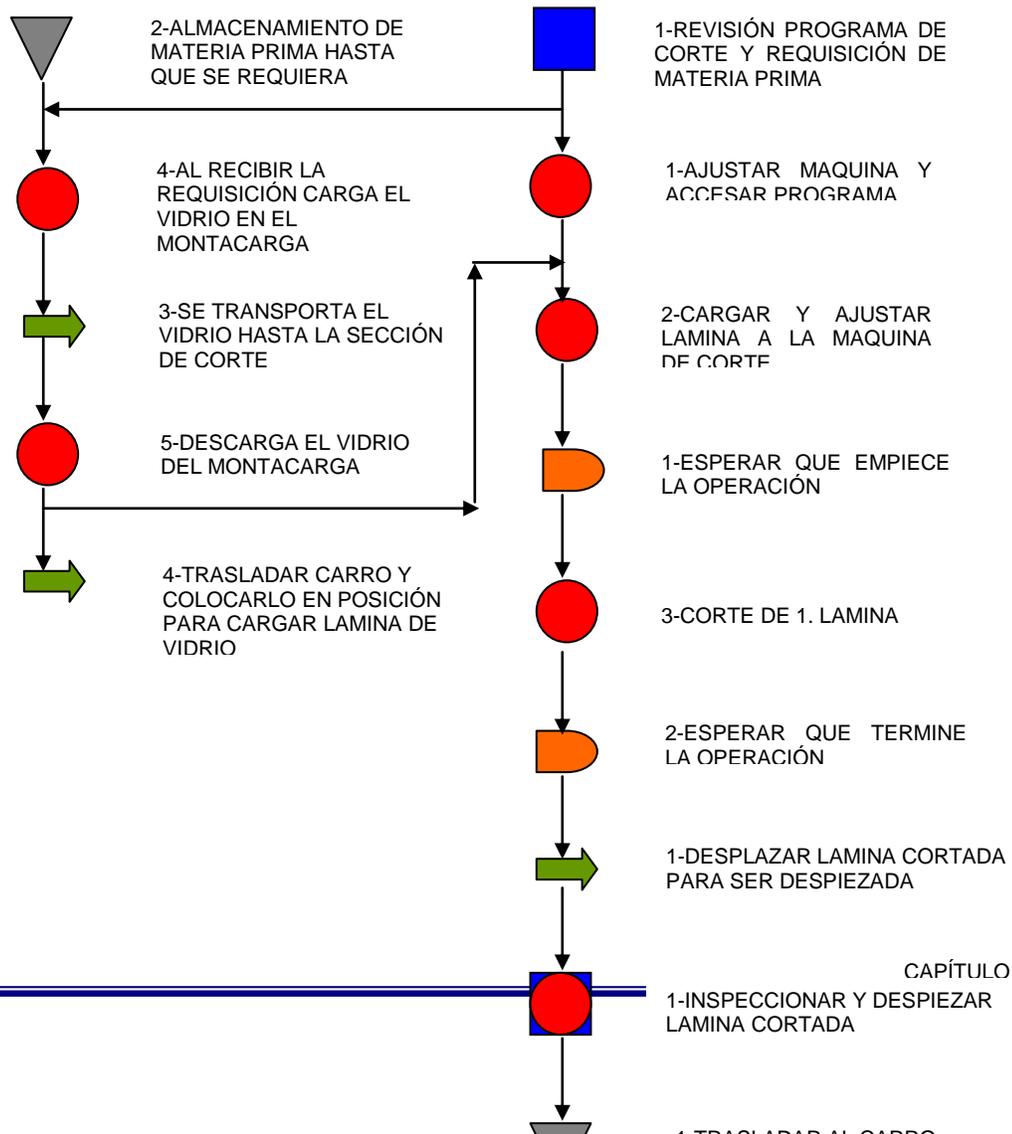
XXII.

XXIII.

XXIV.

XXV.

**DIAGRAMA DE PROCESO**  
**DIAGRAMA DE PROCESO**  
**DIAGRAMA DE PROCESO**  
**SECCIÓN DE CORTE**





### **2.3. Proceso de Canteado**

Esta etapa del proceso consta de dos máquinas canteadoras. El proceso consiste en eliminar el filo que genera el corte en cada pieza. Estas máquinas trabajan de manera automática, ya que se programa de acuerdo al tamaño de las piezas a las cuales se desea eliminar el filo. Estas máquinas trabajan con 8 motores que mueven las lijas que eliminan el filo del vidrio. El lijado del vidrio no debe ser mayor a dos milímetros entre los dos lados, ya que si no se produce un desgaste de las lijas en muy poco tiempo. Hay que destacar que la máquina trabaja continuamente con agua y por lo tanto su mantenimiento es muy delicado. (Ver anexo 2)

El proceso consta de un operario (Grupo 1-CA), cuyas actividades se describen a continuación:

Se traslada el carro de almacenaje que sale del proceso de corte y se coloca en la entrada de la primera canteadora. Programa la máquina de acuerdo al pedido exigido. El operario va desplazando los vidrios sobre dos rieles que son introducidos en la canteadora. En la primera canteadora se lija dos de los cuatro lados del vidrio. La segunda canteadora colocada en forma perpendicular con



---

respecto a la primera, recibe el vidrio que sale de la primera canteadora, el cual es empujado hacia ella para lijar los lados restantes. Todo este proceso para lograr procesar 10 piezas por minutos a la salida de las máquinas.

El vidrio sale completamente liso sin posibilidad de cortes o accidentes.

La segunda máquina tiene un proceso adicional el cual consiste en redondear las puntas de los vidrios luego de lijar los lados si el cliente así lo requiere.

De la segunda máquina sale el vidrio directamente a una mesa de rodillos, donde pasa al siguiente proceso.

#### **2.4. Proceso de Perforado**

Este proceso es opcional dependiendo del modelo que requiere el cliente. Se extraen los vidrios de la mesa de rodillos y se colocan sobre las perforadoras que se programan de acuerdo al tamaño del vidrio para hacer los agujeros respectivos. (Ver anexo 3)

Se vuelven a colocar sobre la mesa de rodillos en donde se desplazan hasta la lavadora.

#### **2.5. Proceso de Lavado**

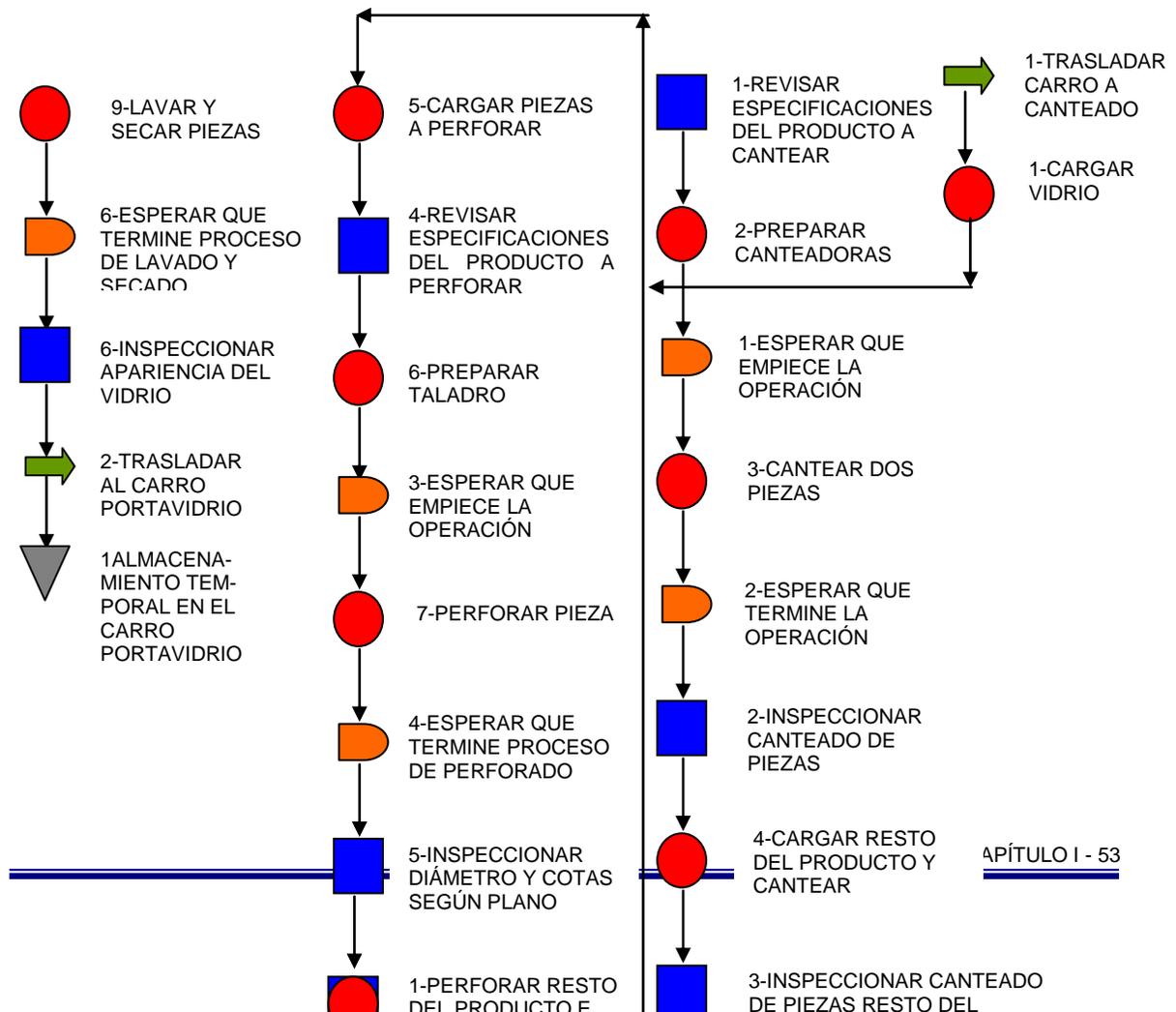
Luego de pasar por el perforado, los vidrios son lavados y secados en una lavadora industrial, la cual permite sacar el vidrio ya limpio por los dos operarios (Grupo 2-CA) para ser pintado en la parte de serigrafía.

XXVI.



XXVII.A continuación se presenta el diagrama de operación del proceso de canteado, perforado y lavado.

### DIAGRAMA DE PROCESO SECCIÓN CANTEADO, PERFORADO Y LAVADO SECCIÓN DE CANTEADO, PERFORADO Y LAVADO





## **2.6. Proceso de Serigrafía**

En esta etapa del proceso, la pieza es trasladada de la sección de lavado por medio de los carros de almacenaje a la entrada de la máquina de serigrafía.

El operario del Grupo 1-SE espera la preparación de la máquina para empezar a colocar los vidrios que serán pintados.

Para dar el formato requerido por el cliente, se debe realizar la preparación de la máquina, actividad realizada por el operario del Grupo 2-SE, el cual coloca el plano sobre la mesa de impresión junto con la pantalla, lo cuadra de manera que al hacer el pase de la pintura quede completamente cubierto el vidrio con el logo deseado. Luego debe dar la indicación a la máquina por medio del programa y se hace el primer pase de pintura. Verifica que la pieza haya quedado cubierta por completo de pintura, y si está correcto se continúa con el resto del pedido, las piezas se mueven en una mesa de rodillo que las llevan directamente al secado en donde se sella la pintura. De allí es montado en los carros de almacenaje por un operario (Grupo 3-SE).

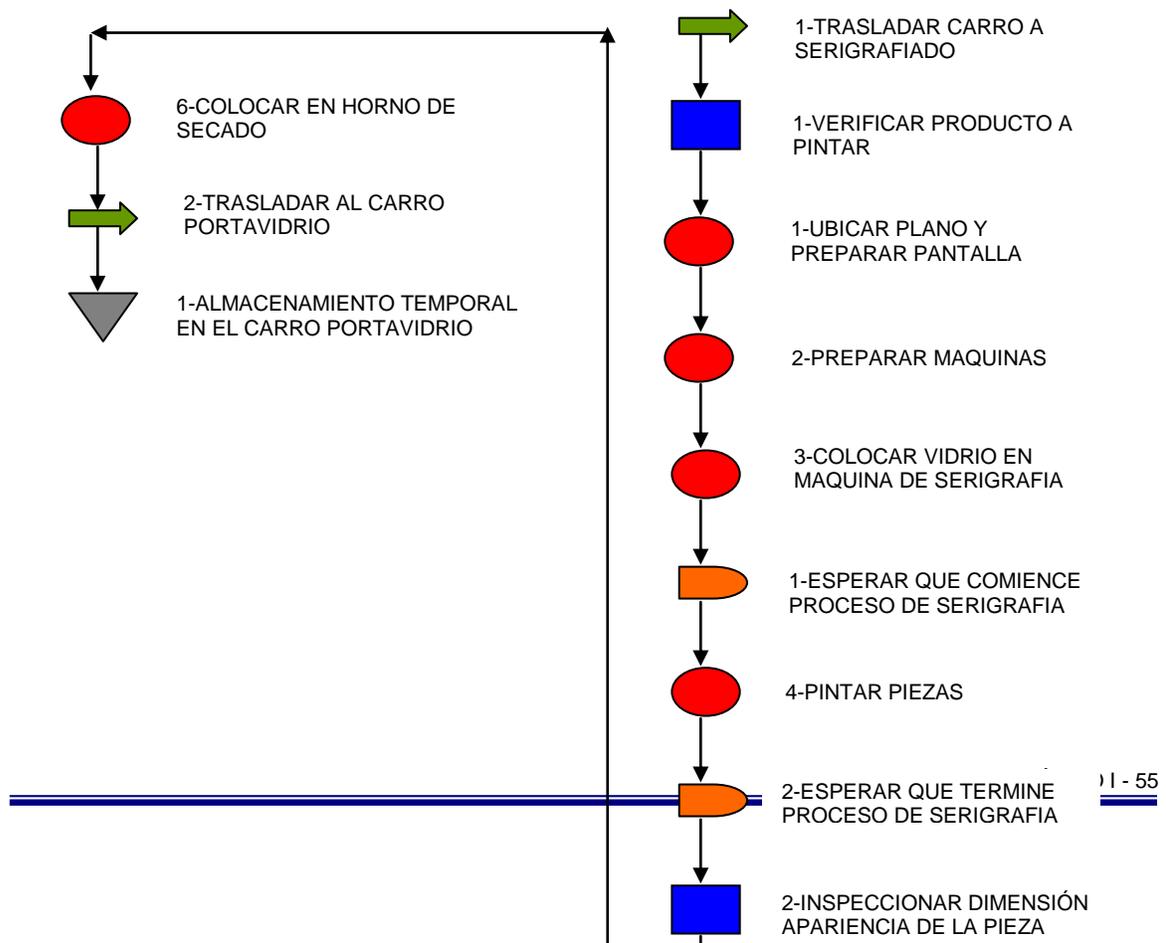


La máquina serigráfica trabaja a una velocidad que le permite pintar 400 piezas /Hora.(Ver anexo 4)

Cuando se necesitan dos pasadas de pintura, la pieza se retorna al comienzo de la serigrafía, y se repite el proceso.

XXVIII. A continuación se presenta el diagrama de operación del proceso de serigrafía.

### DIAGRAMA DE PROCESO SECCIÓN DE SERIGRAFÍA





## 2.7. Proceso de Templado

El templado es la etapa más importante del proceso ya que permite obtener la característica principal del producto: resistencia a cambios de temperatura sin alterar sus propiedades. La máquina utilizada en esta etapa es un horno con capacidad de templar de 15 a 24 piezas aproximadamente por cada carga que se realice en un tiempo de 1,45 minutos, sin embargo este tiempo varía de acuerdo a la demanda, ya que puede tardar menos aumentando la temperatura de templado de las piezas. (Ver anexo 5)

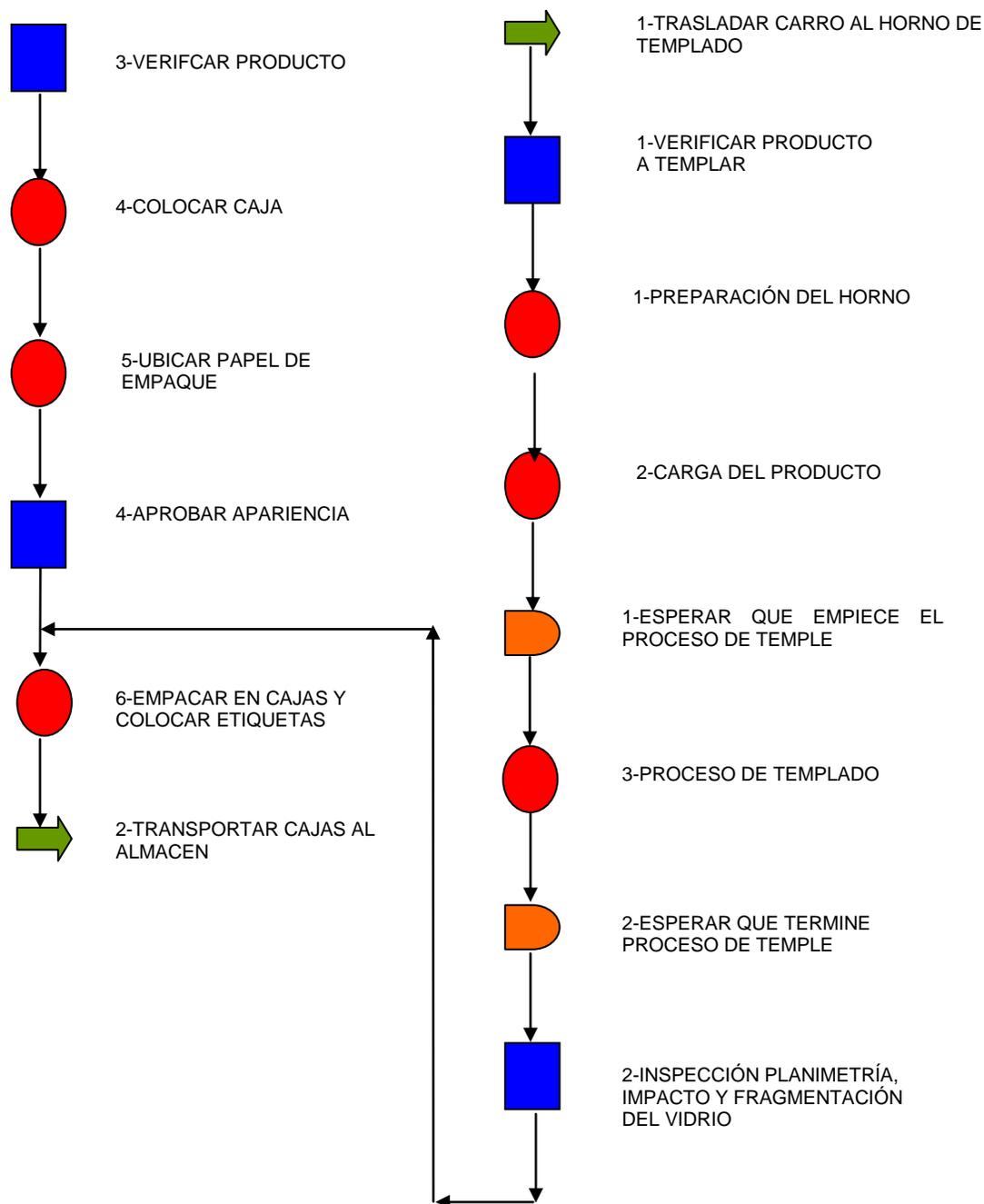
El proceso comienza con el traslado de las piezas desde la serigrafía por medio de los carros de almacenaje, luego el operario del Grupo 1-TE programa el horno especificando cual es la temperatura a la que se desea templar, después coloca las piezas sobre la mesa de rodillos que se antepone al horno junto a otro operario del mismo grupo. Se activa el horno abriendo el shiller para introducir los vidrios que luego pasan al calentamiento como tal, y de allí a una cámara de aire que permite enfriarlos rápidamente. A la salida, se encuentran los tres operarios del Grupo 2-TE esperando la carga para ser empaquetada y puesta en puerta.

Cabe destacar, que cada cierto tiempo un operario del Grupo 2-TE, realiza una inspección del vidrio templado (control de calidad), las pruebas que se realizan son: planimetría que consiste en la inspección de su área y perpendicularidad, pruebas de impacto, para medir su resistencia a los golpes, y por último la fragmentación que permite medir la forma cómo se quiebra el vidrio, midiendo el tamaño de los granos que se producen por la ruptura y estos deben ser de dimensiones parecidas en toda la pieza.

XXIX. A continuación se presenta el diagrama de operación del proceso de templado.



## DIAGRAMA DE PROCESO SECCIÓN DE TEMPLADO Y EMPAQUE DEL PRODUCTO TERMINADO





Se muestra en la siguiente tabla un resumen de las actividades realizadas por cada grupo de trabajo en las secciones del proceso productivo.

**Tabla #1. Actividades en cada sección.**

	Grupo de trabajo	nº de obreros	Actividades
CORTE	CO-1	2	1)Desmontar lamina del rack y colocar en la mesa de volteo.
	CO-1	2	2)Descargar lámina en mesa de corte.
	CO-2	1	3)Cuadrar la lámina
	CO-2	1	4)Apagar ventilador.
	CO-2	1	5)Iniciar programa
	Máquina	-	6)Cortar lámina
	CO-2	1	7)Descarga de mesa de corte
	CO-1 y CO-2	3	8)Despiece de lámina
	CO-1 y CO-2	3	9)Descarga de piezas
CANTEADO	CA-1	1	1)Ajustar máquina
	CA-1	1	2)Prender máquina
	CA-1	1	3)Cargar máquina
	Máquina	-	4)Proceso de canteado
	Máquina	-	5)Proceso de perforado
	Máquina	-	6)Proceso de lavado y secado
	CA-2	2	7)Descargar máquina
SERIGRAFIA	SE-1	1	1)Cargar transportador
	Máquina	-	2)Proceso de impresión
	SE-2	1	3)Inspección de apariencia
	SE-2	1	4)Cargar horno de secado
	Máquina	-	5)Proceso de secado
	SE-3	1	6)Descargar horno de secado
TEMPLADO	TE-1	2	1)Preparación del programa
	TE-1	1	2)Transporte de material
	TE-1	2	3)Carga del horno
	TE-1	2	4)Esperar abrir shiller
	Máquina	-	5)Proceso de templado
	TE-2	3	6)Embalaje
	TE-2	1	7)Prueba de calidad

Fuente : Elaboración Propia



## **B. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS.**

### **XXX. 1. ESTUDIO DE TIEMPOS**

XXXI. Se realizó el estudio de tiempos basado en argumentos teóricos ya expuestos en el Capítulo I, siguiendo los lineamientos que se explican a continuación:

XXXII.

XXXIII. La medición de los tiempos fue a través de la técnica del método continuo, ya que proporciona el tiempo de desempeño total de manera exacta.

XXXIV.

XXXV. Se realizó un muestreo por cada una de las secciones del proceso como se indicó en la segunda fase del marco teórico.

XXXVI.

XXXVII. Para calcular el tamaño de muestra fue necesario utilizar una distribución del tipo "T-Student" ( $n < 30$ ).

XXXVIII.

XXXIX. A continuación se presentan las tablas del estudio de tiempo (en minutos) para cada sección del proceso. Dicho estudio de tiempo se realizó a diferentes horas del turno de trabajo y en distintos días de la semana y se observó bajo nivel de operación y rotación de personal, lo que permite concluir ausencia de fatiga en los operarios.

XL.

XLI.

XLII.

XLIII.

XLIV.

XLV.

XLVI.

XLVII.



XLVIII.

XLIX.

L.

LI.Tabla #2 . Tiempos Sección de Corte

Muestra Número (N)	Preparación	Desmontar lamina y colocar en la mesa de volteo.	Descargar lámina en mesa de corte.	Cuadrar la lámina	Apagar ventilador.	Iniciar programa	Cortar lámina	Descarga de mesa de corte	Despiece de lámina	Descarga de piezas.
1	6,83	0,45	0,29	0,10	0,04	0,05	1,80	0,12	0,90	0,58
2	6,50	0,35	0,30	0,08	0,06	0,04	1,80	0,16	0,85	0,67
3	7,50	0,42	0,31	0,10	0,05	0,06	1,80	0,14	0,80	0,65
4	5,50	0,42	0,32	0,09	0,06	0,05	1,80	0,16	0,94	0,67
5	7,50	0,47	0,35	0,10	0,04	0,06	1,80	0,18	0,98	0,59
6	7,83	0,32	0,30	0,10	0,06	0,04	1,80	0,17	0,96	0,60
7	7,50	0,35	0,25	0,11	0,05	0,05	1,80	0,15	1,00	0,60
8	5,67	0,47	0,21	0,10	0,06	0,05	1,80	0,16	0,84	0,78
9	8,00	0,42	0,25	0,10	0,06	0,05	1,80	0,16	1,10	0,71
10	7,50	0,45	0,25	0,11	0,05	0,06	1,80	0,18	0,92	0,57
11	8,25	0,43	0,28	0,10	0,06	0,06	1,80	0,18	0,85	0,76
12	5,83	0,42	0,29	0,10	0,05	0,05	1,80	0,16	0,99	0,73
13	7,50	0,42	0,29	0,12	0,05	0,05	1,80	0,16	0,90	0,77
14	7,17	0,38	0,35	0,09	0,05	0,05	1,80	0,16	0,88	0,70
15	7,50	0,43	0,29	0,10	0,06	0,05	1,80	0,16	1,00	0,70
16	6,67	0,47	0,35	0,09	0,05	0,06	1,80	0,16	0,91	0,59
17	6,00	0,50	0,35	0,09	0,05	0,05	1,80	0,15	0,80	0,67
18	5,50	0,56	0,29	0,12	0,06	0,05	1,80	0,15	0,90	0,69
19	8,17	0,40	0,32	0,09	0,05	0,06	1,80	0,15	0,95	0,80
20	7,58	0,42	0,25	0,10	0,06	0,05	1,80	0,15	0,82	0,58
21	7,17	0,38	0,29		0,06	0,04				0,78
22	7,50	0,43	0,35		0,05	0,05				
23	6,67	0,47	0,29		0,05	0,05				
24	6,00	0,50	0,35		0,05	0,05				
25	5,50	0,44	0,35		0,06					
26	8,17	0,50	0,29		0,06					
27	7,58	0,42	0,30		0,05					
28	7,53	0,47	0,31		0,06					
29			0,32							
30			0,28							
μ	7,03	0,43	0,29	0,10	0,05	0,05	1,80	0,16	0,91	0,67
S	0,90	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,08	0,07
M	28	28	30	17	28	24	0	13	12	21
N	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
K	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%



T	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

LII. Fuente: Elaboración propia.

LIII.

LIV.

**LV. Tabla #3. Tiempos Sección de Canteado**

Muestra Número (N)	Preparación	Ajustar máquina	Prender máquina	Cargar máquina	Canteado	Perforado	Lavado y secado	Descargar máquina
1	0,34	0,50	0,06	0,06	0,1	0,08	0,1	0,1
2	0,35	0,54	0,06	0,05	0,1	0,07	0,1	0,09
3	0,29	0,61	0,05	0,05	0,1	0,08	0,1	0,12
4	0,25	0,65	0,05	0,06	0,1	0,07	0,1	0,1
5	0,31	0,55	0,06	0,04	0,1	0,08	0,1	0,09
6	0,28	0,61	0,06	0,06	0,1	0,07	0,1	0,08
7	0,25	0,55	0,05	0,05	0,1	0,08	0,1	0,1
8	0,26	0,59	0,05	0,06	0,1	0,08	0,1	0,08
9	0,36	0,58	0,04	0,06	0,1	0,07	0,1	0,09
10	0,33	0,57	0,06	0,06	0,1	0,06	0,1	0,1
11	0,34	0,68	0,06	0,05	0,1	0,08	0,1	0,1
12	0,28	0,57	0,04	0,05	0,1	0,09	0,1	0,1
13	0,25	0,65	0,05	0,06	0,1	0,08	0,1	0,09
14	0,30	0,64	0,05	0,06	0,1	0,08	0,1	0,08
15	0,35	0,63	0,05	0,06	0,1	0,07	0,1	0,12
16	0,26	0,65	0,06	0,06	0,1	0,06	0,1	0,09
17	0,30	0,60	0,05	0,06	0,1	0,08	0,1	0,1
18	0,25	0,56	0,06	0,06	0,1	0,09	0,1	0,09
19	0,28	0,61	0,05	0,05	0,1	0,07	0,1	0,09
20	0,27	0,67	0,06	0,06	0,1	0,08	0,1	0,1
21	0,25		0,06					0,1
22	0,26		0,05					0,08
23	0,36		0,06					0,09
24	0,33		0,06					0,1
25	0,34		0,06					0,1
26	0,25		0,04					0,1
27	0,26		0,05					0,09
28	0,36							0,08
29								
30								
$\mu$	0,30	0,60	0,05	0,06	0,1	0,08	0,1	0,10
S	0,04	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
M	28	11	27	20	0	20	0	28
N	20	20	20	20	20	20	20	20
K	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%



T	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
---	------	------	------	------	------	------	------	------

LVI.

LVII. Fuente: Elaboración propia.

LVIII.

LIX.

**LX. Tabla #4. Tiempos Sección de Serigrafía**

Muestra Número (N)	Preparación	Cargar transportador	Impresión	Inspección de apariciencia	Cargar horno de secado	Secado	Descargar secado
1	23,17	0,08	0,10	0,08	0,06	0,10	0,14
2	25,00	0,08	0,10	0,09	0,07	0,10	0,15
3	19,00	0,08	0,10	0,1	0,06	0,10	0,15
4	25,00	0,09	0,10	0,08	0,07	0,10	0,16
5	20,00	0,1	0,10	0,09	0,06	0,10	0,17
6	26,67	0,08	0,10	0,09	0,07	0,10	0,17
7	23,17	0,09	0,10	0,1	0,06	0,10	0,16
8	20,00	0,09	0,10	0,1	0,06	0,10	0,16
9	23,00	0,1	0,10	0,09	0,06	0,10	0,12
10	23,17	0,1	0,10	0,1	0,07	0,10	0,14
11	23,33	0,09	0,10	0,12	0,07	0,10	0,18
12	25,00	0,1	0,10	0,1	0,07	0,10	0,18
13	20,00	0,09	0,10	0,09	0,05	0,10	0,15
14	28,33	0,09	0,10	0,08	0,06	0,10	0,16
15	20,00	0,08	0,10	0,1	0,05	0,10	0,19
16	26,67	0,09	0,10	0,08	0,05	0,10	0,20
17	23,33	0,09	0,10	0,09	0,06	0,10	0,18
18	25,00	0,09	0,10	0,1	0,05	0,10	0,17
19	21,67	0,13	0,10	0,1	0,05	0,10	0,14
20	22,00	0,09	0,10	0,1	0,07	0,10	0,15
21	25,00				0,07		0,18
22	20,00				0,07		0,17
23	28,33				0,05		0,16
24	20,00				0,06		0,16
25					0,05		0,12
26					0,05		
27					0,06		
28					0,05		
29							
30							
μ	23,18	0,1	0,1	0,1	0,07	0,10	0,14
S	2,75	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02
M	24	28	0	19	28	0	25



<b>N</b>	20	20	20	20	20	20	20
<b>K</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>T</b>	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06

LXI.

LXII. Fuente: Elaboración propia.

LXIII.

LXIV.

LXV. Tabla #5. Tiempos Sección de Templado

Muestra Número (N)	Preparación	Preparación del programa	Transporte de material	Carga del horno	Esperar abrir shiller	Templado	Embalaje	Prueba de calidad
1	90	0,15	0,06	0,82	0,23	1,45	0,38	0,21
2	90	0,25	0,05	0,78	0,24	1,45	0,43	0,23
3	90	0,24	0,05	0,84	0,18	1,45	0,5	0,21
4	90	0,24	0,05	0,91	0,30	1,45	0,45	0,19
5	90	0,28	0,06	0,75	0,28	1,45	0,48	0,19
6	90	0,20	0,05	0,79	0,22	1,45	0,38	0,23
7	90	0,25	0,05	0,82	0,25	1,45	0,32	0,21
8	90	0,26	0,05	0,85	0,24	1,45	0,4	0,23
9	90	0,25	0,04	1,00	0,24	1,45	0,44	0,21
10	90	0,28	0,05	0,81	0,26	1,45	0,39	0,2
11	90	0,25	0,05	0,77	0,25	1,45	0,41	0,23
12	90	0,23	0,06	0,90	0,25	1,45	0,43	0,21
13	90	0,22	0,06	0,93	0,29	1,45	0,45	0,19
14	90	0,25	0,05	0,97	0,26	1,45	0,48	0,16
15	90	0,20	0,06	1,00	0,22	1,45	0,41	0,2
16	90	0,25	0,05	0,95	0,25	1,45	0,45	0,22
17	90	0,24	0,06	0,96	0,25	1,45	0,5	0,17
18	90	0,25	0,05	0,73	0,28	1,45	0,43	0,21
19	90	0,23	0,06	1,00	0,22	1,45	0,49	0,2
20	90	0,24	0,04	0,80	0,22	1,45	0,43	0,18
21		0,26	0,05		0,26		0,45	
22		0,25	0,04		0,25			
23		0,28	0,05		0,25			
24		0,25	0,05		0,29			
25		0,23	0,06		0,25			
26					0,28			
27					0,22			
28					0,30			
29					0,28			
30								
$\mu$	90	0,24	0,05	0,87	0,25	1,45	0,43	0,20



<b>S</b>	0,00	0,03	0,01	0,09	0,03	0,00	0,05	0,02
<b>M</b>	0	25	25	18	29	0	21	16
<b>N</b>	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>K</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>T</b>	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06

LXVI.  
LXVII.  
LXVIII.

## 2. DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA

LXIX. En función al promedio de los tiempos observados en cada sección se realizó el diagrama Hombre-Máquina que permitió conocer los tiempos de espera, tiempo de trabajo, tiempo total del ciclo (productivo) y porcentaje de utilización de cada grupo de trabajo y máquinas involucradas en el proceso.

LXX.

LXXI. Tabla #6. Resumen Diagrama Hombre-Máquina CO-Actual

	Grupo 1	Grupo 2	Máquina
Tiempo espera (min)	0,16	0,51	0,65
Tiempo trabajo (min)	2,29	1,94	1,8

	Grupo 1	Grupo 2	Canteadora 1	Perforadora	Lavadora-secadora
Tiempo espera (min)	-	-	0,42	-	-
Tiempo trabajo (min)	0,8	0,8	0,38	0,8	0,8
T.Total del ciclo (min.)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
% Utilización	100	100	45	100	100

T. Total del ciclo (min)	2,45	2,45	2,45
% Utilización	93,7	79,18	73,47

LXXII.

LXXIII. Tabla #7. Resumen Diagrama Hombre-Máquina CA-Actual

LXXIV.  
LXXV.  
LXXVI.  
LXXVII.  
LXXVIII.  
LXXIX.

LXXX.

LXXXI. Tabla #8. Resumen Diagrama Hombre-Máquina SE-Actual

LXXXII.



	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Máquina Serigrafía	Máquina Secado
Tiempo espera (min.)	0,06	0	-	-	-
Tiempo trabajo (min.)	0,2	0	0,26	0,26	0,26
T. Total del ciclo (min.)	0,26	0	0,26	0,26	0,26
% Utilización	<b>76,92</b>	-	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

LXXXIII.

LXXXIV.

LXXXV.

LXXXVI.

	Grupo 1	Grupo 2	Máquina Templado
Tiempo espera (min.)	0,25	0,49	-
Tiempo trabajo (min.)	0,87	0,63	1,45
T. Total del ciclo (min.)	1,45	1,45	1,45
% Utilización	<b>60</b>	<b>43,44</b>	<b>100</b>

### LXXXVII. Tabla #9. Resumen Diagrama Hombre-Máquina TE-Actual

LXXXVIII.

LXXXIX.

XC.

XCI.

XCII. Fuente de tablas: Elaboración propia.

XCIII.

XCIV.

XCV.

XCVI.

XCVII.

XCVIII.

XCIX.

C.

CI.

CII.

## DIAGRAMAS SECCIÓN CORTE



---

CIII.

CIV.

CV.

CVI.

CVII.

CVIII.

CIX.

CX.

CXI.

CXII.

CXIII.

CXIV.

CXV.

CXVI.

CXVII.



---

CXVIII.

CXIX.

CXX. SECCIÓN CANTEADO

CXXI.

CXXII.

CXXIII.

CXXIV.

CXXV.

CXXVI.

CXXVII.

CXXVIII.

CXXIX.

CXXX.

CXXXI. Situación Actual.

CXXXII. Sección Serigrafía.

CXXXIII.

CXXXIV.

CXXXV.

CXXXVI.

CXXXVII.

CXXXVIII.

CXXXIX.

CXL.

CXLI.

CXLII.

CXLIII.

CXLIV.

CXLV.



---

CXLVI.

CXLVII.

CXLVIII.

CXLIX.

CL.

**CLI.**

CLII.

CLIII.

CLIV.

CLV.

CLVI.

CLVII.

CLVIII.

CLIX.

CLX.

CLXI.

CLXII.

CLXIII.

CLXIV.

CLXV.

CLXVI.

CLXVII.

CLXVIII.

CLXIX.

CLXX.

CLXXI.

CLXXII.

CLXXIII.

CLXXIV.

CLXXV.



CLXXVI.

CLXXVII.

CLXXVIII.

CLXXIX.

CLXXX.

## CLXXXI. SECCIÓN TEMPLADO

CLXXXII.

CLXXXIII.

CLXXXIV.

CLXXXV.

CLXXXVI.

CLXXXVII.

CLXXXVIII.

CLXXXIX.

CXC.

CXCI.

CXCII.

CXCIII. En las tablas anteriores se observó que el tiempo de ciclo es mayor o igual al tiempo de trabajo de la máquina, lo que origina que la producción en dichos ciclos sea menor a la capacidad instalada en cada sección. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la producción en cada sección.

CXCIV.

**CXCV. Tabla #10. Resumen de Operaciones**

	CORTE	CANTEADO	SERIGRAFÍA	TEMPLADO
Grupo de Trabajo:				
G-1	2	1	1	2
G-2	1	2	1	3
G-3	0	0	1	0
Total Obreros	3	3	3	5
Tiempos:				
Tiempo de turno (min.)	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min.)	7,03	0,30	23,18	-
Tiempo de Arranque (min.)	2,72	0,90	0,52	2,86



Tiempo de máquina	1,80	0,10	0,10	1,45
Tiempo de Ciclo (min.)	2,45	0,80	0,26	1,45
Tiempo total de trabajo (min.)	442,13	478,80	456,30	477,14
Producción por ciclo:				
Ciclos por turno	180	599	1755	329
Número de piezas por ciclo	1	8	2	15
m <sup>2</sup> por ciclo	7,834	2,64	0,66	4,95
Producción por turno:				
Número de piezas por turno	180	4788	3510	5
m <sup>2</sup> por turno	<b>1413,73</b>	<b>1580,04</b>	<b>1158,30</b>	<b>1628,86</b>
Capacidad instalada:				
Número de piezas por ciclo	1	10	7	15
m <sup>2</sup> por ciclo	7,834	3,3	2,31	4,95
Número de piezas por turno	246	4788	4563	329
m <sup>2</sup> por turno	<b>1924,25</b>	<b>1580,04</b>	<b>1505,79</b>	<b>1628,86</b>
Rendimiento	<b>73,47%</b>	<b>100,00%</b>	<b>76,92%</b>	<b>100,00%</b>

CXCVI. Fuente: Elaboración Propia.

CXCVII.

CXCVIII. En donde:

- Tiempo turno: 8 horas = 480 min.
- Tiempo preparación: véase tabla de estudio de tiempos para cada sección
- Tiempo arranque: véase diagramas Hombre-Máquina para cada sección
- Tiempo ciclo: véase diagramas Hombre-Máquina para cada sección

CXCIX.

- **Tiempo trabajo =  $T_{\text{Turno}} - (T_{\text{Preparación}} + T_{\text{Arranque}})$  (8)**
- **Producción / turno =  $[(T_{\text{trabajo}} * N^{\circ} \text{ piezas}) / T_{\text{ciclo}}] * \text{Área de la pieza}$  (9)**
- Tiempo máquina = véase Diagrama Hombre-Máquina
- **Capacidad instalada =  $[(T_{\text{trabajo}} * N^{\circ} \text{ piezas}) / T_{\text{máquina}}] * \text{Área pieza}$  (10)**
- **% utilización =  $[(\text{Prod. / ciclo}) / \text{Capacidad instalada}] * 100$  (11)**

CC.

### 3. Situación Actual.

CCI. VT C.A., cuenta con el respaldo de sus productos debido al cumplimiento de entrega, la calidad y el servicio post-venta. Ha realizado reconversiones tecnológicas que demuestra su avance, ya que permite aumentar paulatinamente la capacidad de producción de la planta, mejores niveles de calidad y producir a bajos costos. La disponibilidad del recurso



humano con el perfil adecuado, en el sitio de la operación, sus instalaciones, seguridad industrial entre otras cosas son aspectos positivos observados que demuestra ser una empresa de vanguardia.

**CCII.** La demanda crece cada día mas y la empresa la abastece con dificultad. El estudio de las operaciones como denominamos a este capítulo persigue identificar los factores críticos que impiden aumentar la capacidad de la producción de la empresa y cumplir con dificultad las exigencias del cliente. Entonces al realizar la descripción de los procesos de la planta y analizarlos se observó lo siguiente:

- VT C.A., dispone de cuatro secciones (corte, canteado, serigrafía y horno) en donde trabajan: corte a 73,47% utilización, serigrafía a 76,92% utilización.
- Los tiempos de preparación en las secciones de corte y serigrafía. Son elevados en comparación al tiempo de ciclo tal como se observa en la tabla #10.,Resumen de operaciones, lo que evidencia una oportunidad de mejora.
- Los tiempos de arranque en cada sección se encuentran por encima de los tiempos de ciclo de las mismas. Esto origina que el inicio del ciclo retarde el proceso de producción. En la tabla #10, Se puede apreciar las diferencias de estos tiempos.

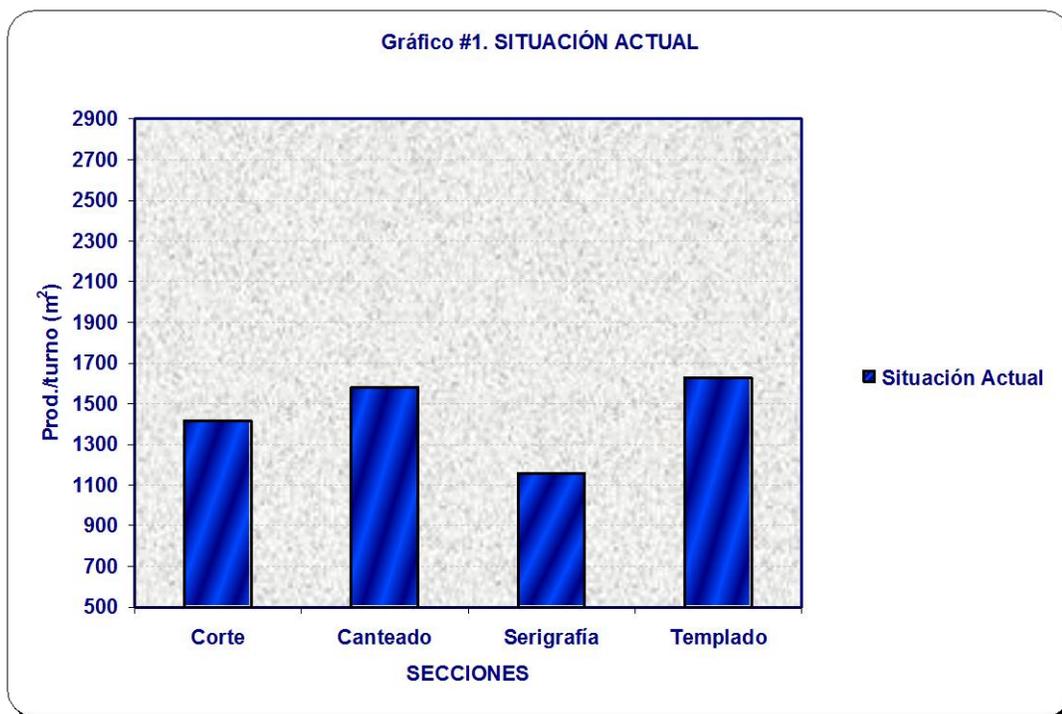
### **CCIII.**

- Los tiempos de ciclo de cada sección son mayores al tiempo de máquina indicando una vez más la existencia de tiempos de espera y / o parada que disminuye la capacidad de producción de las máquinas en dichos ciclos.
- La planta posee una distribución susceptible de ser optimizado, en cuanto al suministro de la materia prima proveniente del almacén, a la sección de corte. Esto se debe a la forma de realizar la cual implica desplazamientos largos del montacarguista generando tiempos de preparación que retarden el tiempo de ciclo para la producción.

**CCIV.** Finalmente la situación actual en cuanto a la producción se puede ver reflejada en el siguiente gráfico.



CCV.



CCVI.

CCVII.

CCVIII. En el gráfico se puede observar que la sección de serigrafía es la que limita la producción (cuello de botella), seguida de corte. Por lo tanto las mejoras deben enfocarse en atacar dichas áreas del proceso para el aumento de la producción.



---

## CCIX. CAPÍTULO IV

### CCX.

#### CCXI. 1. OPCIONES DE MEJORA

CCXII. La línea de producción presenta factores críticos explicados en el apartado anterior (situación actual), por lo que se proponen opciones de mejora en cada sección cuya combinación generan escenarios que comparado con el actual, originan significativos aumentos de la producción, cumpliendo los requerimientos de la empresa.

CCXIII. La combinación de las mejoras implicó un nuevo balance de línea basado en el aumento del porcentaje de utilización equiparando la producción de una sección con la siguiente y así sucesivamente hasta lograr la máxima capacidad de las máquinas.

CCXIV. A continuación se describen varios tipos de mejora por sección y luego la disposición de los escenarios.

### CCXV.

#### CCXVI. 1.1. SECCIÓN DE CORTE.

##### CCXVII. 1.1.1. Mejora CO-A: Creación de un almacén temporal y proporción de chupones neumáticos.

CCXVIII. Crear un almacenamiento temporal de láminas de vidrio próximo a la mesa de volteo y proporcionar chupones neumáticos a los operarios, para realizar la actividad de “Desmontar la lámina del rack y colocar en mesa de volteo”. El primer punto de la opción generaría la rápida disposición de la materia prima para su proceso, por otro lado proporcionar al operario un accesorio de trabajo disminuye la fatiga ocasionada por la repetición de la actividad, manteniendo un ritmo de trabajo constante siendo satisfactorio para la producción.

#### CCXIX. Ventajas del Almacenamiento temporal:

- Ayuda a disminuir el tiempo de preparación de *7,03min.* a *3min.* Esta actividad consiste en la búsqueda del rack del almacén y colocarlo próximo a una mesa de volteo para disponer de las láminas.

### CCXX.



CCXXI.

- Permite aumentar la producción ya que disminuyen las paradas de la máquina para la preparación de los racks.

**Ventajas de proporcionar chupones neumáticos:**

- Mayor rapidez al realizar la actividad “Desmontar la lámina del rack y colocar en mesa de volteo” de 0,43 a 0,18 minutos, lo que origina la disminución del tiempo de arranque del proceso, que influye sobre el aumento de la producción, como se observa en el diagrama Hombre–Máquina que se muestra en los anexos.
- Seguridad para el operario al manipular las láminas de vidrio,

**CCXXII. Desventaja del almacenamiento temporal:**

- Se debe saber la cantidad de racks necesarios en un día de producción, para mejorar el tiempo en transporte de la materia prima del almacén al almacén temporal en medio de la jornada laboral.

CCXXIII. La mejora genera un aumento de la producción en 4.61%, como se muestra en la siguiente tabla.

CCXXIV.

**CCXXV. Tabla # 11. Comparación de mejora.**

	Situación Actual	Mejora CO-A
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	7,03	3,00
Tiempo de Arranque (min)	2,72	2,49
Tiempo de máquina	1,80	1,80
Tiempo de Ciclo (min)	2,45	2,45
Tiempo total de trabajo (min)	442,13	462,51
<b>Producción:</b>		
Producción por ciclo (m <sup>2</sup> )	7,834	7,834
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1413,73</b>	<b>1478,90</b>
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	1924,25	1924,25
Rendimiento	73,47%	76,86%
Aumento en la Producción (%)	-	<b>4,61%</b>

CCXXVI. Fuente: Elaboración propia.

CCXXVII.

CCXXVIII. Ver diagrama Hombre-Máquina mejorado de la sección, en anexo 6.



CCXXIX.

CCXXX.

**CCXXXI. Tabla # 12. Resumen Diagrama Hombre-Máquina CO-A.**

	Grupo 1	Grupo 2	Máquina de Corte
Tiempo espera (min)	0,39	0,5	0,65
Tiempo trabajo (min)	2,06	1,95	1,8
T. Total del ciclo (min)	2,45	2,45	2,45
% Utilización	<b>84,08</b>	<b>79,59</b>	<b>76,86</b>

CCXXXII. Fuente: Elaboración propia.

CCXXXIII.

CCXXXIV.

**CCXXXV. 1.1.2.Mejora CO-B: Dispositivo de manejo de material (Banda Transportadora)**

**CCXXXVI.** Se debe colocar un dispositivo de manejo de material conveyor o banda transportadora a la salida de la mesa de despiece de la sección, que permita que el operario pueda colocar la pieza ya procesada y esta se desplace a la siguiente sección. Este dispositivo debe a su vez formar parte de un sistema de acumulador de piezas que permita resolver el problema de parada o desincronización de la siguiente sección almacenando el producto para luego descargarlo automáticamente.

**CCXXXVII. Ventajas:**

- Permite disminuir el tiempo de la actividad de “ descarga de la sección de corte” de 0,67 a 0,2 minutos, además de disminuir el tiempo de operación de la máquina, reduciendo por tanto el tiempo del ciclo.
- La producción por ciclo aumenta.

**CCXXXVIII. Desventaja:**

- Se necesita diseñar un sistema de manejo de material y capacitar a los operarios para su óptimo manejo.

CCXXXIX. La mejora genera un aumento de la producción en 19.62%, como se muestra

CCXL.

CCXLI.



CCXLII.

CCXLIII.

CCXLIV.

**CCXLV. Tabla # 13. Comparación Mejora.**

	Situación Actual	Mejora CO-B
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	7,03	7,03
Tiempo de Arranque (min)	2,72	2,32
Tiempo de Máquina (min)	1,80	1,40
Tiempo de Ciclo (min)	2,45	2,05
Tiempo total de trabajo (min)	442,13	442,53
<b>Producción:</b>		
Producción por ciclo (m <sup>2</sup> )	7,834	7,834
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1413,73</b>	<b>1691,11</b>
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	1924,25	2476,27
Rendimiento	73,47%	68,29%
Aumento en la Producción (%)	-	<b>19,62%</b>

CCXLVI. Fuente: Elaboración propia.

CCXLVII.

CCXLVIII. Ver diagrama Hombre-Máquina mejorado de la sección en anexo 7.

CCXLIX.

**CCL. Tabla # 14. Resumen diagrama Hombre-Máquina CO-B**

	Grupo 1	Grupo 2	Máquina de corte
Tiempo espera (min)	0,16	0,54	0,65
Tiempo trabajo (min)	1,89	1,51	1,4
T. Total del ciclo (min)	2,05	2,05	2,05
% Utilización	<b>92,20</b>	<b>73,66</b>	<b>68,29</b>

CCLI.

CCLII.

CCLIII. **1.2.SECCIÓN CANTEADO.**

CCLIV. **1.2.1.Mejora CA-A: Sistema de controlador lógico (PLC).**

CCLV.Diseñar un sistema (PLC: controlador lógico programable) que permita controlar el suministro de materia prima a la máquina de canteado de manera que se pueda saber las piezas procesadas en un turno de trabajo. Este sistema también debe controlar el ritmo de suministro, es decir si la



máquina en un momento dado necesita material, se debe emitir una señal al operario.

CCLVI. Para controlar el tiempo al cual debe sincronizarse el sistema propuesto, es necesario estandarizar los tiempos de actividad del obrero antes del proceso de canteado como se muestra en la tabla #15. Estimación de tiempos estándar.

#### CCLVII.

#### CCLVIII. Ventajas:

- Controlar el ritmo de producción de la sección
- Mantener las máquinas a su máxima capacidad.
- Disminuye el tiempo de la actividad de “carga de la máquina” de 0,1 a 0,06 minutos, lo que origina que el número de piezas a procesar sea mayor ( de 8 a 12 piezas).

#### CCLIX. Desventaja:

- Puede generar fatiga en el operario, ya que debe mantener un ritmo de trabajo .

#### CCLX.

CCLXI. Debido a que la propuesta influye en el ritmo de trabajo del operario, ya que debe suministrar la materia prima de forma constante a la máquina, es necesario estandarizar el tiempo de trabajo del mismo, como se muestra a continuación. Ver tabla de valoraciones anexo 8.

#### CCLXII.

#### CCLXIII. Tabla # 15. Estimación de Tiempos Estándar.

Grupo de trabajo	Nº de obreros	Actividades	T. prom. observado (min)	Tiempo Estándar (min)
1	1	1)Ajustar máquina	0,60	0,66
1	1	2)Prender máquina	0,05	0,06
1	1	3)Cargar máquina	0,06	0,07
Máquina	-	4)Proceso de canteado	0,1	0,1
Máquina	-	5)Proceso de perforado	0,08	0,08
Máquina	-	6)Proceso de lavado y secado	0,10	0,10
2	2	7)Descargar máquina	0,06	0,066

CCLXIV. Fuente: Elaboración propia.

#### CCLXV.



CCLXVI. Esta opción genera un aumento de la producción de 50%, como se muestra en la siguiente tabla.

CCLXVII.

CCLXVIII.

CCLXIX.

CCLXX.

CCLXXI.

**CCLXXII. Tabla # 16. Comparación de Mejora**

	Situación Actual	Mejora CA-A
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	0,30	0,30
Tiempo de Arranque (min)	0,90	0,90
Tiempo de máquina	0,10	0,10
Tiempo de Ciclo (min)	0,80	0,80
Total tiempo de trabajo (min)	478,80	478,80
<b>Producción:</b>		
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1580,04</b>	<b>2370,06</b>
Producción por ciclo (m <sup>2</sup> )	2.64	3.96
Producción instalada(m <sup>2</sup> )	1580,04	2370,06
Rendimiento	100,00%	100,00%
Aumento en la producción (%)	-	<b>50,00%</b>

CCLXXIII. Fuente: Elaboración propia.

CCLXXIV.

CCLXXV. Ver diagrama Hombre-Máquina mejora de la sección, en anexo 9.

**CCLXXVI.**

**CCLXXVII. Tabla # 17. Resumen diagrama Hombre-Máquina CA-A**

	Grupo 1	Grupo 2	Canteadora	Perforadora	Lavadora-secadora
Tiempo espera (min)	-	-	0,33	-	-
Tiempo trabajo (min)	0,8	0,8	0,47	0,8	0,8
T. Total del ciclo (min)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
% Utilización	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>58,75</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

CCLXXVIII. Fuente: Elaboración propia.

CCLXXIX.

CCLXXX. **1.2.2.Mejora CA-B: Dispositivo de manejo de material (Banda transportadora).**



**CCLXXXI.** Se debe colocar un dispositivo de movimiento (conveyor) a la salida de la lavadora que permita el traslado de la pieza ya procesada a la siguiente sección. Este dispositivo debe a su vez formar parte de un sistema de acumulador de piezas que permita resolver el problema de parada o desincronización de la siguiente sección almacenando el producto para luego descargarlo automáticamente. ( ver anexo 10)

**CCLXXXII.**

**CCLXXXIII.**

**CCLXXXIV. Ventajas:**

- Disminuye tiempo de descarga de la pieza de 0,1 a 0,06 minutos, reduciendo el tiempo del ciclo de 0,8 a 0,6 min. Como se observa en el diagrama Hombre – Máquina correspondiente.
- Reduce la fatiga en los operarios que se encuentran a la salida de la lavadora.

**CCLXXXV. Desventaja**

- Se necesita redistribuir la sección de canteado con serigrafía, para la mejor ubicación del conveyor.

**CCLXXXVI.** Esta mejora permite obtener un aumento de la producción de 66.67% , como se muestra .

**CCLXXXVII. Tabla # 18 Comparación de Mejora.**

	Situación Actual	Mejora CA- B
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	0,30	0,30
Tiempo de Arranque (min)	0,90	0,90
Tiempo de máquina	0,10	0,10
Tiempo de Ciclo (min)	0,80	0,60
Tiempo total de trabajo (min)	478,80	478,80
<b>Producción:</b>		
Producción por ciclo (m <sup>2</sup> )	2.64	5.61
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1580,04</b>	<b>2633,40</b>
Producción instalada(m <sup>2</sup> )	1580,04	2633,40
Rendimiento	100,00%	100,00%
Aumento en la producción (%)	-	<b>66,67%</b>

**CCLXXXVIII.** Fuente: Elaboración propia.

**CCLXXXIX.**



### CCXC. Tabla # 19. Resumen diagrama Hombre- Máquina CA-B

	Grupo 1	Grupo 2	Canteadora	Perforadora	Lavadora-secadora
Tiempo espera (min)	-	-	0,34	-	-
Tiempo trabajo (min)	0,8	0,8	0,46	0,8	0,8
T. Total del ciclo (min)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
% Utilización	100	100	57,5	100	100

CCXCI. Fuente: Elaboración propia.

CCXCII. Ver diagrama Hombre-Máquina mejora de la sección, en anexo 11.

### CCXCIII.

### CCXCIV. 1.3.SECCION SERIGRAFÍA.

### CCXCV. 1.3.1.Mejora SE-A: Mesa de prealineación

CCXCVI. Es necesario implantar un procedimiento con un accesorio que permita realizar la preparación de la pantalla con la cual la máquina serigráfica imprime las piezas, de manera que el tiempo en el que se realiza esta actividad de preparación sea mejorado, originando de manera satisfactoria un mayor aprovechamiento del tiempo de trabajo.

### CCXCVII. Ventajas:

- Disminuye el tiempo de preparación de 23,18 a 5 minutos. (ver tabla # 20)
- Aumenta el tiempo de trabajo aumentando por tanto la producción por ciclo.

### CCXCVIII. Desventaja

- Se requiere adiestrar al operario para el correcto uso del accesorio.

### CCXCIX.

CCC. Con esta mejora se puede obtener un aumento de la producción en 3.98% como se muestra a continuación.

### CCCI.

### CCCII. Tabla # 20. Comparación de Mejora

	Situación Actual	Mejora SE-A
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	23,18	5,00
Tiempo de Arranque (min)	0,52	0,52
Tiempo de máquina	0,10	0,10
Tiempo de Ciclo (min)	0,26	0,26



Tiempo total de trabajo (min)	456,30	474,48
<b>Producción:</b>		
Producción por ciclo (m <sup>2</sup> )	0.66	0.66
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1158,30</b>	<b>1204,45</b>
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	1505.79	1565.78
Rendimiento	76.92%	38,46%
Aumento de la producción (%)	-	<b>3,98%</b>

CCCIII. Fuente: Elaboración propia.

CCCIV.

CCCV.

CCCVI.

CCCVII.

**CCCVIII. 1.3.2.Mejora SE-B: Sistema de controlador lógico (PLC).**

CCCIX. Diseñar un sistema (PLC: controlador lógico programable) que permita controlar el suministro de materia prima a la máquina serigráfica de manera que se pueda saber las piezas procesadas en un turno de trabajo. Este sistema también debe controlar el ritmo de suministro, es decir, si a la máquina en momento dado necesita material se debe emitir una señal al operario.

**CCCX.** Para controlar el tiempo al cual debe sincronizarse el sistema propuesto es necesario estandarizar los tiempos de actividad del obrero antes del proceso de canteado como se muestra en la tabla # 21. Estimación de tiempos estándar.

**CCCXI. Ventajas.**

- Controlar el ritmo de producción de la sección
- Mantener las máquinas a su máxima capacidad.
- Disminuye el tiempo de la actividad de “cargar transportador” de 0,1 a 0,05 minutos, lo que hace disminuir el tiempo del ciclo, aumentando el número de piezas de 2 a 3 por ciclo, como se observa en el diagrama Hombre-Máquina que se muestra a continuación.

**CCCXII. Desventaja:**

- Puede generar fatiga en el operario, ya que debe mantener un ritmo de trabajo constante para cumplir con la producción.



CCCXIII. Esta propuesta influye en el ritmo de trabajo del operario, debido al suministro constante de la materia prima a la máquina, es necesario estandarizar el tiempo de trabajo del mismo, como se muestra a continuación.

#### CCCXIV.

CCCXV. **Tabla # 21. Estimación de Tiempos Estándar**

Grupo de trabajo	Actividades	T. Prom. (min)	Tiempo Estandar (min)
1	1)Cargar transportador	0,05	0,055
Máquina	2)Proceso de impresión	0,1	0,1
2	3)Inspección de apariencia	0,1	0,11
2	4)Cargar horno de secado	0,07	0,07
Máquina	5)Proceso de secado	0,1	0,1
3	6)Descargar horno de secado	0,07	0,077

CCCXVI. Fuente: Elaboración propia.

CCCXVII.

CCCXVIII. Con esta mejora se puede obtener un aumento de la producción en 85,71% como se muestra a continuación.

CCCXIX.

CCCXX. **Tabla # 22. Comparación de Mejora**

	Situación Actual	Mejora SE-B
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	23,18	23,18
Tiempo de Arranque (min)	0,52	0,53
Tiempo de máquina	0,10	0,10
Tiempo de Ciclo (min)	0,26	0,21
Tiempo total de trabajo (min)	456,30	456,29
<b>Producción:</b>		
Producción por ciclo	0.66	0.99
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1158,30</b>	<b>2151,08</b>
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	3011,58	3011,51
Rendimiento	38,46%	100,00%
Aumento de la producción (%)	-	<b>85,71%</b>

CCCXXI. Fuente: Elaboración propia.

CCCXXII.

CCCXXIII. Ver diagrama Hombre-Máquina mejorado de la sección, en anexo 12.

CCCXXIV.

CCCXXV. **Tabla # 23. Resumen diagrama Hombre-Máquina.**



	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Máquina Serigrafía	Máquina Secado
T. espera (min)	0,09	0	-	-	-
T. trabajo (min)	0,12	0	0,21	0,21	0,21
T. Total del ciclo (min)	0,21	0	0,21	0,21	0,21
% Utilización	<b>57,14</b>	-	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

CCCXXVI.

Fuente: Elaboración propia

CCCXXVII.

CCCXXVIII.

CCCXXIX.

CCCXXX.

CCCXXXI.

CCCXXXII.

CCCXXXIII.

CCCXXXIV.

**CCCXXXV. 1.4.SECCION TEMPLADO.**

**CCCXXXVI. 1.4.1.Mejora TE-A: Reemplazo de resistencias en el horno.**

CCCXXXVII. Aumentar la temperatura de templado.

**CCCXXXVIII. Ventajas:**

- Aumenta la producción debido a que las piezas tardan menos en templar, disminuyendo el tiempo del ciclo de *1,45* a *1,1* minutos, además que disminuye el tiempo de arranque, aumentando la producción, como se aprecia en el diagrama Hombre –Máquina.

**CCCXXXIX. Desventaja.**

- Al aumentar la temperatura de templado, las resistencias del horno se queman con más regularidad, ocasionando paradas de la máquina por mantenimiento de la misma.

CCCXL.

CCCXLI. La producción con esta propuesta se incrementa en *31.82%* como se muestra.

CCCXLII.

CCCXLIII. **Tabla # 24. Comparación de Mejora**



	Situación Actual	Mejora TE-A
<b>Tiempos:</b>		
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00
Tiempo de Arranque (min)	2,86	2,86
Tiempo de máquina	1,45	1,10
Tiempo de Ciclo (min)	1,45	1,10
Total tiempo de trabajo (min)	477,14	477,14
<b>Producción.</b>		
Producción por ciclo (m <sup>2</sup> )	4.95	4.95
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1628,86</b>	<b>2147,13</b>
Producción instalada(m <sup>2</sup> )	1628,86	2147,13
Rendimiento	100,00%	100,00%
Aumento de la producción(%)	-	<b>31,82%</b>

**CCCXLIV.** Fuente: Elaboración propia

**CCCXLV.**

CCCXLVI. Ver diagrama Hombre-Máquina mejorado, en anexo 13.

**CCCXLVII.**

**CCCXLVIII.**

**CCCXLIX.**

CCCL. **Tabla # 25. Resumen de diagrama hombre-máquina TE-A**

	Grupo 1	Grupo 2	Máquina Templado
Tiempo espera (min)	-	0,49	-
Tiempo trabajo (min)	1,1	0,63	1,1
T. Total del ciclo (min)	1,1	1,1	1,1
% Utilización	<b>100</b>	<b>43,44</b>	<b>100</b>

CCCLI. Fuente: Elaboración propia.

**CCCLII.**

**CCCLIII.**

**CCCLIV. 2.ESCENARIOS DE MEJORA.**

CCCLV. Para llegar a un resultado satisfactorio luego de proponer varias mejoras, fue necesario realizar la combinación más idónea de estas con el fin de obtener la que origine el mayor incremento de producción, disminuyendo así los factores críticos en la sección que más lo requiera.

CCCLVI.

CCCLVII. La combinación de dichos resultados, se basó en considerar cual de las secciones del proceso producía menos, limitando así la producción total (cuello de botella), se observó con la situación actual,



---

que la sección más baja era serigrafía, luego le sigue corte, por tanto la combinación se enfoca en aumentar la producción de ambas, para que lograr así un acercamiento con los procesos de canteado y templado. Para obtener los escenarios de mejora se siguió un algoritmo explicado en el capítulo II (Metodología).

CCCLVIII.

CCCLIX. A continuación se muestra cada escenario cuya tabla indica los aumentos de la producción, los cuales se visualizan en sus respectivos gráficos.

CCCLX.

CCCLXI.

CCCLXII.

CCCLXIII.

CCCLXIV.

CCCLXV.

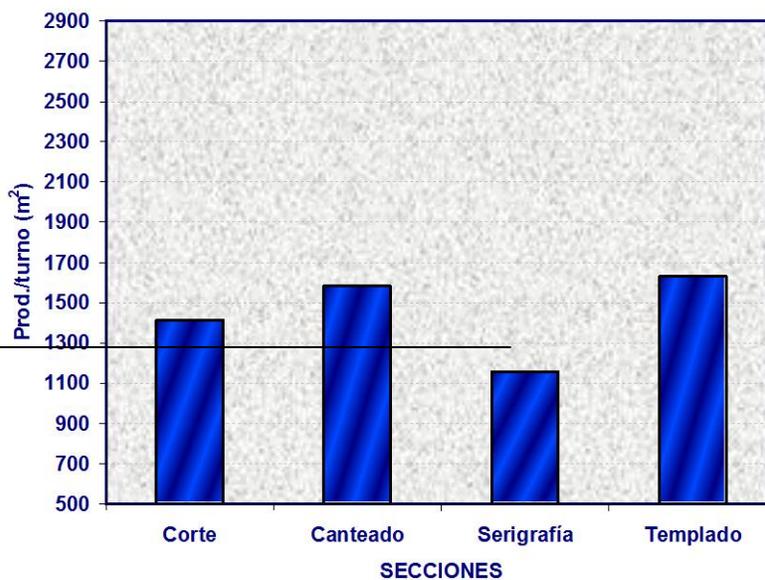
CCCLXVI.

CCCLXVII. **2.1.Situación Actual.**

CCCLXVIII.



Gráfico # 2. ESCENARIO: SITUACIÓN ACTUAL



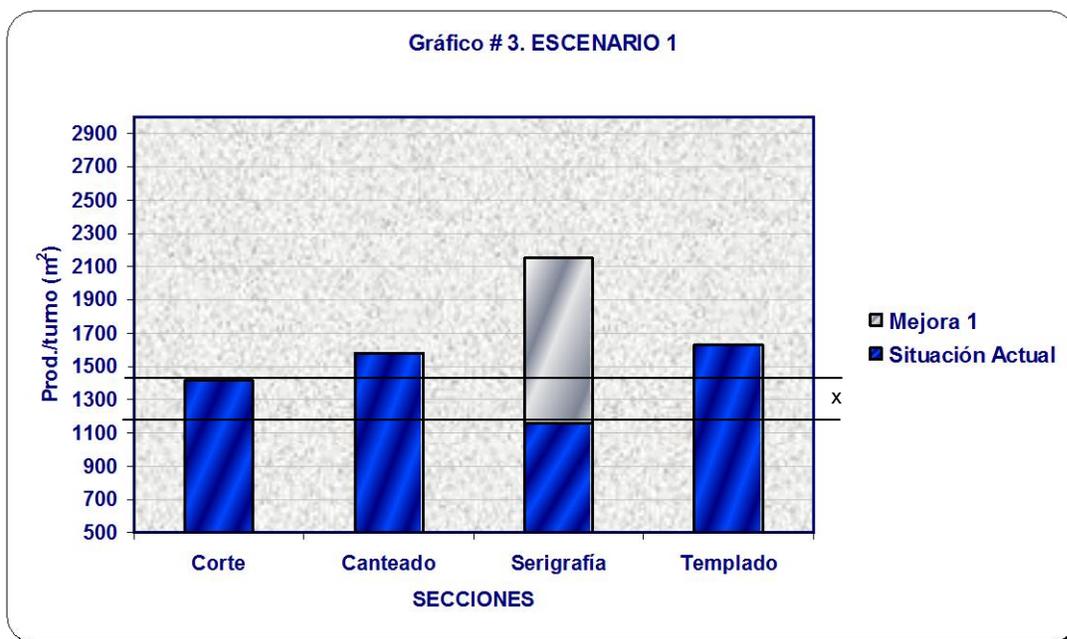
CCCLXIX.

Como se indica en el gráfico anterior, estamos en presencia de un desbalance en la línea que se puede mejorar aumentando la producción de serigrafía, corte, canteado y finalmente templado, siendo la más crítica la sección de serigrafía.

SECCIONES	Corte	Canteado	Serigrafía	Templado
Prod./ turno (m <sup>2</sup> )	1413,73	1580,04	1158,30	1628,86



## 2.2.Escenario 1

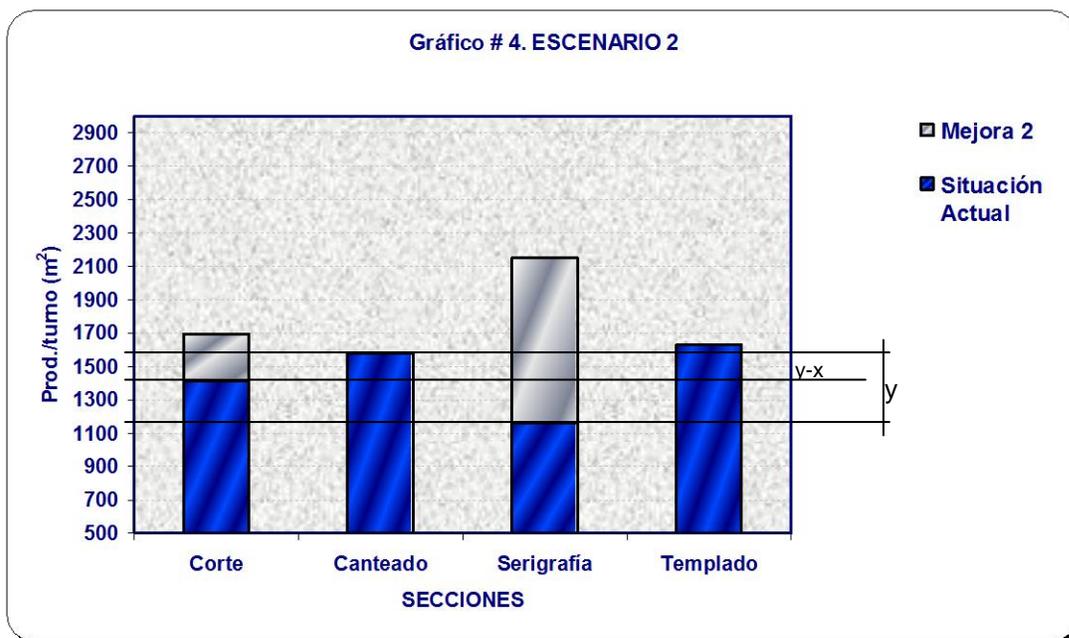


El gráfico muestra la resolución del primer cuello de botella donde se incrementa la producción en la sección de serigrafía.

Tabla # 26. Escenario 1

	Sin Mejora CO	Sin Mejora CA	Mejora SE-B	Sin Mejora TE
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	7,03	0,30	23,18	-
Tiempo de Arranque (min)	2,72	0,90	0,53	2,86
Tiempo de Ciclo (min)	2,45	0,80	0,21	1,45
Total tiempo de trabajo (min)	442,13	478,80	456,29	477,14
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1413,73</b>	<b>1580,04</b>	<b>2151,08</b>	<b>1628,86</b>
Tiempo de máquina	1,80	0,10	0,10	1,45
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	1924,25	1580,04	2151,08	1628,86
Rendimiento	73,47%	100,00%	100,00%	100,00%
Aumento en la Producción (%)	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>85,71%</b>	<b>0,00%</b>

### 2.3. ESCENARIO 2



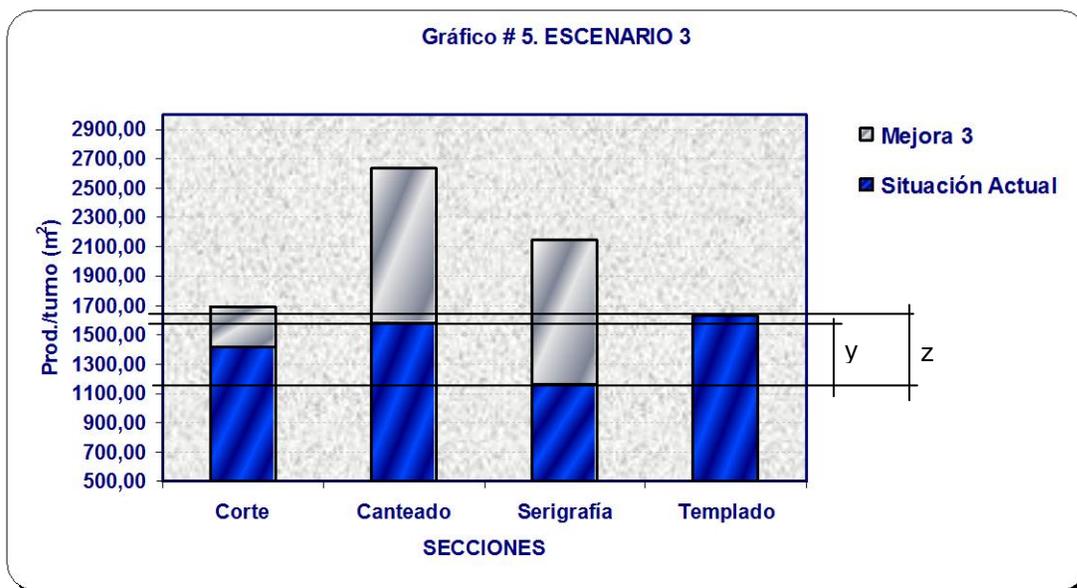
El gráfico anterior ahora muestra el incremento en la producción de corte como resolución al cuello de botella que esta sección ocasiona.

**Tabla # 27. Escenario 2.**

Fuente: Elaboración propia

	Mejora CO- B	Sin mejora	Mejora SE-B	Sin mejora
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	7,03	0,30	23,18	
Tiempo de Arranque (min)	2,32	0,90	0,53	2,86
Tiempo de Ciclo (min)	2,05	0,80	0,21	1,45
Total tiempo de trabajo (min)	442,53	478,80	456,29	477,14
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1691,11</b>	<b>1580,04</b>	<b>2151,08</b>	<b>1628,86</b>
Tiempo de máquina	1,40	0,10	0,10	1,45
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	2476,27	1580,04	2151,08	1628,86
Rendimiento	68,29%	100,00%	100,00%	100,00%
Aumento en la Producción (%)	<b>19,62%</b>	<b>0,00%</b>	<b>85,71%</b>	<b>0,00%</b>

## 2.4. ESCENARIO 3



El gráfico anterior muestra el aumento de la producción en la sección de canteado como resolución al nuevo cuello de botella que este generaba.

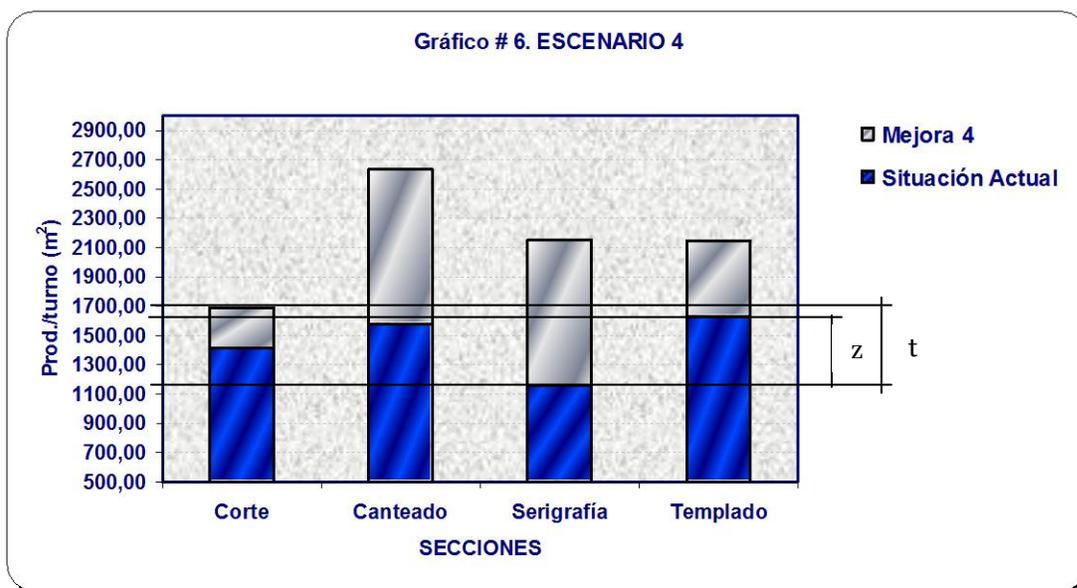
**Tabla # 28. Escenario 3**



	Mejora CO-B	Mejora CA-B	Mejora SE-B	Sin Mejora TE
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	7,03	0,30	23,18	-
Tiempo de Arranque (min)	2,32	0,90	0,53	2,86
Tiempo de Ciclo (min)	2,05	0,60	0,21	1,45
Total tiempo de trabajo (min)	<b>442,53</b>	<b>478,80</b>	<b>456,29</b>	<b>477,14</b>
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1691,11</b>	<b>2633,40</b>	<b>2151,08</b>	<b>1628,86</b>
Tiempo de máquina	1,40	0,10	0,10	1,45
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	2476,27	2633,40	2151,08	1628,86
Rendimiento	68,29%	100,00%	100,00%	100,00%
Aumento en la Producción (%)	<b>19,62%</b>	<b>66,67%</b>	<b>85,71%</b>	<b>0,00%</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.5.ESCENARIO 4



En el gráfico anterior se muestra el incremento en la producción de la sección de templado a pesar de no ser un cuello de botella.

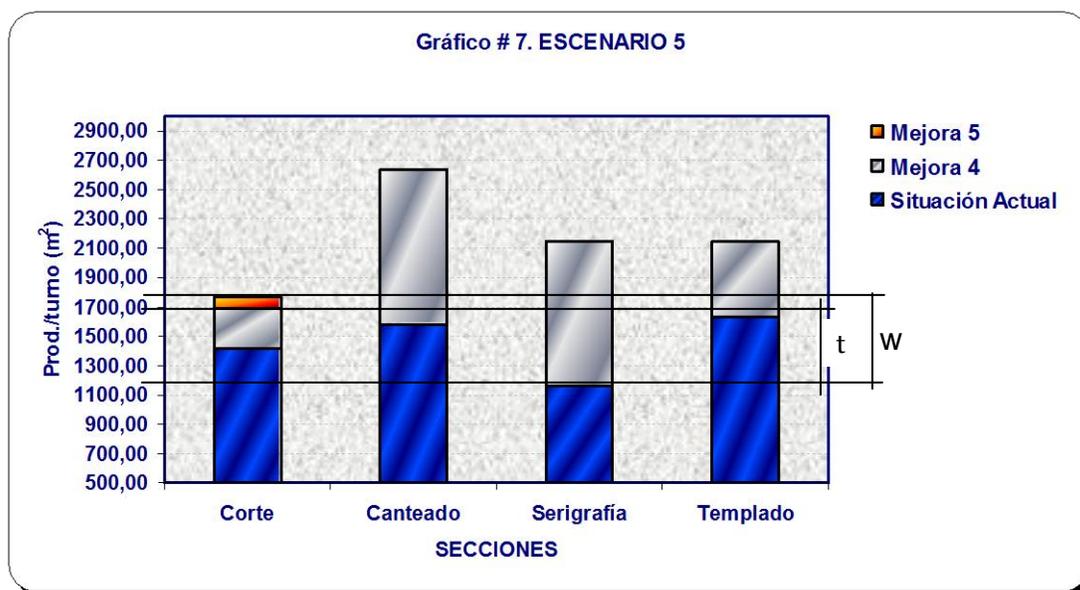
Tabla # 29. Escenario 4.



	Mejora CO-B	Mejora CA-B	Mejora SE-B	Mejora TE-A
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	7,03	0,30	23,18	
Tiempo de Arranque (min)	2,32	0,90	0,53	2,86
Tiempo de Ciclo (min)	2,05	0,60	0,21	1,10
Total tiempo de trabajo (min)	442,53	478,80	456,29	477,14
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1691,11</b>	<b>2633,40</b>	<b>2151,08</b>	<b>2147,13</b>
Tiempo de máquina	1,40	0,10	0,10	1,10
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	2476,27	2633,40	2151,08	2147,13
Rendimiento	68,29%	100,00%	100,00%	100,00%
Aumento en la Producción (%)	<b>19,62%</b>	<b>66,67%</b>	<b>85,71%</b>	<b>31,82%</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.6. ESCENARIO 5



Se observó en el gráfico anterior que se genera un incremento aun mayor en la sección de corte hasta donde la inversión disponible permita mejorar la línea.

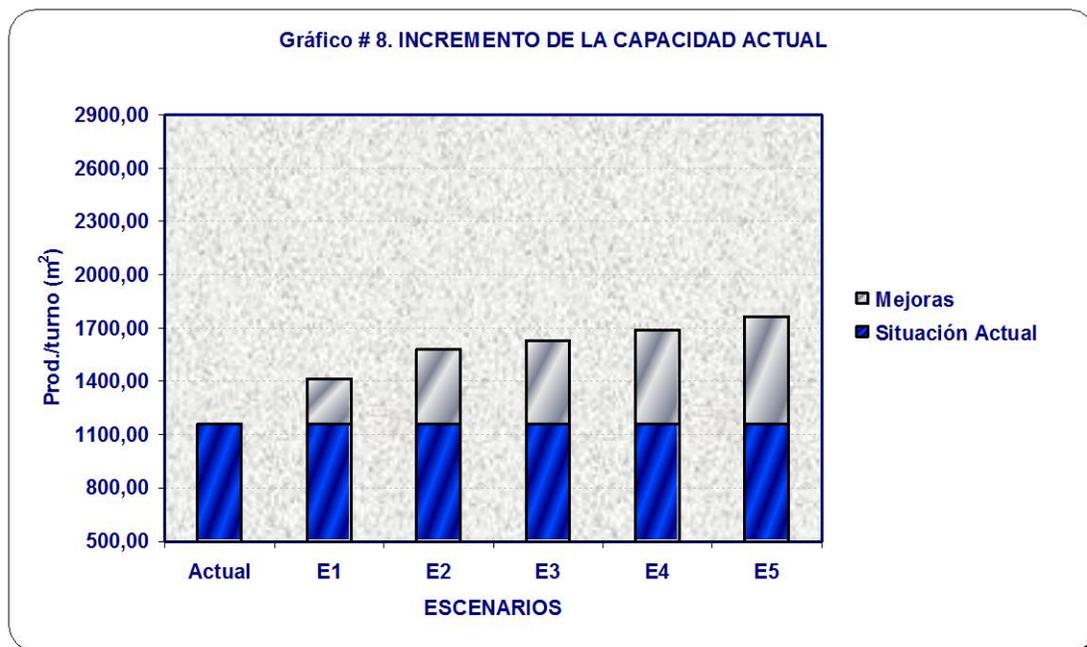


**Tabla # 30. Escenario 5.**

	Mejora CO-(A+B)	Mejora CA-B	Mejora SE-B	Mejora TE-A
Tiempo de turno (min)	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo de Preparación (min)	3,00	0,30	23,18	
Tiempo de Arranque (min)	2,32	0,90	0,53	2,86
Tiempo de Ciclo (min)	2,05	0,60	0,21	1,10
Total tiempo de trabajo (min)	462,68	478,80	456,29	477,14
Producción por turno (m <sup>2</sup> )	<b>1768,11</b>	<b>2633,40</b>	<b>2151,08</b>	<b>2147,13</b>
Tiempo de máquina	1,40	0,10	0,10	1,10
Capacidad instalada(m <sup>2</sup> )	2589,03	2633,40	2151,08	2147,13
Rendimiento	68,29%	100,00%	100,00%	100,00%
Aumento en la Producción (%)	<b>25,07%</b>	<b>66,67%</b>	<b>85,71%</b>	<b>31,82%</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.7.RESULTADOS DEL BALANCE DE LÍNEA.



CCCLXX.

CCCLXXI.



CCCLXXII. El gráfico anterior permite visualizar la resolución de los cuellos de botella en cada escenario e incremento de la producción para su solución, es decir se presenta un balanceo de la línea.

Escenarios	Actual	E1	E2	E3	E4	E5
Mejora del cuello de botella	0,00	X=255,43	Y=421,74	Z=470,55	T=532,81	W=609,81
Incremento de la capacidad	-	22.05%	36.41%	40.62%	46.00%	52.65%

CCCLXXIII.



## CAPITULO V

### ESTUDIO ECONÓMICO.

Luego de realizar las propuestas de mejora, es necesario realizar una evaluación de los respectivos escenarios para lograr el máximo de producción con la mínima inversión, para ello se realizaron los flujos de caja para cada escenario.

Para obtener el flujo de caja fue necesario calcular los ingresos, para lo cual se tomó el incremento de producción en cada escenario, el precio de las piezas (12 \$ por pieza) y el % de utilidad en operación (23%), además de calcular la depreciación dependiendo del valor de los equipos y su vida útil, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla # 31: Valores para el cálculo del flujo de caja.**

Escenarios	Incremento de producción en gráfico	Incremento de producción (m <sup>2</sup> )	Valor equipo (\$)	Vida util (años)
1	x	255,43	3608	3
2	y-x	166,31	70000	5
3	z-y	48,81	70000	5
4	t-z	62,25	120000	3
5	w-t	77	500000	5

Fuente: Elaboración propia

Además, se tomaron los egresos correspondientes a cada escenario, dichos egresos son: Proyecto, Plan maestro, Diseño, Equipos, Instalación, Puesta en marcha, Entrenamiento, Operación y Mantenimiento. Los valores en cada escenario para los egresos se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla# 32: Escenario 1: Instalar PLC en sección de serigrafía.**

AÑOS			
0	1	2	3



<b>Ingresos</b>				
Utilidad en operaciones + Depreciación		182384	182384	182384
Total ingresos		182384	182384	182384
<b>Egresos</b>				
Proyecto	10000			
Plan maestro				
Diseño	722			
Equipos	3608			
Instalación	361			
Puesta en marcha	3197			
Entrenamiento	500			
Operación				
Mantenimiento		216	216	216
Total egresos	18387	216	216	216
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-18387</b>	<b>182168</b>	<b>182168</b>	<b>182168</b>

Fuente: Elaboración propia.

**T.R.A.M. = 12,52%**

T.I.R. = 989,97%

T.I.R. > T.R.A.M -> Se acepta el escenario

**Tabla# 33: Escenario 2: Colocar bandas transportadoras en salida de corte.**

	<b>AÑOS</b>					
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos</b>						
Utilidad en operación + Depreciación		131967	131967	131967	131967	131967
Total ingresos						
<b>Egresos</b>						
Proyecto	10000					
Plan maestro						
Diseño	14000					
Equipo	70000					
Instalación	7000					
Puesta en marcha	1414					
Entrenamiento	500					
Operación						
Mantenimiento		3500	3500	3500	3500	3500
Total egresos	102914	3500	3500	3500	3500	3500
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-102914</b>	<b>128467</b>	<b>128467</b>	<b>128467</b>	<b>128467</b>	<b>128467</b>

Fuente: Elaboración propia.

**T.R.A.M. = 12,52%**

T.I.R. = 123%

T.I.R. > T.R.A.M -> Se acepta el escenario.



Tabla# 34: Escenario 3: Colocar bandas  
transportadoras en salida de canteado.

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos</b>						
Utilidad en operación + Depreciación		48622	48622	48622	48622	48622
Total ingresos		48622	48622	48622	48622	48622
<b>Egresos</b>						
Proyecto	10000					
Plan maestro						
Diseño	14000					
Procura	70000					
Instalación	7000					
Puesta en marcha	1580					
Entrenamiento	500					
Operación						
Mantenimiento		3500	3500	3500	3500	3500
Total egresos	103080	3500	3500	3500	3500	3500
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-103080</b>	<b>45122</b>	<b>45122</b>	<b>45122</b>	<b>45122</b>	<b>45122</b>

Fuente: Elaboración propia.

**T.R.A.M. = 12,52%**

T.I.R. = 33%

T.I.R. > T.R.A.M -> Se acepta el escenario.

Tabla# 35: Escenario 4: Instalar resistencias en el horno de templado.

	AÑOS			
	0	1	2	3
<b>Ingresos</b>				
Utilidad en operación + Depreciación		84155	84155	84155
Total ingresos				
<b>Egresos</b>				
Proyecto	10000			
Plan maestro				



Diseño				
Equipo				
Instalación				
Puesta en marcha				
Entrenamiento				
Operación				
Mantenimiento		12000	12000	12000
Total egresos	10000	12000	12000	12000
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-10000</b>	<b>72155</b>	<b>72155</b>	<b>72155</b>

**T.R.A.M. = 12,52%**

T.I.R. = 720%

T.I.R. > T.R.A.M -> Se acepta el escenario.

Tabla# 36: Escenario 5: Creación de almacenamiento temporal  
en la sección de corte y compra de chupones en sección de corte.

	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos</b>						
Utilidad en operación + Depreciación		154618	154618	154618	154618	154618
Total ingresos						
<b>Egresos</b>						
Proyecto	10000					
Plan maestro						
Diseño	722					
Equipos	722					
Instalación						
Puesta en marcha	1691					



Entrenamiento	500					
Operación						
Mantenimiento						
Total egresos	13635	154618	154618	154618	154618	154618
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-130000</b>	<b>154618</b>	<b>154618</b>	<b>154618</b>	<b>154618</b>	<b>154618</b>

Fuente: Elaboración propia.

**T.R.A.M. = 12,52%**

T.I.R. = 116%

T.I.R. > T.R.A.M -> Se acepta el escenario.

En cada una de las actividades se asumió un valor de vida útil de 3 años para equipos electrónicos como los PLC, y 5 años para las bandas transportadoras.

Se calculó el valor de la T.I.R. y el valor de la T.R.A.M., como se muestra en el anexo 14, para saber si se acepta o rechazan los escenarios expuestos. A continuación se encuentran los valores de los flujos de caja y los valores de TIR y TRAM para cada escenario. Cabe destacar que todos los valores están dados en dólares ( \$ U.S.).

**Tabla 37: Comparación de la TIR con la TRAM**

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
Inversión inicial (\$)	18387	102914	103080	10000	130000
Ingresos (\$)	182384	131967	48622	84155	154618
Egresos(\$)	216	3500	3500	12000	0
<b>TIR</b>	<b>990%</b>	<b>123%</b>	<b>33%</b>	<b>720%</b>	<b>116%</b>
<b>TRAM</b>	<b>12,52%</b>	<b>12,52%</b>	<b>12,52%</b>	<b>12,52%</b>	<b>12,52%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, todos los escenarios son factibles debido a que la TIR en cada uno de ellos es mayor que la TRAM.



---

**VT. C.A.**

## ***PLAN MAESTRO DE MEJORA***

Elaborado por:  
Dácil Herrera  
Willians Hernandez

Octubre del 2000

### ***CAPÍTULO VI*** **1.OBJETIVO.**



Poner en marcha todas las mejoras recomendadas y aceptadas para cada sección en el estudio.

Las actividades aceptadas son:

Mejora SE-B: Colocar dispositivo electrónico para controlar la producción en la sección de serigrafía.

Mejora CO-B: Colocar bandas transportadoras a la salida de la sección de corte.

Mejora CA-B: Colocar bandas transportadoras a la salida de la sección de canteado.

Mejora TE-A: Colocar resistencias en el horno de templado.

Mejora CO-(A+B): Suministrar chupones en la sección de corte.

## 2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.

### 2.1. Grupos de trabajo.

a) Líder del proyecto: Gerente de planta.

- Responsabilidad: coordinar la ejecución de las acciones en cada grupo de trabajo.

b) Grupo de diseño: Gerente de Ingeniería y mantenimiento y 3 técnicos.

- Responsabilidades: Generar especificaciones de equipos, infraestructura y servicios industriales.

<b>Actividades:</b>	<b>Duración</b>
"Diseñar display, contador, lector magnético para sección serigrafía"	2 días
"Diseño detallado bandas transportadoras, acumuladores sección corte"	4 días
"Diseño detall. bandas transportadoras, acumuladores sección canteado"	4 días
"Diseñar almacenamiento temporal en sección de corte"	1 día
"Revisión de diseños y aprobación"	2 días

c) Grupo de compra. 2 Administradores.

- Responsabilidades: Selección de proveedores y control de costos de adquisición de acuerdo a estimados establecidos.

<b>Actividades</b>	<b>Duración</b>
Elección de proveedores para PLC sección de serigrafía	6 días



---

Cotización de PLC sección serigrafía	5días
Análisis cotización de PLC sección serigrafía	1días
Elección proveedores bandas transportadoras y acumuladores corte	6días
Cotización bandas transportadoras y acumuladores corte	5días
Análisis cotización bandas transportadoras y acumuladores corte	1días
Elección de proveedores de bandas y acumuladores canteado	6días
Cotización de bandas transportadoras y acumuladores canteado	5días
Análisis cotización de bandas transportadoras y acumuladores canteado	1días
Elección de proveedores para resistencias en Templado	4días
Cotización resistencias para templado	3días
Análisis cotización resistencias para templado	1días
Elección de proveedores para chupones en corte	2días
Cotización chupones en corte	1días
Análisis cotización chupones en corte	1días
Preparación de servicios e infraestructura	2días
Decisión de compras	3días
Cronograma de suministro de equipos	1días
Ordenes de compra a proveedores	2días

d) Grupo de instalación. 3 Técnicos

-Responsabilidades: Realizar todas las actividades referentes a la instalación de los equipos.

<b>Actividades</b>	<b>Duración</b>
Recepción de equipo PLC para serigrafía	5días
Instalación PLC serigrafía	2días
Recepción de Bandas transportadoras y acumuladores corte	10días
Instalación Bandas transportadoras y acumuladores corte	3días
Recepción de Bandas transportadoras y acumuladores canteado	10días
Instalación Bandas transportadoras y acumuladores canteado	3días
Recepción de Resistencias para templado	2días
Recepción de chupones corte	1días



e) Grupo de puesta en marcha y entrenamiento. 2 Ingenieros y 2 Técnicos.  
-Responsabilidades: Realizar las pruebas necesarias a los equipos instalados y adiestrar a los operarios responsables del equipo.

#### Actividades

#### Duración

#### Puesta en marcha y Entrenamiento serigrafía

#### 3días

Puesta en marcha y Entrenamiento para corte	3días
Puesta en marcha y Entrenamiento canteado	3días
Puesta en marcha y Entrenamiento en corte	2días

### 3. INVERSIONES EN EQUIPOS.

**Tabla # 38. Inversiones en equipos.**

Proyectos	Valor equipo (\$)
B-SE	3608
CO-B	70000
CA-B	70000
TE-A	120,000
CO-(A+B)	500,000
<b>TOTAL</b>	<b>763.608</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 4. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.

El cronograma muestra las actividades realizadas por cada grupo de trabajo, la secuencia y la duración de dichas actividades.

### 5. INVERSIONES DEL PLAN.

**Tabla # 39. Inversiones del plan maestro.**



ESCENARIOS	1	2	3	4	5
Proyecto	10000	10000	10000	10000	10000
Plan maestro					
Diseño	722	14000	14000		722
Equipos	3608	70000	70000		722
Instalación	361	7000	7000		
Puesta en marcha	3197	1414	1580		1691
Entrenamiento	500	500	500		500
Total Inversión	18388	102914	103080	10000	13635

Fuente: Elaboración propia.



---

## CONCLUSIONES

En la actualidad cualquier empresa que desee ser competitiva, tiene que contar con las herramientas necesarias para desenvolverse eficientemente en dicho ambiente, es por ello que la Ingeniería Industrial apoya estas necesidades y permite aplicar metodologías que ayudan a aumentar la competitividad de la industria.

Con el análisis de los procesos productivos y la aplicación de los conocimientos y metodologías, se obtienen una serie de conclusiones que son la base para la búsqueda y recomendación de soluciones concretas.

En este trabajo se observaron factores que afectan al buen desempeño de la línea de producción de VT.C.A., los cuales se detallan a continuación:

Los tiempos de arranque son elevados en todas las secciones, al igual que los tiempos de preparación en las secciones de corte y serigrafía.

Los tiempos de ciclo son menores a la capacidad instalada, lo que indica un desaprovechamiento de los niveles de producción en las secciones.

El bajo nivel de fatiga existente en los operarios, permite que trabajen a un ritmo normal.

Todas las etapas del proceso se encuentran trabajando a diferentes capacidades, con lo que se generan cuellos de botella, específicamente en la sección de serigrafía.

El análisis de costos de las mejoras, en relación al aumento de producción que ellas generaran, resultan económicamente rentables para su implantación.

Por último el incremento de la producción al implantar las mejoras en forma secuencial, obtiene una variación positiva de 610 m<sup>2</sup> de producción adicional diaria.



---

## RECOMENDACIONES

- Las mejoras planteadas, deben ser enfocadas a minimizar los tiempos de espera, preparación y arranque ya que son los factores que están limitando la producción.
- La redistribución del espacio físico en la planta, influirá de manera determinante en el incremento de la producción debido a que se disminuye el recorrido de la materia prima entre secciones.
- La automatización del manejo de materiales entre las diferentes secciones permitirá disminuir riesgos en la manipulación de los productos y aumentar el nivel de eficiencia en la línea de producción.
- Una participación crítica y activa del personal permitirá ir detectando las mejoras más apropiadas a ser implantadas con el fin de mejorar cada vez más el proceso.
- La aplicación de mejoras en la sección de corte, permitirá su nivelación paulatina con el resto de las secciones, originando un nuevo balance de línea, y por ende un aumento de la producción.



---

## BIBLIOGRAFÍA

- BARNES, Ralph. **Estudio de movimiento y tiempo**. 4º Edición. Madrid. 1962. Editorial Aguilar.
- DOMINGUEZ, José Antonio. **Dirección de operaciones**. 1º Edición. Madrid. 1995. Editorial Mc Graw Hill.
- **Introducción al estudio del trabajo**. 3º Edición. México. 1986. Editorial Limusa.
- MAYNARD. **Manual del Ingeniero Industrial**. 4º edición. Tomo 1 y 4. Editorial Mc Graw Hill.
- **MICROSOFT PROJECT 4 PARA WINDOWS**. Paso a paso. 1º edición. 1995. Editorial Mc Graw Hill.
- NIEBEL, Benjamín. **Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos**. 9º Edición. Editorial Alfa Omega.
- PEREIRA, Jose Luis. **Formulación y evaluación de proyectos de inversión**. 1º Edición. 1996. Publicaciones UCAB.
- TRUJILLO DEL RÍO, Juan José. **Elementos de Ingeniería industrial**. 1º Edición. México. Editorial Limusa.