



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE  
MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICO**

**Ing. Jonathan Javier Estrada Pérez**

Asesorado por el M.A. Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, octubre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE  
MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ING. JONATHAN JAVIER ESTRADA PÉREZ**

ASESORADO POR EL M.A. ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	M.A. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA  
MEJORAR LA EFICIENCIA DE MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE  
FABRICACIÓN DE PLÁSTICO**


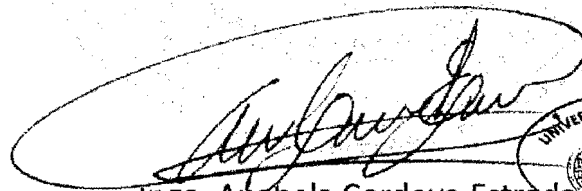
Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrados, con fecha 30 de marzo de 2019.

**Jonathan Javier Estrada Pérez**

DTG. 159.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICO**, presentado por el Ingeniero: **Jonathan Javier Estrada Pérez**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, abril de 2021.

AACE/asga



**EEPFI-1270-2020**

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **"DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN "** presentado por el **Ingeniero Jonathan Javier Estrada Pérez** quien se identifica con Carné **20140432** correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*



**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
**Director**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**




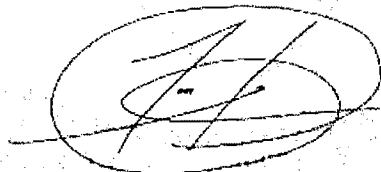
Guatemala, Octubre de 2020

EPPFI-1269-2020

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **"DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICO"** presentado por el **Ingeniero Jonathan Javier Estrada Pérez** quien se identifica con Carné **20140432**.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*



**Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval**  
**Coordinador de Maestría**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Guatemala, Abril de 2021

EEPM-1271-2021

En mi calidad como Asesor del Ingeniero **Jonathan Javier Estrada Pérez** quien se identifica con Carné **201404342** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MAQUINARIA UTILIZADA EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICO”** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Artes en Ingeniería de Gestión Industrial** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

**M.A. Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez**  
**Asesor**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por estar a mi lado en cada paso que doy e iluminarme en todos mis actos.
- Mi madre** Miriam Pérez, por hacer de mí la persona que soy, con su amor y su confianza me enseñó a vivir y ser feliz, ha estado a mi lado siempre cuando más la necesito.
- Mi padre** Alfonso Estrada, por enseñarme los valores de responsabilidad, puntualidad y honradez y estar siempre a mi lado.
- Mi hermano** Armando Estrada, por darme el ejemplo de superación y motivación, y compartir conmigo todas las experiencias.
- Mi tía** Mayra Pérez, por estar a nuestro lado siempre y apoyarnos cuando más lo necesitamos con su amor y confianza.

**Mi novia**

Andrea Gamas, por acompañarme y darme su amor y comprensión en toda mi carrera, y por apoyarme siempre.

**Mi abuela**

Yolanda Esquivel (q. e. p. d.), por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, darme todo su amor y acompañarme siempre desde el cielo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Pueblo de Guatemala</b>	Todas las personas, hasta las más humildes, con sus impuestos financiaron mi educación, espero retribuirles con mis labores.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrirme las puertas y brindarme todas las herramientas para desempeñarme en mi carrera.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una organización que con ética y trabajo me brindó las herramientas para culminar mi carrera universitaria.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado</b>	Por darme la oportunidad de culminar mi carrera, al mismo tiempo, de continuar avanzando en mi formación académica.
<b>Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería</b>	Por darme la oportunidad de comenzar mi carrera laboral y hacer que me sienta atraído por la docencia universitaria.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por todas las experiencias vividas en las aulas y por enseñarme a proyectar mis ideas hacia el futuro.

**Mi tío**

Alejandro Estrada, por aconsejarme y acompañarme en mi carrera universitaria.

**Mi tía**

Ernestina Estrada, por apoyarme y compartir con nosotros su cariño y respeto.

**Familia Barco**

Por abrirme la puerta de su casa, confiar y compartir conmigo.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	IX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XI
OBJETIVOS .....	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Empresa de fabricación de plástico .....	1
1.1.1. Áreas de la empresa .....	2
1.1.1.1. Compras y proveedores .....	2
1.1.1.1.1. Objetivos de compras .....	2
1.1.1.2. Bodega.....	3
1.1.1.3. Producción.....	5
1.1.1.4. Ventas.....	6
1.2. Maquinaria inyectora para la producción de plástico .....	7
1.2.1. Funcionamiento .....	7
1.2.2. Partes más importantes de la máquina .....	8
1.2.2.1. Unidad de inyección .....	8
1.2.2.2. Unidad de cierre .....	10
1.2.2.3. Unidad de control .....	10
1.2.2.4. Molde.....	11
1.2.3. Coloración de la pieza.....	12
1.2.4. Temperatura de proceso.....	13

1.2.5.	Eficiencia.....	14
1.2.6.	Tiempo muerto de maquinaria.....	14
1.2.6.1.	Pérdidas por fallas.....	15
1.2.6.2.	Pérdidas de cambio de modelo.....	15
1.2.6.3.	Pérdidas debido a paros menores.....	16
1.2.6.4.	Pérdidas de velocidad.....	16
1.2.6.5.	Pérdidas por defectos de calidad.....	16
1.2.7.	Planificación de mantenimientos preventivos.....	17
1.2.7.1.	Objetivos del mantenimiento preventivo ...	18
1.3.	Plan maestro de producción.....	19
1.3.1.	Definición.....	19
1.3.2.	Objetivos del plan maestro.....	20
1.3.3.	Ventajas del plan maestro.....	21
1.3.4.	Procedimiento para elaborar el plan maestro.....	22
1.3.5.	Dimensiones del plan maestro.....	22
1.3.6.	Pronósticos.....	23
1.3.6.1.	Tipos de pronóstico.....	24
1.3.6.2.	Enfoques de pronósticos.....	24
1.3.6.3.	Modelos básicos de promedios.....	25
1.3.6.4.	Error de pronóstico..	25
2.	DESARROLLO DE LA INVESIGACIÓN.....	27
2.1.	Diagnóstico de la eficiencia.....	27
2.2.	Análisis de factores.....	27
2.3.	Propuesta de plan maestro de producción.....	27
2.3.1.	Ejemplo de pronósticos de producción.....	30
2.4.	Cuantificación de datos.....	32
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	35

3.1.	Maquinaria medida .....	35
3.1.1.	Eficiencia maquina 125 .....	35
3.1.1.1.	Máquina 125 mes de marzo .....	35
3.1.1.2.	Máquina 125 mes de abril .....	37
3.1.1.3.	Máquina 125 mes de mayo .....	38
3.1.2.	Eficiencia máquina 200 .....	39
3.1.2.1.	Máquina 200 mes de marzo .....	39
3.1.2.2.	Máquina 200 mes de abril .....	40
3.1.2.3.	Máquina 200 mes de mayo .....	41
3.1.3.	Eficiencia máquina 225 .....	42
3.1.3.1.	Máquina 225 mes de marzo .....	42
3.1.3.2.	Máquina 225 mes de abril .....	44
3.1.3.3.	Máquina 225 mes de mayo .....	45
3.2.	Factores que afectan la eficiencia de maquinaria .....	46
3.3.	Resultados con la utilización del plan maestro de producción .....	47
3.3.1.	Eficiencia máquina 125 .....	47
3.3.1.1.	Máquina 125 mes de junio .....	47
3.3.1.2.	Máquina 125 mes de julio.....	49
3.3.1.3.	Máquina 125 mes de agosto .....	50
3.3.2.	Eficiencia máquina 200 .....	51
3.3.2.1.	Máquina 200 mes de junio .....	51
3.3.2.2.	Máquina 200 mes de julio.....	52
3.3.2.3.	Máquina 200 mes de agosto .....	53
3.3.3.	Eficiencia máquina 225 .....	54
3.3.3.1.	Máquina 225 mes de junio .....	55
3.3.3.2.	Máquina 225 mes de julio.....	56
3.3.3.3.	Máquina 225 mes de agosto .....	57
4.	DICUSIÓN DE RESULTADOS .....	59

4.1. Análisis interno.....	59
4.2. Análisis externo.....	60
4.3. Eficiencia calculada .....	60
4.4. Factores que inciden en la eficiencia .....	61
4.5. Eficiencia con la propuesta del plan maestro de producción .....	62
CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS.....	69
APÉNDICES .....	73



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Recursos de áreas para el plan maestro de producción.....	30
2.	Porcentajes de producción de abril, máquina 125 .....	36
3.	Porcentajes de producción de abril, máquina 125 .....	37
4.	Porcentajes de producción de mayo, máquina 125 .....	38
5.	Porcentajes de producción de marzo, máquina 200 .....	40
6.	Porcentajes de producción de abril, máquina 200 .....	41
7.	Porcentajes de producción de mayo, máquina 20 .....	42
8.	Porcentajes de producción de marzo, máquina 225 .....	43
9.	Porcentajes de producción de abril, máquina 225 .....	44
10.	Porcentajes de producción de mayo, máquina 225 .....	45
11.	Porcentajes de producción de junio, máquina 125 .....	48
12.	Porcentajes de producción de julio, máquina 125 .....	49
13.	Porcentajes de producción de agosto, máquina 125 .....	50
14.	Porcentajes de producción de junio, máquina 200 .....	52
15.	Porcentajes de producción de julio, máquina 200 .....	53
16.	Porcentajes de producción de agosto, máquina 200 .....	54
17.	Porcentajes de producción de junio, máquina 225 .....	55
18.	Porcentajes de producción de julio, máquina 225 .....	56
19.	Porcentajes de producción de agosto, máquina 225 .....	57

## TABLAS

I.	Operativización de variables .....	XVIII
II.	Ejemplo pronóstico, mes de junio, máquina 125 .....	31
III.	Cuantificación de eficiencia total, mes de marzo, máquina 125 .....	36
IV.	Cuantificación de eficiencia total mes de abril máquina 125 .....	37
V.	Cuantificación de eficiencia total mes de mayo máquina 125 .....	38
VI.	Cuantificación de eficiencia total, mes de marzo, máquina 200 .....	39
VII.	Cuantificación de eficiencia total, mes de abril, máquina 200 .....	40
VIII.	Cuantificación de eficiencia total, mes de mayo, máquina 200 .....	41
IX.	Cuantificación de eficiencia total, mes de marzo, máquina 225 .....	43
X.	Cuantificación de eficiencia total, mes de abril, máquina 225 .....	44
XI.	Cuantificación de eficiencia total, mes de mayo, máquina 225 .....	45
XII.	Factores que afecta la eficiencia de maquinaria .....	46
XIII.	Cuantificación de eficiencia total, mes de junio, máquina 125 .....	48
XIV.	Cuantificación de eficiencia total, mes de julio, máquina 125.....	49
XV.	Cuantificación de eficiencia total, mes de agosto, máquina 125 .....	50
XVI.	Cuantificación de eficiencia total, mes de junio, máquina 200 .....	51
XVII.	Cuantificación de eficiencia total, mes de julio, máquina 200.....	52
XVIII.	Cuantificación de eficiencia total, mes de agosto, máquina 200 .....	53
XIX.	Cuantificación de eficiencia total mes de junio, máquina 225 .....	55
XX.	Cuantificación de eficiencia total, mes de julio, máquina 225.....	56
XXI.	Cuantificación de eficiencia total, mes de agosto, máquina 225 .....	57
XXII.	Eficiencia mensual por máquina .....	61
XXIII.	Eficiencia mensual por máquina con plan maestro .....	62
XXIV.	Comparación de eficiencia.....	63

## GLOSARIO

<b>Control</b>	Examen u observación cuidadosa que sirve para hacer una comprobación.
<b>Cualitativo</b>	Adjetivo de la cualidad o relacionado a esta.
<b>Cuantitativo</b>	Adjetivo de la cantidad o relacionado a esta.
<b>Eficacia</b>	Capacidad de alcanzar el efecto que se espera o se desea tras la realización de una acción.
<b>Eficiencia</b>	Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.
<b>Fusión</b>	Proceso físico que resulta de la transición de fase de una sustancia de un sólido a un líquido.
<b>Insumos</b>	Es todo aquello disponible para el uso y el desarrollo de la vida humana, desde lo que se encuentra en la naturaleza, hasta lo que crean las personas; es decir, la materia prima de una cosa.
<b>Mantenimiento</b>	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

<b>Planificación</b>	Proceso bien meditado y con una ejecución metódica y estructurada, con el fin de cumplir un objetivo determinado.
<b>Producción</b>	Creación y procesamiento de bienes y mercancías.
<b>Productividad</b>	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtenerla.
<b>Pronóstico</b>	Predicción de la evolución de un proceso o de un hecho futuro a partir de criterios lógicos o científicos.

## RESUMEN

El diseño del plan maestro de producción tiene como propósito evitar la baja eficiencia y el desaprovechamiento de los recursos para la fabricación de productos. Fomenta un sistema de producción representa tener el mínimo tiempo muerto de maquinaria, y fomentar una sinergia entre las áreas de la cadena de suministro de la empresa productora de artículos de plástico.

El objetivo general de la investigación es diseñar un plan maestro de producción para aumentar la eficiencia de la maquinaria utilizada en la línea de producción de cajas en una empresa de fabricación de plástico.

El problema que se plantea en la planta de producción radica en que no se cuenta con una adecuada planificación de producción, lo cual produce una baja eficiencia de maquinaria. Las áreas de la cadena de suministro de la organización, compras, almacenamiento, producción y ventas, poseen poca comunicación que genera tiempo muerto en la maquinaria.

El trabajo de investigación se clasifica dentro del tipo no experimental, debido a que se describen y se hace referencia de las características o factores que afectan el entorno en estudio. Asimismo, dicho trabajo tiene un diseño no experimental debido a que no se realizarán análisis en laboratorios o se demostrarán teorías.

El enfoque de la investigación se cataloga mixto (cualitativo y cuantitativo): cualitativo porque se utilizarán métodos de observación y recolección de datos

del estado de la organización, para la utilización de las herramientas de gestión; y cuantitativo debido a que se manipularán variables numéricas que influyen en el desarrollo del estudio piloto.

El tipo de estudio es descriptivo dado que se detalla el fenómeno estudiado a través de la medición de los factores que afectan la eficiencia de la maquinaria utilizada en la planta de producción. Se identifican las relaciones, cualitativas y cuantitativas, que afectan en el sistema de producción de la empresa.

Los aportes de la investigación son directamente a las ganancias de la empresa de producción de plástico, ya que con una mejora en la eficiencia se reducen costos de producción, lo cual aumenta sus utilidades y ganancias.

El diseño de un plan maestro de producción ayuda favorablemente a la eficiencia de la planta de producción de artículos de plástico, con un análisis continuo de los factores que afectan el tiempo muerto de maquinaria y con la propuesta de las mejoras se logra aumentar la eficiencia.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Baja eficiencia de maquinaria por inexistencia de planificación de paros y control de maquinaria.

- Descripción del problema

La empresa de producción de plástico tiene la misión de mantenerse a la vanguardia en cuanto a nuevas tecnologías de producción y distribución de productos de plástico, acorde a las demandas del mercado. Los precios deben mantenerse competitivos para ofrecer a los clientes productos de plástico durables, prácticos y accesibles para el hogar y la industria.

La planta de producción se divide en 2 áreas. La primera donde se fabrican cajas de colocación de bebidas carbonatadas, donde se utiliza la maquinaria más pesada. La segunda donde se obtienen productos comúnmente utilizados en el hogar, se utiliza la maquinaria más pequeña. Se pretende enfocarse en área de fabricación de cajas, ya que es el área de la empresa que genera mayores ganancias debido al tamaño de la maquinaria.

La planta de producción trabaja las 24 horas, esto hace que las órdenes de producción cambien constantemente. El tiempo para culminar una orden con considerable cantidad de productos es corto. Es necesario detener la maquinaria para cambiar de un producto a otro y cambiar el molde. Este proceso suele llevar mucho tiempo (hasta 5 días). El tiempo que la máquina está detenida se considera tiempo muerto, lo cual genera una baja eficiencia.

- Formulación del problema

El problema radica en que no se cuenta con una adecuada planificación de producción, en la cual los departamentos de ventas y de producción tengan una mejor comunicación entre sí. La relación entre estas áreas es primordial para lograr disminuir el tiempo muerto de maquinaria.

Este tiempo muerto puede llegar a tardar hasta 3 días. De igual manera, genera costos extras de producción, los cuales pueden llegar a aumentar, según la experiencia del investigador, hasta un 100 % por unidad.

La falta de mantenimiento preventivo provoca fallas garrafales en maquinaria parada, hasta 60 días en un año, lo cual corresponde al 15 % en tiempo de paro anual.

Los registros tomados previamente según la experiencia del investigador exponen una eficiencia en maquinaria mensual menor al 50 %. El plan maestro de producción ayudará a pronosticar cuándo se parará la máquina y qué molde se le colocará, con el menor tiempo muerto de maquinaria.

- Pregunta central

¿Cómo mejorar la eficiencia de la maquinaria utilizada en la línea de cajas en una empresa de fabricación de plástico con el diseño de un plan maestro de producción?



- Preguntas auxiliares de investigación
  - ¿Cuál es la eficiencia de la maquinaria utilizada en la línea de producción de cajas de plástico?
  - ¿Cuáles son los factores que intervienen en la eficiencia de la maquinaria?
  - ¿Qué beneficio se obtendrá al diseñar un plan maestro de producción en la empresa de fabricación de plástico?

- Delimitación del problema

La eficiencia con la que ha venido trabajando la planta de producción es menor al 50 %, esto da un punto de referencia para comparar resultados y establecer indicadores útiles de productividad. Una delimitación es la resistencia al cambio por parte de los colaboradores que tienen mucho tiempo trabajando de esta manera y que puede generar una oposición. El espacio para la realizar la investigación será directamente la planta de producción de una empresa de fabricación de plástico en la ciudad de Guatemala.

- Viabilidad

Para tratar el problema que se presenta por la falta de planeación de paros de maquinaria es viable considerar la utilización de herramientas de gestión industrial. Para realizar esta investigación es necesario reunir todos los datos y registros de las variables que se involucran en los paros de maquinaria; al igual que contar con la disponibilidad del personal operativo, administrativo y gerencial de la empresa.

- Consecuencias

Si el problema no se trata de mejorar se estarían utilizando los recursos ineficientemente para la elaboración de productos de plástico. Los costos fijos de producción que no dependen de la cantidad producida elevan los costos unitarios: cuesta el doble de lo ideal. La empresa produce artículos en cantidades masivas, lo que produce que si el costo de producción unitario aumenta puede generar grandes pérdidas.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar un plan maestro de producción para aumentar la eficiencia de la maquinaria utilizada en la línea de producción de cajas en una empresa de fabricación de plástico.

## Específicos

- Determinar la eficiencia de la maquinaria utilizada para la fabricación de cajas de plástico en la empresa.
- Analizar los factores que intervienen en la eficiencia de la maquinaria.
- Determinar los beneficios en cuanto a la mejora de eficiencia en la maquinaria utilizada en una empresa de fabricación de plástico con el diseño de un plan maestro de producción.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El propuesto trabajo de investigación cuenta con las siguientes características:

- Enfoque

Mixto: cualitativo debido a que se utilizaron métodos de observación y recolección de datos del estado de la organización. Las herramientas de gestión son utilizadas en el proceso de la investigación. También, es cuantitativo debido a que se manipulan variables numéricas que influyen en el desarrollo del estudio piloto.

- Diseño de la investigación

El trabajo de investigación se clasifica dentro del tipo no experimental. Las características y los factores que afectan el entorno en estudio son descritos. El trabajo tiene un diseño no experimental debido a que no se realizan análisis en laboratorios o demostraciones de teorías.

- Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo, debido a que se detalló el fenómeno estudiado a través de la medición de los factores que afectan la eficiencia de la maquinaria utilizada en la planta de producción. Fueron identificadas las relaciones que intervienen, cualitativas y cuantitativas, que afectan en el sistema de producción de la empresa.

- Alcance

La investigación tendrá un alcance descriptivo. Se llegó a concretar que el diseño de un plan maestro de producción tiene consecuencia un aumento en la eficiencia de la maquinaria en un promedio de 13.66 % en el plan piloto realizado.

- Variables e indicadores

El presente trabajo de investigación cuenta con variables independientes que en primera instancia no podrán ser afectadas. También, con variables dependientes que dependerán de la variación de la causa o la variable independiente con la que se relacionen.

- Operativización de variables

Tabla I. **Operativización de variables**

<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Tipo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnicas</b>
Determinar la eficiencia utilizada en la planta de producción.	Eficiencia  Maquinaria	Cuantitativa/Independiente/Discreta.  Cualitativa/Dependiente/Ordinal	Porcentaje de producción ideal vs producción real.  Maquinaria con alta o baja eficiencia	Medición en planta de producción.  Análisis de resultados de eficiencia medida.
Analizar los factores que intervienen en la eficiencia de la maquinaria	Factores	Cualitativa/Independiente/Ordinal	Análisis de los factores que afectan directamente a la eficiencia de las máquinas	Observación y recolección de datos en empresa de plástico.

Continuación de la tabla I.

	Eficiencia	Cuantitativa/ Dependiente /Discreta	Qué tanto varía la eficiencia en función a estos factores.	Análisis de variación de porcentaje de eficiencia.
Determinar los beneficios en cuanto a la mejora de eficiencia en la maquinaria utilizada en una empresa de fabricación de plástico con el diseño de un plan maestro de producción.	Plan maestro	Cualitativa/ Independiente/ Ordinal.	Diseño de un plan maestro de producción.	Propuesta de utilización de plan maestro de producción.
	Paros de maquinaria	Cuantitativa/ Dependiente/ Discreta	Mejora de los paros y tiempo muerto de maquinaria.	Porcentaje de eficiencia mejorada.

Fuente: elaboración propia.

- Fases
  - Fase 1: revisión documental

En esta fase ocurre la revisión documental de investigaciones previas hechas sobre el tema a presentar. Es necesario tener claro un parámetro del estado del arte que se está investigando.

- Fase 2: diagnóstico de eficiencia de la planta de producción

Se pretende comprender la situación que presenta la empresa, para lograr proporcionar un punto de referencia claro, así como definir los factores que afectan la eficiencia de la maquinaria utilizada. Estos factores se manejarán por medio de observación directa en los procesos y toma de datos de producción.

- Fase 3: análisis de factores que afectan la eficiencia y presentación de resultados.

Esta fase se compone por la exploración de las áreas de la empresa con repercusión en la eficiencia de producción. Sobre los factores que inciden en la eficiencia es necesario corroborar si al modificarse o mejorarse pueden tener consecuencias favorables. Las metas por alcanzar serán definidas, al igual que las actividades para alcanzar dichos objetivos.

- Fase 4: diseño del plan maestro de producción

Se proyecta tener claro las fases anteriores de eficiencia de producción de la planta y la determinación de factores que inciden en estas. Una propuesta de un plan maestro de producción que analiza sus beneficios.

- Población

La población está conformada por la empresa que se dedica a la fabricación de productos de plástico en la república de Guatemala. Se utilizó toda la población del departamento de producción: maquinaria, personal y bienes fabricados.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una sistematización del diseño de un plan maestro de producción para la eficiencia, debido a que esta depende de la planeación con que toda su cadena de suministro esté relacionada entre sí, para optimizar y disminuir tiempo de aro de maquinaria que genera costos más altos en el sistema de producción. El presente trabajo es una sistematización en la planta de producción en una empresa de fabricación de plástico, se propone un diseño de plan maestro de producción, para mejorar la eficiencia de la maquinaria utilizada en la planta de producción y disminuir su tiempo muerto de paro.

La problemática de la empresa radica en que no cuenta con una adecuada planificación de producción, lo cual produce baja eficiencia en la maquinaria utilizada para la transformación de materia prima al igual que gran cantidad de tiempo muerto en esta maquinaria. Las áreas de la empresa trabajan aisladamente lo cual retrasa el tiempo para poner a trabajar una máquina para una orden de producción nueva; esto genera consecuencias directamente a los dueños de la empresa, al tener una eficiencia baja hay insumos fijos que se gastan para producir menos cantidad que la ideal, lo cual aumenta el costo de producción y no el de venta; por ende, se dejan de percibir ganancias por cada producto fabricado, que en una cantidad masiva, generan pérdidas importantes para la empresa.

Importancia de hacer este diseño de un plan maestro de producción, es evitar la baja eficiencia, productividad y desaprovechamiento de los recursos para la fabricación de plástico; fomentar un sistema de producción donde se tenga el mínimo tiempo muerto de maquinaria.

Los resultados de esta investigación para la empresa son evitar la baja eficiencia en la maquinaria que genera costos más altos en la producción, y el tiempo muerto de maquinaria que genera un ineficaz aprovechamiento de los recursos. Reducir estos tiempos la planta de producción podrá no solo aprovechar mejor los recursos, disminuir los costos de producción y cumplir con las metas de ventas.

El esquema de solución para el trabajo de investigación se conformó inicialmente estableciendo un sistema de medición, que permite tener indicadores de eficiencia, eficacia y productividad de maquinaria y de toda la planta de producción, con el fin de tener un punto de referencia y diagnóstico, seguido del análisis de indicadores claves que afectan a la eficiencia de maquinaria; por último, diseñar un plan maestro de producción que ayude a fomentar una sinergia entre las áreas de la cadena de suministro de la empresa, para reducir el tiempo muerto de maquinaria.

El presente trabajo está conformado por tres capítulos. En el primer capítulo se incluye el marco teórico, donde se recopila toda la información teórica necesaria para lograr tener bases argumentadas respecto a la investigación; seguido, en el segundo capítulo, se presentan los resultados del diseño de un plan maestro de producción, y los resultados obtenidos con su utilización; en el tercer capítulo se analiza y discuten los resultados anteriormente obtenidos para proseguir con las conclusiones y recomendaciones obtenidas del trabajo de investigación.

La metodología utilizada en la investigación es un enfoque mixto: cualitativo porque utiliza métodos de observación y recolección de datos del estado de la organización, un diseño de investigación no experimental. Las características y los factores que afectan el entorno en estudio son descritos. El trabajo tiene un

diseño no experimental debido a que no se realizaron análisis en laboratorios o demostraciones de teorías. El tipo de estudio y alcance descriptivo, debido a que se detallará el fenómeno estudiado a través de la medición de los factores que afectan la eficiencia de la maquinaria utilizada en la planta de producción.



# 1. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico está comprendido por los temas relacionados con el trabajo de investigación; muestra de una manera general el entorno. Se abarcarán temas como la industria de fabricación de plástico en Guatemala, la maquinaria utilizada para la producción de plástico y la utilización de la herramienta del plan maestro de producción.

## 1.1. Empresa de fabricación de plástico

“Una empresa de fabricación de plástico se incluye dentro de las empresas de manufactureras” (Boiteux, 2007, p.32). La función de este tipo de empresas es la transformación de materia prima en bienes de consumo. La transformación puede ser por medio de maquinaria o bien manualmente, para obtener productos para el consumidor.

Las empresas manufactureras tienen dos tipos generales. Las empresas automatizadas también emplean máquinas o líneas de producción donde la mano de obra es vital. Las empresas que funcionan plenamente gracias al esfuerzo del personal sin utilización de maquinaria (Buffa, 1992).

En resumen, una empresa de manufactura realiza todas las acciones necesarias para lograr transformar la materia prima. Esta transformación se logra a base de tecnología y mano de obra.

### **1.1.1. Áreas de la empresa**

“La empresa cuenta con las áreas necesarias, las que están organizadas de manera simple y dinámica. Todas las áreas están lideradas por la gerencia general. Esta gerencia está pendiente de la buena marcha de la organización y de la eficiencia en la cadena de suministro” (Flores, 2013, p.37).

Son las encargadas de hacer marchar a la empresa para lograr alcanzar los objetivos y metas planteadas por la organización (Albornoz, 1999).

La cantidad de áreas de la empresa está relacionada con el tamaño de esta. En esta investigación se analizarán las áreas importantes de la cadena de suministro. Estas áreas son proveedores, almacenamiento, producción y ventas.

#### **1.1.1.1. Compras y proveedores**

Es un área que tiene que permanecer en una buena gestión para así lograr el buen funcionamiento de la organización. La responsabilidad del departamento de compras es certificar que los insumos adquiridos por la empresa estén en su lugar, los inventarios en orden y al nivel establecido. Una atribución importante es relacionarse con los proveedores y buscar una eficaz negociación para beneficio de la empresa (Albornoz, 1999).

##### **1.1.1.1.1. Objetivos de compras**

Es importante establecer objetivos para evaluar el desempeño del departamento, es decir, si está cumpliendo sus atribuciones. “El objetivo primordial del mismo es asegurar que el suministro de las materias primas, los productos que se subcontraten, los repuestos, tengan una continuidad. Estas

atribuciones del departamento de compras logran evitar las posibles roturas de stock” (Gutiérrez, 2014, p.50).

Entre los diferentes objetivos que se pueden plantear dependiendo de la organización están:

- Disminuir los costos asociados con sus atribuciones, que son los de compra de insumos, inventario y transporte de productos.
- Mantener los almacenes abastecidos transportando los insumos necesarios.
- Buena administración de los almacenes para asegurar los niveles de inventarios.
- Negociación con proveedores.
- Llevar registro actual de las compras de la empresa.

En resumen, el departamento de compras se encarga de abastecer de todos los bienes necesarios a la organización. Estos bienes son los insumos y las materias primas que la empresa se encarga de transformar y procesar. Los procesos tienen el fin de llegar a cumplir las especificaciones del cliente final.

#### **1.1.1.2. Bodega**

El departamento de bodega es el encargado de controlar todos los artículos presentes en los almacenes con que cuenta la organización. Los artículos pueden ser de materia prima, producto en proceso, producto terminado, entre

otros. Esta área también se encarga de registrar y administrar la calidad de los bienes en los almacenes. Otra función del departamento suele ser el cálculo del nivel óptimo de cada uno (Boiteux, 2007).

“El departamento de almacenes e inventarios es el responsable de abastecer los artículos suficientes para el buen funcionamiento de la empresa. Su función es llevar el registro y control de los niveles de producción en las diferentes bodegas como producto en proceso y finalizado” (Gutiérrez, 2014, p. 37).

Funciones del Departamento de Bodega son:

- Examinar y verificar la adecuada calidad de los bienes almacenados
- Reportar si no se cumple con esta
- Controlar el almacenaje en las bodegas
- Administrar los reportes de niveles de las bodegas
- Verificar los documentos de despacho
- Optimizar la rotación de inventarios
- Mantener la higiene dentro de los almacenes de bodegas

El Departamento de Bodega cumple una función de la cadena de suministro de controlar los niveles de inventarios en las diferentes bodegas. Las bodegas pueden ser de materia prima, producto en proceso o producto terminado (Morales, 2012).



### **1.1.1.3. Producción**

El Departamento de Producción se encarga de transformar los insumos en productos tangibles para el cliente final. Este objetivo se logra a través de procesos establecidos en los que la materia prima se convierte en bienes con valor final (Gómez, 2011).

En el proceso de producción, la fase final e inicial están involucradas las demás áreas de la empresa: compras, almacenamiento y ventas. Las áreas tienen que trabajar conjuntamente, lo cual es complicado debido a la rapidez que esto requiere. El departamento de producción es responsable de gran parte de esto, ya que su labor no acaba con el bien puesto en la bodega de producto terminado. El área de producción tiene la labor de hacer una sinergia entre las demás áreas de ventas, lo cual puede llegar a hacer más eficiente la planta (Gutiérrez, 2014).

Dependiendo del tamaño de la organización se pueden tener niveles de jerarquía en un organigrama de la organización. Estos niveles pueden ir desde operarios, encargados, jefe de producción, ingenieros o personal técnico especializado (Gutiérrez, 2014).

“El departamento de producción tiene como responsabilidad tomar las mejores decisiones para el buen funcionamiento de la organización” (Morales, 2012, p.52). Las decisiones están relacionadas con los aspectos de procesos, capacidad, inventarios, personal y calidad. El sistema de producción tiene la responsabilidad de no producir sin planificación previa, sino que con un objetivo planteado por toda la organización.

#### **1.1.1.4. Ventas**

El área de ventas se encarga de la planeación y el control de la demanda y oferta que pueda llegar a tener una organización. Los pronósticos de la demanda crean incertidumbre, debido a los cambios imprevistos que suelen suceder. El departamento de ventas debe atender estos cambios y dar seguimiento a los mismos (Gómez, 2011).

“En este departamento se prepara día a día el pedido de ventas a manufactura según su requerimiento. El área de mercadeo trabaja en conjunto con ventas para lanzamiento de productos, promociones y ofertas” (Lee, 2004, p.27).

Funciones del departamento de ventas son:

- Diseño de pronósticos de la demanda.
- Colocación de precios al producto final.
- Mercadeo de productos.
- Control y administración de ventas.
- Trabajar en conjunto con el departamento de bodega, con el fin de mantener niveles adecuados de inventarios.

El departamento de ventas tiene un papel muy importante dentro de cualquier organización. Su función primordial es la del intercambio de bien por dinero. El departamento de ventas debe tener una relación directa con el cliente. El cliente es el encargado de agregar valor al bien o servicio ofrecido por la empresa (Morales, 2012).

## **1.2. Maquinaria inyectora para la producción de plástico**

El método de inyección se basa en suministrar continuamente un polímero en un molde frío para luego extraer una pieza final. Este método puede lograr fabricar una gran cantidad de artículos de diferentes formas y tamaños. La técnica de inyección es el principal proceso de fabricación de plástico. Los objetos fabricados pueden ir desde pequeños objetos hasta partes de transporte de gran dimensión (Minik, 1990).

“El método de inyección es altamente popular debido a la gran gama de piezas que se pueden fabricar, poco tiempo de proceso que lleva a altos niveles de producción y bajos costos” (Gianni, 2017, p.19). Debido a que las piezas suelen quedar muy bien terminadas sin necesidad de operaciones manuales.

Actualmente, los polímeros sustituyen a otros tipos de materiales. El proceso suele ser más amigable con el medio ambiente. Este proceso no contamina el ambiente directamente, una ventaja de la utilización de inyección de plástico es que las piezas suelen quedar muy bien terminadas sin necesidad de operaciones manuales.

### **1.2.1. Funcionamiento**

“Un proceso continuo que se basa en suministrar un material polímero o cerámico en estado fundido, a un molde cerrado a presión y frío”. (Díaz, 2011, p. 20). En el molde se plastifica pasando a estado sólido, para luego extraer la pieza.

Es importante el conocimiento del funcionamiento interno de la maquinaria de inyección de plástico para el buen manejo de esta. Los supervisores deben saber el proceso de transformación de materia prima en productos útiles.

## **1.2.2. Partes más importantes de la máquina**

Gianni argumenta que las partes de importancia en el diseño de una máquina inyectora de plástico son: unidad de inyección, unidad de cierre, unidad de soporte (estructura), unidad de trabajo (circuito hidráulico) (Gianni, 2017). Cada parte cumple una función específica en la maquinaria. En esta investigación se detallarán las partes más importantes. Estas partes son consideradas primordiales para el buen funcionamiento de la maquinaria de inyección de plástico.

### **1.2.2.1. Unidad de inyección**

Esta unidad tiene como objetivo primordial suministrar el material polímero en estado de fusión en el molde. Las características termodinámicas del material se deben de considerar. Gianni define a las características termodinámicas a considerar: “las temperaturas de fusión del material, la capacidad calorífica del polímero, el calor latente de fusión” (Gianni, 2017, p.27).

“El proceso de fusión necesita de un aumento de la temperatura del polímero, que resulta del calentamiento y la fricción de este con la cámara” (Díaz, 2011, p.25). Este incremento de temperatura tiene como contraparte la disminución de viscosidad del polímero, al igual que la velocidad de corte. Estos factores deben ser ajustados correctamente para la eficiente inyección de material al molde.

“La unidad de inyección mantiene la temperatura programada en la cámara constante. La profundidad del canal del husillo disminuye de forma gradual desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación” (Minik, 1990, p.29).

Gianni argumenta que “las funciones de la unidad de inyección son: acercar o retirar la boquilla hacia el molde, generar la presión requerida entre la boquilla y el molde, girar el tornillo, mover horizontalmente el tornillo, mantener la presión de sostenimiento” (Gianni, 2017, p.31).

Ciclo de inyección:

- **Plastificación:** para el proceso de plastificación el molde debe estar cerrado. El material pasa por un cañón, que es donde se lleva a cabo la plastificación, seguido de la boquilla que es la que suministra al molde el material.
- **Inyección:** para este proceso el tornillo inyecta el material actuando como pistón. El material pasa a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con la presión de inyección respectiva al material.
- **Presión de sostenimiento:** este proceso sucede al terminar de inyectar el material. El tornillo se mantiene adelante aplicando una presión de sostenimiento, para evitar que el material salga del molde durante el enfriamiento.
- **Enfriamiento:** en este proceso la pieza se enfría en el molde. El calor es disipado por medio de un fluido refrigerante. Cuando el tiempo de enfriamiento termina la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída. (Díaz, 2011).

### **1.2.2.2. Unidad de cierre**

La unidad de cierre es una prensa hidráulica o mecánica. La fuerza de cierre de esta unidad es suficiente para contrarrestar la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. El plástico entra a las cavidades del molde y una vez que el material se enfría la pieza se expulsa (Gianni, 2017).

Las presiones de cierre y apertura son ajustables. El material requiere de presión alta o baja dependiendo de las características al solidificarse. Si la fuerza de cierre es insuficiente el molde tenderá a abrirse y el material escapará por la unión del molde. (Minik, 1990).

La interacción de esta unidad con el ciclo de inyección es de gran importancia. El tiempo en que la unidad de cierre expulsa el producto puede significar que todo el ciclo trabaje eficientemente o de manera retardada.

### **1.2.2.3. Unidad de control**

“En esta unidad se pueden establecer los puntos en los cuales se trabajarán. El sistema de control envía las señales que accionan los dispositivos de inyección y cierre. Este sistema además mantiene las variables de temperatura y presión en el punto de referencia determinado” (Díaz, 2011, p.27).

La temperatura y la presión de operación de la máquina deben ajustarse según el material a moldear. Los plásticos en estado fundido poseen diferente viscosidad y fluidez. Las propiedades intrínsecas de las resinas deben ser controladas según las condiciones del moldeo (Cadena, 2006). A las variables de temperatura, presión y tiempo de ciclo es necesario ponerles atención, ya que de ellas depende la calidad del producto final.

- Temperatura

En la unidad de control es posible variar la temperatura de fundido, más no la de enfriamiento. El enfriamiento de los moldes se realiza a través de un flujo de agua fría que pasa a través de cavidades localizadas en el molde (Cadena, 2006).

- Presión

Díaz indica sobre la presión que “la presión de empuje y retroceso del tornillo varía según el plástico a transformar. La viscosidad y densidad del material debe tomarse en cuenta” (Díaz, 2011, p. 34).

- Tiempo

El tiempo de carga indica el volumen de material que entra al cilindro. “El volumen de carga tiene que ser modificado, puesto que no todas las piezas son del mismo volumen” (Minik, 1990, p.44).

#### **1.2.2.4. Molde**

Es el espacio donde se forma la pieza a partir del material fundido inyectado por la boquilla, estos tienen las formas de los productos finales específicos. El molde es enfriado para la plastificación del material. Las quijadas hidráulicas o neumáticas del molde expulsan al producto (Minik, 1990). El molde en la maquinaria de inyección de plástico es fundamental para el óptimo funcionamiento de esta. La calidad del producto final se obtendrá dependiendo de las características de molde.

- Ciclo de moldeo

Se define que en el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales:

- El molde se mantiene cerrado y vacío. La unidad de inyección carga de material y se llena de polímero fundido.
- La válvula se abre y se inyecta el polímero. El husillo actúa como un pistón. El material pasa a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
- La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas. La pieza al enfriarse tiende a contraerse.
- La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material. El husillo al girar también retrocede.
- La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo). La prensa libera la presión y el molde se abre. Las barras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad.
- La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

### **1.2.3. Coloración de la pieza**

“En este proceso el producto adquiere el aspecto que lo hace adquirible para el cliente, agrega valor. Los colores son un factor primordial para la vena final para el cliente” (Minik, 1990, p.49).



Básicamente hay tres formas de agregar color a la pieza en el proceso de inyección.

- Que toda la materia prima utilizada sea del color específico de que se está fabricando el producto.
- Utilizar un plástico de color natural y mezclarlo con colorante o pigmento en polvo.
- Utilizar un plástico de color natural y mezclarlo con cierta cantidad de plástico de color.

“La tercera opción de mezclar el material natural con cierta cantidad concentrada de color deseado del producto suele ser la más eficaz” (Minik, 1990, p.51). Mezclar el color natural proporciona un tiempo de cambio de color más corto y limpio a comparación de las demás opciones. Esta opción también es la más económica. La primera opción de utilizar todo el material de color suele ser la más cara.

#### **1.2.4. Temperatura de proceso**

Gianni argumenta sobre la temperatura en el proceso de inyección: “para inyectar un polímero, específicamente un termoplástico, es necesario conocer su temperatura de fusión” (Gianni, 2017, p.39).

“La temperatura es un factor no constante en cada material polímero termoplástico. Para conocer la temperatura es necesario una hoja de especificaciones donde se encuentre la temperatura de trabajo”. (Díaz, 2011, p. 40).

Es necesario conocer las temperaturas de trabajo, dependiendo el tipo de materiales que se empleará para la producción de cada artículo. La elección de una adecuada temperatura en el proceso resultará en un buen acabado y disminuirá los productos defectuosos.

#### **1.2.5. Eficiencia**

Silva se refiere a este concepto así: “la eficiencia significa operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada. La habilidad de cumplir con algún objetivo planteado con el uso mínimo de recursos estipulados para ese objetivo, lográndolo con la misma satisfacción” (Silva, 2013, p.7).

“Un proceso es más eficiente que otro cuando este es superior en los beneficios económicos utilizando los mismos recursos. Para ello se requiere utilizar la menor cantidad de recursos y también disminuir los costos de su uso” (Couter, 2013, p.12).

Se puede resumir que la eficiencia es un factor fundamental en cualquier actividad económica. El objetivo de toda organización es aumentar sus ganancias invirtiendo menos, para ello se trata de disminuir de cualquier manera los costos innecesarios. Estos costos se involucran en el proceso productivo y no agregan valor al producto final ni al cliente.

#### **1.2.6. Tiempo muerto de maquinaria**

“El tiempo muerto de maquinaria sucede cuando la maquinaria se encuentra en reposo sin usar. Los factores que puedan ocasionar estas situaciones pueden ser directa o indirectamente con los equipos”. (Gianni, 2017, p. 45).

Estos tiempos dan lugar a reducciones de eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Paros de maquinaria no programada
- Disminución de producción
- Defectos en productos por mal funcionamiento del equipo

El tiempo muerto en la maquinaria ocasiona una baja eficiencia en el sistema de producción. Una estrategia organizacional con el menor tiempo posible de paro de maquinaria da como resultado un buen aprovechamiento de los recursos utilizados para la producción.

#### **1.2.6.1. Pérdidas por fallas**

“Cuando un equipo tiene una falla garrafal ocasiona una ruptura en el sistema de producción debido a que no se tenía previsto esa falla”. (Díaz, 2011, p. 45).

Estas fallas tienen costos de producción fijos. El tiempo muerto que la maquinaria pasa sin producir, al igual que los costos de los repuestos y reparación del equipo, generan pérdidas. Entre mayor sea el tiempo muerto que ocasione la falla mayor será el costo.

#### **1.2.6.2. Pérdidas de cambio de molde**

Estas pérdidas son ocasionadas por el cambio de condiciones de operación, cambio de línea de producción o cambio de personal de turno. El tiempo muerto de la maquinaria en este tipo de cambio es llamado tiempo en cambio de herramienta o molde.

La metodología SMED intenta reducir el tiempo muerto que ocasiona el cambio. Este método suele ser utilizado en líneas de producción donde el cambio de herramienta se constante.

#### **1.2.6.3. Pérdidas debido a paros menores**

Estas pérdidas son a causa de un fallo menor en el equipo como atascamiento de material o tiempo de retardo. Las pérdidas menores no generan un daño garrafal al equipo ni causan un efecto absoluto en el sistema de producción (Minik, 1990). Al integrar estas fallas en un total puede dar una cantidad grande de tiempo muerto en la maquinaria.

#### **1.2.6.4. Pérdidas de velocidad**

“Estas pérdidas son a causa de elevación del tiempo de producción frecuentemente a causa del aseguramiento de la calidad requerida” (Flores, 2013, p.37). Es importante llevar un registro del tiempo ideal de producción para determinado producto.

#### **1.2.6.5. Pérdidas por defectos de calidad**

“Es a causa de artículos que están fuera de los requerimientos de la calidad establecida, suelen llamarse productos defectuosos” (Díaz, 2011, p.44). Los productos defectuosos generan baja eficiencia debido a que tienen que ser reprocesados o eliminados completamente.

### **1.2.7. Planificación de mantenimientos preventivos**

“Las fallas en los equipos son inevitables, lo cual adquiere un costo de reparación” (Velásquez, 1997, p.22). Un plan de mantenimiento preventivo es vital para disminuir el costo de reparación de maquinaria cuando se presenta una falla garrafal.

“El plan de mantenimiento preventivo ayuda a reducir las fallas imprevistas en los equipos” (Gianni, 2017, p.33). Esta planificación hace más eficiente el sistema de producción de la empresa, anticipándose a los problemas futuros que puedan ocasionar las fallas en la maquinaria.

En la actualidad es una responsabilidad asegurar el buen funcionamiento y conservación de la maquinaria utilizada en cada empresa. La planificación de mantenimientos preventivos logra mantener la eficiencia y calidad en los productos.

Las fallas en los equipos son costosas por diferentes factores:

- Costes de reparación que incluyen gastos en materiales, gastos de personal y mano de obra.
- Daños al equipo que pueden llegar a acortar su funcionamiento y vida útil.
- Retrasos en la producción que ocasionan costos fijos de producción innecesarios, disminuyendo la eficiencia de la planta.
- Excesos de tiempos de entrega de productos finales con el cliente, lo que puede llegar a dañar la imagen de la empresa.

- Producción de mala calidad o defectuosa, lo cual genera pérdida del material completo de trabajo.
- Riesgos para el personal que está operando el equipo, se puede llegar a tener accidentes de gran impacto.

“La buena gestión de un plan de mantenimiento preventivo ayuda a disminuir estos costos y lograr aumentar la eficiencia en el área de producción de la empresa” (Velásquez, 1997, p.27).

Con una buena gestión de mantenimiento se puede reducir el número de paros por mantenimiento. Los costos de mantenimiento correctivo que son más altos se pueden disminuir cuando se evitan las fallas garrafales.

#### **1.2.7.1. Objetivos del mantenimiento preventivo**

- Disminuir la corrección de maquinaria en un fallo grave, intervenir en el equipo antes de que se produzca la falla.
- Planificar las ejecuciones y recursos necesarios para el mantenimiento preventivo de cada equipo utilizado.
- Reducir los gastos por mantenimiento y reparaciones.
- Aumentar la eficiencia de la maquinaria y su capacidad de producción, en consecuencia, las utilidades de la empresa.

- Alargar la vida útil de los equipos para que puedan seguir funcionando perfectamente el mayor tiempo posible sin necesidad de ser sustituidos por otros nuevos.
- Disminuir los tiempos muertos de maquinaria aumentando así la eficiencia de la planta de producción.
- Evitar la pérdida de materia prima por baja calidad en los productos para no tener que desecharlos o reprocesarlos.
- Disminuir los accidentes que pueden ser causados por una falla grave en el equipo utilizado.

### **1.3. Plan maestro de producción**

“El plan maestro de producción es un plan de producción futura de los artículos finales, durante un horizonte de planeación marcando. El plazo para lograr hacer más eficiente el sistema productivo de la empresa” (Gómez, 2011, p.19).

#### **1.3.1. Definición**

Por su parte, Salazar menciona sobre el plan maestro que “el PMP establece el número de productos que se tienen que terminar al final del plazo marcado. Este plazo puede ser diario, semanal o mensual, generalmente el plazo debe ser corto para contar con una muestra más exacta y poder pronosticar a futuro” (Salazar, 2017).

Flores expone sobre el PMP: permite instaurar la planificación de la producción de la gama de productos finales de una estructura productiva, para un horizonte temporal, en clase, en cantidad y momento para cada uno (Flores, 2013).

Con la información que se recolecta es posible obtener pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda, qué productos finales hay que fabricar y en qué plazos deben tenerse terminados. Las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos también son datos que brinda el plan maestro de producción.

La responsabilidad del PMP se divide en cada área para lograr que estas trabajen con sinergia para los fines comunes de la organización. Las áreas no deben trabajar aisladas entre sí, pues se genera una baja eficiencia de la cadena de suministro en la empresa.

### **1.3.2. Objetivos del plan maestro**

Flores argumenta que “el programa maestro de producción toma la capacidad de producción a corto plazo, determinada por el plan agregado, y la asigna a pedidos de producción finales” (Flores, 2013, p.23).

Hay básicamente dos objetivos:

- El primer objetivo del PMP suele ser cumplir con el tiempo pronosticado y de entrega de los productos finales.



- El segundo objetivo es reducir el riesgo de no cumplir con la demanda requerida por una mala administración en producción, incurriendo en pérdidas y ventas caídas para la empresa.

El PMP facilita el cumplimiento la producción y por tanto debe cumplir con ciertos requisitos, los cuales pueden ser:

- Las cantidades deben coincidir con el plan agregado.
- La descomposición de las líneas de productos se debe agregar al total de producción.
- Buscar disminuir costos aumentando la eficiencia con la cual se elabora cada producto.
- Evitar el exceso de inventario que implica un costo de almacenamiento y una baja eficiencia de la gestión del PMP. (Velásquez, 1997, p. 29).

### **1.3.3. Ventajas del plan maestro**

Algunas de las ventajas de un plan maestro de producción son:

- Trabajar en sinergia con las demás áreas de la organización para generar eficiencia en común para la empresa.
- Obtener mejores pronósticos y cumplimiento de metas e indicadores de producción más certeros.
- Satisfacer eficientemente las necesidades de los clientes e información sobre ellos.
- Mejora en la administración de inventarios, rotación de activos y gastos de almacenamiento más bajos.

#### **1.3.4. Procedimiento para elaborar el plan maestro**

“Para lograr un buen diseño de un plan maestro de producción se debe basar en los problemas que se encuentran en la empresa. Los problemas tienen que estar relacionados con el uso de esta metodología” (Salazar, 2017, p.31).

En la empresa de fabricación de productos de plástico el problema es el alto tiempo muerto de maquinaria y la baja eficiencia de esta. Este problema se transforma en baja producción y gasto excesivo de recursos. Albornoz establece que es necesaria la elaboración de un registro de la siguiente información:

- Pronósticos de ventas a corto plazo, en unidades de producto
- Pedidos de productos reales o ya comprometidos con los clientes
- Capacidad de instalaciones y maquinarias
- Demanda
- Inventario de productos terminados en unidades de producto

Es imprescindible una continua actualización de datos e información del plan maestro de producción, ya que como es de naturaleza dinámica se actualiza semanalmente. Los pedidos pueden presentarse posteriores a los de inicio y por eso se requieren modificaciones constantes (Sánchez, 2013).

#### **1.3.5. Dimensiones del plan maestro**

- Demanda

La demanda es el dato de ingreso de todo PMP, esta se puede obtener por estimaciones o pronósticos. La obtención se puede lograr con base en registros

históricos que se tenga de ellas o por pedidos concretos de los clientes (Flores, 2013).

Dependiendo la fuente donde se obtenga el dato, se puede ser más exacto al producir. El riesgo de rotura de *stock* se puede evitar con cierta holgura o inventario de reserva.

- Capacidad de producción

La capacidad dependerá del tamaño de la empresa y de la variedad de productos que esta ofrezca. El cálculo puede ser por unidades por tiempo o bien por masa o peso por unidad de tiempo (Salazar, 2017).

En el caso de la empresa de fabricación de plástico se suele calcular en kilogramos de materia prima transformada. El lapso puede ser diario, semanal o mensual.

Un eficiente cálculo de la capacidad de producción se debe tener en cuenta:

- Identificar el o los cuellos de botella del sistema.
- Explotar dichos cuellos de botella, maximizando su eficiencia.
- Subordinar o alinear todas las decisiones de los demás procesos a la capacidad de los cuellos de botella.

### **1.3.6. Pronósticos**

Salazar argumenta sobre los pronósticos que “la elaboración de pronóstico es usada para tener un panorama del futuro y prevenir ciertas acciones a tomar. Estos se pueden realizar con base en registros pasados” (Salazar, 2017, p.28).

“Los pronósticos son incorrectos a menudo ya que difícilmente las ventas van a ser igual a la cantidad pronosticada y producida” (Albornoz, 1999, p.33).

Gálvez establece que “la preparación de pronósticos es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros. El método de emplear en la elaboración de pronósticos debe elegirse cuidadosamente” (Gálvez, 2017, p.45).

Los pronósticos son una herramienta fundamental para el diseño, ya que permiten establecer metas e indicadores. Las metas, dependiendo de la capacidad de producción, se llegan a cumplir.

#### **1.3.6.1. Tipos de pronóstico**

“Para un diseño de PMP es necesario utilizar pronósticos a corto plazo ya que se requiere de actualizaciones constantes para mejorar la eficiencia de la planta” (Salazar, 2017, p.27).

Flores argumenta que los pronósticos a corto plazo tienen un tiempo programado de hasta un año. La práctica o aplicación de estos es menor a tres meses (Flores, 2013).

Es necesario que los pronósticos sean a corto y mediano plazo. Es necesario que la información sea actualizada constantemente.

#### **1.3.6.2. Enfoques de pronósticos**

El enfoque del pronóstico es cuantitativo, ya que se basa en las unidades de ventas mensuales. Los pronósticos de demanda se generan junto con producción (D`alessio, 2004).

“El pronóstico cuantitativo maneja una variedad de modelos matemáticos que utilizan datos históricos o variables para pronosticar la demanda” (Sánchez, 2013, p.54).

#### **1.3.6.3. Modelos básicos de promedios**

Flores expone que el modelo para pronóstico puede ser: “promedios ponderados, en el cual se les da una diferente ponderación escogida personalmente a ciertos períodos por diversos factores” (Flores, 2013, p.37).

La ponderación se puede dar sea por época del año o por algún acontecimiento en estas fechas. Los promedios ponderados pueden ser más exactos en los casos de demandas discontinuas. Un método simple de realizar un pronóstico es el uso de promedios. En los promedios el valor de los registros pasados es igual para todos los períodos establecidos.

#### **1.3.6.4. Error de pronóstico**

Los pronósticos a menudo contienen errores. Estos errores de pronóstico se pueden clasificar en dos tipos: errores de sesgo y errores aleatorios. Los errores de sesgo son la variación que hay entre el pronóstico establecido y el dato real. Esta variación puede resultar de ignorar o no establecer correctamente los patrones o tendencias de la demanda.

El error aleatorio se puede dar a menudo por factores imprevisibles. Los factores, ya sean internos o externos, no pueden ser controlados de manera certera. Este error hace que el pronóstico hecho no concuerde con los datos reales obtenidos al final del ciclo (Velásquez, 1997).

Los pronósticos no suelen ser exactos, es necesario tener claro que estos pueden tener errores. La planeación agregada puede ser de ayuda para la absorción de estos errores sin incurrir en pérdidas.

## **2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para tratar el problema que se presenta por la falta de planeación de paros de maquinaria, es viable considerar la utilización de herramientas de gestión industrial, diseñar un plan maestro de producción para reducir el tiempo muerto de la maquinaria, partiendo de la determinación de la eficiencia de maquinaria que presenta la empresa antes del diseño, con el fin de tener un estado de referencia con el cual se pueda comparar y obtener resultados.

### **2.1. Determinación de la eficiencia**

Se midió durante tres meses la eficiencia de la maquinaria. Específicamente en la línea de producción de productos para el hogar. En total fueron cinco máquinas a las cuales se calculó su eficiencia diaria y mensual. Se realizaron graficas de los porcentajes obtenidos con los datos mensuales. Con el fin de tener un estado de referencia de la situación de la eficiencia de maquinaria.

### **2.2. Análisis de factores**

Con la información obtenida se analizaron los factores que intervienen en la eficiencia y paros de maquinaria, con el fin de poderlos cuantificar al grado de generalizar y enfocarse en ellos para el diseño del plan maestro.

### **2.3. Propuesta de plan maestro de producción**

Con el diseño de un plan maestro de producción se establece capacidades, metas e indicadores que logren tener claro a toda la organización la capacidad de oferta específica y así mismo la demanda que se puede llegar a tener para no

tener una escases ni un exceso de producción que genere gastos extras de almacenamiento, para lograr una buena planificación es necesario tener una clara y concisa comunicación entre las áreas de la empresa, identificando así los factores que más afectan al sistema de producción, estableciendo así metas y objetivos de cada departamento y puesto de trabajo.

Un plan maestro de producción debe producir los siguientes resultados:

- Cantidad que debe ser producida en cada proceso con fechas límite
- Personal y recursos involucrados en producción
- Cantidad de producto disponible
- Capacidad libre para futuros pedidos

Para lograrlo, es necesario que la empresa tenga en cuenta una serie de elementos que influyen en la producción.

- Pronóstico de demanda

A la hora de elaborar el plan maestro, se suelen utilizar tres fuentes diferentes de información:

- El inventario
- Los pedidos de los clientes
- Pronóstico de demanda

Estas fuentes son adjudicadas a las áreas de almacenamiento y ventas, estas tienen la responsabilidad de coordinar que el inventario este abastecido y no ocurran pérdidas por incumplimiento de la demanda.



- Disponibilidad de los materiales

Otro de los elementos fundamentales para que el plan maestro sea realista es el conocimiento de la capacidad disponible. Para obtener esos datos, se lleva a cabo una planificación muy a corto plazo, inferior a tres meses.

El área de proveedores y compras es el responsable de tener abastecida la materia prima necesaria para cumplir con los requerimientos de producción.

- Tiempo de producción

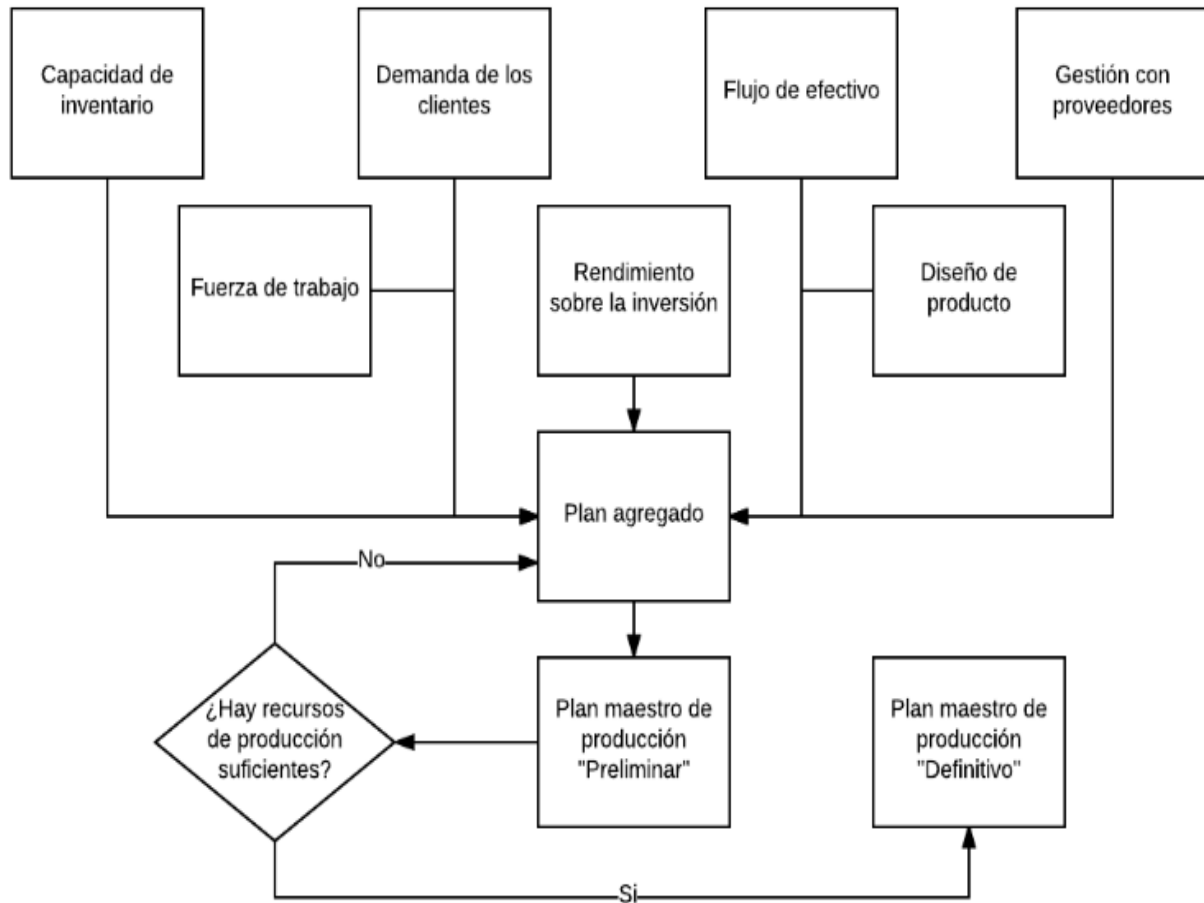
Un plan maestro de producción no se puede elaborar sin saber el tiempo que se tarda en elaborar un producto o servicio, sin importar el sistema de trabajo. Una vez que se tiene esa información, ya es posible comprometerse con los clientes para entregar el pedido en una fecha concreta.

- Horizonte

Aparte del tiempo de producción de cada producto, hay otra escala temporal relacionada con la elaboración del MPS. Se trata del tiempo durante el cual se va a ejecutar el plan.

No existe un periodo concreto, sino que depende del tipo de producto, del volumen de la producción y de los componentes. Por eso, puede ir desde unas horas hasta varias semanas y meses.

Figura 1. Recursos de áreas para el plan maestro de producción



Fuente: elaboración propia.

### 2.3.1. Ejemplo de pronósticos de producción

- Datos:
- Máquina: 125
- Producto: caja 2L
- Tiempo de moldeo: 20 segundos
- Orden de producción: 75,000 unidades

El pronóstico se detalla en la siguiente tabla:

Tabla II. **Ejemplo pronóstico, mes de junio, máquina 125**

<b>Junio</b>				
<b>Semanas</b>	1	2	3	4
<b>Inventario inicial</b>	0	21,168	42,336	63,504
<b>Unidades pronosticadas ideal</b>	30,240	30,240	30,240	30,240
<b>Pedidos</b>	75,000	75,000	75,000	75,000
<b>PMP</b>	21,168	21,168	21,168	11,496
<b>Inventario final</b>	21,168	42,336	63,504	0

Fuente: elaboración propia.

Productos del pronóstico:

- El pronóstico de producción es de 25 días tomando el plan maestro de producción de referencia, con una eficiencia de maquinaria del 70 %.
- Se propone que a partir del día 22 se monitoree la orden y se establezcan órdenes futuras con el fin de anticipar el cambio de molde y disminuir el tiempo de cambio de línea de producción.
- Coordinar con el área de compras el abastecimiento de materia prima en los días precisos para la próxima producción.
- La capacidad de producción libre para completar el mes es de 9,500 unidades, el área de almacenamiento y bodega es responsable de dar la orden de completar el mes o producción exacta, en los primeros 5 días del mes.

Los pronósticos son generados para cada orden de producción, los cuales no van alineados mensualmente sino a la ordenes de ventas, cada máquina suele tener de dos o tres pronósticos cada mes, los pronósticos de producción son de herramienta para la planificación anticipada de cambios de molde, comunicación entre las áreas de la cadena de suministro de la empresa, con el fin de aumentar la eficiencia de maquinaria, para las tres máquinas del plan piloto se realizaron estos pronósticos en los tres meses del diseño del plan maestro de producción.

#### **2.4. Cuantificación de datos**

Cada producto tiene un tiempo de ciclo denominado tiempo de moldeo. Este tiempo determina la cantidad ideal de producción que se podría tener trabajando a una eficiencia del 100 %; por ejemplo, un producto cuyo ciclo de moldeo sea 30 segundos tendrá una producción ideal de 120 unidades por hora.

La planta de producción trabaja 24 horas diarias. Las máquinas idealmente no deberían parar; por ello este ejemplo ideal mente debe tener 2880 unidades producidas diariamente.

Debido a diferentes factores, las máquinas no logran entregar la cantidad de unidades ideales, al finalizar el día se cuentan las unidades entregadas por la maquinaria lo cual se denomina unidades reales.

La razón de las unidades reales entre las unidades ideales es lo que se denomina eficiencia.

De igual forma puede haber unidades que no sean producidas bien lo cual se le denomina unidades defectuosas. A la razón de estas unidades defectuosas

entre el número de unidades reales producidas se le denomina porcentaje de producto defectuoso.

Las variables calculadas fueron: el número de unidades producidas diariamente reales, el número de unidades defectuosas la eficiencia en relación con unidades reales e ideales y el porcentaje de unidades defectuosas.



### **3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación, se presentan los siguientes resultados: determinar la eficiencia de la maquinaria utilizada para la fabricación de cajas de plástico en la empresa.

#### **3.1. Maquinaria medida**

En la planta de producción la maquinaria se identifica por su número de toneladas. El tonelaje de las máquinas esta dado dependiendo de la presión con que cierra la prensa, está dado en toneladas métricas y es la presión por pulgada cuadrada que aplica la prensa.

##### **3.1.1. Eficiencia máquina 125**

Esta máquina es utilizada para producir artículos para el hogar de los cuales se cuenta con una gran variedad en la planta de producción.

##### **3.1.1.1. Máquina 125, mes de marzo**

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de marzo de la máquina 125.

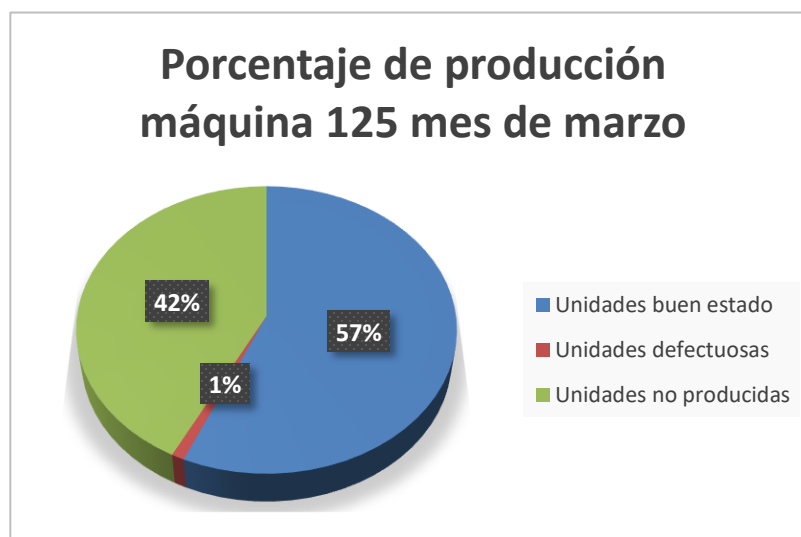
Tabla III. **Cuantificación de eficiencia total, mes de marzo, máquina 125**

Unidades producidas totales	104699
Unidades en buen estado real	103454
Unidades defectuosas	1342
Unidades ideales producidas	185454
Unidades no producidas	80755
Eficiencia	57 %
Porcentaje producto defectuoso	1.2 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de marzo.

Figura 2. **Porcentajes de producción de abril, máquina 125**



Fuente: elaboración propia.



### 3.1.1.2. Máquina 125, mes de abril

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de abril de la máquina 125.

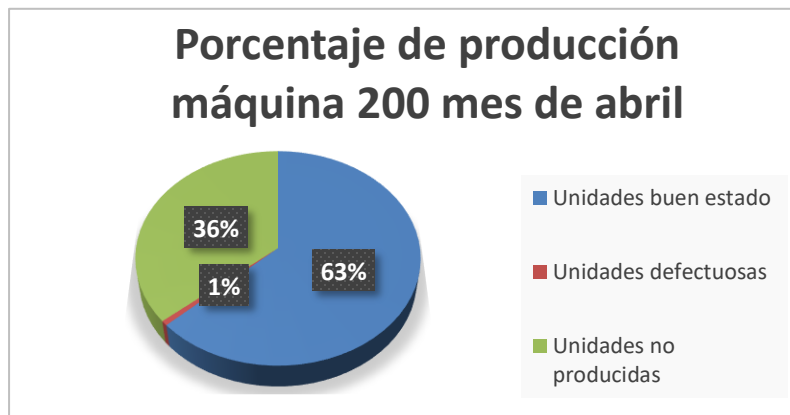
Tabla IV. **Cuantificación de eficiencia total, mes de abril, máquina 125**

Unidades producidas	113993
Unidades buen estado	112748
Unidades defectuosas	1047
Unidades ideales	178560
Unidades no producidas	64567
Eficiencia	63 %
porcentaje de producto defectuoso	1.1 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de abril.

Figura 3. **Porcentajes de producción de abril, máquina 125**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.3. Máquina 125, mes de mayo

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de mayo de la máquina 125.

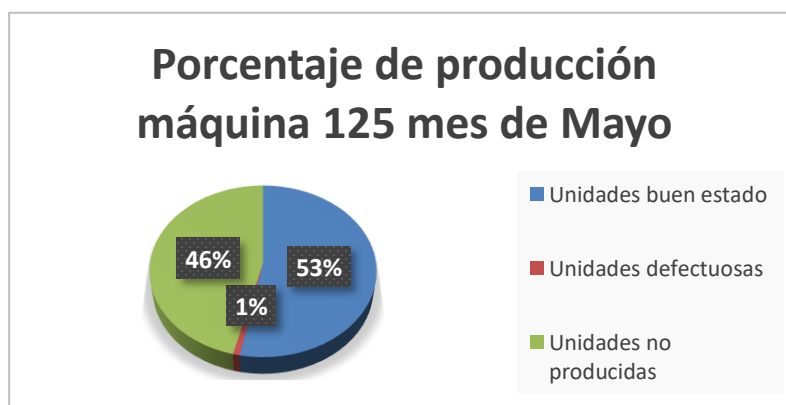
Tabla V. **Cuantificación de eficiencia total, mes de mayo, máquina 125**

Unidades producidas	72490
Unidades buen estado	71245
Unidades defectuosas	974
Unidades ideales	134547
Unidades no producidas	62057
Eficiencia	53 %
porcentaje de producto defectuoso	1.7 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de mayo.

Figura 4. **Porcentajes de producción de mayo, máquina 125**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Máquina 200

Esta máquina es utilizada para producir artículos para el hogar de los cuales se cuenta con una gran variedad en la planta de producción.

#### 3.1.2.1. Máquina 200, mes de marzo

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de marzo de la máquina 200.

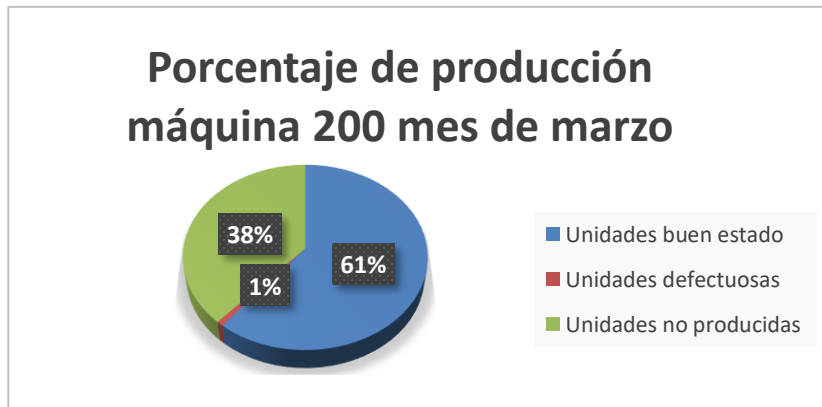
Tabla VI. **Cuantificación de eficiencia total, mes de marzo, máquina 200**

Unidades producidas totales	94486
Unidades en buen estado real	93241
Unidades defectuosas	1074
Unidades ideales producidas	153247
Unidades no producidas	58761
Eficiencia	61 %
Porcentaje producto defectuoso	1.3 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de marzo.

Figura 5. **Porcentajes de producción de marzo, máquina 200**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2.2. Máquina 200, mes de abril

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de abril de la máquina 200.

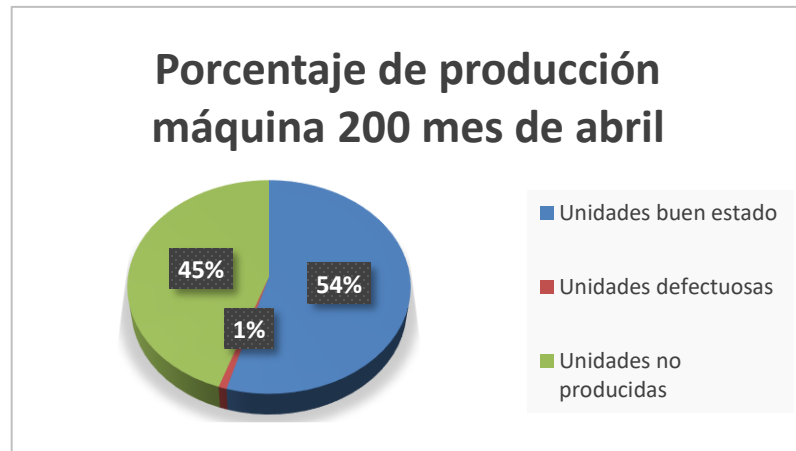
Tabla VII. **Cuantificación de eficiencia total, mes de abril, máquina 200**

Unidades producidas	74355
Unidades buen estado	73214
Unidades defectuosas	1141
Unidades ideales	134548
Unidades no producidas	60193
Eficiencia	54 %
porcentaje de producto defectuoso	1.5 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de abril.

Figura 6. **Porcentajes de producción de abril, máquina 200**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2.3. Máquina 200, mes de mayo

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de mayo de la máquina 200.

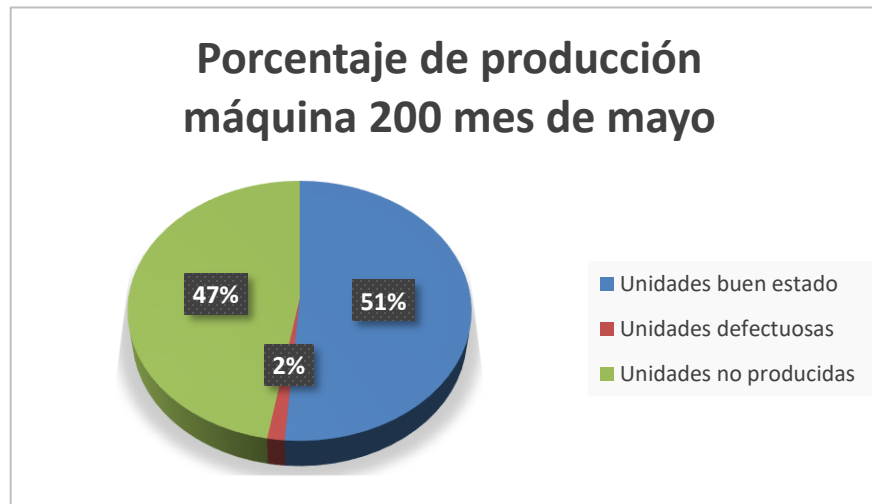
Tabla VIII. **Cuantificación de eficiencia total, mes de mayo, máquina 200**

Unidades producidas	61959
Unidades buen estado	60214
Unidades defectuosas	1832
Unidades ideales	117454
Unidades no producidas	55495
Eficiencia	51 %
porcentaje de producto defectuoso	2.8 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de mayo.

Figura 7. **Porcentajes de producción de mayo, máquina 20**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. **Eficiencia, máquina 225**

Esta máquina es utilizada para producir artículos para el hogar de los cuales se cuenta con una gran variedad en la planta de producción.

#### 3.1.3.1. **Máquina 225, mes de marzo**

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de marzo de la máquina 225.

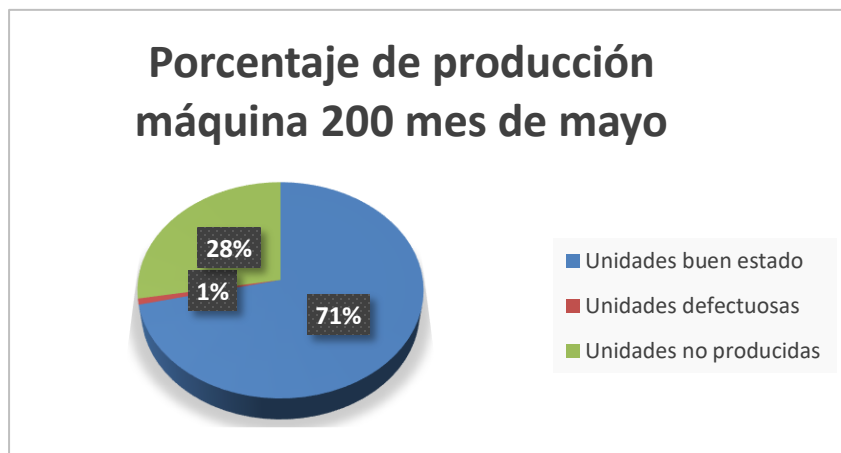
Tabla IX. **Cuantificación de eficiencia total, mes de marzo, máquina 225**

Unidades producidas totales	126118
Unidades en buen estado real	124571
Unidades defectuosas	1547
Unidades ideales producidas	174547
Unidades no producidas	48429
Eficiencia	71 %
Porcentaje producto defectuoso	1.2 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de marzo.

Figura 8. **Porcentajes de producción de marzo, máquina 225**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3.2. Máquina 225, mes de abril

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de abril de la máquina 225.

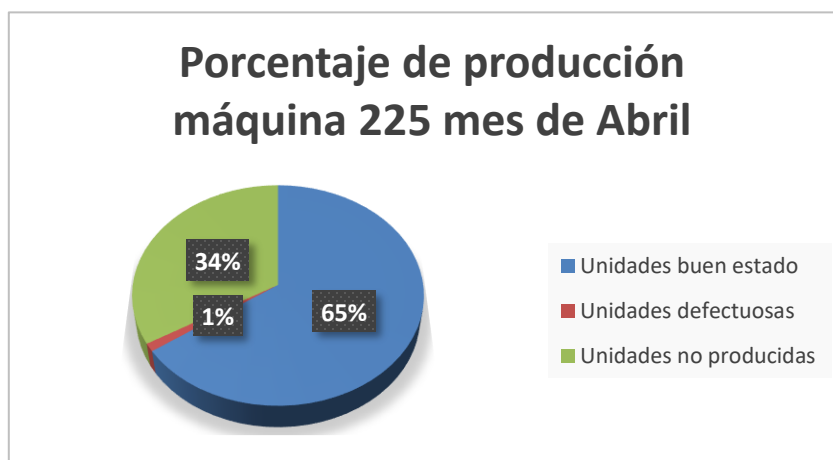
Tabla X. **Cuantificación de eficiencia total, mes de abril, máquina 225**

Unidades producidas	59784
Unidades buen estado	70412
Unidades defectuosas	1371
Unidades ideales	107845
Unidades no producidas	36188
Eficiencia	65 %
porcentaje de producto defectuoso	2.1 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de abril.

Figura 9. **Porcentajes de producción de abril, máquina 225**



Fuente: elaboración propia.



### 3.1.3.3. Máquina 225 mes de mayo

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente para el mes de mayo de la máquina 225.

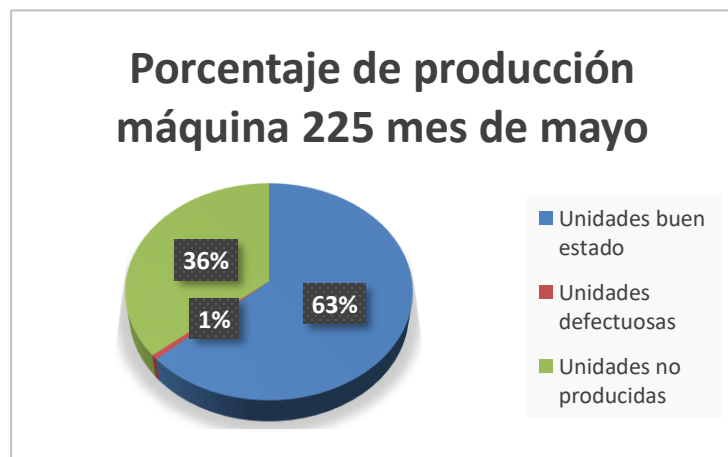
Tabla XI. **Cuantificación de eficiencia total, mes de mayo, máquina 225**

Unidades producidas	113993
Unidades buen estado	112748
Unidades defectuosas	1245
Unidades ideales	178560
Unidades no producidas	64567
Eficiencia	63 %
porcentaje de producto defectuoso	1.1 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente i figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de mayo.

Figura 10. **Porcentajes de producción de mayo, máquina 225**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Factores que afectan la eficiencia de maquinaria

Se presentan los resultados con base en el objetivo número dos, analizar los factores que intervienen en la eficiencia de la maquinaria. Los factores que afectan a la eficiencia de maquinaria pueden ser diversos, tanto cualitativos subjetivos como cuantitativos objetivos. Para tener resultados favorables en el diseño del plan maestro de producción se enfocó en determinar los factores cuantitativos y generalizarlos objetivamente para llevar a cabo la realización y ejecución del plan.

Con la información obtenida de la eficiencia de la maquinaria en la planta de producción se logró identificar y calcular una serie de factores y patrones que repercuten en esta eficiencia. Los factores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XII. Factores que afecta la eficiencia de maquinaria

<b>Factor</b>	<b>Repercusión</b>
Tiempo de cambio de molde	33 %
Inexistencia de pronósticos de producción	27 %
Inconveniente comunicación entre áreas de la cadena de suministro	19 %
Inconvenientes en almacenamiento y suministro de materia prima	14 %

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Resultados con la utilización del plan maestro de producción**

Se presentan los resultados de la utilización de un plan maestro de producción y ejecución en un plan piloto aplicando esta metodología en tres máquinas de la planta específicamente máquina 125, 200 y 225 se presentan los siguientes resultados. Con base en el objetivo número tres: determinar los beneficios en cuanto a la mejora de eficiencia en la maquinaria utilizada en una empresa de fabricación de plástico con el diseño de un plan maestro de producción.

#### **3.3.1. Eficiencia, máquina 125**

Esta máquina es utilizada para producir artículos para el hogar de los cuales se cuenta con una gran variedad en la planta de producción. Los artículos producidos por la máquina pueden variar en el mes cada uno con diferentes cualidades en tiempo de moldeo, por ello las unidades ideales no siempre son las mismas en el transcurso del mes.

##### **3.3.1.1. Máquina 125, mes de junio**

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de junio en la máquina 125, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

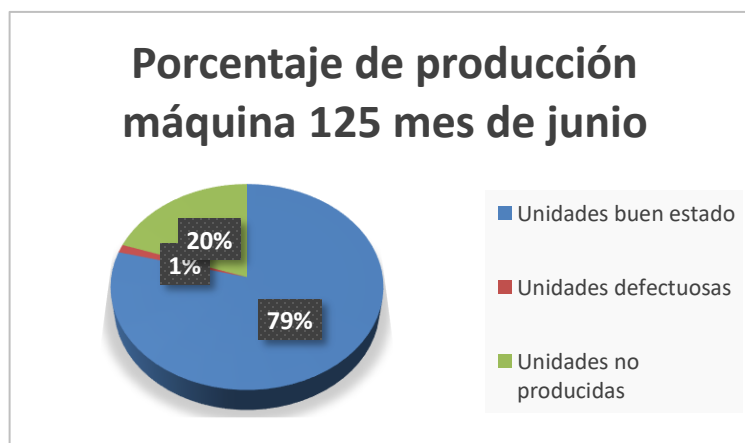
Tabla XIII. **Cuantificación de eficiencia total, mes de junio, máquina 125**

Unidades producidas totales	156157
Unidades en buen estado real	153742
Unidades defectuosas	2415
Unidades ideales producidas	194547
Unidades no producidas	38390
Eficiencia	79 %
Porcentaje producto defectuoso	1.5 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de junio.

Figura 11. **Porcentajes de producción de junio, máquina 125**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.2. Máquina 125, mes de julio

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de julio en la máquina 125, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

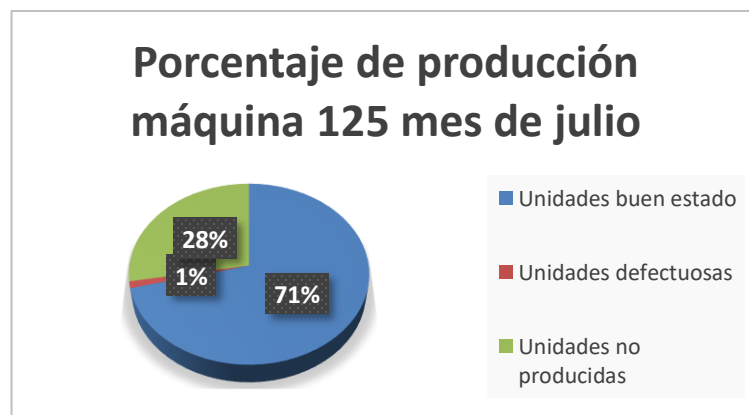
Tabla XIV. **Cuantificación de eficiencia total, mes de julio, máquina 125**

Unidades producidas	126588
Unidades buen estado	124514
Unidades defectuosas	2074
Unidades ideales	175300
Unidades no producidas	48712
Eficiencia	71 %
porcentaje de producto defectuoso	1.6 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de julio.

Figura 12. **Porcentajes de producción de julio, máquina 125**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.3. Máquina 125, mes de agosto

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de agosto en la máquina 125, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

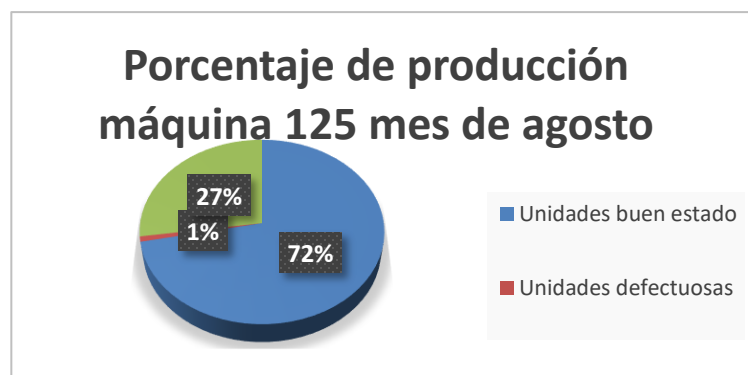
Tabla XV. **Cuantificación de eficiencia total, mes de agosto, máquina 125**

Unidades producidas	109219
Unidades buen estado	107845
Unidades defectuosas	1374
Unidades ideales	150230
Unidades no producidas	41011
Eficiencia	72 %
porcentaje de producto defectuoso	1.3 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de julio.

Figura 13. **Porcentajes de producción de agosto, máquina 125**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Eficiencia, máquina 200

Los artículos producidos por la máquina pueden variar en el mes cada uno con diferentes cualidades en tiempo de moldeo, por ello las unidades ideales no siempre sean las mismas en el transcurso del mes.

#### 3.3.2.1. Máquina 200, mes de junio

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de junio en la máquina 200, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

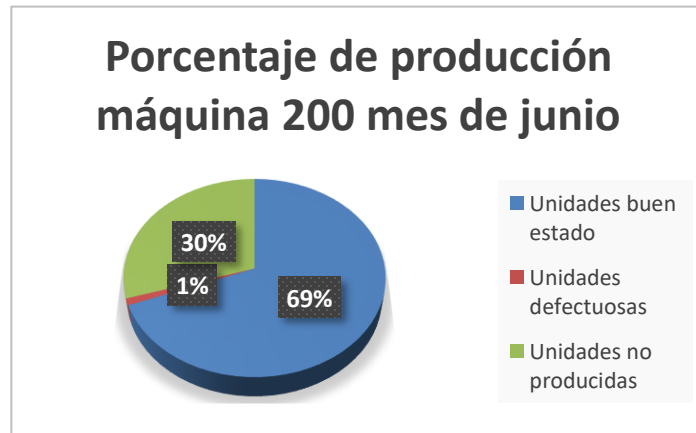
Tabla XVI. **Cuantificación de eficiencia total, mes de junio, máquina 200**

Unidades producidas	137166
Unidades buen estado	135021
Unidades defectuosas	2145
Unidades ideales	195370
Unidades no producidas	58204
Eficiencia	69 %
porcentaje de producto defectuoso	1.6 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de junio.

Figura 14. **Porcentajes de producción de junio, máquina 200**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2.2. **Máquina 200, mes de julio**

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de julio en la máquina 200, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

Tabla XVII. **Cuantificación de eficiencia total, mes de julio, máquina 200**

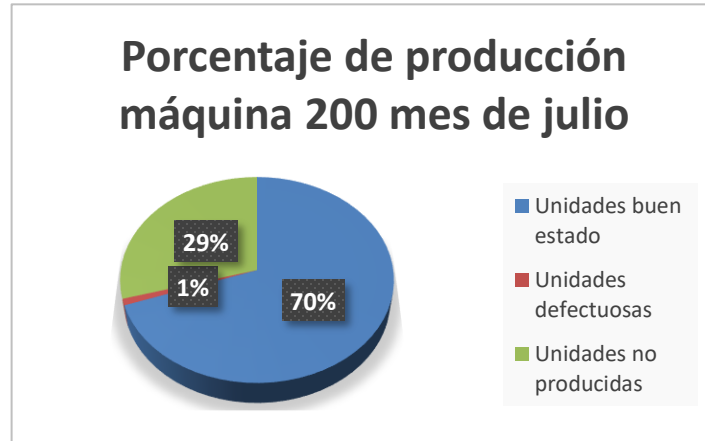
Unidades producidas	120163
Unidades buen estado	118452
Unidades defectuosas	1711
Unidades ideales	50087
Unidades no producidas	170250
Eficiencia	70 %
porcentaje de producto defectuoso	1.4 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente imagen se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de julio.



Figura 15. **Porcentajes de producción de julio, máquina 200**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2.3. Máquina 200, mes de agosto

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de agosto en la máquina 200, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

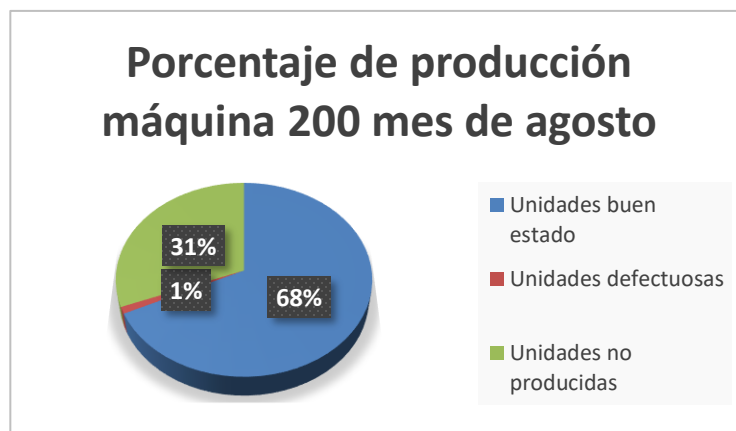
Tabla XVIII. **Cuantificación de eficiencia total, mes de agosto, máquina 200**

Unidades producidas	96782
Unidades buen estado	95235
Unidades defectuosas	1547
Unidades ideales	140215
Unidades no producidas	43433
Eficiencia	68 %
porcentaje de producto defectuoso	1.6 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de agosto.

Figura 16. **Porcentajes de producción de agosto, máquina 200**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Eficiencia, máquina 225

Los artículos producidos por la máquina pueden variar en el mes cada uno con diferentes cualidades en tiempo de moldeo, por ello las unidades ideales no siempre sean las mismas en el transcurso del mes.

#### 3.3.3.1. Máquina 225, mes de junio

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de junio en la máquina 225, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

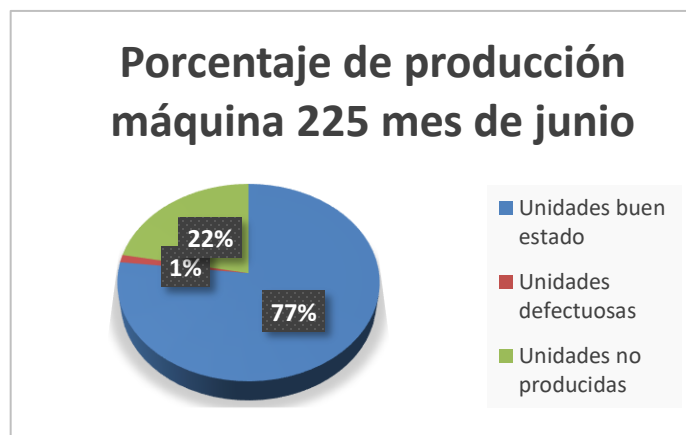
Tabla XIX. **Cuantificación de eficiencia total mes de junio, máquina 225**

Unidades producidas	117591
Unidades buen estado	115748
Unidades defectuosas	1843
Unidades ideales	150714
Unidades no producidas	33123
Eficiencia	77 %
porcentaje de producto defectuoso	1.6 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente i figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de junio.

Figura 17. **Porcentajes de producción de junio, máquina 225**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3.2. Máquina 225, mes de julio

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de julio en la máquina 225, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

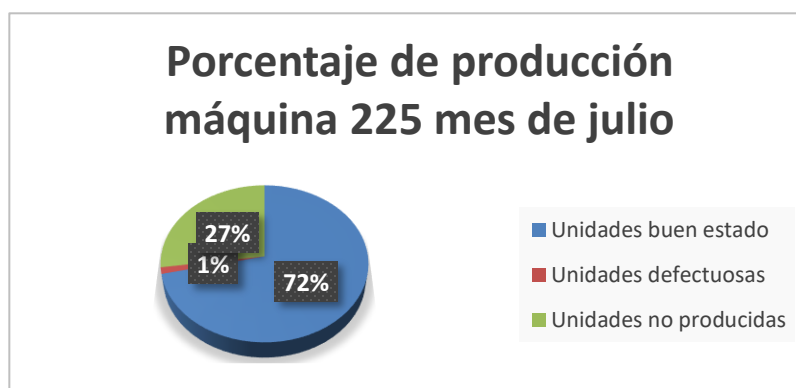
Tabla XX. **Cuantificación de eficiencia total, mes de julio, máquina 225**

Unidades producidas	116601
Unidades buen estado	114456
Unidades defectuosas	2145
Unidades ideales	160230
Unidades no producidas	43629
Eficiencia	72 %
porcentaje de producto defectuoso	1.8 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes de julio.

Figura 18. **Porcentajes de producción de julio, máquina 225**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3.3. Máquina 225, mes de agosto

En la siguiente tabla se presenta un total de los datos calculados diariamente, para el mes de agosto en la máquina 225, luego de realizar la propuesta del plan maestro de producción para disminuir los paros.

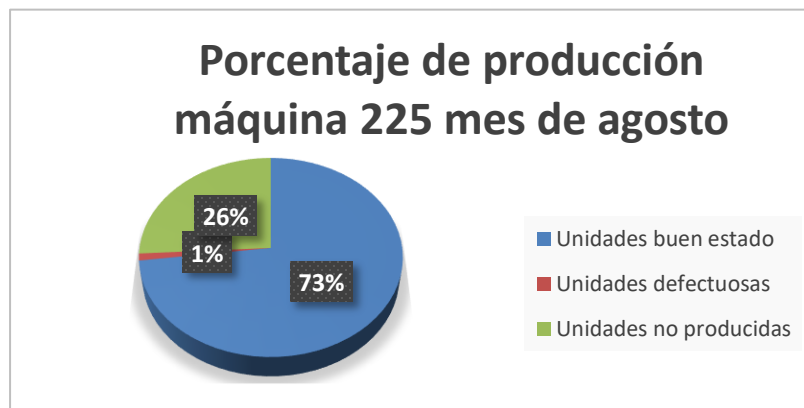
Tabla XXI. **Cuantificación de eficiencia total, mes de agosto, máquina 225**

Unidades producidas	142406
Unidades buen estado	140252
Unidades defectuosas	2154
Unidades ideales	192170
Unidades no producidas	49764
Eficiencia	73 %
porcentaje de producto defectuoso	1.2 %

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta una gráfica con los porcentajes de eficiencia con base en la producción ideal para el mes agosto.

Figura 19. **Porcentajes de producción de agosto, máquina 225**



Fuente: elaboración propia.



## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis interno

Al realizar un diseño de plan maestro de producción para mejorar la eficiencia de maquinaria utilizada en la organización, una fortaleza en la empresa es la coordinación, la organización y el control constante de las diferentes áreas de la cadena de suministro, informar y establecer gestiones que logren los objetivos en conjunto de la planeación.

Morales es su investigación establece que, aproximado de 90 días, desde el cálculo del pronóstico de las ventas hasta la ejecución de la herramienta definida. (Morales, 2012, p.21).

Es necesario que los pronósticos y comunicación en la empresa sea dinámica, específicamente entre las áreas de producción y ventas, en ocasiones estas áreas trabajan aisladamente lo que dificulta el cumplimiento de los objetivos.

La falta de comunicación entre las áreas de compras y proveedores de materia prima, y el área de producción es una debilidad de la empresa, Sánchez establece un programa de producción que se encarga de establecer los insumos a utilizar, esto para no incurrir en paros de fabricación por falta de materiales, que es un problema que la empresa ha venido teniendo.

Estos paros generan pérdida por demora y rechazo por el cliente. Otro problema que indica es la falta de comunicación en las áreas de proveedores, compra de materia prima, producción y ventas.

#### **4.2. Análisis externo**

No tener pronósticos certeros y periódicos de producción y ventas es una debilidad al diseñar un eficiente plan maestro de producción. Gutiérrez argumenta que el problema de la falta de planificación de producción de la empresa crea una incertidumbre al no tener clara la cantidad de producción diaria. No saber la capacidad de producción hace difícil la labor de establecimiento de metas e indicadores que ayuden a tener una buena eficiencia.

Las amenazas en el diseño de un plan maestro de producción se presentan en la ineficacia de los pronósticos realizados, ya que estos pueden tener cierta incerteza debido a factores de demanda variante.

La fabricación de productos atrasados genera ineficiencia y pérdidas por costos de almacenamiento de productos.

#### **4.3. Eficiencia calculada**

Se midió la eficiencia durante tres meses específicamente de tres máquinas con la intención de encontrar los factores que repercuten en los paros y baja eficiencia, al realizar este estudio se evidencio que la eficiencia mensual de la maquinaria es relativamente baja principalmente por los paros en largos periodos.



La eficiencia calculada de las tres máquinas seleccionadas y los tres meses definidos se presenta en resumen en la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Eficiencia mensual por máquina**

Máquina	Eficiencia			Promedio
	Marzo	Abril	Mayo	
125	57 %	63 %	53 %	57.67 %
200	61 %	54 %	51 %	55.33 %
225	71 %	65 %	53 %	63.00 %
Promedio total				58.67 %

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia promedio total de las tres máquinas en los tres meses calculados es de 58.67 %, lo que representa un 41.33 % de artículos no producidos y gastos fijos de producción desaprovechados en ese transcurso de tiempo.

#### **4.4. Factores que inciden en la eficiencia**

Luego de calcular la eficiencia de tres máquinas, observar y registrar las causas por las cuales la maquinaria disminuía la eficiencia. Se obtuvieron los factores que repercuten en está siendo los siguientes:

Tiempo de cambio de molde este es el factor más grande representa un 33% del tiempo muerto de maquinaria. Al terminar una orden de producción las máquinas pueden llegar a permanecer paradas hasta tres días, lo que repercute en una disminución de eficiencia significativa.

Inexistencia de pronósticos de producción representa un 27 % del tiempo muerto de maquinaria. El no conocer la fecha aproximada del final de producción, conduce que al terminar una línea de producción se tenga parada por mucho tiempo la máquina.

La falta de comunicación de la cadena de suministro genera un 19 % de tiempo muerto en la maquinaria. El trabajo aislado de cada área causa que no sea eficiente el funcionamiento de cada máquina, es necesario que las áreas trabajen en conjunto con una sinergia precisa.

#### 4.5. Eficiencia con la propuesta del plan maestro de producción

Luego de presentar la propuesta de la utilización de un plan maestro de producción que logre reducir el tiempo muerto de maquinaria, se calculó por tres meses la misma maquinaria medida anteriormente, enfocándose en los factores encontrados que producían la baja eficiencia de maquinaria.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla XXIII. **Eficiencia mensual por máquina con plan maestro**

Máquina	Eficiencia			Promedio
	Junio	Julio	Agosto	
125	79 %	71 %	72 %	74.00 %
200	69 %	70 %	68 %	69.00 %
225	77 %	72 %	73 %	74.00 %
Promedio total				72.33 %

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la propuesta del plan maestro de producción fueron favorables disminuyendo los paros de maquinaria y aumentado la eficiencia significativamente.

El cambio de eficiencia de cada máquina promedio durante los primeros tres meses y los siguientes tres meses proponiendo el plan maestro se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Comparación de eficiencia**

<b>Máquina</b>	<b>Eficiencia Primeros 3 meses</b>	<b>Eficiencia 3 meses con PMP</b>	<b>Diferencia</b>
125	57.67 %	74.33 %	16.33 %
200	55.33 %	69.00 %	13.67 %
225	63.00 %	74.00 %	11.00 %
<b>Totales</b>	<b>58.67 %</b>	<b>72.33 %</b>	<b>13.66 %</b>

Fuente: elaboración propia.

La diferencia de eficiencia en cada máquina es positiva siendo mayor del diez por ciento lo que representa más artículos producidos y mejor aprovechamiento de los recursos y costos fijos de producción.

Para lograr obtener este aumento de eficiencia de la maquinaria, se enfocó en mejorar los factores descritos anteriormente como:

El tiempo de cambio de molde, el cual se disminuyó con la utilización de planificación anticipada por parte de los departamentos de ventas, producción y

mantenimiento; lo que disminuyó este tiempo y afectó cuantitativamente a la eficiencia de la maquinaria.

Se realizaron pronósticos de producción con los cuales se tiene una visión más certera del tiempo que tardará la orden, los recursos de mano de obra que se utilizarán y las fechas preliminares de cambio de molde y línea de producción, así como el involucramiento de la cadena de las áreas de la cadena de suministro.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó la eficiencia de la maquinaria antes de la propuesta del plan maestro de producción la cual fue de 58.67 %, esto permitió tener un estado de referencia y analizar las causas como el tiempo de cambio de molde, la falta de planificación y la mala comunicación entre área, que repercutían en la eficiencia.
  
2. Se analizaron los factores que intervienen en la eficiencia, estos factores generan tiempo muerto de maquinaria, incumplimiento de metas de producción, mal utilización de recursos fijos de producción, como mano de obra y alquiler de espacios. Estos factores son:
  - Tiempo de cambio de molde.
  - Inexistencia de pronósticos de producción.
  - Inconveniente comunicación entre áreas de la cadena de suministro.
  - Inconvenientes en almacenamiento y suministro de materia prima.
  
3. En cuanto a los beneficios con el plan piloto del plan maestro de producción se aumentó la eficiencia en la maquinaria intervenida, así como la disminución de tiempo muerto de maquinaria, el aumento de producción, el cumplimiento de metas y pronósticos con el departamento de ventas, el mejor aprovechamiento de recursos para la producción.

4. Se diseñó de un plan maestro de producción para ayudar a aumentar la eficiencia de la planta de producción de artículos de plástico, con un análisis continuo de los factores, generación de pronósticos y planes de anticipación en el cambio de molde de la maquinaria que afectan el tiempo muerto de la maquinaria; con la propuesta de las mejoras se logra aumentar la eficiencia en un 13.66 %.

## RECOMENDACIONES

1. Al determinar la eficiencia de la maquinaria, se debe tener en cuenta la producción ideal de cada maquinaria, esta es asumiendo un 100 % de eficiencia, al igual que los productos defectuosos y determinar la diferencia, el porcentaje de productos reales contra ideales en cada maquinaria.
2. El factor de tiempo, cambio de molde, es primordial en la eficiencia de maquinaria es necesario una supervisión y análisis mensual, así como un sistema de anticipación para disminuir el tiempo muerto de maquinaria; que tome en cuenta los factores cualitativos como la comunicación entre áreas y la disponibilidad de materiales, se puede llegar a impactar cuantitativamente la eficiencia de maquinaria.
3. Para la aplicación del diseño del plan maestro de producción es requerida la disponibilidad de los gerentes y supervisores de cada área de la cadena de suministro, esto para obtener los beneficios de optimización de operaciones, el cumplimiento de metas y pronósticos, y garantizar el control de producción y reducción de costos.
4. Para cumplir con los objetivos del plan maestro de producción es necesario una ejecución, un control y una supervisión de los pronósticos realizados con horizonte de tiempo no mayor a 15 días, debido al dinamismo que este implica, tener una estandarización de procesos es una herramienta primordial en el plan maestro de producción.





## REFERENCIAS

1. Albornoz, V. (1999). *Modelos de optimización robusta para un problema de planificación agregada de la producción bajo incertidumbre en la demanda*. México: Limusa.
2. Boiteux, O.; Corominas, A.; Lusa, A. (2007). *Estado del arte sobre planificación agregada de la producción* (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
3. Buffa, E. (1992). *Administración de la producción y de las operaciones*. México: Limusa.
4. D`alessio, F. (2004). *Administración y dirección de la producción*. Edo. México: Pearson Educación de México, S.A.
5. Díaz, M. (2011). *Propuesta del sistema de control para una máquina de inyección de plástico* (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.
6. Flores, M. (2013). *Propuesta de implementación de un MRP II para una planta de confecciones textiles* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
7. Gálvez, B. (2017). *Planeación financiera de corto plazo en empresas que prestan servicios de seguridad privada en la Ciudad de Guatemala*

(Tesis de Maestría). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

8. Gianni, B. (1992). *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plástico*. México: McGraw-Hill Interamericana.
9. Gómez, K. (2011). *Elaboración de un plan de control de la producción para incrementar la eficiencia y productividad en una empresa dedicada a la manufactura de colchas y cubrecamas* (Tesis de Maestría). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
10. Gutiérrez, N. (2014). *Diseño de plan maestro de producción para la pesquera Transantartic* (Tesis de Maestría). Universidad Austral de Chile, Chile.
11. Hernández, S.; Fernández, C.; Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
12. Lee, J. (2004). *Administración de operaciones, estrategias y análisis*. México: Pearson Educación.
13. Minik, W. (1990). *Inyección de plástico*. México: McGraw-Hill Interamericana.
14. Morales, F. (2012). *Plan maestro para la producción de la categoría de carnicería de una cadena de supermercados* (Tesis de Maestría). Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

15. Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México D.F: Litográfica Ingramex, S. A.
16. Noori, H., (1997). *Administración de operaciones y producción*. México: McGraw-Hill.
17. Revollo, I. (2012). *Propuesta para el mejoramiento de la producción en alimentos SAS S.A., a través de la estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción* (Tesis de Maestría). Universidad Javerian, Bogotá.
18. Salazar, C. (2017). *Implementación del plan maestro de producción para la reducción de costos de la planta de derivados lácteos D'puyusk en Ayacucho* (Tesis de Maestría). Universidad César Vallejo, Perú.
19. Sánchez, E. (2013). *Plan maestro de producción para el control de inventario en la empresa Davmotor Cía* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
20. Velásquez, M. (1997). *Administración de los sistemas de producción*. México D.F: Limusa.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. Tabulación de datos

<b>Máquina</b>			<b>Fecha</b>		
<b>Peso</b>			<b>Producto</b>		
<b>Datos</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>
Producción de máquina real					
Productos defectuosos					
Producto entregado en bodega en buen estado					
Producción de maquinaria ideal					
Eficacia de porcentaje de producción real					
Eficiencia con base en producción real y defectuosa					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Recolección de datos**

<b>Máquina</b>	<b>Fecha</b>	<b>Operarios</b>	<b>Producto</b>
<b>Hora de paro</b>		<b>Hora de inicio</b>	<b>Observaciones</b>

Fuente: elaboración propia.