



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CAJAS  
CHINAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN  
UNA EMPRESA METALMECÁNICA, CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Alexandra Tatiana Valera Espinoza

Asesor:

Ing. Elmer Aguilar Briones  
Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

*A mis padres, quienes siempre me brindan su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida; por su esfuerzo, dedicación y paciencia, que hicieron posible mi formación personal y académica.*

*A mis hermanos por su compañía, apoyo y constante motivación día a día.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios, por forjar mi camino y guiarme, por acompañarme en todo momento y permitir el logro de mis metas.*

*Un agradecimiento a mi asesor, el Ing. Elmer Aguilar, por su paciencia, apoyo y motivación durante el desarrollo de esta tesis; quien se ha tomado el trabajo de trasmitirme sus conocimientos en el campo que corresponde a mi profesión.*

*Agradezco a todos mis amigos, familiares y compañeros por la amistad, cariño, apoyo y motivación, que ha aportado en un alto porcentaje a mis ganas de continuar y vencer los obstáculos en mi carrera profesional.*

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	14
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	48
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	117
REFERENCIAS	119
ANEXOS	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas de recolección de información empleadas .....	14
Tabla 2: Detalle de técnicas para el recojo de información.....	15
Tabla 3: Valoración Westinghouse.....	25
Tabla 4: Pedidos adicionales realizados Enero – Junio 2018.....	60
Tabla 5: Frecuencia de incidencia de problemas.....	65
Tabla 6: Operacionalización de variables.....	71
Tabla 7: Propuestas de solución a problemas.....	72
Tabla 8: Resumen estudio de tiempos .....	74
Tabla 9: Resumen de resultados de pronósticos.....	75
Tabla 10: Pronostico por regresión lineal.....	75
Tabla 11: Plan maestro de producción ENERO 2019 .....	76
Tabla 12: Análisis capacidad Enero 2019 .....	77
Tabla 13: Plan maestro de producción FEBRERO 2019 .....	77
Tabla 14: Análisis capacidad Febrero 2019. ....	77
Tabla 15: Plan maestro de producción MARZO 2019 .....	78
Tabla 16: Análisis capacidad Marzo 2019. ....	78
Tabla 17: Lista de materiales caja china.....	80
Tabla 18: Lista de materiales parrilla mix .....	81
Tabla 19: Datos para MRP cajas chinas .....	82
Tabla 20: Requerimiento de materiales para caja chinas .....	82
Tabla 21: Datos para MRP parrillas mix .....	83
Tabla 22: Requerimiento de materiales para parrilla mix .....	83
Tabla 23: Producción lote a lote.....	84
Tabla 24: Producción por cantidad económica de producción.....	85
Tabla 25: Producción por costo total mínimo .....	85
Tabla 26: Horas totales requeridas para cumplir con el MRP.....	86
Tabla 27: Requerimiento de capacidad en horas para cada CT.....	86
Tabla 28: Análisis de capacidad de planta.....	87
Tabla 29: Detalle de áreas de trabajo.....	88
Tabla 30: Movimientos ideales .....	88
Tabla 31: Definición de centros de trabajo.....	90
Tabla 32: Puntajes para evaluación 5S .....	91

Tabla 33: Resultado check list 5S .....	91
Tabla 34: Propuesta de mejora por áreas según metodología 5s .....	93
Tabla 35: Comparación de indicadores antes y después de la mejora.....	107
Tabla 35: Inversión para la propuesta.....	108
Tabla 36: Otros gastos proyectados .....	109
Tabla 37: Gastos de personal.....	110
Tabla 38: Gastos en capacitaciones anuales .....	110
Tabla 39: Proyección de costos .....	111
Tabla 40: Capital y deuda.....	113
Tabla 41: Utilidad neta .....	113
Tabla 42: Análisis de los indicadores .....	114
Tabla 43: Ingresos proyectados .....	114
Tabla 44: Flujo de caja proyectado.....	115
Tabla 45: Indicadores de evaluación .....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de Diagrama de operaciones.....	17
Figura 2: Símbolos para el diagrama de flujo .....	18
Figura 3: Diagrama de flujo .....	19
Figura 4: Ejemplo de Diagrama analítico de proceso .....	20
Figura 5: Esquema de Mapa de flujo de Valor.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 6: Diagrama de Causa - Efecto.....	21
Figura 7: Estructura del Diagrama de Pareto.....	22
Figura 8: Valor de suplementos.....	26
Figura 9: Gráfico de Regresión lineal .....	28
Figura 10: Eficacia, eficiencia y efectividad .....	44
Figura 11: Procedimiento de investigación .....	45
Figura 12: Organigrama de la empresa.....	50
Figura 13: Diagrama de operaciones (Caja china) .....	53
Figura 14: Diagrama de flujo fabricación de patas de soporte .....	54
Figura 15: Diagrama de flujo fabricación de carbonera .....	55
Figura 16: Diagrama de flujo fabricación de parrilla interna .....	56
Figura 19: Diagrama analítico de proceso - Fabricación de caja china.....	59
Figura 20: Mapa de flujo de valor (VSM) de la situación actual de la empresa .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 21: Diagrama de Ishikawa – Niveles bajos de productividad .....</b>	<b>64</b>
Figura 22: Diagrama de Pareto – Problemas .....	66
Figura 23: Desperdicios identificados .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 24: Procedimiento de propuesta de mejora .....	72
Figura 25: Lista de materiales caja china .....	80
Figura 26: Lista de materiales parilla mix .....	81
Figura 27: Distribución propuesta .....	89
Figura 28: Puntaje check list 5S .....	92
Figura 29: Porcentaje de cumplimiento general 5S.....	95
Figura 30: Formato tarjetas de clasificación.....	96
Figura 31: Flujo de caja neto proyectado .....	115

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tiempo normal .....	23
Ecuación 2: Tiempo por suplementos de trabajo.....	25
Ecuación 3: Tiempo estándar .....	26
Ecuación 4: Pronóstico suavizado exponencial.....	28
Ecuación 5: Pronóstico promedio movil .....	29
Ecuación 6: Pronóstico promedio movil ponderado .....	29
Ecuación 7: Error.....	30
Ecuación 8: Error absoluto medio (MAD) .....	30
Ecuación 9: Señal de rastreo.....	31
Ecuación 10: Lote económico de producción.....	33
Ecuación 11: Eficiencia de la disposición .....	37
Ecuación 12: Productividad de materiales .....	40
Ecuación 13: Productividad de insumos.....	40
Ecuación 14: Productividad laboral.....	40
Ecuación 15: Productividad multifactorial .....	41
Ecuación 16: Nivel de productividad .....	41
Ecuación 17: Eficiencia .....	41
Ecuación 18: Eficiencia física .....	42
Ecuación 19: Eficiencia económica.....	42
Ecuación 20: Eficacia .....	43
Ecuación 21: Tamaño de la muestra.....	73



## RESUMEN

La competitividad es fundamental en las empresas; en especial en la industria metalmeccánica, que experimenta crecimiento acelerado en nuestro país; el desarrollo de una filosofía de mejora continua se considera una alternativa para el aprovechamiento máximo de los recursos. El objetivo de la presente investigación es presentar una propuesta de mejora en los procesos de fabricación de cajas chinas para incrementar la productividad de una empresa metalmeccánica en Cajamarca. Por ello, se plantea una metodología que incluye el análisis de los procesos a través de herramientas como el diagrama de operaciones y el mapa de flujo de valor, para esclarecer la situación actual y proponer una mejora basada en las principales causas de los desperdicios encontrados, según Ishikawa y Pareto. Se identificaron los problemas de producción no planificada, falta de disponibilidad de material, desorganización en áreas de trabajo, disposición de planta deficiente y gestión poco efectiva de compras e inventarios. Los cuales fueron combatidos a través de la aplicación de un estudio de tiempos, la planificación de las operaciones, análisis de disposición de planta, implementación de metodología 5s e integración de un software de control. Consiguiendo un incremento de la productividad en un 94% luego de la propuesta, lo cual demuestra la efectividad de la mejora de los procesos.

**Palabras clave:** Procesos productivos, planificación de operaciones, estudio de tiempos, metodología 5s, productividad.

## ABSTRACT

Competitiveness is fundamental for companies; especially in the metalworking industry, which experiences accelerated growth in our country; the development of continuous improvement is considered an alternative to take advantage of resources. The objective for this research is to present an improvement project in the producing process of Chinese boxes, in order to increase the productivity of a metalworking company in Cajamarca. Therefore, a methodology is proposed, which includes the processes analysis through certain tools such as the operations diagram, to clarify the current situation and plan an improvement based on the main causes of the issues found, according to Ishikawa and Pareto. These problems show unplanned production, lack of material availability, confusion in work areas and inefficient purchase management, stockroom and plant layout. Which were solved by the application of a time study, operations planning, plant layout analysis, implementation of 5s methodology and control software integration. Consequently, achieving a 94% increase in productivity after the proposal, which demonstrates the effectiveness of the project in improving processes.

**Keywords:** Production processes, operations planning, time study, 5s methodology, productivity.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad, las pequeñas y medianas empresas (Pymes) son consideradas como el equilibrio en el mercado laboral mundial, ya que compensan la presencia de grandes multinacionales a nivel internacional (Aranzadi, 2016). En lo que respecta a estas, el índice de fracaso muestra un porcentaje elevado; según estadísticas facilitadas por el Global Entrepreneurship Monitor, aproximadamente el 75% de las Pymes fracasan durante los tres primeros años de operación en el mundo.

Según la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria (SUNAT), en Perú el 70% de las pymes fracasan debido a la falta de planificación y gestión dentro de las mismas. Además, de generar costos excesivos por un mal manejo de los procesos de producción, lo que las lleva inevitablemente al fracaso luego de presentar una rentabilidad mínima. (Nores, 2010). Aranzadi (2016), considera que los motivos del fracaso de las pymes son diversos, entre estos destacan la mala planificación de producción, pronóstico no acertado de la demanda, entre otros.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), hasta el año 2018 la industria metalmeccánica representaba el 4,3% del PBI, que genera gran valor en la industria de la producción. De acuerdo con Quezada (2018), una de las características más resaltantes en esta industria es que la fabricación está dada en su mayoría por pedido, de manera empírica.

En Cajamarca, la cantidad de empresas parte de la industria metalmeccánica convierten este mercado en un sector altamente competitivo. Las empresas actualmente presentes buscan la diferenciación a través de la calidad en los productos y el incremento de la productividad, la cual es definida por Kanawaty (1996) como la relación existente entre el producto y el recurso; que busca el aumento de la cantidad de producción por recursos empleados.

Sin embargo, debido a la naturaleza de estas empresas, es normal encontrar deficiencias en la operación, que pueden resolverse mediante una adecuada gestión de

los procesos de producción y su control. De acuerdo con Padilla (2010), la mejora continua es una filosofía que aporta una alternativa de solución.

Jara (2012) demuestra que las mejoras continuas se centran en el proceso productivo, teniendo como base un análisis previo del flujo de las operaciones, para identificar las deficiencias y proponer una mejora con respecto a la producción. Pérez (2004), explica que el proceso productivo se analiza en diversas perspectivas, a través de herramientas de como diagramas de Ishikawa o Pareto, los cuales ayudan al investigador a identificar los problemas más resaltantes.

Misuo et al. (2016) aplica el método de planificación de operaciones en proyectos que optimizan recursos existentes a corto plazo; para obtener mejoras en el tiempo de producción e incremento de la productividad. Esto concuerda con Cuautitlán (2009), quien considera que el objetivo principal de implantar una filosofía de mejora continua es reducir costos, mejorar los procesos, eliminar los desperdicios y así aumentar la satisfacción de los clientes e incrementar la calidad, pero al mismo tiempo mantener el margen de utilidad.

La empresa en estudio, viene operando en Cajamarca desde el año 2016, con actividades como fabricación y montaje de cajas chinas, parrillas a base de cilindros y estructuras metálicas; así como los servicios de corte, perforación y soldadura. Los servicios y productos se gestionan a través de pedidos y las operaciones se realizan de forma empírica; dejando de lado el control y gestión de procesos. Esto genera problemas en la empresa, resaltando la falta de material para operaciones, demora en la entrega de los pedidos a los clientes, falta de orden en las áreas de trabajo; evidenciando la presencia de desperdicios de tiempo, demoras en el proceso, obstaculización de vías de acceso por desorden y transportes innecesarios de material; debido a la mala planificación. Estas deficiencias son similares a las tratadas por Aparicio y Sánchez (2015), quienes detallan una mejora a través de la aplicación de las 5S's, controles de calidad y plan maestro de producción; en una empresa que trabaja a base de pedidos, basado la estructura propuesta por Hernández y Vizán (2013).

Considerando lo antes expuesto, se presenta una oportunidad de mejora ofreciendo la posibilidad de un incremento en la productividad, a través del diseño de una propuesta de mejora, utilizando herramientas tal como las presentadas por Aparicio y Sánchez

(2015), con las 5S's para mantener el orden y organización en la planta, además del planeamiento de operaciones a través de la creación de un plan de manejo de inventario, incluyendo un plan de requerimiento de materiales. Como nueva propuesta se pretende analizar las condiciones actuales de trabajo, para presentar el diseño del plan de mejora, que abarque las herramientas mencionadas, diseñadas específicamente para las necesidades de la empresa, además de la propuesta del uso un software que integre la información presente en las áreas de compras, producción y ventas para mejorar los resultados obtenidos a nivel de productividad y eficiencia.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida la mejora del proceso de fabricación de cajas chinas incrementará la productividad en una empresa metalmecánica, Cajamarca?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Proponer la mejora en el proceso de fabricación de cajas chinas para incrementar la productividad en una empresa metalmecánica, Cajamarca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar los procesos en la fabricación de cajas chinas en la empresa metalmecánica BAUR metalmin.
- Diseñar la propuesta de mejora para el proceso de fabricación de cajas chinas de la empresa BAUR metalmin.
- Medir los indicadores después de la propuesta de mejora en el proceso de fabricación de cajas chinas.
- Determinar el costo beneficio de la propuesta de mejora en la empresa BAUR metalmin, para evaluar la viabilidad.

## **1.4. Hipótesis**

La propuesta de mejora del proceso de fabricación de cajas chinas incrementará la productividad en una empresa metalmecánica, Cajamarca.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

- Aplicada, centrada en hallar estrategias que permita lograr un objetivo propuesto.
- Cuantitativa, basada en el estudio y análisis de la realidad de la empresa usando procedimientos que se sustentan en la medición y cálculo.
- Cuasi – experimental, pretende manipular variables concretas, pero sin poseer el control total de todas las variables que intervienen en el proceso.
- Transversal, estudio realizado en un lapso específico, en el que se comparan determinadas características en una misma temporalidad.

### 2.2. Materiales, instrumentos y métodos

#### 2.2.1. Recolección de datos

Las herramientas utilizadas en la recolección de datos han sido seleccionadas de acuerdo al tipo de investigación que se está aplicando y la necesidad de información requerida; dentro de los instrumentos y técnicas se presentan la observación y el análisis documental, como se detallada en la Tabla 1.

**Tabla 1: Técnicas de recolección de información empleadas**

METODOS	FUENTE	TÉCNICAS
<b>Observación</b>	Primaria	- Guía de observación
<b>Análisis documental</b>	Primaria	- Toma de tiempos - Layout de la planta - Revisión de costos - Registro de inventarios

Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 2 se detallan las técnicas empleadas en el proceso de recojo de información

**Tabla 2: Detalle de técnicas para el recojo de información**

<b>TÉCNICA</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>APLICACIÓN</b>
<b>Observación</b>	Es necesaria la observación directa para identificar los problemas más resaltantes y notorios en el área de estudio	Cámara Libreta de apuntes Guía de observación Grabadora	Se realizó la observación del proceso productivo en estudio, desde la obtención de la materia prima hasta obtener el producto terminado, listo para su comercialización, cuenta todas las etapas por las que para la materia para su transformación.
<b>Toma de tiempos</b>	Se realiza la toma de tiempos para lograr presentar un diagnóstico situacional y realizar una comparación con respecto a la propuesta de mejora planteada, con datos que serían medibles.	Cronometro Cámara Libreta de apuntes Lapiceros	Se aplica en cada proceso, midiendo los tiempos aplicados para cada etapa de producción.
<b>Layout de la planta</b>	Permite el análisis de la distribución de la planta y las áreas involucradas en el proceso productivo, considerando los	Computadora AutoCAD Fotocopias	Se aplica en los el plano de distribución de las instalaciones de la empresa. A partir de esta información se puede tener

	traslados que se necesitan para lograr la transformación.		un referente de la situación actual de la distribución y gestión del proceso productivo
<b>Registro de costos</b>	Se utiliza el registro de costos asumidos por la empresa para poder realizar las actividades de producción, ya sea por el trabajo realizado o por los insumos necesarios para la tarea realizada.	Computadora Libreta de apuntes Microsoft Excel	Se aplican en todas las áreas involucradas en la realización del proceso productivo en la empresa, para los costos asociados a esta actividad, para determinar el promedio de producción, de esta forma se pueden medir los resultados haciendo una comparación
<b>Registro de inventarios</b>	Permite analizar la situación en la que se encuentra la empresa con respecto al manejo y control de inventarios, así como la compra de materiales e insumos.	Computadora Libreta de apuntes Microsoft Excel	Se aplica en el área logística de la empresa, considerando las herramientas de manejo existentes y el registro de compras de la empresa.

### 2.2.1. Análisis de información

A continuación se presentan las herramientas aplicadas en la investigación que permiten generar un diagnóstico preciso y adecuado.

#### a. Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones se elabora para representar gráficamente cómo se realizan procesos de la fabricación de cajas chinas, según lo expuesto por Currillo (2014), este diagrama sirve para diferenciar a las principales operaciones e



inspecciones. Aplicamos este diagrama para analizar el proceso porque, según Niebel (2004), muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura, desde la llegada de la materia prima hasta el producto terminado. La Figura 1 presenta un ejemplo de diagrama de procesos, en el que se hace uso de los símbolos de operación e inspección; además de un cuadro simple de resumen que indica el número de operaciones y de inspecciones en el proceso, para tener un mejor control.

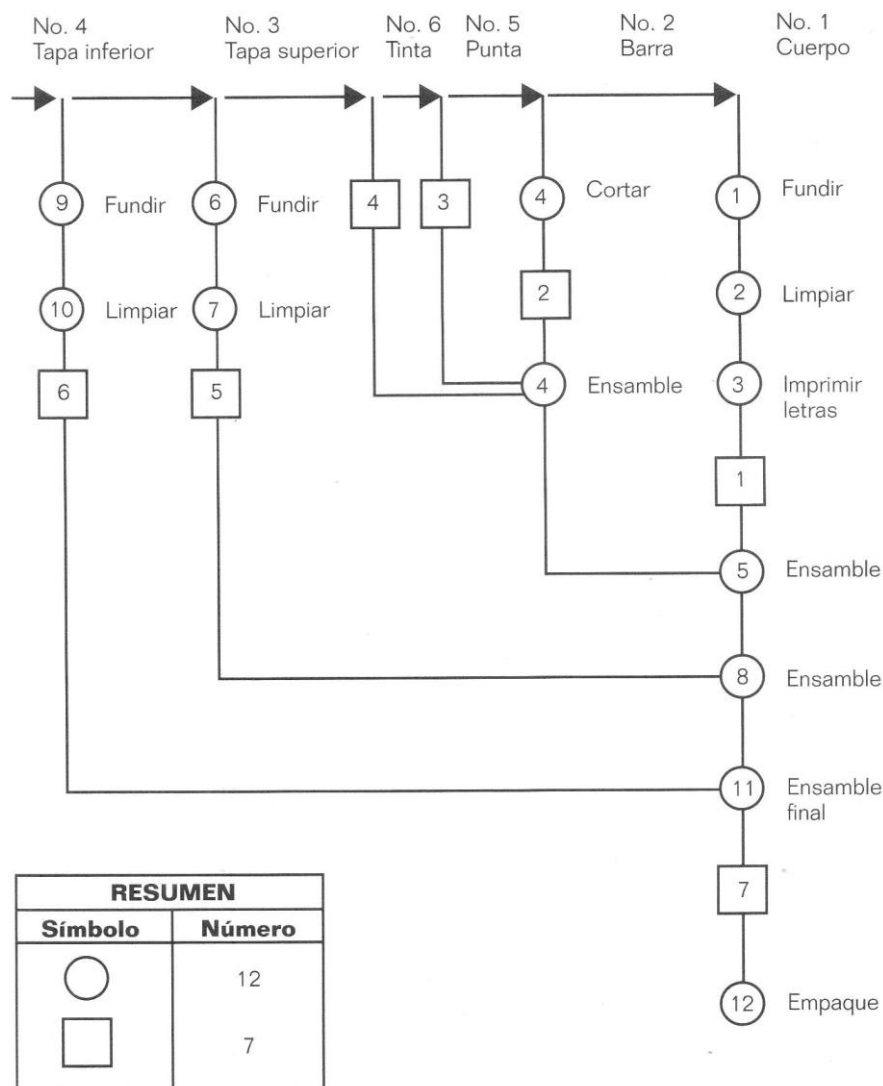


Figura 1: Ejemplo de Diagrama de operaciones  
Fuente: Jananía (2008)

Se toma el ejemplo de la Figura 1 para la elaboración del diagrama de proceso de la fabricación de cajas chinas, tomando en cuenta que las líneas verticales indican el flujo general del proceso, mientras que las líneas horizontales que alimentan a las líneas de flujo vertical indican materiales, según García (2018).

## b. Diagramas de flujo

Se emplea el diagrama de flujo para analizar a profundidad los procesos de fabricación de cajas chinas, ya que de acuerdo a Chang (2016) es una de las herramientas más extendidas para el análisis de procesos, además Vadillo (2007) expresa que facilita la comprensión integral y la detección de puntos de mejora. Por estas razones concordamos con Talavera (1999) quien dice que es la representación gráfica del proceso y consideramos conveniente su aplicación. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso. Agudelo y Escobar (2010), presentan una relación general de los símbolos comúnmente utilizados y su significado, como se ve en la Figura 2.












SIMBOLO	SIGNIFICADO	INSTRUCCIÓN
	Operación, actividad	Describir de manera concisa la acción o actividad a realizar
	Decisión	Anotar la pregunta sobre la cual influye una decisión
	Transporte	Indicar el proceso actividad al cual se traslada, el traslado debe ser mayor o igual a 1.5 metros
	Documento	Especificar el nombre del documento que se debe generar
	Inicio, fin	Indica el inicio o fin de un proceso
	Conector	Indica traslado del proceso, se debe numerar
	Almacenamiento	Se anota el nombre del lugar de almacén o el archivo que se almacena
	Demora, espera	Anotar que se espera
	Inspección, control	Indiciar que se revisa
	Sentido del flujo	Se debe indicar el sentido
	Transmisión electrónica de datos	Indicar a donde se envían los datos

Figura 2: Símbolos para el diagrama de flujo

Fuente: Agudelo y Escobar (2010) (Gestión por Procesos)

Además, en la Figura 3 se presenta un ejemplo de la estructura que debe seguir un diagrama de flujo, considerando los elementos de este; esta representación se tomó como ejemplo para la elaboración de los diagramas de flujo elaborados del proceso de fabricación de cajas chinas.

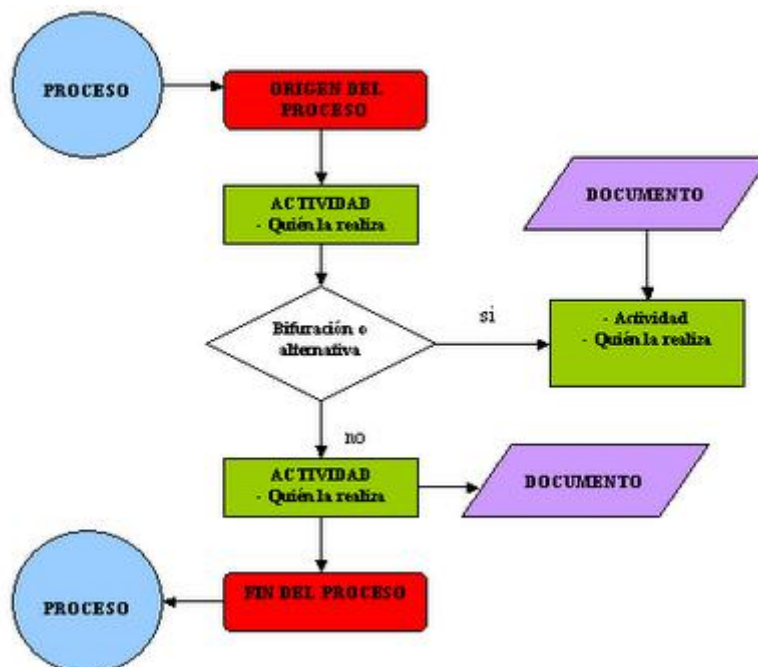


Figura 3: Diagrama de flujo

Fuente: Manene (2011) (Herramientas de análisis de procesos)

En la Figura 3 se parecía el inicio del proceso en la parte superior y el flujo de este a través de las flechas, Manene (2011) considera que se deben detallar todas las actividades que están involucradas en el proceso y las posibles variaciones dependiendo de la situación cuando se presentan diversas alternativas.

### c. Diagrama analítico del proceso

Se elaboró el diagrama analítico del proceso como complemento a los anteriores mencionados, debido a que de acuerdo con Betancourt (2017), esta herramienta es una representación gráfica que documenta las actividades de manufactura de manera sistemática y secuencial. Además, este diagrama muestra de una forma más completa a los procesos involucrados, ya que incluye el tiempo por cada actividad y las distancias recorridas en el caso de un transporte; por lo que permite analizar las tareas para detectar errores u oportunidades de mejora.

De acuerdo con Córdova (2016), esta herramienta es empleada en la ingeniería industrial, comúnmente por los analistas, quienes en conjunto con otras herramientas como el estudio de tiempos, mejoran las labores de manufactura para una producción más eficiente.

Conforme a lo expuesto por Betancourt (2017), la Figura 4 muestra un ejemplo de diagrama analítico de procesos, en donde se puede observar la descripción de las actividades en la parte izquierda así como los tiempos asociados a estas.

Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	↻	▽		
La información de libro es programada en máquina litográfica		4,30		●						
La temática del libro es verificada		0,60		●						
El papel es insertado en máquina litográfica		1,00		●						
Espera trabajo en máquina litográfica		22,10								
Verificado de las hojas del libro		0,50		●						
Transportado de papel impreso a máq generadora de hojas		0,60	8,0							
Colocado de papel impreso en máq articuladora y accionar		12,60		●						
Espera articulado de hojas en máquina		14,80								
Revisar hojas articuladas		1,30		●						
Transportado de folletos a máq litográfica		0,60	7,3							
Programar información de folleto en máq litográfica y accionar		1,00		●						
Espera de trabajo en máquina litográfica		16,20								
Verificado de folletos impresos		0,35		●						
Transportado de folletos impresos a zona del libro		0,60	7,25							
Colocar folletos impresos al interior del libro		0,20		●						
Transportado a zona de equipos para quemar cd		0,80	10,3							
Grabado de cd según temática del libro		14,10		●						
Transportado de cd a zona de libro (hojas articuladas)		0,60	7,25							
Colocar cd al interior del libro		0,15		●						
Almacenado de producto terminado		0,10								
Total		92,50	40,10	7	4	2	6	1		

Figura 4: Ejemplo de Diagrama analítico de proceso  
Fuente: Betancourt (2017)

Además, en la figura 4 se puede observar que cada actividad es clasificada según su naturaleza en operación, inspección, demora, transporte o almacenamiento, de acuerdo a los símbolos seleccionados. Así mismo, se tiene una columna de observaciones en donde se hacen anotaciones específicas de las tareas analizadas.

#### d. Diagrama de Causa – Efecto

El diagrama de causa efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, se realiza para el analizar los problemas identificados en la empresa y en el proceso; ya que es considerado por Nunes (2016) como una herramienta eficaz para mejorar los procesos y lograr un adecuado control en las organizaciones. Para su aplicación se agrupan y presentan, de manera visual, las causas que dan origen a problemas que se estén analizando y se pretenden mejorar.

La Figura 6 es un esquema del diagrama de Ishikawa, en el que se puede apreciar la posición de cada elemento que forma parte de esta herramienta, además de la distribución recomendada de las sub-causas, según los niveles de mano de obra, maquina, material, método y medio.

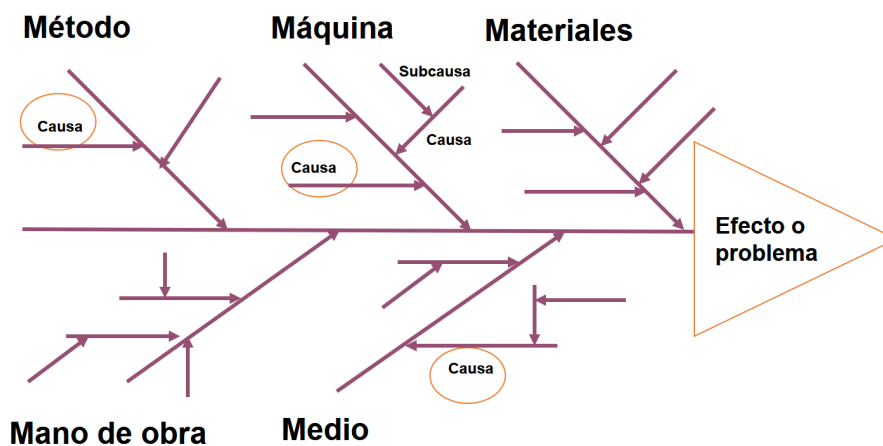


Figura 5: Diagrama de Causa - Efecto  
Fuente: Ishikawa, 1943

De esta manera se elaboró el diagrama de Ishikawa; tomando el ejemplo presentado en la Figura 6, el cual se asemeja a una espina de pescado según Niebel y Freivalds (2010) que consideran como la cabeza del pescado, al problema analizado y a los factores que contribuyen al efecto, es decir, las causas como parte del esqueleto del pescado. En base a lo expuesto por Nunes (2016) se identificó el problema a estudiar; para luego enlistar las distintas causas que hayan podido producir tal efecto, empezando por un nivel más general y luego enfocarlo con más detalle en las sub-causas.

### e. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se aplicó como una herramienta de análisis de las causas del problema identificado, según Gonzales (2003) los elementos del diagrama son causas ordenadas de forma descendente, con el objetivo de identificar los factores más relevantes que generan el problema.

El diagrama de Pareto se realizó para determinar los factores más críticos, a los que se debe dar prioridad para abordar las deficiencias. Nunes (2012); explica que el éxito y precisión de esta herramienta radica en la eficacia del principio aplicado

de Pareto, el cual sostiene que generalmente el 20 % de las causas son responsables por el 80% de los problemas que ocasionan pérdidas.

Para la elaboración se ordena elementos, desde el más frecuente hasta el menos frecuente, por lo que se le da un nivel de relevancia; para Martínez (2013) de esa forma se logra una distinción entre los elementos más importantes. A continuación, en la Figura 7 se detalla un ejemplo de la estructura de un diagrama de Pareto, teniendo en cuenta el principio de 80-20 de Pareto.

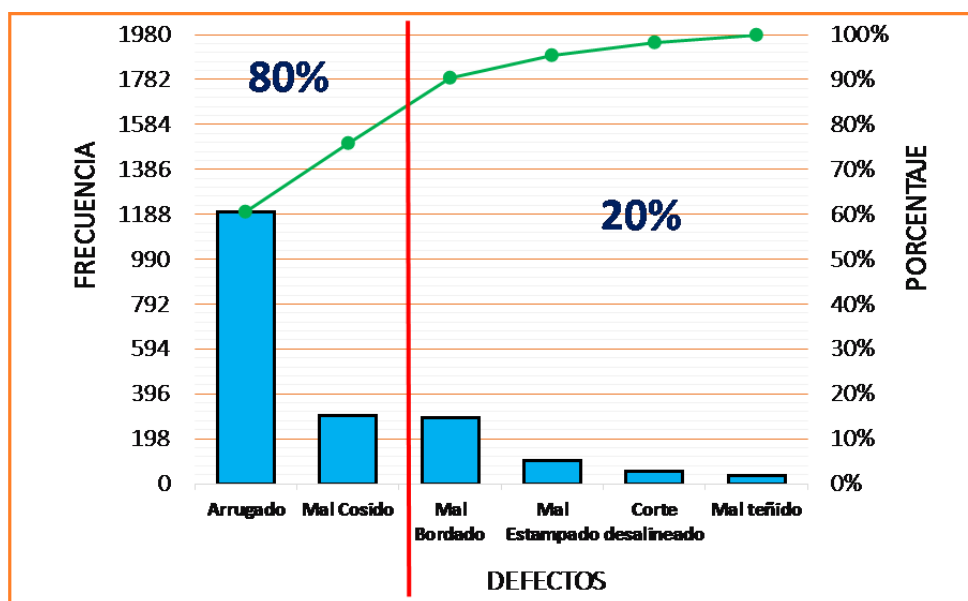


Figura 6: Estructura del Diagrama de Pareto  
Fuente: Suarez, 2016 (Herramientas de ingeniería. Diagrama de Pareto)

De acuerdo al ejemplo de la Figura 7, se realizó el diagrama de Pareto para los problemas encontrados en la empresa; además, se realiza la interpretación, teniendo en cuenta un corte a la altura que indica el 80% según el cuadro y la frecuencia. Al realizar este corte notamos que, en el caso de la Figura 7, los dos primeros elementos son los que, según el diagrama de Pareto, son causantes del 80% de los problemas analizados, por lo que deben ser tratados como aspectos críticos.

### 2.2.2. Procesamiento de información

A continuación se presentan las herramientas y métodos empleados en la generación de la propuesta de mejora, tomando en cuenta el procesamiento de la información obtenida luego del análisis de datos.

#### a. Estudio de tiempos

Se realizó el estudio de tiempos para calcular el tiempo necesario para el desarrollo de los procesos de producción de cajas chinas. De acuerdo a Niebel y Freivalds (2010), se consideraron tiempos de espera, preparación, operación y transferencia. El tiempo de espera es el transcurrido hasta que comienza la operación; el de preparación es el que se necesita para disponer de los recursos; el tiempo de operación es el consumido en efectuar la operación y finalmente el tiempo de transferencia es el necesario para transportar el producto que ya ha sido sometido a una operación a otra.

Además, considerando lo expuesto por Niebel (1995) se tuvo en cuenta un estándar de trabajo en el proceso, de acuerdo al tipo de tarea y las condiciones de trabajo. Así mismo, tomando en cuenta a Jananía (2008), se crea un ambiente en el que el operario labore de manera normal, además de mostrar un trato afable con las personas con las que entra en contacto. Jananía (2008) sostiene que es esencial que se lleve a cabo el estudio de acuerdo a las etapas del proceso; por lo cual se selecciona el operario en primer lugar, se analiza el trabajo y la descomposición de este en elementos, se califica al operario y la asignan márgenes adecuados en la correcta toma de tiempos.

En la medición de tiempos, se consideran las técnicas propuestas por Niebel (1995) para la toma de tiempos; la primera se da de manera continua, en la que el cronómetro no para y se deja correr mientras dura el estudio; la segunda es la de regreso a cero, el cronómetro se para y se lee al término de cada proceso o elemento, luego el cronómetro vuelve a cero para controlar el siguiente elemento hasta la culminación de la tarea. En la aplicación se utilizó la segunda técnica por ser considerada más práctica y precisa.

De acuerdo a Niebel (1995) el estudio de tiempos logra generar información razonable y exacta a cerca de los estándares de tiempos, además considera que existen factores relevantes que surgen de la aplicación de un estudio de tiempos, que son presentados a continuación y aplicados en el proceso de fabricación de cajas chinas.

#### ➤ **Tiempo normal (TN)**

Se calcula el tiempo normal considerando que Niebel (1995) sostiene que este es el requerido por un operario normal para realizar una tarea cuando trabaja con velocidad estándar. El tiempo normal se define como se observa en la ecuación 1, propuesta por Niebel (1995).

$$TN = Te \text{ (valoración en \% )} \quad (1)$$

Donde:

- TN: Tiempo normal
- Te: Tiempo promedio de las observaciones

Se realiza la valoración del operario evaluado, de acuerdo a la tarea que realiza, ya que de acuerdo con Barnes (1961) es esencial hacer un ajuste al tiempo medio observado. Además, García (1998) refuerza esa idea expresando que el tiempo real que emplea un operario superior al estándar para desarrollar una actividad, debe aumentarse para igualarlo al del trabajador normal; del mismo modo, el tiempo que requiere un operario inferior estándar, debe disminuirse. De esta manera es posible establecer un estándar real en función de un operario normal para que pueda ser considerado como una referencia futura.

#### ➤ **Valoración del trabajador**

Salazar (2016) sostiene que la valoración es considerada en múltiples textos como una ciencia inexacta, debido a la subjetividad presente en la calificación de los trabajadores, lo cual implica comparar el ritmo del trabajador con la idea del analista de lo que debería ser el ritmo estándar. Por este motivo no existe un método de calificación universalmente aceptado en la práctica para la valoración.

De acuerdo con Delgado (2017), existen tantos métodos como analistas de estudio de tiempos. Sin embargo en esta investigación abordaremos un método que ha generado buenos resultados en su aplicación, el método de valoración Westinghouse. Mori (2007) expresa que este método es un sistema de desempeño del operario; por lo que sirve para calificar al trabajador de acuerdo a cuatro factores relevantes, el esfuerzo, la habilidad, las condiciones de trabajo y la consistencia.

En cuanto al esfuerzo, se refiere al esfuerzo que muestra el operario en la realización de la actividad; la habilidad es el nivel de competencia, es decir la destreza del trabajador para realizar una tarea específica. Por otra parte Mori (2007) considera que los factores que afectan las condiciones de trabajo son la iluminación, ventilación, temperatura, presencia de ruidos, entre otros; pero estos no necesariamente afectan a la actividad. La consistencia del trabajador se evalúa de acuerdo a la variación en los



tiempos tomados, la cual puede fluctuar debido a factores del ambiente. La Tabla 3 muestra la asignación de calificaciones de acuerdo a cada uno de los factores presentados, esta tabla se empleó para la valoración de los trabajadores evaluados en el estudio de tiempos

**Tabla 3: Valoración Westinghouse**

HABILIDAD		ESFUERZO	
+0.15	A1	+0.13	A1
+0.13	A2 - Habilísimo	+0.12	A2 - Excesivo
+0.11	B1	+0.10	B1
+0.08	B2 - Excelente	+0.08	B2 - Excelente
+0.06	C1	+0.05	C1
+0.03	C2 - Bueno	+0.02	C2 - Bueno
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.10	E2 - Regular	-0.08	E2 - Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 - Deficiente	-0.17	F2 - Deficiente
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.06	A - Ideales	+0.04	A - Perfecto
+0.04	B - Excelentes	+0.03	B - Excelente
+0.02	C - Buenas	+0.01	C - Buena
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.03	E - Regulares	-0.02	E - Regular
-0.07	F - Malas	-0.04	F - Deficiente

Fuente: Mori (2007)

De acuerdo al analista, se tomar el numero asociado a cada factor y se realiza la suma de los factores para encontrar el porcentaje final de valoración.

#### ➤ **Suplementos de trabajo (K)**

Se tiene en cuenta que es necesario que el operario realice paradas en su trabajo para recuperarse de la fatiga y atender a sus necesidades personales. Estos periodos de inactividad, que son un porcentaje del tiempo normal, se valoran de acuerdo con las características del trabajador y de la tarea. La ecuación 2 muestra el cálculo del tiempo por suplementos de trabajo, planteada por Niebel (1995)

$$S = TN * K \quad (2)$$

Donde:

- S: Tiempo por suplementos de trabajo

- TN: Tiempo normal
- K: Porcentaje considerado por suplementos de trabajo

Para calcular el porcentaje considerado por suplementos de trabajo se toma en cuenta una tabla de suplementos propuesta por Mori (2007), la cual se muestra a continuación, en la Figura 8.

	HOMBRE	MUJER
1. SUPLEMENTO CONSTANTES		
• Por Necesidades Personales	5	7
• Suplemento base por fatiga	4	7
2. SUPLEMENTO VARIABLES		
A. SUPLEM. POR TRABAJAR DE PIE	2	4
B. SUPLEM. POR POSTURA ANORMAL		
• Ligeramente incómodo	0	1
• Incómodo, Ej.: inclinado	2	3
• Muy Incómodo Ej.: Tendido, estirado	7	7
C. USO DE FUERZA O ENERGIA MUSCULAR		
• Levantar peso de 2.5 Kg.	0	1
• Levantar peso de 5.0 Kg.	1	2
• Levantar peso de 7.5 Kg.	2	3
• Levantar peso de 10.0 Kg.	3	4
• Levantar peso de 15.0 Kg.	5	8
• Levantar peso de 17.5 Kg.	7	10
• Levantar peso de 20.0 Kg.	9	13
• Levantar peso de 25. Kg. (Máx. mujer)	13	20
• Levantar peso de 30.0 Kg.	17	--
• Levantar peso de 35.5 Kg.	22	--
D. MALA ILUMINACIÓN		
• Ligeramente por debajo de estimado	0	0
• Bastante por debajo de Estimado	2	2
• Absolutamente insuficiente	5	5
E. CONDICIONES ATM. (CALOR, HUMEDAD)		
Índice Enfriamiento: ml cal / cm <sup>2</sup> / Seg.		
• Medida en Termómetro de Kata: 16, 14 y 12	0	0
• Medida en Termómetro de Kata: 10	3	3
• Medida en Termómetro de Kata: 8	10	10
• Medida en Termómetro de Kata: 6	21	21
• Medida en Termómetro de Kata: 4	45	45
• Medida en Termómetro de Kata: 2	100	100
F. CONCENTRACION INTENSA		
• Trabajos de cierta precisión	0	0
• Trabajos de precisión ó fatigosos	2	2
• T. de gran precisión ó muy fatigoso	5	5
G. RUIDOS		
• Ruido Continuo	0	0
• Intermitentes y fuerte	2	2
• Intermitentes y muy fuerte o estridente	5	5
H. TENSION MENTAL		
• Proceso bastante complejo	1	1
• Proceso complejo: atención en exceso	4	4
• Es muy complejo	8	8
I. MONOTONIA (mental)		
• Trabajo algo monótono	0	0
• Trabajo bastante monótono	1	1
• Trabajo muy monótono	4	4
J. TEDIO (físico)		
• Trabajo algo aburrido	0	0
• Trabajo aburrido	2	1
• Trabajo muy aburrido	5	2

Figura 7: Valor de suplementos  
Fuente: Mori (2007)

### ➤ Tiempo estándar (TS)

El tiempo estándar es calculado considerando que Niebel (1995) que es el tiempo requerido para que un operario promedio, capacitado y calificado, trabajando a un ritmo normal, realice una tarea o lleve a cabo una operación determinada. En el cálculo de este tiempo se toman en cuenta los suplementos correspondientes por fatiga y por atenciones personales. La ecuación 3 propuesta por Niebel (1995), presenta el cálculo de este indicador

$$TS = TN * (1 + K) \quad (3)$$

Donde:

- TS: Tiempo estándar
- TN: Tiempo normal
- K: Porcentaje considerado por suplementos de trabajo

El tiempo real necesario para ejecutar cada tarea depende en de la habilidad y esfuerzo del operario, por esa razón se ajusta el tiempo normal del operario eficiente y del operario deficiente hasta un nivel estándar. De acuerdo a De la Roca (1994), se puede aplicar una calificación al estudio completo, o una calificación promedio para cada elemento.

### 2.2.3. Planificación de las operaciones

De acuerdo a los problemas identificados, se considera oportuno desarrollar una metodología de panificación de producción así como también una estrategia de planificación de abastecimiento de materiales.

#### a. Pronósticos

Para empezar, es necesario tomar en cuenta la información histórica de ventas proporcionada por la empresa, con respecto a la demanda de las cajas chinas y parrillas mix, los cuales son los productos que serán estudiados, por ser productos similares y de gran demanda en la empresa. Esa información será de gran relevancia para desarrollar modelos de pronóstico de demanda y escoger el más adecuado, que presente el menor índice de error.

Se desarrollaron tres tipos de modelo de pronóstico de la demanda, estos fueron, la regresión lineal, el suavizado exponencial y finalmente el promedio móvil ponderado; los cuales se explican a continuación

#### ➤ Regresión lineal

Este modelo permite hallar un valor esperado a partir de datos históricos. Según Salazar (2016), el objetivo de un análisis de regresión es determinar la relación que existe entre una variable dependiente y una o más variables independientes.

Es un método causal en el que una variable dependiente, está relacionada con una o más variables independientes por medio de una ecuación lineal (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013). Como se muestra en la siguiente figura 7

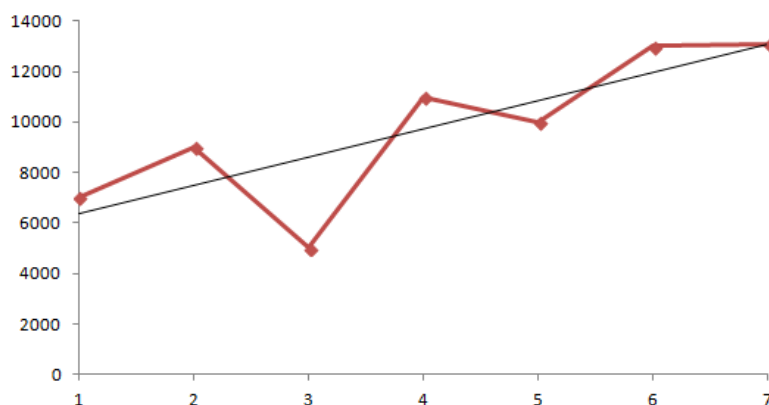


Figura 8: Gráfico de Regresión lineal  
Fuente: Salazar (2016)

Entonces, el método de regresión lineal para pronósticos de demanda, convierte las diferentes demandas históricas en una ecuación lineal que representa el promedio de demanda esperado en los siguientes periodos.

➤ Suavizado exponencial

El método de Suavizado Exponencial, es una de las metodologías más populares para realizar pronósticos de demanda de acuerdo con Betancourt (2017); se detalla la aplicación de este método simulando su comportamiento y ajuste a los datos de la demanda real para distintos valores del parámetro de suavización alfa ( $\alpha$ ). La ecuación 4 propuesta por Betancourt (2017) presenta el suavizado exponencial

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (4)$$

Donde:

- $F_t$ : Nuevo pronóstico
- $F_{t-1}$ : Pronóstico del periodo anterior
- $\alpha$ : Constante de suavización
- $A_{t-1}$ : Demanda real del periodo anterior

Se requiere del pronóstico anterior, la demanda real del periodo de pronóstico y la constante de suavización para el cálculo del nuevo pronóstico.

➤ Promedio móvil

De acuerdo con Salazar (2016), el pronóstico de promedio móvil es óptimo para patrones de demanda aleatorios, ya que se intenta eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda

reciente. Cada punto de la media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos irregulares sean eliminados. La fórmula propuesta por Salazar (2016), es la presentada en la Ecuación 5

$$X_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_{t-1}}{n} \quad (5)$$

Donde:

- $X_t$ : Promedio de ventas en unidades en el periodo  $t$
- $X_{t-1}$ : Ventas reales en unidades de los periodos anteriores a  $t$
- $n$ : Número de datos

Aplicando la formula en base a un historial de ventas pasado se genera el pronóstico para los periodos siguientes, como es el caso de la empresa en la que se aplica teniendo en cuenta un periodo móvil de dos meses.

- Promedio móvil ponderado

El promedio móvil ponderado es un método de pronóstico similar al promedio móvil, con la diferencia de que este modelo permite calcular pronósticos asignando un peso específico a los elementos que se consideren. De acuerdo con Betancourt (2016) la ventaja de este método radica en la necesidad de predecir la demanda de próximos periodos ponderando unos sobre otros, lo que permite por ejemplo, darle más importancia a la tendencia.

En cuanto a la elección de la ponderación, Betancourt (2016) expresa que no existe una regla general, el análisis de la demanda ayudan a determinar la ponderación; sin embargo, se suele considerar que en el cálculo de pronósticos es más importante la demanda reciente, pues ante ausencia de datos, es el indicador más fiel para el próximo periodo. La ecuación 6 muestra la fórmula propuesta por Betancourt (2016), la cual fue utilizada para el cálculo del promedio móvil ponderado

$$X_t = \sum_{t=1}^n C_i * X_{t-1} \quad (6)$$

Donde:

- $X_t$ : Promedio de ventas en unidades en el periodo  $t$

- $C_i$ : Factor de ponderación
  - $X_{t-1}$ : Ventas reales en unidades de los periodos anteriores a  $t$
  - $n$ : Número de datos
- 
- **Elección del modelo de pronóstico**

Finalmente, luego del cálculo de los pronósticos, se realiza la selección de la mejor opción de pronóstico, para lo cual se analiza el MAD y la señal de rastreo. Con este propósito, Ramírez (2017) considera que se debe tomar el concepto de error, que mide la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado para un período específico. Este está definido en la ecuación 7, propuesto por Ramírez (2017).

$$e_t = A_t - F_t \quad (7)$$

Donde:

- $A_t$ : Demanda real observada en el periodo  $t$
- $F_t$ : Demanda pronosticada para el mismo periodo ( $t$ )

A partir del error calculado se deriva el cálculo del MAD, es decir, el error absoluto medio y señal de rastreo; ambos son indicadores que ayudan a evaluar el modelo de pronóstico para comparar resultados y elegir el que más se asemeja a la realidad.

**MAD (Error Absoluto Medio):** Proporciona una medición del error promedio del pronóstico, en valor absoluto, y queda definido en la ecuación 8, matemáticamente, propuesta por Ramírez (2017).

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (8)$$

Donde:

- $A_t$ : Demanda real observada en el periodo  $t$
- $F_t$ : Demanda pronosticada para el mismo periodo ( $t$ )
- $n$ : Número de datos.

**Señal de Rastreo:** Este indicador mide la desviación del pronóstico respecto a la variación de la demanda. Se considera que los parámetros aceptables de la señal de rastreo esta entre -4 y 4; este valor varía de acuerdo a la precisión del pronóstico y se mide como se puede observar en la ecuación 9, propuesta por Ramírez (2017).

$$SR = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t|} \quad (9)$$

Donde:

- A t: Demanda real observada en el periodo t
- F t: Demanda pronosticada para el mismo periodo (t)
- n: Número de datos.

Luego del cálculo de MAD y señal de rastreo, se realizan las comparaciones pertinentes para la elección de la mejor opción de pronóstico; considerando el pronóstico escogido se realizó el plan maestro de producción.

### **b. Plan Maestro de Producción (PMP)**

El Plan Maestro de Producción (PMP) o Master Production Schedule (MPS), se realizó con el fin de detallar, mediante un plan establecido, la cantidad de cajas chinas que serán producidas en un periodo de tiempo. De acuerdo a Paz (2017) es un proceso completo que contempla diversas variables y tiende a ser dinámico, por lo que ayuda a tomar importantes decisiones en el planeamiento de la producción.

El plan maestro de producción indica, en base a los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda, qué se debe fabricar y en qué plazo. Además, presenta un calendario de fechas que indica cuando deben estar disponibles los productos finales.

Se propone el empleo de la semana laboral como unidad de tiempo natural para el plan maestro; de acuerdo a Gaither & Fraizer (2000) se debe tener en cuenta que todo el sistema de programación y control responde al intervalo fijado, siendo indistinguible para el sistema los sucesos que ocurran durante la semana. Debido a ello, se selecciona el intervalo básico de una semana, la función del plan maestro se compara dentro del sistema básico de programación y control de la producción con respecto a los otros elementos del mismo, todo el sistema tiene como finalidad adecuar la producción en la fábrica a los dictados del programa maestro.

### **c. Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)**

La planificación de requerimientos de materiales, MRP por sus siglas en inglés, Material Requirements Planning, es aplicada ya que Aroca (2019) considera este

sistema de planificación de la producción, programación y control de stocks, ayuda a gestionar procesos de fabricación. Según Errasi (2011) es un sistema de gestión de inventarios que ayuda a definir el material, la cantidad y el momento de producción o abastecimiento de acuerdo a una demanda establecida.

El sistema MRP busca asegurar que los materiales estén disponibles para la producción y las cajas chinas estén disponibles para su entrega a los clientes, así como mantener los niveles de stocks de material y producto terminado. De acuerdo a Aroca (2019), ayuda a planificar actividades de fabricación, órdenes de entrega y compras; de esta forma cumplir con el objetivo de entregar el producto a los clientes en el plazo de tiempo más corto posible; conforme al acuerdo establecido entre ambas partes.

Según lo expresado por Villareal (2015), el sistema MRP tiene una característica distintiva, ya que relaciona la demanda interna de materiales con plan de producción de acuerdo a un pronóstico de demanda; conforme a este modelo se identificó la demanda de materiales dependientes a la producción

#### **d. Planificación estratégica de producción**

De acuerdo a la demanda estudiada y los pronósticos elegidos, es conveniente escoger el método más adecuado de planificación de la producción, el cual presente menores costos para la empresa y por consiguiente más altos beneficios; por lo que se analiza la producción lote a lote, la cantidad económica de producción y el análisis de producción por costo total mínimo, para escoger la alternativa más eficiente de lote de producción.

##### ➤ Producción lote a lote

En este modelo se produce exactamente lo que se requiere, evitando que lo que se pide en un período se use más adelante en otro período. Según Heizer (2008), conlleva bajos costos de posesión de inventario, además, es útil cuando se cuenta con un sistema de inventario justo a tiempo. De acuerdo con Aparicio (2019), para este tipo de modelo se intenta encontrar un tamaño de lote óptimo de producción para aprovechar al máximo tanto las materias primas como recursos necesarios y que satisfaga la demanda del cliente, reduciendo en lo posible el inventario en curso.



El tamaño de lote escogido es el más pequeño posible, buscando equilibrio entre el aprovechamiento de la máquina o del operario y la acumulación de inventario. Por otro lado, cuando el tamaño del lote es demasiado grande, los tiempos de ciclo aumentan, ya que existen tiempos muertos y transportes innecesarios de inventario.

➤ Cantidad económica de producción

El lote económico de producción o cantidad económica de producción, conocido como EPQ por sus siglas en inglés, Economic Production Quantity, es considerado por Rangel (2011) como un modelo para control de inventarios que tiene como objetivo encontrar el lote de producción de un único producto para el cual los costos por emitir la orden de producción y los costos por mantenerlo en inventario sean iguales.

Así mismo, Heizer (2008) expresa que este modelo calcula el tamaño de lote que minimiza los costos de mantenimiento de inventario y colocación de pedidos. El modelo de cantidad económica a producir, es una variante del EOQ original, en este se considera que la entrega de inventario se realiza de forma parcial pero a ritmo constante, para después comenzar a ser consumido. Según Rangel (2011) se deben tener en cuenta ciertas variables para el cálculo del lote económico de producción. Como la tasa de producción ( $p$ ), que es el número de unidades producidas en un periodo de tiempo, el tiempo de producción, la tasa de demanda ( $d$ ), es la cantidad que se demanda.

La ecuación 10 presenta la fórmula utilizada para el cálculo del lote económico de producción, propuesta por Rangel (2011)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (10)$$

. Donde:

- EOQ: Cantidad económica de producción
  - D: Promedio de demanda anual
  - H: Costo anual de retención
  - S: Costo de preparación para producción.
- Costo total mínimo

De acuerdo a Betancourt (2017), la política de lotificación de costo total mínimo es la técnica iterativa que compara los costos de emisión de pedidos y costos de almacenamiento de inventario para distintos tamaños de pedidos y selecciona aquel pedido donde la diferencia sea menor. En cuanto se encuentra el mejor valor absoluto, se vuelve a realizar el análisis a partir de ese periodo en adelante. Este procedimiento se realiza las veces que sea necesario hasta lograr satisfacer las necesidades de los períodos que se encuentren en planificación.

Finalmente, luego de analizar los tres modelos presentados, se escoge el modelo más eficiente, aquel que cumpla con la demanda y además presente el menor costo para la empresa.

#### **e. Planificación de la Capacidad de Planta (CRP)**

El CRP, denominado así por sus siglas en inglés, Capacity Requirements Planning, es aplicado luego del desarrollo del MRP de la producción de cajas chinas, ya que es considerado por Domínguez (1995) como una técnica que planifica las necesidades de capacidad de los pedidos planificados por MRP, bajo la consideración de la disponibilidad ilimitada de capacidad. Consiste en convertir los pedidos a fabricar del plan de materiales MRP en necesidades de capacidad para los centros de trabajo, incluyendo las necesidades derivadas de las recepciones programadas.

La capacidad de la planta es definida por Saldarriaga (2018) como la cantidad que se puede producir, mantener, recibir, almacenar, despachar o atender en un determinado período de tiempo con los recursos disponibles. Por lo que, la planeación de capacidad cierra el ciclo de la planeación a nivel de operaciones, una vez se tienen las cantidades a producir y los tiempos en los cuales debe estar disponible la producción.

En base al CRP elaborado, se puede evaluar si se tiene capacidad disponible para ejecutar el plan de producción, en caso de sobrecarga se puede ajustar la programación balanceando la carga de trabajo en los diferentes recursos. De acuerdo con Saldarriaga (2018) el objetivo del análisis de la capacidad es comparar las necesidades actuales y futuras con la capacidad de los recursos para detectar posibles desbalances que no permitan satisfacer la demanda. El punto de partida para el cálculo de la planificación de recursos son la planificación MRP, los tiempos de producción y la capacidad disponible en cada uno de los centros de trabajo. (Domínguez, 1995)

#### **f. Balance de línea**

El balance de línea se realiza con el objetivo de lograr repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. De acuerdo con López (2011) el balance de línea subdivide todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizaran un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo.

Al realizar un balance de línea se logra una cadena equilibrada, reduciendo tiempos de espera. De acuerdo con Meyers (2000) para lograr el balance se debe definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo, luego determinar el tiempo necesario para desarrollar cada tarea, así como los recursos y el orden lógico de ejecución. De esta manera se igualan las cargas de trabajo, se identifica la operación cuello de botella, determina el número de estaciones de trabajo y se reduce el costo de producción.

#### **g. Disposición de planta**

Se considera el análisis de la distribución de planta en la empresa para asegurar que se constituya un sistema productivo capaz de lograr la fabricación de cajas chinas de la forma más eficiente posible. En 2010, Niebel y Freivalds señalaron que la distribución física constituye un elemento importante en todo sistema de producción que incluye control de inventarios, manejo de materiales, programación, ruta y despacho. Muther (1970) considera que realizar una adecuada distribución de planta tiene el objetivo de aumentar la seguridad de los trabajadores, incrementar la productividad, disminuir los retrasos en el proceso productivo, aprovechar de área disponible, acortar el tiempo de fabricación, mantener una mejor supervisión y disminuir la congestión y confusión.

Además, de acuerdo con García (2005) existen diferentes tipos de disposición de planta, conforme a las necesidades y naturaleza de la empresa; por lo que se escoge la que se ajusta mejor a las necesidades de la empresa, de acuerdo a las prioridades y la naturaleza del producto y sus procesos. De acuerdo con Muther (1970) existen tres tipos de distribución, la primera es una disposición por posición fija, en la que el componente principal o materiales se encuentran en un lugar establecido y las herramientas y recursos se trasladan alrededor de él; la segunda es por producto, la

planta se distribuye de acuerdo a los requerimientos de cada producto que se fabrica, teniendo diversas líneas de producción específicas. La última es la distribución por proceso, esta es la escogida en el caso de esta investigación, debido a que ofrece versatilidad en la producción, esta distribución centra en las áreas de trabajo agrupándolas de acuerdo al proceso o función que llevan a cabo.

Para lograr un análisis de las posibles distribuciones de planta existen diversos métodos que ayudan a definir una tentativa de distribución, sin embargo de acuerdo con Palacios (2009) no existe un procedimiento establecido para la selección del método a utilizar, este es elegido a criterio del analista, en este caso se escoge el método de eslabones para esclarecer la situación y necesidades de la empresa. Luego se analiza la eficiencia de la distribución propuesta a través del método de Travel Charting.

➤ Método de eslabones

En la fabricación de cajas chinas los productos pasan por varios procesos, en el que reciben un tratamiento determinado. De acuerdo con Castillo (1990), cada desplazamiento, de un puesto al siguiente es denominado eslabón, en este método; los eslabones se identifican con las letras que registran el orden del proceso. Entonces se considera que, una distribución es mejor cuando sus eslabones sean más cortos.

Según lo expuesto por Castillo (1990), el método de los eslabones permite resolver problemas de distribución de áreas de trabajo y maquinarias en los talleres o fábricas donde se producen varios tipos de piezas diferentes. El objetivo final del método de los eslabones es suministrar soluciones de implantación, teniendo en consideración la relación entre áreas y el volumen de producción asociado a esos movimientos. Con ello se logra que la suma de los caminos recorridos por los diferentes tipos de piezas sea mínimo y con el menor número de manipulaciones posible.

➤ Travel charting

De acuerdo con Castillo (2016) este método se utiliza para analizar la eficiencia de la distribución de planta. Para desarrollarlo se necesita juntar datos concernientes a la magnitud y secuencia de las operaciones de manejo, según clases o grupos de productos. Luego, se prepara una matriz distancia - volumen en función de la disposición. Se determinan los movimientos críticos de la disposición en la matriz

distancia volumen, estos son todos aquellos que muestren un elevado valor distancia volumen. Seguidamente, se evalúan los movimientos críticos de la disposición y se trata de reducir el total de las sumas de renglones de la matriz distancia-volumen.

Finamente, se calculan los movimientos ideales, tomando en cuenta las dimensiones de las áreas involucradas la fabricación y el volumen a producir, de esta manera se encuentra un total de movimientos ideales, los cuales son comparados con los movimientos reales para calcular la eficiencia de la disposición. La ecuación 11 muestra la fórmula empleada el cálculo de esta eficiencia, propuesta por Castillo (2016)

$$\text{Eficiencia de disposición} = \frac{\text{Mov.reales}}{\text{Mov.ideales}} \times 100 \% \quad (11)$$

#### **h. Metodología 5s**

Se aplica la metodología 5s la cual es considerada por Díaz (2014) como una herramienta básica en la gestión de calidad, orientada a reducir los desperdicios, aumentar la productividad. Además, Ingrande (2017) expresa que está, facilita la adopción de nuevas formas de trabajo en las que se integra la autodisciplina, el orden, la limpieza y la seguridad.

Esta herramienta propone cambios de conceptos y valores, a través del uso eficiente del espacio, la reducción de fallos en el trabajo operativo, la colaboración y la autogestión de los puestos de trabajos (Díaz, 2014). Además, se orienta a mejorar la calidad desde cada área, en donde el operario es el responsable de implementar mejoras en su trabajo. De acuerdo a Salazar (2016) los objetivos de la implementación de esta metodología radican en mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo; a través de un entorno de trabajo ordenado y limpio, se crean condiciones de seguridad, de motivación y de eficiencia. Así mismo, busca eliminar los desperdicios de la organización y mejorar la calidad de la organización. Es por esta razón que se decide aplicar esta metodología, tomando en cuenta la situación en la que se encuentra la empresa.

La herramienta 5S tiene esa denominación debido a los nombres japoneses que representan cada uno de sus cinco principios para la implementación, a continuación se explica cada etapa de esta metodología.

- **Seiri (separar):** Esta etapa consiste en diferenciar los elementos necesarios e innecesarios, en los lugares de trabajo, y eliminar estos últimos. De esta manera se logra preparar el área y tener un espacio más seguro y productivo, además de eliminar los problemas ocasionados por la acumulación de elementos innecesarios.
- **Seiton (ordenar):** Consiste en agrupar de forma ordenada los elementos clasificados como necesarios, de modo que se puedan encontrar con facilidad. En esta etapa se desarrollan las condiciones para que cualquier elemento pueda ser localizado por cualquier persona de forma rápida y en el momento necesario.
- **Seiso (limpiar):** Esta etapa se refiere a mantener limpios los elementos de trabajo, las máquinas y los espacios. Además, se considera como una actividad fundamental para detectar problemas ocultos por el desorden y la suciedad. Ayuda en la reducción de costos por daño de materiales y equipos, reduce riesgos de accidentes e influye en la productividad.
- **Seiketsu (estandarizar):** En esta etapa se busca normalizar y mantener las condiciones de los tres pasos anteriores con el uso de la gestión visual, codificaciones, señalización, etc. El proceso de estandarización ayuda a que se mantengan y practiquen las primeras etapas.
- **Shitsuke (mantener):** Finalmente se busca convertir en hábito la utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la organización, así como la limpieza en el lugar de trabajo. A través de la disciplina se crea una cultura de sensibilidad y cuidado de los recursos de la empresa.

#### **i. Software de control**

Luego de la aplicación de las herramientas mencionadas, se propone el uso de un software establecido para un mejor control de las operaciones, compra de materiales, planificación de la producción y gestión de inventarios.

El software propuesto tiene el nombre de Software del Sol, específicamente se propone el uso del programa FACTUSOL, un programa de descarga gratuita, el cual ofrece un

amplio control sobre todo el ciclo de compras de componentes y gestión de inventarios en la empresa. Cuenta con una ficha del proveedor, la cual está diseñada para guardar todos los datos necesarios para interactuar con él, incluso generando nuevos documentos desde la propia ficha del proveedor, sin necesidad de abandonarla.

Este programa permite que se gestionen los gastos de la empresa, así como también emitir informes de estos. Además, es útil para mantener un control diario de inventarios, ya que permite la creación de más de un almacén y el movimiento de los componentes de un almacén a otro. Para lograr el adecuado funcionamiento de esta herramienta es necesario configurar el programa de acuerdo a las necesidades de la empresa y los componentes que se manejan en el inventario actualmente.

#### **j. Cálculo de indicadores de productividad**

Se realiza el cálculo de indicadores en la situación actual y la mejora, para medir el impacto que llegan a tener las propuestas de mejora en la variable de interés, atacando el problema más resaltante identificado en la empresa. En el caso de BAUR metalmin, se analizan los indicadores referentes a la productividad.

#### **k. Productividad**

Marín (2105), toma lo expuesto por Niebel (1995) para explicar que la manera ideal en la que una empresa puede crecer e incrementar los beneficios es mediante la mejora de la productividad. Esta se refiere al aumento de la cantidad de producción por hora de trabajo invertida o por recursos empleados. Este concepto está alineado a la idea de lograr una mayor producción, haciendo empleo de menos recursos a menor costo, a través de procesos productivos eficientes. De acuerdo con esta idea, Kanawayt (1996) indica que la productividad es la relación que existe entre el producto y el recurso. Esto es reforzado por Chang (2016) quien considera que este término se puede usar para medir el grado de utilidad y valor que puede percibir un producto de un recurso específico.

Analizando de una manera crítica los componentes que no agregan valor, es decir, aquellos que no incrementan las utilidades para su eliminación, se logra una reducción de costos y aumento de calidad, a través de una mejora en la productividad. De acuerdo a Betancourt (2017) la mejora de la productividad se puede alcanzar a través de la

reducción de entrada con salida constante y del incremento de la salida. Se consideran diversas fórmulas para el cálculo de la productividad, dependiendo del recurso que se está analizando. A continuación se muestran las fórmulas utilizadas en el análisis de la empresa BAUR metalmin.

➤ **Productividad del material**

La ecuación 12 presenta la fórmula propuesta por Kanawaty (1996) para el cálculo de la productividad de material

$$Productividad\ de\ materiales = \frac{Producción}{Materiales\ utilizados} \quad (12)$$

En esta fórmula se utilizan la cantidad total de unidades producidas, divididas entre el total de materiales utilizados para la fabricación.

➤ **Productividad de insumos**

A continuación se muestra en la ecuación 13 la fórmula propuesta por Kanawaty (1996) para el cálculo de la productividad de los insumos en la producción.

$$Productividad\ de\ insumos = \frac{Producción}{Insumo\ utilizado} \quad (13)$$

Para la productividad de insumos se toma en consideración la cantidad total de unidades producidas, divididas entre el total de insumo utilizado para la fabricación.

➤ **Productividad laboral**

La productividad laboral analiza las horas hombre necesarias en la producción. La ecuación 14 muestra la fórmula propuesta por Kanawaty (1996) para su cálculo.

$$Productividad\ laboral = \frac{Producción}{Horas\ Hombre\ empleadas} \quad (14)$$

La fórmula presentada para la productividad laboral toma en cuenta la cantidad total de unidades producidas, divididas entre el total de horas hombre empleadas para la fabricación.

➤ **Productividad multifactorial**



La productividad multifactorial involucra a más de un recurso para su cálculo, esta analiza a la producción contemplada según múltiples recursos utilizados. En la ecuación 15 se muestra la fórmula propuesta por Kanaway (1996) para su cálculo

$$Producción\ multifactorial = \frac{Producción}{Persona + insumos + material + otros} \quad (15)$$

La productividad multifactorial involucra, en este caso, a la cantidad total de unidades producidas, es decir la producción, dividida entre la suma de personas, más insumos, materiales y otros recursos involucrados en la fabricación de cajas chinas.

### ➤ Nivel de productividad

El nivel de productividad se calcula usando la fórmula presentada en la ecuación 16, propuesta por Niebel (1995), la cual involucra el tiempo y las unidades producidas.

$$Productividad = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible} \times \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ planificadas} \quad (16)$$

De acuerdo a esta fórmula, la productividad es calculada dividiendo el tiempo real entre el tiempo disponible, multiplicado por la división de unidades producidas entre unidades planificadas para la producción.

Entonces, mientras mayor sea la magnitud resultante del índice de productividad, más productivo será el proceso. Por otra parte, si la productividad es menor que 1, se podrían generar pérdidas.

### 1. Eficiencia

La eficiencia se evidencia cuando se logra optimizar los recursos empleados para obtener un resultado de calidad; de acuerdo con Pérez (2004), la eficiencia equivale a la relación entre la cantidad producida y los recursos consumidos. Siguiendo esta idea Oliviera (2017), aporta que la eficiencia supone conseguir un objetivo al menor coste posible. Para lo cual, la ecuación 17 presenta la fórmula, propuesta por Oliviera (2017), para calcular la eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Resultado\ alcanzado \times Costo\ estimado \times Tiempo\ invertido}{Resultado\ esperado \times Costo\ real \times Tiempo\ previsto} \quad (17)$$

El análisis de este indicador se hace de acuerdo a una tabla de evaluación donde, si el resultado es menor a 1, se considerará ineficiente; si es igual a 1, eficiente; y si supera la unidad, será muy eficiente. De igual manera, se considera que el análisis de la eficiencia puede ser tomada desde diferentes ámbitos, como es el caso de la eficiencia física y económica, las cuales miden la eficiencia desde perspectivas que involucran características diferentes del proceso productivo, tomando en cuenta dos recursos distintos. A continuación se explican los dos tipos de eficiencia mencionados.

➤ **Eficiencia física**

La eficiencia física es la de los recursos tangibles que son utilizados como la materia prima o insumos. Según Chang (2016) Para calcular la eficiencia física se procede a calcular las salidas, que son el producto terminado y las entradas, que viene a ser la materia prima que ingresa para realizar el producto terminado. La ecuación 18 presenta la fórmula propuesta por Chang (2016) para su cálculo.

$$E_f = \frac{\textit{Salida útil de materia prima}}{\textit{Entrada de materia prima}} \quad (18)$$

Como se puede apreciar en la fórmula planteada, la eficiencia física mide la relación entre un recurso de entrada tangible, como es el caso de la materia prima o los insumos necesarios en el proceso, con el producto terminado o producción final.

➤ **Eficiencia económica**

Por otra parte, la eficiencia económica busca una relación entre los beneficios obtenidos y los costos de producción. De acuerdo con Pérez (2004) en general se busca una relación beneficio-costo mayor a uno, para considerarse eficiente y además rentable. Así mismo, se puede emplear el análisis costo-efectividad, el cual expresa la relación que existe entre los impactos obtenidos valorados en dinero y el valor de los costos también en relación a la actividad evaluada. Chang (2016) aporta que para el cálculo de la eficiencia económica se procede a dividir los ingresos entre los costos de producción como se aprecia en la ecuación 19, propuesta por este autor.

$$E_e = \frac{\textit{Ingresos}}{\textit{Costos de producción}} \quad (19)$$

En la fórmula señalada, se analiza la relación entre los ingresos percibidos por la venta del producto con los costos que significaron la fabricación o producción de las cajas chinas, como es el caso de la empresa.

### **m. Eficacia**

Chang (2016) explica la eficacia como el nivel de cumplimiento de los objetivos establecidos por el proceso, lo cual concuerda con lo expuesto por Pérez (2004) quien indica que la percepción de eficacia se presenta cuando los procesos cumplen a cabalidad con los objetivos correspondientes para los que han sido diseñados. En este sentido, la fórmula presentada en la ecuación 20, propuesta por Oliviera (2017), para calcular la eficacia nos muestra la relación entre el resultado real alcanzado comparado con el previsto.

$$Eficacia = \frac{Reultado\ alcanzado}{Resultado\ previsto} \times 100 \% \quad (20)$$

Esta fórmula dará como resultado un porcentaje que podremos evaluar en función de una tabla de percentiles para la evaluación del trabajo.

### **n. Efectividad**

De acuerdo con Mejía (2016), la efectividad hace referencia a la capacidad o habilidad que se puede demostrar para obtener determinado resultado a partir de una acción. Así mismo, Sorrentino (2016) expresa que la efectividad es el equilibrio entre eficacia y eficiencia. Mientras la eficacia hace referencia a lograr un resultado o efecto, la eficiencia es la capacidad de lograr el efecto con el mínimo de recursos posibles viable. Mejía (2016) expresa que la efectividad se refiere al logro de los resultados programados en el tiempo estimado, presentando los costos más razonables, lo cual supone hacer lo correcto con exactitud y sin generar desperdicios de capital o tiempo.

A continuación se presenta en la Figura 10 un resumen del análisis del cálculo de los indicadores antes mencionados, para su interpretación; además, se evidencia la relación para el cálculo de la efectividad.

EFICACIA		EFICIENCIA		EFECTIVIDAD
RA / RE		$\frac{(RA / CA * TA)}{(RE / CE * TE)}$		$\frac{\text{Puntaje eficiencia} + \text{Puntaje eficacia}}{2}$
				Máximo puntaje
RANGOS	PUNTOS	RANGOS	PUNTOS	La efectividad se expresa en porcentaje (%)
0 – 20%	0	Muy eficiente > 1	5	
21 – 40%	1	Eficiente = 1	3	
41 – 60%	2			
61 – 80%	3	Ineficiente < 1	1	
81 – 90%	4			
>91%	5			

Donde R = Resultado, E = Esperado, C = Costo, A = Alcanzado, T = Tiempo

Figura 9: Eficacia, eficiencia y efectividad

Fuente: Mejía (2016) Indicadores de Efectividad y Eficacia

En la figura 10 se especifica el puntaje obtenido a partir del cálculo de la eficacia y la eficiencia, para que de esta manera se logre calcular la efectividad, de acuerdo a la interpretación esta última se expresa en porcentaje por lo que se debe multiplicar el resultado por 100 para obtener el porcentaje de efectividad.

### 2.3. Procedimiento

En la elaboración de la presente investigación se siguió una secuencia lógica que contempla la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y estrategias que faciliten la recolección, análisis y procesamiento de datos, para proponer una mejora basada en problemas identificados, la cual se sustenta en la medición y comparación de indicadores relevantes que justifiquen su aplicación. En la figura 11 se presentan los pasos a seguir en la investigación.



Figura 10: Procedimiento de investigación  
Elaboración propia

Al iniciar la investigación se realizaron visitas a la empresa con el objetivo de lograr una adecuada recolección de datos, se hizo uso de técnicas como la observación, toma de tiempos, generación del layout de la planta y la revisión de los registros históricos de ventas y pagos. Luego, a partir de la información obtenida se procedió a realizar un análisis del proceso de fabricación de cajas chinas a cabalidad, se desarrolló el diagrama de operaciones, teniendo una rama principal, ubicada a la derecha y tres líneas secundarias que se incorporan a la línea principal de acuerdo a la demanda de los componentes. Así mismo, se realizó el diagrama de flujo para la fabricación tanto de los componentes externos como para el producto principal y su ensamble, de esta manera se da a conocer cuál es el flujo normal de las operación y las acciones a tomar en caso de encontrar alguna irregularidad, a través de la gráfica de rombos en el diagrama, los cuales representan decisión.

Luego, a través de la aplicación del diagrama de Ishikawa, se analizaron las causas que ocasionan un nivel deficiente de productividad, considerando los factores de mano de obra, métodos, materiales y maquinaria. Se aplicó el diagrama de Pareto para analizar los problemas identificados y de esta manera clasificar los más importantes, de acuerdo al principio 80-20, en donde se separan los de mayor impacto.

A partir de los problemas identificados como críticos, se plantea un plan de mejora, tomando como base soluciones propuestas, presentando una alternativa por cada problema. Sin embargo, antes de su desarrollo se esclarece la situación actual de la empresa de manera medible, a través del cálculo de indicadores actuales, pertenecientes a las variables de estudio, de esta forma se puede medir el impacto luego de la propuesta a nivel contable.

Para presentar una propuesta de mejora se debe seguir una secuencia lógica que contenga herramientas, técnicas y estrategias que ayuden a combatir los problemas identificados, por lo que se plantea iniciar con el estudio de tiempos, para el cual se seleccionaron dos trabajadores promedio, uno de los cuales se dedicó exclusivamente a la tarea de soldadura, mientras que el otro realizó los demás operaciones involucradas en la fabricación. Entonces, se realizó la valoración para ambos operarios, luego, se calculó el número de observaciones necesaria para un nivel de confianza del 95% y se procedió con el cálculo de los tiempos normales y estándar para cada operación. A partir de los tiempos obtenidos se procede a desarrollar la planificación de las operaciones.

La planificación de las operaciones contempla, la elaboración de un pronóstico de demanda acertado a partir de la información histórica obtenida en la empresa; para lo cual se realizaron cuatro diferentes modelos de pronóstico: regresión lineal, promedio móvil, promedio móvil ponderado y suavizado exponencial. El análisis consideró el registro de ventas por meses de todo el año 2018 y de enero hasta marzo del año 2019; luego, se comparó la precisión y se eligió el más conveniente para el estudio, a través del cálculo del MAD y señal de rastreo. El pronóstico elegido sirve de base para la posterior elaboración del plan maestro de producción, el cual considera la jornada laboral y los días trabajados a la semana para generar un plan que equilibre la producción de cajas chinas tradicionales y su variante, las parillas mix, de tal manera que el análisis de capacidad instalada y requerida, indique que es posible cumplir el plan propuesto. De acuerdo a este resultado se elabora el MRP, tomando en consideración el BOM de los productos en estudio, los cuales se dividieron de acuerdo a sus elementos: paredes, base, carbonera, parrilla interna y externa. El MRP muestra como resultado la cantidad de material requerido cada semana, de acuerdo los plazos de entrega y su presentación o lote de compra.

Además, se realizó un análisis de planificación estratégica de producción en un periodo de 8 semanas, presentando tres posibles modelos: producción lote a lote, cantidad económica de producción y producción por costo total mínimo. Estos fueron evaluados y comparados de acuerdo a los costos asociados a cada modelo, según los costos de preparación y mantenimiento de inventario, escogiendo el de mayor beneficio. Así mismo, se realizó el CRP para planificar las necesidades de capacidad de los pedidos del MRP, dividiendo la planta en 3 centros de trabajo y se analizando la capacidad real y la requerida. Luego, se elaboró el balance de línea, tomando en cuenta el tiempo de producción y los tiempos asociados a las operaciones, así como también la identificación del cuello de botella y la simulación de la situación al equilibrar el recurso.

Se incluyó también, el análisis de la disposición de planta, evaluando el layout de la empresa a través del método de travel charting, el cual arrojó como resultado la eficiencia de la distribución actual; seguidamente se aplicó el método de eslabones para generar una alternativa de distribución, calculando la eficiencia de la nueva distribución para justificar su aplicación. Luego, se propone la aplicación de la metodología 5s, dividiendo la planta en centros de trabajo para aplicar un check list inicial para medir el nivel de cumplimiento de las 5s, de acuerdo a esta evaluación se presentan medidas de mejora por área, así como también una propuesta a nivel general de acuerdo a los principios de cada factor de la metodología 5s. Así mismo, se propone el uso y configuración de un software de control de operaciones, que ayude en la gestión de compra de materiales, inventarios y planificación de la producción.

Luego de la presentación de las mejoras, se vuelve a realizar el cálculo, medición y comparación de los indicadores de productividad, los cuales incluyen la productividad según los recursos empleados, como son la productividad de material, insumos, laboral, multifactorial y el nivel de productividad global. Así mismo, se considera el cálculo de la eficiencia general, eficiencia física y económica, además del indicador de eficacia y efectividad. Finalmente se elabora el análisis financiero de la investigación, en el que se evalúa la viabilidad de este proyecto, tomando en cuenta los costos asociados a la aplicación del mismo y los beneficios que este presenta para la empresa, justificado a través del cálculo de indicadores como el valor actual neto (VAN) e IR.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Aspectos generales de la empresa

#### 3.1.1. Descripción de la empresa

BAUR metalmin es una empresa con proyección regional, dedicada a ejecutar proyectos que involucran servicios de construcción, fabricación, montaje y/o mantenimiento de obras civiles y metalmecánicas. Dispuestos a satisfacer las exigencias de los clientes y alcanzar objetivos empresariales. Esta empresa fue constituida en la ciudad de Cajamarca por los señores Arturo Adolfo Bazán Vigo y María Paz Urteaga Castañeda en enero del año 2016.

Está asociada en las operaciones con la empresa BAVIG SAC, ambas son empresas cajamarquinas que ofrecen servicios de diversa índole, entre ellos el área de servicios, alquiler, ventas y fabricación.

Buscan ser reconocidos por calidad y cumplimiento en lo que ofrecen, por lo que han desarrollado un grupo humano de excelencia, consolidando así la fidelidad y el crecimiento para poder seguir adelante y cumplir con sus clientes.

#### 3.1.2. Misión

La misión es ser una empresa con proyección regional, dedicada a ejecutar proyectos que involucran servicios de construcción, fabricación, montaje y/o mantenimiento de obras civiles y metalmecánicas. Estar dispuestos a satisfacer las exigencias de sus clientes y alcanzar los objetivos empresariales.

Además, la organización está dedicada a brindar soluciones integrales tanto en el campo electro-mecánico como en la automatización industrial, con tecnologías de innovación que permitan garantizar altas prestaciones de trabajo, optimizando de esta forma la calidad de servicios.

#### 3.1.3. Visión

La empresa aspira a consolidarse como una de las empresas regionales de mayor importancia en la fabricación, obras civiles, montaje de estructuras metálicas;



reconocidos por su eficiente desempeño, seguro y socialmente responsable; mejorando continuamente los procesos y gestión para lograr la más alta satisfacción del cliente.

Así mismo, se proyecta como una organización líder en su área de trabajo, manteniendo un nivel de excelencia y mejora continua, para ofrecer progresivamente una mejor calidad y superar las expectativas de sus clientes. Implementando mejoras en los servicios y el perfeccionamiento de los existentes, para lograr una mayor presencia y participación en el mercado industrial, alcanzado el mejoramiento continuo de su recurso humano.

Consideran que su visión es la guía de sus acciones, el perseguir su logro día con día y avanzar en sus propósitos constituye la de ser de la empresa. Además, sus principios y valores son los que dan la marca personal. Los valores sólo se entienden en conjunto como un complemento integral. En el centro de todos, como principio fundamental, están los clientes, origen y fin de su accionar.

#### **3.1.4. Valores**

- Esforzarse en ser innovadores y en mantener una avanzada tecnología a fin de ofrecer productos de calidad a precios competitivos.
- Valorar el trabajo en equipo y reconocer la creatividad individual.
- Favorecer una comunicación franca con todos los trabajadores en un ambiente de transparencia.
- Comprometidos con mejorar continuamente, superándose día a día.
- Deberse a sus clientes y trabajadores, y llegar tan lejos como sus clientes y trabajadores se lo propongan.

### 3.1.5. Organigrama

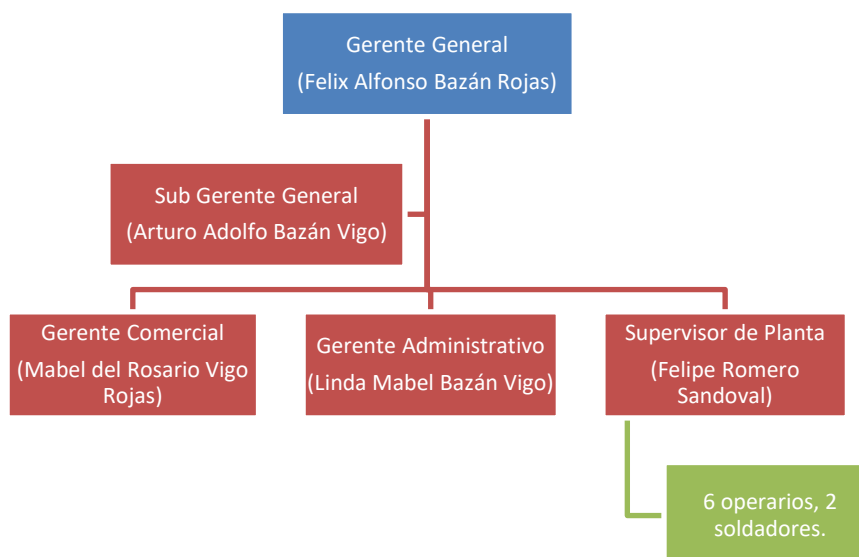


Figura 11: Organigrama de la empresa

### 3.1.6. Productos y Servicios

La empresa ofrece la fabricación y montaje de todo tipo de estructuras metálicas, incluyendo cerrajería artística, puertas, ventanas para interiores y exteriores, escaleras, cercos metálicos y mobiliario metálico; incluso se realiza la fabricación de remolques haciéndolos más prácticos, duraderos y seguros, para aplicaciones industriales, de ganadería, transporte y soporte de motores y maquinas

Además, considerado como un producto bandera por su demanda, la empresa fabrica cajas chinas de madera o melamina, forradas acero galvanizado y/o acero inoxidable, con una tapa que sirve de carbonera y que se usa para cocinar cualquier tipo de carne dentro. Así mismo, fabrica cilindros, barbacoas y parrillas, ofertando nuevas alternativas de parrillas que incluyen una caja china y una parrilla externa para un mejor aprovechamiento. Estos pueden ser de distintos tamaños y precios, al gusto del cliente.

La empresa, además, realiza la distribución de gases industriales de marca Praxair-Perú, consideran importante entender las metas del cliente antes de recomendar un gas, para sacar el máximo provecho del suministro. Ofrece la venta de gases puros, mezclas y manejo de equipo. Entre los gases que venden están: oxígeno, acetileno, argón, dióxido de carbono, nitrógeno y helio.

Así mismo, ofrece diferentes servicios relacionados a la maquinaria que se maneja en la planta. Entre estos servicios se encuentra el servicio de soldadura y recuperación de piezas a través de los procesos de Soldadura TIG, MIG, Eléctrica, Autógena y corte con plasma. Ejecuta procedimientos de soldadura en materiales como: fierro, acero inoxidable, aluminio, bronce, etc. Los tipos de soldadura que se ofrecen son soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (GMAW), con núcleo fundente (FCAW), con tungsteno y protección gaseosa (GTAW), con arco de plasma (PAW), con arco protegido (SMAW) y por arco sumergido (SAW).

Además, la empresa brinda servicio de corte de diversas maneras, entre ellas está el corte con amoladora y tronzadora, el corte CNC plasma hyperterm y el corte hidráulico por guillotina. Así como también, servicio de doblez o plegado de planchas metálicas, usando la plegadora hidráulica o la presa; servicio de rolado hidráulico y servicio de torno.

### **3.2. Situación actual**

La empresa objeto de estudio, es una empresa prestadora de servicios de metalmecánica y fabricante de productos derivados de este rubro; ya posicionada en el mercado en la ciudad de Cajamarca. Debido a la naturaleza de creación de esta empresa, las operaciones suelen realizarse de manera empírica, tomando en cuenta la opinión de los técnicos y expertos, quienes son parte de la fuerza laboral. Esta situación, tiene un efecto negativo en los niveles de productividad, por lo que se presentan problemas de incumplimiento de fechas de entrega de productos, retrasos, pérdida de material y exceso de tiempos improductivos en los procesos.

Los servicios ofertados por la empresa son diversos, para los cuales se hace uso de diferentes tipos de máquinas. Sin embargo, los productos bandera, como es el caso de la caja china (k-jachita) y la parrilla mixta, la cual combina una caja china con una parrilla externa; son productos que involucran gran parte de los procesos involucrados en la empresa. Al ser productos que necesitan de la participación de la mayoría de áreas presentes en la empresa, con un proceso productivo completo, además de presentar gran demanda, se realiza el estudio tomando como base estos dos productos. De esta manera, se identifican los problemas más representativos en los procesos presentes en la empresa que dan como resultado un nivel de productividad deficiente

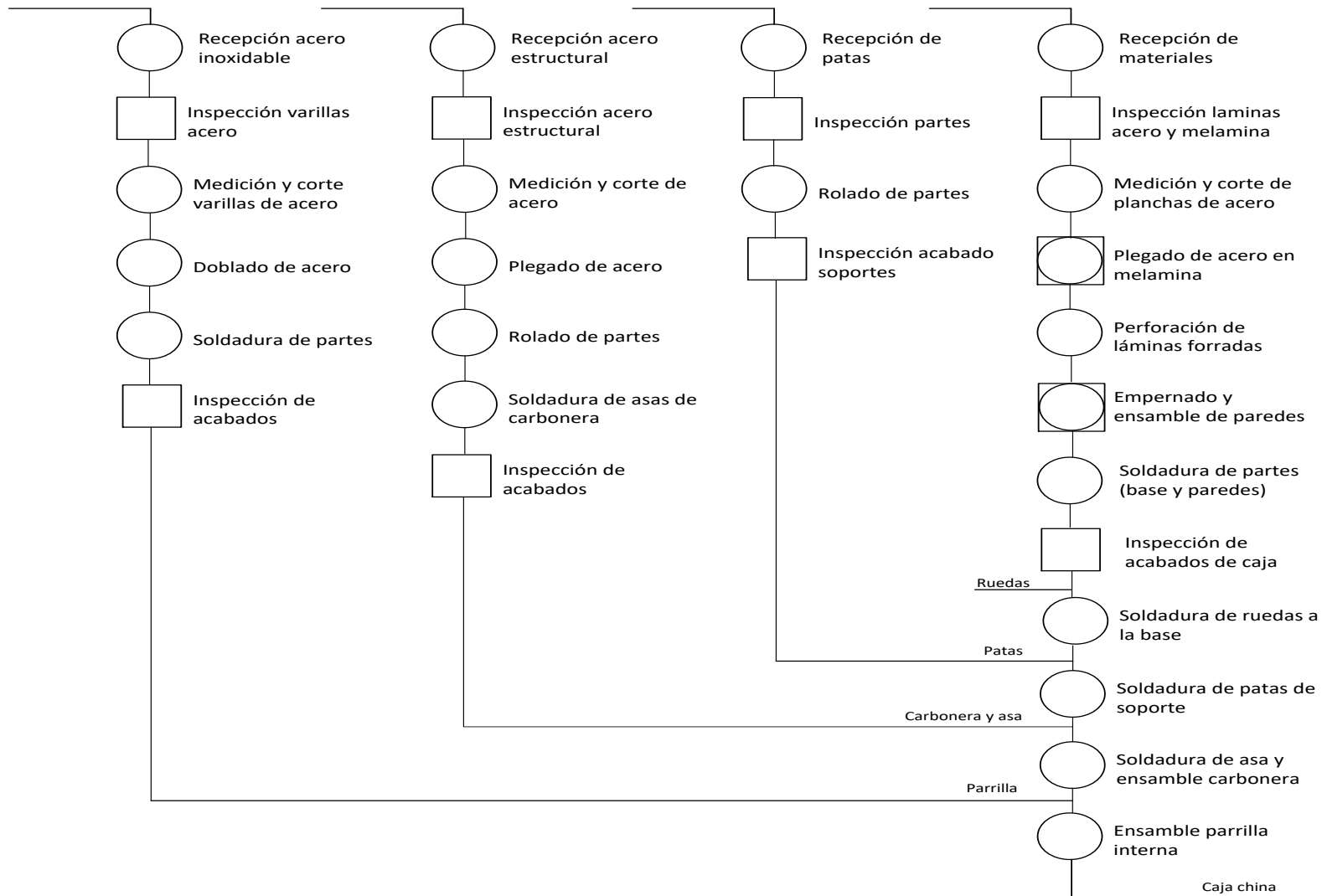
en la empresa; para luego poder presentar un plan de mejora óptimo que combata los problemas que ocasionen el mayor daño en la empresa y de esta manera incrementar el nivel de productividad.

### **3.2.1. Descripción de los procesos**

Los procesos involucrados en la fabricación de la caja china, son diversos, abarcan desde la recepción de los materiales, hasta el almacenamiento del producto terminado. Para poder realizar el análisis de los procesos de forma profunda, se presenta a continuación el diagrama de procesos para la fabricación de cajas chinas.

Para la elaboración de una caja china es necesaria la producción de otros componentes que serán incorporados a la línea principal de acuerdo a la demanda de estos, por lo que se presentan líneas de producción simultáneas, las cuales representan la fabricación de componentes como la carbonera, las patas de soporte, parrilla interna, para el caso de la caja china y parrilla externa para el caso de la parrilla mix.

De acuerdo a lo establecido por Niebel (2004), los diagramas de operaciones solo contemplan las operaciones, las cuales se representan con un círculo, las inspecciones, representadas por un cuadrado y finalmente las operaciones combinadas, las cuales hacen referencia a una operación que contiene una inspección de manera simultánea, este tipo de operaciones se representan con un círculo dentro de un cuadrado.



Resumen	
Operaciones	19
Inspecciones	8
Operación combinada	2

Figura 12: Diagrama de operaciones (Caja china)

De acuerdo a la figura 13, para el proceso completo de fabricación de cajas chinas se necesitan de 19 operaciones, 8 inspecciones y 2 operaciones combinadas, tomando en cuenta la elaboración de todos los componentes que conforman el producto final.

Cada componente debe ser procesado de diferente manera antes de poder entrar a la línea principal de fabricación de la caja china, en este caso se analiza el flujo del proceso, considerado para cada parte del producto terminado.

a) Patas de soporte

Este componente es uno de los primeros en ingresar a la línea principal de proceso, en general, la empresa hace la compra directa de patas de soporte para su ensamble en la estructura, sin embargo, es necesaria una modificación de estos, de acuerdo al requerimiento del diseño. En la figura 14 se presenta el diagrama de flujo para explicar el orden de las operaciones

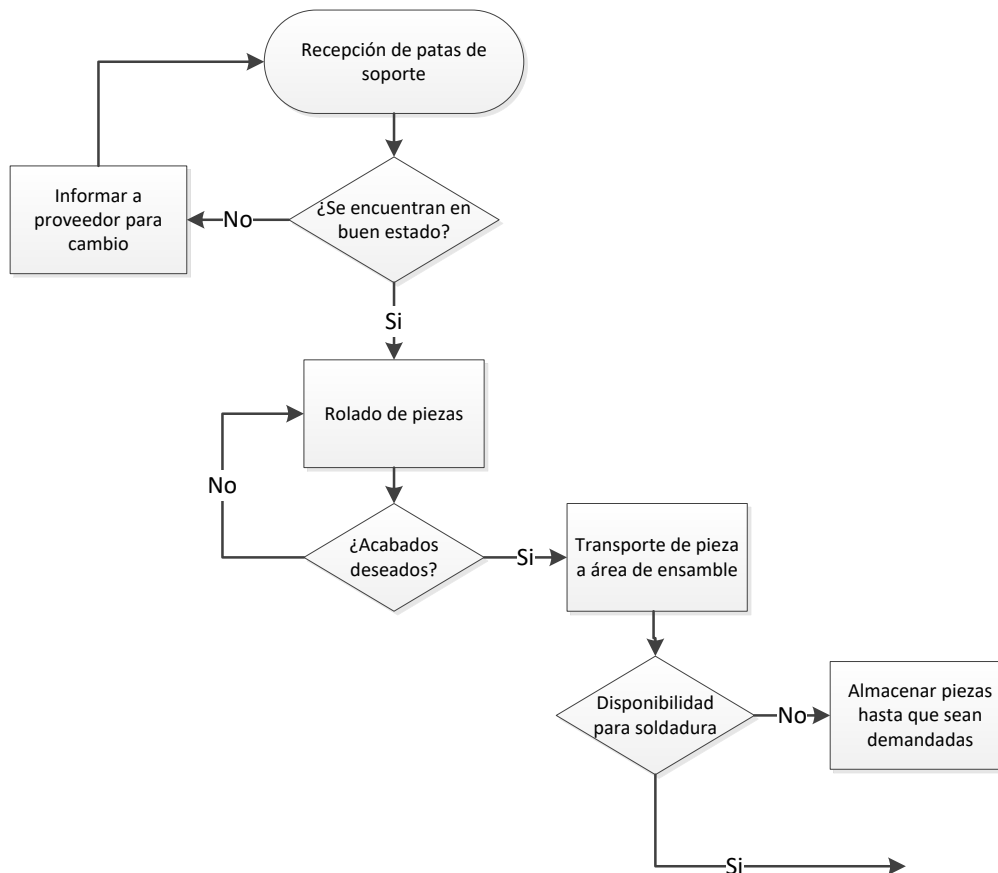


Figura 13: Diagrama de flujo fabricación de patas de soporte

De acuerdo a la figura 14, se tiene una constante inspección de los acabados obtenidos luego del proceso, en caso de no tener el resultado esperado, se generan reproceso en el flujo de las operaciones. Además, se evidencia que cuando los componentes no puedan seguir el flujo normal hacia el ensamble de partes en el producto final, estos deben ser almacenados como productos en proceso, hasta que sean necesitados nuevamente dentro de la línea principal de producción.

### b) Carbonera

La carbonera es un componente importante en la elaboración de la caja china, ya que es el elemento que permite la cocción dentro de la caja china. Este elemento tiene que ser fabricado para luego entrar en la línea principal de operaciones, para su ensamble con las demás piezas. Se considera el siguiente diagrama de flujo (Figura 15) que representa la sucesión lógica de las operaciones para la elaboración de la carbonera.

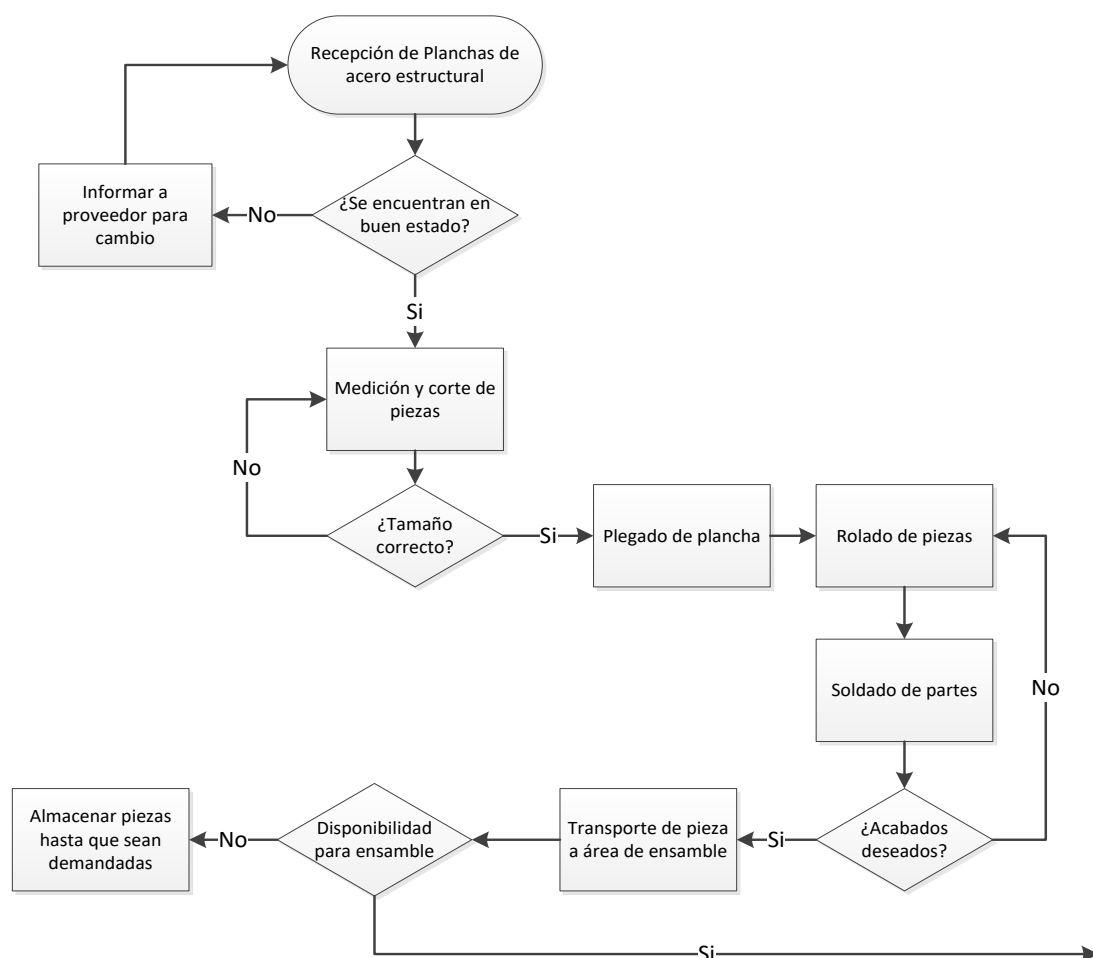


Figura 14: Diagrama de flujo fabricación de carbonera

La fabricación de la carbonera inicia con la revisión del tamaño adecuado en el corte del material, luego se inspeccionan los acabados, cuando no se cumplen los requerimientos, se generan reproceso. Así mismo, al igual que en el caso de las patas de soporte, cuando los componentes no puedan seguir el flujo normal de ensamble de partes, deben ser almacenados como productos en proceso, hasta que sean requeridos.

### c) Parrilla interna

La parrilla interna es un componente que se introducen en la caja para la distribución de los insumos a preparar, en su fabricación se usan varillas de acero inoxidable de 0.25 pulgadas de diámetro, en la figura 16 se presenta el diagrama de flujo de operaciones para la fabricación de parrillas internas.

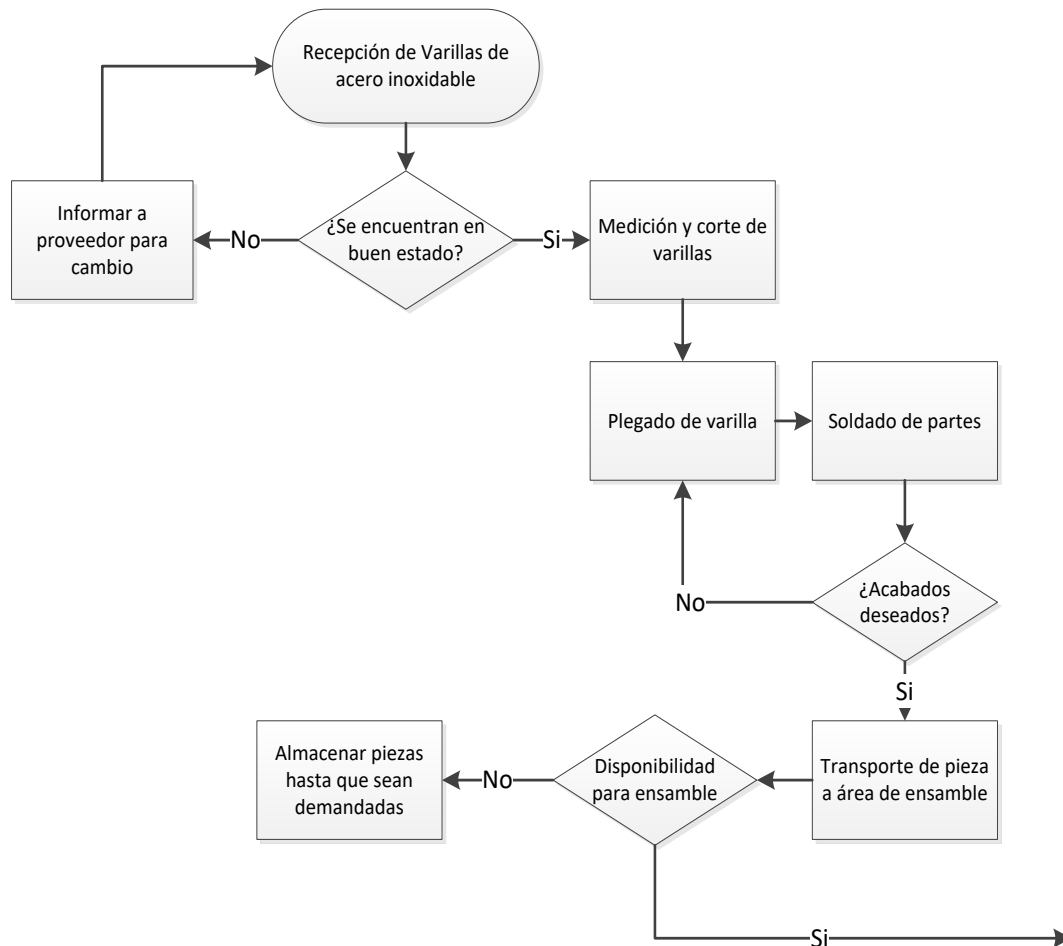


Figura 15: Diagrama de flujo fabricación de parrilla interna

La fabricación de parrillas internas contempla inspecciones del material y acabados luego de las operaciones, en caso de encontrar irregularidades se realizan reproceso



que aumentan el tiempo de producción. Luego de tener el componente listo para su ensamble, se analiza la disponibilidad de los componentes principales, en caso de no encontrarse, el componente pasa al almacén de productos en proceso.

#### d) Parrilla externa

La parrilla externa es un componente de las parrillas mix, en el caso de este producto no se fabrica parrilla interna, pero si una parrilla que se ubica en la parte superior de la carbonera, de esta manera se tiene tanto una caja china como una parrilla tradicional a carbón. En la figura 17 se presenta el diagrama de flujo de procesos para la elaboración de las parrillas externas.

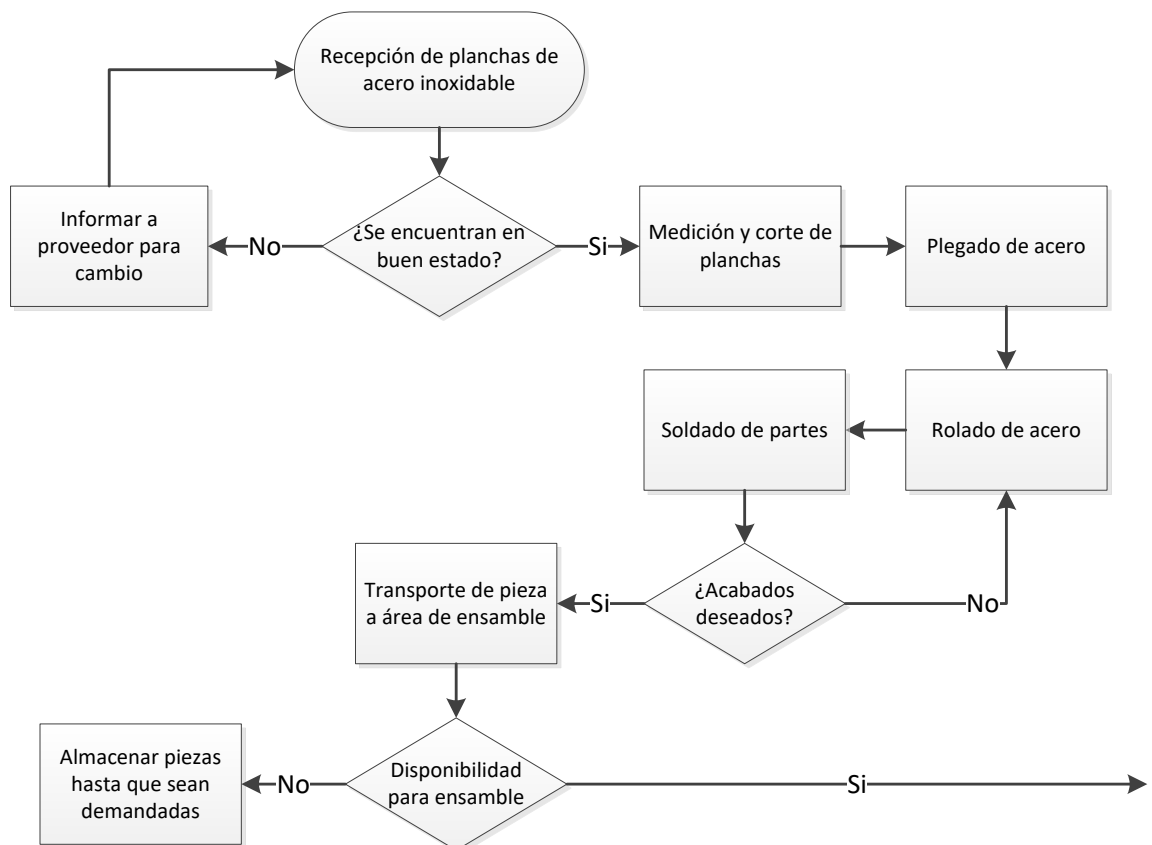


Figura 16: Diagrama de flujo fabricación de parrilla externa  
Elaboración propia

La parrilla externa se fabrica con planchas de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor, cortadas para servir como base y patas de soporte de la estructura, se doblan las planchas para crear el diseño en la base y luego se sueldan las patas de soporte, además se realizan inspecciones de materiales y acabados. El componente ingresa a la línea

principal para su ensamble si hay disponibilidad, de lo contrario se traslada al área de productos en proceso.

Por otro lado, en el proceso principal de elaboración de caja china, se consideran las operaciones para la fabricación de las paredes y base, como parte de la estructura principal. La figura 18 muestra el diagrama de análisis de proceso en la línea principal de producción, para lo cual, se ha realizado previamente el estudio de tiempos correspondiente a todas las operaciones.

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO									
Proceso: Fabricación de caja china									
MÉTODO									
Descripción	Tiempo (mm:ss)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones	
			○	□	◻	→	D		▽
Recepción de materiales	1:31		●	□	◻	→	D	▽	
Inspección del estado de los materiales recibidos	0:40		○	■	◻	→	D	▽	
Trasporte de materiales a área de corte	0:34	11.3	○	□	◻	→	D	▽	
Medición y corte de planchas de acero inoxidable	7:00		●	□	◻	→	D	▽	
Transporte a plegadora	0:17	5.5	○	□	◻	→	D	▽	
Plegado de acero en melamina, inspección de esquinas	6:39		○	□	●	→	D	▽	
Transporte a área de perforación	2:17	45.5	○	□	◻	→	D	▽	
Perforación de melamina forrada con acero	4:00		●	□	◻	→	D	▽	
Transporte al área de ensamble	1:20	26.4	○	□	◻	→	D	▽	
Empernado de partes y ensamble de paredes y base	11:47		○	□	●	→	D	▽	Se hace la inspección al mismo tiempo.
Transporte al área de soldadura	1:24	27.7	○	□	◻	→	D	▽	
Soldado de partes de caja	5:50		●	□	◻	→	D	▽	
Inspección de acabados y alineación de paredes	0:48		○	■	◻	→	D	▽	
Transporte de caja a almacén de producto en proceso	1:24	55.5	○	□	◻	→	D	▽	
Esperar que los componentes estén disponibles			○	□	◻	→	●	▽	Tiempo de espera variable, depende de la disponibilidad de los otros componentes.
Transporte al área de soldadura	1:24	55.5	○	□	◻	→	D	▽	

Soldadura de patas de soporte y asa	5:29		●	□	◻	⇒	D	▽	
Transporte al área de ensamble	1:09	22.7	○	□	◻	⇒	D	▽	
Ensamble de carbonera y parrilla interna	4:52		●	□	◻	⇒	D	▽	
Transporte a almacén de producto terminado	0:54	35.7	○	□	◻	⇒	D	▽	
Almacén de producto			○	□	◻	⇒	D	▽	Se almacena el producto hasta que sea demandado.
<b>TOTAL OPERACIONES</b>	21		6	2	2	9	1	1	
<b>TOTAL TIEMPO</b>	59:19								
<b>TOTAL DISTANCIA</b>	424.9								

Figura 17: Diagrama analítico de proceso - Fabricación de caja china

El diagrama de la figura 18 corresponde a la línea principal de fabricación de cajas chinas, al tiempo resultante de este proceso se le debe añadir el tiempo correspondiente a la fabricación y modificación de los demás componentes, por lo que el tiempo total de producción es de 2 horas con 48 segundos, de acuerdo al estudio de tiempos realizado, para encontrar los tiempos exactos de cada elemento.

El total de distancia recorrida durante el proceso es de 424.9 metros, esta es excesiva, considerando las dimensiones de la planta; además se identificó una demora por falta de disponibilidad de componentes o materiales, que ocasiona que el proceso se alargue y no se cumplan con las fechas de entrega acordadas con el cliente.

### 3.2.2. Identificación de problemas

A continuación se detallan los problemas identificados, gracias al análisis de procesos, a través del diagrama analítico de procesos.

#### a) Falta de planificación en la compra de materiales

Este problema se considera dentro del desperdicio de almacenamiento, sustentado por la gestión actual, la cual se maneja de forma empírica. El área de compras se divide en categorías que califican las compras según el componente necesitado; en la categoría de materiales e insumos, se considera a las planchas de acero inoxidable y acero estructural, planchas de melanina, varilla de acero, patas de soporte pre-fabricadas y ruedas de soporte para la base.

Los componentes más importantes, como es la melanina, se compran cada tres semanas, debido a que se hace el pedido específico al proveedor, el cual entrega las planchas previamente cortadas; en el caso de las planchas de acero, se hace la compra cada dos semanas, dependiendo de la demanda y criterio del supervisor de planta.

Todas las compras se realizan aproximadamente dos veces por mes, sin embargo estas son manejadas de manera empírica, por el gerente de planta, de acuerdo a sus conocimientos y experiencia. No se maneja una planificación de requerimiento de materiales según un pronóstico de demanda. Esto ocasiona que se deban hacer compras adicionales de materiales faltantes en la fabricación, estos pedidos no programados deben hacerse con la modalidad de entrega inmediata, la cual tiene un costo adicional que debe asumir la empresa.

Esta situación genera demoras en el proceso, no se puede continuar con el flujo normal de los procesos si no se tiene el material necesario. A continuación, en la Tabla 4 se presenta el registro de los pedidos, que compara los pedidos programados con los pedidos reales; evidenciando una inadecuada planificación de abastecimiento de materiales.

**Tabla 4: Pedidos adicionales realizados Enero – Junio 2018**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
<b>Compras planificadas</b>	3	2	2	2	2	2	
<b>Compras realizadas</b>	7	8	5	2	4	6	
<b>Compras adicionales</b>	4	6	3	0	2	4	<b>Promedio</b>
<b>Porcentaje adicional</b>	57.14%	75%	60%	0 %	50%	66.67%	51.47%

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla, los pedidos adicionales representan un promedio de 51.47% de los pedidos totales, considerando que se programan solo 2 pedidos mensuales, este porcentaje adicional de pedidos representan 1.04 viajes adicionales a los previstos. Cada viaje, significa una parada de aproximadamente 8 horas en los centros de trabajo

de la planta. Por lo que, aproximadamente se perderían 4.16 horas a la semana, por falta de material.

### **b) Falta de planificación de producción**

Se presenta como desperdicio de tiempo de espera. No se evidencia una planificación de producción, considerando a una proyección de la demanda, basada en el registro histórico de la venta. La empresa realiza las operaciones de una manera empírica, adoptando los conocimientos y experiencia del gerente y supervisor de planta. No se majea método de pronóstico alguno y se procede a controlar la planificación de la producción de acuerdo a la capacidad de planta considerada por el supervisor.

Actualmente, se considera la producción con respecto a los plazos de entrega y las solicitudes del cliente, en el caso de tener una fecha muy próxima, optan por la asignación de más operarios a diferentes áreas, para cubrir la demanda. Sin embargo, este objetivo no siempre se cumple, ya sea por la falta de materiales durante el proceso o por falta de tiempo para la producción. Esta situación, ocasiona que el 24% de los pedidos realizados por los clientes tengan se ser aplazados.

### **c) Desorden en las áreas de trabajo**

Se considera dentro de la categoría de desperdicio de movimientos, debido a que dentro de las áreas de trabajo se puede notar el desorden en el ambiente, los espacios no están delimitados ni señalizados debidamente. No se cuenta con un lugar específico en el que los operarios puedan depositar las herramientas que se usan en cada área, por lo que usualmente reposan en el piso o en las mesas de trabajo, mezcladas con mermas del proceso. Al no existir un orden visible, el operario toma tiempo buscándolas y llevándolas al área de trabajo que le corresponde, agregando tiempo al total del proceso, el cual podría verse reducido de contar con una filosofía de orden y limpieza en toda la planta. Estos tiempos agregados a la producción, no solo afectan en el cálculo de tiempo de ciclo, impactan de manera negativa en la productividad y eficiencia del proceso.

Además, trabajar en un espacio con desorden visible afecta la eficiencia del trabajador, quien debe estar totalmente centrado en su labor para poder lograr un trabajo de calidad y sin defectos, para evitar posibles reproceso al no obtener los acabados deseados.

#### **d) Áreas de trabajo con mermas y desperdicios**

Se considera como desperdicio de tiempo y movimientos, ya que las mermas se encuentran en el área de trabajo obstaculizando el paso de los operarios, a lo largo de corredores y pasillos que deberían quedar libres para el tránsito. La obstaculización de las vías de acceso causa que el tiempo de transporte de una estación a otra sea mayor, debido a que el operario debe encontrar nuevos caminos o esquivar los obstáculos, al momento de transportar el elemento en proceso.

Además, las mermas son acumuladas y apiladas dentro de las zonas de trabajo, junto a los componentes en proceso; lo que ocasiona que el operario tarde más tiempo escogiendo los componentes que se encuentran en estado óptimo para el proceso. Esta situación genera un ambiente de constante caos y desorden, lo cual afecta el rendimiento de los operarios.

#### **e) Exceso de distancia en transportes de material**

Se evidencia desperdicio de transporte debido a distancias excesivas entre áreas críticas que tienen afluencia inmediata de componentes, lo cual ocasiona un incremento en los tiempos por transportes repetitivos en el proceso.

Además, se debe tomar en consideración que el espacio ocupado por la planta consta de dos terrenos ubicados a cada costado de una vía de tránsito vehicular de acceso público, por lo que se secciona el espacio de la planta. Esta distribución provoca que los componentes deban ser transportados a través de la vía pública.

### **3.2.3. Clasificación de problemas**

Luego de la identificación de los problemas encontrados tras el análisis del mapa de flujo de valor, se llega a la conclusión de que estos ocasionan la deficiencia en los indicadores de productividad en la empresa, además del no cumplimiento con las fechas de entrega, acordadas con los clientes.

Con el fin de identificar las causas que dan origen a los efectos mencionados, se realiza en diagrama de Ishikawa, también denominado causa –efecto o de espina de pescado. De esta manera se pueden clasificar los elementos causantes de acuerdo a los diversos factores involucrados. En la Figura 20 se muestra el diagrama de Ishikawa que toma en cuenta como efecto al bajo nivel de productividad y considera como clasificaciones o sub causas a los aspectos relacionados con la mano de obra, método de trabajo, maquinaria y materiales.

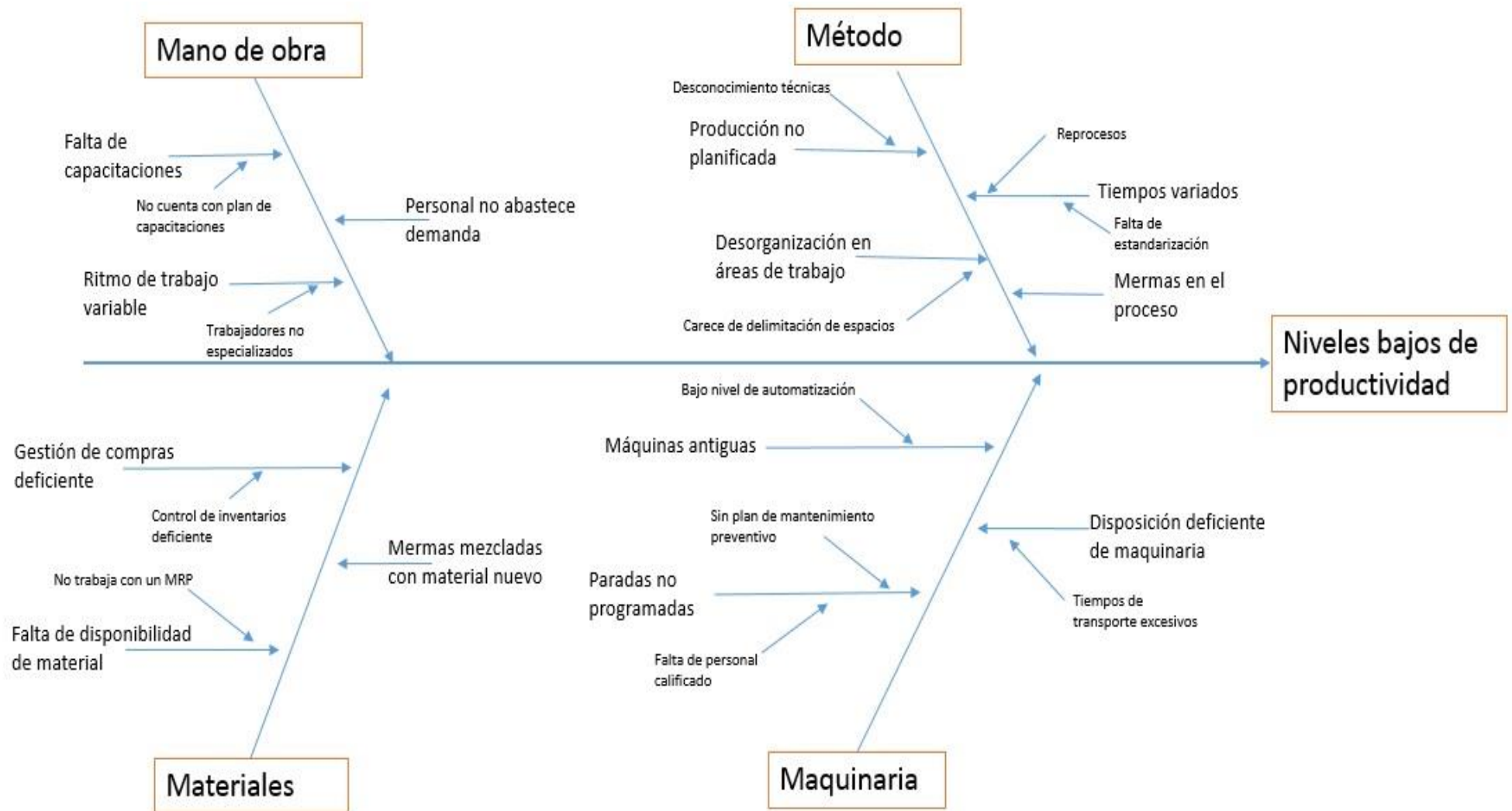


Figura 18: Diagrama de Ishikawa – Niveles bajos de productividad  
Elaboración propia



Los problemas analizados e identificados luego de la elaboración del diagrama de Ishikawa, son clasificados según el impacto que estos generan en el efecto no deseado. Se toma en cuenta la frecuencia de los problemas para poder elaborar una tabla de frecuencias, la cual será utilizada posteriormente para realizar el diagrama de Pareto, este diagrama emplea la filosofía 80 -20, la cual indica que el 20% de las causas identificadas, generan el 80% de los problemas que sufre la empresa. Por lo tanto, al identificar los problemas críticos del proceso, se pueden plantear propuestas de mejora que combatan los problemas específicos.

En la siguiente tabla se muestra la frecuencia de las causas identificadas, cuya solución de priorizarse, además se tiene un porcentaje acumulado que servirá para el análisis del diagrama de Pareto.

**Tabla 5: Frecuencia de incidencia de problemas**

<b>COD</b>	<b>Descripción del problema</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>%Acumulado</b>
<b>A</b>	Producción no planificada	62	20%	20%
<b>B</b>	Falta de disponibilidad de material	60	20%	40%
<b>C</b>	Desorganización en áreas de trabajo	50	16%	56%
<b>D</b>	Disposición de planta deficiente	38	12%	69%
<b>E</b>	Gestión poco efectiva de inventarios	35	11%	80%
<b>F</b>	Mermas en el proceso	20	7%	87%
<b>G</b>	Paradas no programadas	10	3%	90%
<b>H</b>	Reproceso	10	3%	93%
<b>I</b>	Falta de plan de capacitaciones	10	3%	97%
<b>J</b>	Falta de personal calificado	5	2%	98%
<b>K</b>	Maquinaria antigua	5	2%	100%

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla de frecuencia, se puede realizar el diagrama de Pareto, el cual indicará cuales son los problemas más relevantes, a priorizar. A continuación, en la siguiente figura se presenta el diagrama de Pareto elaborado.

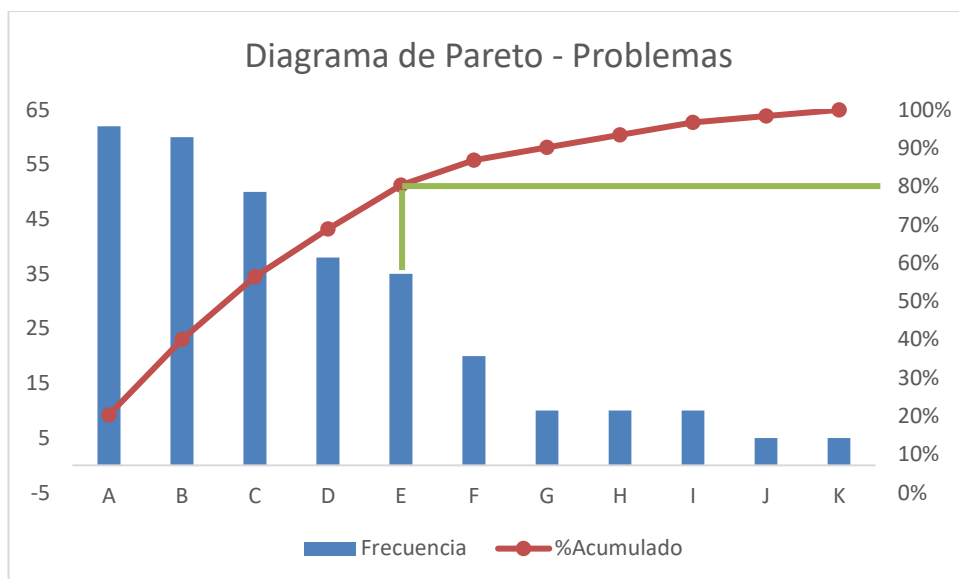


Figura 19: Diagrama de Pareto – Problemas  
Elaboración propia

De acuerdo a la interpretación del diagrama de Pareto, los elementos denominados, A, B, C, D y E, son los problemas más críticos en la empresa, los cuales dan como resultado el efecto de niveles deficientes de productividad. Estos problemas son la producción no planificada, la falta de disponibilidad de material, desorganización de las áreas de trabajo, disposición de plata deficiente y la gestión poco efectiva de inventarios.

### 3.2.4. Cálculo de indicadores iniciales

#### a. Tiempo

En el caso de la investigación, se tomaron 5 observaciones preliminares, para el cálculo de observaciones aplicamos la fórmula de número de observaciones, obtenemos:

$$n = \left( \frac{40\sqrt{5(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = 10$$

Se concluye que son necesarias 10 observaciones para el cálculo del tiempo promedio el cual dio como resultado 105.7 minutos

## b. Productividad

Se calcula la productividad desde diferentes perspectivas y tomando en cuenta diversos factores. Se considera la productividad de material, de insumos, laboral, multifactorial y nivel de productividad general.

### ➤ Productividad del material

La productividad de material considera los materiales críticos en el proceso de producción, como el acero inoxidable, melamina y acero estructural

#### **Acero inoxidable:**

En la situación actual de la empresa, se calcula la productividad de material para el acero inoxidable utilizando la fórmula para la productividad de materiales.

$$Productividad\ de\ materiales = \frac{Producción}{Materiales\ utilizados}$$

$$Productividad\ acero\ inoxidable = \frac{85\ caj}{242.25\ m^2} = 0.351\ cajas/m^2$$

Actualmente, se producen 0.351 cajas chinas por cada metro cuadrado de acero inoxidable empleado en el proceso.

#### **Melamina:**

En la situación actual de la empresa, se calcula la productividad de material para la melamina utilizando la fórmula para la productividad de materiales.

$$Productividad\ melamina = \frac{85\ caj}{133.45\ m^2} = 0.637\ cajas/m^2$$

Se producen 0.637 cajas chinas por cada metro cuadrado de melamina, actualmente.

#### **Acero estructural:**

La productividad de material para el acero estructural actualmente es:

$$Productividad\ acero\ estructural = \frac{85\ caj}{45.05m^2} = 1.887\ cajas/m^2$$

Se producen 1.887 cajas chinas por cada metro cuadrado de acero estructural empleado.

➤ **Productividad de insumos**

La productividad de insumos toma en cuenta la producción total y el total de insumo utilizado, en este caso se consideran a las patas de soporte y ruedas como insumos.

$$Productividad\ de\ insumos = \frac{Producción}{Insumo\ utilizado}$$

$$Productividad\ de\ insumos = \frac{85\ caj}{352\ und} = 0.24\ cajas/und$$

Se interpreta que, actualmente, se producen 0.24 cajas chinas por cada insumo utilizado.

➤ **Productividad laboral**

La productividad laboral de acuerdo a la situación actual de la empresa es:

$$Productividad\ laboral = \frac{Producción}{Horas\ Hombre\ empleadas}$$

$$Productividad\ laboral = \frac{85\ caj}{800\ h. - hombre} = 0.106\ cajas/H(hombre)$$

Entonces, se producen 0.106 cajas chinas por cada hora hombre empleada.

➤ **Productividad multifactorial**

Se obtiene el cálculo de la productividad multifactorial para la situación inicial de la empresa

$$Produc.\ multifactorial = \frac{Producción}{Persona + insumos + material + otros} \times 100$$

$$Productividad\ multifactorial = \frac{85\ caj}{777.75} = 10.9\ %$$

➤ **Nivel de productividad**

El nivel de productividad, considera el tiempo real y el tiempo disponible:

$$Productividad = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible} \times \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ planificadas} \times 100$$

$$Productividad = \frac{22 \text{ dias}}{25 \text{ dias}} \times \frac{85 \text{ caj}}{90 \text{ caj}} = 83\%$$

El nivel inicial de productividad es de 83%, el cual se considera un nivel deficiente.

### c. Eficiencia

Se calcula la eficiencia del trabajo en la empresa

$$Eficiencia = \frac{\text{Resultado alcanzado} \times \text{Costo estimado} \times \text{Tiempo invertido}}{\text{Resultado esperado} \times \text{Costo real} \times \text{Tiempo previsto}} \%$$

$$Eficiencia = \frac{0.02933333}{0.034722222} = 84.5\%$$

El resultado es de 84.5% de eficiencia. De igual forma se realiza el cálculo de la eficiencia física y económica.

#### ➤ Eficiencia física

Es la eficiencia de los recursos tangibles que son utilizados como materia prima o insumos. El cálculo de la eficiencia física de la situación actual es el siguiente:

$$Ef = \frac{\text{Salida útil de materia prima}}{\text{Entrada de materia prima}} \times 100 \%$$

$$Ef = \frac{418.9565 \text{ m}^2}{420.75 \text{ m}^2} = 99.6\%$$

La eficiencia física es de 99.6% para la situación actual, por lo que se interpreta que se utilizan el 99.6% de los ingresos en el proceso.

#### ➤ Eficiencia económica

Se mide la eficiencia económica considerando los ingresos y los costos de producción. Se aplica la fórmula para el cálculo de la eficiencia económica para la situación actual.

$$Ee = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Costos de producción}}$$

$$Ee = \frac{1150 \text{ nuevos soles}}{750 \text{ nuevos soles}} = 1.533 \text{ nuevos soles}$$

Se interpreta que por cada nuevo sol invertido, se genera un ingreso de 1.533, lo cual sugiere una ganancia de 0.53 soles.

#### **d. Eficacia**

Para calcular la eficacia en la situación inicial, se toman los valores de la relación entre el resultado real alcanzado y el previsto

$$Eficacia = \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \times 100 \%$$

$$Eficacia = \frac{85 \text{ cajas}}{90 \text{ cajas}} \times 100 \%$$

$$Eficacia = 94.4 \%$$

Esta fórmula da como resultado un porcentaje de 94.4% de eficacia para este proceso, considerando los resultados alcanzados y previsto del nivel de producción.

#### **e. Efectividad**

Se realiza el cálculo de la efectividad para el primer periodo analizado.

$$Efectividad = \frac{\frac{\text{Puntaje eficiencia} + \text{Puntaje eficacia}}{2}}{\text{Máximo puntaje}} \times 100 \%$$

De acuerdo al cuadro de efectividad, eficacia y eficiencia, se remplazan los valores de la fórmula para calcular la efectividad

$$Efectividad = \frac{\frac{5 + 1}{2}}{5} \times 100 \%$$

$$Efectividad = 60 \%$$

La efectividad inicial es de 60%.

### 3.2.5. Operacionalización de variables

Tabla 6: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADOS
<b>Procesos productivos</b>	Los procesos productivos son un conjunto de operaciones integradas con el objetivo de fabricar un producto específico, es decir, la actividad propia de la producción. El proceso productivo puede estar constituido por cualquier actividad que proporcione valor, susceptible de cubrir las necesidades de los consumidores. (Cuatrecasas, 2011)	Tiempo	Tiempo promedio	105.7 minutos
		Producción	Cumplimiento de entrega	76% entregas cumplidas
			Pedidos no programados	51.47% solicitudes extra
			Planificación operaciones	No cuenta con plan
		Mano de obra	Fuerza laboral	5 operarios
		Ambiente	Cumplimiento de 5S	Clasificar 38%, Ordenar 32%, Limpieza 41%, Estandarizar 38%, Disciplina 35%
Eficiencia de la distribución	17%			
<b>Productividad</b>	La productividad puede ser definida como la relación existente entre lo que se llega a producir y los recursos empleados con ese fin. Mediante esta se pretende sacar el mejor provecho posible de los recursos requeridos para obtener una producción mayor. Por lo que se puede hallar dividiendo los resultados finales o producción entre el recurso empleado. (García Criollo, 2005)	Eficiencia	Nivel de eficiencia	84.5%
			Eficiencia física	99.6%
			Eficiencia económica	1.53 nuevos soles
		Eficacia	Nivel de eficacia	94.4%
		Efectividad	Efectividad	60%
		Productividad	Productividad de materiales	Acero inox: 0.351cajas/m <sup>2</sup> , melanina: 0.637 cajas/m <sup>2</sup> , acero estruct: 1.887 cajas/m <sup>2</sup>
			Productividad laboral	0.106 caja/H-hombre
			Productividad multifactorial	10.9%
Nivel de productividad	83%			

### 3.3 Propuesta de Mejora

La propuesta de mejora que se presenta, se genera a partir de los problemas identificados como críticos, de acuerdo al diagrama de Pareto elaborado. Se propone un plan que integre métodos y herramientas diseñadas para la situación de la empresa. En la Tabla 7 se presenta una posible propuesta de solución por cada problema seleccionado.

**Tabla 7: Propuestas de solución a problemas**

Problema	Propuesta
Producción no planificada	Planificación de las operaciones Estudio de tiempos
Falta de disponibilidad de material	Planificación de las operaciones Software de control
Desorganización en áreas de trabajo	Metodología 5s
Disposición de planta deficiente	Análisis de disposición de planta
Gestión poco efectiva de inventario y compras	Planificación de operaciones Software de control

Elaboración propia

La secuencia lógica, planteada para la propuesta de mejora, tomando en cuenta los problemas identificados como representativos o críticos y sus alternativas de solución, se evidencia en la siguiente figura, que muestra el procedimiento a llevar a cabo



Figura 20: Procedimiento de propuesta de mejora  
Elaboración propia



### 3.3. Desarrollo de la propuesta de mejora

A continuación, se detallan los pasos de la propuesta de mejora, con los resultados obtenidos en la investigación.

#### 3.3.1. Estudio de tiempos

En primer lugar, se tiene la presentación del estudio de tiempos realizado, con el fin de definir los tiempos normales y estándar para cada elemento que forma parte del proceso de fabricación de cajas chinas.

Para determinar cuántas observaciones son necesarias para un nivel de confianza del 95% se emplea una fórmula estadística, la cual requiere que se efectúen cierto número de observaciones preliminares, para su aplicación; propuesta por Salazar (2016)

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n'(\sum x^2 - \sum(x)^2)}}{\sum x} \right)^2 \quad (21)$$

Donde:

- n: Tamaño de la muestra que queremos calcular, numero de observaciones.
- n': número de observaciones del estudio preliminar
- x: Valor de las observaciones
- 40: constante para un nivel de confianza de 95%

En el caso de la investigación, se tomaron 5 observaciones preliminares, para el cálculo de observaciones totales; aplicando la fórmula anterior, obtenemos lo siguiente:

$$n = \left( \frac{40\sqrt{5(\sum x^2 - \sum(x)^2)}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = 10$$

Se concluye que son necesarias 10 observaciones para el cálculo de los tiempos normal y estándar para cada elemento que forma parte del proceso de producción. Luego se calcula el tiempo normal, teniendo como base 10 observaciones; así como el

porcentaje de suplementos, dependiendo de las condiciones de cada uno de los elementos y finalmente el tiempo estándar.

En la Tabla 8 se presenta el resumen de resultados del estudio de tiempo por cada elemento analizado; teniendo en cuenta que los tiempos considerados por cada elemento abarcan todas las operaciones de fabricación, es decir, la de los componentes pre fabricados como la línea principal.

**Tabla 8: Resumen estudio de tiempos**

<b>Proceso analizado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo normal (min)</b>	<b>Suplementos %</b>	<b>Tiempo estándar (min)</b>
Elemento 1	Recepción de materiales	9.93	11 %	11.03
Elemento 2	Medición y corte	19.52	12 %	21.87
Elemento 3	Doblado o plegado	23.32	15 %	26.82
Elemento 4	Perforación y armado	16.01	15 %	18.52
Elemento 5	Rolado hidráulico	4.17	12 %	4.67
Elemento 6	Soldadura	27.47	17 %	32.15
Elemento 7	Ensamble	5.02	11 %	5.77

Elaboración propia

De acuerdo a la información obtenida luego del estudio de tiempos, se calcula un tiempo estándar total de 120.8 minutos para la fabricación de una caja china. Este tiempo hallado es el que se usará en adelante para la aplicación de las herramientas siguientes en la propuesta de mejora.

Además, el estudio de tiempos nos da información adicional para calcular la producción, tomando en cuenta el tiempo disponible al mes; los plazos de entrega que se deben tener en cuenta y la productividad de la planta, tomando en cuenta la producción real.

### 3.3.2. Planificación de las operaciones

La metodología planteada para la planificación de las operaciones y abastecimiento de materiales incluye factores que deben ser analizados, a continuación se detallan cada uno de ellos con el resultado obtenido.

### a. Pronósticos

Se analizó el registro histórico de ventas de cajas chinas y parrillas mix, los cuales son los productos seleccionados por ser similares y de gran demanda en la empresa; para la aplicación de tres tipos de modelo de pronóstico de la demanda: la regresión lineal, el suavizado exponencial y finalmente el promedio móvil ponderado. Además se realizó el cálculo del MAD (Error Absoluto Medio) y señal de rastreo para escoger el pronóstico con la mejor confiabilidad y menor índice de error.

A continuación se presenta la Tabla 9 de resumen de los resultados obtenidos luego de la aplicación de los diferentes tipos de pronóstico para la elección del más adecuado.

**Tabla 9: Resumen de resultados de pronósticos**

TIPO DE PRONÓSTICO	MAD	SR
Regresión lineal	2.41	0.00
Promedio Móvil	3.42	0.73
Promedio Móvil Ponderado	3.25	0.80
Suavizado exponencial	2.92	1.76

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados el pronóstico escogido es el de regresión lineal, ya que es el que muestra un menor MAD, es decir el menor error y además, se encuentra dentro de los límites admisibles según el valor de la señal de rastreo.

El resultado del pronóstico de regresión lineal es el que se será utilizado para los siguientes procedimientos en la planificación de las operaciones. A continuación, en la tabla 10 se presenta el resultado del pronóstico escogido.

**Tabla 10: Pronostico por regresión lineal**

Año	Periodo (Meses)	Ventas reales (unds)	Regresión lineal
2018	Enero	81	85
	Febrero	83	85
	Marzo	89	85
	Abril	90	85
	Mayo	80	85

	Junio	83	85
	Julio	84	85
	Agosto	85	85
	Septiembre	87	85
	Octubre	88	85
	Noviembre	86	85
	Diciembre	85	85
2019	Enero	84	85
	Febrero	80	85
	Marzo	86	85

Elaboración propia

### b. Plan Maestro de Producción (PMP)

Se considera una jornada laboral de 8 horas de lunes a viernes y la mitad de tiempo los días sábados, es decir 4 horas. Luego, basándose en el pronóstico elegido, se realiza el plan agregado de producción y se calcula el programa de producción por semana en cada mes. Se realizó el análisis en los meses de enero, febrero y marzo del año 2019.

Para este análisis se toma en cuenta la fabricación de cajas chinas y parrillas mix, el tiempo de producción de las parrillas es un 5% menor al calculado para las k-jachitas; por lo que se considera un tiempo estándar de 120.8 minutos para las cajas chinas y 114.76 minutos para las parrillas mix. Además, la demanda de parrillas mix corresponde a un 20% de la demanda total, quedando un 80% correspondiente a las cajas chinas tradicionales. En las siguientes tablas se presenta el plan maestro de producción para los meses analizados, además del análisis de capacidad instalada y requerida para la verificación de la viabilidad del plan propuesto.

**Tabla 11: Plan maestro de producción ENERO 2019**

	Enero					TOTAL
	0	1	2	3	4	
<b>Caja China</b>						
Pronóstico		17	17	17	17	68
Inv. Final	2	0	0	0	0	
MPS		15	17	17	17	66
<b>Parrilla mix</b>						
Pronóstico		4	4	4	4	17
Inv. Final	1	1	1	0	0	

<b>MPS</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
<b>Capacidad media</b>	21	21	21	21	

Elaboración propia

**Tabla 12: Análisis capacidad Enero 2019**

<b>Capacidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Instalada	2640	2640	2640	2640
Requerida	2271.04	2512.64	2512.64	2512.64
Déficit	368.96	127.36	127.36	127.36

Elaboración propia

**Tabla 13: Plan maestro de producción FEBRERO 2019**

	<b>Febrero</b>					<b>TOTAL</b>
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>Caja China</b>						
<b>Pronóstico</b>		17	17	17	17	68
<b>Inv. Final</b>	0	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>68</b>
<b>Parrilla mix</b>						
<b>Pronóstico</b>		4	4	4	4	17
<b>Inv. Final</b>	0	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>17</b>
<b>Capacidad media</b>		21	21	21	21	

Elaboración propia

**Tabla 14: Análisis capacidad Febrero 2019.**

<b>Capacidad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Instalada	2640	2640	2640	2640
Requerida	2512.64	2512.64	2627.4	2512.64
Déficit	127.36	127.36	12.6	127.36

Elaboración propia

**Tabla 15: Plan maestro de producción MARZO 2019**

	Marzo					TOTAL
	0	1	2	3	4	
<b>Caja China</b>						
Pronóstico		17	17	17	17	69
Inv. Final	0	0	0	0	0	
MPS		17	17	17	17	68
<b>Parrilla mix</b>						
Pronóstico		4	4	4	4	17
Inv. Final	0	0	0	0	0	
MPS		4	5	4	4	17
Capacidad media		21	21	21	21	

Elaboración propia

**Tabla 16: Análisis capacidad Marzo 2019.**

Capacidad	1	2	3	4
Instalada	2640	2640	2640	2640
Requerida	2512.64	2627.4	2512.64	2512.64
Déficit	127.36	12.6	127.36	127.36

Elaboración propia

El plan maestro de producción se considera válido si en el análisis de capacidad instalada y requerida, el déficit no es negativo, ya que esto indicaría que no se tiene la capacidad necesaria para cumplir el plan propuesto.

### c. Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

La planificación de requerimientos de materiales, MRP por sus siglas en inglés, Material Requirements Planning asegura que los materiales estén disponibles para la producción y los productos estén disponibles para su entrega a los clientes. Por ello, es necesario conocer los componentes que conforman el producto terminado, así como las proporciones de estos para cada unidad producida. Es por ello que se realiza el BOM o lista de materiales para cada producto.

Se detalla el BOM para las cajas chinas y parrilla mix. Para una mejor comprensión de la composición del producto, este ha sido dividido en elementos más pequeños, los cuales forman parte de la fabricación, en este caso se ha dividido la caja china en las partes de: paredes, base, carbonera y parrilla interna. Para el caso de la parrilla mix se divide en: paredes, base, carbonera y parrilla externa. La cantidad de material correspondiente para cada elemento depende de las dimensiones establecidas para cada modelo. Luego de las figuras que presentan la lista de materiales, se presenta una tabla que especifica cada uno de los materiales escogidos de acuerdo a su código asignado.

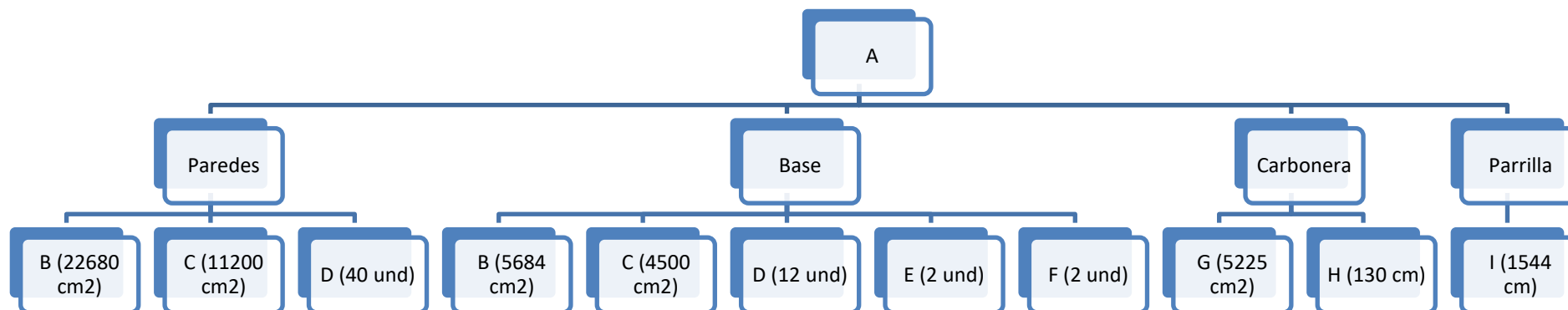


Figura 21: Lista de materiales caja china  
Elaboración propia

**Tabla 17: Lista de materiales caja china**

Artículo	Descripción	Cantidad Total
<b>A</b>	Caja china (K – jachita)	1 und
<b>B</b>	Acero inoxidable en plancha.	28 364 cm <sup>2</sup>
<b>C</b>	Melamina.	15 700 cm <sup>2</sup>
<b>D</b>	Pernos.	52 und
<b>E</b>	Ruedas.	2 und
<b>F</b>	Patas de soporte.	2 und
<b>G</b>	Acero estructural en plancha.	5 225 cm <sup>2</sup>
<b>H</b>	Acero estructural en tubos.	130 cm
<b>I</b>	Acero inoxidable en varillas.	1 544 cm

Elaboración propia



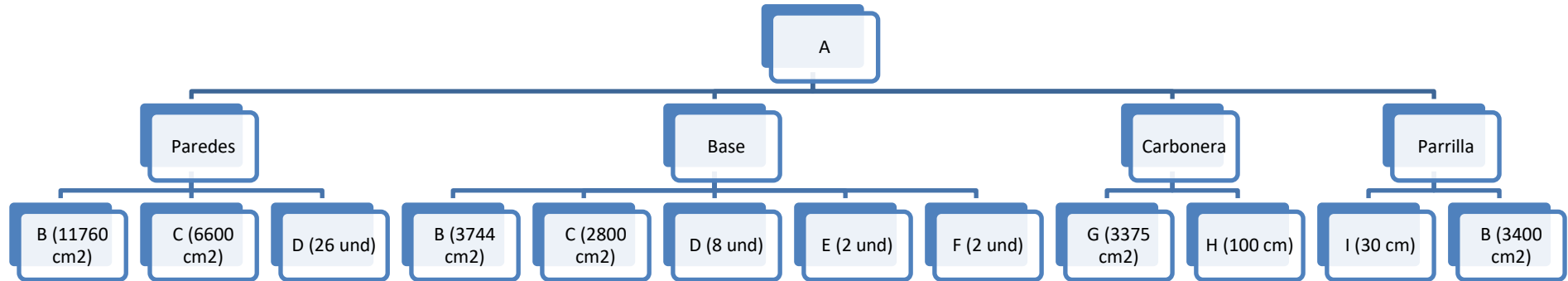


Figura 22: Lista de materiales parrilla mix  
Elaboración propia

**Tabla 18: Lista de materiales parrilla mix**

Artículo	Descripción	Cantidad Total
A	Parrilla mix	1 und
B	Acero inoxidable en plancha.	18 904 cm <sup>2</sup>
C	Melamina.	9 400 cm <sup>2</sup>
D	Pernos.	34 und
E	Ruedas.	2 und
F	Patas de soporte.	2 und
G	Acero estructural en plancha.	3 375 cm <sup>2</sup>
H	Acero estructural en tubos.	100 cm
I	Acero inoxidable en varillas.	70 cm

Elaboración propia

El BOM define la cantidad de material usada para la fabricación. En la tabla 19 se presenta la información necesaria en la planificación de requerimientos de materiales para las cajas chinas.

**Tabla 19: Datos para MRP cajas chinas**

ARTÍCULO	PRESENTACIÓN COMPRA	CANTIDAD	LOTE	NIVEL	STOCK INICIAL	LEAD TIME (semanas)
A	unidad	1 und	1	0	2	1
B	plancha	1 und (2.40 x 1.20)	28800 cm <sup>2</sup>	1	921600 cm <sup>2</sup>	2
C	tablero	1 und (2.15 x 2.44)	52460 cm <sup>2</sup>	1	786900 cm <sup>2</sup>	3
D	Caja	100 und	100	1	800	1
E	Caja	10 und	10	1	30	1
F	Caja	10 und	10	1	30	1
G	plancha	1 und (2.40 x 1.20)	28800 cm <sup>2</sup>	1	172800 cm <sup>2</sup>	2
H	Tubo	6 metros	6 m	1	2.4 m	1
I	varilla	6 metros	6 m	1	234 m	1

Elaboración propia

La información presentada incluye tiempo de entrega, tamaño de lote por cada artículo y stock inicial, con lo cual es posible desarrollar la planificación de requerimiento de materiales para la producción de cajas chinas. Se realizó el análisis para los meses de enero y febrero del año 2019, obteniendo el resultado presentado en la Tabla 20

**Tabla 20: Requerimiento de materiales para caja chinas**

Artículo	<u>SEMANAS</u>							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A	15 und	17 und	17 und	17 und	17 und	17 und	17 und	17 und
B	17 pln	17 pln	16 pln	17 pln	17 pln	17 pln	0	0
C	5 tbl	5 tbl	5 tbl	6 tbl	5 tbl	0	0	0
D	9 caja	9 caja	9 caja	9 caja	8 caja	9 caja	9 caja	0
E	4 caja	3 caja	4 caja	3 caja	3 caja	4 caja	3 caja	0
F	4 caja	3 caja	4 caja	3 caja	3 caja	4 caja	3 caja	0
G	3 pln	3 pln	4 pln	3 pln	3 pln	3 pln	0	0
H	3 tubo	4 tubo	4 tubo	3 tubo	4 tubo	4 tubo	4 tubo	0
I	3 var	3 var	3 var	2 var	3 var	3 var	3 var	0

Elaboración propia

En el caso de las parrillas mix, también es necesaria la información de los artículos que forman parte de la fabricación, la cual se presenta en la Tabla 21.

**Tabla 21: Datos para MRP parrillas mix**

ARTÍCULO	PRESENTACIÓN COMPRA	CANTIDAD	LOTE	NIVEL	STOCK INICIAL	LEAD TIME (semanas)
A	unidad	1 und	1	0	1	1
B	plancha	1 und (2.40 x 1.20)	28800 cm <sup>2</sup>	1	201600 cm <sup>2</sup>	2
C	tablero	1 und (2.15 x 2.44)	52460 cm <sup>2</sup>	1	157380 cm <sup>2</sup>	3
D	Caja	100 und	100	1	200	1
E	Caja	10 und	10	1	10	1
F	Caja	10 und	10	1	10	1
G	plancha	1 und (2.40 x 1.20)	28800 cm <sup>2</sup>	1	57600 cm <sup>2</sup>	2
H	Tubo	6 metros	6 m	1	6 m	1
I	varilla	6 metros	6 m	1	6 m	1

Elaboración propia

Considerando la información presentada para la fabricación de parrillas mix, se puede realizar el pan de requerimiento de materiales. Presentado en la Tabla 22

**Tabla 22: Requerimiento de materiales para parrilla mix**

Artículo	SEMANAS							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A	3 und	5 und	4 und	4 und	4 und	5 und	4 und	4 und
B	1 pln	3 pln	3 pln	3 pln	3 pln	2 pln	0	0
C	0	1 tble	1 tble	1 tble	0	0	0	0
D	1 caja	2 caja	1 caja	1 caja	2 caja	1 caja	2 caja	0
E	1 caja	1 caja	1 caja	0	1 caja	1 caja	1 caja	0
F	1 caja	1 caja	1 caja	0	1 caja	1 caja	1 caja	0
G	0	1 pln	1 pln	1 pln	1 pln	0	0	0
H	1 tub	0	1 tub	1 tub	1 tub	0	1 tub	0
I	0	1 var	0	1 var	0	1 var	0	0

Elaboración propia

Los resultados reflejan la cantidad de material que se debe comprar en los periodos establecidos para cumplir con el plan de producción y abastecer la demanda mensual pronosticada.

#### d. Planificación estratégica de producción

Se realiza el análisis para seleccionar el método más adecuado de planificación de la producción, el cual genere menores costos para la empresa y más beneficios; a través de la producción lote a lote, la cantidad económica de producción y el análisis de producción por costo total mínimo, para escoger la alternativa más eficiente de lote de producción. Se toma en cuenta el análisis durante 8 semanas.

➤ Producción lote a lote

Se considera un costo de preparación del pedido de 29 nuevos soles y un costo de bienes de inventario de 2.50 soles semanales. Finalmente se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a los costos asociados a este modelo, mostrados en la Tabla 23

**Tabla 23: Producción lote a lote**

Semana	Necesidades Netas	Producción	Inventario Final	Costo de retención	Costo de Preparación	Costo Total
1	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 29.00
2	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 58.00
3	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 87.00
4	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 116.00
5	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 145.00
6	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 174.00
7	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 203.00
8	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 232.00

Elaboración propia

El costo de llevar un control de producción lote a lote sería de 232 nuevos soles para las 8 semanas analizadas, considerando un lote de producción de 21 unidades.

➤ Cantidad económica de producción

Este modelo matemático emplea una fórmula para encontrar la cantidad de producción económica, en la que se equilibra el costo de mantener inventario y el costo de preparación de un pedido. Entonces aplicando la fórmula obtenemos que:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(1105)(29)}{(130)}} = 22 \text{ unidades}$$

La cantidad económica a producir semanalmente es de 22 unidades, de acuerdo a este resultado, se analizan los costos asociados, en la Tabla 24

**Tabla 24: Producción por cantidad económica de producción**

Semana	Necesidades Netas	Cantidad de Producción	Inventario Final	Costo de retención	Costo de Preparación	Costo Total
1	21	22	1	S/ 1.88	S/ 29.00	S/ 30.88
2	21	22	2	S/ 3.75	S/ 29.00	S/ 63.63
3	21	22	2	S/ 5.63	S/ 29.00	S/ 98.25
4	21	22	3	S/ 7.50	S/ 29.00	S/ 134.75
5	21	22	4	S/ 9.38	S/ 29.00	S/ 173.13
6	21	22	5	S/ 11.25	S/ 29.00	S/ 213.38
7	21	22	5	S/ 13.13	S/ 29.00	S/ 255.50
8	21	22	6	S/ 15.00	S/ 29.00	S/ 299.50

Elaboración propia

De acuerdo a este análisis, el costo de llevar un control de producción con cantidad económica de producción sería de 299.50 nuevos soles para 8 semanas, considerando un lote de producción de 22 unidades semanales.

➤ Costo total mínimo

Esta técnica compara los costos de emisión de pedidos y costos de almacenamiento de inventario para distintos tamaños de pedidos, para seleccionar en de menor diferencia. Con lo que se obtiene el siguiente resultado mostrado en la Tabla 25

**Tabla 25: Producción por costo total mínimo**

Semana	Necesidades Netas	Cantidad de Producción	Inventario Final	Costo de retención	Costo de Preparación	Costo Total
1	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 81.50
2	21		0	S/ -	S/ -	S/ 81.50
3	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 163.00
4	21		0	S/ -	S/ -	S/ 163.00
5	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 244.50
6	21	0	0	S/ -	S/ -	S/ 244.50
7	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 326.00
8	21		0	S/ -	S/ -	S/326.00

Elaboración propia

La cantidad a producir puede ser variable, cuando se encuentra el mejor valor absoluto, se vuelve a realizar el análisis a partir de ese periodo en adelante. El costo total es de 326 nuevos soles para las 8 semanas analizadas.

Finalmente, luego de analizar los tres modelos presentados, se escoge el modelo más eficiente, en este caso se trata del modelo de producción lote a lote, que es el que cumple con la demanda y además presente el menor costo para la empresa.

#### e. Planificación de la Capacidad de Planta (CRP)

El CRP planifica las necesidades de capacidad para los pedidos del MRP. Se analizó la producción proyectada para las cajas chinas y parrillas mix, teniendo en cuenta el tiempo estándar calculado, se obtuvieron los siguientes resultados

**Tabla 26: Horas totales requeridas para cumplir con el MRP**

SEMANA	1	2	3	4
<b>Demanda K-JACHITAS</b>	34.23	34.23	34.23	34.23
<b>Demanda Parrilla mix</b>	7.65	7.65	7.65	7.65
<b>Horas Totales</b>	41.88	41.88	41.88	41.88

Elaboración propia

Se analiza que la planta puede ser dividida en tres centros de trabajo, por los cuales debe pasar el producto para su procesamiento, en el caso del CT 1 se tiene una intervención del 45% de las operaciones, el CT 2 de 35% y finalmente el CT 3 de 20%, con el objetivo de fabricar cajas chinas y parrillas mix.

De acuerdo a la disponibilidad de los centros de trabajo también se hace el cálculo del requerimiento de capacidad en horas en cada uno de los centros de trabajo, el cual se especifica en la Tabla 27

**Tabla 27: Requerimiento de capacidad en horas para cada CT**

CT/SEMANA	1	2	3	4
<b>CT1</b>	18.845	18.845	18.845	18.845
<b>CT2</b>	14.657	14.657	14.657	14.657
<b>CT3</b>	8.375	8.375	8.375	8.375

Elaboración propia

Se realiza el análisis de la capacidad de la planta considerando una jornada laboral de 8 horas de lunes a viernes y 4 horas los días sábados, dando como resultado un total de 5.5 días de trabajo semanalmente. Además, gracias al estudio de tiempos realizado anteriormente, se considera que la eficiencia en el taller es de 85%, considerando un tiempo estándar de producción de 120.8 minutos por producto. A continuación se detalla la capacidad analizada de la planta, de acuerdo a la información obtenida, en la Tabla 28

**Tabla 28: Análisis de capacidad de planta**

CAPACIDAD		
TIPO	CNT	UND
Capacidad teórica	1136	und/año
Capacidad efectiva	966	und/año
Capacidad real	1020	und/año

Elaboración propia

Según la capacidad teórica de la planta, el porcentaje de utilización sería del 89.76 %. Sin embargo, cuando se considera que la eficiencia en talleres es de 85%, la capacidad efectiva es de 966 unidades al año, lo que demuestra un 105.59% de utilización de la capacidad. Esta situación se ve evidenciada en el problema identificado en el mapa de flujo de valor, en el que se determinó que la cantidad de trabajadores en la empresa no era capaz de abastecer la demanda, por lo que muchas veces debe recurrir a la tercerización o el contrato provisional de personal no calificado.

#### **f. Balance de línea**

El balance de línea que se plantea busca repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible. A través de este se busca una cadena equilibrada, reducir tiempos de espera y cargas de trabajo, se identifica la operación cuello de botella, determina el número de estaciones de trabajo y se reduce el costo de producción. El detalle del balance de línea se puede encontrar en el anexo.

Los resultados del balance de línea, demuestran que aumentando la cantidad de operarios en las áreas de trabajo con mayor tiempo de operación, hasta 9 operarios en

total, se tiene un menor costo por unidad, siendo este de S/.52.88 en el proceso de producción; con un porcentaje de balance de 26.01%.

### 3.3.3. Disposición de planta

Se realizó el análisis de la distribución actual, aplicando el método travel charting, que presenta una matriz con los movimientos reales y los movimientos ideales, para luego calcular la eficiencia de la disposición. Para una mejor comprensión de la secuencia de operaciones se especifica en la tabla 29 el área que representa cada código.

**Tabla 29: Detalle de áreas de trabajo**

ÁREA DE TRABAJO	CÓDIGO	ESPACIO
Recepción de materiales	A	3X4
Corte CNC plasma	B	3X5
Corte por Cizalla	C	3X4
Plegadora	D	3X5
Rolado hidráulico	E	3X4
Soldadura	F	4X4
Perforación	G	3X5
Ensamble	H	4X5
Producto terminado	I	3X6
Producto en proceso	J	5X6

Elaboración propia

En la distribución actual se obtuvo un total de 15 153 movimientos reales, según matriz volumen y matriz distancia. Luego se calcularon los movimientos ideales, los cuales se detallan en la tabla 30

**Tabla 30: Movimientos ideales**

PRODUCTO	SECUENCIA	CANTIDAD %	DISTANCIA Ideal (m)	MOVI. IDEAL
Caja china	A C D G H F J F H I	14	43	600
Parrilla mix	A C D G H F J F H I	6	43	260
Carbonera	A B D E F H I	20	28	560
Parrilla inter	A C D F H I	14	23	321
Parrilla exter	A C D E F H I	6	27	163
Patas soporte	A E F H I	40	18	720
			<b>TOTAL</b>	<b>2624</b>

Elaboración propia



Finalmente se obtiene un total de 2 624 movimientos ideales, según la secuencia de producción establecida. Con esta información, podemos aplicar la fórmula de la eficiencia de la disposición.

$$\text{Eficiencia de disposición} = \frac{\text{Movimientos reales}}{\text{Movimientos ideales}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia de disposición} = \frac{15153 \text{ m}}{2624 \text{ m}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia de disposición} = 17 \%$$

El resultado del cálculo realizado demuestra que en la distribución actual se tiene una eficiencia del 17%, lo cual es considerado un nivel bajo de eficiencia.

➤ Método de eslabones

Se aplicó el método de eslabones para presentar una propuesta de nueva distribución, tomando en cuenta la filosofía de que una distribución es mejor cuando sus eslabones son más cortos. Se crearon tentativas de distribución que cumplan con lo establecido por el método de eslabones, donde finalmente se seleccionó la distribución que se muestra en la figura 27

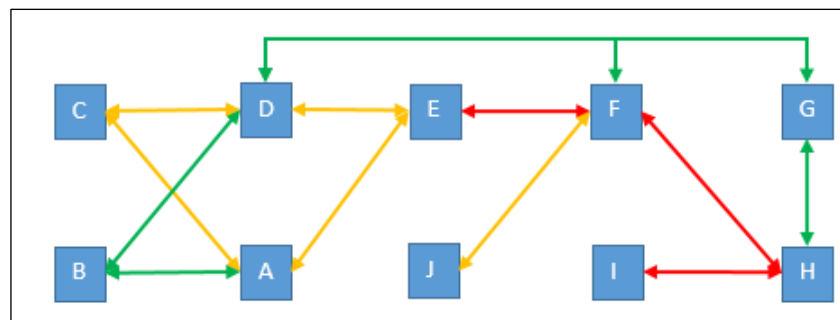


Figura 23: Distribución propuesta  
Elaboración propia

La distribución propuesta también fue analizada a través del método travel charting, así como las demás propuestas de distribución, se escogió la tentativa de distribución de la Figura 27, por presentar el mejor resultado en la eficiencia de distribución calculada gracias al método aplicado de travel charting.

En este caso, los movimientos reales llegaron a 9 150, mientras que los movimientos ideales siguen siendo 2 624, con lo que se aplica la fórmula

$$\text{Eficiencia de disposición} = \frac{\text{Movimientos reales}}{\text{Movimientos ideales}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia de disposición} = \frac{9150 \text{ m}}{2624 \text{ m}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia de disposición} = 29 \%$$

La nueva eficiencia de disposición es de 29%, lo cual significa un aumento de 12% de eficiencia; una mejora sustancial en los tiempos calculados inicialmente. Sin embargo, el porcentaje de eficiencia sigue siendo bajo, esto se debe principalmente a que la planta está dividida en dos terrenos, separados por una vía, creando distancias mayores.

### 3.3.4. Metodología 5 s

En la tabla 31 se presenta la forma de distribución de operaciones de acuerdo a los centros de trabajo, para facilitar la aplicación de la herramienta 5S's

**Tabla 31: Definición de centros de trabajo**

Operaciones	Centro de trabajo
Recepción de materiales	Almacén
Almacenamiento de producto en proceso	
Almacenamiento de producto terminado	
Medición y corte	Transformación
Plegado	
Rolado hidráulico	
Soldadura	Soldadura
Perforación	Ensamble
Ensamble	

Elaboración propia

Se elaboran las listas de Chequeo (check lists) por cada centro de trabajo, con el fin de realizar el análisis del cumplimiento de cada uno de los factores involucrados en la

metodología 5S's y de acuerdo a esta información generar el plan de acción para la implementación en la empresa. Los puntajes con los que se calificará a cada centro de trabajo, están detallados en la Tabla 32

**Tabla 32: Puntajes para evaluación 5S**

<b>Puntaje</b>	<b>Definición</b>
0	No cuenta con ningún plan o documento
1	Cuenta con alguna evidencia de un plan pero de baja conformidad
2	Cerca de la mitad de las instancias tomadas están en conformidad
3	De las instancias notadas, la mayoría es conforme
4	Completamente conforme

Elaboración propia

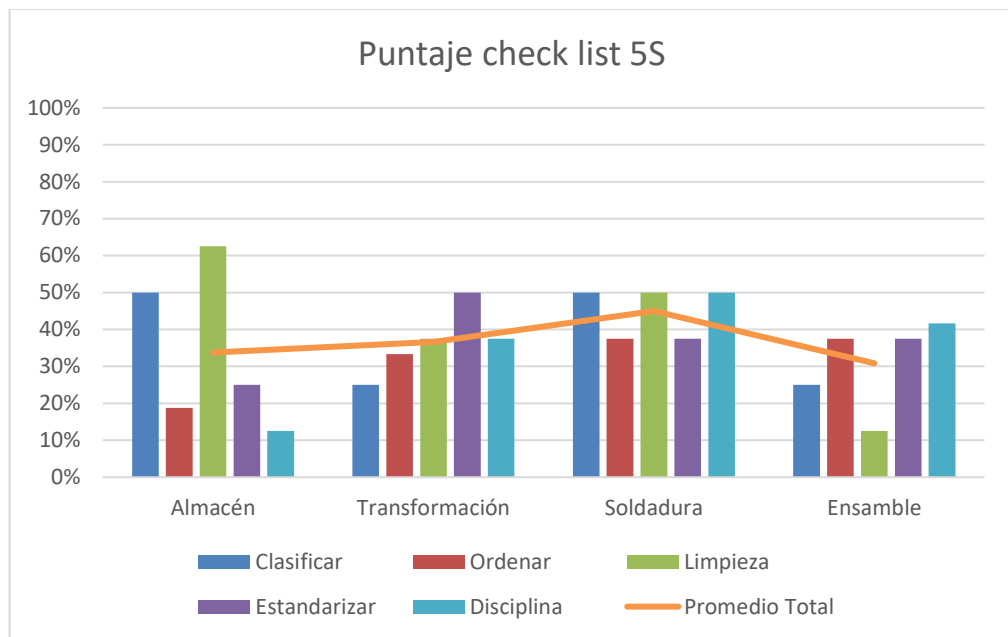
Luego de la aplicación de los check list en cada una de las áreas, se analiza el porcentaje de cumplimiento de cada factor que forma parte de la metodología, para mayor detalle de los check list, ir al anexo. En la Tabla 33 se detallan los resultados del nivel de cumplimiento en las áreas.

**Tabla 33: Resultado check list 5S**

	<b>Almacén</b>	<b>Transformación</b>	<b>Soldadura</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Clasificar</b>	50%	25%	50%	25%
<b>Ordenar</b>	18.75%	33.33%	37.50%	37.50%
<b>Limpieza</b>	62.50%	37.50%	50%	12.50%
<b>Estandarizar</b>	25%	50%	37.50%	37.50%
<b>Disciplina</b>	12.50%	37.50%	50%	41.67%
<b>Promedio Total</b>	34%	37%	45%	31%

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados, resumimos la información en la Figura 28



**Figura 24: Puntaje check list 5S**

Elaboración propia

El área más crítica con el menor porcentaje de cumplimiento promedio, considerando todos los factores de la metodología 5S, es el área de ensamble con un 31% de cumplimiento promedio. Siguiendo con el área de almacén que tiene un 34% de cumplimiento y el área de transformación con un 37%. El área con mayor porcentaje de cumplimiento es la de ensamblaje con un 45%, sin embargo este porcentaje sigue siendo significativamente bajo.

Se considera un porcentaje mínimo de 60 % para encontrar a la empresa en una situación óptima de cumplimiento de la metodología de 5s. En la tabla 34 se presenta un plan detallado de acciones a tomar para incrementar los porcentajes de cumplimiento, tomando en cuenta una propuesta de mejora por cada centro de trabajo.

**Tabla 34: Propuesta de mejora por áreas según metodología 5s**

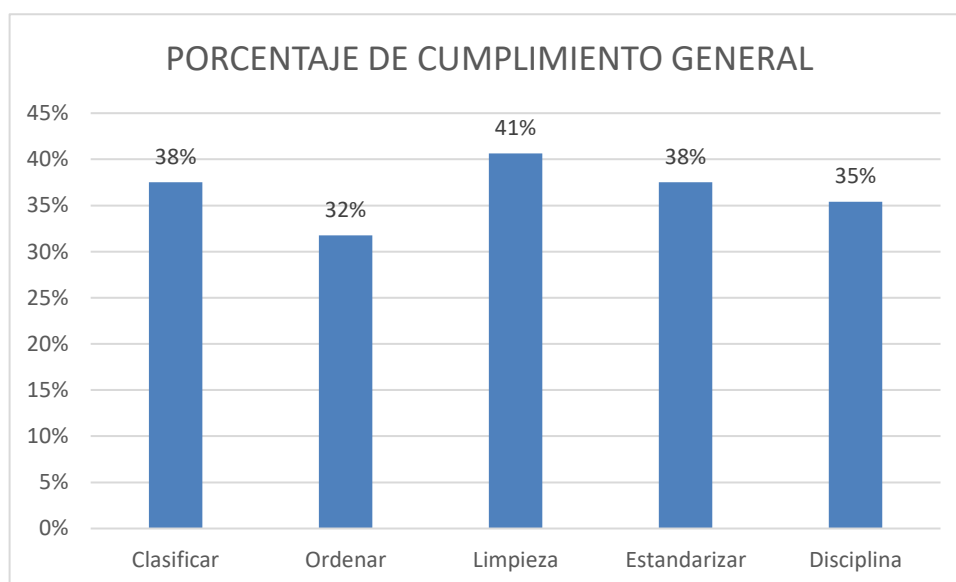
CT	Factor	Situación actual	Propuesta de mejora	Beneficios
<b>ALMACÉN</b>	Clasificar	50%	Dentro del almacén se deben clasificar los materiales, herramientas y equipos. Además, se deben seleccionar los elementos que no pertenecen a esta área para que puedan ser reubicados o desechados, dependiendo de su utilidad	Se tendrá más espacio para almacenar los materiales en estado óptimos, que se necesitan en el proceso productivo. Se evitan situaciones peligrosas o que representen un peligro potencial
	Orden	18.75%	Se deben etiquetar los elementos en el almacén, así como los estantes en donde se guardan estos. Además, la merma debe tener un lugar específico en el almacén, desde donde será desechada luego de acumular una cantidad considerable	Reducción de tiempos en la búsqueda de elementos que se necesitan en el proceso
	Limpieza	62.5%	El área del almacén debe estar libre de basura en los pasillos y se debe mantener limpieza en los estantes	Los materiales guardados en el almacén se conserven en un estado óptimo por más tiempo, sin suciedad alrededor
	Estandarizar	25%	El procedimiento de extracción de elementos del almacén deben ser claramente definidos por el área administrativa, haciendo uno de un formato que permita mantener un control permanente del inventario	Es posible tener una planificación d abastecimiento de materiales, el cual reduce costos y tiempo, además de mejorar los indicadores de eficiencia y productividad
	Disciplina	12.5%	Se deben realizar controles de inventario periódicamente, además de revisiones del estado del almacén	Control de costos y limpieza en la planta
<b>TRANSFORMACIÓN</b>	Clasificar	25%	Dentro del área de trabajo se deben seleccionar los materiales que se encuentran en proceso la merma que se genera	Reducción de tiempos improductivos y traslados innecesarios
	Orden	33.33%	Cada área debe tener un espacio delimitado y designado para los materiales en proceso, así como también la merma y las herramientas que se usan en las estaciones de trabajo.	Reducción de tiempos improductivos y traslados innecesarios

<b>SOLDADURA</b>	Limpieza	37.5%	Se deben retirar los componentes que no pertenecen a las estaciones de trabajo, además de limpiar las mesas de trabajo y las herramientas usadas	Disminución de pérdidas de tiempo por traslados innecesarios
	Estandarizar	50%	Se debe definir cada proceso detalladamente y compartir esta información con los operarios, para que estos tengan conocimiento de los estándares de producción	Disminución de variabilidad en el proceso y acabados del producto terminado. Obtención de productos con las mismas especificaciones
	Disciplina	37.5%	Supervisión periódica de los procesos. Teniendo en cuenta un plan de capacitaciones anuales para los operarios	Mejora de los indicadores de productividad y eficiencia. Trabajadores especializados en las tareas que le son asignadas
	Clasificar	50%	Separar las herramientas que se necesitan de en este centro de trabajo, así como también los materiales y los componentes que no pertenecen a esta estación	Reducción de tiempos no productivos
	Orden	37.5%	Designar y señalar los espacios definidos para las herramientas correspondientes a esta estación, así como los implementos de seguridad correspondientes	Reducción de tiempos no productivos, mejora en la productividad y eficiencia.
	Limpieza	50%	Se debe tener en cuenta una limpieza constante del área, evitando que se acumule merma de otras estaciones de trabajo	Reducción de tiempos por exceso de transporte
	Estandarizar	37.5%	Capacitar a los operarios en la limpieza de las herramientas involucradas en el proceso, así como las técnicas de mantenimiento autónomo e importancia del uso de EPP	Incremento en la productividad de los operarios
<b>ENSAMBLE</b>	Disciplina	50%	Realizar inspecciones periódicas del estado de las áreas de trabajo. Así como el cumplimiento de los estándares de seguridad	Se evitan accidentes futuros que involucren actitudes sub estándar por parte de los operarios
	Clasificar	25%	Se deben clasificar los elementos pertenecientes a esta área, así como los elementos que necesitan ser desechados	Aumento de la eficiencia y reducción de los tiempos de producción

Orden	37.5%	Realizar un análisis de elementos críticos para el ensamble y evaluar su impacto en la productividad. Se debe realizar un etiquetado de herramientas en el área	Reducción de traslados innecesarios
Limpieza	12.5%	Se debe realizar la limpieza del área periódicamente, dejando espacios libres de obstáculos para el tránsito de los operarios	Reducción de tiempos y traslados innecesarios
Estandarizar	37.5%	La limpieza de la zona debe ser parte del cronograma diario en las operaciones de los trabajadores, asegurándose de que se tiene una área despejada de desperdicios en todo momento	Mejora continua en el proceso. Reducción de tiempos y traslados innecesarios
Disciplina	41.67%	Se deben realizar inspecciones periódicas para verificar si el proceso se está realizando de la manera correcta	Evitar reproceso por errores en los acabados de ensamble

Elaboración propia

Luego de realizar un análisis detallado para cada área de trabajo, se procede a desarrollar un plan general para toda la empresa de acuerdo a las categorías abordadas en la herramienta 5s. En la figura 29 se presenta el análisis del porcentaje de aplicación de los factores, tomando en cuenta un promedio de cumplimiento en todas las áreas.



**Figura 25: Porcentaje de cumplimiento general 5S**

Elaboración propia

En la figura 29 se presentan los porcentajes de cumplimiento general, de acuerdo las categorías consideradas en la metodología. El resultado demuestra que los factores que presentan una mayor oportunidad de mejora son los de orden y disciplina, debido a que estos presentaron un porcentaje menor de cumplimiento, con 32% y 35% respectivamente; luego se encuentra las categorías de clasificar y estandarizar con un 38% para ambas y por ultimo limpieza con un 41%.

Se propone a continuación ciertas mejoras que ayuden a alcanzar el objetivo de aplicación de la metodología 5S a nivel general en la empresa, de acuerdo a los principios de cada factor.

- **Clasificar:** Se propone la clasificación, a través de un listado de materiales, herramientas y equipos que intervienen en cada parte del proceso, teniendo en cuenta la separación de las áreas de trabajo, evitando la aglomeración de objetos que no pertenezcan a las áreas en las que se encuentran.

Se propone la identificar los elementos innecesarios en cada área y proceder a la clasificación a través de tarjetas con códigos de color, atribuyendo ciertas características a cada tarjeta de color. En el caso de los elementos que se consideren innecesario, obsoletos, malogrados, sobrantes o catalogado como desconocido, se les asignara una tarjeta roja, en la cual se especifique el motivo por el cual se le da esa catalogación. Además, esta tarjeta debe indicar la acción a tomar de acuerdo a lo considerado conveniente por los operarios y analista. En la Figura 30 se presenta una propuesta de formato para las tarjetas.

Fecha:			
Área:		Número:	
Nombre del Objeto:		Cantidad	Unidad
<b>Disposición</b>			
<input type="checkbox"/>	Transferir a área de tarjetas rojas		
<input type="checkbox"/>	Vender		
<input type="checkbox"/>	Eliminar		
Razón:			
Fecha de Disposición:			
Elaborado por:			

Figura 26: Formato tarjetas de clasificación  
Elaboración propia



De la misma manera, se pueden considerar tarjetas de diferentes colores, que indiquen la importancia del elemento en cuestión, como por ejemplo tarjetas verdes o azules, dependiendo de la rotación del elemento.

- **Ordenar:** Para incrementar el orden en todos los centros de trabajo, se considera un lugar designado en cada área para la organización de las herramientas, señalado para cada una de estas. De esta manera se logra disminuir el tiempo que los operarios designan a la búsqueda de los materiales durante el proceso.

Además, se debe colocar una lista de ubicaciones en la parte externa para que el operario sepa donde se encuentra cada herramienta, y haga uso de esta cuando sea necesario, así mismo informarles que al finalizar el trabajo realizado, las herramientas deben regresar al lugar que les corresponde.

- **Limpieza:** Con el objetivo de desarrollar una cultura de limpieza en la empresa, es necesario asignar esa tarea como parte de las labores diarias en cada una de las áreas de trabajo, siendo el último operario en utilizar la maquinaria, equipos y herramientas, el encargado de verificar que todo se encuentra en estado óptimo para su uso posterior, antes de abandonar el área de trabajo.

La actividad de limpieza debe ser realizada durante el día e inspeccionada diariamente, al final de cada día para asegurar que las operaciones iniciaran directamente en la jornada siguiente.

- **Estandarizar:** Se recomienda mantener las especificaciones y un mapa detallado del flujo normal de las actividades, de esta manera se puede estandarizar el proceso y todos los operarios conocen la secuencia lógica de los procesos. De igual manera, se deben enlistar los materiales y herramientas involucradas en cada una de las actividades, de esta manera se reduce la variabilidad de los acabados en los productos de un mismo modelo.

Así mismo, se recomienda tener un registro visible del avance en el cumplimiento de aplicación de los principios de la metodología 5S, de esta forma se hace posible su monitoreo.

- **Disciplina:** La propuesta incluye realizar supervisiones de manera continua, para asegurar el cumplimiento de los estándares de clasificación, orden, limpieza y estandarización. De esta manera se validan los procesos y las actividades. Además, se propone un plan de capacitaciones periódicas y talleres para los operarios, en los que se refuerce el conocimiento existente acerca de la metodología 5S así como la concientización sobre su importancia.

Aplicando estas mejoras propuestas se pueden encontrar nuevas oportunidades de mejora y solución a los problemas existentes para implementar en la empresa, contribuyendo al objetivo de mejora continua.

### 3.3.5. Software de control

El software de control de las operaciones, compra de materiales, planificación de la producción y gestión de inventarios, tiene el nombre de Software del Sol, específicamente se propone el uso del programa FACTUSOL, el cual es de descarga gratuita y ofrece un amplio control sobre todo el ciclo de compras de componentes y gestión de inventarios en la empresa.

El software FACTUSOL ayuda a mantener un control diario de inventarios, permite la creación de más de un almacén y el movimiento de los componentes de un almacén a otro. Para lograr el adecuado funcionamiento de esta herramienta es necesario configurar el programa de acuerdo a las necesidades de la empresa y los componentes que se manejan en el inventario actualmente. Por esta razón es que se configura el software, teniendo en cuenta el BOM de materiales que se revisó previamente, se crean familias de materiales, de acuerdo a las características y sus funciones básicas. Además, se debe tener en cuenta el nivel de inventario que se tiene actualmente.

En la Figura 30 se presenta la interfaz del software propuesto, en el que se pueden apreciar los módulos disponibles y las funciones de control de compras e inventario.

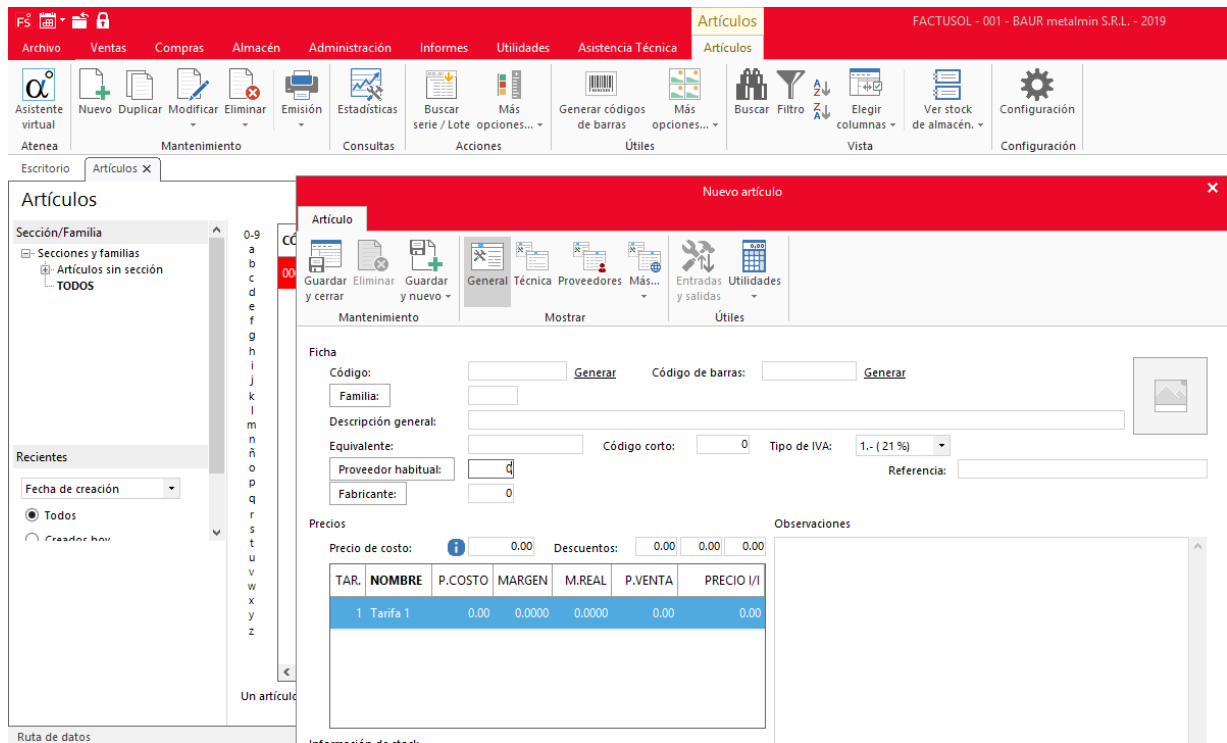


Figura 27: Interfaz de Software

### 3.3.6. Cálculo de nuevos indicadores

Con el objetivo de medir y determinar el impacto que se genera a través de la aplicación de las propuestas de mejora mencionadas, se calcula el cambio en los indicadores relevantes de productividad y eficiencia.

#### f. Productividad

Se calcula la productividad desde diferentes perspectivas y tomando en cuenta diversos factores. Se considera la productividad de material, de insumos, laboral, multifactorial y nivel de productividad general. Para todos los indicadores, se presenta la comparación entre el cálculo inicial y el estimado luego de la propuesta de mejora, finalmente se detalla la diferencia.

##### ➤ Productividad del material

La productividad de material considera los materiales críticos en el proceso de producción, como el acero inoxidable, melanina y acero estructural

Acero inoxidable:

En la situación actual de la empresa, se calcula la productividad de material para el acero inoxidable utilizando la fórmula para la productividad de materiales.

$$\text{Productividad de materiales} = \frac{\text{Producción}}{\text{Materiales utilizados}}$$

$$\text{Productividad acero inoxidable} = \frac{85 \text{ caj}}{242.25 \text{ m}^2} = 0.351 \text{ cajas/m}^2$$

Actualmente, se producen 0.351 cajas chinas por cada metro cuadrado de acero inoxidable empleado en el proceso. Por otro lado, en la situación luego de la propuesta de mejora se tiene el siguiente cálculo:

$$\text{Productividad acero inoxidable} = \frac{90 \text{ caj}}{225 \text{ m}^2} = 0.4 \text{ cajas/m}^2$$

Luego de la propuesta, se podría producir 0.4 cajas chinas por cada metro cuadrado de acero inoxidable empleado. Este cálculo da como resultado un incremento en la productividad de material para el acero inoxidable de 0.1

Melamina:

En la situación actual de la empresa, se calcula la productividad de material para la melamina utilizando la fórmula para la productividad de materiales.

$$\text{Productividad melamina} = \frac{85 \text{ caj}}{133.45 \text{ m}^2} = 0.637 \text{ cajas/m}^2$$

Se producen 0.637 cajas chinas por cada metro cuadrado de melamina, actualmente. El cálculo luego de la propuesta de mejora es el siguiente:

$$\text{Productividad melamina} = \frac{90 \text{ caj}}{117 \text{ m}^2} = 0.769 \text{ cajas/m}^2$$

Se podría producir 0.769 cajas chinas por cada metro cuadrado de melamina empleada. Se produce un incremento en la productividad de material para la melamina de 0.1

Acero estructural:

La productividad de material para el acero estructural actualmente es:

$$Productividad\ acero\ estructural = \frac{85\ caj}{45.05\ m^2} = 1.887\ cajas/m^2$$

Se producen 1.887 cajas chinas por cada metro cuadrado de acero estructural empleado. Luego de la propuesta de mejora se tiene el siguiente cálculo:

$$Productividad\ acero\ estructural = \frac{90\ caj}{45\ m^2} = 2.0\ cajas/m^2$$

Se podría producir 2 cajas chinas por cada metro cuadrado de melanina empleada. Se incrementa la productividad de material para el acero estructural en 0.3.

➤ Productividad de insumos

La productividad de insumos toma en cuenta la producción total y el total de insumo utilizado, en este caso se consideran a las patas de soporte y ruedas como insumos.

$$Productividad\ de\ insumos = \frac{Producción}{Insumo\ utilizado}$$

$$Productividad\ de\ insumos = \frac{85\ caj}{352\ m^2} = 0.24\ cajas/und$$

Se interpreta que, actualmente, se producen 0.24 cajas chinas por cada insumo utilizado. Luego se calcula el indicador después de la propuesta de mejora

$$Productividad\ de\ insumos = \frac{90\ caj}{360\ m^2} = 0.25\ cajas/und$$

Se producirían 0.25 cajas chinas por cada insumo utilizado, teniendo en cuenta un incremento de 0.01 en este indicador.

➤ Productividad laboral

La productividad laboral de acuerdo a la situación actual de la empresa es:

$$Productividad\ laboral = \frac{Producción}{Horas\ Hombre\ empleadas}$$

$$Productividad\ laboral = \frac{85\ caj}{800\ H - hombre} = 0.106\ cajas/H(hombre)$$

Entonces, se producen 0.106 cajas chinas por cada hora hombre empleada. Luego de la propuesta de mejora, se aplica la formula con los nuevos datos.

$$Productividad\ laboral = \frac{90\ caj}{800\ H - hombre} = 0.113\ cajas/H(hombre)$$

Luego de la propuesta la productividad laboral calculada es de 0.113, es decir, se producen 0.113 cajas chinas por cada hora hombre empleada. Esto significa un incremento de 0.07.

➤ Productividad multifactorial

Se obtiene el cálculo de la productividad multifactorial para la situación inicial de la empresa

$$Produc.\ multifactorial = \frac{Producción}{Persona + insumos + material + otros} \times 100 \%$$

$$Productividad\ multifactorial = \frac{85\ cajas}{777.75} = 0.109 \times 100 \%$$

$$Productividad\ multifactorial = 10.9\%$$

La productividad multifactorial es de 10.9%. Luego, considerando la situación después de la propuesta de mejora, se calcula la productividad multifactorial, nuevamente.

$$Productividad\ multifactorial = \frac{90\ cajas}{702} = 0.128 \times 100 \%$$

$$Productividad\ multifactorial = 12.8\%$$

El resultado es de 12.8% para productividad multifactorial, lo que representa 2% de incremento para este indicador.

➤ Nivel de productividad

El nivel de productividad, considera el tiempo real y el tiempo disponible, así como también la cantidad de producción real y la planificada. Se realiza el cálculo inicial:

$$Productividad = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible} \times \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ planificadas} \times 100 \%$$

$$Productividad = \frac{22\ dias}{25\ dias} \times \frac{85\ cajas}{90\ cajas} = 0.831 \times 100 \%$$

$$Productividad = 83\%$$

El nivel inicial de productividad es de 83%, el cual se considera un nivel deficiente. Por lo que, se presenta el caculo del nivel de productividad luego de la propuesta de mejora.

$$Productividad = \frac{23 \text{ dias}}{25 \text{ dias}} \times \frac{90 \text{ cajas}}{90 \text{ cajas}} = 0.92 \times 100 \%$$

$$Productividad = 92\%$$

Se obtiene como resultado que el nuevo nivel de productividad corresponde al 92%, teniendo una mejora considerable y un incremento de 9% en la productividad.

#### **g. Eficiencia**

La eficiencia; de acuerdo con Pérez (2004), equivale a la relación entre la cantidad producida y los recursos consumidos. Se calcula la eficiencia del trabajo en la empresa

$$Ef = \frac{\text{Resultado alcanzado} \times \text{Costo estimado} \times \text{Tiempo invertido}}{\text{Resultado esperado} \times \text{Costo real} \times \text{Tiempo previsto}} \times 100 \%$$

$$Eficiencia = \frac{0.02933333}{0.034722222} = 0.845 \times 100 \%$$

$$Eficiencia = 84.5\%$$

El resultado es de 84.5% de eficiencia, sin embargo se espera un incremento luego de la propuesta de mejora en la empresa. A continuación se presenta el cálculo de la eficiencia para la situación futura

$$Eficiencia = \frac{0.03287671}{0.034722222} = 0.947 \times 100 \%$$

$$Eficiencia = 94.7\%$$

Se evidencia una mejora en la eficiencia de la empresa, teniendo como resultado un 94.7% de eficiencia, lo que representa un incremento en este indicador de 10.2%,

De igual forma se realiza el cálculo de la eficiencia física y económica para medir y comparar la situación actual con la propuesta.

➤ **Eficiencia física**

Es la eficiencia de los recursos tangibles que son utilizados como materia prima o insumos. El cálculo de la eficiencia física de la situación actual es el siguiente:

$$Ef = \frac{\text{Salida útil de materia prima}}{\text{Entrada de materia prima}} \times 100 \%$$

$$Ef = \frac{418.9565 \text{ m}^2}{420.75 \text{ m}^2} = 0.996 \times 100 \%$$

$$Ef = 99.6\%$$

La eficiencia física es de 99.6% para la situación actual, por lo que se interpreta que se utilizan el 99.6% de los ingresos en el proceso. Luego de la propuesta de mejora se realiza el cálculo nuevamente.

$$Ef = \frac{386.75 \text{ m}^2}{387 \text{ m}^2} = 0.999 \times 100 \%$$

$$Ef = 99.9\%$$

Luego de la mejora, la eficiencia física de los materiales de acero inoxidable, melamina y acero estructural, representa el 99.9%, por lo que se puede evidenciar un incremento de 0.3%.

➤ **Eficiencia económica**

Se mide la eficiencia económica considerando los ingresos y los costos de producción. Se aplica la fórmula para el cálculo de la eficiencia económica para la situación actual.

$$Ee = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Costos de producción}}$$

$$Ee = \frac{1150 \text{ nuevos soles}}{750 \text{ nuevos soles}} = 1.533 \text{ nuevos soles}$$



Se interpreta que por cada nuevo sol invertido, se genera un ingreso de 1.533, lo cual sugiere una ganancia de 0.53 soles. Luego, se calcula la nueva eficiencia económica después de la propuesta de mejora.

$$Ee = \frac{1150 \text{ nuevos soles}}{730 \text{ nuevos soles}} = 1.575 \text{ nuevos soles}$$

Luego de la propuesta de mejora, se percibe que por cada sol invertido, se tiene una ganancia de 0.575 soles, lo cual sugiere un incremento de 0.04 soles en la ganancia por cada sol invertido.

#### **h. Eficacia**

La eficacia es el nivel de cumplimiento de los objetivos establecidos, para calcular la eficacia en la situación inicial, se toman los valores de la relación entre el resultado real alcanzado y el previsto

$$Eficacia = \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \times 100 \%$$

$$Eficacia = \frac{85 \text{ cajas}}{90 \text{ cajas}} \times 100 \%$$

$$Eficacia = 94.4 \%$$

Esta fórmula da como resultado un porcentaje de 94.4% de eficacia para este proceso, considerando los resultados alcanzados y previsto del nivel de producción. Luego se calcula la eficacia para el escenario después de la propuesta de mejora.

$$Eficacia = \frac{90 \text{ cajas}}{90 \text{ cajas}} \times 100 \%$$

$$Eficacia = 100 \%$$

Se concluye que luego de la propuesta de mejor se tiene una eficacia del 100%, es decir que después de la propuesta, se logra cumplir con el nivel esperado de producción.

### i. Efectividad

La efectividad hace referencia a la capacidad que se puede demostrar para obtener determinado resultado a partir de una acción. Se realiza el cálculo de la efectividad para el primer periodo analizado.

$$Efectividad = \frac{\frac{Puntaje\ eficiencia + Puntaje\ eficacia}{2}}{Máximo\ puntaje} * 100\ %$$

De acuerdo al cuadro de efectividad, eficacia y eficiencia, se remplazan los valores de la fórmula para calcular la efectividad

$$Efectividad = \frac{\frac{5 + 1}{2}}{5} * 100\ %$$

$$Efectividad = 60\ %$$

La efectividad inicial es de 60%, luego se calcula la nueva efectividad después de la propuesta. Se toman los nuevos valores para el cálculo de la nueva efectividad.

$$Efectividad = \frac{\frac{5 + 3}{2}}{5} * 100\ %$$

$$Efectividad = 80\ %$$

Se tiene una efectividad de 80% después de la mejora, lo que representa un incremento del 20%.

### 3.5 Comparación de situaciones

**Tabla 35: Comparación de indicadores antes y después de la mejora**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUES	
<b>Procesos productivos</b>	Tiempo	Tiempo normal	105.7 minutos	97.4 minutos	
		Tiempo estándar	121.8 minutos	110.5 minutos	
	Producción	Cumplimiento de entrega	76% entregas a tiempo	100% entregas a tiempo	
		Pedidos no programados	51.47% solicitudes extra	0 solicitudes extra	
		Planificación operaciones	No cuenta con plan de operaciones	Planificación de producción BOM MRP	
	Mano de obra	Fuerza laboral	5 operarios	9 operarios	
	Ambiente	Cumplimiento de 5S	Clasificar 38%, Ordenar 32%, Limpieza 41%, Estandarizar 38%, Disciplina 35%	Clasificar 75%, Ordenar 68%, Limpieza 77%, Estandarizar 75%, Disciplina 78%	
		Eficiencia de la distribución	17%	29%	
	<b>Productividad</b>	Eficiencia	Nivel de eficiencia	84.5%	94.7%
			Eficiencia física	99.6%	99.9%
Eficiencia económica			1.53 nuevos soles	1.575 nuevos soles	
Eficacia		Nivel de eficacia	94.4%	100%	
Efectividad		Efectividad	60%	80%	
Productividad		Productividad de materiales	Acero inoxi: 0.351 cajas/m <sup>2</sup> , melanina: 0.637 cajas/m <sup>2</sup> , acero estruc: 1.887 cajas/m <sup>2</sup>	Acero inoxi: 0.4 cajas/m <sup>2</sup> , melanina: 0.769 cajas/m <sup>2</sup> , acero estruct: 2.0 cajas/m <sup>2</sup>	
		Productividad laboral	0.106 caja/H-hombre	0.113 caja/H-hombre	
	Productividad multifactorial	10.9%	12.8%		
	Nivel de productividad	83%	92%		

### 3.6 Resultados del análisis financiero

Se analizan los costos de inversión para la implementación de la propuesta de mejora presentada, tomando en cuenta los costos asociados a las técnicas y herramientas explicadas anteriormente

**Tabla 36: Inversión para la propuesta**

ITEM	CANTIDAD INICIAL	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSIÓN
<b>UTILES DE ESCRITORIO</b>				
USB	2	Unidad	S/. 30.00	S/. 60.00
Papel A4 (millar)	3	millar	S/. 11.00	S/. 33.00
Tintas	10	Unidad	S/. 10.00	S/. 100.00
Lapiceros	2	caja	S/. 25.00	S/. 50.00
Cinta	10	Unidad	S/. 4.50	S/. 45.00
Plumón indeleble	20	Unidad	S/. 2.50	S/. 50.00
Archivadores	10	Unidad	S/. 7.00	S/. 70.00
Perforador	2	Unidad	S/. 15.00	S/. 30.00
Cuter	5	Unidad	S/. 2.00	S/. 10.00
Tijeras	3	Unidad	S/. 2.50	S/. 7.50
Engrampadora	2	Unidad	S/. 16.00	S/. 32.00
<b>EQUIPOS DE OFICINA</b>				
Laptop con programas especializados	1	Unidad	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
Impresora	1	Unidad	S/. 420.00	S/. 420.00
Escritorio	1	Unidad	S/. 250.00	S/. 250.00
Sillas de oficina	2	Unidad	S/. 150.00	S/. 300.00
Stands	2	Unidad	S/. 100.00	S/. 200.00
Cámara fotográfica	1	Unidad	S/. 250.00	S/. 250.00
<b>MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN</b>				
Escoba	2	Unidad	S/. 15.00	S/. 30.00
Trapo	100	Unidad	S/. 3.50	S/. 350.00
Desinfectante	10	Unidad	S/. 5.60	S/. 56.00
Ligas	18	millar	S/. 90.00	S/. 1,620.00
Cajas	300	Unidad	S/. 10.00	S/. 3,000.00
Recogedor	5	Unidad	S/. 10.00	S/. 50.00
Afiches	30	Unidad	S/. 2.00	S/. 60.00
Stickers de colores	1	millar	S/. 35.00	S/. 35.00
Micas Acrílicas 12x12cm	2	millar	S/. 100.00	S/. 200.00
Etiquetas Adhesivas	2	millar	S/. 110.00	S/. 220.00

Micas Acrílicas 80x40cm	1	millar	S/.	170.00	S/.	170.00
Micas Acrílicas 5x6cm	1	millar	S/.	50.00	S/.	50.00
<b>TOTAL INVERSION</b>						<b>10,138.50</b>

Elaboración propia

La tabla anterior muestra los componentes necesarios para la implementación de la propuesta de mejora, así como los costos asociados a estos materiales. Los costos totales dan como resultado un costo de 40, 318.50 nuevos soles.

#### ➤ Otros gastos

Se presentan la cantidad proyectada para otros gastos, considerando la cantidad, medida y precio unitario de cada uno de los elementos de esta lista, los cuales están destinados a lograr un ambiente óptimo para el trabajo. Además se considera el costo de mantener el software propuesto, con la licencia de uso con una duración de un año.

**Tabla 37: Otros gastos proyectados**

ITEM	CANT	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSION
Luz	12	meses	S/. 180.00	S/. 2,160.00
Agua	12	meses	S/. 30.00	S/. 360.00
Mantenimiento de software	1	año	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
Teléfono/Internet	12	meses	S/. 300.00	S/. 3,600.00
<b>TOTAL OTROS GASTOS</b>				<b>8,120.00</b>

Elaboración propia

#### ➤ Gastos de personal

Los gastos del personal abarcan los costos relacionados con la remuneración de personal involucrado en el proceso de producción, con lo que se logra la propuesta de mejora, así mismo, se presentan los costos unitarios que se generan mensualmente, correspondiente al salario.

**Tabla 38: Gastos de personal**

ITEM	CANT	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	NUM. PERSONAS	TOTAL INVERSIÓN
Gerente de operaciones	1	meses	S/. 3,500.00	1	S/. 3,500.00
Operarios	4	meses	S/. 1,200.00	1	S/. 4,800.00
<b>TOTAL GASTOS DE PERSONAL</b>					<b>8,300.00</b>

Elaboración propia

De acuerdo al análisis realizado, la inversión total para los gastos de personal es de 4,700 nuevos soles, los cuales son destinados al pago de la remuneración salarial del personal que se necesita en la aplicación de la mejora.

➤ **Gastos de capacitación**

De acuerdo a lo analizado, la empresa no cuenta con un plan de capacitación, el cual es importante y se vuelve indispensable para la supervivencia en el mercado actual, que se muestra cada vez más competitivo. Por lo que se consideran capacitaciones mensuales, en cuanto a la aplicación e importancia de la metodología 5S y diversos temas referentes a la gestión de la producción. A continuación se presentan los costos considerados.

**Tabla 39: Gastos en capacitaciones anuales**

ITEM	CANT	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSIÓN
Capacitación al Personal	4	veces	S/. 2,500.00	S/. 10,000.00
<b>TOTAL GASTOS DE PERSONAL</b>				<b>10,000.00</b>

Elaboración propia

➤ **Costos proyectados de implementación**

A continuación, se presentan los costos estimados con una proyección de cinco años para la implementación de la propuesta de mejora. Para el análisis, utilizamos el punto de partida como el año en que se realiza la inversión.

**Tabla 40: Proyección de costos**

ITEMS	AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
<b>INVERSIÓN DE ACTIVOS TANGIBLES</b>	S/. 10,078.50	S/. 5,641.00	S/. 5,641.00	S/. 5,641.00	S/. 5,641.00	S/. 5,641.00
<b>UTILES DE ESCRITORIO</b>						
USB	S/. 60.00					
Papel A4 (millar)	S/. 33.00					
Tintas	S/. 100.00					
Lapiceros	S/. 50.00					
Cinta	S/. 45.00					
Plumón indeleble	S/. 50.00					
Archivadores	S/. 70.00					
Perforador	S/. 30.00					
Cuter	S/. 10.00					
Tijeras	S/. 7.50					
Engrampadora	S/. 32.00					
<b>EQUIPOS DE OFICINA</b>						
Laptop	S/. 2,500.00					
Impresora	S/. 420.00					
Escritorio	S/. 250.00					
Sillas de oficina	S/. 300.00					
Stands	S/. 200.00					
Cámara fotográfica	S/. 250.00					
<b>MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN</b>						
Escoba	S/. 30.00					
Papel cuche A4	S/. 200.00					
Trapo	S/. 350.00	S/. 350.00	S/. 350.00	S/. 350.00	S/. 350.00	S/. 350.00

Desinfectante	S/. 56.00	S/. 56.00	S/. 56.00	S/. 56.00	S/. 56.00	S/. 56.00
Ligas	S/. 1,620.00	S/. 1,620.00	S/. 1,620.00	S/. 1,620.00	S/. 1,620.00	S/. 1,620.00
Cajas	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00
Recogedor	S/. 50.00	S/. 50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Stickers de colores	S/. 35.00	S/. 35.00	S/. 35.00	S/. 35.00	S/. 35.00	S/. 35.00
Micas Acrílicas 12x12cm	S/. 200.00	S/. 200.00	S/. 200.00	S/. 200.00	S/. 200.00	S/. 200.00
Etiquetas Adhesivas	S/. 220.00	S/. 220.00	S/. 220.00	S/. 220.00	S/. 220.00	S/. 220.00
Micas Acrílicas 80x40cm	S/. 170.00	S/. 170.00	S/. 170.00	S/. 170.00	S/. 170.00	S/. 170.00
Micas Acrílicas 5x6cm	S/. 50.00	S/. 50.00	S/. 50.00	S/. 50.00	S/. 50.00	S/. 50.00
<b>OTROS GASTOS</b>	<b>S/. 8,120.00</b>	<b>S/. 1,872.00</b>	<b>S/. 1,872.00</b>	<b>S/. 1,872.00</b>	<b>S/. 1,872.00</b>	<b>S/. 1,872.00</b>
Luz	S/. 2,160.00	S/. 1,512.00	S/. 1,512.00	S/. 1,512.00	S/. 1,512.00	S/. 1,512.00
Agua	S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00
Mantenimiento de software	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
Teléfono/Internet	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00
<b>GASTOS DE PERSONAL</b>	<b>S/. 8,300.00</b>	<b>S/. 8,300.00</b>	<b>S/. 8,300.00</b>	<b>S/. 8,300.00</b>	<b>S/. 8,300.00</b>	<b>S/. 8,300.00</b>
Gerente de operaciones	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00
Responsable de almacén e inventario	S/. 4,800.00	S/. 4,800.00	S/. 4,800.00	S/. 4,800.00	S/. 4,800.00	S/. 4,800.00
<b>GASTOS DE CAPACITACION</b>	<b>S/. 10,000.00</b>	<b>S/. 10,000.00</b>	<b>S/. 10,000.00</b>	<b>S/. 10,000.00</b>	<b>S/. 10,000.00</b>	<b>S/. 10,000.00</b>
Capacitación al Personal	S/. 10,000.00	S/. 10,000.00	S/. 10,000.00	S/. 10,000.00	S/. 10,000.00	S/. 10,000.00
<b>TOTAL DE GASTOS</b>	<b>S/. 36,498.50</b>	<b>S/. 25,813.00</b>	<b>S/. 25,813.00</b>	<b>S/. 25,813.00</b>	<b>S/. 25,813.00</b>	<b>S/. 25,813.00</b>

Elaboración propia



➤ **Costo promedio ponderado actual**

El costo promedio ponderado del capital se calcula teniendo en cuenta la deuda, el impuesto a la renta, la utilidad, el patrimonio y el capital de la empresa. Otro factor importante a considerar es la tasa de interés anual y el promedio de esta. De acuerdo a la situación de la empresa se tienen los siguientes datos.

**Tabla 41: Capital y deuda**

<b>DEUDA</b>	20,000	29%
<b>CAPITAL</b>	50,000	71%
<b>TOTAL</b>	<b>70,000</b>	<b>100%</b>

Elaboración propia

**Tabla 42: Utilidad neta**

<b>RENTA NETA IMPONIBLE</b>	17,000
<b>IMP. A LA RENTA</b>	5,100
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>11,900</b>

Elaboración propia

Luego, se calcula la rentabilidad accionista, la cual es equivalente al ROE.

$$Ke = Roe = \frac{UTILIDAD\ NETA}{TOTAL\ PATRIMONIO}$$

$$Ke = \frac{11,900}{50,000}$$

$$Ke = 24\%$$

A continuación, de acuerdo a los datos presentados se emplea la siguiente fórmula para calcular el costo promedio ponderado de capital.

$$CPPC = WACC = \frac{D}{D + C} \times Kd \times (1 - T) + \frac{C}{D + C} \times Ke$$

Donde:

- D: Deuda
- K: capital
- Kd: Costo deuda
- T: Impuesto a la renta
- Ke: Rentabilidad Accionista

Remplazando en la formula se tiene el siguiente resultado:

$$CPPC = 23.61\%$$

### ➤ Análisis de indicadores

De acuerdo a la evaluación, se consideran los indicadores relevantes que se ven afectados monetariamente por la implementación de la propuesta de mejora, para lograr una comparación cuantitativa de la situación previa y la futura.

**Tabla 43: Análisis de los indicadores**

INDICADORES		ANTES		DESPUES		BENEFICIO
Costo de gestión inventarios	S/.	426,000.00	S/.	420,000.00	S/.	6,000.00
Costo de pago a gerentes	S/.	39,000.00	S/.	29,000.00	S/.	10,000.00
Costo de proceso de producción	S/.	79,000.00	S/.	70,000.00	S/.	9,000.00
Costo de infraestructura	S/.	889,459.00	S/.	857,434.00	S/.	32,025.00

Elaboración propia

En la tabla anterior se especifica el beneficio esperado por cada uno de los indicadores considerados.

### ➤ Ingresos proyectados

En la tabla siguiente se muestran los ingresos proyectados para los siguientes años, durante un periodo de 5 años.

**Tabla 44: Ingresos proyectados**

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
S/. 57,025.00	S/. 57,025.00	S/. 57,025.00	S/. 57,025.00	S/. 57,025.00

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados proyectados con respecto a los ingresos, se considera la tabla anterior para representarlos luego de la propuesta de mejora.

### ➤ Flujo de caja

Se presenta la proyección del flujo de caja para cinco años con el objetivo de calcular y analizar los indicadores de viabilidad para la propuesta de mejora. En el flujo de caja se consideran los ingresos y los costos o gastos, proyectados anteriormente.

**Tabla 45: Flujo de caja proyectado**

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-36,498.50	31,212.00	31,212.00	31,212.00	31,212.00	31,212.00

Elaboración propia

Para lograr tener una mejor visualización de la proyección del flujo de caja, se presenta la Figura 32 que muestra el flujo de caja de manera gráfica.

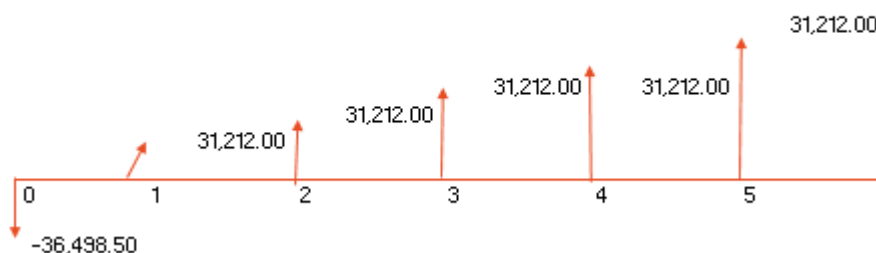


Figura 28: Flujo de caja neto proyectado  
Elaboración propia

### ➤ Indicadores de viabilidad

Con el objetivo de determinar la viabilidad de proyecto, se necesita calcular ciertos indicadores de económicos como VAN, TIR, IR; estos indicadores se especifican en la siguiente tabla

**Tabla 46: Indicadores de evaluación**

INDICADORES DE EVALUACIÓN	RESULTADO
COK	23.61%
VA	S/. 86,395.22
VAN	S/. 49,896.72
TIR	81%
IR	2.37

De acuerdo a los resultados, se acepta el proyecto si el valor del VAN es mayor a cero, por lo que se acepta en este caso. Así mismo, cumple con la condición de que el valor del TIR sea mayor a COK, por lo que se acepta el proyecto. Finalmente el valor del IR es mayor a cero; lo cual significa que el proyecto no representa pérdidas, al contrario, debe ser aceptado por ser rentable.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Los hallazgos de la presente investigación muestran un incremento de la productividad de 83% a 92%, lo cual coinciden con lo expuesto por Niebel (2009) quien señala que los tiempos sobrantes pueden ser utilizados para producir más en menos tiempo. Esto se ve evidenciado en la diferencia del tiempo estándar del proceso de fabricación de cajas chinas, el cual era de 120.8 minutos a comparación de los 110.5 minutos luego de la mejora, lo cual permitió un incremento de la producción. Esta situación es similar a la experimentada en la investigación de Delgado (2017), quien luego de realizar el análisis de la producción presentó una productividad de 71%, contra 79% luego de optimizar los tiempos de ciclo de producción. Además, se evidenció un incremento de 20% en la efectividad; lo cual coincide con lo encontrado por Aparicio y Sánchez (2015) quienes lograron generar un incremento del 14.28%, luego de la aplicación de la metodología de las 5S para mantener el orden dentro de la planta.

Así mismo, luego de la mejora la demanda puede ser cubierta en el tiempo establecido, con la planificación de la producción y requerimiento de materiales para cada periodo, considerando que de esta forma no se tienen gastos extras por compra de material extra. Como es el caso de Quispe (2017), quien demuestra que gracias al desarrollo de la planificación de la producción le fue posible cumplir con el 100% de los pedidos realizados para los productos críticos. Además, la eficiencia mostró un valor inicial de 84.5%, el cual experimenta un incremento luego de la propuesta, presentando un 94.7% de eficiencia, lo que significa un incremento de 10.2%, logrando que se pueda considerar un proceso eficiente, de acuerdo a lo considerado por Niebel (2007).

Los resultados favorables implican la aceptación de la hipótesis inicial, que plantea el incremento de la productividad luego de la propuesta de mejora de procesos productivos en la fabricación de cajas chinas. Considerando las limitaciones para lograr el cambio de mentalidad en los trabajadores de la empresa, que son posibles de superar con el apoyo de la administración y el compromiso de los involucrados.

Finalmente, analizando los indicadores de viabilidad económica del proyecto comparamos los resultados con los parámetros aceptables y se considera que se cuenta

con las condiciones económicas necesarias para proponerlo; el valor del VAN es mayor a cero, el valor del TIR mayor a COK y el valor del IR es mayor a cero.

## 4.2 Conclusiones

Se diagnosticaron los procesos de fabricación de cajas chinas, identificando la presencia de deficiencias en el proceso productivo. Además, se lograron determinar los principales problemas, de acuerdo al diagrama de Pareto para enfocar la propuesta de mejora con respecto a la producción no planificada, la falta de disponibilidad de material, desorganización de las áreas de trabajo, disposición de plata deficiente y la gestión poco efectiva de compas e inventarios.

Así mismo, se diseñó una propuesta de acuerdo a un plan de mejora, el cual consiste en la aplicación de herramientas específicamente diseñadas para dar solución a los problemas previamente determinados en el análisis. En este plan se incluyó la elaboración de un estudio de tiempos, la planificación de las operaciones, análisis y alternativa de disposición de planta, implementación de metodología 5s e integración de un software de control.

El resultado obtenido luego de la propuesta refleja un incremento del nivel de productividad general a un 92%, con una diferencia de 9% al porcentaje calculado en el diagnóstico inicial; el cual era considerado deficiente; con lo que se demuestra el logro del objetivo de la investigación. De igual manera, la eficiencia del proceso mostró un incremento de un 84.5% a un 94.7%. Así como también el aumento en la eficacia, la cual sugiere que luego de la mejora se puede cumplir con los niveles esperados de producción.

Finalmente se realizó un análisis económico, para determinar el costo beneficio de la propuesta para la empresa; así como la viabilidad del proyecto y su impacto, según el ámbito financiero. A partir del cual se consideró como un proyecto viable luego de cumplir con las con condiciones; teniendo un VAN de S/. 49,896.72, un TIR de 81% e IR de 2.37.

## REFERENCIAS

- Aparicio, D. (2019). *Lean Manufacturing*. Obtenido de Sistema de producción por lotes. Ventajas y desventajas.: <https://leanmanufacturing10.com/sistema-de-produccion-por-lotes-ventajas-y-desventajas>
- Aranzadi, P. (12 de mayo de 2016). *Universia España*. Obtenido de ¿Por qué fracasan las Pymes?: <http://noticias.universia.es/cultura/noticia/2016/05/12/1139341/fracasan-pymes.html>
- Aroca, D. (2019). *Lean manufacturing*. Obtenido de MRP: Planificación de requerimientos de materiales: <https://leanmanufacturing10.com/mrp-planeacion-requerimientos-materiales-mrp>
- Audelo, L., & Escobar, J. (2010). *Gestión por procesos*. Medellín: INCOTEC.
- Barnes, M. (1961). *Estudio de tiempos y movimientos*. Madrid.
- Berckemeyer, F. (06 de Octubre de 2016). CCL: 9 productos metalmecánicos tienen potencial de exportación. *El Comercio*.
- Betancourt, D. (17 de Febrero de 2016). *Ingenio y empresa*. Obtenido de Promedio móvil ponderado para pronosticar la demanda: <https://ingenioempresa.com/promedio-movil-ponderado/>
- Betancourt, D. (17 de 10 de 2017). *Gestión de Operaciones*. Obtenido de Proyección de Demanda: <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/suavizamiento-exponencial-simple-ejercicios-resueltos/>
- Cartier, E. (2013). *¿Cómo determinar costos?* Argentina.
- Castillo, G. (1990). *FORMACION PARA GERENTES DE PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA*. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Catillo, J. (2016). *Técnicas de Procedimiento para la Disposición de Planta*.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Organización de la producción de operaciones*. Madrid: Díaz de Santos.
- De la Roca, L. (1994). *Manual de Prácticas: Ingeniería de Métodos*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Díaz, Y. (13 de Mayo de 2014). *Metodología 5s de Gestión de la calidad*. Obtenido de Escuela de Organización Industrial:

<https://www.eoi.es/blogs/mtelcon/2014/05/13/metodologia-5s-de-gestion-de-la-calidad/>

Domínguez, J. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y en los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.

García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo*. México D.F: Litográfica Ingramex.

García, M. A. (12 de Enero de 2018). *Doing business 2018: ¿Es fácil hacer negocios en el Perú?* Obtenido de SEMANA ECONÓMICA:  
<http://semanaeconomica.com/competitividad-y-pymes/2018/01/12/doing-business-2018-es-facil-hacer-negocios-en-el-peru/>

García, R. (1998). *Estudio del trabajo*. México: Mc Graw.

Global Entrepreneurship Monitor. (2015). *Global Entrepreneurship Monitor*. Obtenido de <http://www.gemconsortium.org>

Heizer, J. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones tácticas (8 ed.)*. Madrid: Pearson Educación.

Ingrande, T. (11 de Enero de 2017). *Las 5S: cuestión de hábito y disciplina*. Obtenido de KaiLean Consultores: <http://kailean.es/la-metodologia-de-las-5s/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2014). *Estructura Empresarial*. Lima, Perú.

Ishikawa, K. (1997). *Qué es el control total de calidad? : la modalidad japonesa*. Bogotá: Editorial Norma.

Jananía, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos*. México: LIMUSA SAC.

López, M. (2011). *BALANCEO DE LÍNEAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA*. Mexico: El Buzón de Pacioli.

Mejía, C. (2016). *Indicadore de efectividad y eficacia*. Medellín: Documentos planning.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2016). *Estadístias PYME, evolución e indicadores*. Madrid.

Montoya, A. (2011). *Procesos de Producción*. Alicante: Universidad de Alicante.

Morris, E. (13 de Septiembre de 2016). La importancia de la tecnología en las Pymes. *Actualidad ESAN*.



- Muther, R. (1970). *Distribución en Planta*. Barcelona: McGraw Hill.
- Niebel, B. W. (1995). *Ingeniería industrial Métodos, Tiempos y Movimientos*. Ciudad de Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Niebel, B., & Freivalds, M. (2010). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Alfaomega.
- Nores, J. (23 de Octubre de 2010). *La República*. Obtenido de 70% de las mypes fracasan en su negocio: <https://larepublica.pe/economia/491334-70-de-las-mypes-fracasan-en-su-negocio>
- Nunes, P. (2016). *Diagramas para el analisis de procesos*. Lisboa.
- Operaciones, G. d. (23 de 07 de 2011). *Cálculo del MAD y la Señal de Rastreo para un Pronóstico de Demanda*. Obtenido de <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/calculo-del-mad-y-la-senal-de-rastreo-para-un-pronostico-de-demanda/>
- Paulice, L. (2015). *Destino Negocio*. Obtenido de 8 factores por los que fracasan el 90% de las Pyme: <http://destinonegocio.com/pe/economia-pe/8-factores-fracasan-90-pyme/>
- Paz, J. (2017). *Implementación de un plan maestro de producción*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- Pérez, J. (2004). *Gestión por Procesos*. Madrid: ESIC Editorial.
- Quesada, F. (08 de mayo de 2018). Se creará fondo con capital de S/ 1.000 millones para pymes. *El Comercio*.
- Rangel, J. (27 de Febrero de 2011). *Investgación de operaciones*. Obtenido de Lote Economico de Produccion EPQ: <http://investoperaciones-jairot.blogspot.com/2011/02/lote-economico-de-produccion-epq.html>
- Salazar, B. (2016). *Mapas de Valor*. Obtenido de Ingeniería Industrial online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mapas-del-flujo-de-valor-vsm/>
- Salazar, B. (2016). *METODOLOGÍA DE LAS 5S*. Obtenido de Ingeniería Industrial online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>

- Salazar, B. (2016). *Promedio móvil*. Obtenido de Ingeniería Industrial online:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/promedio-m%C3%B3vil/>
- Salazar, B. (2016). *Regresión lineal*. Obtenido de Ingeniería Industrial online:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/regresi%C3%B3n-lineal/>
- Saldarriaga, D. (2 de Abril de 2018). *CRP (Capacity Requirement Planning) Planeación de los Recursos de Capacidad*. Obtenido de Zona Logística:  
<https://www.zonalogistica.com/crp-capacity-requirement-planning-planeacion-de-los-recursos-de-capacidad/>
- Sorrentino, F. (2016). *Conceptos de efectividad*.
- Villareal, F. (2015). *Planificación de los requerimientos de materiales de almacén para TECPECUADOR S.A.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.

## ANEXOS

### Anexo 1: Estudio de tiempos

#### ESTUDIO DE TIEMPOS - TIEMPOS OBSERVADOS Y VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO



<b>Nombre de la operación:</b>	Fabricación de K-JACHITAS	<b>Estudio Nº:</b>	1
<b>Instalación - Máquina:</b>	0	<b>Observaciones:</b>	5
<b>Tiempo estándar de la operación</b>	2:00:48	<b>Suplementos promedio:</b>	13%



		Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	Obs 6	Obs 7	Obs 8	Obs 9	Obs 10	SUMA	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar	
Elemento 1	Nombre del elemento											1:39:19	0:09:56	11%	0:11:01	
	Recepción de materiales	Tiempo observado	0:10:30	0:09:59	0:09:56	0:10:57	0:10:56	0:11:45	0:09:57	0:10:59	0:10:45					0:09:55
	Actividad inicial (Start)	Valoración														
	Descarga de material	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94					
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:09:52	0:09:23	0:09:20	0:10:18	0:10:17	0:11:03	0:09:21	0:10:19	0:10:06					0:09:19
Pieza en area de corte																
Elemento 2	Nombre del elemento											3:15:13	0:19:31	12%	0:21:52	
	Medición y corte	Tiempo observado	0:22:02	0:19:05	0:19:20	0:20:50	0:21:59	0:23:05	0:19:30	0:21:10	0:18:10					0:22:30
	Actividad inicial (Start)	Valoración														
	Selecciona la plancha	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94					
	Actividad final (Stop)	Tiempo normal	0:20:43	0:17:56	0:18:10	0:19:35	0:20:40	0:21:42	0:18:20	0:19:54	0:17:05					0:21:09
Piezas e plegadora																

Elemento 3	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:25:15	0:20:45	0:24:40	0:25:00	0:27:10	0:20:35	0:28:05	0:23:20	0:25:45	0:27:30	3:53:12	0:23:19	15%	0:26:49
	Doblado															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94				
	Levantar pieza															
Elemento 4	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:16:01	0:18:05	0:15:42	0:18:15	0:19:30	0:16:00	0:15:05	0:20:25	0:17:30	0:14:45	2:41:01	0:16:06	15%	0:18:31
	Perforación y armado															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94				
	Levanta taladro															
Elemento 5	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:04:25	0:04:23	0:04:20	0:04:45	0:05:15	0:03:25	0:04:25	0:05:45	0:03:24	0:04:13	0:41:40	0:04:10	12%	0:04:40
	Rolado hidráulico															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94				
	Selecciona pieza															
Elemento 6	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:29:03	0:29:05	0:27:13	0:28:20	0:34:00	0:35:12	0:26:40	0:31:32	0:35:14	0:25:32	4:34:41	0:27:28	17%	0:32:08
	Soldadura															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91				
	Levanta herramienta															
Elemento 7	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:05:30	0:04:33	0:05:20	0:05:00	0:06:00	0:05:43	0:05:50	0:05:37	0:06:33	0:05:09	0:51:56	0:05:12	11%	0:05:46
	Ensamble															
	Actividad inicial (Start)	Valoración	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94				
	Selección de piezas															
Elemento 8	Nombre del elemento	Tiempo observado	0:05:10	0:04:17	0:05:01	0:04:42	0:05:38	0:05:22	0:05:29	0:05:17	0:06:09	0:04:50	0:51:56	0:05:12	11%	0:05:46
	Actividad final (Stop)															
	Puesto en almacén															

## Anexo 2: Valoración del estudio de tiempos

### OPERARIO 1

(Soldador)

HABILIDAD	0
ESFUERZO	-0.04
CONDICIONES	-0.03
CONSISTENCIA	-0.02
<b>TOTAL</b>	<b>0.91</b>

HABILIDAD		ESFUERZO	
0.15	A1	0.13	A1
0.13	A2 - Habilitisimo	0.12	A2 - Excesivo
0.11	B1	0.1	B1
0.08	B2 - Excelente	0.08	B2 - Excelente
0.06	C1	0.05	C1
0.03	C2 - Bueno	0.02	C2 - Bueno
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.1	E2 - Regular	-0.08	E2 - Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 - Deficiente	-0.17	F2 - Deficiente

CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0.06	A - Ideales	0.04	A - Perfecto
0.04	B - Excelentes	0.03	B - Excelente
0.02	C - Buenas	0.01	C - Buena
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.03	E - Regulares	-0.02	E - Regular
-0.07	F - Malas	-0.04	F - Deficiente

### OPERARIO 2

HABILIDAD	0.03
ESFUERZO	-0.04
CONDICIONES	-0.03
CONSISTENCIA	-0.02
<b>TOTAL</b>	<b>0.94</b>

## Anexo 3: Pronósticos - Regresión Lineal

Año	Periodo (Meses)	Ventas (unds)	Mes	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY	Y <sup>^</sup>	Desv. Absoluta	Desviación
2018	Enero	81	1	1	6561	81	85	3.66	-3.66
	Febrero	83	2	4	6889	166	85	1.67	-1.67
	Marzo	89	3	9	7921	267	85	4.32	4.32
	Abril	90	4	16	8100	360	85	5.31	5.31
	Mayo	80	5	25	6400	400	85	4.70	-4.70
	Junio	83	6	36	6889	498	85	1.71	-1.71
	Julio	84	7	49	7056	588	85	0.72	-0.72
	Agosto	85	8	64	7225	680	85	0.27	0.27
	Septiembre	87	9	81	7569	783	85	2.26	2.26
	Octubre	88	10	100	7744	880	85	3.25	3.25
	Noviembre	86	11	121	7396	946	85	1.23	1.23
	Diciembre	85	12	144	7225	1020	85	0.22	0.22
2019	Enero	84	13	169	7056	1092	85	0.79	-0.79
	Febrero	80	14	196	6400	1120	85	4.80	-4.80
	Marzo	86	15	225	7396	1290	85	1.19	1.19
		$\sum Y$	$\sum X$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum XY$		$\sum$	$\sum$
		1271	120	1240	107827	10171		36.10	0.00

Y (prom)	X (prom)
84.73333333	8

b	0.01071429
a	84.647619

MAD	2.41
SR	0.00

Anexo 4: Pronósticos – Promedio Móvil

Año	Periodo (Meses)	Ventas (unds)	PROM. MOVIL	ERROR	V. ABSOLUTO
2018	ENERO	81			
	FEBRERO	83			
	MARZO	89	82	7	7
	ABRIL	90	86	4	4
	MAYO	80	89.5	-9.5	9.5
	JUNIO	83	85	-2	2
	JULIO	84	81.5	2.5	2.5
	AGOSTO	85	83.5	1.5	1.5
	SEPTIEMBRE	87	84.5	2.5	2.5
	OCTUBRE	88	86	2	2
	NOVIEMBRE	86	87.5	-1.5	1.5
	DICIEMBRE	85	87	-2	2
2019	ENERO	84	85.5	-1.5	1.5
	FEBRERO	80	84.5	-4.5	4.5
	MARZO	86	82	4	4
			Σ	2.5	44.5

MAD	3.42
SR	0.73

Anexo 5: Pronósticos – Promedio Móvil Ponderado

Año	Periodo (Meses)	Ventas (unds)	PROM. MOVIL POND.	ERROR	V. ABSOLUTO
2018	ENERO	81			0
	FEBRERO	83			0
	MARZO	89	82.2	6.8	6.8
	ABRIL	90	86.6	3.4	3.4
	MAYO	80	89.6	-9.6	9.6
	JUNIO	83	84	-1	1
	JULIO	84	81.8	2.2	2.2
	AGOSTO	85	83.6	1.4	1.4
	SEPTIEMBRE	87	84.6	2.4	2.4
	OCTUBRE	88	86.2	1.8	1.8
	NOVIEMBRE	86	87.6	-1.6	1.6
	DICIEMBRE	85	86.8	-1.8	1.8
2019	ENERO	84	85.4	-1.4	1.4
	FEBRERO	80	84.4	-4.4	4.4
	MARZO	86	81.6	4.4	4.4
			Σ	2.6	42.2
				MAD	3.25
				SR	0.80

Anexo 6: Pronósticos – Suavizado Exponencial

Año	Periodo (Meses)	Ventas (unds)	PRONOSTICO	ERROR	V. ABSOLUTO
2018	ENERO	81	81		
	FEBRERO	83	81	2	2
	MARZO	89	82	7	7
	ABRIL	90	87	3	3
	MAYO	80	89	-9	9
	JUNIO	83	83	0	0
	JULIO	84	83	1	1
	AGOSTO	85	84	1	1
	SEPTIEMBRE	87	85	2	2
	OCTUBRE	88	86	2	2
	NOVIEMBRE	86	87	-1	1
	DICIEMBRE	85	86	-1	1
2019	ENERO	84	85	-1	1
	FEBRERO	80	84	-4	4
	MARZO	86	81	5	5
			Σ	5	40.93936921

MAD	2.92
SR	1.76

Anexo 7: Datos para planeamiento



Mes	PRONOSTICO DEMANDA	Días producción	producción / día
Enero	85	23	4
Febrero	85	20	4
Marzo	85	22	4
Abril	85	21	4
Mayo	85	23	4
Junio	85	21	4
Julio	85	22	4
Agosto	85	23	4
Setiembre	85	20	4
Octubre	85	23	4
Noviembre	85	22	4
Diciembre	85	20	4
Enero	85	22	4
Febrero	85	20	4
Marzo	85	21	4
$\Sigma$	1271	323	

### COSTOS DE PRODUCCIÓN

(M.O + M.P)

DESCRIPCIÓN	COSTO	
Precio de venta	1150	S/. / und
Costo de materiales	720	S/. / und
Costo de mantenimiento del inventario	57.5	S/. / und-mes
Costo de subcontratación	1149	S/. / und
Costo de contratación y capacitación	2000	S/. / operario
Costo de despidos	1800	S/. / operario
Tasa de producción		und/hora
Costo tiempo normal	7.5	S/. / hora
Costo de los faltantes		S/. / und
Horas trabajadas	8	hora/día
Costo hora extra	12.5	S/. / hora

Anexo 8: Plan agregado de producción

2019		
Enero	Febrero	Marzo
85	85	86

Proporción	K-jachitas	80%
	Parrilla mix	20%

**CAJA CHINA**

Mes	Enero				Febrero				Marzo			
Plan agregado	68				68				69			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Programa producción	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

**PARRILLA MIX**

Mes	Enero				Febrero				Marzo			
Plan agregado	17				17				17			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Programa producción	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Anexo 9: Plan maestro de producción

	Enero					TOTAL
	0	1	2	3	4	
<b>Caja China</b>						
<b>Pronóstico</b>		17	17	17	17	68
<b>Inv. Final</b>	2	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		15	17	17	17	66
<b>Parrilla mix</b>						
<b>Pronóstico</b>		4	4	4	4	17
<b>Inv. Final</b>	1	1	1	0	0	
<b>MPS</b>		4	4	4	4	16
<b>Capacidad media</b>		21	21	21	21	

Producción	82
Caja china	80.00%
Parrilla mix	20.00%

Capacidad					
Instalada		2640	2640	2640	2640
Requerida		2271.04	2512.64	2512.64	2512.64
Déficit		368.96	127.36	127.36	127.36

Tiempo estándar	
Caja china	120.8
Parrilla mix	114.76

	Febrero					TOTAL
	0	1	2	3	4	
<b>Caja China</b>						68
<b>Pronóstico</b>		17	17	17	17	
<b>Inv. Final</b>	0	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		17	17	17	17	
<b>Parrilla mix</b>						17
<b>Pronóstico</b>		4	4	4	4	
<b>Inv. Final</b>	0	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		4	4	5	4	
<b>Capacidad media</b>		21	21	21	21	

Producción	85
Caja china	80.00%
Parrilla mix	20.00%

Capacidad					
Instalada		2640	2640	2640	2640
Requerida		2512.64	2512.64	2627.4	2512.64
Déficit		127.36	127.36	12.6	127.36

Tiempo estándar	
Caja china	120.8
Parrilla mix	114.76

	Marzo					TOTAL
	0	1	2	3	4	
<b>Caja China</b>						69
<b>Pronóstico</b>		17	17	17	17	
<b>Inv. Final</b>	0	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		17	17	17	17	
<b>Parrilla mix</b>						17
<b>Pronóstico</b>		4	4	4	4	
<b>Inv. Final</b>	0	0	0	0	0	
<b>MPS</b>		4	5	4	4	
<b>Capacidad media</b>		21	21	21	21	

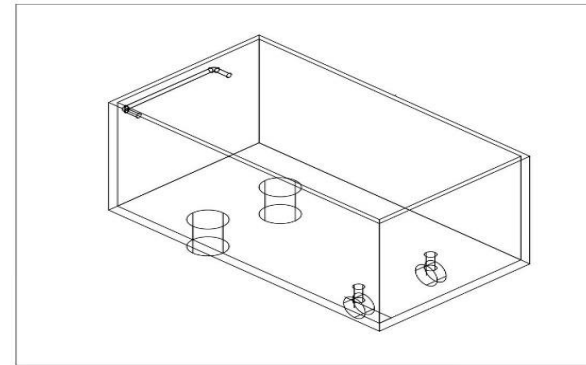
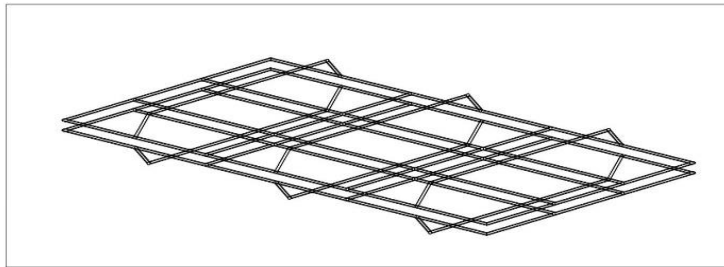
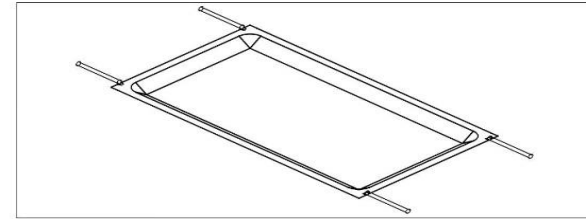
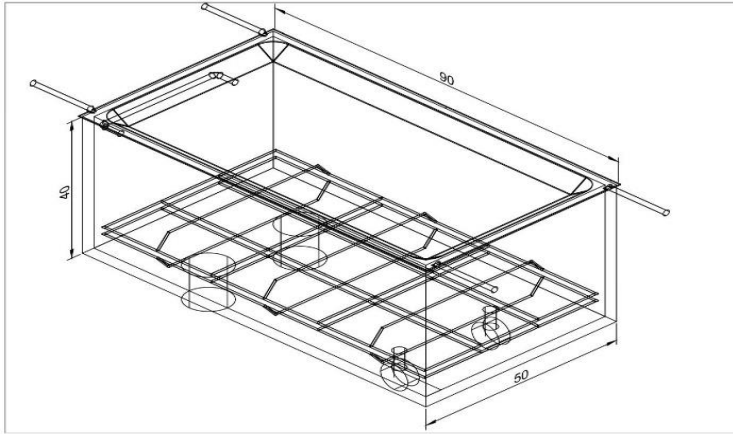
Producción	85
Caja china	80.00%
Parrilla mix	20.00%

Capacidad					
Instalada		2640	2640	2640	2640
Requerida		2512.64	2627.4	2512.64	2512.64
Déficit		127.36	12.6	127.36	127.36

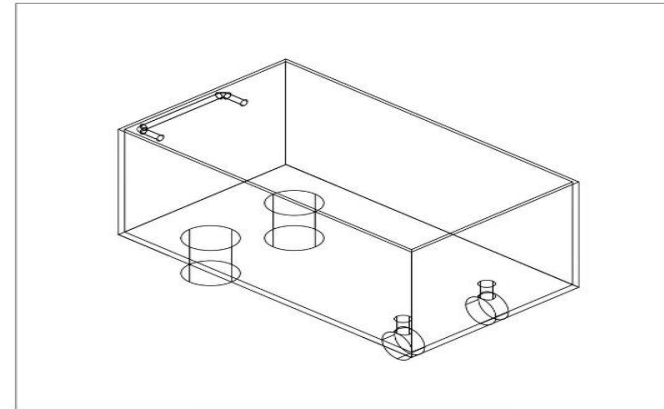
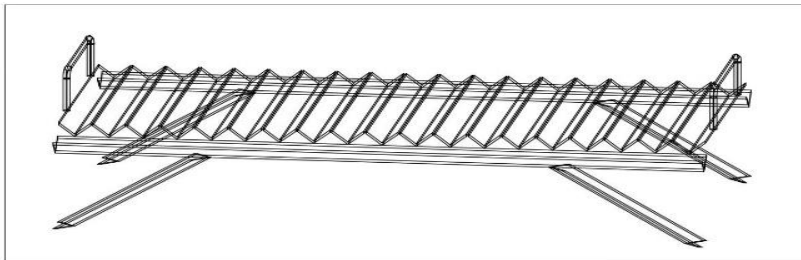
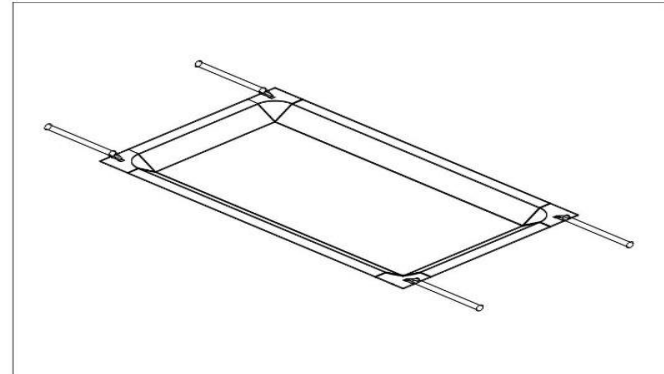
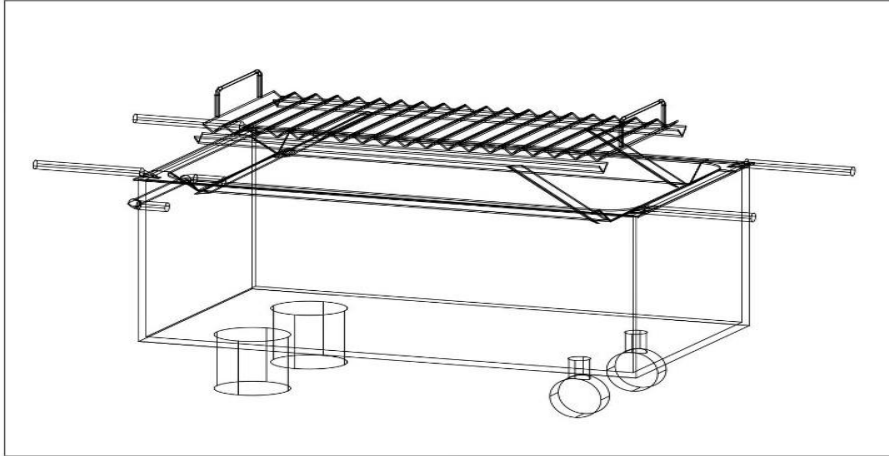
Tiempo estándar	
Caja china	120.8
Parrilla mix	114.76

Anexo 10: Plano del producto

- Caja china



- Parrilla mix



Anexo 11: Datos para MRP

ARTÍCULO	DESCRIPCION	PRESENTACIÓN	CANTIDAD	EQUIVALENCIA	UND
Artículo A	K - JACHITAS	UNIDAD	1 UND	1	UND
Artículo B	ACERO INOXIADLE	PLANCHA	1 UND (2.40 x 1.20)	28800	CM2
Artículo C	MELAMINA	TABLERO	1 UND (2.15 x 2.44)	52460	CM2
Artículo D	PERNOS	CAJA	100 UND	100	UND
Artículo E	RUEDAS	CAJA	10 UND	10	UND
Artículo F	SOPORTE	CAJA	10 UND	10	UND
Artículo G	ACERO ESTRUCTURAL	PLANCHA	1 UND (2.40 x 1.20)	28800	CM2
Artículo H	ACERO ESTRUCTURAL	TUBO	6 MTROS	600	CM
Artículo I	ACERO INOXIADLE	VARILLA	6 MTROS	600	CM



Anexo 12: MRP para cajas chinas

Descripción	Nivel	Stock Inicial	Plazo de Entrega	Tamaño del Lote	Und nec	Factor(A)
Artículo A	0	2	1 semana	1		1
Artículo B	1	921600	2 semanas	28800	28364	28364
Artículo C	1	786900	3 semanas	52460	15700	15700
Artículo D	1	800	1 semana	100	52	52
Artículo E	1	30	1 semana	10	2	2
Artículo F	1	30	1 semana	10	2	2
Artículo G	1	172800	2 semanas	28800	5225	5225
Artículo H	1	2400	1 semana	600	130	130
Artículo I	1	23400	1 semana	600	1544	1544

**PARA EL ARTICULO A**

FACTOR	1
TAMAÑO DE LOTE	1
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	2

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS		17	17	17	17	17	17	17	17
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	2	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>NECESIDADES NETAS</b>		15	17	17	17	17	17	17	17
<b>PEDIDOS (LLEGAN(</b>		15	17	17	17	17	17	17	17
<b>SOLICITUD DE PÉDIDO</b>	15	17	17	17	17	17	17	17	17

## PARA EL ARTICULO B

FACTOR	28364
TAMAÑO DE LOTE	28800
LEAD TIME	2
STOCK INICIAL	921600

	SEMANAS									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>NECESIDADES BRUTAS</b>	425460	482188	482188	482188	482188	482188	482188	482188	482188	0
<b>RECEPCIONES PROGRAMADAS</b>										
<b>STOCK DISPONIBLE</b>	496140	13952	21364	28776	7388	14800	22212	29624	29624	
<b>NECESIDADES NETAS</b>		0	468236	460824	453412	474800	467388	459976	0	
<b>PEDIDOS (LLEGAN)</b>			489600	489600	460800	489600	489600	489600	0	
<b>SOLICITUD DE PÉDIDO</b>	489600	489600	460800	489600	489600	489600				

## PARA EL ARTICULO C

FACTOR	15700
TAMAÑO DE LOTE	52460
LEAD TIME	3
STOCK INICIAL	786900

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	235500	266900	266900	266900	266900	266900	266900	266900	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	551400	284500	17600	13000	8400	3800	51660	47060	47060
NECESIDADES NETAS		0	0	249300	253900	258500	263100	215240	0
PEDIDOS (LLEGAN(				262300	262300	262300	314760	262300	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	262300	262300	262300	314760	262300				

## PARA EL ARTICULO D

FACTOR	52
TAMAÑO DE LOTE	100
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	800

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	780	884	884	884	884	884	884	884	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	20	36	52	68	84	0	16	32	32
NECESIDADES NETAS		0	848	832	816	800	884	868	0
PEDIDOS (LLEGAN(		900	900	900	900	800	900	900	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	900	900	900	900	800	900	900		

## PARA EL ARTICULO E

FACTOR	2
TAMAÑO DE LOTE	10
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	30

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	30	34	34	34	34	34	34	34	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	0	6	2	8	4	0	6	2	2
NECESIDADES NETAS		34	28	32	26	30	34	28	0
PEDIDOS (LLEGAN(		40	30	40	30	30	40	30	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	40	30	40	30	30	40	30		

## PARA EL ARTICULO F

FACTOR	2
TAMAÑO DE LOTE	10
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	30

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	30	34	34	34	34	34	34	34	0

RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	0	6	2	8	4	0	6	2	2
NECESIDADES NETAS		0	28	32	26	30	34	28	0
PEDIDOS (LLEGAN(		40	30	40	30	30	40	30	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	40	30	40	30	30	40	30		

### PARA EL ARTICULO G

FACTOR	5225
TAMAÑO DE LOTE	28800
LEAD TIME	2
STOCK INICIAL	172800

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	78375	88825	88825	88825	88825	88825	88825	88825	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	94425	5600	3175	750	27125	24700	22275	19850	19850
NECESIDADES NETAS		0	83225	85650	88075	61700	64125	66550	0
PEDIDOS (LLEGAN(			86400	86400	115200	86400	86400	86400	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	86400	86400	115200	86400	86400	86400			

### PARA EL ARTICULO H

FACTOR	130
TAMAÑO DE LOTE	600

LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	2400

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	1950	2210	2210	2210	2210	2210	2210	2210	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	450	40	230	420	10	200	390	580	580
NECESIDADES NETAS		1760	2170	1980	1790	2200	2010	1820	0
PEDIDOS (LLEGAN(		1800	2400	2400	1800	2400	2400	2400	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	1800	2400	2400	1800	2400	2400	2400		

## PARA EL ARTICULO I

FACTOR	1544
TAMAÑO DE LOTE	600
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	23400

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	23160	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	240	340	440	540	40	140	240	340	340
NECESIDADES NETAS		1460	1360	1260	1160	1660	1560	1460	0
PEDIDOS (LLEGAN(		1800	1800	1800	1200	1800	1800	1800	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	1800	1800	1800	1200	1800	1800	1800		

Anexo 13: MRP para Parrillas Mix

Descripción	Nivel	Stock Inicial	Plazo de Entrega	Tamaño del Lote	Und nec	Factor(A)
Artículo A	0	1	1 semana	1		1
Artículo B	1	201600	2 semanas	28800	18904	18904
Artículo C	1	157380	3 semanas	52460	9400	9400
Artículo D	1	200	1 semana	100	34	34
Artículo E	1	10	1 semana	10	2	2
Artículo F	1	10	1 semana	10	2	2
Artículo G	1	57600	2 semanas	28800	3375	3375
Artículo H	1	600	1 semana	600	100	100
Artículo I	1	600	1 semana	600	70	70

PARA EL ARTICULO A

FACTOR	1
TAMAÑO DE LOTE	1
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	1

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS		4	4	4	4	4	4	4	4
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	1	0	1	0	0	0	1	0	0

<b>NECESIDADES NETAS</b>		3	5	4	4	4	5	4	4
<b>PEDIDOS (LLEGAN(</b>		3	5	4	4	4	5	4	4
<b>SOLICITUD DE PÉDIDO</b>	3	5	4	4	4	5	4	4	

## PARA EL ARTICULO B

FACTOR	18904
TAMAÑO DE LOTE	28800
LEAD TIME	2
STOCK INICIAL	201600

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>NECESIDADES BRUTAS</b>	56712	94520	75616	75616	75616	94520	75616	75616	0
<b>RECEPCIONES PROGRAMADAS</b>									
<b>STOCK DISPONIBLE</b>	144888	50368	3552	14336	25120	17000	27784	9768	9768
<b>NECESIDADES NETAS</b>		0	0	72064	61280	69400	58616	47832	0
<b>PEDIDOS (LLEGAN(</b>		0	28800	86400	86400	86400	86400	57600	0
<b>SOLICITUD DE PEDIDO</b>	28800	86400	86400	86400	86400	57600			

## PARA EL ARTICULO C

FACTOR	9400
TAMAÑO DE LOTE	52460
LEAD TIME	3
STOCK INICIAL	157380



	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	28200	47000	37600	37600	37600	47000	37600	37600	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	129180	82180	44580	6980	21840	27300	42160	4560	4560
NECESIDADES NETAS		0	0	0	30620	25160	10300	-4560	0
PEDIDOS (LLEGAN(				0	52460	52460	52460	0	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	0	52460	52460	52460	0				

## PARA EL ARTICULO D

FACTOR	34
TAMAÑO DE LOTE	100
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	200

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	102	170	136	136	136	170	136	136	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	98	28	92	56	20	50	14	78	78
NECESIDADES NETAS		72	108	44	80	150	86	122	0
PEDIDOS (LLEGAN(		100	200	100	100	200	100	200	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	100	200	100	100	200	100	200		

## PARA EL ARTICULO E

FACTOR	2
TAMAÑO DE LOTE	10
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	10

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	6	10	8	8	8	10	8	8	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	4	4	6	8	0	0	2	4	4
NECESIDADES NETAS		6	4	2	0	10	8	6	0
PEDIDOS (LLEGAN(		10	10	10	0	10	10	10	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	10	10	10	0	10	10	10		

## PARA EL ARTICULO F

FACTOR	2
TAMAÑO DE LOTE	10
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	10

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	6	10	8	8	8	10	8	8	0

RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	4	4	6	8	0	0	2	4	4
NECESIDADES NETAS		0	4	2	0	10	8	6	0
PEDIDOS (LLEGAN(		10	10	10	0	10	10	10	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	10	10	10	0	10	10	10		

### PARA EL ARTICULO G

FACTOR	3375
TAMAÑO DE LOTE	28800
LEAD TIME	2
STOCK INICIAL	57600

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	10125	26125	20900	20900	20900	26125	20900	20900	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	47475	21350	450	8350	16250	18925	26825	5925	5925
NECESIDADES NETAS		0	-450	20450	12550	9875	1975	-5925	0
PEDIDOS (LLEGAN(		0	0	28800	28800	28800	28800	0	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	0	28800	28800	28800	28800	0			

### PARA EL ARTICULO H

FACTOR	100
TAMAÑO DE LOTE	600

LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	600

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	300	500	400	400	400	500	400	400	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	300	400	0	200	400	500	100	300	300
NECESIDADES NETAS		200	0	400	200	100	-100	300	0
PEDIDOS (LLEGAN(		600	0	600	600	600	0	600	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	600	0	600	600	600	0	600		

## PARA EL ARTICULO I

FACTOR	70
TAMAÑO DE LOTE	600
LEAD TIME	1
STOCK INICIAL	600

	SEMANAS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
NECESIDADES BRUTAS	210	350	280	280	280	350	280	280	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS									
STOCK DISPONIBLE	390	40	360	80	400	50	370	90	90
NECESIDADES NETAS		0	0	-80	200	-50	0	0	0
PEDIDOS (LLEGAN(		0	600	0	600	0	600	0	0
SOLICITUD DE PÉDIDO	0	600	0	600	0	600	0		

Anexo 14: Análisis costeo lote por lote

Semanas	Stock	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Necesidades Brutas</b>		21	21	21	21	21	21	21	21
<b>Recepción de Materiales</b>									
<b>Stock Disponible</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Necesidades Netas</b>		21	21	21	21	21	21	21	21
<b>Producción</b>		21	21	21	21	21	21	21	21

Semana	Necesidades Netas	Cantidad de Producción	Inventario Final	Costo de retención	Costo de Preparación	Costo Total
<b>1</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 29.00
<b>2</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 58.00
<b>3</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 87.00
<b>4</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 116.00
<b>5</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 145.00
<b>6</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 174.00
<b>7</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	S/ 203.00
<b>8</b>	21	21	0	S/ -	S/ 29.00	<b>S/ 232.00</b>

Anexo 15: Análisis costeo Cantidad económica de pedido

Semanas	Stock	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas		21	21	21	21	21	21	21	21
Recepción de Materiales									
Stock Disponible	0	0.75	1.5	2.25	3	4	4.5	5.25	6
Necesidades Netas		21.25	20.5	0.75	19	18.25	17.5	16.75	16
Producción		22	22	22	22	22	22	22	22

Semana	Necesidades Netas	Cantidad de Producción	Inventario Final	Costo de retención	Costo de Preparación	Costo Total
1	21	22	1	S/ 1.88	S/ 29.00	S/ 30.88
2	21	22	1.5	S/ 3.75	S/ 29.00	S/ 63.63
3	21	22	2.25	S/ 5.63	S/ 29.00	S/ 98.25
4	21	22	3	S/ 7.50	S/ 29.00	S/ 134.75
5	21	22	3.75	S/ 9.38	S/ 29.00	S/ 173.13
6	21	22	4.5	S/ 11.25	S/ 29.00	S/ 213.38
7	21	22	5.25	S/ 13.13	S/ 29.00	S/ 255.50

8	21	22	6	S/ 15.00	S/ 29.00	<b>S/ 299.50</b>
---	----	----	---	-------------	-------------	----------------------

Anexo 16: Análisis costeo Costo Total Mínimo

Semana	Cant. Pedida	costo bienes inactivos	Costo pedido	COSTO TOTAL	DIFERENCIA
1	21	S/ -	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
1-2	42	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 81.50	<b>-S/ 23.50</b>
1-3	63	S/ 157.50	S/ 29.00	S/ 186.50	-S/ 128.50
1-4	84	S/ 315.00	S/ 29.00	S/ 344.00	-S/286.00
1-5	105	S/ 525.00	S/ 29.00	S/ 554.00	-S/496.00
1-6	126	S/ 787.50	S/ 29.00	S/ 816.50	-S/758.50
1-7	147	S/ 1,102.50	S/ 29.00	S/ 1,131.50	-S/ 1,073.50
1-8	168	S/ 1,470.00	S/ 29.00	S/ 1,499.00	-S/ 1,441.00
3	21	S/ -	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
3-4	42	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 81.50	<b>-S/ 23.50</b>
4-5	63	S/ 157.50	S/ 29.00	S/ 186.50	-S/128.50
5-6	84	S/ 315.00	S/ 29.00	S/ 344.00	-S/ 286.00
6-7	105	S/ 525.00	S/ 29.00	S/ 554.00	-S/ 496.00
7-8	126	S/ 787.50	S/ 29.00	S/ 816.50	-S/ 758.50
5	21	S/ -	S/29.00	S/ 29.00	S/ 29.00
5-6	42	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 81.50	<b>-S/ 23.50</b>
6-7	63	S/ 157.50	S/ 29.00	S/ 186.50	-S/ 128.50
7-8	84	S/ 315.00	S/ 29.00	S/ 344.00	-S/ 286.00
7	21	S/ -	S/ 29.00	S/ 29.00	S/ 29.00

7-8	42	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 81.50	<b>-S/ 23.50</b>
-----	----	----------	----------	----------	------------------

Semana	Necesidades Netas	Cantidad de Producción	Inventario Final	Costo de retención	Costo de Preparación	Costo Total
1	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 81.50
2	21		0	S/ -	S/ -	S/ 81.50
3	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 163.00
4	21		0	S/ -	S/ -	S/ 163.00
5	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 244.50
6	21	0	0	S/ -	S/ -	S/ 244.50
7	21	42	21	S/ 52.50	S/ 29.00	S/ 326.00
8	21		0	S/ -	S/ -	<b>S/326.00</b>



## Anexo 17: CRP

Enero				
Semana	1	2	3	4
Demanda K-JACHITAS	17	17	17	17
Demanda Parrilla mix	4	4	4	4

### HORAS TOTALES REQUERIDAS PARA CUMPLIR CON EL MRP

SEMANA	1	2	3	4
Demanda K-JACHITAS	34.23	34.23	34.23	34.23
Demanda Parrilla mix	7.65	7.65	7.65	7.65
Horas Totales	41.88	41.88	41.88	41.88

### REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD (HORAS ) DE CADA CENTRO DE TRABAJO

SEMANA	1	2	3	4
CT1	18.845	18.845	18.845	18.845
CT2	14.657	14.657	14.657	14.657
CT3	8.375	8.375	8.375	8.375

### TURNOS DE TRABAJO. 44 horas semanales

SEMANA	1	2	3	4
CT1	1.26	1.26	1.26	1.26
CT2	0.98	0.98	0.98	0.98
CT3	0.56	0.56	0.56	0.56

### NUMERO DE OPERARIOS

EFICIENCIA	0.8
------------	-----

SEMANA	1	2	3	4
Demanda K-JACHITAS	2.7	2.7	2.7	2.7
Demanda parrilla mix	0.6	0.6	0.6	0.6
TEORICOS	3.3	3.3	3.3	3.3
REALES	4.0	4.0	4.0	4.0

Anexo 18: Balance de Línea

FORMATO DE BALANCEO DE LINEA																															
N.º	DESCRIPCION	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5		ITERACION 6		ITERACION 7		ITERACION 8		ITERACION 9		ITERACION 10		ITERACION 11		ITERACION 12		ITERACION 13		ITERACION 14			
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP		
1	Recepción de materiales	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:11:24	1	0:05:42	2	0:05:42	2	0:05:42	2	0:05:42	2	0:05:42	2	0:05:42	2
2	Medición, corte y doblado	0:47:52	1	0:23:56	2	0:23:56	2	0:15:57	3	0:15:57	3	0:15:57	3	0:11:58	4	0:11:58	4	0:09:34	5	0:09:34	5	0:09:34	5	0:07:59	6	0:07:59	6	0:06:50	7	0:06:50	7
3	Perforación y armado	0:19:15	1	0:19:15	1	0:19:15	1	0:19:15	1	0:09:37	2	0:09:37	2	0:09:37	2	0:09:37	2	0:09:37	2	0:09:37	2	0:06:25	3	0:06:25	3	0:06:25	3	0:06:25	3	0:06:25	3
4	Soldadura y ensamble	0:36:36	1	0:36:36	1	0:18:18	2	0:18:18	2	0:18:18	2	0:12:12	3	0:12:12	3	0:09:09	4	0:09:09	4	0:09:09	4	0:09:09	4	0:09:09	4	0:07:19	5	0:07:19	5	0:07:19	5
A	MINUTO TOTAL DEL OPERARIO	1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07		1:55:07	
B	CUELLO DE BOTELLA	0:47:52		0:36:36		0:23:56		0:19:15		0:18:18		0:15:57		0:12:12		0:11:58		0:11:24		0:09:37		0:09:34		0:09:09		0:07:59		0:07:19		0:07:19	
C	CICLO DE CONTROL	1:55:07		1:31:11		1:12:53		1:04:54		0:55:17		0:49:11		0:45:12		0:42:08		0:39:45		0:34:03		0:30:50		0:29:15		0:27:25		0:26:16		0:26:16	
D	No. DE OPERARIOS	4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		17	
E	TIEMPO DE LINEA	7:40:28		7:35:55		7:17:18		7:34:20		7:22:15		7:22:37		7:31:55		7:43:33		7:56:59		7:22:38		7:11:46		7:18:40		7:18:38		7:26:40		7:26:40	
F	% BALANCE	25.00%		25.25%		26.32%		25.34%		26.03%		26.01%		25.47%		24.83%		24.13%		26.01%		26.66%		26.24%		26.24%		25.77%		25.77%	
G	CICLO DE TRABAJO AJUSTADO	2:20:23		1:51:12		1:28:53		1:19:09		1:07:25		0:59:59		0:55:07		0:51:24		0:48:28		0:41:31		0:37:37		0:35:40		0:33:26		0:32:03		0:32:03	
H	UNIDAD/HORA	0.4		0.54		0.68		0.76		0.89		1.00		1.09		1.17		1.24		1.45		1.60		1.68		1.79		1.87		1.87	

I	UNIDAD/TURNO	3	4	5	6	7	8	8	9	9	11	12	13	14	14
J	UNIDADES/OPERARIOS	0.75	0.80	0.83	0.86	0.88	0.89	0.80	0.82	0.75	0.85	0.86	0.87	0.88	0.82
K	COSTO POR UNIDAD	S/. 62.67	S/. 58.75	S/. 56.40	S/. 54.83	S/. 53.71	S/. 52.88	S/. 58.75	S/. 57.44	S/. 62.67	S/. 55.55	S/. 54.83	S/. 54.23	S/. 53.71	S/. 57.07

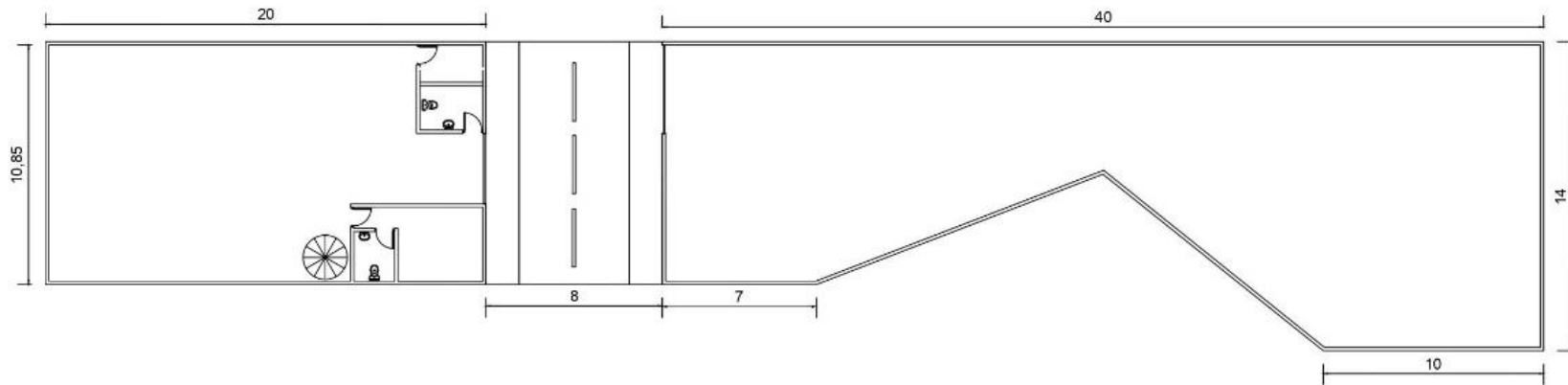
DESEMPEÑO DE LINEA	82.0 0%
TIEMPO POR TURNO	8:00: 00

TOLERANCIA PERSONAL	4%
TOLERANCIA MAQUINARIA	2%

MENOR COSTO POR UNIDAD	S/. 52.88
	ITERACION 6

MAYOR % DE BALANCE	26.66%
	ITERACION 11

Anexo 19: Plano de planta



Anexo 20: Travel charting inicial

**MATRIZ VOLUMEN**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		20	40		40					
B				20						
C				40						
D					26	14	20			
E						66				
F								100		20
G								20		
H						20			100	
I										
J						20				

**MATRIZ DISTANCIA**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		5.6	11.3		34.0					
B				10.2						
C				5.5						
D					34.4	5.8	45.5			
E						28.4				
F								22.7		55.5
G								26.4		
H						22.7			35.7	
I										
J						55.5				

### MOVIMIENTOS REALES

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		112.0	452.0		1360.0					
B				204.0						
C				220.0						
D					896.0	80.9	910.0			
E						1875.7				
F								2270.0		1110.0
G								528.0		
H						454.0			3570.0	
I										
J						1110.0				

<b>MOVIMIENTOS REALES</b>	<b>15153</b>
---------------------------	--------------

### MOVIMIENTOS IDEALES

PRODUCTO	SECUENCIA	CANTIDAD %	DISTANCIA I	MOVI. IDEAL
Caja china	ACDGHFJFHI	14	43	600
Parrilla mix	ACDGHFJFHI	6	43	260
Carbonera	ABDEFHI	20	28	560
Parrilla inter	ACDFHI	14	23	321
Parrilla exter	ACDEFHI	6	27	163
Patas soporte	A EFHI	40	18	720
			<b>TOTAL</b>	<b>2624</b>

Anexo 21: Distribución por método de eslabones

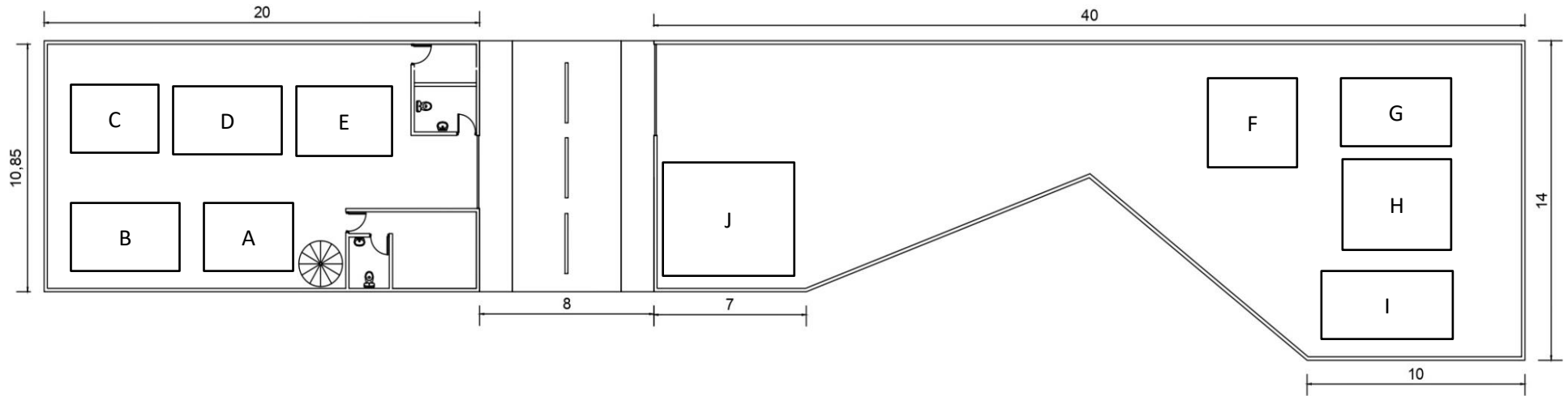
**METODO DE ESLABONES**

	Caja china	Carbonera	Parrilla intern	Patas soporte	Parrilla mixta	Parrilla extern
Secuencia para la producción	A - C - D - G - H - F - J - F - H - I	A - B - D - E - F - H - I	A - C - D - F - H - I	A - E - F - H - I	A - C - D - G - H - F - J - F - H - I	A - C - D - E - F - H - I
Volumen de producción (mes)	<b>60</b>	<b>86</b>	<b>60</b>	<b>172</b>	<b>26</b>	<b>26</b>

**Volumen asociado**

ÁREAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
J						172				172
I								430	430	
H						516	86	1032		
G				86			172			
F				60	284	1032				
E	172			112	568					
D		86	172	516						
C	172		344							
B	86	172								
A	430									

Anexo 22: Travel charting para distribución propuesta



**MATRIZ VOLUMEN**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		20	40		40					
B				20						
C				40						
D					26	14	20			
E						66				
F								100		20
G								20		
H						20			100	



I										
J						20				

### MATRIZ DISTANCIA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		5.6	11.3		10.4					
B				10.2						
C				5.5						
D					5.9	46.7	55.3			
E						40.8				
F								12.1		27.7
G								4.5		
H						12.1			4.9	
I										
J						27.7				

### MOVIMIENTOS REALES

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		112.0	452.0		416.0					
B				204.0						
C				220.0						
D					153.7	651.6	1106.0			
E						2694.7				
F								1210.0		554.0
G								90.0		
H						242.0			490.0	

I										
J						554.0				

MOVIMIENTOS REALES	9150
--------------------	------

### MOVIMIENTOS IDEALES

PRODUCTO	SECUENCIA	CANTIDAD %	DISTANCIA I	MOVI. IDEAL
Caja china	ACDGHF JFHI	14	43	600
Parrilla mix	ACDGHF JFHI	6	43	260
Carbonera	ABDEFH I	20	28	560
Parrilla inter	ACDFHI	14	23	321
Parrilla exter	ACDEFH I	6	27	163
Patas soporte	A EFHI	40	18	720
			<b>TOTAL</b>	<b>2624</b>

Anexo 23: Checklist por área de trabajo

**ALMACÉN**

		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS
CLASIFICAR	1	Los equipos y maquinaria que no son usados no se encuentran en el área de trabajo			X			
		TOTAL	0	0	1	0	0	50.00%
ORDENAR	2	La merma generada de los procesos se encuentra almacenada en una zona específica de almacén para el despachado		X				La merma se encuentra en toda la planta, no se evidencia un lugar destinado para su acumulación
	3	Los espacios de almacenaje de todas la herramientas están designados y marcados		X				No se encuentran designados los lugares para cada herramienta, solo se designa un espacios en general que no siempre se cumple
	4	Las fuentes que puedan ocasionar daños a los materiales e insumos están identificadas y hay controles que minimicen el riesgo	X					No se ha realizado un análisis de riesgos
	5	Los Insumos y materiales están correctamente codificados			X			No se lleva un control adecuado de códigos en los insumos, la gestión de almacén se da de forma empírica
		TOTAL	1	3	0	0	0	18.75%
LIMPIEZA	6	Existe un pasillo libre de materiales y desperdicios por donde el operario puede trasladarse				X		
	7	Los estantes se encuentran en buen estado			X			
		TOTAL	0	0	1	1	0	62.50%
ESTANDARIZAR	8	En el almacén hay un registro que permita anotar las entradas y salida de materia		X				No se registra debidamente, existe un formato, pero no se utiliza por ningún trabajador

	9	Esta todo el personal informado y capacitado en el procedimiento para la extracción de materiales		X					No están capacitados, se obvian muchos aspectos de control
		TOTAL	0	2	0	0	0		25.00%
DISCIPLINA	10	Se realiza un control periódico de inventario		X					Se realiza un control cuando parecen problemas de falta de stock
	11	El abastecimiento de insumos sigue una planificación	X						No se tiene planificación, el manejo se da de forma empírica
		TOTAL	1	1	0	0	0		12.50%

### TRANSFORMACIÓN

		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS
CLASIFICAR	1	La clasificación y separación de elementos inadecuados para los CT es parte de los cronogramas laborales		x				El operario trabaja con las piezas que encuentra en estado óptimo, pero no realiza una clasificación
		TOTAL	0	1	0	0	0	25.00%
ORDENAR	2	La merma genera de los procesos se encuentra en una zona específica en el área de trabajo		x				Muchas veces la merma se ve mezclada con el material destinado al proceso
	3	Las fuentes que puedan ocasionar daños a los materiales e insumos están identificadas y hay controles que minimicen el riesgo		x				Las fuentes de riesgo están identificadas pero los controles no están claramente definidos
	4	Las herramientas se encuentran en lugares señalados y siempre se pueden encontrar fácilmente			x			No se encuentran señalados los lugares específicos
		TOTAL	0	2	1	0	0	33.33%
LIMPIEZA	5	Existe un pasillo libre de materiales y desperdicios por donde el operario puede trasladarse			x			
	6	El puesto de trabajo está libre de desperdicios		x				Se encuentra merma en el área de trabajo
		TOTAL	0	1	1	0	0	37.50%

ESTANDARIZAR	7	Los operarios son supervisados y capacidades según un plan de capacitaciones		x					Se dan capacitaciones a los operarios pero no se cuenta con un plan de estas
	8	Las tareas están claramente definidas y los operarios las conocen					x		
		TOTAL	0	1	0	1	0		50.00%
DISCIPLINA	9	La producción sigue una planificación		x					No se tiene una planificación de producción.
	10	El operario tiene conocimiento de las buenas prácticas de mantenimiento de los equipos que utiliza				x			
		TOTAL	0	1	1	0	0		37.50%

#### SOLDADURA

		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS
CLASIFICAR	1	La clasificación y separación de elementos inadecuados para los CT es parte de los cronogramas laborales			x			
		TOTAL	0	0	1	0	0	50.00%
	3	Las fuentes que puedan ocasionar daños a los materiales e insumos están identificadas y hay controles que minimicen el riesgo		x				Los controles de riesgo no están claramente definidos
	4	Las herramientas se encuentran en lugares señalados y siempre se pueden encontrar fácilmente			x			Se tiene designado un espacio pero no está propiamente señalado
		TOTAL	0	1	1	0	0	37.50%
LIMPIEZA	5	Existe un pasillo libre de materiales y desperdicios por donde el operario puede trasladarse			x			
	6	El puesto de trabajo está libre de desperdicios			x			
		TOTAL	0	0	2	0	0	50.00%

ESTANDARIZAR	7	Los operarios son supervisados y capacidades según un plan de capacitaciones		x					No se cuenta con plan de capacitaciones
	8	Las tareas están claramente definidas y los operarios las conocen			x				
		TOTAL	0	1	1	0	0		37.50%
DISCIPLINA	9	La producción sigue una planificación		x					No se tiene una planificación de producción.
		Están todos los operarios con equipos de protección personal apropiado para el trabajo que van a realizar					x		
	10	El operario tiene conocimiento de las buenas prácticas de mantenimiento de los equipos que utiliza			x				
		TOTAL	0	1	1	1	0		50.00%

## ENSAMBLE

		CONCEPTO	0	1	2	3	4	COMENTARIOS
CLASIFICAR	1	La clasificación y separación de elementos inadecuados para los CT es parte de los cronogramas laborales		x				
		TOTAL	0	1	0	0	0	25.00%
LIMPIEZA	3	Las fuentes que puedan ocasionar daños a los materiales e insumos están identificadas y hay controles que minimicen el riesgo			x			
	4	Las herramientas se encuentran en lugares señalados y siempre se pueden encontrar fácilmente		x				Se tiene designado un espacio pero no está propiamente señalado
		TOTAL	0	1	1	0	0	37.50%
LIMPIEZA	5	Existe un pasillo libre de materiales y desperdicios por donde el operario puede trasladarse		x				

	6	El puesto de trabajo está libre de desperdicios	x						Esta área está llena de desperdicios y mermas de otras áreas
		TOTAL	1	1	0	0	0		12.50%
ESTANDARIZAR	7	Los operarios son supervisados y capacitados según un plan de capacitaciones		x					No se cuenta con plan de capacitaciones
	8	Las tareas están claramente definidas y los operarios las conocen			x				
		TOTAL	0	1	1	0	0		37.50%
DISCIPLINA	9	La producción sigue una planificación		x					No se tiene una planificación de producción.
		Están todos los operarios con equipos de protección personal apropiado para el trabajo que van a realizar			x				
	10	El operario tiene conocimiento de las buenas prácticas de mantenimiento de los equipos que utiliza			x				
		TOTAL	0	1	2	0	0		41.67%