

**UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA**  
**Facultad de Ingeniería Administrativa e Ingeniería Industrial**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL USO DE MATERIA PRIMA PARA  
MEJORAR EL PROCESO PRODUCTIVO EN PLANTA DE MUELLES – SECCIÓN  
CORTE FASE 1 – INDUSTRIA PERUANA DEL ACERO**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**AUTOR:**

Gutiérrez Ramos, Axell Martin

Para optar el Título Profesional de INGENIERO INDUSTRIAL

Línea de investigación: Optimización de Operaciones y procesos.

**ASESOR:**

Muñoz Muñoz, Ricardo

Chincha Alta, 26 de Febrero del 2020

## **Dedicatoria**

Este presente trabajo, está dedicado a mis Padres, que con su arduo trabajo diariamente, me ofrecieron un futuro por el cual luchar, me inculcaron los valores que hay que tener en la vida para no rendirse ante las adversidades y seguir luchando por nuestros sueños. Es un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores Padres.

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, por la vida dada, por ser un apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres Fernando y Ana, por confiar y creer en mí, por depositar sus sueños en mí, por guiarme por un camino lleno de valores y principios.

## **Resumen**

En el mundo, varias empresas de manufactura, tienen una filosofía de mejoramiento continuo, en donde están enfocados en la mejora de sus procesos para optimizar los costos incurridos en esta y tener una producción más eficiente.

El principal objetivo del siguiente trabajo, es la optimización del uso de materia prima para mejorar el proceso productivo en la planta de muelles, sección corte fase 1. Este proyecto buscar realizar una propuesta de un nuevo método de corte, a fin de optimizar el uso de la materia prima empleada para mejorar el proceso productivo en la planta de muelles sección corte fase 1.

Se llevó a cabo una evaluación de la situación del proceso de corte y el uso de la materia prima, en la que se realizó una clasificación de productos de acuerdo a la demanda en base a un nuevo método de corte.

Palabras clave: producción, optimización, corte, materia prima, método.

## **Abstract**

In the world, several manufacturing companies have a philosophy of continuous improvement, where they are focused on improving their processes for the costs incurred in this and have a more efficient production.

The main objective of the following work, is the optimization of the use of raw material to improve the production process in the dock plant, section cutting phase 1. This project will seek to make a proposal for a new cutting method, an end of optimization the use of the raw material used to improve the production process in the spring section section 1.

An evaluation of the situation of the cutting process and the use of the raw material was carried out, in which a classification of products was made according to the demand based on a new cutting method.

**Keywords:** production, optimization, cutting, raw material, method.

## INDICE GENERAL

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos .....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
INDICE GENERAL .....	v
Introducción .....	1
Capítulo I: Generalidades de la empresa.....	2
1.1 Datos generales .....	3
1.2 Nombre de la empresa.....	3
1.3 Ubicación de la empresa .....	3
1.4 Giro de la empresa.....	4
1.5 Tamaño de la empresa.....	4
1.6 Breve reseña histórica de la empresa .....	4
1.7 Organigrama.....	5
1.8 Misión, visión, políticas. ....	5
1.9 Productos, clientes.....	7
1.10 Premios, Certificaciones.....	8
Capítulo II: El problema de investigación.....	9
2.1 Descripción de la realidad problemática. ....	10
2.2 Formulación del problema .....	22
2.3 Objetivo general y objetivos específicos.....	22
2.4 Delimitación del estudio.....	22
2.5 Justificación e importancia de la investigación.....	23
2.5.1 Justificación práctica.....	23
2.5.2 Justificación económica. ....	23
2.6 Alcance y limitaciones .....	23
2.6.1 Alcances.....	23
2.6.2 Limitaciones.....	24
Capítulo III: Marco Teórico .....	25
3.1 Bases teóricas .....	26
3.1.1 Importancia del Sistema de almacenamiento dinámico en IPASA .....	26
3.1.2 Sistema de Producción.....	27
3.1.3 Recursos de un sistema productivo.....	28
3.1.4 ¿Que es un proceso?.....	30

3.1.5	Lean Manufacturing .....	30
3.1.6	Los 5 ¿por qué? .....	30
3.2	Investigaciones .....	32
3.2.1	Kaizen .....	34
3.3	Marco conceptual .....	35
Capítulo IV:	Metodología .....	36
4.1	Tipo y nivel de investigación .....	37
4.1.1	Tipo de investigación .....	37
4.1.2	Nivel de investigación.....	37
4.1.3	Población y muestra .....	37
4.2	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
4.2.1	Técnicas de recolección de datos .....	37
4.2.2	Instrumentos de recolección de datos .....	38
4.3	Procedimiento de datos .....	41
Capítulo V:	Análisis crítico y planteamiento de alternativas (Alternativas de solución, evaluación de alternativas) .....	42
5.1	Determinación de alternativas de solución.....	43
5.2	Evaluación de alternativas de solución. ....	43
Capítulo VI:	Prueba de Diseño (Desarrollo y justificación de la propuesta elegida).....	45
6.1	Justificación de la propuesta elegida .....	46
6.2	Desarrollo de la propuesta elegida. ....	48
Capítulo VII:	Implementación de la propuesta.....	65
7.1	Propuesta económica de implementación .....	66
7.2	Calendario de actividades y recursos .....	67
Capítulo VIII:	Conclusiones y recomendaciones .....	68
8.1	Conclusiones .....	69
8.2	Recomendaciones.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1:	Ubicación de la empresa .....	3
Figura N° 2:	Organigrama general.....	5
Figura N° 3:	Plano de muelle parabólico .....	8
Figura N° 4:	Plano de muelle convencional .....	8
Figura N° 5:	Etapas del muelle convencional.....	11
Figura N° 6:	Resumen de productos no conformes .....	13

Figura N° 7: Resultados de producción de hojas de acero .....	14
Figura N° 8: Verificación de cantidad de hojas .....	15
Figura N° 9: Punzonado.....	15
Figura N° 10: Diagrama de operaciones de corte .....	16
Figura N° 11: Diagrama de Ishikawa.....	17
Figura N° 12: Orden de corte.....	19
Figura N° 13: Listado de barras a cortar.....	20
Figura N° 14: Hojas defectuosas .....	21
Figura N° 15: Hojas defectuosas II.....	21
Figura N° 16: Almacén dinámico .....	27
Figura N° 17: Recursos de un sistema productivo.....	29
Figura N° 18: Gráfico de preguntas preliminares .....	31
Figura N° 19: Preguntas de fondo.....	31
Figura N° 20: Modelo de Línea de fabricación y ensamble .....	33
Figura N° 21: Estudio de tiempos - Corte de barra en prensa .....	38
Figura N° 22: Tiempo estándar de corte fase 1.....	40
Figura N° 23: Plantilla de combinaciones .....	58
Figura N° 24: Resultados .....	59
Figura N° 25: DOP actual VS. DOP propuesto .....	61
Figura N° 26: Parte diario .....	62
Figura N° 27: Control de scrap diario.....	63
Figura N° 28 Scrap real VS. Teórico .....	64
Figura N° 29: Diagrama gantt.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Ventajas y desventajas .....	46
Tabla N° 2: Puntaje de propuestas .....	47
Tabla N° 3: Puntajes .....	48
Tabla N° 4: Tiempo normal ( R ).....	50
Tabla N° 5 Correlación .....	51
Tabla N° 6 Tiempo normal ( T ) .....	52
Tabla N° 7 Correlación .....	54
Tabla N° 8 Tiempo normal ( P ) .....	55
Tabla N° 9 Correlación .....	56
Tabla N° 10 Costos de implementación .....	66



## **Introducción**

IPASA, es una empresa perteneciente al Grupo Vega, dedicada a la fabricación de muelles de ballesta y muelles parabólicos, para automóviles, camiones, camionetas, etc.

La calidad de sus productos es muy superior a la competencia del mercado, en donde se tiene 86% de participación en el mercado local, gracias a nuestra calidad comprobada.

El proyecto está orientado a optimizar el uso de la materia prima en Corte fase 1 para mejorar el proceso productivo.

Las áreas involucradas son el Dpto. de Control de Materiales, por medio del almacén dinámico (descarga, recepción y distribución) y Planta de Muelles.

Una vez culminado el proyecto, se espera conseguir exitosamente todos los objetivos trazados.

## **Capítulo I: Generalidades de la empresa**

## 1.1 Datos generales

IPASA, es una empresa perteneciente al Grupo Empresarial Vega, que fue fundada en 1952.

IPASA, pertenece al Grupo Empresarial Vega.

El R.U.C de la empresa es: 20107498088

Tipo de Empresa: Sociedad Anónima

Condición: Activo

Nombre comercial: IPASA

Razón Social: Industria Peruana del Acero

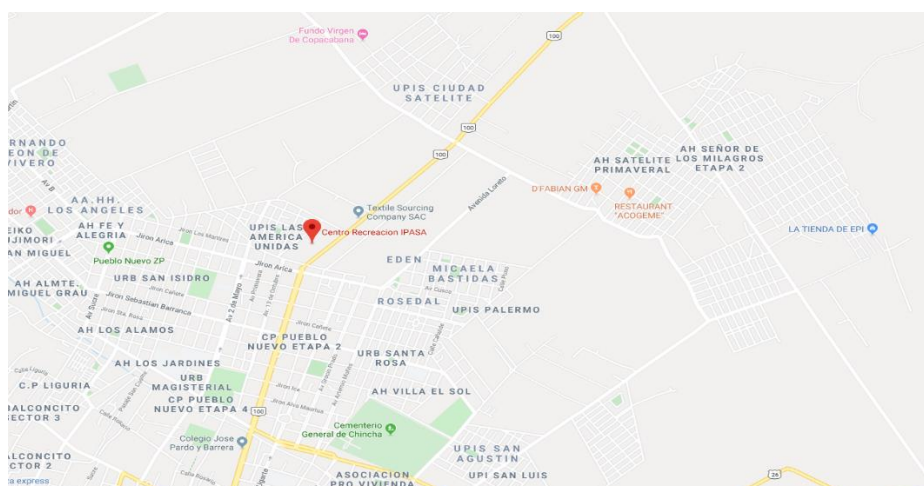
## 1.2 Nombre de la empresa

Industria Peruana del Acero S.A – IPASA

## 1.3 Ubicación de la empresa

Actualmente la Planta Industrial de IPASA, está ubicada en la ciudad de Chincha, al sur de Lima.

Figura N° 1: Ubicación de la empresa



Fuente: Google Maps

#### **1.4 Giro de la empresa**

Su primera y principal actividad industrial es la fabricación de Muelles tipo ballesta y Muelles Parabólicos, del sector Automotriz.

#### **1.5 Tamaño de la empresa**

IPASA, es una mediana empresa con alrededor de 130 trabajadores en total es sus instalaciones, que inició sus actividades el 30 de abril de 1952.

#### **1.6 Breve reseña histórica de la empresa**

Industria Peruana del Acero es una empresa perteneciente al grupo empresarial vega, fundada en el año 1952.

Cuenta con un área total de 60,000 m<sup>2</sup>, ubicada en la ciudad de Chincha, al sur de Lima, donde se producen los muelles de ballesta con tecnología propia y procesa más de 3,500 TM/año de aceros especiales SAE 5160H.

Su primera y principal actividad industrial es la fabricación de muelles de suspensión tipo ballesta y posee un know – how e infraestructura suficiente para la fabricación de bujías de encendido, aros de rueda, alternadores y aros trillex.

Como equipo original, IPASA abasteció por muchos años a las plantas de ensamblaje de vehículos automotrices que operaron en el país y mantiene el liderazgo en el mercado de reposición.

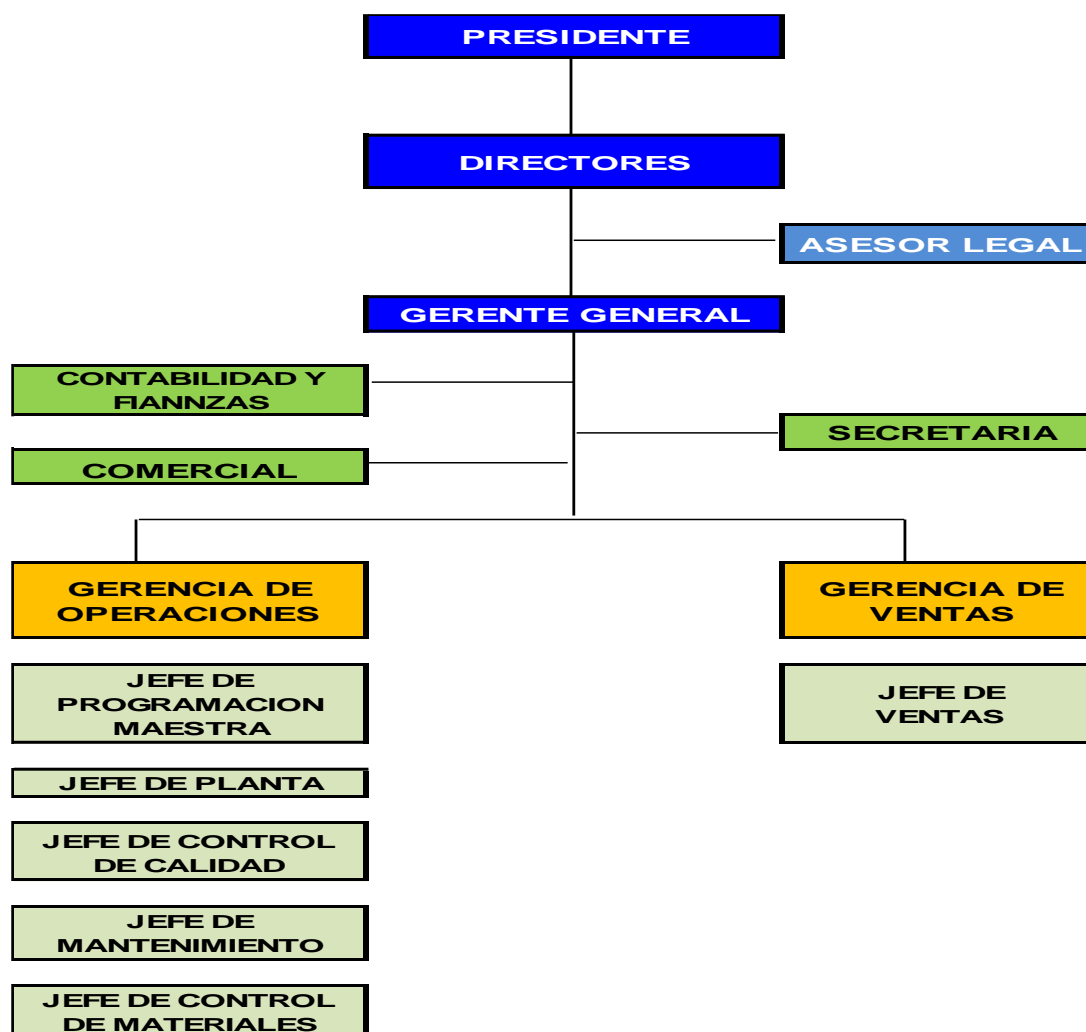
Entre los años 1992 y 1995, a través de un programa de RECONVERSIÓN Industrial, IPASA potenció sus líneas de producción de la Planta de Muelles para incursionar competitivamente en los mercados de exportación de los muelles multihojas.

Hoy en día, acorde a las tendencias del mundo globalizado en los aspectos de suspensión vehicular, IPASA ha invertido e instalado una línea de laminación automática, iniciando con éxito la fabricación de los muelles parabólicos tanto para el mercado local como el de exportación.

Es una empresa certificada con la Norma ISO 9001 versión 2015. La cultura de calidad con la que se producen los muelles ELEFANTE, ha hecho merecedora a nuestra marca en el Perú, de un 86% de participación en el mercado durante más de medio siglo.

## 1.7 Organigrama

Figura N° 2: Organigrama general



Fuente: Elaboración propia

## 1.8 Misión, visión, políticas.

### Misión

Mantener el Liderazgo del negocio de autopartes en Perú, proyectando estratégicamente este liderazgo hacia otros países para asegurar el éxito económico y la continuidad de cada una de nuestras empresas.

Para cumplir esta misión nosotros reconocemos que el objetivo central de nuestras empresas es ganar y mantener la lealtad de nuestros clientes y que el medio más eficaz de lograrlo es ganando y manteniendo la lealtad de nuestros trabajadores.

Porque solo a través de lealtades recíprocas, simultáneamente ganadas y mantenidas de clientes y trabajadores, será posible que nuestras empresas entreguen al mercado bienes y servicios de calidad superior uniforme, creando valor para clientes, trabajadores y accionistas.

### **Visión**

Crecimiento sostenido en los mercados de exportación, fomentando Alianzas estratégicas en comercialización y/o producción.

Liderazgo en nuestras empresas que operan en el mercado local, soportado en: tecnología y en una relación prestación/precio siempre favorable para nuestros clientes.

### **Políticas de Calidad**

Cliente satisfecho: Asegurar que los productos que la empresa manufactura y comercializa para sus clientes y consumidores satisfagan todas las necesidades de los mismos y sus expectativas de calidad.

### **Indicadores de gestión**

Buscamos maximizar el valor de nuestros productos, esforzándonos para lograr la ausencia de deficiencias, estableciendo para tal fin indicadores y objetivos de calidad adecuados a nuestros procesos para la toma de decisiones. Mejoramiento continuo: En consecuencia, nuestro objetivo es prevenir defectos y mantener acciones correctivas, analizando y evaluando la información resultante del Sistema de Gestión de Calidad, con la finalidad permanente de identificar necesidades y oportunidades de mejora continua.

## **Participación del personal**

Para lograr este propósito, contamos con profesionales a todo nivel, altamente calificados y comprometido a contribuir solidariamente con su esfuerzo al logro de los objetivos de calidad en la organización.

### **1.9 Productos, clientes.**

Existen básicamente dos tipos de ballestas o Muelles que pueden ser usados en los vehículos: las ballestas de hojas múltiples, que son las más comúnmente usadas y las ballestas parabólicas.

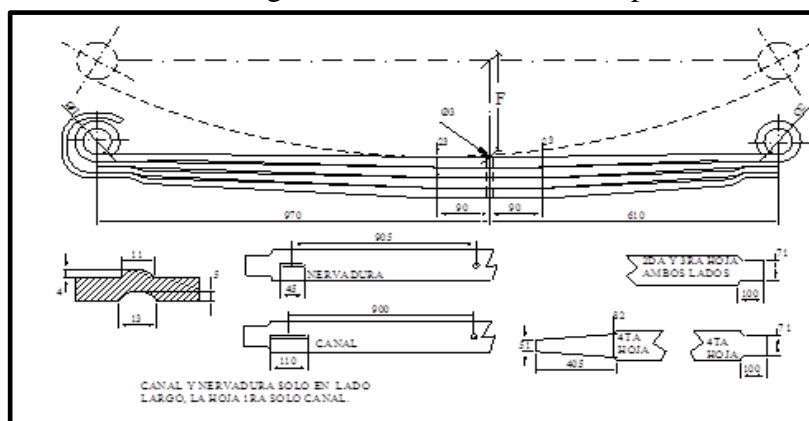
Los muelles de hojas múltiples normalmente tienen 5 a más hojas de espesor constante y cuya longitud se va acortando progresivamente en el resorte dándole al resorte su característica de flexibilidad.

En los muelles parabólicos se utilizan de 1 a 4 hojas de espesor variable y con una menor variación en la longitud de las mismas.

Entre los clientes tenemos tanto para Mercado Local (reposición) y mercado de Exportación, y entre nuestros clientes se encuentran los países de Bolivia, Ecuador y Colombia.

## MUELLES PARABÓLICOS

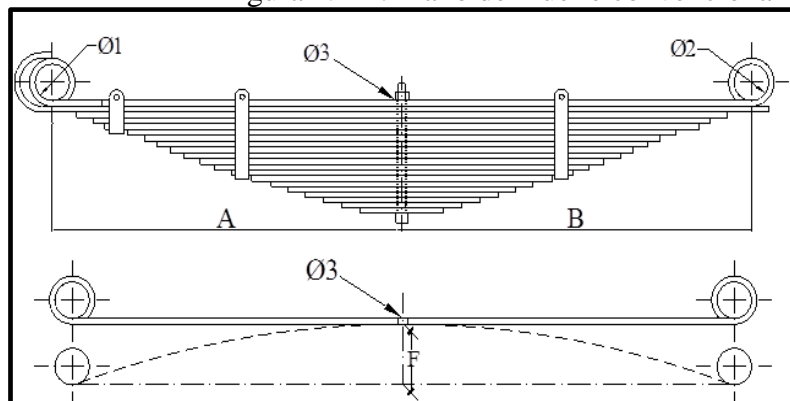
Figura N° 3: Plano de muelle parabólico



Fuente: Planta de muelles

## MUELLES MULTIHOJAS

Figura N° 4: Plano de muelle convencional



Fuente: Planta de muelles

### 1.10 Premios, Certificaciones.

Actualmente la empresa Industria Peruana del Acero S.A. cuenta con la certificación ISO 9001 versión 2015.



## **Capítulo II: El problema de investigación**

## 2.1 Descripción de la realidad problemática.

Según Pepper (2011): “la gestión por procesos de una manera de gestionar que tiene por objetivo el análisis periódico de la forma en que se realizan las actividades y procesos en una organización, en la búsqueda de un mejoramiento u optimización continua de los resultados que se obtienen como producto de dicha gestión, todo ellos sin perder de vista que ese producto o resultado tiene como objetivo central el de satisfacer las expectativas y necesidades de un usuario. Estos constituyen los elementos para llegar al punto central, que es cómo mejorar la gestión”.

Actualmente, con el avance de las tecnologías en el sector automotriz, los nuevos vehículos de carga están siendo modificados en su Sistema de suspensión, reemplazando los muelles hiperbólicos (multihojas) por muelles parabólicos.

En el Perú, nuestros más cercanos competidores son los muelles colombianos con la marca Hércules, seguido de los muelles brasileños con la marca AESA, ambas empresas con producción de muelles convencionales y que actualmente ya han introducido sus muelles parabólicos en su mercado, encontrándose en vías de expansión hacia otros mercados.

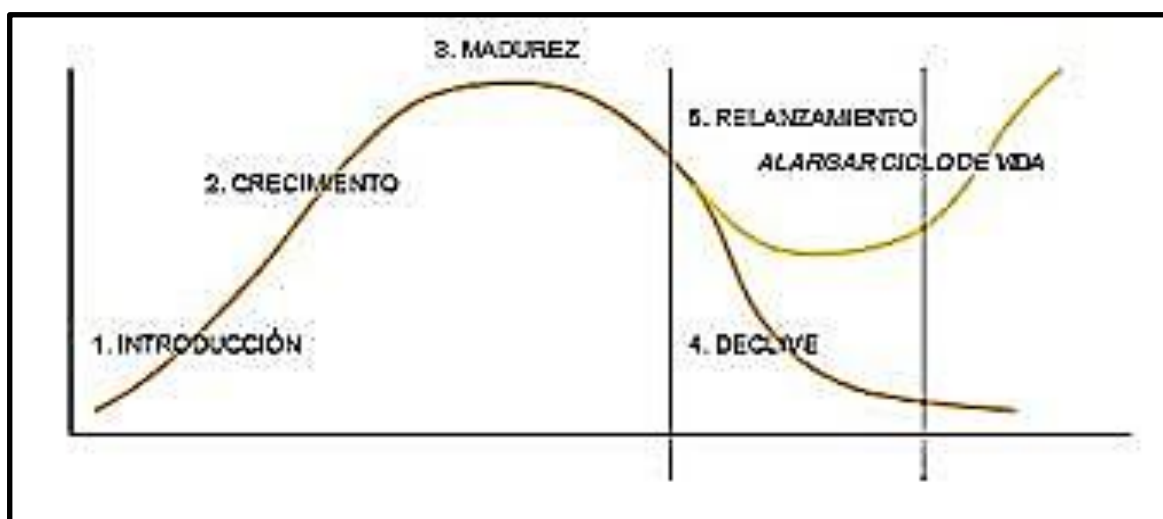
En Perú siempre ha sido un mercado muy codiciado por ambas empresas, pero la marca ELEFANTE, se ha mantenido firme en su posicionamiento local. Sin embargo, con el crecimiento del mercado de muelles parabólicos en nuestro país, dichas marcas están introduciendo cada vez más su producto.

Dado que el ciclo de vida del producto de muelles multihojas o convencional ya llegó a su madurez, IPASA tiene que mantener la calidad en este nuevo producto que ha empezado a fabricar para seguir manteniendo el posicionamiento de muelles para el sector automotriz en el Perú.

Entonces, esto nos lleva a la importancia significativa por los recursos que actualmente estamos usando, para seguir manteniendo el posicionamiento de muelles para el sector automotriz en el Perú.

Debido a que el muelle convencional ya llegó a la etapa de madurez, estamos en la obligación de optimizar los recursos utilizados para así seguir poder manteniéndonos líderes del mercado, sin bajar la calidad de nuestros productos.

Figura N° 5: Etapas del muelle convencional



Fuente: Planta de muelles

Es así que en Ipassa Planta de Mueles – sección corte, se vio la necesidad de utilizar de una manera más eficiente la materia prima (barras de acero), que conlleva a una producción más eficaz, reduciendo tanto los niveles de materia prima utilizada, scrap, retazos.

Actualmente en Planta de Muelles - Sección Corte Fase 1, no se cuenta con un control de los operarios (cortadores), a la hora de cortar los desarrollos de las barras de acero, dejando al operario en total libertad, originando un consumo no controlado y por lo tanto desmedido de la materia prima, lo que implica que los costos se eleven en el proceso, ya que los operarios cortan los desarrollos a su criterio, pudiendo cometer errores de cálculo involuntarios, lo que ocasiona:

**Mayor consumo de materia prima:** Al dejar al operario actuar a su propio juicio en el corte de barras, se es propenso a que el trabajador cometa un error de cálculo lo que ocasionara un mayor consumo de materia prima.

**Tiempo de corte:** Al usar mayores cantidades de barras de acero por errores involuntarios, el tiempo de corte se prolongará, perjudicando los procesos posteriores.

**Retazos y Scrap (merma):** Al usar mayor cantidad de barras de acero, la cantidad de piezas de retazos y del scrap aumentarán por defecto, produciéndose un elevado nivel de scrap y retazos que perjudican directamente al almacén de materia prima, en donde se guardan los retazos.

**Incumplimiento de pedido:** A mayor consumo de materia prima, mayor demora en el corte de las barras, lo que trae consigo un incumplimiento, trayendo como consecuencias, reprogramaciones en los siguientes productos a procesar.

Todo esto implica un retraso en la producción de los productos derivados de las barras acero, incumpliendo con las fechas de entrega estimada pactadas por los clientes internos y externos.

También tenemos que, al no llevar un correcto control del principal insumo de la Fábrica, no podemos controlar su consumo, para así poder mitigar el desperdicio de este.

Figura N° 6: Resumen de productos no conformes

AÑO	REPROCESOS DE PROCESO				RECHAZADOS			
	Cant.	%	Peso (tn)	%	Cant.	%	Peso (tn)	%
ENERO	92	0.21%	1.535	0.51%	40	0.09%	0.861	0.29%
FEBRERO	0	0.00%	0.000	0.00%	19	0.06%	0.269	0.11%
MARZO	364	0.80%	2.456	0.78%	21	0.05%	0.159	0.05%
ABRIL	11	0.03%	0.323	0.14%	31	0.08%	0.366	0.16%
MAYO	2	0.00%	0.054	0.02%	40	0.09%	0.336	0.11%
JUNIO	0	0.00%	0.000	0.00%	18	0.04%	0.140	0.04%
JULIO	0	0.00%	0.000	0.00%	6	0.01%	0.080	0.02%
AGOSTO	0	0.00%	0.000	0.00%	9	0.02%	0.065	0.02%
SETIEMBRE	0	0.00%	0.000	0.00%	12	0.03%	0.309	0.10%
OCTUBRE	6	0.01%	0.104	0.03%	8	0.02%	0.089	0.03%
NOVIEMBRE	0	0.00%	0.000	0.00%	9	0.02%	0.124	0.04%
DICIEMBRE	0	0.00%	0.000	0.00%	5	0.01%	0.076	0.03%
<b>TOTAL</b>	<b>475</b>	<b>0.09%</b>	<b>4.471</b>	<b>0.12%</b>	<b>218</b>	<b>0.04%</b>	<b>2.875</b>	<b>0.08%</b>

Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar en el gráfico de control, entre los meses de enero a diciembre, tenemos un total de 218 hojas rechazados que representa el 0.04% del total de hojas producidas, ya sea por un defecto en algún proceso posterior o defecto del corte de barra, lo que suma un total de 2,875.00 kg, que es 0.08% de la producción neta entre los meses mencionados.

En la sección de corte fase 1, se realizan 3 operaciones fundamentales:

- **Corte de barras:** Consiste en cortar las barras de acero de acuerdo a las especificaciones del producto y de acuerdo al material.
- **Punzonado de hojas de barra:** Se perfora un hueco de diámetro 'n', que es de acuerdo a las especificaciones del producto, el hueco puede ser central, a un extremo de la hoja o en ambos extremos.

- **Colocación de hojas en carreta:** Es la puesta de las hojas de acero en las carretas para que puedan ser distribuidas a su siguiente proceso en corte fase 2. Las hojas deben ser puestas correctamente para que el montacargas las pueda trasladar.

Acá vemos un estudio de la producción del año 2018 (tabla 1.1), se puede observar que el consumo de barras de acero es variable, pero mantiene una media de 317,708 TN aproximadamente, que es lo que se necesita para abastecer al mercado local, pero utilizando demasiados recursos, vemos que hay un desperdicio en el consumo, por error involuntario de los cortadores y el mal funcionamiento del sistema (no se utiliza).

Figura N° 7: Resultados de producción de hojas de acero

	<b>Consumo mensual de acero Kg.</b>	<b>Desperdicio Kg.</b>
<b>Enero</b>	<b>376,350.00</b>	<b>1,900.00</b>
<b>Febrero</b>	<b>269,630.00</b>	<b>2,100.00</b>
<b>marzo</b>	<b>268,720.00</b>	<b>1,560.00</b>
<b>abril</b>	<b>249,770.00</b>	<b>2,400.00</b>
<b>mayo</b>	<b>275,790.00</b>	<b>1,760.00</b>
<b>junio</b>	<b>367,780.00</b>	<b>1,560.00</b>
<b>julio</b>	<b>352,260.00</b>	<b>1,650.00</b>
<b>agosto</b>	<b>411,220.00</b>	<b>2,400.00</b>
<b>septiembre</b>	<b>304,350.00</b>	<b>1,780.00</b>
<b>octubre</b>	<b>279,800.00</b>	<b>1,980.00</b>
<b>noviembre</b>	<b>413,790.00</b>	<b>1,870.00</b>
<b>diciembre</b>	<b>243,040.00</b>	<b>1,320.00</b>
<b>Total</b>	<b>3,812,500.00</b>	<b>22,280.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 8: Verificación de cantidad de hojas



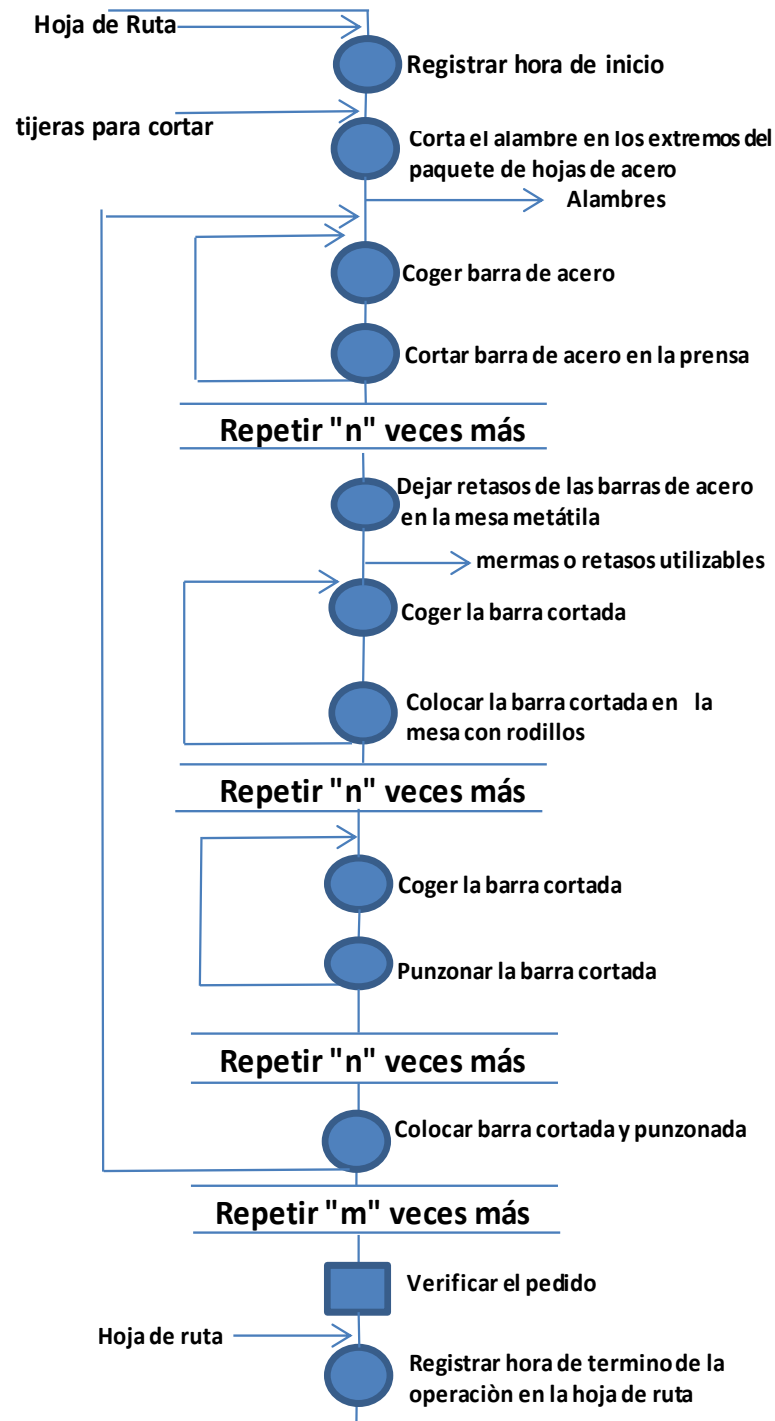
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 9: Punzonado



Fuente: Elaboración propia

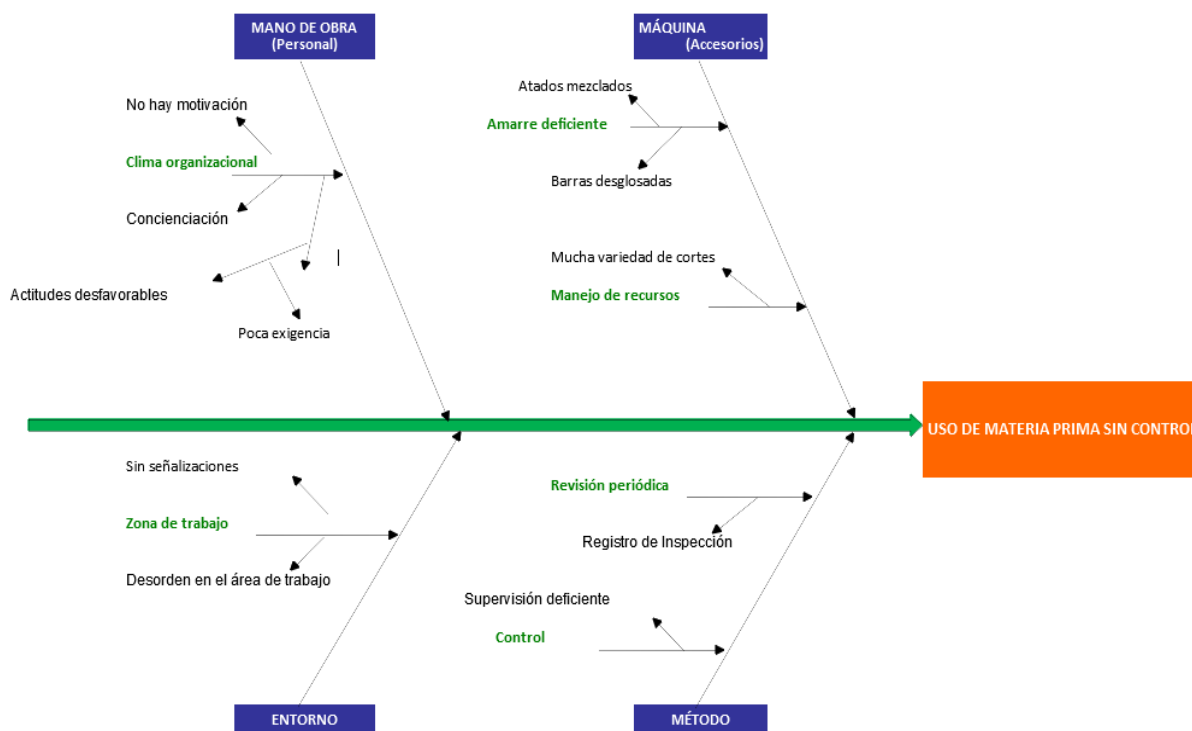
Figura N° 10: Diagrama de operaciones de corte  
**DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL ÁREA DE CORTE**  
 Paquetes de barras de acero



Fuente: Elaboración propia



Figura N° 11: Diagrama de Ishikawa



De acuerdo a nuestro gráfico Ishikawa, tenemos una variedad de inconvenientes o deficiencias que tenemos que mejorar para poder optimizar nuestro proceso y así mejorar nuestro proceso productivo.

Tenemos deficiencias como:

**Variedad de cortes:** En Ipasa, contamos con 3 líneas de corte, en las cuales la variedad de cortes de hojas, en términos de longitudes y espesor, son demasiado variables, los cuales necesitan que el trabajador se concentre demasiado y haga sus cálculos propios para poder cortar las hojas, ya que, de una barra de acero, salen varios productos diferentes, lo que hace que los operarios cometan muchos errores al momento de hacer los cálculos de los diferentes cortes, lo que hace que consuman más barras de lo normal, o se corten más piezas de lo requerido.

**Desorden en el área de trabajo:** Otro problema de los trabajadores de la sección de corte, es que son personas desordenadas, dejan las herramientas, retazos, en el suelo, pudiendo ocasionar algún accidente para ellos mismos.

**No hay motivación:** Uno de los problemas más comunes en los trabajadores de la sección de corte, es que no están motivados, solo hacen su trabajo por obligación, ya que tienen disputas con los trabajadores de las otras secciones por el tema de los sueldos y porque según los trabajadores no hacen nada lo que origina ambiente laboral desfavorable.

**Supervisión deficiente:** Corte fase 1, al ser la sección donde inicia todo el proceso de producción, se le debería de dar un seguimiento mayor, pero esto no es así, ya que los cortadores no tienen un control por parte de los supervisores, pueden estar más de 1 hora sin trabajar, yendo a los baños y no se les llama la atención, lo cual causa un retraso importante en la producción.

Dicho esto, por los motivos anteriormente mencionados, se busca optimizar el uso de la materia prima, ya que el consumo descontrolado de la materia prima, genera costos adicionales, tanto para cortar una cierta cantidad usando un determinado número de barras, o cortando más de lo requerido, ya que estos necesitan pasar por los siguientes procesos y luego ser guardados en el almacén lo que ocasiona gastos de almacenaje.

Al optimizar el uso de la materia prima, y tener un correcto control de su uso, vamos a tener controlado el proceso, evitando el uso incorrecto de la materia prima, disminuyendo los retazos y las mermas de los metales, así como también reduciendo importantemente los errores causados por los operarios, a través del nuevo método de combinaciones.

Figura N° 12: Orden de corte

Fecha : 19/12/19 (08:30)  
IPASA

ORDEN DE CORTE N° 1444/2019 (CPE-01)

FABRICACIÓN ESPECIAL DICIEMBRE

Página : 1  
Compañía : 001

Orden/Artículo Fabr.	Descripción del componente	Descripción MP 	Cant	Peso (Kilos)	Longitud Corte	Longitud "A"	Longitud "B"	Agujero Central	Punta "A"	Punta "B"	Longitud Total (MM)
477552 63201B	HOJA 01 VOLVO CAMION AUX	BARRA 100MM X 10MM X	10	111,030	1450			15/H. CENTRAL	PC.		1450
Sub Total			10	111,030							
477550 530701A	HOJA 01 INTERNATIONAL BUS POST	BARRA 100MM X 13MM X	5	82,500	1679 789		1890	13 OB. 46	OB. 46		1679
477551 530702A	HOJA 02 INTERNATIONAL BUS POST	BARRA 100MM X 13MM X	5	80,000	1682 846		1836	13x19 PCCLD-B/E	PCCLD-B/M		1682
Sub Total			10	162,500							
477533 987701A	HOJA 01 FORD CAMIONETA POST	BARRA 3" X 0.401" X	6	60,900	1747 932		1815	1840 (2HUB) OB. 31.75	OB. 41.28		1747
477544 522901A	HOJA 01 INTERNATIONAL OMNIBUS	BARRA 3" X 0.401" X	10	92,000	1568 784		1784	11.5 OB. 46	OB. 46		1568
477545 522902A	HOJA 02 INTERNATIONAL OMNIBUS	BARRA 3" X 0.401" X	10	86,000	1522 817		1705	11.5x18 PCCLD-B/E	PCCLD-B/M		1522
477546 522902E	HOJA 02 INTERNATIONAL OMNIBUS	BARRA 3" X 0.401" X	10	86,000	1440 720		1720	11.5x18 PCD-B/M	PCD-B/M		1440
Sub Total			36	324,900							
477547 522701B	HOJA 01 INTERNATIONAL CAMION P	BARRA 3" X 0.447" X	10	106,000	1650 825		1825	11.15 32" OB. 35	OB. 35		1650
Sub Total			10	106,000							
477531 561801B	HOJA 01 VOLVO CAMION POST	BARRA 3" X 0.500" X	5	70,000	1920 970		1950	13 OB. 44, 45	PC.		1920
477534 633504A	HOJA 04 VOLKSWAGEN CAMION POST	BARRA 3" X 0.500" X	10	126,000	1700 850		1850	7 3 PC.	PC.		1700
Sub Total			15	196,000							

INDUSTRIA PERUANA DEL ACERO S.A.  
ING. CENSORES RAMON CARRERA  
JEFE DE PLANTA DE MUELLES

FP-7.05.001.001  
2002/11/04 ED.1

Fuente de elaboración: Propia

Figura N° 13: Listado de barras a cortar

LISTADO DIARIO DE BARRAS A CORTAR							Fecha: 27/11/2019	
<b>CPE-1</b>								
Material	O	O.Corte	Mercado	O.Pedido	Cant.	Peso	Total Kg	Cd
100x12	1	1371	Exp. Iqram	6848	190	3,167.500		
100x10	2	1371	Exp. Iqram	6848	10	89.000	Por Cortar Solo Saldo	
		1414	Exp. Ssaci	6852	10	84.000		
70x10	3	1399	Exp. Emmanuel	6849	60	405.700		
70x11	4	1399	Exp. Emmanuel	6849	60	418.000		
70x13	5	1411	Exp. Gabriela	6842	70	440.825		
		1413	Exp. Ssaci	6852	70	548.030		
76x12	6	1414	Exp. Ssaci	6852	10	83.330		
80x11	7	1414	Exp. Ssaci	6852	35	388.90		
90x12	8	1414	Exp. Ssaci	6852	15	147.600		
90x13	9	1370	Exp. Iqram	6848	30	505.000		
3x401	10	1413	Exp. Ssaci	6852	10	74.800		
<b>CPE-2</b>								
Material	O	O.Corte	Mercado	O.Pedido	Cant.	Peso	Total Kg	Cd
60x8	1	1368	Exp. Iqram	6848	20	105.000		
		1398	Exp. Emmanuel	6849	70	381.500		
		1408	Exp. Gabriela	6842	650	3,143.480	Por Cortar Solo Saldo	
		1416	Exp. Ssaci	6852	625	2,968.105	Por Cortar Solo Saldo	
		1419	Especiales		6	28.620		
60x7	2	1398	Exp. Emmanuel	6849	40	172.800		
		1408	Exp. Gabriela	6842	380	1,549.920		
		1416	Exp. Ssaci	6852	395	1,622.400		
		1419	Especiales		30	120.000		
60x6	3	1408	Exp. Gabriela	6842	40	140.270		
60x9	4	1416	Exp. Ssaci	6852	20	128.000		
50x6	5	1407	Exp. Gabriela	6842	55	148.100		
		1415	Exp. Ssaci	6852	10	29.000		
		1419	Especiales		50	92.500		
50x7	6	1407	Exp. Gabriela	6842	295	982.150		
		1415	Exp. Ssaci	6852	455	1,633.980		
		1419	Especiales		50	92.500		
50x8	7	1419	Especiales		320	505.600		
70x6	8	1409	Exp. Gabriela	6842	55	226.110		
		1417	Exp. Ssaci	6852	90	295.040		
70x7	9	1409	Exp. Gabriela	6842	950	4,188.800		
		1417	Exp. Ssaci	6852	150	646.800		
70x8	10	1410	Exp. Gabriela	6842	360	2,245.600	Por Cortar Solo Saldo	
		1417	Exp. Ssaci	6852	20	128.600		
70x9	11	1410	Exp. Gabriela	6842	35	218.600		
		1417	Exp. Ssaci	6852	65	420.655		
		1419	Especiales		5	32.800		
21/2x262	12	1415	Exp. Ssaci	6852	120	424.510		
21/2x291	13	1407	Exp. Gabriela	6842	40	203.440		
		1415	Exp. Ssaci	6852	80	406.880		
21/2x323	14	1398	Exp. Emmanuel	6849	20	113.300		
		1407	Exp. Gabriela	6842	10	56.650		
		1415	Exp. Ssaci	6852	20	111.960		
		1424	Especiales		6	42.000		
21/2x401	15	1398	Exp. Emmanuel	6849	40	295.250		
		1407	Exp. Gabriela	6842	10	67.500		
		1415	Exp. Ssaci	6852	150	887.815		
3x360	16	1407	Exp. Gabriela	6842	10	56.800		
60x13	17	1409	Exp. Gabriela	6842	50	194.000		
		1416	Exp. Ssaci	6852	90	379.380		

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 14: Hojas defectuosas



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 15: Hojas defectuosas II



Fuente: Elaboración propia

## **2.2 Formulación del problema**

### **Problema General**

¿La optimización del uso de materia prima mejorará el proceso productivo en planta de muelles – sección corte fase 1 – Industria Peruana del Acero?

### **Problemas Específicos**

¿En qué medida se reducen los costos de producción con la optimización del uso de la materia prima?

¿En qué medida se reducirá el desperdicio y los retazos de acero en el proceso, en la sección de corte fase 1, con la optimización del uso de la materia prima?

## **2.3 Objetivo general y objetivos específicos**

### **Objetivo General**

Determinar si la optimización del uso de materia prima, mejorará el proceso productivo en planta de muelles, sección corte fase 1, en IPASA.

### **Objetivos Específicos**

Establecer en que medida se reducen los costos de producción con la optimización del uso de la materia prima.

Establecer en que medida se reducen el desperdicio y los retazos producidos en la sección de corte fase 1, con la optimización del uso de la materia prima.

## **2.4 Delimitación del estudio**

IPASA – Planta de Muelles – Sección Corte Fase 1.

El estudio tuvo lugar durante año 2018 y 2019, entre los meses de noviembre y abril.

## **2.5 Justificación e importancia de la investigación**

Actualmente nuestro competidor más cercano, que son los muelles de marca Hércules, seguido de los muelles brasileños con la marca AESA, esto nos lleva a seguir una Política de mejora continua, para seguir posicionados en el mercado.

### **2.5.1 Justificación práctica**

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de optimizar el proceso y tener un control del proceso productivo de corte de materia prima (barras de acero), de la sección corte fase 1, optimizando el uso de la materia prima usada, para así poder contribuir con la mejora continua de la empresa, analizando y aplicando algunos principios de Lean Manufacturing.

### **2.5.2 Justificación económica.**

Con el presente trabajo podremos identificar los desperdicios del área en estudio, lo cual permitirá reducir los costes en el área de producción y, por ende, aumentar la rentabilidad del área.

## **2.6 Alcance y limitaciones**

### **2.6.1 Alcances**

El presente análisis y propuesta de mejora, estará enfocada expresamente en la empresa Industria Peruana del Acero – Planta de Muelles – Sección corte Fase 1, ubicada en la avenida Manuel F. Vega Bogardus N° 151 – Ica – Chincha y tomará como base del estudio, la política de mejora continua de la empresa, para reducir los costos de producción y el mejoramiento de los procesos productivos.

El estudio tuvo lugar en los años 2018 y 2019, entre los meses de noviembre y abril.

### **2.6.2 Limitaciones**

La predisposición de los operarios, para ayudar al mejoramiento continuo de la empresa, ya

que se encuentran muy arraigados en su rutina, siendo personas de edad.

No se cuentan con estudios de tiempos e indicadores de seguimientos.



### **Capítulo III: Marco Teórico**

En el presente capítulo trataremos temas como la importancia de un almacén dinámico para el mejoramiento del proceso productivo, tales como la velocidad en el despacho de materia prima para hacer el proceso más rápido.

También trataremos el tema de la optimización de procesos productivos, este es muy importante ya que se utilizan una serie de técnicas en donde ayudan a que el proceso productivo sea más eficiente.

La alta gerencia de IPASA, esta de acuerdo con que este proceso debe ser más rápido, ya que esto influye directamente en la producción neta y el cumplimiento de los objetivos de calidad y de despacho.

### **3.1 Bases teóricas**

#### **3.1.1 Importancia del Sistema de almacenamiento dinámico en IPASA**

El sistema de almacenamiento dinámico es el más utilizado para unidades de rotación perfecta, puesto que su gestión de carga cumple perfectamente con cualquier criterio de entrada y salida.

Este contribuye enormemente a mejorar la rapidez de producción, ya que depende de ellos que la materia prima, sea puesta en los caballetes a los operarios para comenzar con la operación de corte.

Las ventajas del sistema de almacenamiento dinámico pueden ser:

- Perfecta rotación de los productos aplicando el sistema FIFO
- Máxima capacidad al ser un sistema de almacenaje compacto
- Ahorro de tiempo en la extracción de la materia prima.
- Fácil localización de cualquier producto, lo que optimiza el tiempo de proceso.
- Excelente control de stock.
- Fácil acceso al tener todas las referencias disponibles en un mismo pasillo.

Figura N° 16: Almacén dinámico



Fuente: Elaboración propia

Para el almacén dinámico se tiene en cuenta las especificaciones de los materiales mas usados, para que estén más cerca de las maquinas al momento de transportarlas y así contribuir con la rapidez del proceso.

Una demora del almacén dinámico repercute directamente en la producción programada del día, por eso es muy importante la distribución de planta y del almacén dinámico, a fin de recortar la distancia a la mínima posible.

### **3.1.2 Sistema de Producción**

El área productiva o de fabricación es el proceso de mayor generación de valor agregado en cualquier organización. Los sistemas productivos han sido el eje de los procesos de desarrollo de las empresas de manufactura e industria alrededor del mundo. Hoy por hoy, suele subestimarse el alcance de los sistemas productivos en el proceso de obtener una

ventaja competitiva, dado a que distintos factores y prácticas de vanguardia como la innovación, la optimización de los flujos logísticos y la implementación de nuevos sistemas de información están dando resultados muy positivos.

No obstante, los sistemas de producción son totalmente susceptibles de ser optimizados en materia de innovación, flexibilidad, calidad y costo, además de ser integrados a funciones tan importantes como la participación en el diseño y el mejoramiento continuo del producto, lo cual es totalmente compatible con las nuevas tendencias de orientar las organizaciones hacia un cliente mucho más exigente.

El desarrollo de los sistemas de producción está estrechamente ligado con el desarrollo de la ingeniería industrial misma, y se encuentran históricamente en la evolución de los sistemas productivos de una producción artesanal (El más alto nivel de calidad y que representaba altos costos operativos) a una producción seriada (a causa de la segunda guerra mundial), en la cual primaba la fabricación repetitiva y de altos volúmenes, desde entonces la producción se ha convertido en el área más disciplinar de esta ingeniería y su desarrollo moderno redundo en los más afamados y eficientes sistemas productivos de la actualidad que permiten la implementación de flujos continuos de fabricación e incluso de la personalización masificada.

### **3.1.3 Recursos de un sistema productivo**

Los sistemas productivos cuentan con la participación de múltiples actores, todos ellos sin importar la naturaleza de las organizaciones a las que pertenezcan son susceptibles de la toma de decisiones en aras de aumentar la eficiencia de los procesos, por ende la productividad depende de la optimización de los mismos, lógicamente dependiendo del contexto competitivo de las organizaciones.

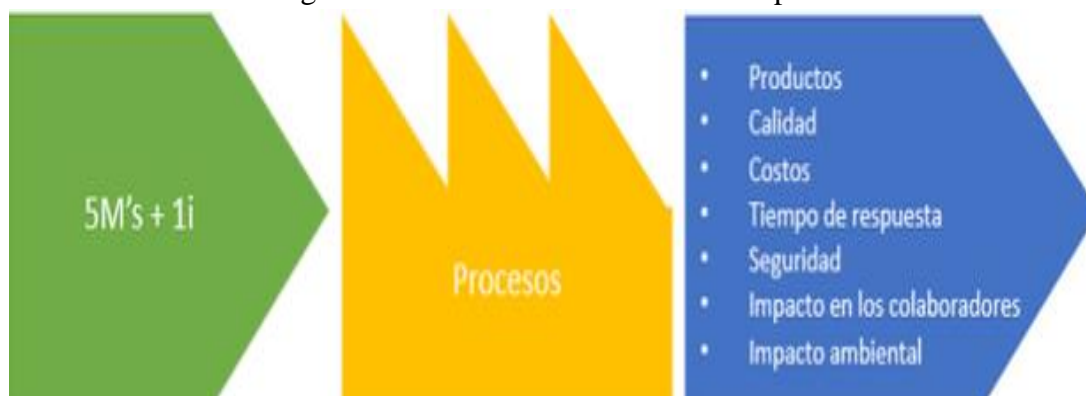
En todo sistema productivo se cuenta con una serie de insumos (inputs), estos podemos definirlos como los 5M's + 1i:

- Materiales
- Máquinas
- Mano de obra
- Métodos
- Medio ambiente
- Información

Dichos insumos entran en el sistema, convergen en procesos definidos y se transforman en productos o servicios. Sin embargo, las salidas del sistema, pueden trascender el producto terminado, y en esos términos, forman parte de las salidas del sistema:

- Productos / Servicios
- Calidad
- Costos
- Tiempos de respuesta
- Seguridad
- Impacto en los colaboradores
- Impacto en el medio ambiente

Figura N° 17: Recursos de un sistema productivo



Fuente: Ingeniería industrial online

### **3.1.4 ¿Que es un proceso?**

Según Maldonado (2018), “Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, a partir de una o varias entradas de materiales o información, dan lugar a una o varias salidas también de materiales o información con valor añadido. Los procesos deben estar correctamente gestionados empleando diferentes herramientas.

En IPASA, usamos un sistema de producción JOB SHOP, que es un tipo de proceso de fabricación que se caracteriza básicamente en que sus tareas no necesariamente pasan a través de todos sus procesos en el mismo orden, es decir que sus productos tienen una relación de procesos y secuencias particulares.

### **3.1.5 Lean Manufacturing**

Según Hernández y Vizán (2013), “Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define a forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de desperdicios que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.”

### **3.1.6 Los 5 ¿por qué?**

La técnica de los 5 Porqué es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 Porqué es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota Production System (TPS). Esta técnica se usa actualmente en muchos ámbitos, y también se utiliza dentro de Six Sigma.

Figura N° 18: Gráfico de preguntas preliminares

Según	Preguntas Preliminares: EXAMINAR	Objeto
El propósito de la actividad	1. ¿Qué se hace? 2. ¿Por qué se hace?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
El lugar donde se ejecuta	5. ¿Dónde lo hace? 6. ¿Por qué lo hace en ese lugar?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	9. ¿Cuándo se hace? 10. ¿Por qué se hace en ese momento?	
La persona que la realiza	13. ¿Quién lo hace? 14. ¿Por qué lo hace esa persona?	
Los medios utilizados	17. ¿Cómo se hace? 18. ¿Por qué se hace de ese modo?	Simplificar el trabajo

Fuente: Ingeniería Industrial Online

Figura N° 19: Preguntas de fondo

Según	Preguntas de Fondo: IDEAR	Objeto
El propósito de la actividad	3. ¿Qué podría hacerse? 4. ¿Qué debería hacerse?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
El lugar donde se ejecuta	7. ¿Dónde podría hacerse? 8. ¿Dónde debería hacerse?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	11. ¿Cuándo podría hacerse? 12. ¿Cuándo debería hacerse?	
La persona que la realiza	15. ¿Quién podría hacerlo? 16. ¿Quién debería hacerlo?	
Los medios utilizados	19. ¿Cómo podría hacerse? 20. ¿Cómo debería hacerse?	Simplificar el trabajo

Fuente: Ingeniería Industrial Online

### **3.2 Investigaciones**

Según Ortiz (2005) Optimización del manejo y control de la materia en la empresa Papelera Internacional S.A. (Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, lo más importante y resaltante del proyecto es:

#### **Producción más limpia**

Toda empresa que quiere seguir o competir en este mundo globalizado, requiere de constantes mejoras, por ellos es necesario aplicar sino todos, algunos principios referentes a una producción más limpia o Lean.

Por lo que se debe garantizar la eficiencia en el uso de la materia prima, optimizándola y aplicando controles para ordenar y recuperar toda la materia prima que iba a ser un desperdicio.

También tenemos que la materia prima debe de estar ordenada de tal forma, que su desplazamiento sea rápido y manipulable, tanto para el almacenero, como para el operario que procesa esa materia prima y con ello tener un área más limpia, ordenada y segura.

Debemos de limitar las posibilidades de fallas de equipos y accesorios, o darle solución inmediata cuando estos ocurran por medio del departamento de mantenimiento, lo cual también debe de dar un mantenimiento preventivo y correctivo.

A continuación, se describirán algunos de los programas de mejora de procesos a nivel mundial:

#### **Balanceo de línea**

El balance o balanceo de línea es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.



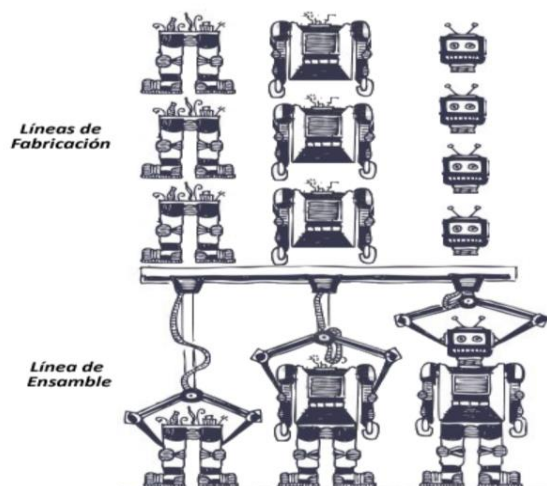
El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

Establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones. Tales condiciones son:

**Cantidad:** El volumen o cantidad de la producción debe ser suficiente para cubrir la preparación de una línea. Es decir, que debe considerarse el costo de preparación de la línea y el ahorro que ella tendría aplicado al volumen proyectado de la producción (teniendo en cuenta la duración que tendrá el proceso).

**Continuidad:** Deben tomarse medidas de gestión que permitan asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, insumos, piezas y sub-ensambles. Así como coordinar la estrategia de mantenimiento que minimice las fallas en los equipos involucrados en el proceso.

Figura N° 20: Modelo de Línea de fabricación y ensamble



Fuente: Ingeniería Industrial Online

### **3.2.1 Kaizen**

Según Masaaki Imai (1986), “mejoramiento continuo, pero mejoramiento todos los días, a cada momento, realizado por todos los empleados de la organización, en cualquier lugar de la empresa. Y que va de pequeñas mejoras incrementales a innovaciones drásticas y radicales.”

#### **Kaizen VS Innovación**

Pueden identificarse a grandes rasgos dos alternativas para lograr una mejora de las operaciones de una organización, estas son la innovación, y la mejora continua.

#### **Innovación:**

- Alta inversión
- Alto impacto
- Alta tecnología
- Media / Baja participación del personal
- Alto riesgo de perder el nivel de mejora (Depreciable)

#### **Proceso de mejora continua**

- Optimización del recurso existente (Baja inversión)
- Velocidad en implementación de cambios
- Alta participación del personal (En todas las fases de la mejora)
- Pequeños pasos
- Acercamiento continuo al objetivo trazado (No depreciable)

Combinar ambas alternativas de mejora puede traer consigo resultados sorprendentes para la organización, en la siguiente gráfica representamos la diferencia entre un proceso de innovación (la cual se deprecia), y un proceso combinatorio de mejora a través de innovación y kaizen.

### 3.3 Marco conceptual

**Optimización:** Buscar mejores resultados, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna tarea.

**Materia Prima:** Sustancia natural o superficial que se transforma industrialmente para crear un producto. Cosa que potencialmente sirve para crear algo.

**Proceso:** Procesamiento o conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.

**Producción:** Fabricación o elaboración de un producto mediante el trabajo.

**Mejora:** Cambio o progreso de una cosa que está en condición precaria hacia un estado mejor.

**Retazo:** Pedazo o fragmento de cualquier cosa que, junto con otros, generalmente sirven para componer algo.

**Desperdicio:** Cosa o parte de ella que queda después de haberla utilizado o que se desperdicia por descuido.

**Innovación:** Cambio que se introduce en algo y supone novedad.

**Creatividad:** Capacidad o facilidad para inventar o crear.

## **Capítulo IV: Metodología**

## **4.1 Tipo y nivel de investigación**

### **4.1.1 Tipo de investigación**

La metodología que se ha aplicado en el presente trabajo es la Investigación Aplicada, utilizada en la mejora de proceso en IPASA.

### **4.1.2 Nivel de investigación**

Se trata de una investigación de Campo, de nivel descriptivo, que consiste en llegar a conocer las situaciones, inconvenientes a través de la descripción exacta de las actividades, procesos.

Este estudio de trabajo, surgirá efecto cuando se aplique correctamente, y los operarios estén convencidos de que es preciso cambiar la metodología usada, para mejorar y ahorrar materiales, tiempo y esfuerzo, y no aceptar reclamos de “que porque se hace así”.

### **4.1.3 Población y muestra**

El presente trabajo tiene como población la producción de las hojas de muelles de categoría “A”(57 ítems), y como muestra tenemos 20 unidades de cada tipo de producto de la categoría “A”.

## **4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.2.1 Técnicas de recolección de datos**

#### **Observación directa**

Se levantó la información tal cual se da en su forma natural, sin obstrucciones, en un proceso normal como lo hacen a diario y en una producción típica, para evitar tomar datos distorsionados, en coordinación previa con los supervisores.

#### **Entrevistas al personal involucrado**

Se realizaron entrevistas al personal involucrado del área de corte fase 1, con el fin de conocer la forma de trabajar de cada uno y tener en cuenta sus propuestas que, por sus conocimientos prácticos – empíricos, pueden contribuir a mejorar las operaciones del área.

## 4.2.2 Instrumentos de recolección de datos

### Diagrama de Ishikawa

Se realizó un seguimiento diario a los operarios de la sección de corte fase 1, para determinar o conseguir un diagnóstico de los problemas, inconvenientes, dificultades que tienen en el proceso del corte de barras de acero, que afectan el proceso. (Revisar Figura N° 10: Diagrama de Ishikawa).

### Estudio de métodos y tiempos

Se realizó un estudio de tiempos en la sección de corte, para poder determinar la cantidad de cortes que se pueden realizar durante determinada cantidad de tiempo, y así llevar un control en base a ratios establecidos. El estudio de tiempos se realizó, en base al ancho y longitud de material.

Figura N° 21: Estudio de tiempos - Corte de barra en prensa

Departamento: Corte fase 1									
Operación: Cortar y punzonar las hojas de acero									
Elemento realizar corte de la barra en la prensa ( R )									Número de observaciones
Características	50*6 hojas de 796 mm	50*6 hojas de 1016 mm	50*7 hojas de 1000 mm	50*7 hojas de 1016 mm	50*7 hojas de 1205 mm	50*7 hojas de 1283 mm	50*7 hojas de 1305 mm	50*7 hojas de 1503 mm	50*13 hojas de 1498 mm
	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)	T.Obs (segundos)
R1	2.48	2.98	2.89	3.06	3.33	3.71	3.92	3.89	4.25
R2	2.39	3.15	3.12	3.17	3.26	3.69	3.82	3.79	4.13
R3	2.51	3.09	2.79	3.34	3.41	3.75	3.97	3.99	4.32
R4	2.43	3.21	2.82	3.25	3.31	3.54	4.14	4.33	4.35
R5	2.39	2.91	2.91	3.39	3.54	3.77	4.07	3.69	4.17
R6	2.41	3.09	2.81	3.43	3.49	3.94	4.11	3.88	4.29
R7	2.52	3.12	3.04	3.42	3.37	3.88	3.82	4.21	4.15
R8	2.36	2.89	2.84	2.18	3.46	3.74	4.09	4.18	4.33
R9	2.45	3.11	2.91	3.16	3.51	3.66	3.86	3.95	4.02
R10	2.47	3.18	3.07	3.19	3.38	3.78	3.93	4.09	4.23
R11	2.27	3.15	3.04	3.24	3.29	3.75	4.02	4.16	4.15
R12	2.33	3.22	2.96	3.34	3.44	3.87	4.07	3.97	4.19
R13	2.49	2.97	2.87	3.27	3.41	3.65	3.88	3.86	4.24
R14	2.37	3.18	2.93	3.05	3.39	3.78	3.74	4.17	4.14
R15	2.29	3.20	3.06	3.27	3.45	3.69	4.05	3.92	4.29
R16	2.50	3.05	3.11	3.36	3.52	3.84	4.12	4.11	4.20
R17	2.46	3.13	3.09	3.38	3.37	3.91	3.96	4.20	4.09
R18	2.34	3.24	2.99	3.42	3.50	3.89	4.03	4.15	4.16
R19	2.42	3.18	3.08	3.37	3.46	3.71	4.15	4.25	4.28
R20	2.38	3.14	3.10	3.40	3.35	3.87	3.92	4.29	4.37
Total tiempo observado	48.26	62.19	59.43	64.69	68.24	75.42	79.67	81.08	84.35
Promedio del T.T.OBS valoración	2.41	3.11	2.97	3.23	3.41	3.77	3.98	4.05	4.22
Tiempo Normal	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tiempo Normal	2.41	3.11	2.97	3.23	3.41	3.77	3.98	4.05	4.22

Ancho mm	Espesor mm	Longitud de corte	Tiempo normal seg
50	6	796	2.41
50	6	1016	3.11
50	7	1000	2.97
50	7	1016	3.23
50	7	1205	3.41
50	7	1283	3.77
50	7	1305	3.98
50	7	1503	4.05
50	13	1498	4.22

Fuente: Elaboración propia.

En donde:

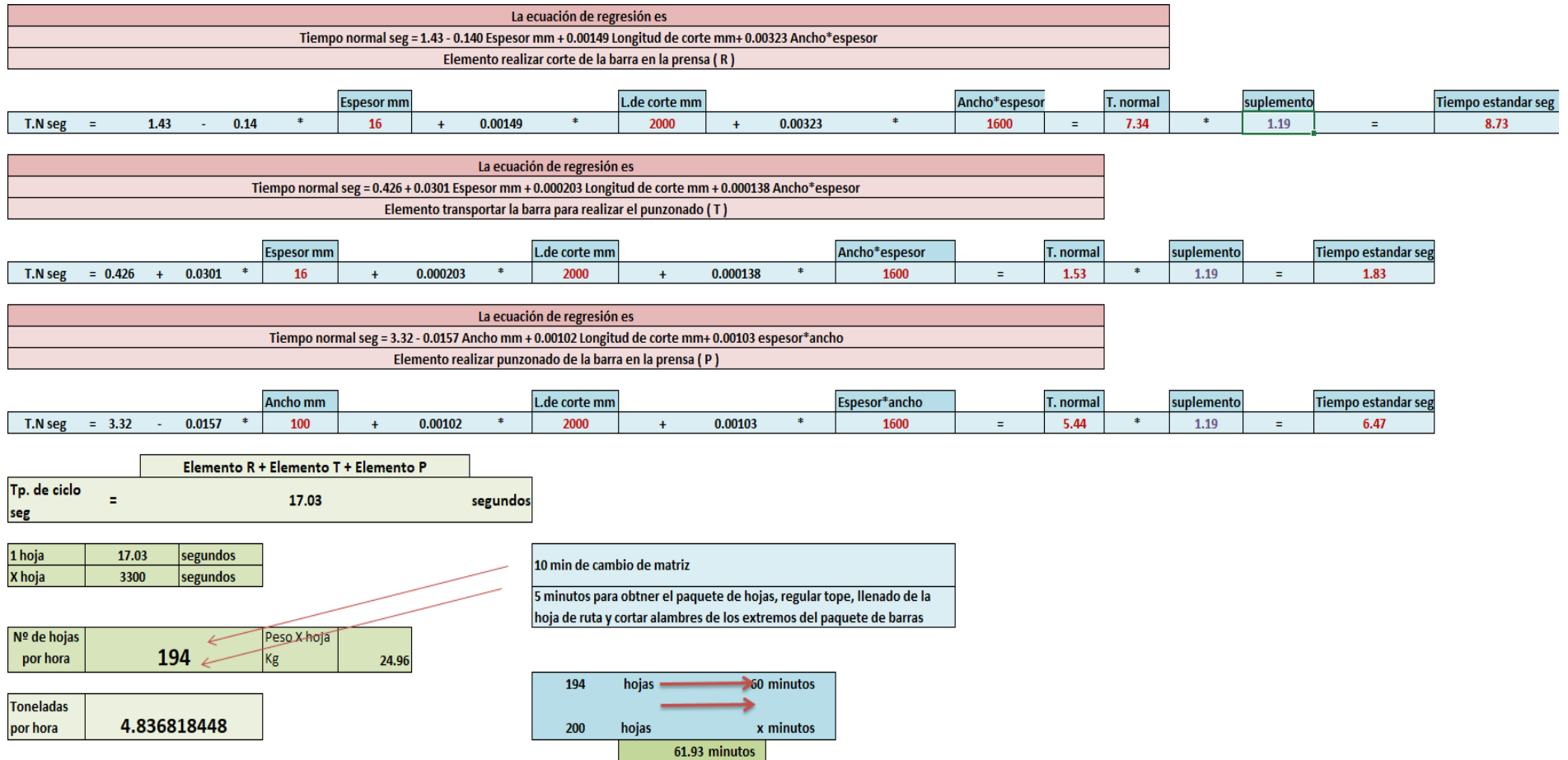
R: Elemento realizar corte de la barra en la prensa.

T: Elemento transportar la barra para realizar el punzonado.

P: Elemento realizar punzonado de la barra en la prensa.

Al realizar todo el estudio de tiempos correspondientes, tenemos lo siguiente:

Figura N° 22: Tiempo estándar de corte fase 1



Fuente: Elaboración propia



Aquí tenemos un tiempo estándar de 17.03 segundos por hoja, en los 3 elementos.

Esto quiere decir que, por cada 200 hojas, el operario debe demorarse aproximadamente 61.93 minutos.

#### **4.3 Procedimiento de datos**

Se utilizó un procedimiento electrónico, haciendo uso de la computadora, para elaborar la estadística respecto al estudio de tiempos.

Los tiempos obtenidos en planta, se evaluaron para obtener tiempos con mayor confiabilidad y que no distorsionen el tiempo real empleado por los operarios al realizar una operación determinada.

**Capítulo V: Análisis crítico y planteamiento de alternativas (Alternativas de solución, evaluación de alternativas)**

## 5.1 Determinación de alternativas de solución

En este caso, presentaremos 3 alternativas, para poder solucionar los problemas antes mencionados:

- Maquilar el proceso de corte a un tercero.
- Adquisición e implementación de un software de combinaciones
- Estandarizar los procesos en el área de corte de fase 1 y creación de una plantilla

de combinaciones.

## 5.2 Evaluación de alternativas de solución.

- **Maquilar el proceso de corte a un tercero:** Al contar con los servicios de un tercero, una service, se reducen las responsabilidades de los colaboradores propios, permitiendo enfocarse en otras actividades que puedan generar valor.

- **Adquisición e implementación de un software de combinaciones:** Para esta propuesta se terceriza la implementación de un software que nos permita planificar correctamente las cantidades de barras a cortar, para los diferentes productos que se producen, con el fin de optimizar el uso de las barras, minimizar los retazos y el scrap producto del corte de barras. Esto permitirá llevar diariamente un control de las barras, retazos y scrap, para tener un proceso controlado y también comparar mes a mes los datos obtenidos para implementar planes de acción a fin de seguir mejorando cada vez más.

- **Estandarizar los procesos en el área de corte de fase 1 y creación de una plantilla de combinaciones:** El estandarizar el proceso de corte en el área, permitirá:

Los colaboradores tendrán las pautas claras al momento de realizar cada operación, evitando movimientos innecesarios.

Determinar los ratios respectivos de las máquinas en el corte de las barras de acero.

Establecer indicadores y KPI que servirán para poder monitorear el correcto uso de la materia prima, el cumplimiento de lo programación dada, y hacer comparativas mes a mes.

Para conseguir esto, se realizará un estudio de métodos y tiempo, el cual nos ayudará a identificar los posibles desperdicios en el área y establecer aquellos procesos que dan valor.

Según la OIT (1996), “Introducción al estudio del trabajo”, el estudio de tiempos es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea definida.

Los pasos en que se realizará este estudio son 8:

- **Seleccionar** el trabajo que se va a estudiar.
- **Registrar** por medio de la observación directa los hechos significativos relacionados con el trabajo.
- **Examinar** de forma crítica, la manera en que se realiza el trabajo, su secuencia y métodos utilizados.
- **Establecer** el método más práctico, eficaz, mediante aportes de las personas afectadas.
- **Evaluar** las distintas opciones para establecer un nuevo método.
- **Definir** el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las partes interesadas.
- **Implantar** el nuevo método como una práctica normal, y formar a las personas que han de utilizarlo.
- **Controlar** la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

Una vez finalizado el estudio de métodos y tiempos, con los datos obtenidos se procederá a la creación de una plantilla de combinaciones en Excel que ayudará aún más, a tener un proceso controlado, buscando un corte más eficiente, optimizando las barras a cortar.

Todo lo propuesto será siempre bajo una consciente supervisión de los encargados, esto para evitar que los colaboradores se distraigan o generen tiempos muertos en el proceso.

## **Capítulo VI: Prueba de Diseño (Desarrollo y justificación de la propuesta elegida)**

## 6.1 Justificación de la propuesta elegida

Tabla N° 1: Ventajas y desventajas

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Maquilar el proceso de corte a un tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de responsabilidades en el proceso.</li> <li>2. Reducción de la planilla interna.</li> <li>3. Conservar los recursos y minimizar los costos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costos de implementación</li> <li>2. Tiempo de capacitación de personal externo.</li> <li>3. Pocas empresas especializadas en el área</li> </ol>
<b>Adquisición e implementación de un software de combinaciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planificación de producción.</li> <li>2. Optimización de retazos y scrap.</li> <li>3. Conservar los recursos y minimizar los costos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variabilidad de los productos a fabricar.</li> <li>2. Elevado costo del programa</li> <li>3. Conflictos en la configuración.</li> <li>4. Capacitación al encargado.</li> <li>5. No cuenta con soporte posterior a la venta.</li> </ol>
<b>Estandarizar los procesos en el área de corte de fase 1 y creación de una plantilla de</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminación de movimientos innecesarios.</li> <li>2. Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.</li> <li>3. Optimización de los recursos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elevado tiempo de creación de plantilla.</li> <li>2. Costos de implementación.</li> <li>3. Condiciones físicas, psicológicas y métodos usados varía por cada colaborador.</li> </ol>

<b>combinaciones</b>	4. Planificación de producción.	
<b>plantilla de combinaciones</b>	5. Establecimiento de indicadores de seguimiento.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 2: Puntaje de propuestas

<b>ITEM</b>	<b>PUNTAJE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
A	4	Muy bueno
B	3	Bueno
C	2	Malo
D	1	Muy malo

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3: Puntajes

N°	Factores	Maquilar el proceso de corte a un tercero	Adquisición e implementación de un software de combinaciones	Estandarización de los procesos en el área de corte de fase 1 y creación de una plantilla de combinaciones
A	Inversión	2	2	4
B	Minimización de tiempos	3	3	4
C	Optimización de recursos	3	3	4
D	Planificación	2	3	4
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>11</b>	<b>16</b>

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, la alternativa que encaja perfectamente, tanto para minimizar tiempo, planificar la producción y optimizar recursos es la 3era, “Estandarización de los procesos en el área de corte de fase 1 y creación de una plantilla de combinaciones plantilla de combinaciones.”, ya que tenemos una inversión mínima, con un alto índice de mejorar el proceso productivo.

## 6.2 Desarrollo de la propuesta elegida.

La propuesta que mejor se adapta de las 3 opciones, antes mostradas, es la tercera, que consiste en la Estandarización de los procesos en el área de corte de fase 1 y creación de una plantilla de combinaciones plantilla de combinaciones.



Esta propuesta es la más completa para poder cumplir con los objetivos establecidos, ya que permitirá tener un mejor control de la producción, estandarizando ratios por máquina y tipo de material a procesar, y lo más importante es que con la creación de la plantilla, se optimizará el uso de la materia prima, mejorando y agilizando los procesos productivos, evitando los sobrecostos por producción y reduciendo el scrap en el procesos de corte, que es el desperdicio sobrante de las hojas cortadas.

Además, esto trae consigo, una serie de efectos colaterales, ya que con esto los supervisores pueden controlar la producción de una manera más eficiente, gracias a los indicadores, lo que les permitirá tener un panorama más amplio de acuerdo a las metas establecidas.

Esto también trae consigo, que en base al cumplimiento de los objetivos, los colaboradores puedan aplicar a una revisión salarial, o ascenso a otro proceso de mayor importancia, y para esto el supervisor con el Jefe de Planta, evaluarán su caso, de acuerdo al desenvolvimiento de colaborador y podrán visualizar si estos están cumpliendo con lo establecido, o si hacen menos o más de la meta.

Otro efecto importante que trae consigo, es la disminución de retazos que entran al almacén producto del corte, lo que genera más trabajo al almacenero de materia prima, ya que tiene que ingresar los retazos a su almacén y al sistema y luego, cuando haya otra orden de corte en donde puedan cortarse los retazos se les asigna, sacándolos de nuevo del almacén.

### **Resumen del estudio realizado en el área de Corte Fase 1**

La obtención de los tiempos observados en cada uno sus elementos operativos, en diferentes muestras con las variables de: ancho, espesor y longitud de corte; ofrecerá una mejor visualización de lo que deseamos alcanzar.

A continuación, se muestra el primer cuadro de resumen del elemento (R):

Tabla N° 4: Tiempo normal ( R )

<b>Elemento realizar corte de la barra en la prensa ( R )</b>				
<b>Número</b>	<b>Ancho mm</b>	<b>Espesor mm</b>	<b>Longitud de corte mm</b>	<b>Tiempo normal seg</b>
1	50	6	796	2.41
2	50	6	1016	3.11
3	50	7	1000	2.97
4	50	7	1016	3.23
5	50	7	1205	3.41
6	50	7	1283	3.77
7	50	7	1305	3.98
8	50	7	1503	4.05
9	50	13	1498	4.22
10	60	7	1165	3.35
11	60	7	1484	4.67
12	60	8	1080	3.58
13	60	8	1320	4.04
14	60	8	1593	4.13
15	60	9	1020	3.63
16	60	13	510	2.61
17	60	13	670	2.51
18	60	13	750	2.75
19	60	13	800	2.84
20	60	13	830	3.54
21	70	7	960	3.53
22	70	7	1206	3.84
23	70	7	1285	4.10
24	70	7	1461	4.15
25	70	7	1480	4.16
26	70	7	1754	4.17
27	70	10	1385	4.35
28	70	10	1600	4.50
29	70	11	1458	4.56
30	70	13	900	4.02

31	70	13	1626	5.04
32	80	10	1857	4.42
33	80	11	1200	4.62
34	80	11	1300	4.59
35	80	11	1400	4.82
36	80	11	1600	5.39
37	80	11	1740	5.47

38	80	11	1848	5.49
39	80	13	1450	5.42
40	90	12	880	5.80
41	90	12	1146	6.08
42	90	12	1220	6.46
43	90	12	1742	6.41
44	90	13	1107	6.52
45	100	12	900	5.46
46	100	12	1250	5.73
47	100	12	1450	6.02
48	100	12	1892	6.41
49	101.6	11.7	712	4.40
50	101.6	11.7	890	4.60
51	101.6	11.7	1144	4.85
52	101.6	11.7	1220	4.95
53	101.6	11.7	1480	5.15
54	88.9	11.5	754	3.44
55	88.9	11.5	884	3.53
56	88.9	11.5	1492	4.23
57	88.9	11.5	1742	4.56

Fuente: Elaboración propia

**Determinar si existe correlación entre las variables:**

Tabla N° 5 Correlación

	Tiempo normal segundos	Longitud de corte mm	Espesor mm
Long. de corte mm	0.531		
Corre. de Pearson (p)	0.000		
Espesor mm	0.416	-0.114	
Corre. de Pearson (p)	0.001	0.398	
Ancho mm	0.712	0.139	0.577
Corre. de Pearson (p)	0.000	0.301	0.000

Fuente: Elaboración propia

**Aplicar regresión para poder determinar tiempos observados desconocidos:**

La ecuación de regresión es:

$$\text{Tiempo normal seg} = 1.43 - 0.140 \text{ Espesor mm} + 0.00149 \text{ Longitud de corte mm} + 0.00323 \text{ Ancho*espesor}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	1.4344	0.5022	2.86	0.006
Espesor mm	-0.14034	0.06116	-2.29	0.026
Longitud de corte mm	0.0014890	0.0002258	6.59	0.000
Ancho*espesor	0.0032322	0.0004805	6.73	0.000

S = 0.557554 R-cuad. = 83.7% R-cuad.(ajustado) = 82.2%

Interpretación: Ahora podemos observar que la ecuación de regresión nos da

R-cuad. = 83.7% R-cuad.(ajustado) = 82.2%, esto quiere decir que la ecuación de regresión se ajusta correctamente a los datos reales, ahora al revisar los predictores encontramos que el espesor nos da un  $p=0.026$  nos indica que hemos reducido ese valor respecto a un análisis anterior que nos daba un valor de  $p=0.126$ ; ahora hemos obtenido el valor más alto para ajustar la ecuación de regresión a los tiempos observados reales.

Para el estudio de tiempo se emplea la ecuación de regresión es: Tiempo normal seg =  $1.43 - 0.140 \text{ Espesor mm} + 0.00149 \text{ Longitud de corte mm} + 0.00323 \text{ Ancho} * \text{espesor}$

A continuación, se muestra el segundo cuadro de resumen del elemento (T):

Tabla N° 6 Tiempo normal ( T )

Elemento transportar la barra para realizar el punzonado ( T )				
Número	Ancho mm	Espesor mm	Longitud de corte mm	Tiempo normal seg
1	50	6	796	0.81
2	50	6	1016	0.88
3	50	7	1000	0.98
4	50	7	1016	1.05
5	50	7	1205	1.10
6	50	7	1283	1.11
7	50	7	1305	1.13
8	50	7	1503	1.16
9	50	13	1498	1.12

10	60	7	1165	<b>0.998</b>
11	60	7	1484	<b>0.974</b>
12	60	8	1080	<b>0.804</b>
13	60	8	1320	<b>0.809</b>
14	60	8	1593	<b>0.802</b>
15	60	9	1020	<b>0.949</b>
16	60	13	510	<b>1.134</b>
17	60	13	670	<b>1.205</b>
18	60	13	750	<b>1.121</b>
19	60	13	800	<b>1.219</b>
20	60	13	830	<b>1.121</b>
21	70	7	960	<b>0.82</b>
22	70	7	1206	<b>0.90</b>
23	70	7	1285	<b>0.92</b>
24	70	7	1461	<b>0.97</b>
25	70	7	1480	<b>0.97</b>
26	70	7	1754	<b>1.07</b>
27	70	10	1385	<b>0.80</b>
28	70	10	1600	<b>0.84</b>
29	70	11	1458	<b>0.80</b>
30	70	13	900	<b>0.83</b>
31	70	13	1626	<b>0.87</b>
32	80	10	1857	<b>1.24</b>
33	80	11	1200	<b>1.23</b>
34	80	11	1300	<b>1.24</b>
35	80	11	1400	<b>1.26</b>
36	80	11	1600	<b>1.31</b>
37	80	11	1740	<b>1.33</b>
38	80	11	1848	<b>1.35</b>
39	80	13	1450	<b>1.29</b>
40	90	12	880	<b>1.02</b>
41	90	12	1146	<b>1.23</b>
42	90	12	1220	<b>1.54</b>
43	90	12	1742	<b>1.70</b>
44	90	13	1107	<b>1.75</b>
45	100	12	900	<b>1.02</b>
46	100	12	1250	<b>1.07</b>
47	100	12	1450	<b>1.25</b>
48	100	12	1892	<b>1.35</b>
49	101.6	11.7	712	<b>0.88</b>
50	101.6	11.7	890	<b>1.09</b>
51	101.6	11.7	1144	<b>1.22</b>
52	101.6	11.7	1220	<b>1.35</b>
53	101.6	11.7	1480	<b>1.45</b>
54	88.9	11.5	754	<b>0.83</b>

55	88.9	11.5	884	0.89
56	88.9	11.5	1492	0.98
57	88.9	11.5	1742	1.19

Fuente: Elaboración propia

**Determinar si existe correlación entre las variables:**

Tabla N° 7 Correlación

	Tiempo normal segundos	Longitud de corte mm	Espesor mm
Long. de corte mm	0.275		
Corre. de Pearson (p)	0.039		
Espesor mm	0.446	-0.114	
Corre. de Pearson (p)	0.001	0.398	
Ancho mm	0.401	0.139	0.577
Corre. de Pearson (p)	0.002	0.301	0.000

Fuente: Elaboración propia

**Aplicar regresión para poder determinar tiempos observados desconocidos:**

La ecuación de regresión es

$$\text{Tiempo normal seg} = 0.426 + 0.0301 \text{ Espesor mm} + 0.000203 \text{ Longitud de corte mm} + 0.000138 \text{ Ancho*espesor}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.425594	0.003238	131.45	0.000
Espesor mm	0.0300743	0.0003943	76.28	0.000
Longitud de corte mm	0.00020266	0.00000146	139.20	0.000
Ancho*espesor	0.00013812	0.00000310	44.59	0.000

$$S = 0.00359432 \quad R\text{-cuad.} = 99.9\% \quad R\text{-cuad. (Ajustado)} = 99.9\%$$

### Interpretación:

Ahora podemos afirmar que la ecuación de regresión nos da **R-cuad. = 99.9% R-cuad. (Ajustado) = 99.9%**, quiere decir que se ajusta perfectamente a los datos reales obtenidos en la toma de tiempos y que podemos utilizar la ecuación para predecir tiempos que no conocemos.

Se utilizará para el estudio de tiempos la ecuación:  $\text{Tiempo normal seg} = 0.426 + 0.0301 \text{ Espesor mm} + 0.000203 \text{ Longitud de corte mm} + 0.000138 \text{ Ancho} * \text{ espeso}$

A continuación, se muestra el tercer cuadro de resumen del elemento (P):

Tabla N° 8 Tiempo normal ( P )

<b>Elemento realizar punzonado de la barra en la prensa ( P )</b>				
<b>Número</b>	<b>Ancho mm</b>	<b>Espesor mm</b>	<b>Longitud de corte mm</b>	<b>Tiempo normal seg</b>
1	50	6	796	3.62
2	50	6	1016	4.31
3	50	7	1000	3.75
4	50	7	1016	4.03
5	50	7	1205	4.25
6	50	7	1283	4.40
7	50	7	1305	4.41
8	50	7	1503	4.56
9	50	13	1498	4.51
10	60	7	1165	3.75
11	60	7	1484	4.25
12	60	8	1080	3.62
13	60	8	1320	4.25
14	60	8	1593	4.56
15	60	9	1020	3.98
16	60	13	510	3.62
17	60	13	670	3.75
18	60	13	750	3.81
19	60	13	800	3.87
20	60	13	830	4.03
21	70	7	960	3.75
22	70	7	1206	4.03
23	70	7	1285	4.05
24	70	7	1461	4.26
25	70	7	1480	4.28
26	70	7	1754	4.35

27	70	10	1385	4.24
28	70	10	1600	4.38
29	70	11	1458	4.50
30	70	13	900	4.47
31	70	13	1626	4.63
32	80	10	1857	4.27
33	80	11	1200	4.53
34	80	11	1300	4.53
35	80	11	1400	4.61
36	80	11	1600	4.81
37	80	11	1740	4.83
38	80	11	1848	4.96
39	80	13	1450	4.47
40	90	12	880	4.30
41	90	12	1146	4.45
42	90	12	1220	4.52
43	90	12	1742	4.58
44	90	13	1107	4.53
45	100	12	900	4.47
46	100	12	1250	4.54
47	100	12	1450	4.81
48	100	12	1892	5.39
49	101.6	11.7	712	3.45
50	101.6	11.7	890	3.54
51	101.6	11.7	1144	3.83
52	101.6	11.7	1220	3.97
53	101.6	11.7	1480	4.20
54	88.9	11.5	754	3.31
55	88.9	11.5	884	3.45
56	88.9	11.5	1492	4.20
57	88.9	11.5	1742	4.47

Fuente: Elaboración propia

**Determinar si existe correlación entre las variables:**

Tabla N° 9 Correlación

	Tiempo normal segundos	Longitud de corte mm	Espesor mm
Long. de corte mm	0.746		
Corre. de Pearson (p)	0.000		
Espesor mm	0.142	-0.114	



<b>Corre. de Pearson (p)</b>	0.291	0.398	
<b>Ancho mm</b>	0.156	0.139	0.577
<b>Corre. de Pearson (p)</b>	0.248	0.301	0.000

Fuente: Elaboración propia

### **Aplicar regresión para poder determinar tiempos observados desconocidos:**

La ecuación de regresión es

$$\text{Tiempo normal seg} = 3.32 - 0.0157 \text{ Ancho mm} + 0.00102 \text{ Longitud de corte mm} + 0.00103 \text{ espesor} * \text{ancho}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	3.3212	0.2075	16.01	0.000
Ancho mm	-0.015690	0.005187	-3.03	0.004
Longitud de corte mm	0.0010167	0.0001063	9.57	0.000
Espesor*ancho	0.0010341	0.0002908	3.56	0.001

$$S = 0.257467 \quad R\text{-cuad.} = 84.4\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 82.4\%$$

### **Interpretación:**

Ahora podemos observar que la ecuación de regresión nos da

R-cuad. = 84.4% R-cuad. (ajustado) = 82.4%, esto quiere decir que la ecuación de regresión se ajusta correctamente a los datos reales, ahora al revisar los predictores encontramos que el espesor nos da un p=0.004 nos indica que hemos reducido ese valor respecto a un análisis anterior que nos daba un valor de p= 0.210; ahora hemos obtenido el valor más alto para ajustar la ecuación de regresión a los tiempos observados reales.

Para el estudio de tiempos se emplea la ecuación de regresión :

$$\text{Tiempo normal seg} = 3.32 - 0.0157 \text{ Ancho mm} + 0.00102 \text{ Longitud de corte mm} + 0.00103 \text{ espesor} * \text{ancho.}$$

## Plantilla de combinación propuesta

Figura N° 23: Plantilla de combinaciones

### ANALISIS PARA CORTE DE BARRA DE 80 mm. x 13 mm.

Longitud de Barra (mm.) = 5800

#### DATOS DE ORDEN DE CORTE

40

ITEM	O.F.	PRODUCTO	LONG. CORTE (mm.)	CANTIDAD (Pz.)	SALDO
1	187459	6401	1200	15	0
2	187480	6702	1030	10	0
3	187590	60005	1742	270	238
4	187401	61606	1988	70	63
5	187407	95001	1719	5	0
6	187456	95002	1100	10	1
7	187433	501801	1300	10	0
8	187499	552701	1390	20	0
9	187506	562001	1952	40	2
10	187522	574301	1220	100	30
11	187510	590002	1250	20	0
12	187544	1002E	1750	40	40
13	187529	101203P	770	5	0
14	187566	10402A	670	21	0
15	187455	10501E	1670	20	0

Longitudes (mm.)	Forma de Corte	Barras a Cortar (Pz.)	Desarrollos Obtenidos (Pz.)	Scrap (mm. / Barra)	¿RETAZO UTIL?
1742 1200 1631	1 x 1742 2 x 1200 1 x 1631	7	7 14 7	27	
1742 1100 770	1 x 1742 3 x 1100 1 x 770	3	3 9 3	-12	
1742 1300 1428	1 x 1742 2 x 1300 1 x 1428	5	5 10 5	30	
1742 1250 1530	1 x 1742 2 x 1250 1 x 1530	10	10 20 10	28	
1360 1719	3 x 1360 1 x 1719	5	15 5	1	
1428 1530	3 x 1428 1 x 1530	10	30 10	-14	
1220 970	2 x 1220 2 x 970	15	30 30	-8	

#### RESULTADOS

	SEGÚN ANALISIS PROPIO	SEGÚN ANALISIS SOFTWARE
TOTAL BARRAS A UTILIZAR (Pz.)	131	174
TOTAL RETAZOS UTILIZABLES (Pz.)	0	2
TOTAL RETAZOS UTILIZABLES (mm.)	0	4.184
TOTAL SCRAP (mm.)	1.437	53.480
% SCRAP	0,19%	5,30%

Fuente: Elaboración propia

#### Modo de uso

Llenado de los datos de corte .

Proceder con las combinaciones de las longitudes de acuerdo al largo total de la barra (5800mm).

Verificar las cantidades, el porcentaje de scrap y retazos obtenidos.

En los resultados de prueba, en donde se implementó la propuesta, vemos que obtenemos una optimización favorable de los recursos utilizados, en donde se han

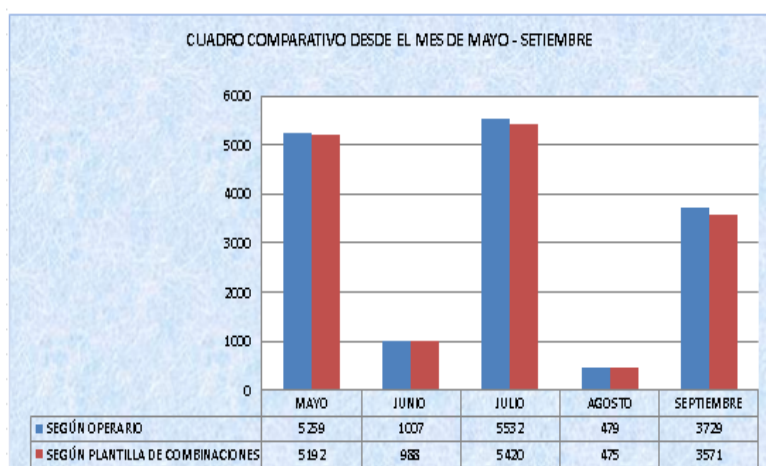
minimizados las barras usadas en 360 pz. (9,935 kg.), los retazos utilizables en 2551 pz. (13,931 kg.) y el scrap en 2,766 kg.

Con esto, tenemos que el nivel de impacto de la propuesta de mejora, es alta, ya que, entre los meses de mayo a setiembre, se han ahorrado 26,632 kg

Figura N° 24: Resultados

<b>RESULTADOS DESDE EL MES DE MAYO - SETIEMBRE</b>				
<b>SEGÚN OPERARIO</b>				<b>SCRAP (Kg.)</b>
<b>MES</b>	<b>BARRAS</b>	<b>RETAZO UTILIZABLES</b>		
	<i>Pz.</i>	<i>Pz.</i>	<i>Kg.</i>	
MAYO	5259	1294	7055	1901
JUNIO	1007	217	2913.33	396
JULIO	5532	738	4429	396
AGOSTO	479	56	392.54	656.87
SEPTIEMBRE	3729	1109	4586	1398
TOTAL:	<b>16006</b>	<b>3414</b>	<b>19375</b>	<b>4748</b>

<b>SEGÚN PLANTILLA DE COMBINACIONES</b>				<b>SCRAP (Kg.)</b>
<b>MES</b>	<b>BARRAS</b>	<b>RETAZO UTILIZABLES</b>		
	<i>Pz.</i>	<i>Pz.</i>	<i>Kg.</i>	
MAYO	5192	39	189	1179
JUNIO	988	164	1991.46	227
JULIO	5420	393	2075	2420
AGOSTO	475	53	395.40	618
SEPTIEMBRE	3571	250	1031	1499
TOTAL:	<b>15646</b>	<b>899</b>	<b>5682</b>	<b>5943</b>



<b>AHORRO DESDE EL MES DE MAYO - SETIEMBRE</b>					
<b>MES</b>	<b>BARRAS</b>		<b>RETAZO UTILIZABLES</b>		<b>SCRAP (Kg.)</b>
	<i>Pz.</i>	<i>Kg.</i>	<i>Pz.</i>	<i>Kg.</i>	
MAYO	67	2181	1255	6866	722
JUNIO	19	875	53	921.87	169
JULIO	112	3615	375	2525	1369
AGOSTO	4	128	5	14.49	41.5126
SEPTIEMBRE	158	3135	863	3605	465
TOTAL:	<b>360</b>	<b>9935</b>	<b>2551</b>	<b>13931</b>	<b>2766</b>

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en el cuadro, en el periodo Mayo – Setiembre se logró disminuir el uso de barras de acero con respecto al Sistema BAAN en 360 pz. que equivalen a 9,935 Kg. y también se redujo la cantidad de retazos útiles que se generaban producto del corte en 2,551 pz. que equivalen a 13,931 Kg.

Sumando todo esto se obtiene que se ha obtenido un ahorro de 23,866 Kg. de acero, optimizando al máximo el uso de barras y la generación de retazos útiles.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el periodo Mayo – Setiembre, proyectamos estos resultados en un periodo de 12 meses, obteniendo las siguientes cifras:

La media de barras de acero ahorrados por mes es de 72 pz. (1,986 Kg.)

La media de retazos utilizables ahorrados por mes es de 510 pz. (2,785 Kg.)

La media del peso ahorrado por mes es de 4,771 Kg.

Proyectando todas estas cifras a 12 meses, obtenemos los siguientes resultados:

#### **Barras de acero**

72 pz. /mes en 12 meses tendríamos un total de 864 pz. que equivale a 23,841 Kg.

#### **Retazos utilizables**

510 pz. / mes en 12 meses tendríamos un total de 6120 pz. que equivale a 33,434 Kg.

Proyectando estos resultados en un año se obtiene un ahorro de 24 toneladas de materia prima virgen aproximadamente.

#### **Impacto Monetario del Proyecto en la Empresa**

En esta sección veremos un estimado de lo que se ha ahorrado en términos monetarios a causa del proyecto de mejora que se realizó en IPASA, que permitió optimizar el consumo de barras de acero, como también reducir la generación de retazos utilizables.

Convirtiendo estos resultados en valores monetarios tendríamos:

Total ahorrado en 1 año (proyección): 23,841 Kg.

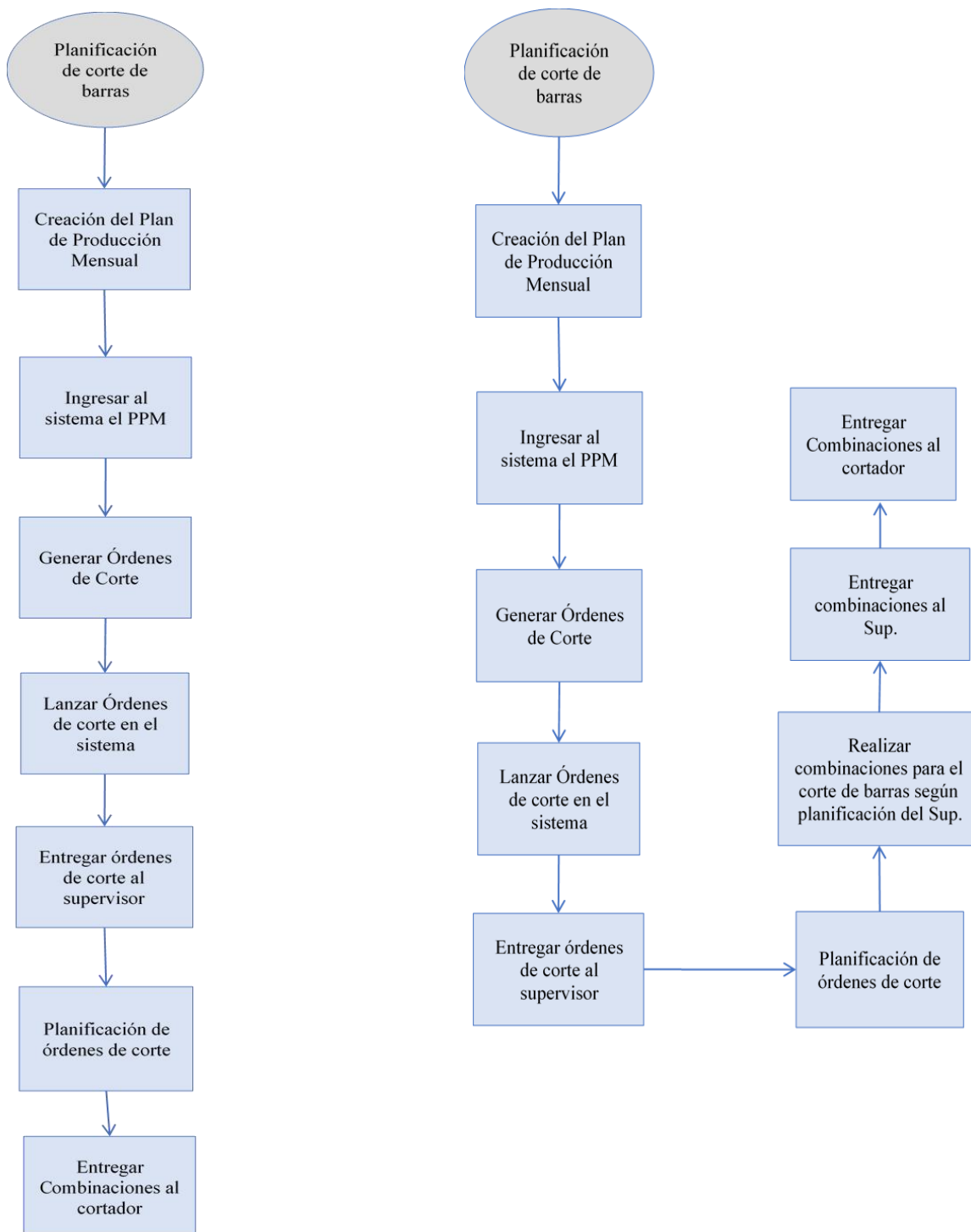
Valor aproximado de la tonelada de acero: S/.1630

Total ahorrado en soles: S/. 39,000.

El ahorro monetario total por los 23,841 kilogramos es de S/. 39,000 nuevos soles, solo considerando la materia prima ahorrada; ya que esto también repercute en un ahorro de: tiempo, horas hombres, horas máquina, sobre stock en almacén de retazos

## DOP ACTUAL vs DOP PROPUESTO DEL PROCESO DE CORTE DE BARRAS

Figura N° 25: DOP actual VS. DOP propuesto



Fuente: Elaboración propia



Figura N° 27: Control de scrap diario

CPE -1													
NUMERO O/C	MERCADO	MATERIAL	CANT. DE HOJAS A CORTAR	PESO NETO PROGRAMADO (Kg)	CANTIDAD DE BARRAS UTILIZADAS	PESO TOTAL DE BARRAS (Kg)	% SCRAP	RETAZOS UTILES		LONGITUD TOTAL BARRAS (mm)	LONGITUD TOTAL SCRAP	PESO SCRAP (kg)	
								LONGITUD (mm)	CANTIDAD				
1444	ESPECIAL	100X10MM	10	111.030	3	133.362159	0.114%	2310	1	17430	19.8702	0.15203286	
1444	ESPECIAL	100X13MM	10	162.500	1	57.7902689	13.143%	0	0	5810	763.9569	7.59884246	
1444	ESPECIAL	3"X0.401"	36	324.900	12	414.21113	1.775%	1106	3	69720	1237.53	7.35224756	
								1198	1				
								1244	2				
								1326	1				
								4370	1				
1444	ESPECIAL	3"0.447"	10	106.000	3	115.34093	0.000%	860	3	17430	0	0	
1444	ESPECIAL	3"X500"	15	196.000	5	215.039826	1.101%	710	3	29050	319.8405	2.36824309	
1416-1451	ESPECIAL Y PROGRAMA	60X9MM	1196	6390.800	316	7585.6396	0.672%	1082	6	1835960	12337.651	50.9754381	
								1123	1				
								1205	182				
								4275	1				
								3439	1				
1403-1417	EXPORTACION	70X6MM	145	521.150	28	522.779663	0.233%	520	1	162680	388.8052	1.2494434	
								812	1				
								994	2				
								588	27				
								1811	1				
1448	PROGRAMA	100X12MM	1130	14322.646	290	15470.0104	2.593%	1010	52	1684900	43790.551	402.065571	
1448	PROGRAMA	100X10MM	182	2124.178	58	2578.33507	0.148%	4210	1	336980	498.7304	3.81533591	
1449	PROGRAMA	3 1/2"X 1/2"	1032	6964.800	144	7227.35416	0.299%	554	1	836640	2501.5536	21.6097889	
1447	PROGRAMA	30X12MM	376	3395.216	79	3792.8198	1.813%	1010	22	458990	8321.4887	68.763823	
1448	PROGRAMA	30X13MM	60	1036.500	30	1560.33726	0.000%	1900	30	174300	0	0	
1447	PROGRAMA	70X11MM	1285	9279.000	280	9584.29383	0.738%	5320	1	1626800	12005.784	70.7320884	
1012	PROGRAMA	70X11MM	2070	13722.800	425	14547.5888	3.122%	810	55	2463250	77089.985	454.175724	
1447-1012	PROGRAMA	70X13MM	739	6333.668	157	6351.15055	0.605%	3550	1	312170	5520.4528	38.4371631	
1447	PROGRAMA	70X10MM	280	2130.800	70	2178.2486	4.667%	0	0	406700	18980.689	101.658862	
1012	PROGRAMA	100X10MM	423	5038.755	133	5912.38905	0.032%	1010	107	772730	247.2736	1.8919645	
1012	PROGRAMA	100X12MM	300	3452.400	49	2613.89832	1.952%	1526	1	284690	5557.1488	51.0232951	
1012-1014	PROGRAMA Y ESPECIAL	76X12MM	476	3518.220	97	3932.58334	4.578%	4010	1	563570	25800.235	180.033666	
1012-1016	PROGRAMA Y ESPECIAL	3"X401"	205	3423.000	51	1760.3973	1.636%	916	1	296310	5025.4176	29.8563382	
1448-1016	PROGRAMA Y ESPECIAL	3"X447"	130	1212.000	37	1422.53814	4.885%	306	20	214970	10501.285	69.4303882	
								2394	1				
								830	11				
								584	1				
								1161	1				
1443-1016	PROGRAMA Y ESPECIAL	3"X500"	484	5394.660	129	5549.57552	1.223%	1051	1	749490	3166.2627	67.8713086	
								584	1				
								1161	1				
								1051	1				
								1447-1014	PROGRAMA Y ESPECIAL				80X9MM
147-1014	PROGRAMA Y ESPECIAL	80X13MM	272	3114.350	78	3606.11278	0.720%	4188	1	453180	3262.896	25.364012	
								451	36				
								1570	15				
1015	ESPECIAL	90X13MM	65	1199.500	32	1664.35974	0.000%	1598	10	185920	0	0	
								1768	7				
								410	1				
1015	ESPECIAL	100X10MM	15	149.205	2	88.908106	0.000%	1760	1	11620	0	0	
								410	1				
1015	ESPECIAL	100X12MM	40	622.000	13	633.483227	1.043%	632	7	75530	787.7779	7.23303006	
								1670	3				
1016	ESPECIAL	4"X500"	12	235.200	6	344.159722	0.000%	1818	3	34860	0	0	
								1818	3				
					PESO TOTAL DE BARRAS	100402.8712						PESO TOTAL CPE-1	1694.816064

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 28 Scrap real VS. Teórico

CONTROL DE SCRAP FASE 1 Y FASE 2 - 2019														
DATOS	MESES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
DATOS DE PESADOS	PESO SCRAP FASE 1 (TN)	6.59	6.13	4.71	5.02	5.34	8.32	5.78	6.77	7.86	5.65	5.16	5.58	72.91
	% DE SCRAP FASE 1	2.12%	1.89%	2.01%	1.93%	1.38%	2.08%	1.67%	1.30%	1.77%	1.28%	1.60%	2.37%	1.72%
	PESO SCRAP FASE 2 (TN)	6.74	6.72	6.28	5.18	6.19	7.06	7.11	8.62	9.14	10.07	7.48	5.60	86.20
	% DE SCRAP FASE 2	2.17%	2.08%	2.67%	1.99%	1.60%	1.77%	2.06%	1.65%	2.06%	2.28%	2.31%	2.38%	2.04%
	PESO SCRAP TOTAL (TN)	13.33	12.85	10.99	10.21	11.52	15.38	12.89	15.39	17.00	15.72	12.64	11.18	159.11
	% SCRAP TOTAL PESADO	4.29%	3.97%	4.68%	3.92%	2.98%	3.85%	3.73%	2.95%	3.82%	3.56%	3.91%	4.76%	3.76%
CORTE BRUTO (TN)		310.91	323.34	234.93	260.44	386.53	400.01	345.47	522.46	444.75	442.08	323.33	235.11	4229.35
DATOS DE SISTEMA	PESO SCRAP TOTAL (TN)	15.47	15.24	12.15	14.35	17.50	23.75	18.78	28.69	27.27	20.04	18.93	21.94	234.13
	% SCRAP TOTAL SISTEMA	4.98%	4.71%	5.17%	5.51%	4.53%	5.94%	5.44%	5.49%	6.13%	4.53%	5.86%	9.33%	5.54%

Fuente: Elaboración propia



## **Capítulo VII: Implementación de la propuesta**

## 7.1 Propuesta económica de implementación

La propuesta económica de implementación, básicamente posee 2 elementos fundamentales para poder ser realizada con éxito:

1. Cronómetro profesional.
2. Practicante Pre profesional de Ingeniería Industrial o afines

Tabla N° 10 Costos de implementación

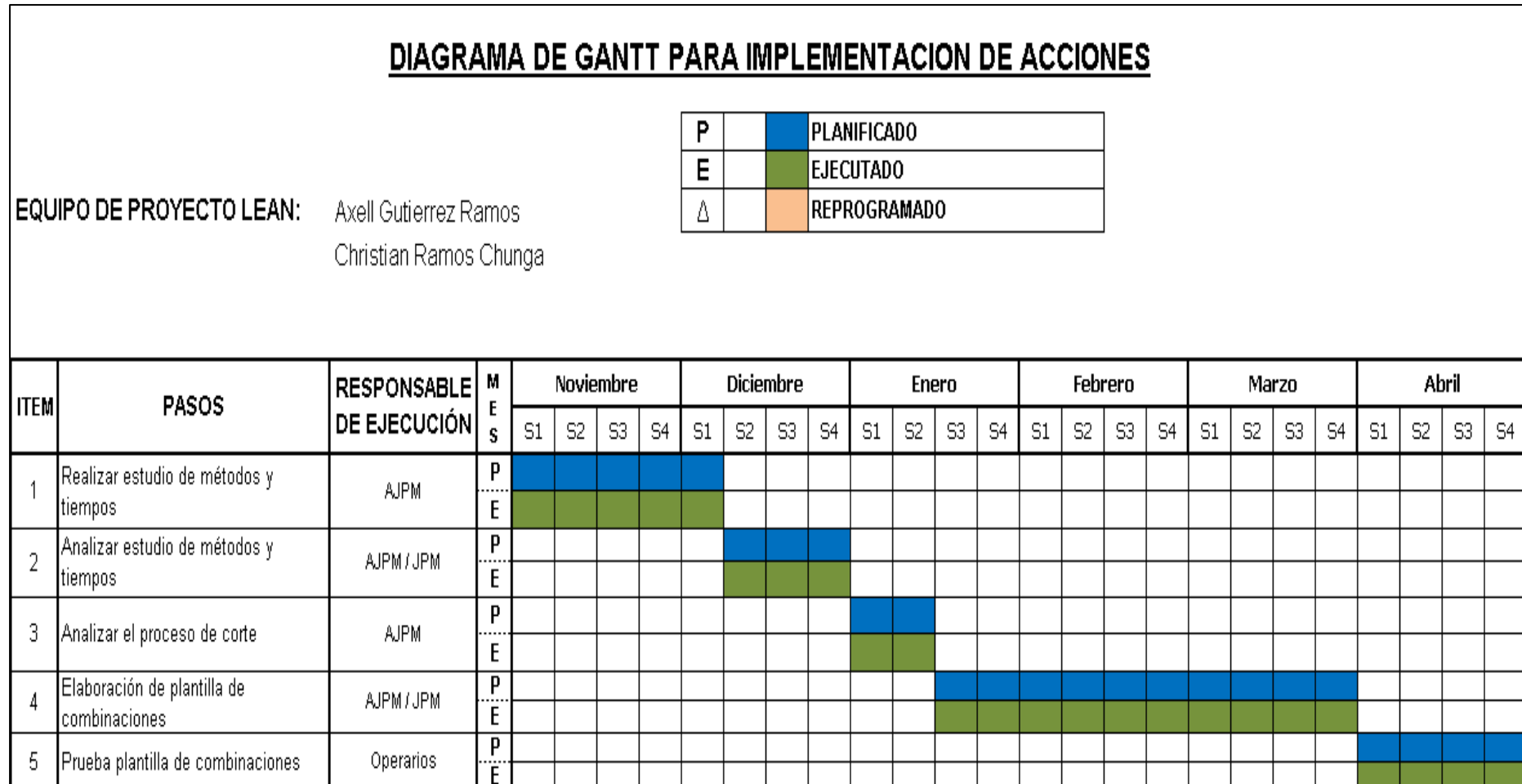
MATERIALES Y/O PERSONAS	COSTO
<b>CRONÓMETRO PROFESIONAL</b>	S/.200
<b>ASIST. JEFE DE PLANTA</b>	S/2500 * 6 meses
<b>PRACTICANTE PROFESIONAL</b>	S/.930 * 6 meses
<b>TOTAL</b>	S/.20, 780 soles.

Fuente: Elaboración propia

El costo de la implementación, está dado en un periodo de 6 meses, realizado por el Asistente de Jefatura de Planta y un practicante profesional, para la elaboración de la plantilla de combinaciones y la toma de tiempos.

## 7.2 Calendario de actividades y recursos

Figura N° 29: Diagrama gantt



Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo VIII: Conclusiones y recomendaciones**

## 8.1 Conclusiones

En base al análisis del proyecto “Propuesta de optimización del uso de materia prima para mejorar proceso productivo en planta de muelles – sección corte fase 1 – industria peruana del acero”, se puede concluir lo siguiente:

- I. Según el análisis realizado, a pesar de que Ipasa, es la única empresa fabricante de muelles en el Perú, se identifica la necesidad de mejorar sus procesos con la finalidad de minimizar los costos de producción debido al alto consumo de materia prima que se identifica en el área de corte fase 1; esto permitirá permanecer vigente en el mercado, manteniendo precios competitivos con la calidad de siempre, aumentando la rentabilidad.
- II. Al finalizar el estudio, se determinó que, mediante la implementación de la propuesta selecta, se tendría un ahorro significativo en los costos de producción gracias a la optimización de los recursos, tales como horas hombres, desperdicios, materia prima, gracias a la estandarización de los procesos y el correcto uso del material en uso.
- III. Con la implementación de las propuestas que representa mayores ventajas y desventajas, se pudo determinar que gracias a una correcta planificación mediante el uso de una plantilla de combinaciones en Excel, se tendría un importante volumen de materia prima ahorrada (Ver Pág. 69).

## 8.2 Recomendaciones

- I. Es importante en toda empresa contar con procesos estandarizados, indicadores y KPI para un correcto seguimiento y uso de los recursos, desde horas hombres hasta la materia prima, para obtener ello, un estudio de métodos y tiempo ayudará a obtener la información requerida para proponer, implementar y hacer seguimiento a alternativas de mejora.
- II. Se ha evidenciado que el correcto uso de los recursos dentro de las operaciones ayuda a reducir los costes operativos de estos, por lo que es recomendable analizar la línea de producción total, desde la recepción de materia prima hasta el despacho final, con esto evidenciar los desperdicios de cada área, plantear propuestas de mejorar y con estos aumentar la productividad y rentabilidad de la empresa.
- III. Se recomienda charlas que ayuden a entender a los colaboradores sobre lo importante que es el correcto uso de los recursos (tiempos, materia prima, insumos varios), para que de esta forma ellos participen con mayor frecuencia en el planteamiento de propuestas de mejoras, ya que a mayores desperdicios, son mayores los costes y por ende menor la rentabilidad a fin de año.

### **Referencias bibliográficas**

Hernández, J. y Vizán, I. (2013) Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación.

Maldonado, J. (2018) Gestión de Procesos

Masaki, I. (1986) Kaizen-The key to Japan's Competitive Success. New York: Random House.

Pepper, S. (2016) Revista Informativa Médica

### **Tesis y Autores**

Carlos Anibal Antonio Ortiz Salazar (2005) en su tesis “OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO Y CONTROL DE LA MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA PAPELERA INTERNACIONAL S.A.”

### **Balance de línea**

Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/balanceo-de-linea/>

### **Sistema de Producción**

Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/sistemas-de-produccion/>

### **Recursos de un sistema productivo**

Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/sistemas-de-produccion/>