

# **Pontificia Universidad Católica del Perú**

## **Facultad de Ciencias e Ingeniería**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLUMONES EN UNA PLANTA DE ÚTILES ESCOLARES Y DE OFICINA UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING**

Tesis para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Industrial**

AUTOR:

**Jorge Enrique Plasencia Castillo**

ASESOR:

**Ing. Wilmer Jhonny Atoche Díaz**

Lima, marzo de 2021

## RESUMEN

El presente estudio nace de la necesidad de incrementar la productividad en la principal línea de producción de plumones de una planta de útiles escolares y de oficina mediante la aplicación de herramientas «Lean» y, estudios de tiempos en cada área involucrada, con el objetivo cumplir con la demanda insatisfecha actual y posicionando a la empresa como un proveedor fiable en el sector.

El trabajo de investigación inicia con la presentación de casos de estudio que guardan relación con el tema a desarrollar, así como de la explicación de conceptos de ingeniería elementales y especializados, aplicados para la elaboración del trabajo como herramientas de calidad, filosofía «Lean», indicadores de producción.

El análisis de la empresa logra determinar la línea de producción principal para la compañía, mediante un estudio del «diagrama de Pareto» por familia. Asimismo, se llega a identificar los problemas dentro el proceso productivo y sus causas raíz para posteriormente hacer el diagnóstico respectivo de qué herramientas benefician en mayor medida a la empresa, utilizando herramientas de calidad.

La optimización de la productividad se basa en el cálculo de métricas «waterfall», en especial el OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que, mediante un estudio de la disponibilidad, rendimiento y calidad, permite incrementar en un 11% el número de unidades producidas anualmente en la línea.

Finalmente, de acuerdo a la evaluación económica del impacto de la implementación de las propuestas de mejora en la línea, se concluye que el estudio es viable con un margen de rentabilidad (TIR) del 49%, mayor al costo de oportunidad del mercado y un VAN de S/. 90,770.03, siendo el incremento de la producción en función al OEE, el parámetro que guarda mayor correlación con el cálculo de los ratios económicos, demostrándose la importancia de aplicar “5’S” y “TPM” dentro de la planta.

## DEDICATORIA

*A mis padres, Isabel y Toño, por su incondicional apoyo, consejo y paciencia durante toda mi etapa universitaria.*

*A mi hermana, Carito y a Noemi por alentarme siempre a ser mejor cada día e interceder por mí cuando estaba flaqueando en el camino.*

*Estaré eternamente agradecido con ustedes, y mi más sincero deseo es que perseveraré la unión familiar que tenemos.*

*Los quiero mucho.*

**Jorge Enrique Plasencia Castillo**



# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Fundamentos.....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Proceso .....	4
1.2.2 Estudio de Métodos .....	5
1.2.3 Balance de Línea .....	6
1.2.4 Mapa de procesos.....	7
<b>1.3 Herramientas de calidad.....</b>	<b>8</b>
1.3.1 Diagrama de flujo .....	8
1.3.2 Diagrama de Pareto .....	8
1.3.3 Diagrama de control .....	9
1.3.4 Diagrama causa-efecto.....	10
1.3.5 Método de los 5 porqués.....	12
1.3.6 Matriz de Decisión FACTIS.....	12
<b>1.4 Herramientas Lean Manufacturing.....</b>	<b>13</b>
1.4.1 Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping).....	13
1.4.2 Trabajo Estandarizado.....	14
1.4.3 Metodología 5'S.....	15
1.4.4 SMED (Single Minute Exchange of Die).....	16
1.4.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	17
1.4.6 Kanban .....	19
1.4.7 Estructura Waterfall .....	20
<b>CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Perfil Organizacional.....</b>	<b>22</b>
2.1.1 Sector y Actividad Económica .....	23
2.1.2 Condiciones Laborales .....	23

2.2 Organización de la Empresa .....	24
2.2.1 Estructura General .....	24
2.2.2 Instalación y medios operativos .....	26
2.2.3 Entidades participantes del modelo de negocio .....	27
2.3 Portafolio de Productos .....	28
2.4 Diagnóstico de la Empresa .....	29
2.4.1 Macroproceso .....	29
2.4.2 Análisis Descriptivo .....	30
2.5 Línea de Plumones .....	31
2.5.1 Ciclo de negocio de la fabricación de plumones .....	31
2.5.2 Descripción de las áreas y maquinaria .....	35
2.5.3 Carga de trabajo por función de operario .....	37
2.5.4 Capacidad por máquina .....	38
2.5.5 Diagrama de Operaciones .....	38
2.5.6 Descripción actual de las métricas del sistema productivo .....	41
<b>CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO .....</b>	<b>42</b>
3.1 Selección de la Línea de Plumones .....	42
3.2 Indicadores del proceso actual .....	45
3.3 Mapa de Flujo de Valor Actual (VSM) .....	49
3.4 Problemas identificados en el VSM .....	53
3.5 Selección de problemas críticos .....	58
<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA .....</b>	<b>62</b>
4.1 Situación actual en la implementación de las propuestas .....	62
4.1.1 Análisis de Herramientas Lean .....	62
4.1.2 Ponderación de las propuestas .....	65
4.1.3 Fases de implementación de mejoras .....	67
4.2 Aplicación de Trabajo Estandarizado .....	69
4.3 Aplicación de las 5'S .....	71
4.3.1 Asignación de Roles y Zonificación .....	71
4.3.2 Seiri-Clasificar .....	74
4.3.3 Seiton-Ordenar .....	76
4.3.4 Seiso-Limpieza .....	79
4.3.5 Seiketsu-Estandarizar .....	80
4.3.6 Shisuke-Disciplina .....	81
4.3.7 Impacto .....	81

4.4 Aplicación de TPM.....	82
4.5 Aplicación de Carga de Trabajo.....	85
4.6 Aplicación de SMED.....	87
4.7 VSM Futuro .....	92
4.8 Impacto Indicadores Waterfall .....	94
<b>CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>96</b>
5.1 Costos de implementación de propuestas de mejora .....	96
5.1.1 Costo de personal .....	96
5.1.2 Costo de la aplicación de Trabajo Estandarizado .....	97
5.1.3 Costo de la aplicación de 5'S y TPM .....	97
5.1.4 Costo de la aplicación de Carga de Trabajo .....	98
5.1.5 Costo de la aplicación de SMED .....	98
5.2 Proyección de ahorros e ingresos generados .....	99
5.2.1 Ahorro estimado de Trabajo Estandarizado .....	99
5.2.2 Ahorro estimado de 5'S y TPM.....	99
5.2.3 Ahorro estimado de Carga de Trabajo .....	99
5.2.4 Ahorro estimado de SMED .....	100
5.2.5 Incremento de ganancias por mayor productividad .....	100
5.3 Flujo de caja.....	101
5.4 Impacto Económico .....	102
<b>CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
6.1 Conclusiones .....	103
6.2 Recomendaciones.....	105
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>110</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Procesos y operaciones .....	5
Figura 1.2 Balance de Línea .....	7
Figura 1.3 Formato Diagrama causa-efecto .....	11
Figura 1.4 Elementos de Mapa de Flujo de Valor .....	13
Figura 1.5 Cálculo de la OEE.....	18
Figura 1.6 Diagrama de Waterfall .....	21
Figura 2.1 Organigrama general de la empresa ABC .....	25
Figura 2.2 Macroproceso de la Empresa ABC .....	29
Figura 2.3 Diagrama de Pareto del Volumen de Producción por familia.....	30
Figura 2.4 Flujograma de Plásticos .....	32
Figura 2.5 Flujograma de Ensamblado.....	33
Figura 2.6 Flujograma de Encaje.....	34
Figura 2.7 Layout de zonificación de plumones.....	36
Figura 2.8 DOP de la Fabricación de Plumones .....	39
Figura 3.1 Gráfico de Líneas de los niveles de Producción mensuales.....	42
Figura 3.2 Diagrama de Pareto por producto de la familia de Plumones .....	43
Figura 3.3 Proporción de la demanda insatisfecha .....	44
Figura 3.4 Tiempo de preparación en Inyección.....	46
Figura 3.5 Indicadores Mensuales Promedio por Línea .....	47
Figura 3.6 Comportamiento mensual por Indicador .....	48
Figura 3.7 Mapa de flujo de valor actual.....	52
Figura 3.8 Comportamiento del inventario.....	53
Figura 3.9 Proporción de reprocesos por área .....	54
Figura 3.10 Gráfico de control en Inyección .....	55
Figura 3.11 Gráfico de control en Ensamblado .....	55
Figura 3.12 Gráfico de control en Encajado .....	56
Figura 3.13 Paradas de Máquina en Inyección .....	57

Figura 3.14 Paradas de Máquina en Ensamblado .....	57
Figura 3.15 Paradas de Máquina en Encajado.....	58
Figura 3.16 Diagrama causa-efecto.....	59
Figura 3.17 Análisis 5 porqués de la primera causa.....	60
Figura 3.18 Análisis 5 porqués de la segunda causa .....	60
Figura 3.19 Análisis 5 porqués de la tercera causa.....	61
Figura 4.1 Estructura Lean.....	63
Figura 4.2 Plan de implementación de mejoras.....	67
Figura 4.3 Cronograma de implementación de mejoras.....	68
Figura 4.4 Muestra de Hoja de Trabajo Estandarizado .....	69
Figura 4.5 Organización 5'S.....	72
Figura 4.6 Zonificación 5'S.....	73
Figura 4.7 Tarjeta Roja .....	75
Figura 4.8 Tarjeta Kanban .....	77
Figura 4.9 Tiempo de Paradas de Máquinas en línea MAX 45 .....	83
Figura 4.10 Diagrama de Ishikawa por parada de máquina.....	84
Figura 4.11 Carga de Trabajo en Encajado.....	85
Figura 4.12 Mordaza de sujeción para molde de Inyección .....	90
Figura 4.13 Conexión de toma rápida.....	90
Figura 4.14 Mapa de flujo de valor futuro .....	93
Figura 4.15 Indicadores Waterfall en mejora .....	94
Figura 4.16 Incremento del OEE en Encajado .....	95

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Matriz de Decisión FACTIS.....	12
Tabla 2.1 Turnos y Horarios del Personal de la Planta .....	23
Tabla 2.2 Turnos y Horarios del Personal Administrativo.....	23
Tabla 2.3 Familia de productos representativos .....	28
Tabla 2.4 Volumen de Producción por familia en el año 2019 .....	30
Tabla 2.5 Componentes de un plumón.....	31
Tabla 2.6 Carga de Trabajo en la Línea de Plumones .....	37
Tabla 2.7 Capacidad de maquinaria en base a producción .....	38
Tabla 3.1 Volumen de Producción en la familia de plumones.....	42
Tabla 3.2 Volumen de Producción por producto en el año 2019.....	43
Tabla 3.3 Niveles mensuales en Línea MAX 45 .....	44
Tabla 3.4 Utilización de la maquinaria .....	45
Tabla 3.5 Rendimiento por área .....	46
Tabla 3.6 Especificaciones del producto .....	50
Tabla 3.7 Cálculo del Takt Time .....	50
Tabla 3.8 Matriz de Identificación .....	59
Tabla 3.9 Planteamiento de soluciones .....	61
Tabla 4.1 Matriz FACTIS de priorización.....	65
Tabla 4.2 Matriz de solución FACTIS .....	66
Tabla 4.3 Priorización de propuesta .....	66
Tabla 4.4 Impacto de la aplicación de Trabajo Estandarizado .....	70
Tabla 4.5 Porcentaje de aplicación de las 5'S .....	71
Tabla 4.6 Asignación de roles 5'S .....	72
Tabla 4.7 Responsables 5'S por área.....	74
Tabla 4.8 Resultados aplicación 5'S.....	81
Tabla 4.9 Resultados aplicación Carga de Trabajo .....	86
Tabla 4.10 Componentes de un Molde de Inyección .....	87

Tabla 4.11 Componentes de un Molde de Inyección .....	88
Tabla 4.12 Esquema multiactividades .....	89
Tabla 4.13 Resultados aplicación SMED.....	91
Tabla 4.14 Resultados VSM .....	92
Tabla 4.15 Impacto del OEE .....	95
Tabla 5.1 Costo de H-H .....	96
Tabla 5.2 Costo Trabajo Estandarizado .....	97
Tabla 5.3 Costo 5'S y TPM .....	97
Tabla 5.4 Costo Carga de Trabajo.....	98
Tabla 5.5 Costo SMED .....	98
Tabla 5.6 Ahorro Trabajo Estandarizado .....	99
Tabla 5.7 Ahorro 5'S y TPM.....	99
Tabla 5.8 Ahorro Carga de Trabajo .....	100
Tabla 5.9 Ahorro SMED .....	100
Tabla 5.10 Incremento Productividad .....	100
Tabla 5.11 Flujo de Caja .....	101
Tabla 5.12 Indicadores Económicos.....	101
Tabla 5.13 Impacto Económico .....	102

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Estudio del Trabajo.....	110
ANEXO 2. Estructura de Waterfall .....	114
ANEXO 3. Evidencia 5'S.....	116
ANEXO 4. Focos de Suciedad 5'S .....	119
ANEXO 5. Balance de Línea de Plumones .....	120
ANEXO 6. Análisis de Sensibilidad Económica.....	121



# INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica exige la mejora continua en procesos y esquema organizacional de los grandes actores de la industria peruana, para mantenerse a la vanguardia de la globalización de los mercados. De este modo, el sector de útiles escolares y de oficina en función de sus principales representantes, se encuentra en una etapa de búsqueda de integración de herramientas, métodos que optimicen sus procesos y acceder al canal virtual «e-commerce», reinventando la cadena de suministros con el propósito de hacerla más atractiva para grandes inversionistas, dado su alto potencial de desarrollo.

El objetivo de esta investigación es incrementar la productividad y la rentabilidad de la empresa en estudio, mediante el rediseño de sus procesos centrales aplicando métodos a la vanguardia de las necesidades del mercado y de las entidades participantes del negocio. De esta forma se busca incrementar su competitividad respecto a otras empresas manufactureras del mismo rubro.

En el primer capítulo, se describen todos los conceptos necesarios para la comprensión del proyecto desde una breve reseña de antecedentes basados en casos similares al propuesto, fundamentos teóricos aprendidos a lo largo de la carrera, y la búsqueda de conceptos bibliográficos adecuados para el caso en estudio.

En el segundo capítulo, se presenta una descripción a detalle de la empresa, como su infraestructura, organigrama y funciones, y rubro de negocio. Así como, un diagnóstico de la situación actual de la empresa, cuál es la familia de producto de mayor impacto económico y las métricas utilizadas en producción.

En el tercer capítulo, se analiza el producto principal dentro de la familia escogida en la sección anterior, identificando mermas, tiempos muertos y restricciones en el modelo actual que no cumplen con las metas empresariales. Se culmina el capítulo evaluando soluciones mediante la selección de los problemas críticos, a trabajar en el siguiente apartado.

En el cuarto capítulo, se desarrollan los escenarios planteados previamente, identificando aquel que se adecue mejor a las necesidades de la empresa, visualizando el impacto mediante gráficas e indicadores.

En el quinto capítulo, se evalúa el impacto económico de la propuesta de mejora en función a la implementación de herramientas que se adecuen a las necesidades del negocio, demostrando la importancia de su aplicación versus los costos derivados, mediante indicadores económicos y un análisis de sensibilidad de principales componentes.

En resumen, se presentan las conclusiones obtenidas durante el período de tiempo de la investigación, un balance de fortalezas y debilidades, así como recomendaciones para posicionar a la empresa en el mercado.



# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En este primer capítulo se presenta la descripción de los fundamentos teóricos a utilizar en el presente trabajo. En primer lugar, se detallará los antecedentes de otros estudios similares al proyecto 'in situ'. Después, se especifican las metodologías necesarias a aplicarse en el proyecto.

## 1.1 Antecedentes

Como parte de la investigación de fuentes confiables que guarden relación con el presente estudio; a continuación, se describen casos en los cuales se han desarrollado mejoras en el sector de útiles escolares y de oficina.

### a) Simulación de la producción de una línea de ensamblaje de bolígrafos.

Según Atoche et al. (2014), en el presente artículo se muestra el uso de la teoría de colas para simular la producción de la línea de ensamblaje del bolígrafo 032.

El desarrollo del modelo se realizó en dos etapas, pues al contar el área con 7 máquinas ensambladoras que trabajan de forma independientemente. Se planteó simular independientemente la producción cada una de las máquinas aplicando un modelo M/M/1 y luego integrar todas para obtener la simulación de toda el área de ensamble mediante un modelo M/M/1/DG/7/7 para obtener valores de producción y tiempos de paradas de cada máquina.

Luego, con la ayuda de indicadores de producción ideal, no realizada y real se realizó la comparación de los resultados de la simulación con la producción real, mostrando valores similares a los niveles promedio actuales del proceso de ensamble para cada máquina ensambladora; por lo tanto, los autores concluyen que el modelo de simulación puede tener diversos usos tales como proyectar los requerimientos de insumos de producción para el ensamble; cantidad de cuerpos, minas, botones, tapas, cintas y otros, administrar los recursos de mantenimiento de la empresa; técnicos de mantenimiento por turno, insumos de mantenimiento y piezas de recambio, incluso si se tiene variaciones en la tasa de producción de las máquinas ensambladoras o en la frecuencia y tiempos promedio de parada.

## **b) Formulación y estudio preliminar en las tintas de plumones de punta fina.**

Según Izzo et al. (2015), en el presente artículo se muestra el uso de reacciones químicas para analizar la composición de la tinta de plumones de punta fina.

Los componentes de la tinta fueron analizados mediante: «espectrometría fluorescente por rayos x (XRF), espectrometría infrarroja por la transformada de Fourier (FTIR) y una resonancia magnética nuclear (NMR)». En suma, se busca captar el comportamiento de las longitudes de onda de los colores sometidos a un tratamiento acelerado de foto degradación.

En concreto, el estudio verifica los supuestos de que tinta de mayor calidad resiste mejor el tratamiento; no obstante, igual sufre una descomposición del color, con ciertas excepciones como el azul, por lo cual se desarrollan métodos conservadores que permitan mantener los colores la separación de los colores equilibrados y así los artistas continúen utilizando estos elementos en sus dibujos y escrituras.

## **1.2 Fundamentos**

En esta etapa se busca brindar conceptos generalizados de Ingeniería para la aplicación de los mismos en el caso de estudio, se profundizará en metodologías de mejora.

### **1.2.1 Proceso**

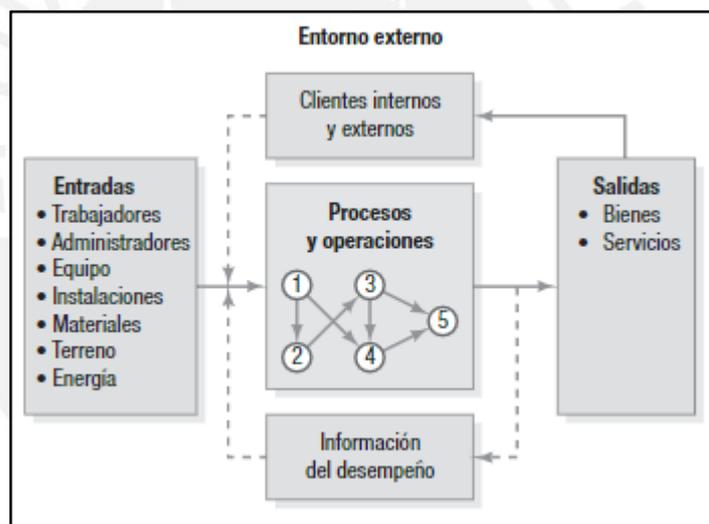
Según Krajewski (2013), un proceso puede tener su propio conjunto de objetivos, involucrar un flujo de trabajo que va más allá de las fronteras departamentales o áreas y requerir recursos de varias áreas, por lo cual da una perspectiva más relevante sobre la manera en la que trabaja una empresa, ya que la efectividad de una organización solo es tan buena como la efectividad de sus procesos.

En la figura 1.1 se muestra como se trabajan los procesos. Las entradas pueden incluir la integración de recursos humanos (trabajadores y administradores), materiales y servicios comprados, terreno, energía y principalmente capital (equipo e instalaciones). Las flechas representan patrones de flujo los cuales son distintos según los requerimientos de un trabajo o cliente.

Asimismo, los procesos proporcionan salidas para los clientes, las cuales pueden ser de servicios o productos tangibles.

Los clientes pueden clasificarse en clientes externos, usuarios finales o intermediarios que compran un servicios o productos terminados a la empresa dependiendo de su rubro y clientes internos, empleados en una empresa cuyas entradas a los procesos son salidas de procesos anteriores dentro de la empresa.

De manera similar, el papel de los proveedores es sumamente importante en una organización pues cada proceso y persona dependen de ellos, de modo que hay proveedores externos, negocios o individuos que proporcionan recursos, servicios, productos y materiales para satisfacer las necesidades a corto y largo plazo de la empresa y los proveedores externos, que pueden ser empleados o procesos que proporcionan información o materiales importantes.



**Figura 1.1 Procesos y operaciones**

Fuente: Krajewski (2013)

### 1.2.2 Estudio de Métodos

Según la OIT (2010), el estudio de métodos es el registro, análisis y examen crítico sistemático de los modos existentes y propuestos de llevar a cabo un trabajo, el desarrollo y la aplicación de los métodos más sencillos y eficientes.

Las etapas del estudio de métodos son:

- Seleccionar el trabajo.
- Registrar los hechos.

- Examinar los hechos registrados.
- Desarrollar el método más práctico, económico y eficaz.
- Adoptar este nuevo método como práctica uniforme.
- Mantener el nuevo método.

Una herramienta a utilizar dentro del estudio de métodos es el «diagrama de operaciones (DOP)». El diagrama de operaciones indica la sucesión de todas las operaciones e inspecciones incluidas dentro del proceso, con indicación de los puntos de entrada de los materiales.

Las operaciones ocurren cuando un objeto está siendo modificado en sus características, preparándose para otra operación o agregando valor, el símbolo que representa una operación es el círculo. Las inspecciones ocurren para asegurar que el producto en proceso o terminado cumpla con los requisitos establecidos, el símbolo que lo representa es el cuadrado.

### **1.2.3 Balance de Línea**

Según Maynard (2005), el estudio del balance de línea permite sincronizar los puestos y estaciones de trabajo con el fin de optimizar la productividad de la organización, reduciendo los inventarios en proceso y equilibrar la carga de trabajo minimizando las esperas entre puestos de trabajo.

Meyers (2006) afirma que, los pasos a seguir para la correcta implementación de la herramienta son:

- Medición del tiempo estándar por operación y jornada dentro de la línea
- Análisis de la demanda periódica y tiempo disponible en la línea
- Cálculo de la productividad y ajuste del tiempo estándar
- Cálculo de la cadencia de línea
- Evaluación del número de puestos requerido
- Programación de funciones según estudio

En la figura se muestra una plantilla de balance de línea a utilizar en la investigación.

PROCESO DE LÍNEA	TE (min)	Productividad	TE' (min)	Operaciones	Tiempo disponible (min)	Cadencia	N° Operarios	N° Operarios Ajustado	TE'' (min)
Turno 1									
Turno 2									
Turno 3									

**Figura 1.2 Balance de Línea**

Fuente: Meyers (2006)

#### 1.2.4 Mapa de procesos

Según Pardo (2012), un mapa de procesos es la representación gráfica que define y refleja la estructura y relación de los distintos procesos dentro de un sistema de gestión en la organización, para lo cual es primordial identificar correctamente los procesos que intervienen.

Cabe resaltar que todo procedimiento puede ser descrito mediante un diagrama o mapa de procesos, desde una empresa manufacturera hasta una empresa de servicios, es decir, permite contar con una perspectiva global donde se transforman los elementos de entrada aportando valor para el usuario final.

Es importante no confundir «procesos y procedimientos», pues el proceso busca satisfacer una necesidad implícita; mientras que, el procedimiento es la manera específica de cómo realizar o ser parte de un proceso.

Además, el autor señala que existe una jerarquía dentro del mapa de procesos, y sus elementos a utilizar en el proyecto son:

- **Macroproceso:** Es el conjunto de procesos interrelacionados de la organización que ayudan a cumplir con la misión de la empresa. Estos procesos son estratégicos, operativos y de soporte.
- **Procesos:** Es el conjunto de actividades interrelacionadas de un proceso determinado que transforman entradas en salidas con valor agregado para los usuarios.
- **Actividades:** Es el conjunto de tareas interrelacionadas que garantizan el resultado esperado del proceso.

## **1.3 Herramientas de calidad**

Desde los años 50, la revolución de la calidad implementada por Edwards Deming en Japón y, posteriormente en América, generó un impacto en las grandes industrias invirtiendo grandes sumas en incorporar metodologías de calidad en sus compañías, a lo largo de los años, las herramientas de calidad se han ido perfeccionando, por lo cual se muestra una descripción de aquellas que serán utilizadas en el proyecto.

### **1.3.1 Diagrama de flujo**

En el proyecto actual haremos uso de «flujogramas» o «diagramas de flujo». Según Montgomery (2005), esta representación se basa en el empleo de diferentes símbolos que representan operaciones específicas, normalmente dichas operaciones se interconectan con flechas describiendo la trayectoria que sigue un producto o servicio, así como a las personas y los recursos que lo constituyen.

Esta herramienta utiliza símbolos conforme a la norma “ANSI”; de esta manera, el descifrado de un «diagrama de flujo» es simple. Los símbolos empleados para el desarrollo de un flujograma son los siguientes:

- Óvalo: Representa el inicio y fin del proceso analizado en un flujograma.
- Rectángulo: Representa un evento; son las actividades que realiza el proceso y sigue una secuencia determinada.
- Flecha: Símbolo que representa la trayectoria y el sentido del proceso que se ejecuta en el flujograma.
- Rombo: Símbolo que representa una etapa crítica que condiciona el proceso a desarrollarse. Al final de este se presentan dos opciones como respuesta a la interrogante planteada.

### **1.3.2 Diagrama de Pareto**

Según Arias (2011), el «diagrama de Pareto» es una gráfica en la que se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas, de tal manera, que se pueda designar un orden de prioridades.

Entonces en el diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del «principio de Pareto», acá explica que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves.

Adicionalmente, esta herramienta se utiliza para:

- Cuando existen múltiples problemas o causas y se requiere determinar cuál es el más significativo.
- Analizar la frecuencia de los factores que requieren principal atención.
- Según Escalante (2014) para elaborar un diagrama de Pareto se deben seguir los siguientes pasos:
  - ✓ Determinar las categorías de Pareto para el gráfico.
  - ✓ Definir un intervalo de tiempo significativo para el análisis.
  - ✓ Determinar el total de ocurrencias por cada categoría y el total general.
  - ✓ Calcular el porcentaje que representa cada categoría del total.
  - ✓ Ordenar de mayor a menor en base a la cantidad de ocurrencias de cada actividad.
  - ✓ Calcular el porcentaje acumulado de cada categoría.
  - ✓ Elaborar un cuadro con dos ejes verticales. En el eje izquierdo se representarán las ocurrencias y en el derecho el porcentaje acumulado.
  - ✓ Ubicar en el eje horizontal las categorías respectivas.
  - ✓ Observar que las categorías que se encuentran más pegados al eje vertical izquierdo representan el mayor porcentaje acumulado.

### **1.3.3 Diagrama de control**

Según Escalante (2014), los diagramas de control son herramientas estadísticas que muestran el comportamiento de un proceso en un período de tiempo respecto a una característica con el propósito de evaluar, controlar y mejorar procesos.

Concretamente los gráficos de control se utilizan:

- Para mantener el desempeño de un proceso al establecer un indicador que permita medir su tiempo de ajuste.
- Para mejorar el desempeño de un proceso al dar indicaciones sobre las posibles causas de variación.
- Para evaluar el desempeño de un proceso por medio de estudios de capacidad.

Existen dos tipos de gráfico de control:

- Gráfico de control para atributos: Son utilizados para medir características discretas, es decir, medibles sobre una escala de valores puntuales.  
Por ejemplo: número de artículos defectuosos teniendo tipos como: «gráfica “P”»; gráfica “NP”»; gráfica “C” y gráfica “U”».
- Gráfico de control para variables: Son utilizadas para controlar características de calidad medibles en una escala continua.  
Por ejemplo: altura, diámetros, longitudes. Un tipo de gráfica común es el de medias y desviación estándar.
- Para evaluar el desempeño de un proceso por medio de estudios de capacidad.

Respecto al gráfico “NP”, se basa en el número de unidades disconformes en lugar de la fracción disconforme, también conocido como: «gráfica para el número de piezas defectuosas y los límites de control». Se puede hallar la proporción media de la siguiente manera:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^m di}{mn}$$

$$LCS = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LC = np$$

$$LCI = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

#### 1.3.4 Diagrama causa-efecto

Según Salazar (2015), la variabilidad de una característica de calidad es un efecto o consecuencia de múltiples causas, por ende, al observar alguna inconformidad con alguna característica de la calidad de un producto o servicio, es sumamente importante detallar las posibles causas de la inconsistencia. De manera que, se utilicen herramientas que brinden un panorama general de las causas que aquejan los problemas estudiados.

Para Escalante (2014), el «diagrama de causa-efecto», conocido como «diagrama de Kaoru Ishikawa» -por la persona que le dio origen-, muestra las posibles causas sobre un problema en específico. También, se detalla que dicho diagrama pueda

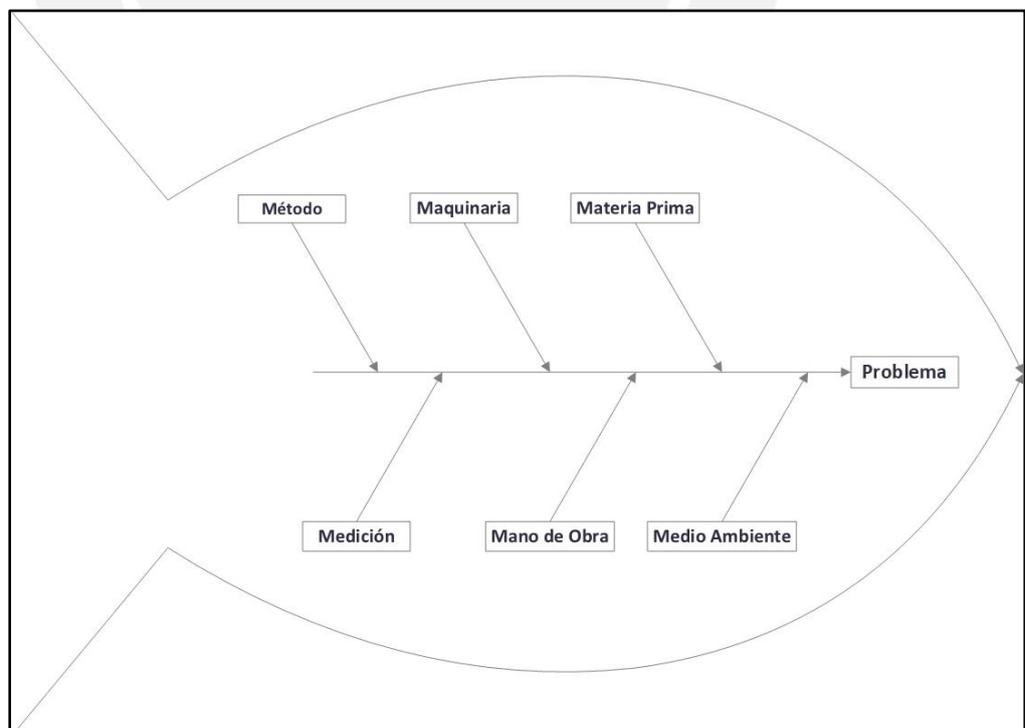
estar ligado con uno o más factores catalogados como las “6M” que son las siguientes:

- Máquina y Equipos: Elementos que permiten la elaboración de un producto.
- Medio Ambiente: Condiciones de lugar de trabajo.
- Mano de Obra: Personal que realiza cada proceso en la empresa.
- Métodos: Procedimientos que se realizan en el proceso productivo.
- Medición: Elemento utilizado para evaluar los procesos y productos.
- Materia Prima: Material necesario para la fabricación de un producto.

Asimismo, según Tague (2005), para elaborar correctamente un «diagrama causa-efecto», se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Acordar un problema a evaluar (efecto).
- ✓ Realizar un “Brainstorming” de la mayor cantidad de causas del problema previamente definido.
- ✓ Organizar las posibles causas en base a los factores de las “6 M”.
- ✓ Construir el diagrama de pescado organizándolo respecto a lo previamente mencionado.

En la figura 1.3 se muestra el Diagrama causa-efecto a utilizar:



**Figura 1.3 Formato Diagrama causa-efecto**  
Fuente: Escalante (2014); elaboración propia

### 1.3.5 Método de los 5 porqués

Según Tague (2005), el «diagrama de los 5 porqués», permite identificar la causa raíz de los problemas evaluados. Además, el método ayuda a reconocer el entorno donde ocurren los problemas y su relación con las causas.

Para el desarrollo del método se deben seguir los siguientes pasos:

- Establecer un problema cuya causa raíz se necesite encontrar.
- Empezar con la serie sucesiva de preguntas: «¿Por qué?».
- Cuando ya no se puede contestar una pregunta, se llega a la causa raíz del problema.

### 1.3.6 Matriz de Decisión FACTIS

Según Tague (2005), una matriz de decisión evalúa y prioriza una lista de opciones. Primero, el equipo de evaluación establece los criterios de la matriz y le otorga un determinado peso para así poder evaluar cada opción de los criterios. El objetivo principal de esta herramienta es encontrar la opción u opciones más viables y con mayor peso de ponderación. Entonces, los pasos a seguir para realizar una identificación son los siguientes:

- Definir la ponderación de la matriz:

Tabla 1.1 Matriz de Decisión FACTIS

MATRIZ FACTIS				
Criterios de Selección			Ponderación (Peso)	
<b>F</b>	Facilidad para solucionarlo			1-6
	<b>1: Difícil</b>	<b>2: Fácil</b>	<b>3: Muy Fácil</b>	
<b>A</b>	Afecta a otras áreas su implementación			1-6
	<b>1: Nada</b>	<b>2: Medio</b>	<b>3: Sí</b>	
<b>C</b>	Mejora la calidad			1-6
	<b>1: Poco</b>	<b>2: Medio</b>	<b>3: Mucho</b>	
<b>T</b>	Tiempo que implica solucionarlo			1-6
	<b>1: Largo plazo</b>	<b>2: Medio plazo</b>	<b>3: Corto plazo</b>	
<b>I</b>	Inversión requerida			1-6
	<b>1: Alta</b>	<b>2: Media</b>	<b>3: Baja</b>	
<b>S</b>	Mejora la seguridad industrial			1-6
	<b>1: Poco</b>	<b>2: Medio</b>	<b>3: Mucho</b>	

Fuente: Tague (2005); elaboración propia

- Otorgar un peso a cada opción (1-3).
- Realizar una multiplicación entre el peso otorgado a cada opción y el peso de cada criterio.
- Elegir la opción con mayor peso obtenido.

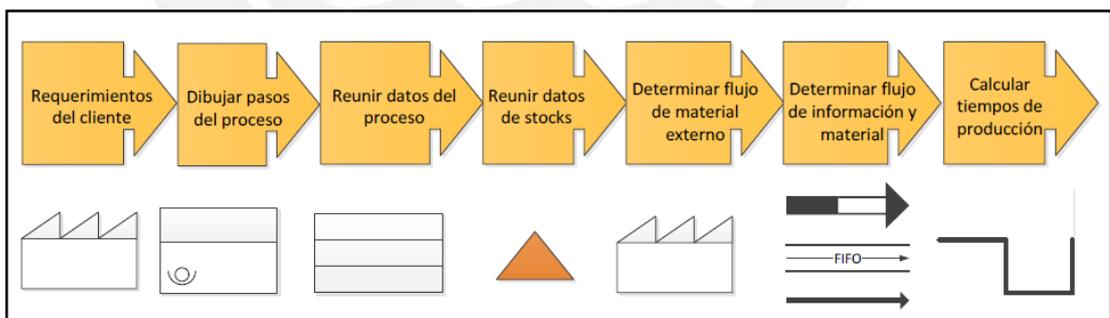
## 1.4 Herramientas Lean Manufacturing

Como parte del estudio se busca eliminar aquellos procesos que no agregan valor, así como reducir al mínimo los desperdicios se cuenta con una serie de herramientas, cuyo objetivo es mejorar las operaciones.

### 1.4.1 Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping)

Según Manuel Rajadell y José Sánchez (2010), «Value Stream Mapping» son todas las actividades fundamentales en un negocio necesarias para diseñar, producir un producto y entregarlo al cliente final, presentadas en un gráfico que permite visualizar el flujo de información de la planeación, desde la orden de pedido del cliente o desde que se genera la producción y el flujo de materiales, el cual involucra todos los procesos requeridos para la producción hasta la posterior entrega al cliente.

Para McKinsey (2008), el «mapeo de flujo de valor» se puede realizar en siete pasos como se muestra en la figura 1.4:



**Figura 1.4 Elementos de Mapa de Flujo de Valor**

Fuente: McKinsey (2008)

A continuación, se detalla cada uno de los siete pasos:

- **Requerimientos del cliente:** Dibujar ícono de cliente/proveedor en la parte superior derecha de la hoja y a su izquierda un cuadro con información resaltante del cliente como demanda del periodo, cronograma de entregas, etc.
- **Dibujar pasos del proceso:** Representar la secuencia de procesos necesarios para transformar la materia prima en producto terminado con íconos de proceso.

- Reunir datos del proceso: Debajo de cada icono de proceso dibujar un icono de datos y agregar información resaltante del proceso como tiempo de ciclo, OEE, descartes, tamaño de lote, cantidad de operarios, cantidad de turnos, etc.
- Reunir datos de stocks: Dibujar ícono de inventario de materia prima (MP), trabajo en curso (PP) y productos terminados (PT) en donde suceda y calcular la equivalencia de dicho volumen en días.
- Proveedor: Dibujar ícono de cliente/proveedor en la parte superior izquierda de la hoja y a su derecha un cuadro con información resaltante del proveedor como frecuencia de entrega, frecuencia de pedidos urgentes, entregas por avión, inspección al ingreso, etc.
- Determinar flujo de información y material: Diagramar el flujo de material (push o pull) e información (manual o electrónica) desde cliente a proveedor y proveedor a cliente.
- Calcular tiempos de producción: Dibujar línea de tiempo debajo de los íconos de datos, colocando el tiempo de producción de cada proceso y el tiempo de entrega entre un proceso y otro. Cabe acotar que, ambos datos deben tener la misma unidad de tiempo.

#### **1.4.2 Trabajo Estandarizado**

Según Rajadell (2010), el trabajo estandarizado hace referencia al conjunto de procedimientos, haciendo posible un trabajo uniforme por parte de los operarios y colaboradores de una organización. Con el fin de obtener altos niveles de productividad, calidad y seguridad.

Del mismo modo que Gonzales (2007), recomienda el uso del «Método de las 3 etapas de la enseñanza», que garantiza el aprendizaje eficiente de los procesos en cada área de trabajo. A continuación, se presentan las 3 etapas a seguir:

- Explicación teórica de la operación: Consiste en brindar información detallada de las operaciones a realizar, absolviendo consultas pertinentes y haciendo énfasis en el propósito de la herramienta para probar el conocimiento de los operarios.

- Puesta en práctica: Explicación práctica del proceso, señalando los puntos críticos y finalidad de este poniendo a prueba las habilidades de ejecución de los operarios.
- Verificar lo enseñado: Se elige a un auxiliar a cargo del grupo, mediante un control previo de sus habilidades, para que pueda absolver las dudas del equipo y verificar el conocimiento adquirido.

### **1.4.3 Metodología 5'S**

Myers (2012), define las «5'S» como un programa de apoyo a las empresas, desarrollado en Japón, que permite redefinir sus procesos mediante la aplicación de herramientas de orden, limpieza, detección de anomalías en los puestos de trabajo. De este modo, al describir una organización sus procesos con cero defectos y anomalías se ajusta a la implementación de las «5'S».

Según Aldavert (2016), el objetivo general de la aplicación de las «5'S» es crear valor tangible a los activos de la organización mediante un instrumento ágil, sencillo y efectivo para iniciar el cambio hacia una cultura de mejora continua y excelencia.

Asimismo, los objetivos específicos son el aumento de la productividad, reducción de costos, elevar la motivación y satisfacción del trabajador y aumentar la calidad del bien o servicio.

Los pasos en la aplicación de las «5'S» son:

- Seiri - Clasificar: Se enfoca en segregar los elementos relevantes para el proceso de los innecesarios, de modo que, aumente la seguridad en el puesto de trabajo, se libere espacio útil y se mejore el control visual sobre los equipos y documentos.
- Seiton - Ordenar: Consiste en ordenar los componentes previamente clasificados para fácilmente de ubicarlos y regresarlos a su lugar respectivo. Está basado en la premisa de "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".
- Seiso - Limpieza: Se busca mantener una limpieza total en el puesto de trabajo. La correcta implementación de esta herramienta permite reducir la probabilidad de la ocurrencia de accidentes e incrementar la vida útil en el área.

- Seiketsu - Estandarizar: Reside en establecer estándares de trabajo para mantener el área organizada a través de los procedimientos anteriormente mencionados y las buenas prácticas de limpieza en el puesto de trabajo.
- Shisuke - Disciplina: Se establecen objetivos claros y específicos del área en un horizonte de tiempo, para luego ser comparados respecto a la implementación actual de la metodología y verificar el trabajo de la mejora continua en la zona.

#### **1.4.4 SMED (Single Minute Exchange of Die)**

*Single Minute Exchange of Die* es una metodología implementada por Shigeo Shingo en los años 1950, en función a los requerimientos de producción de lotes de distinto tamaño para cumplir con la demanda de los clientes. Esta herramienta permite reducir al máximo los tiempos de cambio de formato o producto en nuestro proceso de producción, estandarizando y simplificando operaciones.

Según Shingo (1990), los cambios de preparación de máquina se dividen en dos etapas:

- IED (Preparación Interna): Son aquellas operaciones que solo pueden efectuarse cuando la máquina se encuentra parada.
- OED (Preparación Externa): Son aquellas operaciones que se pueden efectuar con la máquina en ejecución, es decir, tiempo de inactividad cero.

Según Felizzola y Amaya (2014), el cambio rápido es clave para reducir tamaño de los lotes de producción y mejorar el flujo. Los pasos para el procedimiento de preparación son los siguientes:

1. Identificar el cambio crítico: Se identifica el cuello de botella y se efectúa un estudio sobre la operación.
2. Separar actividades externas e internas: Segregar según la naturaleza de la actividad y en simultáneo tomar muestras sobre el tiempo de cada operación.
3. Convertir actividades internas en externas: Se determina una manera de convertir actividades internas en externas, disminuir los tiempos ociosos.

4. Simplificar las actividades externas e internas: Se debe ajustar aquellas actividades relevantes y eliminar las irrelevantes mediante un mejor control de tiempos o inversión en equipo, diseño de máquina.
5. Documentar y estandarizar: Se debe garantizar la vigencia de los documentos con la finalidad de mantener las mejoras y encontrar nuevas oportunidades.

#### **1.4.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Según Cuatrecasas y Torrell (2010), el objetivo de esta metodología es maximizar la eficiencia global de los equipos, mejorar el rendimiento de los equipos y promueve el mantenimiento autónomo realizado por los operarios. La meta del «TPM» es cero averías y cero defectos para reducir costes, stocks intermedios y finales e incrementar las tasas de operación.

Según Rey (2001) los objetivos más resaltantes del «TPM» son los siguientes:

- Utilización correcta de los equipos.
- Capacitación y entrenamiento del personal.
- Reducir las averías y defectos en los equipos.
- Control de la precisión de equipos y herramientas.
- Reducir tiempos de espera y preparación de equipos.

Los pilares del «TPM», tienen como finalidad la mejora continua del sistema productivo de la organización. De esta manera, se desarrollan cinco pilares fundamentales en la filosofía de cero averías y defectos:

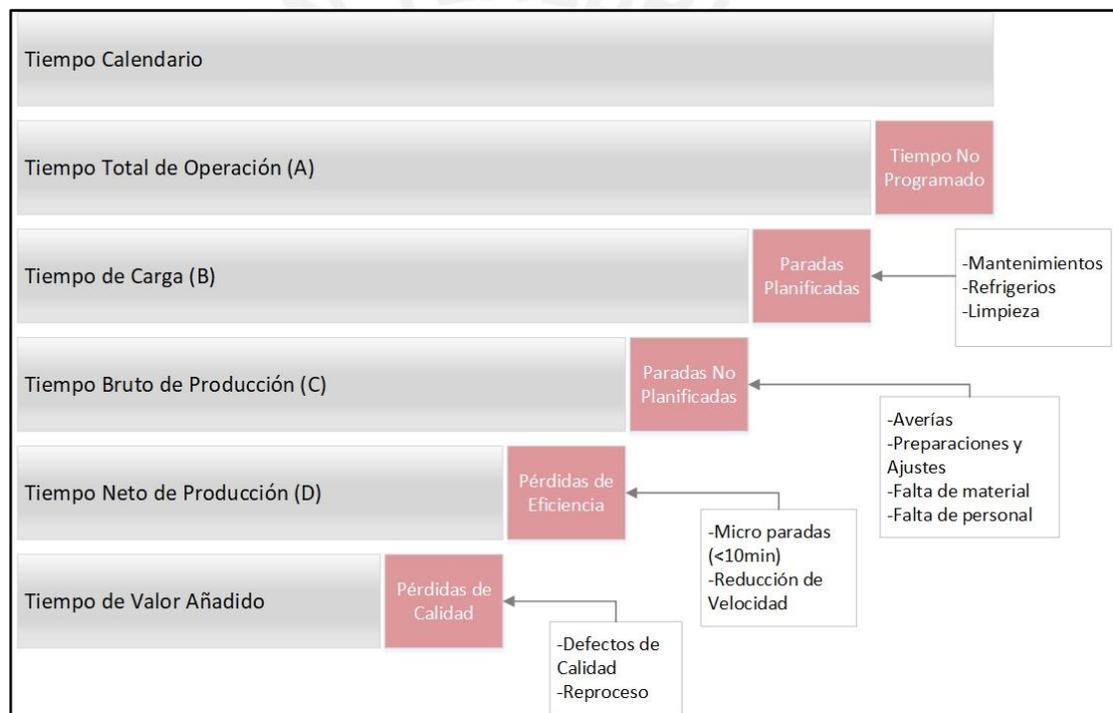
1. Implantación de un sistema que mejore el OEE por medio de la eliminación de desperdicios.
2. Implantación de un mantenimiento autónomo a través de actividades rutinarias de limpieza, lubricación y apriete llevado a cabo por los operarios de producción.
3. Implantación de programa de mantenimiento planificado, preventivo y predictivo para mejorar la tecnología y capacidad de mantenimiento.
4. Establecimiento de un sistema de prevención del mantenimiento en la fase de implementación de nuevos equipos reduciendo costos y necesidades.

5. Implantación de planes de capacitación y formación para el entrenamiento del personal de producción y mantenimiento.

Adicionalmente, involucra mejoras en el mantenimiento preventivo y predictivo, que permite una medición continua del desempeño del sistema mediante el indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), el cual incluye la eficiencia, disponibilidad de los equipos y calidad como elementos de medición para obtener un incremento de la producción y reducción de los desperdicios.

$$OEE = Disponibilidad \times Tasa \ de \ Rendimiento \times Tasa \ de \ Calidad$$

Se debe considerar los tiempos que se ven en la figura 1.5 con la finalidad de conseguir un indicador eficaz.



**Figura 1.5 Cálculo de la OEE**

Fuente: McKinsey (2008)

Por consiguiente, se explica cada tiempo del diagrama:

- Tiempo calendario: Total de tiempo en horas para un mes laboral.
- Tiempo Total de Operación: Resultado de la diferencia entre el tiempo calendario y el tiempo de no demanda.

- **Tiempo de Carga:** Tiempo planificado para producir. Se descuentan las paradas planificadas como mantenimiento, descansos, limpieza, entre otros, al tiempo total de operación.
- **Tiempo Bruto de Producción:** Tiempo en que se descuentan las paradas no planificadas como averías, preparaciones o ajustes, falta de materiales, entre otros, al tiempo de carga.
- **Tiempo Neto de Producción:** Se eliminan las pérdidas de eficiencia como las micro paradas y velocidad reducida, al tiempo bruto de producción.
- **Tiempo de Valor Añadido:** Tiempo resultante del descuento de los reprocesos y productos defectuosos al tiempo neto de producción.

De este modo, es posible calcular los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad a través de las siguientes fórmulas:

$$\text{Tasa de Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo bruto de producción}}{\text{Tiempo de carga}}$$

$$\text{Tasa de Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo neto de producción}}{\text{Tiempo bruto de producción}}$$

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo neto de producción}}$$

#### 1.4.6 Kanban

Según Liker (2011), el término «Kanban» es una herramienta de control de los suministros y demanda de una línea o puesto de trabajo, en relación con una buena interacción entre el flujo de información entre procesos, para ello es necesario la implicación tanto del cliente como del proveedor de comunicarse asertivamente y por parte de los miembros del equipo sincronizar correctamente la producción en función a los lotes y el tiempo de proceso.

Existen diversos tipos de «Kanban» que pueden ser utilizados en una organización en función de su rubro de negocio y necesidad, entre los más representativos están:

- Kanban de transporte: Utilizado cuando se traslada un producto.
- Kanban urgente: Emitido en caso de escasez de un material
- Kanban de emergencia: Cuando se producen circunstancias insólitas, que si no son atacadas en el momento generan grandes pérdidas de producción.

Para determinar el número de tarjetas Kanban a utilizar se emplea la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ Kanban} = \frac{TC \times FS \times DD}{TL}$$

En donde:

TC: Tiempo de ciclo para la orden

FS: Factor Seguridad

DD: Demanda diaria de unidades

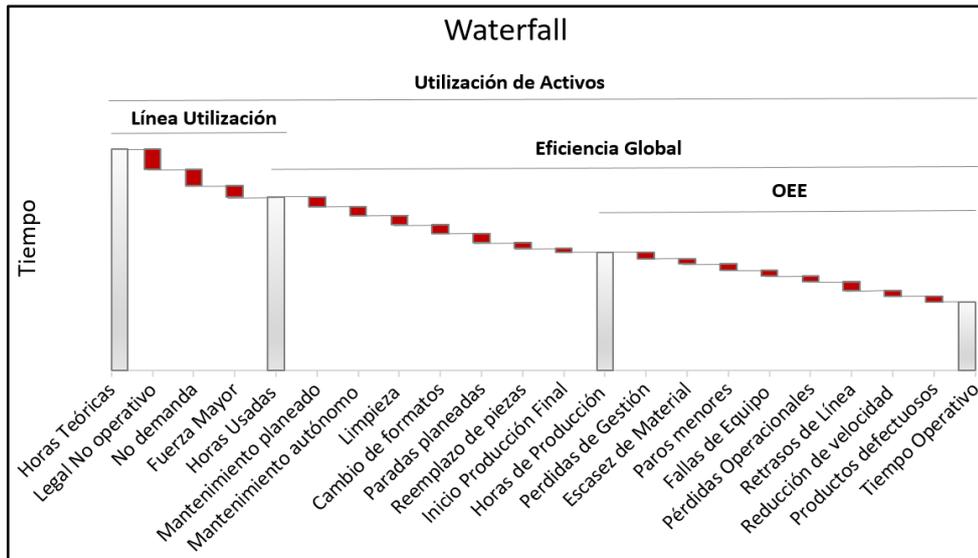
TL: Tamaño de Lote

#### 1.4.7 Estructura Waterfall

La metodología «Waterfall structure», inventada por McKinsey & Company, surge de la necesidad de presentar resultados financieros; no obstante, se ha ido adaptando a diversos sectores económicos, siendo una herramienta dinámica y de fácil uso en el negocio. Dentro del área de producción, permite generar indicadores respecto al manejo de los tiempos por línea y área de manufactura.

Según Rasiel (1999), el «diagrama de Waterfall» nació por la precariedad de brindar reportes de impactos sencillos y dinámicos que los directores de una empresa puedan comprender fácilmente, visualizando las salidas por columna. En la figura 1.6 se muestra un «diagrama de Waterfall» orientado a producción.

Se puede apreciar que el «diagrama de Waterfall» abocado a una empresa de manufactura, tiene 22 criterios que a su vez se dividen en indicadores, para complementar la gráfica con registros numéricos que miden la gestión de la organización.



**Figura 1.6 Diagrama de Waterfall**

Fuente: McKinsey (2008)

Los indicadores son los siguientes:

- Utilización de activos (AU): Se calcula como el ratio del tiempo operativo en producción entre las horas teóricas, tiempo máximo disponible en la línea. Este indicador brinda un soporte a la compañía en la reducción de costos.

$$AU = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Horas Teóricas}}$$

- Línea Utilización (LU): Se calcula como la diferencia de las horas teóricas y las horas que no se trabajan por ley, tiempos de fuerza mayor, escasez de demanda, al tiempo máximo disponible.

$$LU = \frac{\text{Horas Usadas}}{\text{Horas Teóricas}}$$

- Eficiencia Global (GE): Se calcula como el ratio entre el tiempo operativo y las horas usadas y permite medir del porcentaje de utilización por capacidad de línea.

$$GE = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Horas Usadas}}$$

- OEE: Se calcula como el ratio entre el tiempo real de la operación y las horas utilizadas para producción. Este indicador otorga la eficiencia de los equipos utilizados durante el proceso de conversión.

$$OEE = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Horas de Producción}}$$

## **CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA**

El presente capítulo desarrollará un enfoque descriptivo de la empresa en estudio mediante un diagnóstico completo del sistema actual y productos que comercializa.

### **2.1 Perfil Organizacional**

La empresa ABC se dedica a la fabricación de útiles escolares y de oficina. Inició operaciones el 01 de agosto del 2005 y ha ido ampliando su portafolio de productos, gracias a sus directivos y colaboradores. En la actualidad, produce una gran variedad de artículos escolares y de oficina para mercado local y extranjero; además, la alta gerencia constantemente se encuentra evaluando posibles cambios que puedan ocurrir en el mercado globalizado.

El principal objetivo de la empresa ABC, es satisfacer las expectativas de calidad y seguridad de sus consumidores, basando los procesos productivos en normas y regulaciones internacionales. También, la empresa se encuentra comprometida con el medio ambiente, y trata de minimizar el impacto ambiental mediante el reciclaje de residuos y optimizando procesos para reducir el consumo de energía.

- Misión

“Sostener una ventaja competitiva mediante seguridad, calidad y la protección del medio ambiente, desde el concepto hasta el consumidor final, escolares y oficinistas”.

- Visión

“Mantener el crecimiento sostenible y provechoso ampliando la oferta de productos, que ofrecemos y a mercados que servimos, adaptar los productos a los deseos de nuestros clientes satisfaciendo las expectativas”.

- Valores

- ✓ Orientación al cliente: Se ofrece productos confiables y seguros para el usuario final
- ✓ Responsabilidad Ambiental: Utiliza materiales 100% reciclables en los envases y cajas, además se evalúa constantemente la toxicidad de los productos y se trata de minimizar los residuos.

- ✓ Seriedad y Cumplimiento: Se provee las condiciones justas y necesarias, en cumplimiento con las leyes y regulaciones aplicables.

### 2.1.1 Sector y Actividad Económica

Según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), utilizada por los países miembros de las Naciones Unidas para registrar datos según el tipo de actividad económica que realizan, la empresa en estudio desarrolla las actividades número: «36996: Otras industrias manufactureras ncp»; «22214: Actividades de impresión» y «4923: Transporte de carga por carretera».

### 2.1.2 Condiciones Laborales

Es importante establecer la jornada laboral y los turnos de trabajo de los operarios y de los cargos administrativos dentro de la planta, lo cual puede variar según la necesidad de cada unidad orgánica, por ejemplo, en temporada escolar los niveles de producción aumentan optando por horas extra o subcontratación. En la tabla 2.1 y 2.2 se visualizan los turnos y horarios de la empresa ABC.

**Tabla 2.1 Turnos y Horarios del Personal de la Planta**

<b>HORARIO DE PLANTA</b>		
	<b>DIURNO</b>	
DE LUNES A SABADO	07:00	A 15:45
REFRIGERIO TURNO 1	11:45	A 12:30
REFRIGERIO TURNO 2	12:30	A 13:15
	<b>NOCTURNO</b>	
DE LUNES A SABADO	22:15	A 07:00
REFRIGERIO	23:00	A 23:45

**Tabla 2.2 Turnos y Horarios del Personal Administrativo**

<b>HORARIO DE ADMINISTRACIÓN</b>		
	<b>DIURNO</b>	
DE LUNES A VIERNES	07:30	A 17:45
REFRIGERIO	13:15	A 14:00

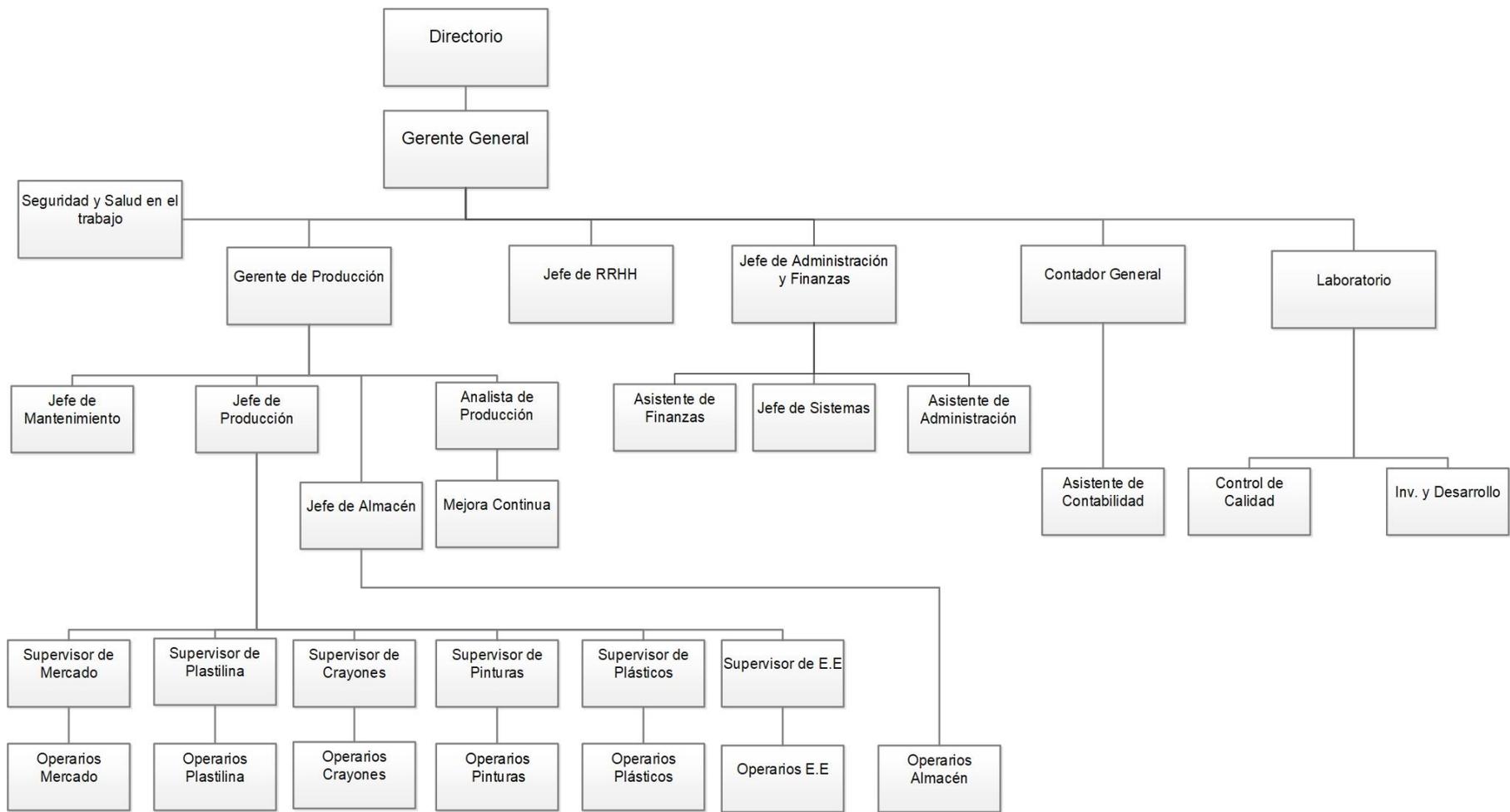
## 2.2 Organización de la Empresa

Es de vital importancia conocer la infraestructura, miembros y áreas de la empresa para tener un enfoque más claro respecto a la misma, en este apartado se desarrollan ciertos aspectos claves.

### 2.2.1 Estructura General

La empresa ABC diversifica sus procesos y operaciones en áreas que tienen la siguiente estructura, se muestra un enfoque jerárquico en la figura 2.1:

- **Directorio:** Es el ente responsable de tomar las decisiones de alto nivel sobre política y dirección empresarial. Su principal motivación es que la empresa alcance la visión y buscar la mejora continua de la misión, valores y cultura organizacional.
- **Gerencia General:** Es el ente responsable de planificar, implementar y controlar la gestión de la empresa a fin de alcanzar los objetivos propuestos, en conformidad con el cumplimiento de las políticas y procedimientos establecidos.
- **Gerencia de Producción:** Es el ente responsable de la planificación de la producción mensual de todas las familias de productos. Las áreas que tiene a cargo son: plastilina, crayones, pinturas, mezclado, plásticos, almacén.
- **Jefe de Administración y Finanzas:** Es el ente responsable de dirigir, evaluar y controlar el área administrativa, financiera y sistemas de la organización, supervisando así la ejecución presupuestal, control sobre los ingresos y pagos por retribución al estado.
- **Laboratorio:** Es el ente responsable de controlar las operaciones de producción, mediante la elaboración de planes de calidad y mejora continua del productivo para ofrecer al cliente final un producto de alta calidad e innovador, tiene bajo su carga las áreas de control de calidad e innovación y desarrollo.
- **Contaduría General:** Es el ente responsable de la presentación de la información financiera dentro de la empresa para el cumplimiento en tiempo y forma de sus obligaciones legales.
- **Seguridad y Salud en el trabajo:** Es el ente responsable de planificar, elaborar y evaluar las políticas, planes y programas de promoción de seguridad y salud en el trabajo, de la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales.



**Figura 2.1 Organigrama general de la empresa ABC**  
Fuente: Empresa

## 2.2.2 Instalación y medios operativos

La empresa está ubicada en el distrito de Ate en la provincia de Lima Metropolitana; además, cuenta con una extensión de 1000m<sup>2</sup> dividida en diversas áreas y zonas de almacenamiento de entradas y salidas en producción.

Las áreas con las que cuenta la empresa son:

- Área de Acondicionado
- Área de Inyección
- Área de Colas
- Área de Extrusión
- Área de Ensamble
- Área de Encaje
- Área de Productos Diversos
- Área de Temperas
- Área de Serigrafiado
- Área Administrativa
- Área de Calidad
- Área de Carga y Descarga
- Área de Servicios
- Área de Vestuario

Más adelante, se hará una descripción a detalle de ciertas áreas mencionadas. Es importante mencionar también las zonas de almacenamiento:

- Almacén de Plásticos:

El estireno acrilonitrilo (SAN) y el polipropileno (PP) se reciben y guardan hasta que se genere una orden de producción.

- Almacén de Insumos:

Todo material químico, como barriles de tinta, se guarda por un periodo de tiempo dado según la liberación de la orden de producción.

- Almacén de Materiales:

El material de embalaje, así como el estuche y/o caja inner del producto final se guarda hasta que se genere una orden de producción.

- Almacén de Producto Terminado:

Todo producto terminado que permanece como inventario o que es requerido por una orden de producción se guarda en esta área.

- Zona de Tránsito:

Todo material en proceso se almacena este espacio hasta que se libere una orden.

### **2.2.3 Entidades participantes del modelo de negocio**

- Proveedores

Entre los principales proveedores se encuentran:

- ✓ Essentia
- ✓ Rumho Petrochemical
- ✓ Teibowco Ltd
- ✓ Komatsu-Mitsui
- ✓ Plastilinas peruanas
- ✓ Demark Holding Group
- ✓ Perupac
- ✓ Papelsa

- Clientes

Entre los principales clientes de la empresa se encuentran:

- ✓ Artesco
- ✓ Bic

- Competidores

Básicamente por el mismo modelo de negocio que sigue la empresa, comercializa el producto terminado con algunas de las grandes empresas del rubro de útiles escolares y de oficina que son las que se encargan de la gestión de la cadena de suministros hasta el cliente final. Los competidores directos serían plantas comercializadoras de productos Artesco y Bic.

## 2.3 Portafolio de Productos

La empresa produce una variedad importante de productos, los cuales se clasifican por familia de productos.

Las familias de productos con las que actualmente cuenta la empresa en estudio se indican en la tabla 2.3:

**Tabla 2.3 Familia de productos representativos**

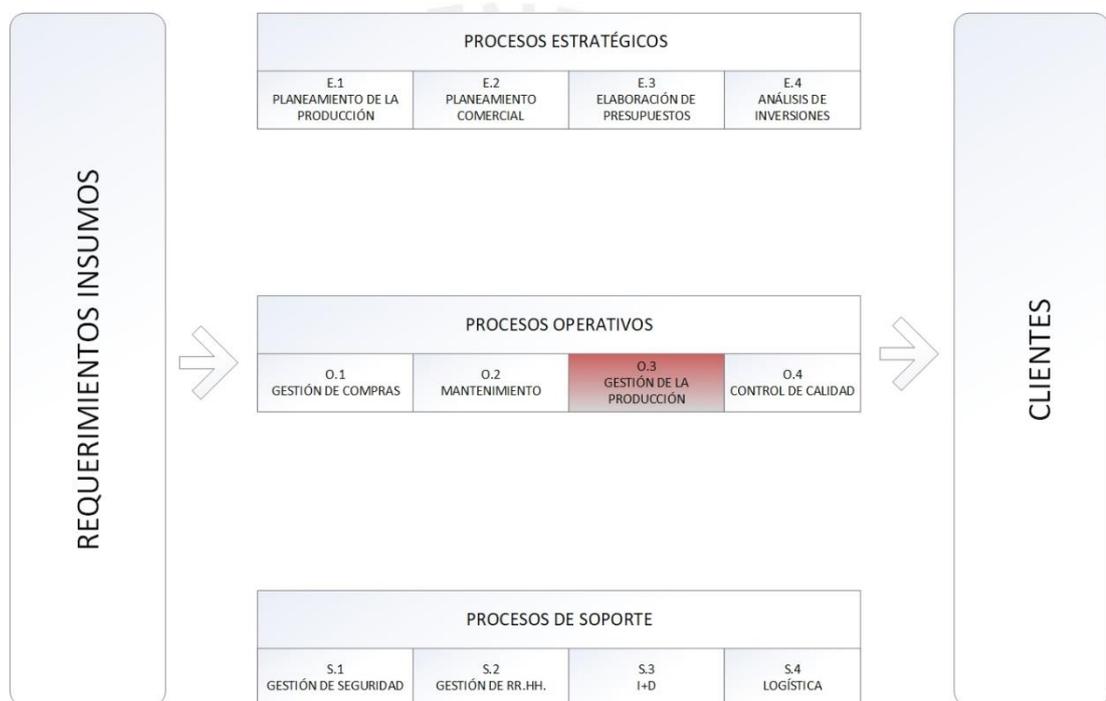
Familia	Tipos	Características principales	Presentación
Plumones	Gruesos, Delgados	-Punta bloqueada evita que se hunda -Colores de mayor intensidad y brillo -Ergonómicos y lavables	MAX 45, AQUAMAX 47, JUMBO 47, ECO 47
Marcadores	Pizarra Acrílica	-CAP OFF INK, marcador destapado por varios días sin que la punta se seque -Punta gruesa y redonda -Colores intensos	ACRIMAX A123, ECO E123, ECO E124,
	Permanentes	-Resistentes a la luz y roce -Secado rápido -Ideal para lámina de retroprotección, plástico, metal y superficies lisas	ECO 23, ECO 24, MULTIMAX A24, MULTIMAX A23
Resaltadores	Cilíndrico	-Fluorescente de trazo 1-4mm -Punta biseleada y resistente -Tinta resistente al agua	E49
Crayones	Delgados, Jumbo	-Cera cremosa de trazo uniforme y suave -Colores fosforescentes y durables -No manchan	CILÍNDRICO, NEON, JUMBO NEON, JUMBO, TRIANGULAR, HOT WHEELS, SPIDERMAN, BARBIE, CARS, SHIMMER & SHINNE, PAWN
Plastilinas	Delgadas, Jumbo, Extra Jumbo	-Se moldean y combinan facilmente -No manchan ni se pegan -Desarrolla la motricidad de los niños	DELGADA, BARBIE, FROZEN, HOT WHEELS, PAWN PATROL, SHIMMER & SHINE, SPIDERMAN, CARS, JUMBO NEON, BARRA,
Colas	Sticky	-Libres de impurezas y grumos -Lavables y no tóxicas -No tienen formol	2 ONZAS, 3 ONZAS, 8 ONZAS, 250 GR (8.8)
Pinturas	Acrílica	-Solubles en agua -Secado rápido y colores mezclables -No se descoloran al exponer a la luz solar	NEON MATE, PERLADA, CON BRILLO, MATE
	Dedos	-Estimulan la psicomotricidad del niño -Colores brillantes y combinables -Lavables y no tóxicas	DEDOS X6
Temperas	Cuerpo	-Lavables fácil de limpiar -Aplican sobre diversas superficies -Ligeras a base de agua	X 8 ONZAS, X LITRO, X 1/2 LITRO, X 100ML
	Set	-Materiales no tóxicos -Preferidos por los maestros -Fracos de 30ml	KIDS, NEON ARTESCO, METALICA ARTESCO,
Bolígrafos	Cilíndrico	-Forma triangular ergonómica -Tinta semigel para suave escritura -Punta de acero resistente al impacto de 1mm	TRIMAX 35F

## 2.4 Diagnóstico de la Empresa

El estudio de los procesos internos de la compañía, así como de su volumen de ventas, brinda una posición más clara sobre las fortalezas y debilidades que la compañía tiene actualmente.

### 2.4.1 Macroproceso

Se parte por el macroproceso de la empresa para conocer la interrelación entre los diferentes procesos de la organización de una perspectiva visual, como se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.2 Macroproceso de la Empresa ABC**

Para la empresa cada actor del macroproceso cumple un rol sumamente importante; no obstante, el objetivo del estudio es proponer una mejora en la línea de plumones, con énfasis en el proceso de gestión de la producción.

Mediante el empleo de diversas metodologías se busca profundizar la elección de la línea de productiva.

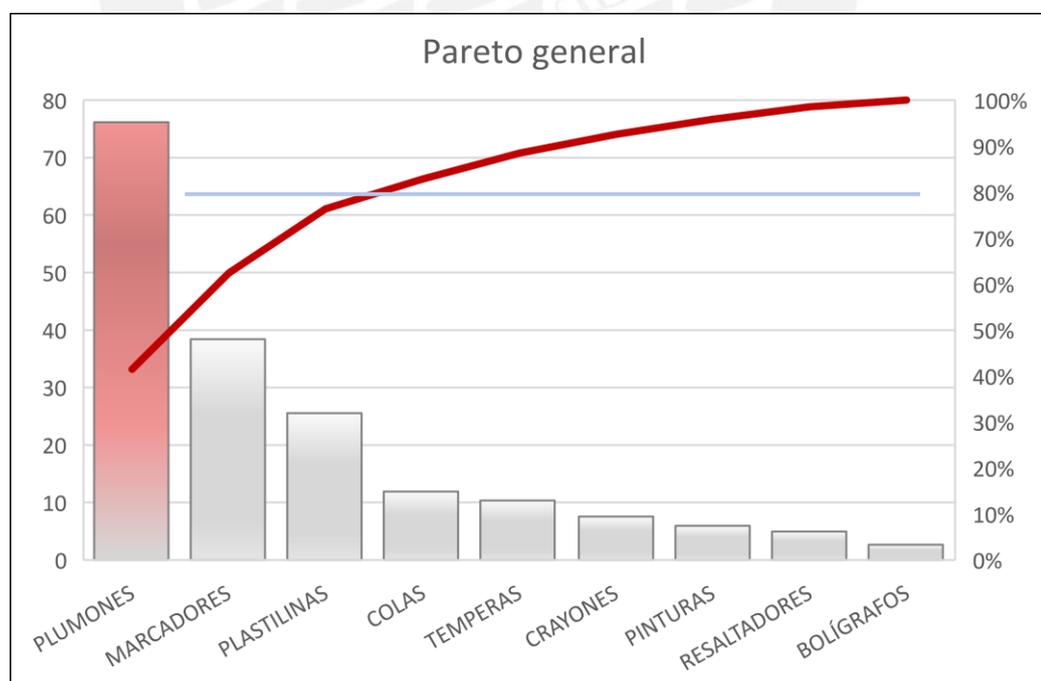
## 2.4.2 Análisis Descriptivo

Se analiza el volumen de ventas, al igual que el ratio de ganancias por familia del año 2019 y por familia de productos, desde un enfoque de datos detallado y el diseño de un diagrama basado en el método de Pareto como parte la elección de la familia representativa.

En la tabla 2.4 se muestra el volumen de ventas y en la figura 2.3 se proyectan los resultados del análisis.

**Tabla 2.4 Volumen de Producción por familia en el año 2019**

Familia	Volumen de Producción (Millones)	% Acumulado	Ratio Ganancia
PLUMONES	76.16	41%	8%
MARCADORES	38.42	62%	22%
PLASTILINAS	25.57	76%	13%
COLAS	11.89	83%	14%
TEMPERAS	10.35	88%	13%
CRAYONES	7.58	93%	9%
PINTURAS	5.94	96%	11%
RESALTADORES	4.96	99%	6%
BOLÍGRAFOS	2.69	100%	4%



**Figura 2.3 Diagrama de Pareto del Volumen de Producción por familia**

Como se muestra en la figura 2.3 la familia de plumones concentra la mayor cantidad del volumen de ventas; sin embargo, presenta la menor ratio de ganancia en general, por este motivo el estudio se centrará en que acciones tomar para aumentar su rentabilidad.

## 2.5 Línea de Plumones

La empresa en estudio cuenta con 4 líneas de plumones: «Max 45», «Aquamax 47», «Jumbo 47» y «Eco 47». Para más información ver acápite 2.3.

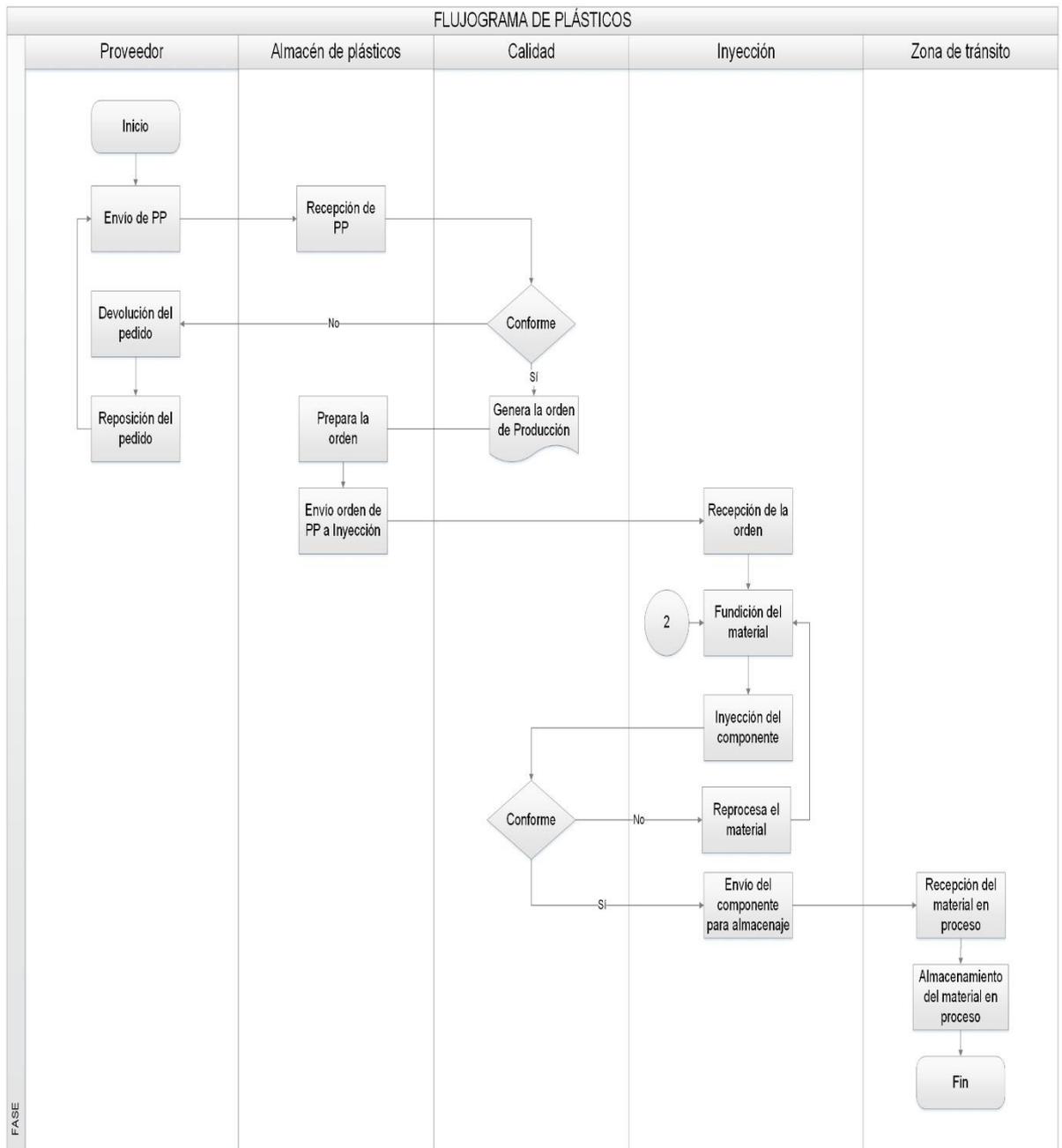
Las especificaciones de cada plumón varían respecto a los demás; aunque, los componentes que tiene cada plumón son los mismos. En la tabla 2.5 se muestra cada componente con una breve descripción.

**Tabla 2.5 Componentes de un plumón**

Componente	Descripción	Imagen
CUERPO	Soporte del plumón para el ensamble final de todas las partes, además en la superficie se imprime el código de producto	
CONTENEDOR	Alberga la tinta y protege al plumón de derrames. Va dentro del cuerpo	
TAPA	Protege la punta del plumón, evitando su deterioro	
TAPÓN	Protege el ensamble del plumón, evitando que se salga el contenedor o derrame la tinta.	
PUNTA	Absorbe la tinta y permite el fácil uso del plumón en diversas superficies debido al material con el que se encuentra fabricado	

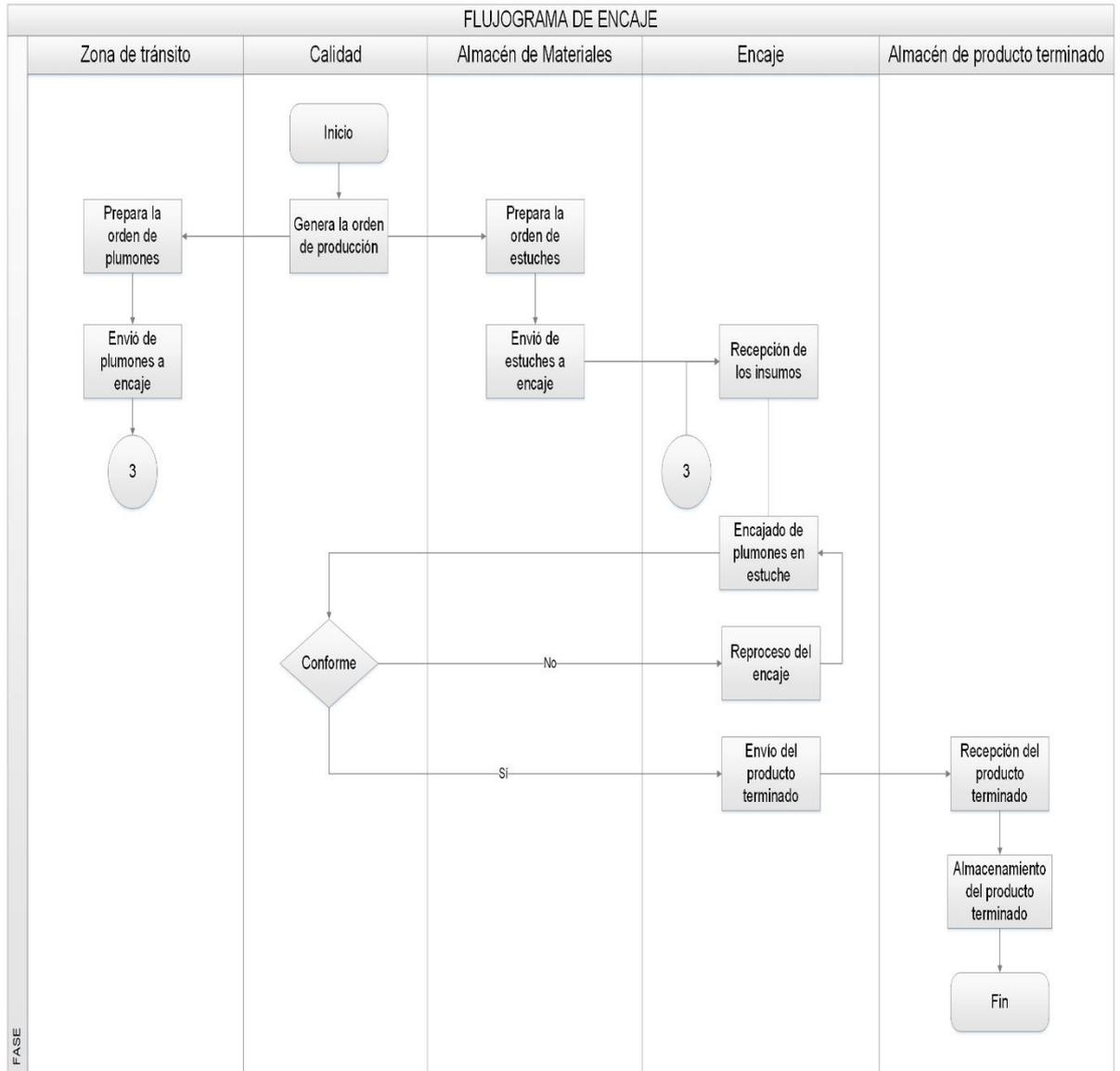
### 2.5.1 Ciclo de negocio de la fabricación de plumones

El ciclo de producción comienza con la recepción de la materia prima hasta que se genere una orden de producción y se lleva el producto desde el almacén respectivo hacia su próximo proceso de transformación; por lo tanto, es necesario analizar el sistema desde tres procesos principales: plásticos, ensamblado y encajado.



**Figura 2.4 Flujo de Plásticos**





**Figura 2.6 Flujograma de Encaje**

## 2.5.2 Descripción de las áreas y maquinaria

La empresa en estudio en su sistema de producción de plumones cuenta con tres áreas principales:

- Área de Inyección

El polipropileno ingresa a la inyectora donde se controla la variable temperatura, que debe estar entre 100°C y 270°C para que el componente no se deteriore.

Máquina: Inyectora

Número de operarios por máquina: 1

Número de máquinas para producción de plumones: 3

Número de máquinas totales: 9

- Área de Ensamble

Se realiza la impresión del nombre de la marca del plumón sobre la superficie del cuerpo a 220°C, asimismo se dosifica la tinta sobre el contenedor, que toma el color de la tinta después de su absorción, luego se ensambla el cuerpo, carga dosificada, punta, tapa y tapón.

Máquina: Sejon

Número de operarios por máquina: 1

Número de máquinas para ensamble de plumones: 2

Número de máquinas totales: 3

- Área de Encaje

El plumón como producto terminado ingresa a la encajadora, donde se procede a empacar según la presentación del producto 6, 10 o 12 plumones de diversos colores en un estuche.

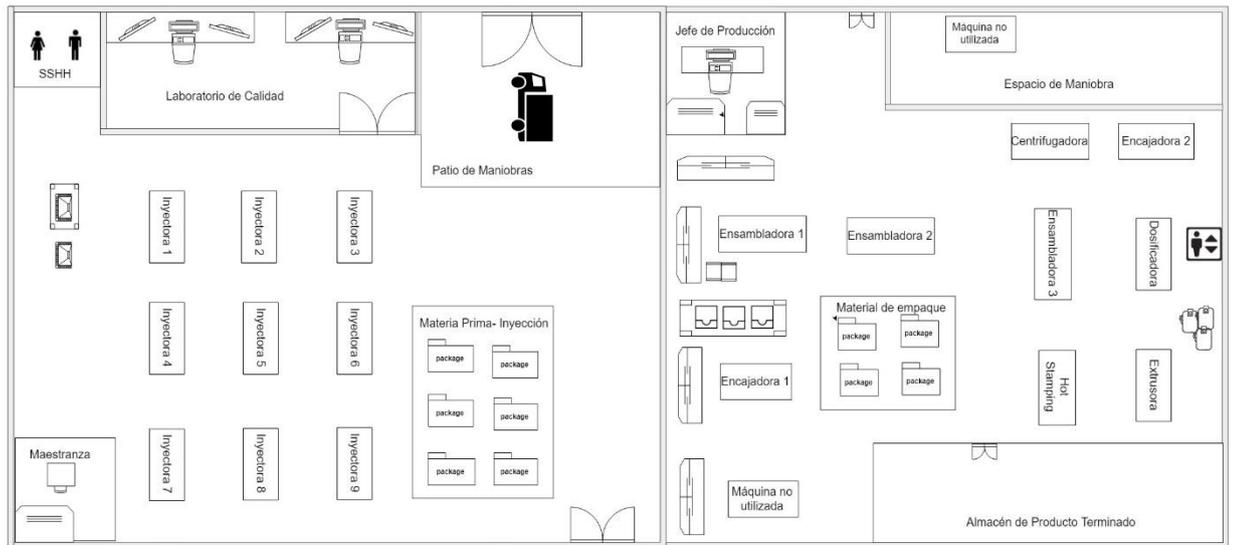
Máquina: Encajadora

Número de operarios por máquina: 6

Número de máquinas para encajado de plumones: 1

Número de máquinas totales: 2

Véase figura 2.7 para una mayor claridad de la zonificación de la línea de plumones.



**Figura 2.7 Layout de zonificación de plumones**

El proceso productivo de la línea de plumones inicia en la zona de inyección donde el operario se encarga de trasladar la materia prima hacia la maquina asignada, una vez el cuerpo, tapa o tapón es inspeccionado por calidad y cumple con los requerimientos del negocio, se procede a llevar el componente hacia la zona de tránsito.

En el segundo piso de la planta se encuentra ubicado tanto el área de ensamblado como de encajado que comparte espacio con algunas máquinas propias de la línea de bolígrafos, el operario asignado a ensamble traslada los componentes hacia la máquina, prepara la máquina con las tolvas y bandejas lista para iniciar la producción, posteriormente y una vez que la inspección de calidad termina se traslada el plumón hacia una nueva zona de tránsito.

Finalmente, los operarios asignados a encaje se encargan de trasladar los plumones, preparar la máquina semiautomática y frecuentemente sellar el producto de forma manual. Después de una inspección de calidad, el producto final en sus diversas presentaciones es trasladado hacia el almacén de producto terminado.

Para una mayor claridad del proceso ver el anexo 1 con los diagramas analíticos del proceso, por cada área y componente.

### 2.5.3 Carga de trabajo por función de operario

La carga de trabajo real del operario en la línea de plumones es un punto importante por analizar, pues varía en función de la temporada ya que cuando la empresa ABC se encuentra en campaña sus “Horas Hombre” -en adelante (H -H)- aumentan, hasta muchas veces se requiere el compromiso del trabajador para solventar horas extra.

Complementando el párrafo anterior, al ser variable la carga de trabajo existen también tiempos no operativos, entonces bajo este escenario los operarios se reparten funciones y brindan apoyo a otras áreas que presenten problemas de retrasos u órdenes de producción elevadas. Véase tabla 2.6.

**Tabla 2.6 Carga de Trabajo en la Línea de Plumones**

Área	Operarios	H-H Mensuales	Operarios Permanentes	H-H Mensuales / Línea	% Tiempo en Línea
Inyección	3	680	2	520	76%
Ensamble	1	220	1	220	100%
Encaje	6	1300	4	1,000	77%

En la tabla 2.6 se verifica que efectivamente el operario asignado a las áreas de inyección y encaje no cumplen toda su jornada en funciones plenamente del proceso de plumones, siendo necesario en el estudio del proyecto ver la factibilidad de ahorrar recurso hombre o ampliar la capacidad de las máquinas.

Es importante también tener en consideración que el indicador de productividad en el área es un estimado promedio mensual; por lo cual y al ser un ciclo estacional en muchas épocas del año se incurre en horas extra para el operario o se asigna a operarios de otras áreas con diferentes funciones para que den apoyo y cumplir con la orden de producción requerida.

#### 2.5.4 Capacidad por máquina

Para el cálculo de la capacidad real de producción se toman supuestos como el período, pues cuando la empresa se encuentra en campaña escolar, la demanda aumenta por ende los niveles de producción son mayores. El segundo supuesto es el tipo de producto a trabajar, en este caso los estimados corresponden a la fabricación del plumón MAX 45. Se trabajan turnos de 8 horas, 26 días al mes.

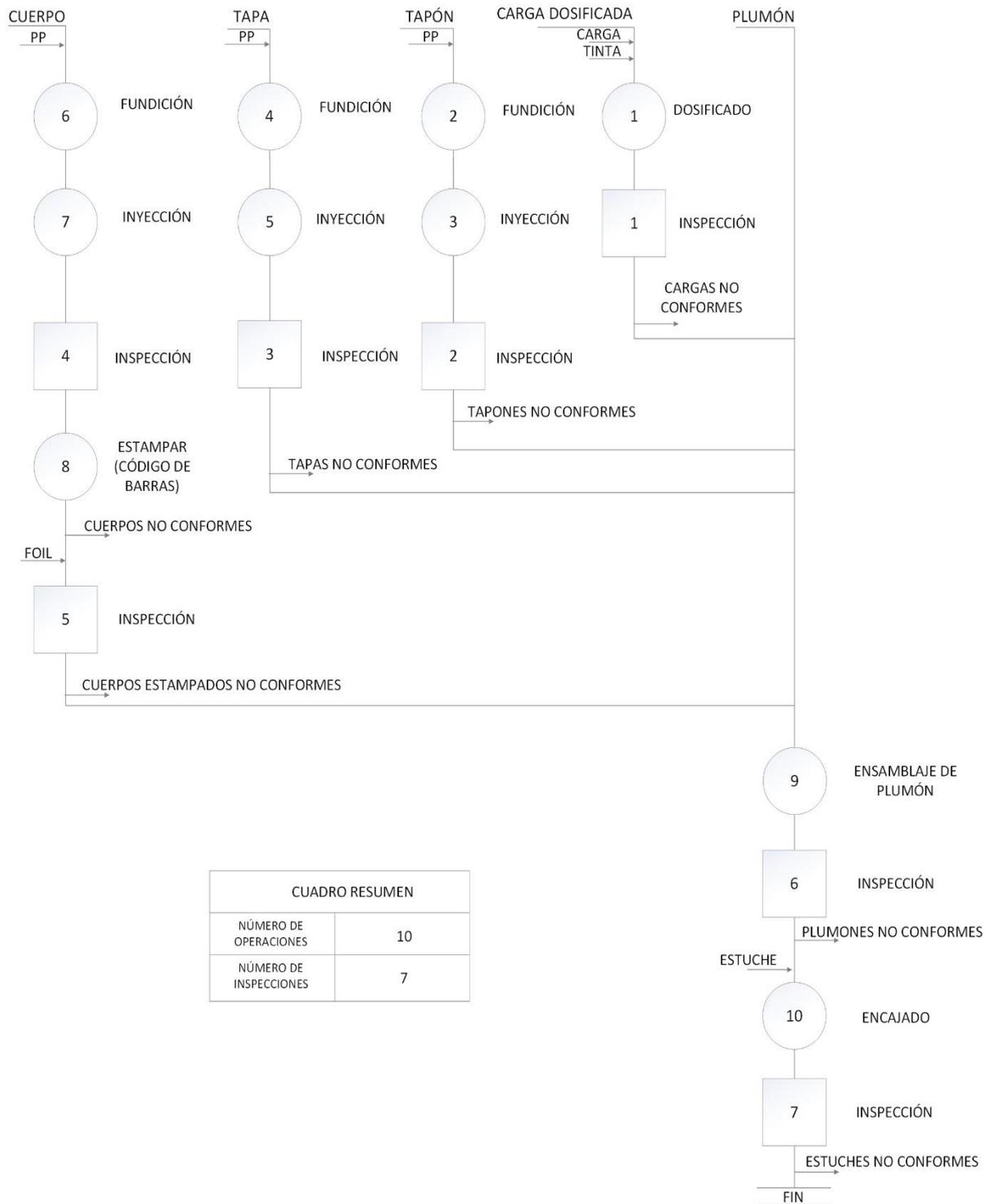
**Tabla 2.7 Capacidad de maquinaria en base a producción**

Máquina	Unidad	Unidades/Hora	Turnos	Unidades/Mes
INYECTORA (CUERPO)	UND	5000	3	3,120,000
INYECTORA (TAPA)	UND	5250	3	3,276,000
INYECTORA (TAPÓN)	UND	5250	3	3,276,000
SEJON	UND	6000	3	3,744,000
ENCAJADORA	CJA	800	2	332,800

#### 2.5.5 Diagrama de Operaciones

El diagrama de operaciones es un recurso esencial que permite conocer el proceso productivo de la línea de plumones a mayor detalle.

En seguida, se muestra el DOP actual del proceso, con una breve reseña del número de operaciones e inspecciones, así como de las entradas y salidas de recursos.



**Figura 2.8 DOP de la Fabricación de Plumones**

Como se indica en la figura 2.8, las operaciones involucradas en la fabricación de un plumón no son muy complicadas; no obstante, exigen un control riguroso por parte de los operarios a cargo desde procesos centrales como la fundición del plástico hasta el ensamblaje del producto terminado evitando la aparición de mermas o defectos dentro de los lotes a producir.

Tanto el cuerpo como la tapa y tapón pasan por las etapas de fundición e inyección, pues por estrategia del negocio para dosificar costos se fabrican los componentes dentro de la planta, de esta manera es más barato que comprarlos a un tercero y se tiene la maquinaria necesaria para el proceso. Luego cada uno de los componentes pasa por una inspección donde es derivado a un reproceso o a la siguiente área de producción; aunque el cuerpo pasa por una operación más de estampado y una inspección.

La carga y la tinta si se obtiene por medio de terceros, debido a las especificaciones del material, pasan por la operación de dosificado que es la inyección de la tinta en la carga y una inspección para verificar la conformidad de la pieza, si la pieza no es conforme a diferencia de los demás componentes, se desecha pues no existe maquinaria dentro de la planta para reprocesar estos elementos.

Luego, se ensamblan los componentes y se da una inspección a los plumones como producto terminado antes de empaquetar, ya que ninguna orden de pedido debe contener algún producto defectuoso dentro de los diversos "SKU" que gestiona la planta.

Finalmente, se da el encajado del plumón en sus diversas presentaciones donde se tiene una última inspección por "SKU" que permita disgregar aquellos estuches defectuosos del lote de producción.

### 2.5.6 Descripción actual de las métricas del sistema productivo

La empresa en estudio maneja diferentes indicadores que le permiten evaluar el desempeño de las máquinas, operarios dentro de los diferentes sistemas productivos en la planta.

Posteriormente, se describen los principales indicadores para el sistema de producción de plumones.

- Rendimiento: Brinda el porcentaje de utilización de la materia prima (PP) en la elaboración de los diferentes componentes necesarios en la producción de un plumón.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Grs. de producto procesado}}{\text{Grs. de producción teórica} + \text{Grs. de producción reprocesada}}$$

El indicador muestra la relación entre los kilogramos de producto procesado, ya sea un producto terminado o producto en proceso respecto a la máquina que se está midiendo, asimismo es importante definir el período de evaluación. Mientras que los gramos de producción teórica se calculan mediante la capacidad teórica de la máquina, a condiciones ideales especificadas por el fabricante y los gramos de producción reprocesada se obtienen de la cantidad de productos enviados para reproceso por máquina en estudio.

Adicionalmente, el ajustar el rendimiento de los kilogramos de producción reprocesada más los kilogramos de producción teórica, proporcionan un resultado más fiable y exacto respecto al rendimiento, debido a que la operación de reproceso consume tres factos: «Horas máquina», «Horas hombre» y «energía».

- *First Past Yield* (FPY): Conocido como índice de calidad, es un indicador que permite medir el porcentaje de unidades que completan el proceso en un determinado período de tiempo y que cumplen con los estándares de calidad de la compañía sin necesidad de reproceso o desecho.

$$FPY = \frac{\text{Unidades Procesadas} - \text{Unidades Descartadas}}{\text{Unidades Procesadas}}$$

Es importante definir un período de tiempo para un correcto análisis del indicador, así como establecer condiciones de trabajo similares en las medidas para disminuir el error en la toma de datos.

## CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

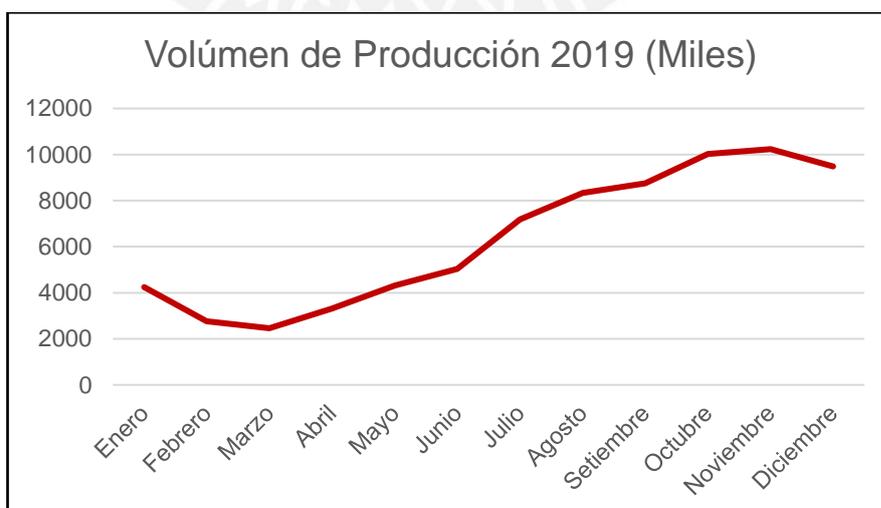
El presente capítulo tiene como finalidad hallar los principales problemas del sistema actual de producción de plumones en la empresa en estudio, a través de un diagnóstico exhaustivo completo de los procesos que lo integran.

### 3.1 Selección de la Línea de Plumones

En primer lugar, se analizará el comportamiento de los volúmenes de producción en la línea de plumones entre los meses de enero a diciembre del año 2019, como se señala en la tabla 3.1 y en la figura 3.1, con la finalidad de entender mejor el giro del negocio.

**Tabla 3.1 Volumen de Producción en la familia de plumones**

Mes	Volumen de Producción (Miles)
Enero	4252
Febrero	2760
Marzo	2460
Abril	3320
Mayo	4320
Junio	5036
Julio	7188
Agosto	8340
Setiembre	8750
Octubre	10020
Noviembre	10236
Diciembre	9480



**Figura 3.1 Gráfico de Líneas de los niveles de Producción mensuales**

Como se muestra en la figura 3.1, la curva de oferta presenta estacionalidad y tendencia creciente, debido a que la demanda de artículos escolares y de oficina explota entre los meses de octubre y noviembre, por requerimiento de los clientes para distribuir eficazmente de los productos a los canales de venta a nivel nacional e internacional ante el inminente inicio del año escolar.

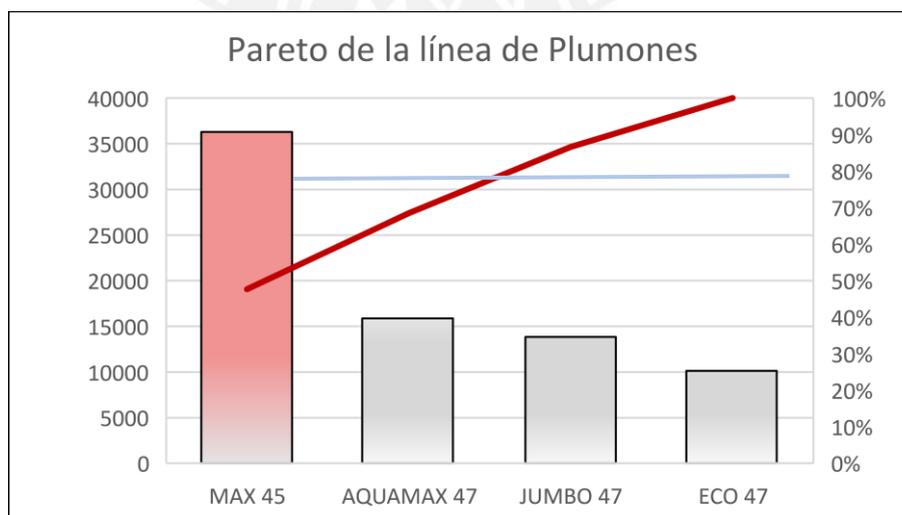
En el mes de noviembre el nivel de producción llegó a su punto más alto, para luego sufrir un decremento importante en los meses de enero a marzo. Se concluye entonces que la campaña escolar en la empresa se ejecuta desde julio a diciembre.

Después de entender el comportamiento de la familia de plumones, se seleccionará el producto representativo dentro de la línea, mediante un análisis descriptivo del volumen de ventas y el ratio de ganancias

En la tabla 3.2 se muestra el detalle de las ventas y en la figura 3.2 se proyectan los resultados del análisis.

**Tabla 3.2 Volumen de Producción por producto en el año 2019**

Plumón	Volumen de Producción (Miles)	% Acumulado	Ratio Ganancia
MAX 45	36300	48%	13%
AQUAMAX 47	15864	21%	12%
JUMBO 47	13848	18%	15%
ECO 47	10150	13%	21%



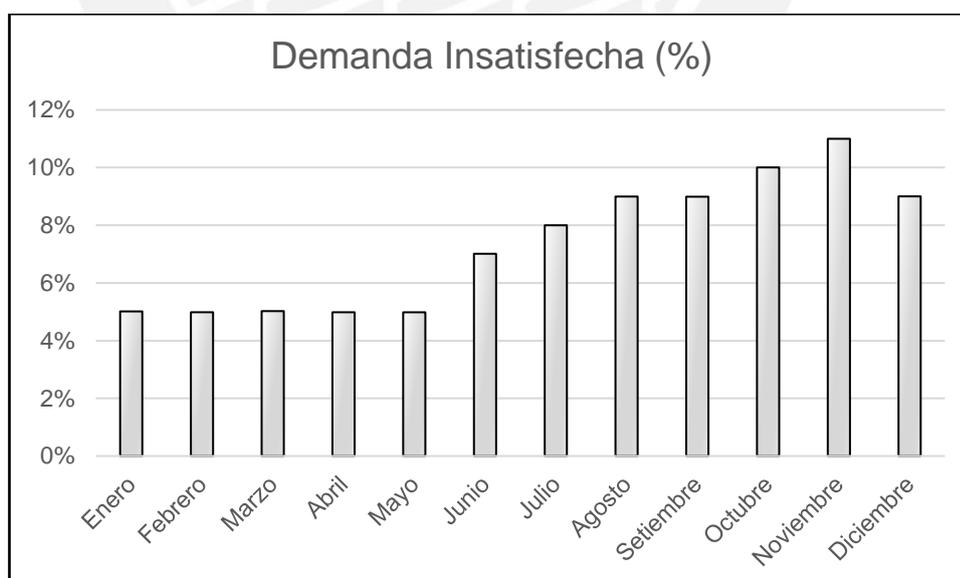
**Figura 3.2 Diagrama de Pareto por producto de la familia de Plumones**

En la figura 3.2 se observa que la línea MAX 45 presenta los niveles más altos de producción; por lo tanto, es considerado el producto representativo de la empresa en estudio.

Una vez seleccionada la línea principal dentro de la familia de plumones, se procede a analizar el ratio de producción y la demanda de manera mensual, mediante un gráfico de barras. Véase Tabla 3.3 y Figura 3.3.

**Tabla 3.3 Niveles mensuales en Línea MAX 45**

Mes	Volumen de Producción (Miles)	Demanda (Miles)
Enero	2027	2134
Febrero	1315	1384
Marzo	1172	1234
Abril	1582	1665
Mayo	2059	2167
Junio	2400	2581
Julio	3427	3725
Agosto	3975	4368
Setiembre	4170	4582
Octubre	4776	5307
Noviembre	4879	5482
Diciembre	4518	4965



**Figura 3.3 Proporción de la demanda insatisfecha**

Como se muestra en la figura 3.3, una media de 8% de demanda insatisfecha es un problema crítico en la línea, pues afecta las relaciones con el cliente y prueba la existencia de fallos en el proceso productivo actual.

### 3.2 Indicadores del proceso actual

Como se mencionó en el capítulo anterior, la empresa maneja diversos tipos de indicadores; no obstante, en este apartado se describen aquellos que afectan directamente a la producción de plumones MAX 45.

- Utilización: Brinda el porcentaje de aprovechamiento de la maquinaria en cada uno de los diferentes procesos que forman parte del ciclo operativo, desde el acondicionamiento de la materia prima (PP) hasta su transformación en producto terminado. Véase tabla 3.4.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real por máquina}}{\text{Capacidad Teórica por máquina}}$$

**Tabla 3.4 Utilización de la maquinaria**

Máquina	Unidad	Capacidad Real (Unidades/Hora)	Capacidad Teórica (Unidades/Hora)	Utilización (%)
INYECTORA (CUERPO)	UND	5000	8000	63
INYECTORA (TAPA)	UND	5250	8000	66
INYECTORA (TAPÓN)	UND	5250	8000	66
SEJON	UND	6000	9500	63.16
ENCAJADORA	CJA	800	1300	61.54

Como se observa en la tabla 3.4 la máquina con menor utilización es la encajadora; ya que, la empresa solo dispone de 1 máquina para toda su producción de plumones encajados, lo cual limita a la línea de plumones.

- Rendimiento por área: Como se expone en el capítulo anterior, el rendimiento mide la cantidad de entrada de materia prima y de salida en cada una de las máquinas utilizadas durante el proceso productivo.

Se considera la producción de la línea MAX 45 en un intervalo de una hora; asimismo, la producción reprocesada fue la misma en todas las áreas debido a que por política de la empresa cualquier fallo es atendido en el área de inyección. Véase Tabla 3.5.

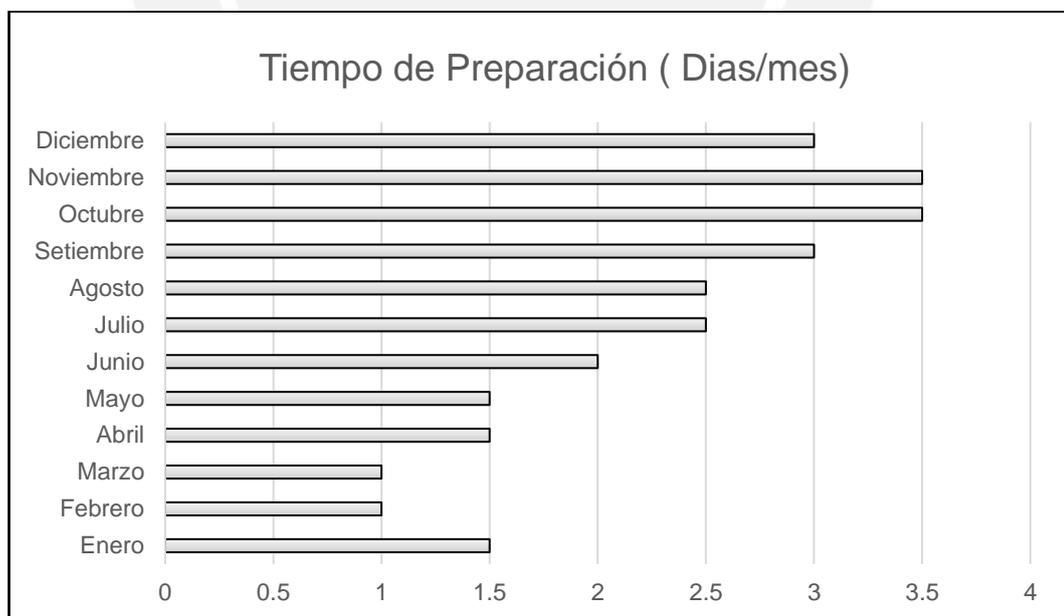
**Tabla 3.5 Rendimiento por área**

Área	Máquina	Unidad	Producto Procesado Real	Producción Teórica	Producción Reprocesada	Rendimiento (%)
Inyección	INYECTORA (CUERPO)	GR	19800	31680	300	62.91
	INYECTORA (TAPA)	GR	6667.5	10160		
	INYECTORA (TAPÓN)	GR	1050	1600		
Ensamble	SEJON	GR	60000	95000	720	62.68
Encaje	ENCAJADORA	GR	8093	13150	110	61.03

Los resultados del indicador de rendimiento se relacionan con el factor de utilización como se aprecia en la tabla 3.5, pues el área de encajado del PT es el de menor rendimiento.

- Tiempo de Preparación: En el área de inyección, se controla bastante los tiempos operativos por productos pues la empresa cuenta con nueve máquinas para atender la producción total en planta y el cambio de molde.

En la figura 3.4 se muestra el seguimiento mensual para un horizonte de un año del tiempo de *set up* en la producción de la línea MAX 45.



**Figura 3.4 Tiempo de preparación en Inyección**

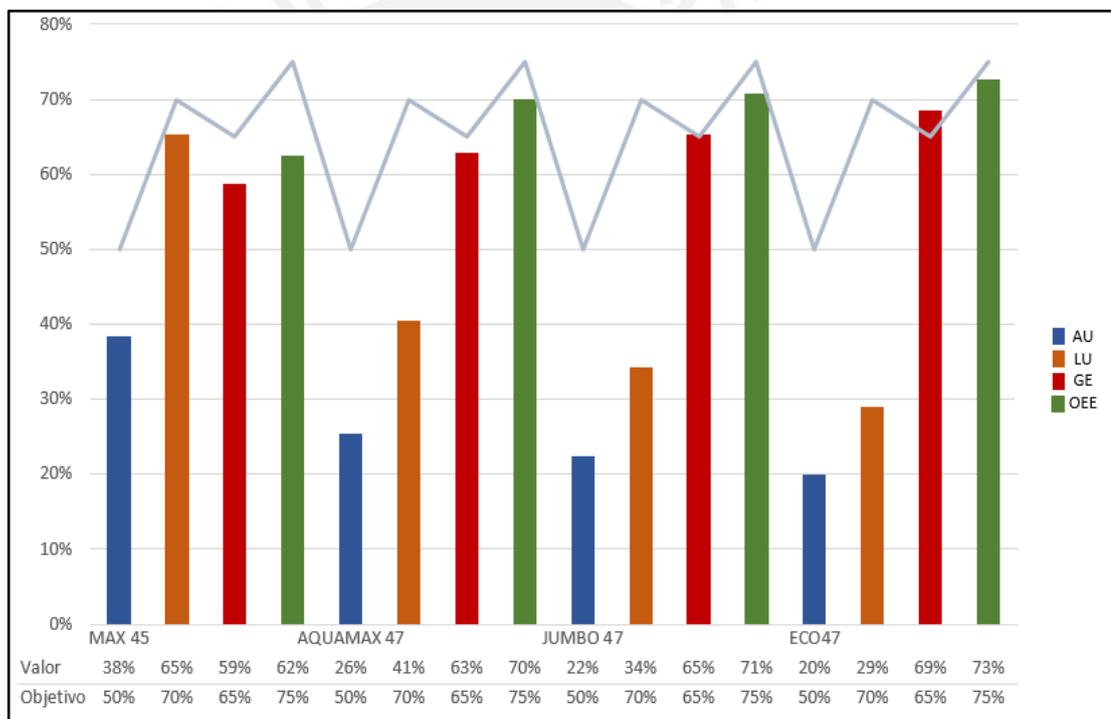
Como se visualiza en la figura 3.4 los meses críticos son tanto octubre como noviembre pues la demanda de los clientes es mayor en todas las familias; siendo el

tiempo proporcional al contar con un número limitado de maquinaria y por concepto de cambio de molde.

- Estructura Waterfall: Permite el cálculo de indicadores que miden la línea de plumones mediante un diagrama con horas teóricas, horas usadas, horas de producción y tiempo de máquina sin perder eficiencia como parámetros.

Los datos fueron obtenidos por el registro de la base de datos propia implementada en la planta, mediante la digitación de esta de manera mensual<sup>1</sup>.

La empresa ABC, utiliza indicadores que permiten medir la eficiencia de los procesos productivo; por lo tanto, en el siguiente gráfico se analizan los ratios y las metas de la empresa para la línea de plumones durante el año 2019, de igual forma, poder observar si realmente existe una buena gestión de los indicadores. Véase figura 3.5.



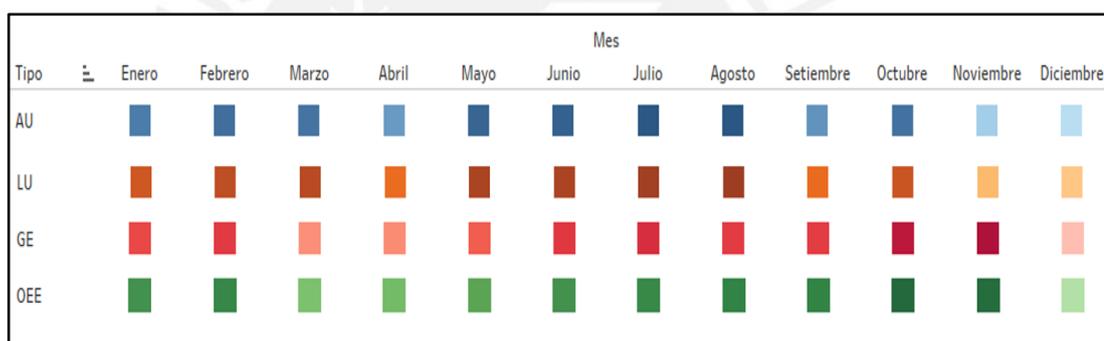
**Figura 3.5 Indicadores Mensuales Promedio por Línea**

<sup>1</sup> Los registros de las tablas para las 4 líneas de producción dentro de la familia de plumones se explican y muestran a detalle en el Anexo 2.

Como se muestra en la figura 3.5, los valores porcentuales promedio se encuentran alejados de los valores objetivo en casi todas las líneas, siendo visible también la tendencia de crecimiento de GE y OEE, en función de las líneas con un menor volumen de producción, valores que se presentaron anteriormente en el análisis del Pareto anual.

Añadiendo la visualización de una línea decreciente respecto a AU y LU, dado que la línea MAX 45 que es la vital dentro de la familia de plumones concentra mayores niveles de producción; generando un incremento en la demanda de tiempo operativo en sus procesos respecto a las demás líneas.

Luego, del análisis de los indicadores y de la conclusión de que la empresa debe modificar sus procesos o estrategias para lograr los valores objetivos. Se procede a realizar un estudio a la línea MAX 45 para ver la sensibilidad de las series de manera mensual. Ver figura 3.6.



**Figura 3.6 Comportamiento mensual por Indicador**

En la figura 3.6, se encuentran separados los indicadores por colores y por mes, siendo una tonalidad más fuerte del color, un mayor porcentaje de la serie mientras más leve sea el tono, menor es el porcentaje. Sabiendo esto, se muestra que los meses claves son desde mayo a noviembre lo cual guarda relación con el rubro del negocio que en el apartado 3.1 de este capítulo puso en evidencia.

### **3.3 Mapa de Flujo de Valor Actual (VSM)**

Mediante la data compartida por las áreas de producción de la empresa ABC, se procede a realizar un mapa de flujo de valor que permita identificar los tiempos que agregan valor, aquellos que no lo hacen y los recursos utilizados en el planeamiento de la producción, así como un mejor diagnóstico los principales desperdicios.

En referente al flujo de información, como la cantidad de órdenes de pedido y el tiempo de entrega del insumo y producto terminado, la gerencia de producción es la encargada de brindar estos datos; de hecho, las ordenes tienen una variabilidad alta, por ello, es necesario realizar un ajuste al programa. Con relación al flujo de material, el área de calidad proporciona la información necesaria sobre el inventario por etapas del proceso.

Para el llenado del tiempo de ciclo, tiempo de mantenimiento y OEE se tomará en cuenta lo siguiente:

La llegada de polipropileno se da en sacos de 20 kg, la tinta por color en barriles de 40 L y las cargas llegan en lotes mensuales de 2,5 [MMUND]. Son almacenados hasta que el laboratorio de calidad libere una nueva orden, apreciándose en los flujogramas del proceso explicados en el capítulo anterior.

Para la obtención del tiempo de valor agregado, en adelante TVA y tiempo de valor no agregado, en adelante TVNA, se utilizó el promedio de datos almacenados por maquinaria en un día de producción, en función al total de turnos de trabajo en cada área involucrada.

De la misma manera, para el cálculo del tiempo de ciclo del proceso se considera un lote de 1000 cajas de MAX 45 en su presentación de 12 plumones, inspeccionado en las visitas a la empresa. Es decir, se busca reducir el error en función de realizar un diagnóstico adecuado.

En la tabla 3.6, podemos visualizar las especificaciones técnicas del producto.

**Tabla 3.6 Especificaciones del producto**

Plumón	Número de Unidades por Caja Inner	Peso por Caja Inner (kg)	Número de Cajas Inner por Caja Master	Peso por Caja Master (Kg)
MAX 45	12	1.494	15	22.41

Después de esto, el plumón como producto final es puesto en una caja inner de 12 unidades, luego se ubican en una caja master, cuyo contenido es de 15 cajas inner. Las cajas master son llevadas al almacén de producto terminado, donde son colocados en racks hasta que se libere una orden de pedido.

Como parte del desarrollo del VSM es necesario conocer el «*Takt time*» y el «*Pitch Time*», que representan el ritmo de producción que la empresa debe mantener en sus procesos, en función de la demanda de los clientes y de lo producido respectivamente. Se definen de la siguiente forma:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Disponible\ de\ Producción}{Demanda\ del\ cliente}$$

$$Pitch\ Time = Takt\ Time * Cantidad\ de\ unidades\ por\ lote$$

Se procede a realizar el cálculo del *Takt Time*. Véase tabla 3.7.

**Tabla 3.7 Cálculo del Takt Time**

Días de Producción	Horas por Turno	Turnos	Demanda Promedio Mensual (unidades)	Tiempo Disponible Promedio (segundos)	Takt Time (seg/ und)
26	8	3	3000000	2246400	0.75

El «*Takt Time*» da como resultado 0.75 seg/ und. Para el caso en estudio, de 1000 cajas que es equivalente a 12000 unidades; mientras que, el «*Pitch Time*» es de 8985.6 seg.

En el desarrollo del «*Value Stream Mapping*», como se muestra en la figura 3.7 se logra identificar que existen ciertas operaciones con un tiempo de ciclo mayor al «*Pitch Time*» del producto, que se derivan en diversas causas representadas en cuadros de texto de color rojo.

Es relevante resaltar la variabilidad entre el «TVNA» y «TVA» para el lote de producción elegido en el caso de estudio, debido a los traslados hacia almacenes intermedios como parte de la política actual de la empresa ABC.

En ese contexto, es importante resaltar que en la línea de plumones solo se comercializa a un cliente, lo que demuestra una dependencia total de la producción.

El diagnóstico de problemas se centra netamente en la parte productiva -como se describió anteriormente-, la empresa no cuenta con una participación importante en el mercado, debido a que cumple el rol de tercero de una empresa mayor; por lo cual, hacer un estudio a profundidad de la cadena de suministro, optimizando la red de distribución o enfocarlo en un sistema de gestión auditado, sería un gasto irrelevante que no aportaría valor al «*Core business*»; además, los recursos actuales como: capital e infraestructura, no lo permiten. En cambio, modificar las metodologías pertinentes al proceso de fabricación de los productos, si opta por generar un impacto positivo.

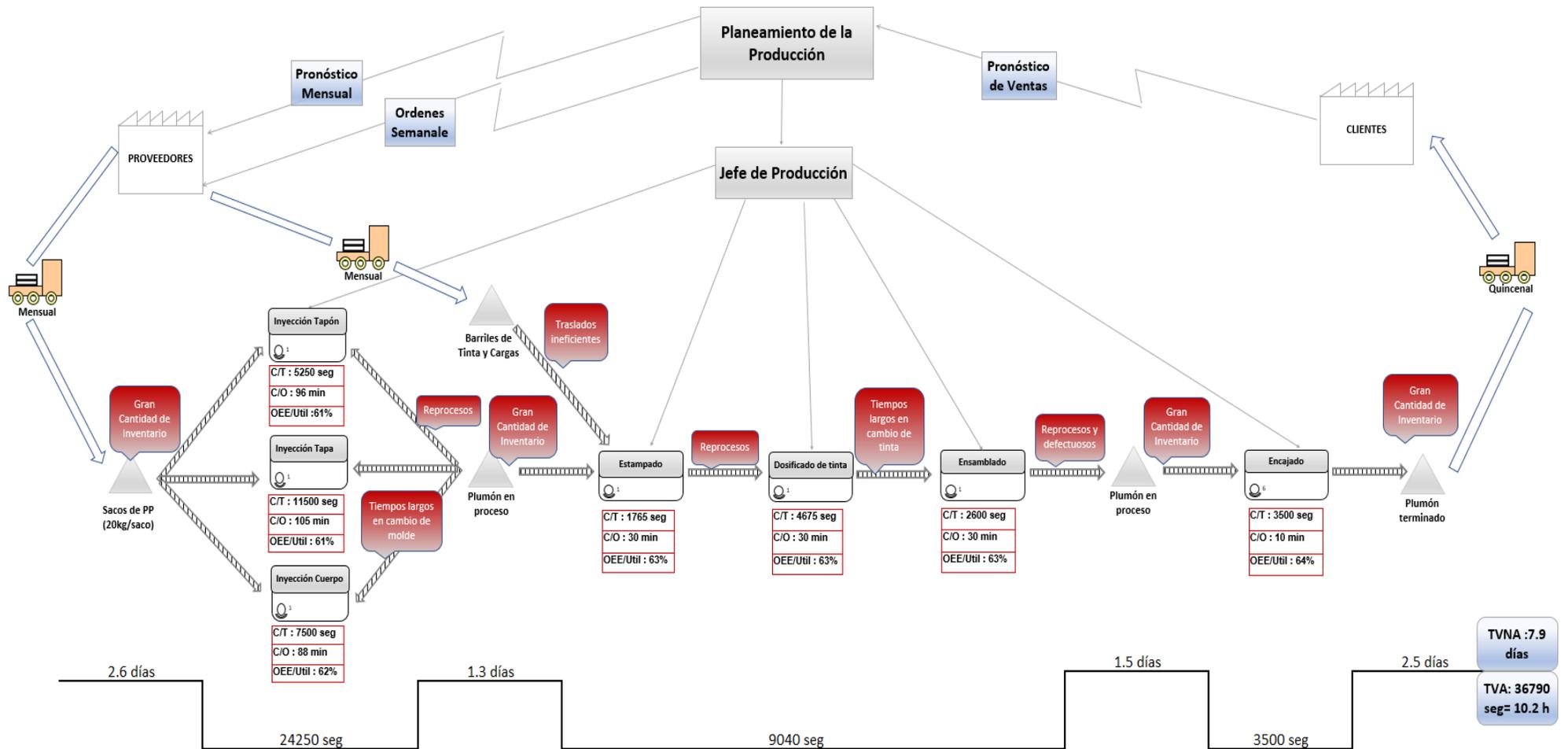
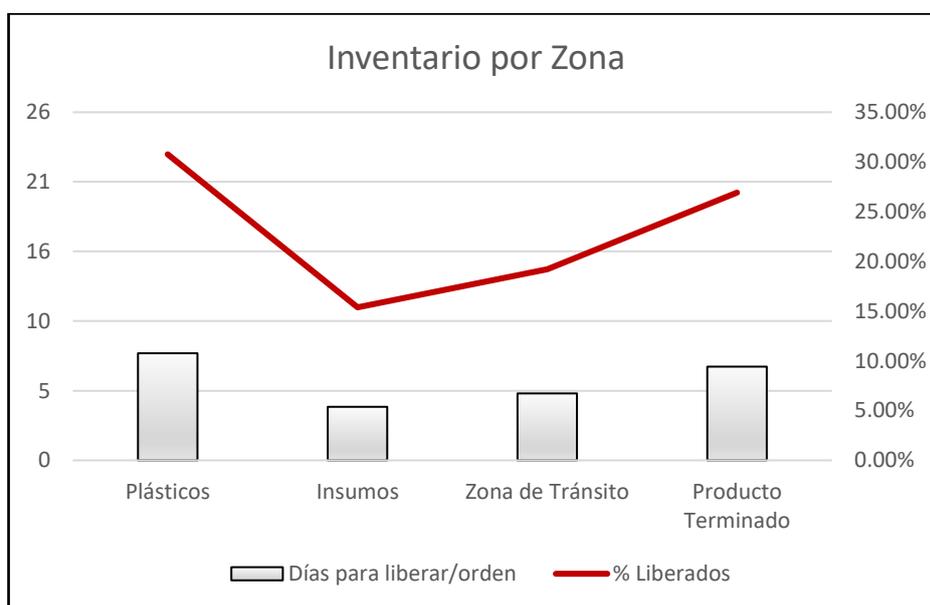


Figura 3.7 Mapa de flujo de valor actual

### 3.4 Problemas identificados en el VSM

En el subcapítulo anterior, se delimitaron ciertos problemas durante las etapas de producción del plumón MAX 45; no obstante, la criticidad de cada problema no está cuantificado dentro del mapa de flujo de valor, por lo cual dentro de este apartado se analizan mensualmente estos inconvenientes para un mayor detalle.

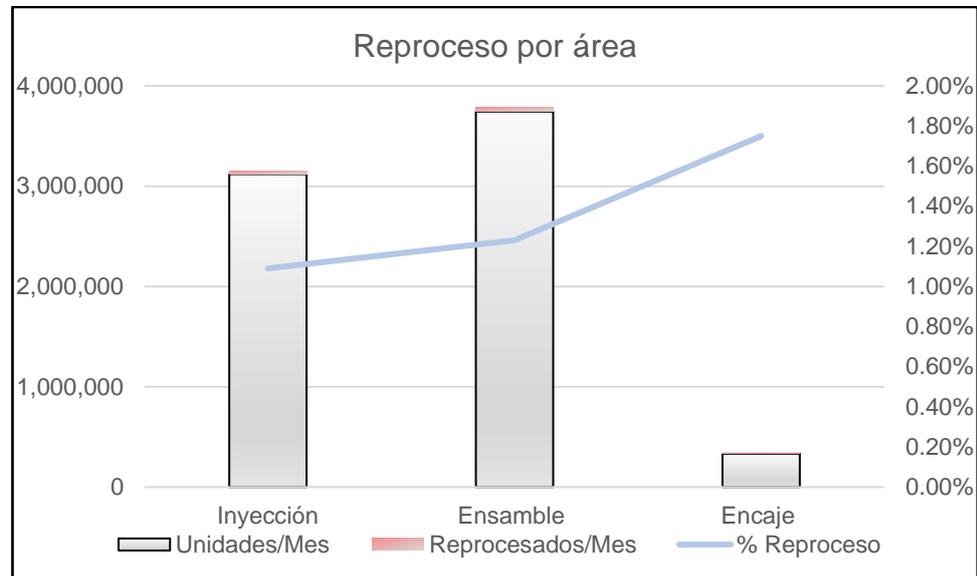
- Gran cantidad de inventario: Desde la llegada de la materia prima al almacén hasta el material en proceso, que se almacena al lado de la maquinaria por el tema de los permisos de calidad para lanzar una orden de producción. Véase figura 3.8.



**Figura 3.8 Comportamiento del inventario**

En la figura 3.8, se muestra el ratio por zona de almacenamiento entre el número de días que se demora en liberarse una orden y el número de días laborales en un mes equivalentes a 26 días, siendo la locación más crítica el almacén ya que el proveedor entrega la MP en bolsas de 20KG.

- Reprocesos: Cantidad de material en proceso que por su condición puede ser fundido y transformado en su unidad básica polipropileno, los reprocesos son factibles hasta el área de ensamblado. Véase figura 3.9.

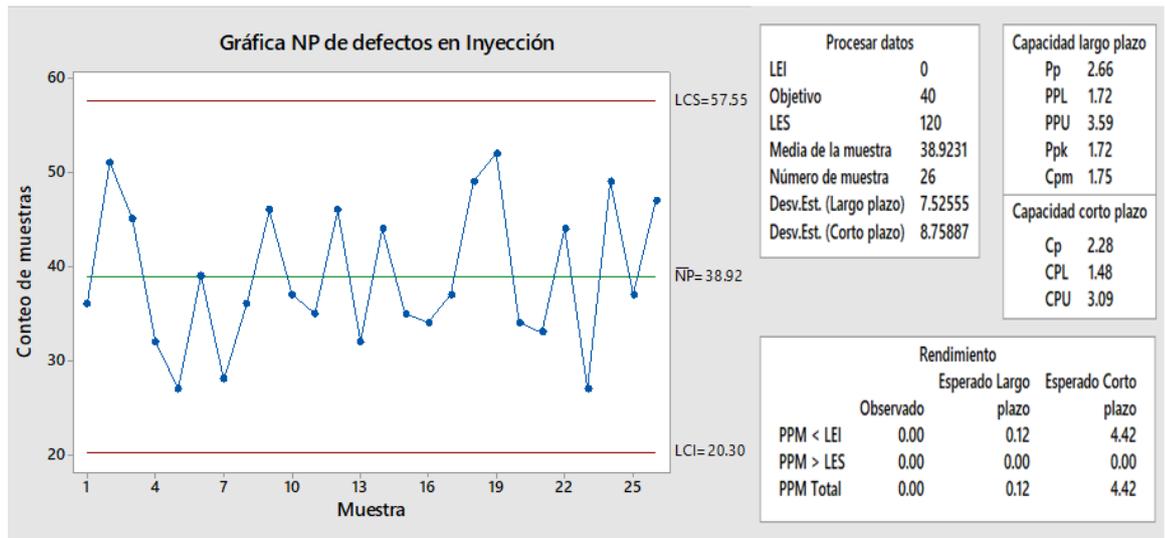


**Figura 3.9 Proporción de reprocesos por área**

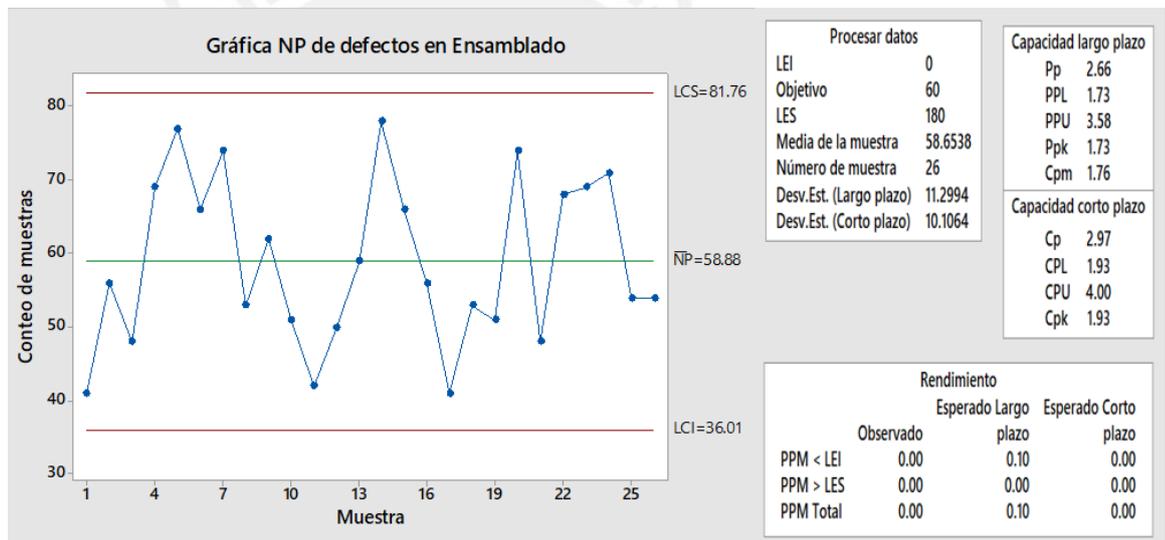
En la figura 3.9 se muestra que el índice de reprocesos es irrelevante dentro de la problemática de la organización, ya que el margen no supera el 2%; además, se excluyeron defectuosos, debido a que su margen es ínfimo y no mayor a 0.02%; por lo tanto, la política de calidad de la empresa es rigurosa, lo cual explica el largo plazo de tiempo que se demora en salir de un almacén o zona de tránsito.

En consecuencia, se procede a analizar las políticas de calidad de la empresa por área:

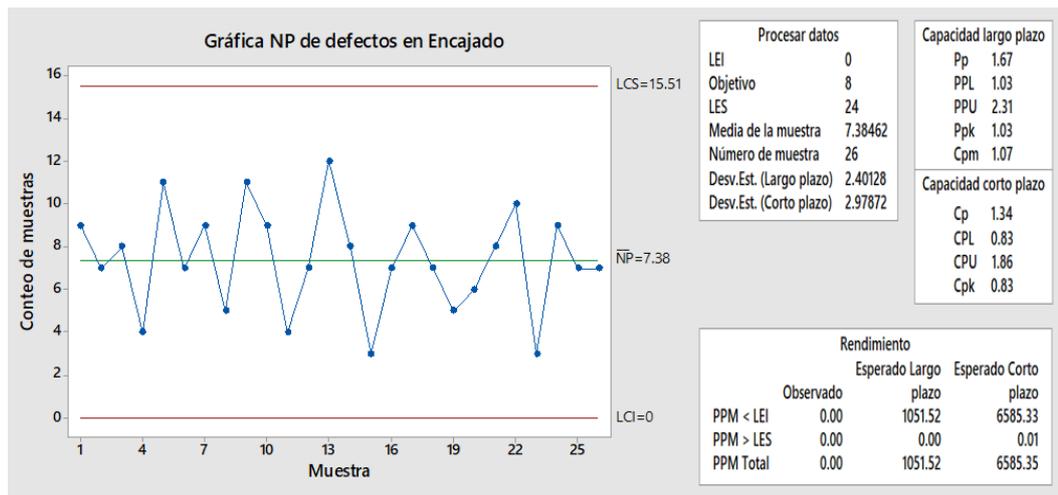
- Inspecciones de calidad: La normativa de la empresa infiere que se debe controlar y supervisar un 3.33% del lote diario promedio por la línea de producción, clasificando las unidades inspeccionadas en buen estado y rechazado. Véanse las siguientes figuras 3.10, 3.11 y 3.12.



**Figura 3.10 Gráfico de control en Inyección**



**Figura 3.11 Gráfico de control en Ensamblado**



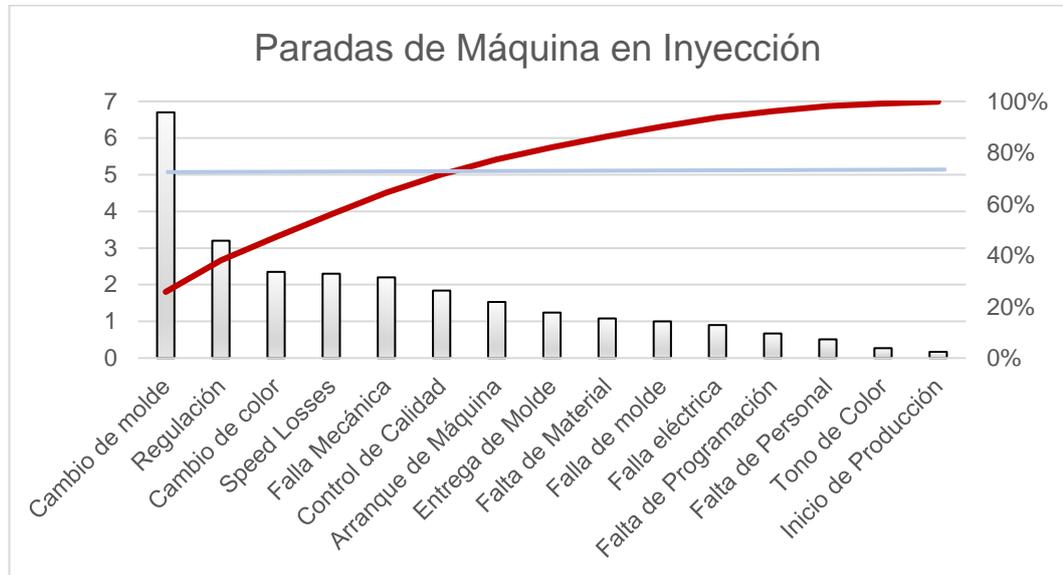
**Figura 3.12 Gráfico de control en Encajado**

Como se muestra en las figuras anteriormente mencionadas, el índice de inspección manejado por área en la empresa es constante; de modo que, se trabaja con un gráfico de control «NP», que permite calcular el número de unidades defectuosas por lote en una muestra de 26 tomas, siendo una toma por día.

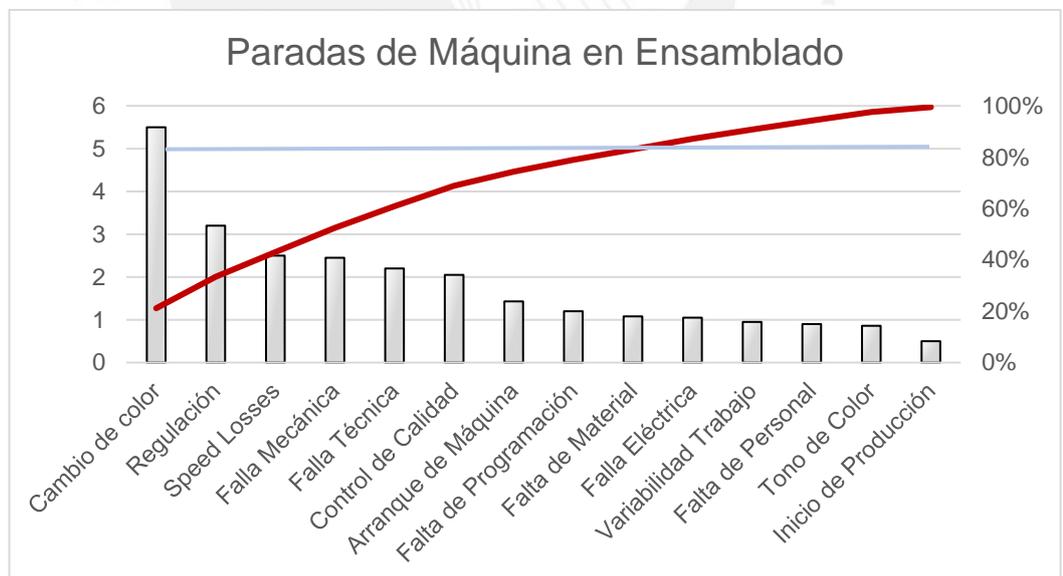
Se hace referencia a los indicadores de capacidad del proceso tanto a corto plazo (Cp y Cpk) como a largo plazo (Pp y Ppk), siendo un buen estimador aquel valor  $>1.33$ , condición que se cumple en los procesos de inyección y ensamblado, mientras que en el proceso de encajado existe una variabilidad importante entre las capacidades de proceso centradas y de las no centradas, demostrando que el proceso no está en un punto intermedio respecto a los límites de especificación que por política se trabajan en la empresa.

La empresa cuenta con un laboratorio donde se hacen ensayos sobre los materiales utilizados en producción -siendo un control más riguroso y limitante para la salida de órdenes de producción-, según los indicadores previamente mencionados la clase de proceso en las áreas de inyección y ensamblado es la más alta cumpliéndose una calidad «Six Sigma»; no obstante, el área de encajado puede mejorarse.

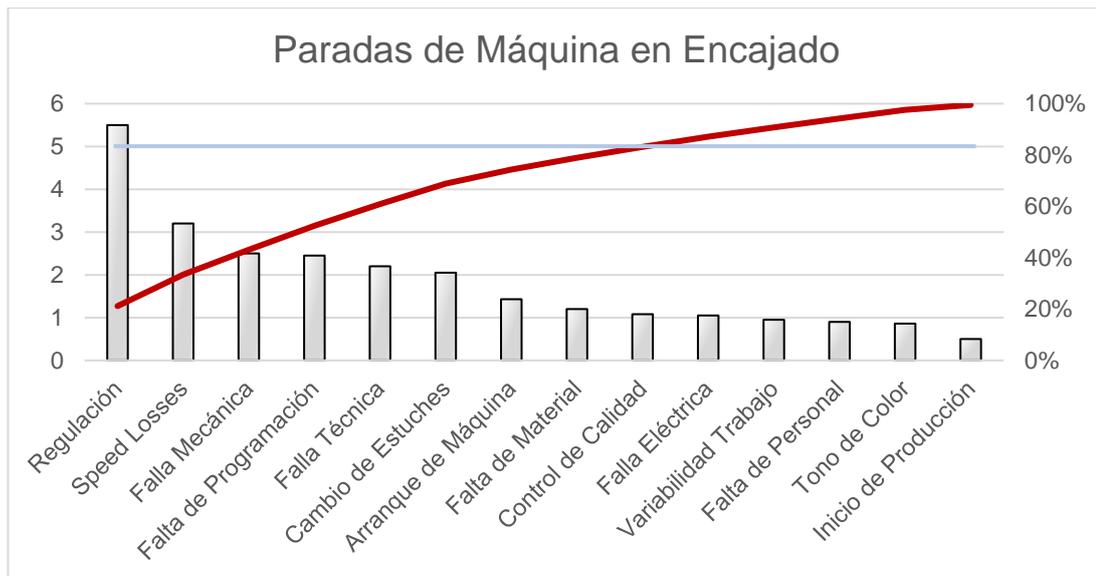
- Tiempos largos por mantenimiento: Es vital en cualquier planta de manufactura gestionar de forma correcta el proceso de mantenimiento, pues representa un costo de oportunidad bastante caro si se tiene un fallo grave en la maquinaria. En las siguientes figuras se explica el modo operacional de la empresa para el número total de máquinas por área.



**Figura 3.13 Paradas de Máquina en Inyección**



**Figura 3.14 Paradas de Máquina en Ensamblado**



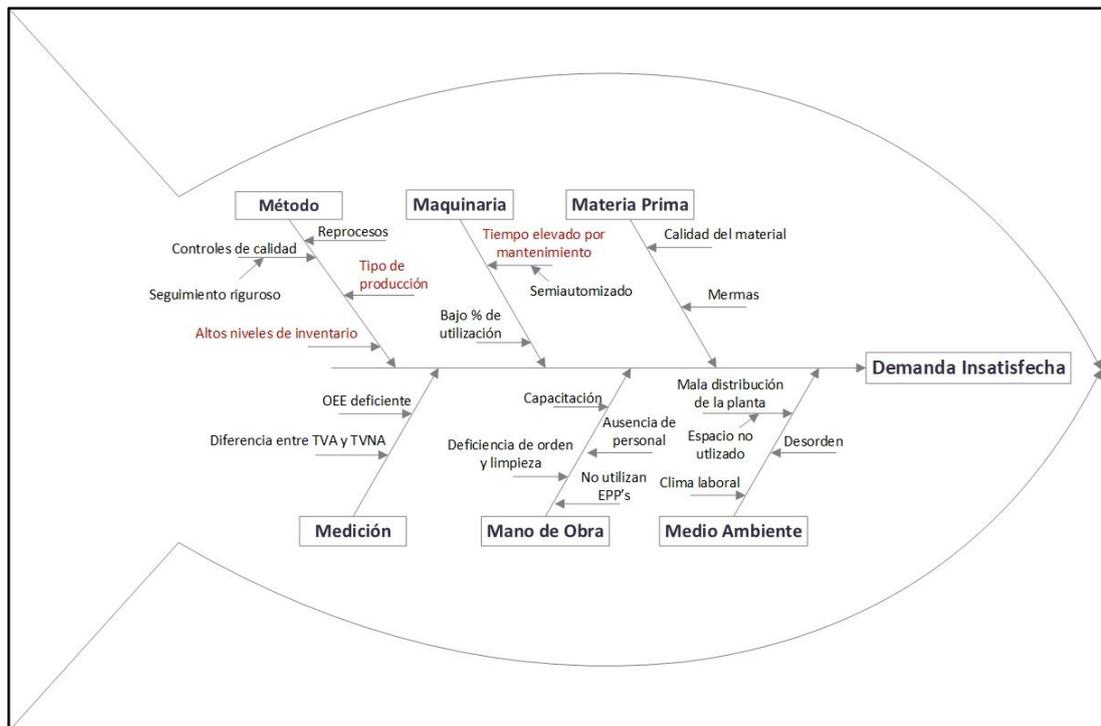
**Figura 3.15 Paradas de Máquina en Encajado**

Respecto a las figuras anteriores, se infiere que según el proceso tanto la regulación como los cambios de molde y de color son los más críticos, en parte por el desorden existente en la planta y la carga laboral en cada estación de trabajo.

Un promedio de cinco días por parada de máquina en función de un solo factor es demasiado para una planta en búsqueda de optimizar sus procesos.

### **3.5 Selección de problemas críticos**

A partir de los problemas encontrados en el apartado anterior y en conjunto a una cantidad de causas explícitas, se procede a seleccionar aquellas casuísticas que resulten más críticas para la producción de la línea de plumones MAX 45. Donde la demanda insatisfecha viene a ser el problema central y genérico, tal y como se muestra en el «diagrama de Ishikawa». Véase figura 3.16.



**Figura 3.16 Diagrama causa-efecto**

A partir de las causas observadas en la figura superior, se procede a identificar los motivos principales que afectan a la línea de producción. Con este propósito, se utiliza una matriz de identificación, siendo “3” el valor más alto o crucial y “1” el más bajo. Véase tabla 3.8.

**Tabla 3.8 Matriz de Identificación**

Causas	Probabilidad	Impacto	Resultado
Altos niveles de inventario	3	3	9
Control de calidad	2	3	6
Reprocesos	1	2	2
Tipo de producción	3	3	9
OEE deficiente	3	2	6
Diferencia entre TVA y TVNA	2	3	6
Calidad del material	1	2	2
Mermas	1	1	1
Bajo % de utilización	3	2	6
Tiempo elevado por mantenimiento	3	3	9
Capacitación	2	2	4
Ausencia de personal	1	3	3
Deficiencia de orden y limpieza	2	3	6
No utilizan EPP's	2	3	6
Mala distribución de la planta	2	3	6
Clima laboral	2	2	4
Desorden	2	3	6

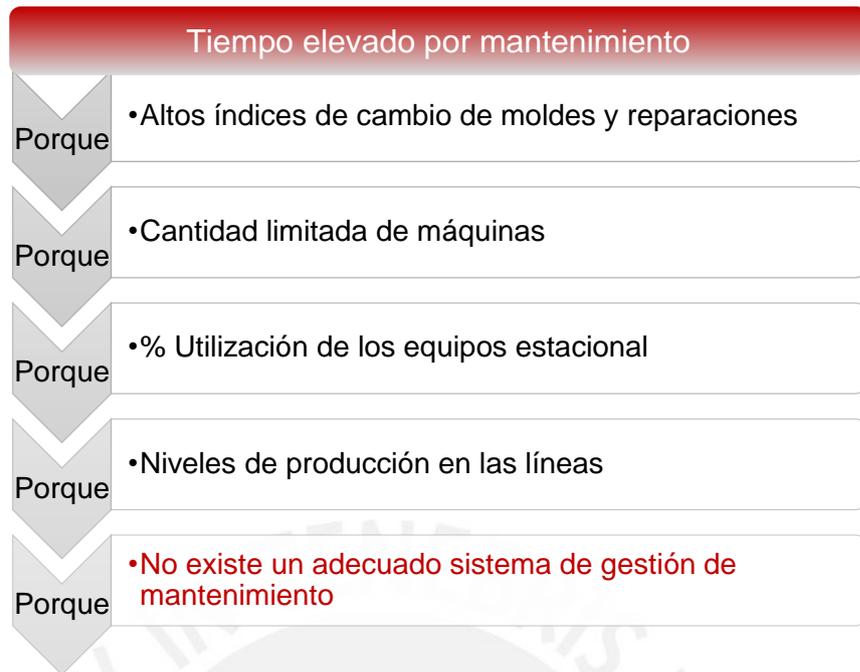
De la tabla anterior, se valida la problemática identificada en el punto 3.4, existiendo correlación entre los problemas críticos en el VSM y el análisis de causas principales; por lo tanto, se elabora un análisis de los 5 porqués para cada causa previamente elegida, de tal manera que se obtenga la causa raíz.



**Figura 3.17 Análisis 5 porqués de la primera causa**



**Figura 3.18 Análisis 5 porqués de la segunda causa**



**Figura 3.19 Análisis 5 porqués de la tercera causa**

Entonces, a partir del análisis de los 5 porqués, realizado para cada uno de los problemas críticos mencionados, se identificó las causas que originan cada uno de los problemas respectivamente. Finalmente, el presente capítulo realiza un planteamiento de contramedidas para cada causa raíz encontrada. Véase la tabla 3.9.

**Tabla 3.9 Planteamiento de soluciones**

Causas Principales	Causas Raíz	Indicador	Impacto Estimado	Soluciones
Tipo de producción	No se aplican herramientas de manufactura esbelta de forma íntegra	GE/LU	Incremento del Lead Time	Sistema Pull, JIT
Altos niveles de inventario	Demora en la liberación de ordenes	Utilización/ Rendimiento	7 días de espera	Trabajo Estandarizado, 5'S, SMED,
Tiempo elevado por mantenimiento	No existe un adecuado sistema de gestión de mantenimiento	OEE	11% Eficiencia Perdida	TPM (Mantenimiento productivo total), Carga de Trabajo

## **CAPÍTULO 4 ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA**

En el presente acápite, se desarrolla un análisis de las posibles herramientas a implementar según la situación actual de la organización y el manejo de los recursos disponibles. Seleccionando posteriormente, las propuestas de mayor impacto para la línea de plumones mediante indicadores y métricas del proceso de producción.

### **4.1 Situación actual en la implementación de las propuestas**

Es sumamente importante delimitar las variables de estudio para cada una de las propuestas planteadas, de acuerdo con las políticas de la empresa ABC.

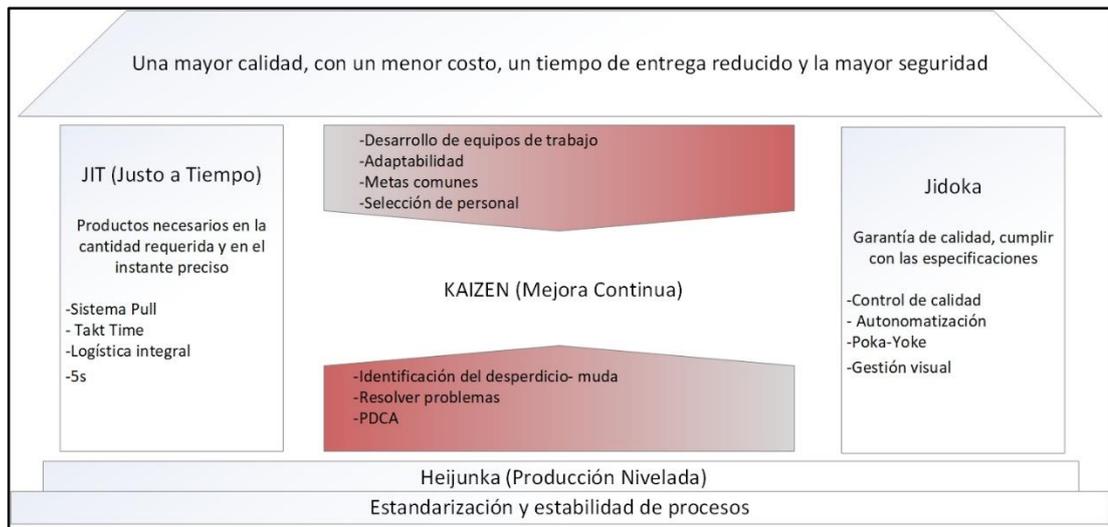
De este modo, se evalúa cada propuesta resultando en un comparativo de donde se escoge una o más de las propuestas de mayor impacto.

#### **4.1.1 Análisis de Herramientas Lean**

La filosofía «Lean» se encuentra estrechamente relacionada a la producción desde el éxito del sistema productivo de Toyota en los años 70. Plantas alrededor del mundo han venido adaptando con gran éxito la filosofía dentro de sus procesos; sin embargo, existe cierta resiliencia a la metodología Lean, con peyorativas como si realmente un conjunto de técnicas con años de antigüedad es capaz de mejorar los procesos de la línea de producción.

Desde luego, es totalmente válido pensar que los métodos de manufactura esbelta están desfasados; no obstante, las herramientas se han ido desarrollando a la par con la innovación en el sector.

Actualmente Lean es utilizada por empresas líderes en el mercado, así como, auditorías y consultoras que ayudan a las organizaciones a implementar esta metodología por proyectos de estrategia e implementación. Véase la figura 4.1.



**Figura 4.1 Estructura Lean**

Fuente: Rajadell (2010); elaboración propia

Como se muestra en la figura 4.1, la filosofía Lean se representa por un conjunto de métodos, que se van ajustando a los cambios tecnológicos en el sector, como la autonomía de la maquinaria mediante sensores y controladores para las fallas, una selección de personal más exhaustiva, entre otros.

De modo similar, se describen ciertas herramientas en función al análisis y diagnóstico previamente realizado en el capítulo 3:

- Sistema Pull

Se busca reducir al mínimo la cantidad de inventario, identificando la demanda real que necesita el cliente; no obstante, para ello también se debe gestionar los tiempos de entrega por parte de los proveedores; por lo cual, está íntimamente relacionado con la filosofía «*just in time*».

- JIT

Respecto a la relación con los proveedores se busca la entrega justo a tiempo de la materia prima, conllevando a la reducción del nivel de inventarios al mínimo posible. Es importante estar organizados, evitar fallos, suspensiones y retrasos.

- Trabajo Estandarizado

Se ha reportado una alta variabilidad en el trabajo que desempeña un número de operarios dentro de una misma área. Motivo por el cual, es importante comenzar un programa de capacitaciones sobre «Trabajo Estandarizado» para nuevos miembros y comparar sus tiempos de trabajo respecto a compañeros más experimentados.

- 5'S's

Se manifiesta desorden en cada área involucrada en el proceso productivo de plumones; por consiguiente, es importante iniciar un proyecto de implementación de la metodología «5'S's», con ello se busca clasificar, ordenar y estandarizar las estaciones de trabajo y las áreas dentro de la línea<sup>2</sup>.

- TPM

Debido a las constantes paradas de máquina en producción, es necesario evaluar el mantenimiento total productivo desde sus tres enfoques integrados: correctivo, preventivo y predictivo.

- Carga de Trabajo

Se evidencia un rendimiento desigual por parte de los operarios dentro de un puesto de trabajo, esto conlleva a que la tasa de tiempos muertos por parte de algunos operarios sea elevada. Para reducir la brecha se tiene pensando uniformizar la «Carga de Trabajo» mediante un análisis del rendimiento por operario.

- SMED

En función al elevado tiempo de preparación (set-up) de la maquinaria, se requiere la aplicación de «SMED» en el proceso productivo en general, además, la criticidad se encuentra en el área de Inyección.

---

<sup>2</sup> Los registros actuales de la empresa auditada respecto a la herramienta se explican y muestran a detalle en el Anexo 3.

#### 4.1.2 Ponderación de las propuestas

Se procede a utilizar una matriz de ponderación de factores llamada «FACTIS» para realizar una comparativa entre cada propuesta bajo los mismos criterios e identificar la mejor propuesta a desarrollar en el caso de estudio. Véase la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Matriz FACTIS de priorización

<b>MATRIZ FACTIS</b>				
<b>Criterios de Selección</b>			<b>Ponderación</b>	
<b>F</b>	Facilidad para solucionarlo			4
	1: Difícil	2: Fácil	3: Muy Fácil	
<b>A</b>	Afecta a otras áreas su implementación			2
	1: Nada	2: Medio	3: Sí	
<b>C</b>	Mejora la calidad			3
	1: Poco	2: Medio	3: Mucho	
<b>T</b>	Tiempo que implica solucionarlo			6
	1: Largo plazo	2: Medio plazo	3: Corto plazo	
<b>I</b>	Inversión requerida			5
	1: Alta	2: Media	3: Baja	
<b>S</b>	Mejora la seguridad industrial			1
	1: Poco	2: Medio	3: Mucho	

Fuente: Tague (2005); elaboración propia

En la tabla 4.1 se señalan diferentes puntajes asignados a cada criterio de selección. Donde “1” es el menos crítico, y “6” el de mayor impacto, las consideraciones del directorio y la problemática actual influyeron en los pesos.

Seguidamente, se procede a dar una puntuación a cada propuesta siguiendo el formato de la matriz «FACTIS» como se puede ver en las tablas 4.2 y 4.3.

Tabla 4.2 Matriz de solución FACTIS

<b>PUNTUACIÓN DE SOLUCIONES SEGÚN FACTIS</b>				
<b>Criterios de Selección</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Solución</b>		
		Sistema Pull, JIT	5'S, SMED	TPM
<i>F</i>	4	1	3	2
<i>A</i>	2	3	3	2
<i>C</i>	3	2	3	3
<i>T</i>	6	1	2	2
<i>I</i>	5	2	2	2
<i>S</i>	1	1	2	3

Tabla 4.3 Priorización de propuesta

<b>PRIORIZACIÓN SEGÚN METODOLOGÍA</b>							
<b>Solución</b>	<i>F</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<b>TOTAL</b>
Sistema Pull, JIT	4	6	6	6	10	1	33
Trabajo Estandarizado, 5'S, SMED	12	6	9	12	10	2	<b>51</b>
TPM, Carga de Trabajo	8	4	9	12	10	3	<b>46</b>

Concluyendo que, la mejor solución a implementar son un conjunto de herramientas «Lean» dentro de la línea de producción de plumones MAX 45.

### 4.1.3 Fases de implementación de mejoras

En este apartado se define el mapa de ruta óptimo en la implementación del proyecto, mejorando los indicadores de la planta y de esa manera, generar impacto positivo en los procesos de la línea de producción MAX 45.

Para comenzar, es importante dar a conocer al personal los indicios de las metodologías a aplicar. Posteriormente, se presenta el plan de trabajo, iniciando con: «Trabajo Estandarizado y las primeras “2S”, para luego realizar conjuntamente el desarrollo del mantenimiento autónomo TPM con la “3S” hasta la culminación de las “5S”». Finalmente, evaluar la «Carga de Trabajo» junto con la implementación de «SMED» y la visualización de resultados en el «VSM». Véase figura 4.2.

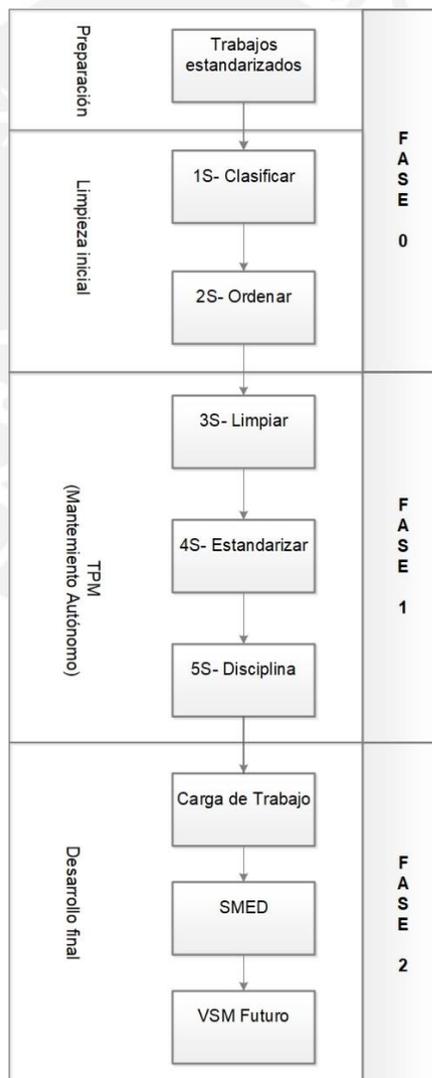


Figura 4.2 Plan de implementación de mejoras

Asimismo, en forma cuantitativa el tiempo estimado de implementación de las herramientas se visualiza a continuación en la figura 4.3.

Fase	Herramientas	Actividades	Duración (sem)	Mes 1					Mes 2					Mes 3					Mes 4					Mes 5					Mes 6					Mes 7				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29						
0	Trabajo Estandarizado	Definir el plan de Acción	2	■	■																																	
		Documentación	2			■	■																															
		Estandarización	2					■	■																													
		Capacitación del personal	3						■	■	■																											
		Medición	1									■																										
	5s y TPM	Reuniones de capacitación	Reuniones de capacitación	2							■	■																										
			Evidencia de estado actual 5s	2									■	■																								
			1. Seiri- Clasificar																																			
			Clasificación	2												■	■																					
			Evaluación Zona de Etiquetado Rojo	1															■																			
2		Campaña descarte final	Campaña descarte final	2																																		
			2. Seiton- Ordenar																																			
			Señalización de pisos	3																																		
			Señalización de área de trabajo	2																																		
			Gestión visual para control de inventario	1																																		
		3. Seiso- Limpieza	Rotulación de Equipos y estantes	1																																		
			Limpieza inicial	1																																		
			Identificación de anomalías	1																																		
			Identificación de focos y lugares de difícil acceso	2																																		
			Capacitación operarios- TPM	2																																		
4. Seiketsu- Estandarizar	3																																					
5. Shisuke- Disciplina	1																																					
Carga de Trabajo	Estudio de balance de línea		3																																			
	Control del avance de la mejora		1																																			
	Resultados de la carga de trabajo		1																																			
	Capacitación SMED	1																																				
	Estudio del set-up	2																																				
SMED	División en preparación interna y externa	1																																				
	Conversión de actividades internas en externas	2																																				
	Mejorar elementos de operación	2																																				
	Medición de la herramienta	1																																				

Figura 4.3 Cronograma de implementación de mejoras



- Verificar lo enseñado

Durante el primer día de trabajo los operarios realizan sus funciones bajo la supervisión del encargado de la zona quien, en caso de observar un error, se encarga de retroalimentar al operario para que no vuelva a ocurrir.

- Impacto

Un punto realmente importante es cuantificar el beneficio de la implementación de la herramienta; por lo cual, se procede a medir y comparar la ejecución de un operador nuevo con uno experimentado dentro del proceso de encajado en un horizonte de un mes desde su ingreso a planta. Véase tabla 4.4.

**Tabla 4.4 Impacto de la aplicación de Trabajo Estandarizado**

Actividad	Tiempo (min)			Tiempo mensual (hrs)	Tiempo anual (días)		
	Actual	Propuesto	Ahorro	En jornadas	En jornadas	%	
Colocar PT en tolva	6	5.2	0.8	5.2	3	13%	
Identificar errores por lote	13	9	4	13.9	7	31%	
Sellado por lote	39	33	6	41.6	21	15%	
	<b>Total promedio</b>			4	20	10	20%

Como se muestra en la tabla 4.4, existe un ahorro considerable gracias a la implementación de Trabajos Estandarizados para los nuevos ingresantes, la eficiencia del trabajo de los nuevos operarios sobrepasa al de los experimentados. Muchas veces es un tema de motivación, pero también por la capacitación recibida en el trabajador por parte del equipo de mantenimiento.

Adicionalmente, es importante aclarar que en el cálculo de los tiempos mensuales se toma en consideración un ciclo llenado de PT en tolva de 15 veces al día para las dos jornadas laborales dentro del área de encajado que, según la política de la empresa resulta en un período de 26 días por mes, un ciclo de 8 veces por día respecto a identificar la cantidad de errores por día y un ciclo de 16 veces; en caso de trabajar dos jornadas de 8 horas evaluando el proceso de llenado para un lote por hora de producción, siendo proporcional al número de horas por día.

En los próximos puntos se incentiva la capacitación de todo el personal en metodologías de «Lean Manufacturing», con este conocimiento práctico los operarios elevarán considerablemente su eficiencia en el trabajo, resultando en un impacto productivo y económico para la organización.

### 4.3 Aplicación de las 5'S

Previo a la implementación de la herramienta, es importante conocer el estado de cada una de las áreas involucradas en el proceso productivo, respecto a la aplicación actual de las «5'S» y al objetivo. Véase Tabla 4.5.

**Tabla 4.5 Porcentaje de aplicación de las 5'S**

Áreas	%Aplicación	Objetivo
Inyección	32%	>80%
Ensamblado	46%	>80%
Encajado	53%	>80%

Fuente: Auditoria

Como se muestra en la Tabla 4.5, el porcentaje de aplicación de las «5'S» es bajo; en concordancia, se deberá realizar una implementación progresiva. Los objetivos de la implementación son los siguientes:

- Incrementar la eficiencia de la producción mejorando las actividades en cada área o puesto de trabajo.
- Garantizar la seguridad en el área de trabajo del operario.
- Garantizar la calidad del producto, haciendo cumplir las especificaciones físicas del mismo.

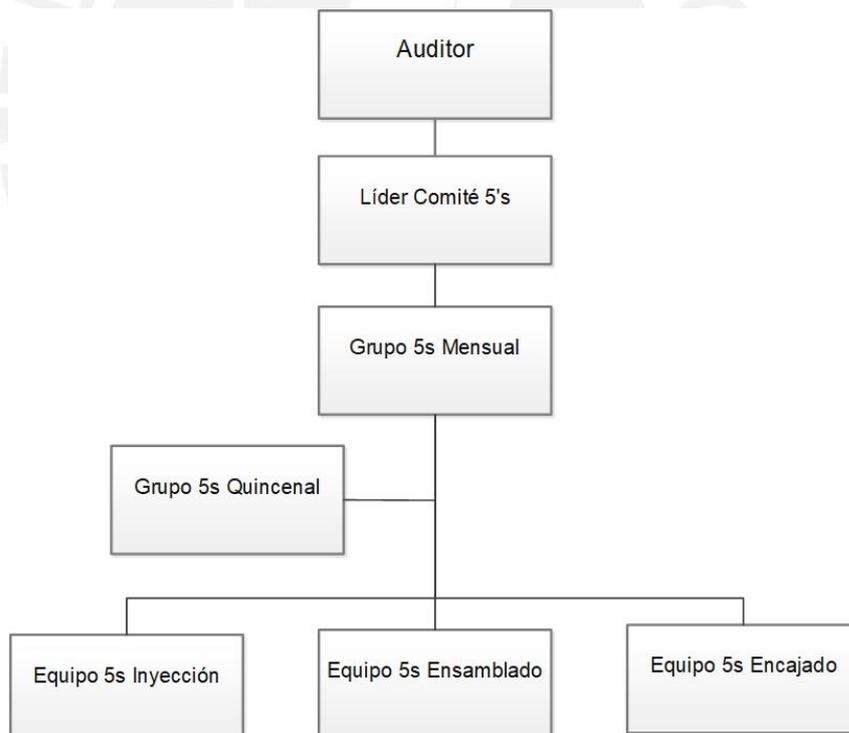
#### 4.3.1 Asignación de Roles y Zonificación

Para empezar, se debe formar un comité «5'S», integrado por jefes directos, supervisores y operarios encargados de la operación. En la tabla 4.6 se muestran los roles y los responsables en cada uno de los miembros del comité.

El orden de la organización para la implementación de las «5'S» se presenta en la figura 4.5.

**Tabla 4.6 Asignación de roles 5'S**

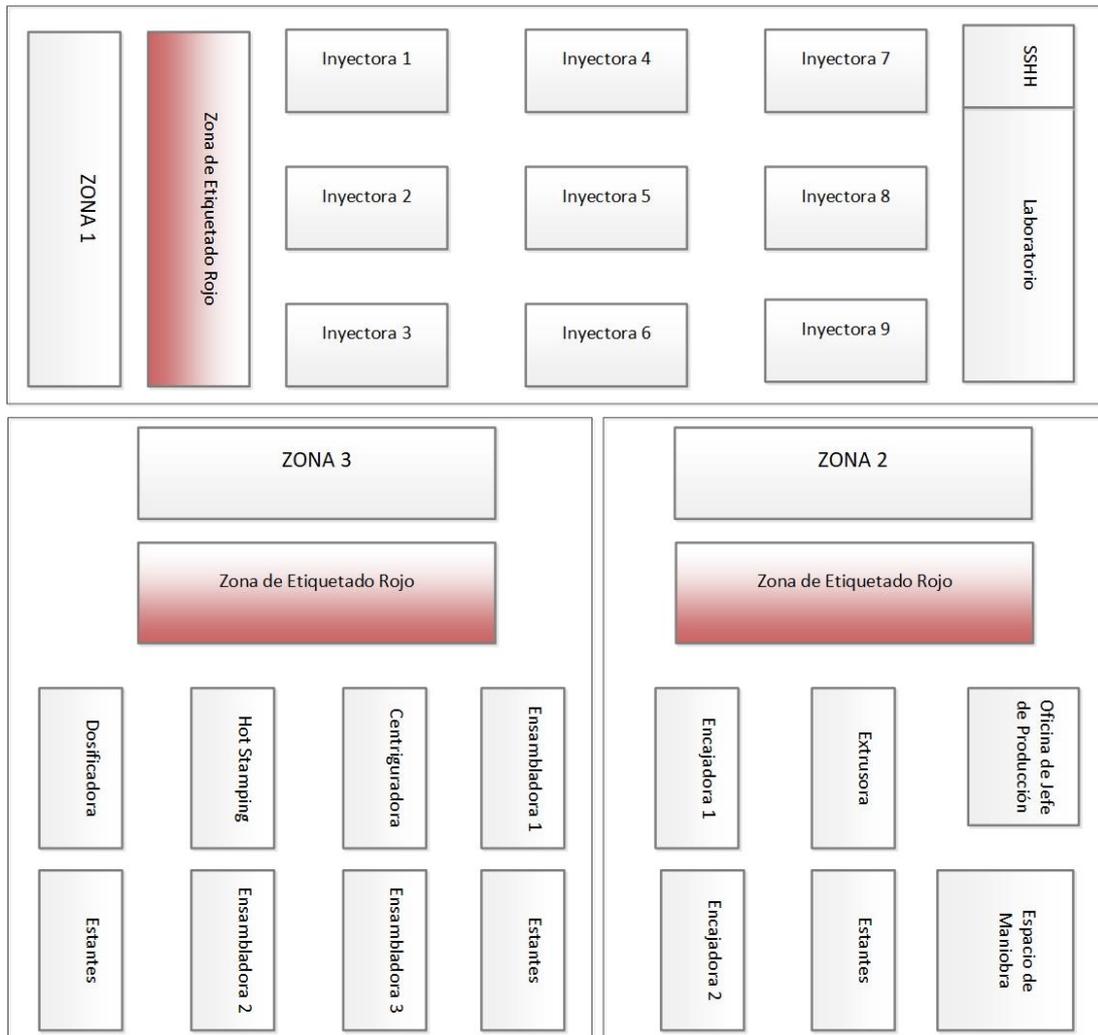
Rol	Grupo	Responsables	Tarea
Auditor	General	Gerente de Producción	Evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos
Líder Comité 5'S	Mensual	Jefe de Producción	Transmitir la metodología y acompañar a los operarios, al igual que compañeros en la implementación de esta.
Facilitadores		Jefe de Mantenimiento	
		Analista de Producción	
		Jefe de Seguridad	
		Jefe de Calidad	
	Quincenal	Supervisor de Plásticos	
		Mejora Continua	
		Operarios Plásticos	
		Operarios Almacén	



**Figura 4.5 Organización 5'S**

Como se muestra en la figura 4.5 para lograr implementar la herramienta correctamente es necesario formar equipos de trabajo por afinidad y objetivos en común.

El líder de comité debe realizar un mapeo y plantear las zonas «5'S», previo a la formación de los equipos, definiendo las responsabilidades de cada miembro. La zonificación propuesta por área se aprecia en la figura 4.6 y la estructura de cada equipo se presenta en la tabla 4.7.



**Figura 4.6 Zonificación 5'S**

**Tabla 4.7 Responsables 5'S por área**

Área	Zona	Responsables
Inyección	1	Jefe de Inyección
		Regulador 1
		Regulador 2
		Regulador 3
Ensamble	2	Jefe de Sala
		Asistente 1
		Asistente 2
Encajado	3	Jefe de Encaje
		Regulador 1
		Regulador 2
		Regulador 3

Se puede afirmar que, el líder «5'S» se encarga de elaborar un plan de capacitación explicando el alcance de la metodología, los beneficios, tiempo y plan de trabajo, tanto para los equipos como para personal administrativo y nuevos trabajadores. El programa de capacitación será en función a la exposición del colaborador al proceso productivo.

En consecuencia, se procederá a detallar el proceso de implementación de cada una de las «5'S»:

#### **4.3.2 Seiri-Clasificar**

En primer lugar, es importante segregar todos los elementos dentro del área en relevantes e innecesarios para el proceso; por lo tanto, se debe trabajar en conjunto con los operarios para la identificación y registro de los elementos desde diversos parámetros como ubicación, funcionalidad, cantidad y toma de fotos.

En el caso de los innecesarios se debe encontrar un sitio específico donde ubicarlos, de modo que despejen el puesto de trabajo, manteniendo solo lo imprescindible para el trabajador; esta área será conocida como “Zona de Etiquetado Rojo”.

Dentro del proceso de etiquetado rojo se realizan los siguientes pasos:

- Toma de fotos de las zonas actuales antes de la aplicación de la herramienta y publicarlas en un panel de oportunidades de mejora, previamente definido. Véase anexo 3, se recomienda repetir la acción de forma semanal para medir el avance.
- Hacer un listado de objetivos y equipos por zona -según su funcionalidad- y contrastar la lista con la actual para cada zona.

- Delimitar la “Zona de Etiquetado Rojo” según los siguientes parámetros, la ubicación debe facilitar el flujo de trabajo y garantizar la conservación de los materiales, contar con el número de estantes necesarios y no se debe almacenar objetos averiados, innecesarios o cuya ubicación debe ser la eliminación de residuos sólidos.
- Aquellos objetos que puedan ser útiles para cualquier otro miembro deben ser correctamente etiquetados de color rojos y ser llevados respectivamente a la “Zona de Etiquetado Rojo”. Véase figura 4.7.

DATOS GENERALES	
Fecha:	N° Tarjeta:
Área:	
Responsable	
PRODUCTO	
Nombre:	Cantidad:
Ubicación:	
PROCEDIMIENTO	
Motivo:	Disposición:
<input type="checkbox"/> No usado	<input type="checkbox"/> Eliminar
<input type="checkbox"/> Uso desconocido	<input type="checkbox"/> Reparar
<input type="checkbox"/> Duplicado	<input type="checkbox"/> Reubicar
<input type="checkbox"/> Dañado/ Defectuoso	<input type="checkbox"/> Otro: _____
<input type="checkbox"/> Otro: _____	

**Figura 4.7 Tarjeta Roja**

- Los objetos que no se encuentren en la lista del área de etiquetado rojo, deben ser separados e identificar si son activos fijos, tomándose las siguientes consideraciones.
- En el caso de activos fijos, se deberá color una etiqueta roja donde se indique si necesita mantenimiento o corresponde ser depuesto. Para el caso de desecho es responsabilidad del área de contabilidad darle de baja al activo.
- En cuestión a los objetos que se encuentren averiados; sin embargo, son necesarios para el área. Además, se debe reportar a mantenimiento para su respectivo arreglo.

- En función a la permanencia de los objetos en la zona roja, no debe prolongarse más de una semana; posteriormente, son trasladados a la zona de descarte, donde el plazo de estancia es máximo un mes. Como resultado, el jefe de seguridad y salud en el trabajo se encarga de su disposición final.

Una vez explicado el proceso de los objetos almacenados en la “Zona de Etiquetado Rojo”, es importante conocer la manera de clasificar aquellos objetos relevantes para el puesto de trabajo y la documentación a seguir por parte del equipo «5S»:

- Los tipos de clasificación según la frecuencia de uso y el alcance para maniobrar la herramienta se ordenan en: rara vez utilizados, a veces son utilizados y utilizados frecuentemente.
- Referente a la documentación se debe definir el tiempo que permanece en la zona y su posterior envío a un área de documentación central o deposición. Para esto, debe colocarse un patrón en la contra tapa del libro archivador con las especificaciones previamente mencionadas.
- Los manuales, procedimientos y/o especificaciones, deberán ser revisadas en períodos no mayores a un año para verificar si requieren actualización.

#### **4.3.3 Seiton-Ordenar**

Este principio hace referencia a la expresión “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”; es decir, la clasificación y el orden son dos estrategias que van de la mano -sería inservible tener todo ordenado con objetos innecesarios en el ambiente de trabajo-.

De este modo, se debe definir y respetar los lugares asignados para cada elemento dentro del área, los cuales deben ser de fácil acceso y reconocimiento para el operario. Para ello se aplican los siguientes criterios:

- Colores para pisos.
  - ✓ Para área de etiquetado rojo se debe señalar con una línea de color rojo; además, se recomienda el uso de un letrero informativo de la zona.

- ✓ Para áreas generales se debe demarcar con una línea de color amarillo los lugares de tráfico, con mención a la ubicación de estantes, maquinaria, zona de trabajo.
- ✓ Para señalizaciones de seguridad se debe colocar líneas de color verde.
- Señalización para zonas de almacenamiento.

En las zonas donde se almacenan materiales, debe delimitarse los siguientes factores, una tarjeta con la letra “A” y, el tipo de material a almacenar, el encargado, cantidad máxima-mínima y el destino del material.

Las cantidades máximas y mínimas se señalizan en función de los siguientes colores:

- ✓ Rojo: Denota la máxima cantidad de material a almacenarse.
- ✓ Verde: Denota la mínima cantidad de material a almacenarse, se requiere de reposición de material para este tipo de señalización.

En la figura 4.8 se muestra el Kanban de almacenamiento.



**Figura 4.8 Tarjeta Kanban**

- Siluetas.

La señalización en piezas de máquina, estantes y paneles de herramientas conlleva a un mejor reconocimiento y distribución de los objetos de uso diario. Para ello, se recomienda colocar un panel con el fondo de cada objeto relevante para el área, de modo que facilite el manejo y disposición de las herramientas.

- Rotulación de los equipos.

Se busca normalizar los rótulos de los equipos como medida a facilitar la identificación de cada uno de ellos, mediante el siguiente formato, fondo de color azul oscuro, letras blancas con fuente "Arial". El formato debe ser colgado encima de los equipos para una rápida localización.

- Rotulación de paredes y armarios.

- ✓ Primero, se debe rotular los objetos necesarios en cada área mediante un código o el mismo nombre del elemento. Esta premisa facilita la identificación del material para todo el personal en planta; dado que, es necesaria la aprobación de los miembros del equipo, así como de gerencia.
- ✓ Una vez teniendo correctamente identificados los objetos y el puesto de trabajo ordenado, se procede a acotar con cinta o pintura el perfil de los estantes, zonas de seguridad, recipientes o provisiones y máquinas. Es importante, ya que en el proceso actual muchas áreas carecen de demarcaciones en las zonas de trabajo o la ubicación de los elementos.
- ✓ Se recomienda emplear la disciplina FIFO en todas las áreas involucradas, es decir, el primer elemento en llegar es el primero en usarse y así consecutivamente. Como parte del proceso es vital elegir un responsable de la reposición de los elementos a emplear.
- ✓ Mencionando la metodología anteriormente expuesta, se recomienda a su vez emplear el método de «Localización Rápida» para facilitar la identificación de los objetos, se apoya en el criterio de siluetas.
- ✓ Del mismo modo, señalar los rangos de trabajo óptimo, es vital para no exceder los límites de capacidad de las máquinas, los estándares utilizados en los procesos y la manipulación por tipo de conexión área-máquina.
- ✓ Se infiere que, hecha la rotulación adecuada, se toman fotos del área, realizando un comparativo con el avance de la herramienta en las otras áreas.

#### 4.3.4 Seiso-Limpieza

El pilar de limpieza busca promover una cultura de orden tanto en el personal operativo como administrativo. Se recomienda seguir los siguientes procedimientos:

- Limpieza inicial.

Durante este proceso, el operario realiza una limpieza a detalle, eliminando excesos de grasa, polvo, suciedad e identificando las anomalías dentro del área.

- Identificación de anomalías.

Se conoce como anomalía a una irregularidad, falla o cualquier condición que tenga probabilidad de convertirse en un problema; desprendiendo en el desarrollo de un plan como solución rápida.

Por ejemplo: La utilización de tarjetas de color en función de las necesidades del personal a asistir en cierto problema, «la verde para los operarios, la roja para los colaboradores de mantenimiento y la de amarillo para posibles fuentes de contaminación»; explicado a mayor detalle en el punto 4.4.

- Identificación de focos de suciedad.

Consiste en identificar agentes de baja salubridad con el fin de conocer la causa y, elaborar oportunidades de mejora para erradicarla; una vez implementado, se contará con higiene total dentro del área de trabajo. Véase anexo 4.

- Lubricación de maquinaria.

De modo preventivo, se busca lubricar partes claves del equipo que permitan incrementar su tiempo de vida. Las partes principales por lubricar en las máquinas inyectoras, ensambladora y encajadora son: las reglas, rótulas, cadenas y demás partes móviles. Incluido también en el anexo 4.

- Verificación de limpieza.

Los responsables de cada área se encargan de supervisar y controlar la operación de limpieza en sus respectivas zonas de trabajo; asimismo, se brinda un checklist a los operarios como parte de la estandarización de procesos mediante un formato para la limpieza de equipos a llenar una vez acabadas sus labores de saneamiento.

#### **4.3.5 Seiketsu-Estandarizar**

Este apartado tiene como finalidad mantener los resultados obtenidos del proceso de orden, clasificación y limpieza -anteriormente planteados-; de esa forma, evitar su reproceso en el puesto de trabajo. Igualmente -como se mencionó antes-, el encargado de cada área es responsable del cumplimiento del pilar.

Durante el desarrollo de esta etapa se propondrá la estandarización de las buenas prácticas tomando en consideración los siguientes puntos:

- El personal debe estar 10 minutos antes del comienzo de su jornada laboral para ponerse el uniforme y EPP's proporcionados por la empresa, y no perder tiempo operativo de la jornada.
- Identificación de los procedimientos utilizados dentro de cada área e indicio de los principales como: lubricación de equipo, cambio de color, regulación y de este modo minimizar los tiempos operacionales.
- Se debe realizar una limpieza de 5 minutos al finalizar el turno de trabajo para que el personal del próximo turno encuentre un ambiente óptimo y pulcro.
- El personal durante toda su jornada laboral debe utilizar sus EPP's correspondientes como: lentes, tapones, guantes.
- Señalizar: Zonas de evacuación, salidas de emergencia en función a la distribución de la planta e implementar botiquines y extintores en zonas faltantes.
- Mantener las áreas bien pintadas, los baños limpios y segregar los residuos mediante la implementación de tachos de basura por colores.
- Evaluar la iluminación en los puestos de trabajo y equipar aquellas zonas con escasa luz con reflectores.
- Posterior a la implementación completa de las «5'S», se busca capacitar a todo el personal de la empresa ABC, mediante la presentación a detalle de los nuevos estándares y funciones que debe cumplir el equipo de trabajo.

Dichas estandarizaciones permitirán mejorar el control de los recursos y el tiempo operativo, manteniendo orden y disciplina.

### 4.3.6 Shisuke-Disciplina

Promueve generar el hábito de mantener el orden y limpieza propuesto en los puntos anteriores en todo el personal. En esta etapa, se busca que los operarios asimilen la metodología en su rutina diaria.

Para llegar al operario se evalúa la colocación de afiches, carteles en distintos puntos del proceso productivo de la línea, en busca de complementar la interiorización de la metodología, es decir, facilitar la etapa de adaptación desde la implementación de los nuevos estándares hasta lograr el cambio en el estilo de trabajo del operario.

### 4.3.7 Impacto

En el desarrollo de una propuesta de mejora es importante cuantificar o estimar el impacto obtenido mediante la aplicación de la herramienta seleccionada; en consecuencia, se desarrolla una prueba piloto en el área de inyección.

A través del piloto, se obtuvo un nuevo tiempo en la operación de llenado de la tolva con MP, reposición cuerpos en depósitos, inspección de material. Durante la toma de tiempos, se pudo observar que al operario le demanda un menor tiempo organizar los cuerpos en depósitos de diferentes colores -según la orden de producción liberada-, y localizar los elementos necesarios en el proceso debido a que el puesto de trabajo se encuentra organizado y limpio, logrando mejorar la gestión visual. Véase tabla 4.8.

**Tabla 4.8 Resultados aplicación 5'S**

Actividad	Tiempo (min)			Tiempo mensual (hrs)	Tiempo anual (días)	
	Actual	Propuesto	Ahorro	En jornadas	En jornadas	% Impacto
Llenado de tolva con tapas	4	3.12	0.88	7.6	4	22%
Reposición de plumones en depósitos	2.25	1.55	0.7	36.4	18	31%
Inspección de material	96	80	16	13.9	7	17%
		<b>Total promedio</b>	6	19	10	23%

Se puede observar un impacto importante de 23% en el área de ensamblado mediante la aplicación de las «5'S». Tomando como supuestos 25 veces de llenado de tolva por día, 120 veces de reposición de plumones y unas 2 tomas de inspección durante los 3 turnos que está operativa la maquinaria en la estación de trabajo.

## 4.4 Aplicación de TPM

*Total Productive Maintenance* (TPM), es una herramienta que nos permite disminuir el tiempo de paradas de las máquinas, que se realiza en paralelo con la implementación de la «3S», tal como se detalla en la figura 4.2.

Para la aplicación de la metodología se tienen presentes los siguientes pasos:

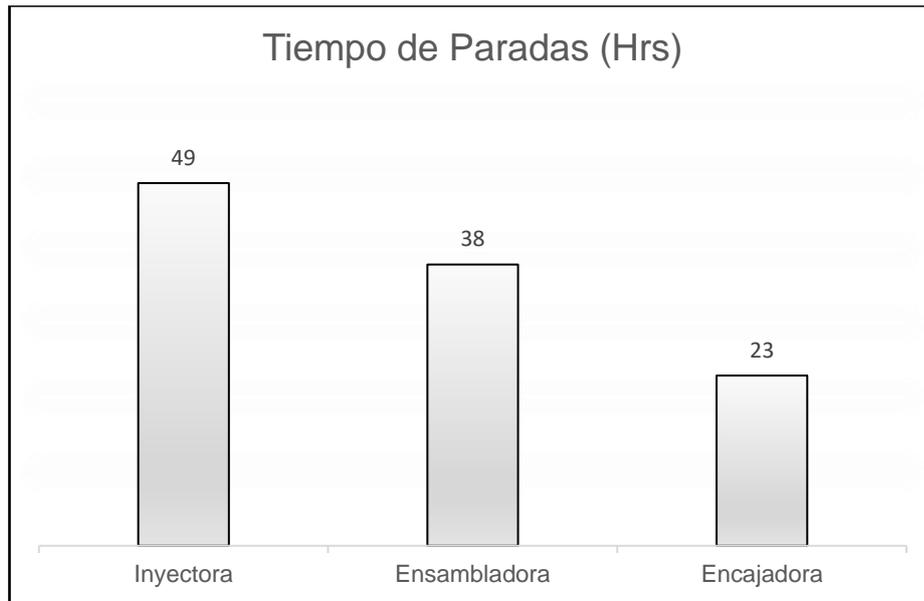
- Condiciones Básicas
- Limpieza cero
- Eliminación de fuentes de contaminación y puntos sin acceso
- Limpieza y lubricación

En primera instancia, para una correcta aplicación de la metodología se debe designar roles, los cuales son los mencionados a continuación:

- Líder TPM: Cargo asumido por el Jefe de Mantenimiento, quien será el responsable de la implementación y ejecución.
- Equipo Mantenimiento: Conformado por los integrantes del área de mantenimiento, son responsables de enseñar y apoyar a los operarios.
- Equipo TPM: Conformado por operarios a libre solicitud, responsables de identificar anomalías y aplicar cartillas de limpieza y lubricación.

Luego, con los equipos ya formados se procede a establecer un cronograma de reuniones y actividades a actualizar periódicamente en el tablero de control visual. Durante esta etapa, se realiza un reconocimiento de las anomalías dentro de las zonas delimitadas por el proceso, para crear un listado con los equipos necesarios para la limpieza.

Una de las anomalías que se busca disminuir mediante la aplicación de esta herramienta es el tiempo de parada de máquinas. Para una mayor comprensión ver la figura 4.9.



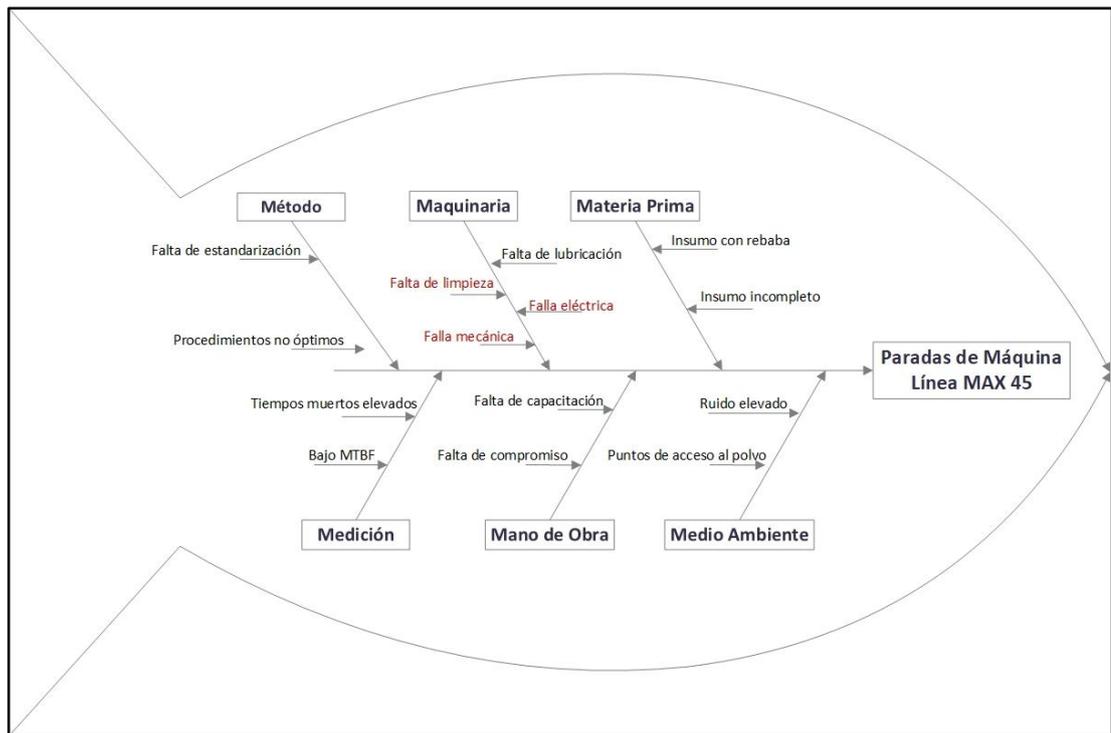
**Figura 4.9 Tiempo de Paradas de Máquinas en línea MAX 45**

El tiempo de parada es demasiado elevado, tal como se aprecia en la figura 4.9; por esa razón, se busca disminuir las paradas y aumentar el tiempo promedio entre paradas de máquinas (MTBF). El operario necesita estar continuamente involucrado con la metodología, debido a que su participación en auditorías a la maquinaria y completo conocimiento de las actividades del área, le sirven para identificar con mayor facilidad las fallas que se presentan.

Por ello que, con la finalidad de aumentar la efectividad del equipo, se capacita al operario sobre técnicas de limpieza, inspección y lubricación con el objetivo que el operario pueda asistir los fallos mediante actividades básicas como ajustes de tuercas, lubricación, entre otras.

Una vez acabadas las capacitaciones brindadas por el equipo de mantenimiento, se procede a actualizar las actividades y colocarlas en el tablero de control visual.

Finalmente, con el objetivo de encontrar las causas principales de la parada de máquina se desarrolla un «diagrama de Ishikawa», que se muestra en la figura 4.10.



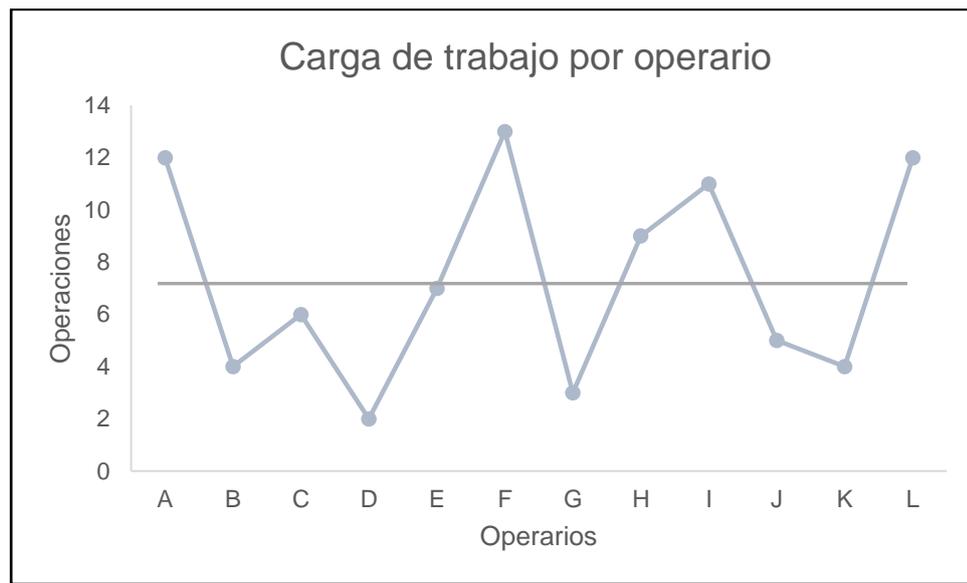
**Figura 4.10 Diagrama de Ishikawa por parada de máquina**

Las principales causas de parada de máquina son por temas de piezas claves en la máquina, fallas eléctricas y faltas de limpieza, respecto a lo anteriormente mencionado, se evalúan a mayor detalle los componentes claves:

- Resortes rotos: Ocasionado por la fatiga debido a la sobrecarga de trabajo que hace el brazo mecánico para la colocación de componentes.
- Descentrado de cadena: Sucede por falta de lubricación de la cadena o cuando dos objetos se cruzan entre sí; además, un contacto brusco del operario a la cadena puede causar la inhabilitación por horas.
- Sensores dañados: Cuando el tiempo de operación del sensor es muy elevado y requiere un cambio o cuando un elemento fallado hace contacto con el sensor de forma brusca, ocasiona su desperfecto.

## 4.5 Aplicación de Carga de Trabajo

Dentro de la empresa ABC no existe un control o seguimiento exhaustivo a las operaciones del operario dentro de su puesto de trabajo; por lo cual, es necesario realizar un estudio en función al rendimiento del operario por jornada de trabajo. El análisis del rendimiento promedio diario de los operarios del área de encajado para la línea de plumones se muestra en la figura 4.11.



**Figura 4.11 Carga de Trabajo en Encajado**

Es necesario uniformizar la carga de trabajo por operario, como se visualiza en la figura 4.11 existe una gran variabilidad entre las operaciones promedio que realiza un operario en su turno versus la de sus compañeros en la zona. En ese sentido, se desarrolla un balance de línea que se puede ver en el anexo 5.

En caso se requiera asignar una cantidad menor de operarios a las áreas de producción, se determina una reubicación para aquellos operarios excedentes que no se encuentren afectados; cabe recalcar que, si su ritmo no es favorable al equipo, es necesario evaluar su continuidad en la empresa.

A continuación, en la tabla 4.9 se presenta el impacto del estudio de estandarización de tiempos operativos por operario.

**Tabla 4.9 Resultados aplicación Carga de Trabajo**

<b>Operarios</b>				
<b>Zona</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Ahorro/ Necesidad</b>	<b>% Impacto</b>
Inyección	9	10	1	11%
Ensamblado	3	3	0	0%
Encajado	12	8	4	33%
<b>Total promedio</b>			2	15%

Como se muestra en la tabla 4.9, mediante la aplicación de carga de trabajo uniforme se verifica una necesidad de mano de obra en el área de inyección. El tiempo operativo es elevado y muchas veces se producen retrasos que generan un sobre costo por horas-extra; entonces, el asignar un operario de otra área con disponibilidad para que brinde apoyo es factible sin que genere el pago de horas o un sueldo extras.

Por otro lado, en el área de ensamblado el método propone seguir con la misma cantidad de fuerza de trabajo, un solo operario, pues su índice de productividad es elevado y cumple con sus funciones de forma adecuada; tampoco existen sobre costos generados por concepto de horas extra.

Una vez hecho el análisis tanto del área de inyección y ensamblado, toca hacerlo con el área de encajado. Donde sí existe un ahorro para el área por recurso hombre, siendo un total de 4 operarios que necesitan ser reasignados en sus funciones, generando un impacto importante en los costos del área y de la línea de plumones en general.

## 4.6 Aplicación de SMED

*Single Minute Exchange of Die* (SMED), es una herramienta que nos permite mejorar el control sobre los tiempos de cambio de operación en los procesos críticos de la línea de producción; esto busca implementar la metodología en el área de inyección.

Para la implementación de «SMED» se seguirán los siguientes puntos:

- Formación de equipos SMED.

El jefe de mantenimiento será el encargado de agrupar a los miembros por afinidad en sus operaciones; asimismo, se busca capacitar a todo el personal involucrado en el proceso productivo y el equipo de «5'S» tiene una participación vital en el desarrollo de la implementación.

- Recolección de datos del proceso actual.

Actualmente, el cambio de molde de tapa excede los 120 minutos debido a la complejidad en la preparación del molde; incluyendo, el número de cavidades del molde y los objetos utilizados por técnico encargado de la elaboración y mantenimiento de moldes. En la tabla 4.10 se presentan los principales componentes de un molde.

**Tabla 4.10 Componentes de un Molde de Inyección**

Parte	Molde de Inyección
1. Cáncamo	
2. Grifo	
3. Bocina Bocadora	
4. Bocina Tubular	
5. Cavidad Hembra	
6. Postizos Machos	
7. Placa de Refrigeración	

Como se mencionó, la estructura del proceso es compleja; por lo tanto, es importante una limpieza exhaustiva de mangueras y equipo en contacto con el molde al momento de realizar el cambio de molde. En la tabla 4.11 se muestra el análisis.

**Tabla 4.11 Componentes de un Molde de Inyección**

Máquina: Inyectora De: Molde tapa Plumón ECO 47 A: Molde tapa Plumón MAX 45										
N°	Actividades	Tiempo (min)	Preparación, verificación de materiales		Intercambio de partes		Mediciones, calibración, set-up		Pruebas, reajustes	
			Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
1	Sacar y llevar último tiro	5	5							
2	Buscar materiales	4		4						
3	Trasladar tecle	3		3						
4	Sacar nylon	2			2					
5	Resopletear molde por partículas	1					1			
6	Cerrar caños de mangueras	1					1			
7	Engrasar nuevo molde	3		3						
8	Buscar mangueras del nuevo molde	3		3						
9	Cerrar molde	1					1			
10	Cambiar boquilla	3.5			3.5					
11	Retirar expulsador	4			4					
12	Instalar tecle y enganchar al cándamo	3.25			3.25					
13	Retirar distanciadores y chuletas	6			6					
14	Desconectar mangueras	3			3					
15	Extraer molde mediante el tecle	2.75			2.75					
16	Llevar molde a maestranza	5			5					
17	Enganchar nuevo molde a tecle	3			3					
18	Limpieza de máquina	2.5					2.5			
19	Trasladar tecle	4			4					
20	Colocar nuevo molde mediante tecle	3.5			3.5					
21	Buscar chuletas y distanciadores	3.25			3.25					
22	Colocar objetos a molde	4			4					
23	Retirar tecle	1					1			
24	Colocar sistema de calefacción a molde	2					2			
25	Conectar mangueras a grifos	6			6					
26	Poner nylon	3			3					
27	Poner expulsador	3			3					
28	Poner boquilla	5			5					
29	Ajuste para inyección	3.5					3.5			
30	Calentar nuevo molde	20					7	13		
31	Regulación para primer tiro	3					3			
32	Entrega de primer tiro	2.35								2.35
33	Aprobación de maestranza	12								12
34	Guardar herramientas	6		6						

Actividad Interna	105.6	1.76
Actividad Externa	32	0.53
<b>Total</b>	<b>137.6</b>	<b>2.29</b>
	min	horas

Como se muestra en la tabla 4.11, las actividades internas representan más del 70% dentro del cambio de molde, es decir, aquellas operaciones que se realizan cuando la máquina se encuentra parada. Principalmente por tiempos largos en la búsqueda de herramientas. Dicha actividad mejorada por medio de las «5'S» e ineficiencia de objetos del proceso actual que se identifica en el siguiente punto.

Dentro de las actividades externas, el proceso actual integra el calentamiento del nuevo molde. Operación sumamente importante para que la máquina comience a operar; por lo que, se desarrolla un precalentamiento que permite reducir en más de un 53% el anterior proceso, donde se esperaba 20 minutos para que empiece arrancar la herramienta, ya que era una actividad interna.

- Identificación de ineficiencias en el proceso actual.

Dentro del proceso actual existe un solo regulador por máquina, encargado de la instalación y solo cuenta con un apoyo en el teclé. Se propone colocar un operario para que realicen actividades en paralelo. El análisis se muestra en la tabla 4.12.

**Tabla 4.12 Esquema multiactividades**

Tiempo (min)	Actividades	
	Regulador	Operario
4.5	Sacar y llevar último tiro	Buscar herramientas
1	Sacar nylon	
1	Sopletear molde de partículas	Cerrar caño de mangueras
2	Cerrar molde	Buscar mangueras del nuevo molde
3.75	Cambiar boquilla	Retirar expulsador
2	Instalar teclé y enganchar el cándamo	
4	Retirar distanciadores y chuletas	
2	Desconectar mangueras	
3.25	Llevar molde a maestranza	
2	Enganchar nuevo molde a teclé	
1	Limpieza de máquina	
3.25	Colocar nuevo molde mediante teclé	Buscar chuletas y distanciadores
2.75	Colocar objetos a molde	
1.25	Colocar sistema de calefacción a molde	
3.75	Conectar mangueras a grifos	
3	Poner nylon	Poner expulsador
4	Ajuste para inyección	Poner boquilla
20	Calentar nuevo molde	
4	Regulación de primer tiro	
5.5	Entrega de primer tiro	Guardar herramientas

Herramientas necesarias	23
Multiactividad	74
<b>Total</b>	<b>97</b>

Las operaciones que involucran a elementos de ajuste del molde como chuletas y distanciadores sobrepasan los 15 minutos, peor aún en la etapa de diseño del molde. De esta manera, resulta ser beneficioso y no representa un costo elevado para la organización, disponer de mordazas de sujeción. Véase figura 4.12.



**Figura 4.12 Mordaza de sujeción para molde de Inyección**

La mordaza de sujeción permite eliminar el uso de chuletas y distanciadores, pues es un mecanismo que se adapta al espacio entre bocinas y placas gracias a su ingeniería de primer nivel y tecnología asociada, permitiendo reducir considerablemente el tiempo de cambio de molde y facilita el diseño por parte de maestranza.

De igual situación, en las actividades que involucran mangueras y grifos, es considerable el tiempo operativo, el cual se puede reducir mediante la aplicación de tomas rápidas. Véase figura 4.13.



**Figura 4.13 Conexión de toma rápida**

La toma rápida se conecta al grifo facilitando el ingreso de la manguera, reduciendo los tiempos de conexión y viceversa en el proceso actual.

- Impacto.

Entonces, después de la descripción de la herramienta se cuantifica el beneficio de la solución en función al potencial de las actividades identificadas. En la tabla 4.13, se muestra el resumen del beneficio.

**Tabla 4.13 Resultados aplicación SMED**

Actividad	Tiempo (min)			Tiempo mensual (hrs)	Tiempo anual (días)		
	Actual	Propuesto	Ahorro	En jornadas	En jornadas	%	
Mordazas de sujeción	6	2.25	3.75	1.7	1	63%	
Conexiones de toma rápida	6	1.75	4.25	1.9	1	71%	
Esquema multiactividades	137.6	97	40.6	18.3	9	30%	
			<b>Total acumulado</b>	44	18	9	30%

Fuente: empresa; elaboración propia

Como se muestra en la tabla superior mediante la implementación de «SMED» se reduce en un 30% el cambio de molde (set-up), actividad crítica del tiempo de paradas de inyección, es decir, un resultado fiable.

Además, se toma en consideración un total de 18 cambios al mes con una rotación de 1.5 moldes por máquina y actividad dentro del cambio de molde. Se calcula un tiempo total acumulado en vez de un total promedio como en las otras propuestas de mejora, ya que esta mejora involucra a todo el proceso y no a una actividad específica, tanto las mordazas de sujeción como la toma de conexiones rápidas apoyan al esquema de multiactividades por optimizar en el proceso final.

## 4.7 VSM Futuro

El mapa de flujo de valor futuro es una herramienta que permite cuantificar el valor agregado de la implementación de las herramientas «Lean» y de la «Carga de Trabajo» uniforme; por eso, se desarrolla un comparativo del «*Value Stream Mapping*» actual y del proyectado para un mismo lote de producción de 1000 cajas MAX 45 en su presentación de 12 unidades. Véase tabla 4.14.

En la figura 4.14 se observa el mapa futuro en la línea, con ciertas especificaciones como el impacto de las propuestas de mejora anteriormente mencionadas para el cálculo del tiempo de ciclo, cambios de orden, tipo de flujo. De esta manera, se opta por un flujo “*pull*” en vez del actual método “*push*”, porque con la aplicación de las «5’S» y la estandarización del trabajo, se mantiene un orden de los inventarios y buenas prácticas por parte de los operarios y equipo de trabajo en general.

**Tabla 4.14 Resultados VSM**

Tipo	Comparativo			
	VSM Actual	VSM Futuro	Diferencia	%
TVNA (días)	7.9	5.7	2.2	27.85%
TVA (hras)	10.2	8.2	2	19.61%

Entonces, como se muestra en la tabla 4.14 el impacto es positivo, debido que por medio del diseño del mapa de flujo de valor futuro con los cambios de las propuestas de mejora, se logra reducir en un 27.85 % el tiempo de valor no agregado, considerando el mismo pitch time y en un 19.61 % el ciclo operativo en la línea.

En ese contexto, el OEE de las operaciones incrementa, cumpliéndose con la meta fijada por el equipo de calidad. Información que se detalla en el capítulo 3 y que es sumamente importante para empresas del sector manufactura, permitiendo conocer el estado de la planta, siendo un 85% óptimo según el estándar de calidad.

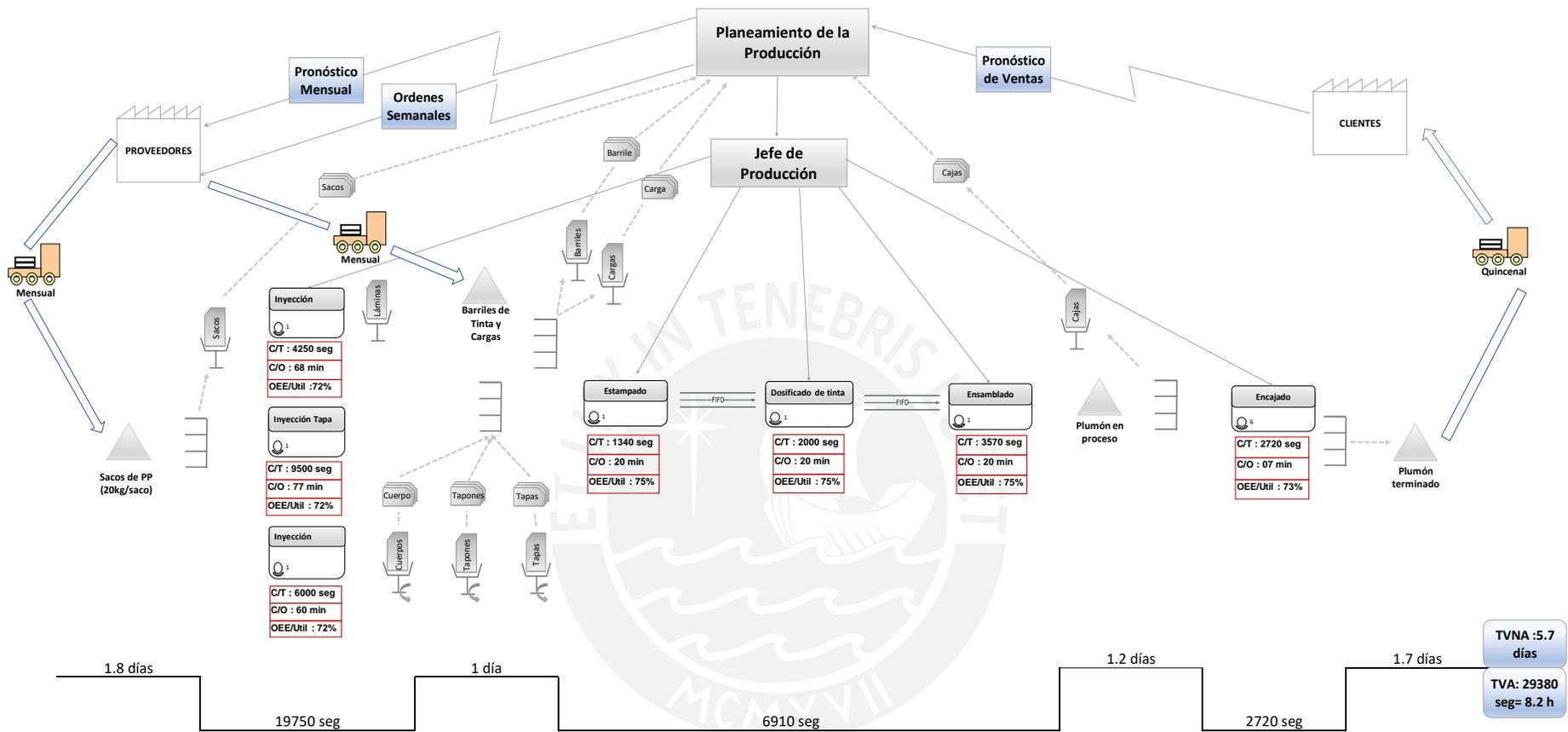
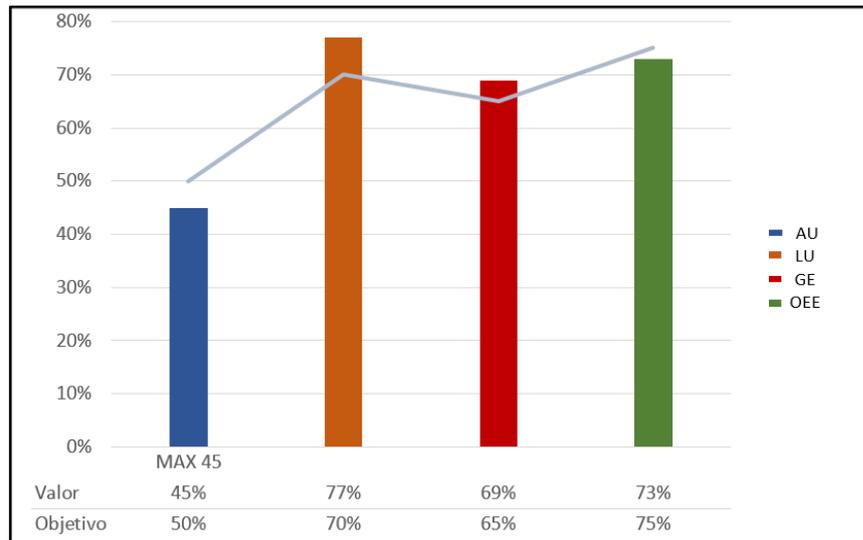


Figura 4.14 Mapa de flujo de valor futuro

## 4.8 Impacto Indicadores Waterfall

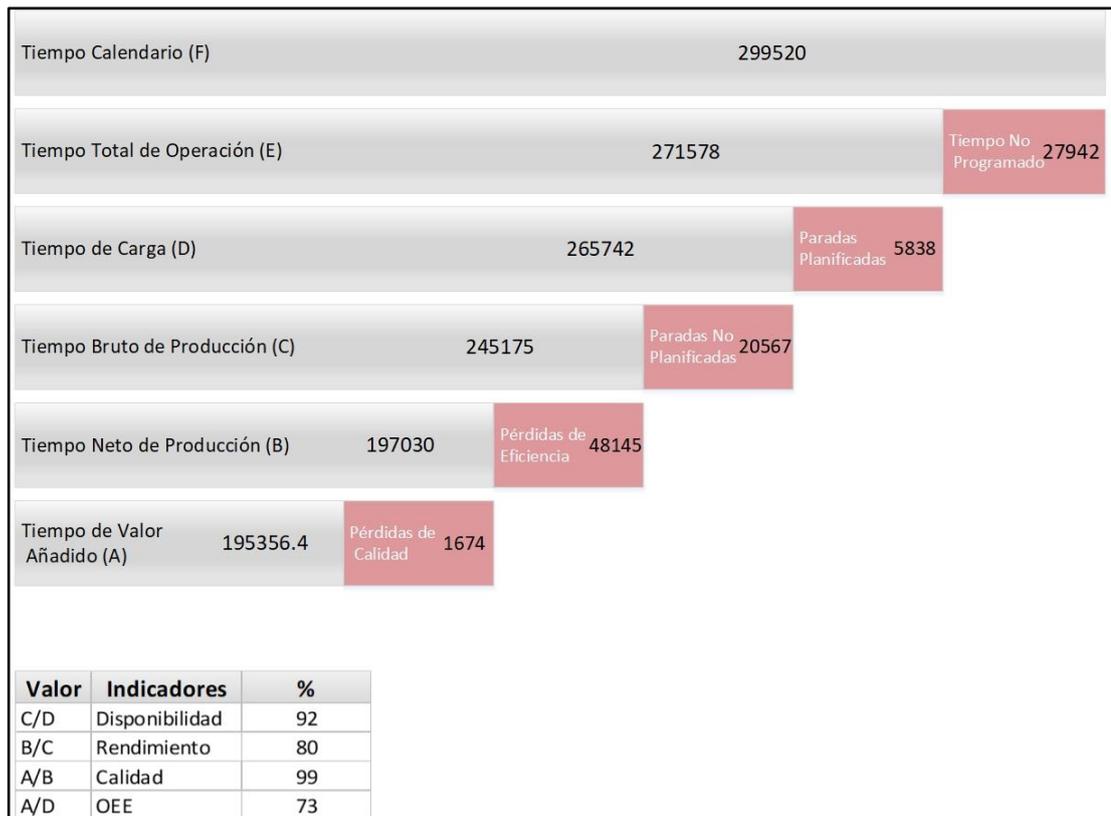
A partir de la implementación de las herramientas mencionadas en las secciones anteriores, se procede a calcular el impacto generado en la productividad para la línea de producción de plumones MAX 45. En primer plano, se acomete el resultado de los indicadores Waterfall mostrado en la figura 4.15.



**Figura 4.15 Indicadores Waterfall en mejora**

Como se visualiza en la figura 4.15, tanto la utilización de la línea como la eficiencia global sobrepasan el objetivo, mientras que el OEE que es un indicador vital para medir la producción que no alcanza el valor deseado; no obstante, alcanza un nivel muy próximo al objetivo. De esta forma, se procede a analizar el OEE para ver su efecto en la productividad de la línea.

En la figura 4.16 se muestra el indicador OEE enfocado al área de encaje, cadencia de la línea, ya que mientras que el área de inyección y ensamble trabajan tres jornadas para la producción de la línea MAX 45, el área de encaje solo trabaja 2 jornadas. El estudio fue realizado mediante un estimado de mejora aplicado en minutos.



**Figura 4.16 Incremento del OEE en Encajado**

Como se aprecia en la figura, los indicadores necesarios para hallar el OEE incrementaron gracias a las mejoras propuestas; obteniendo así, una mejora considerable de la productividad para la línea de producción, cálculo que se muestra en la tabla 4.15.

**Tabla 4.15 Impacto del OEE**

Producto	Productividad		
	Actual (und/año)	Con Mejora (und/año)	% Incremento
MAX 45	36,300,000	40,293,000	11%

De acuerdo con la tabla 4.15, la implementación de mejoras estima un incremento del 11% respecto a la producción actual de plumones MAX 45.

## CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo se evalúa el impacto económico de la implementación de las herramientas «Lean Manufacturing». Se busca determinar la viabilidad del proyecto a través de los resultados del VAN, TIR y entre otros indicadores económicos obtenidos del flujo de caja, herramienta que cuantifica los costos y ahorros incurridos al analizar la sensibilidad de cada una de las propuestas.

### 5.1 Costos de implementación de propuestas de mejora

En esta sección se detallan los costos de la implementación de cada una de las propuestas de mejora, con el fin de hallar el gasto total para luego cuantificarlo con el ahorro e ingreso neto.

#### 5.1.1 Costo de personal

Es importante analizar los costos afectos a las capacitaciones realizadas por la empresa en la ejecución de las propuestas de mejora; por lo tanto, se cuantifica el coste del personal involucrado tanto de operarios como de personal administrativo.

La política de la empresa respecto a los salarios de los operarios es del mínimo vital regularizado por el D.S N°004-2018-TR; de igual forma, se debe realizar un pago del 25% por hora según la remuneración del operario para las dos primeras horas y un 35% adicional por hora excedente según el D.S N°008-2002-TR. En la tabla 5.1 se muestra el costo por H-H por colaborador.

**Tabla 5.1 Costo de H-H**

Criterio	Colaborador						
	Operarios	Maestre	Supervisor	Jefe de Producción	Jefe de Seguridad	Jefe de Mantenimiento	Gerente de Producción
Sueldo (S/.)	930	1000	3500	7200	6800	6400	12500
Días	26	26	26	26	26	26	26
Horas/ día	8	8	8	8	8	8	8
Costo H-H (S/.)	4.47	4.81	16.83	34.62	32.69	30.77	60.10
Costo H-Extra (2 primeras)	5.59	6.01	21.03	43.27	40.87	38.46	75.12
Costo H-Extra excedente	6.04	6.49	22.72	46.73	44.13	41.54	81.13

### 5.1.2 Costo de la aplicación de Trabajo Estandarizado

Para la aplicación de «Trabajo Estandarizado» es necesaria una inversión inicial de equipos y materiales, así como coordinar con el personal en función de su disponibilidad para programar las capacitaciones y control de la herramienta, en la tabla 5.2 se muestra el desglose por recurso requerido estimándose un gasto total de S/. 2 903.05 soles.

**Tabla 5.2 Costo Trabajo Estandarizado**

		Trabajo estandarizado			
Tipo	Recurso requerido	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Tiempo Requerido (hrs)	Costo (S/.)
Personal	Gerente de Producción	75.12	1	5	375.60
	Jefe de Producción	43.27	1	12	519.23
	Supervisor	21.03	3	22	1,388.22
Equipos y materiales	Impresión manuales	1.50	100	-	150.00
	Impresión DAP	0.70	100	-	70.00
	Enmicado manuales	2.00	100	-	200.00
	Enmicado DAP	2.00	100	-	200.00
Total					S/2,903.05

### 5.1.3 Costo de la aplicación de 5'S y TPM

Para la aplicación de «5'S» y «TPM», es necesaria una inversión inicial de equipos y materiales, así como contratar a un capacitador especializado, en la tabla 5.3 se muestra el detalle por elemento, estimándose un gasto total de S/. 12 431.95 soles.

**Tabla 5.3 Costo 5'S y TPM**

		5s y TPM			
Tipo	Recurso requerido	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Tiempo Requerido (hrs)	Costo (S/.)
Personal	Capacitador	18.00	2	8	288.00
	Gerente de Producción	75.12	1	12	901.44
	Jefe de Producción	43.27	1	16	692.31
	Jefe de Seguridad	40.87	1	12	490.38
	Jefe de Mantenimiento	38.46	1	18	692.31
	Supervisor	21.03	3	22	1,388.22
	Maestranza	6.01	3	20	360.58
	Operario	5.59	30	28	4,694.71
Equipos y materiales	Bandejas para reposición	23.00	40	-	920.00
	Tablero de gestión visual	150.00	3	-	450.00
	Impresión foto	1.00	200	-	200.00
	Balde de pintura	45.00	12	-	540.00
	Etiqueta	2.00	80	-	160.00
	Afiche	0.75	12	-	9.00
	Tarjeta kanban	3.00	35	-	105.00
	Rótulo	1.50	60	-	90.00
Útiles de limpieza	150.00	3	-	450.00	
Total					S/12,431.95

#### 5.1.4 Costo de la aplicación de Carga de Trabajo

Para la aplicación de «Carga de Trabajo» se considera la medición del trabajo por zona desarrollada por el supervisor adjunto, así como el estudio de mejora realizado colectivamente con el jefe y gerente de producción, además de algunos implementos necesarios para el estudio, estimándose un gasto total de S/. 5 215.87 soles como se muestra en la tabla 5.4.

**Tabla 5.4 Costo Carga de Trabajo**

		Carga de Trabajo			
Tipo	Recurso requerido	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Tiempo Requerido (hrs)	Costo (S/.)
Personal	Gerente de Producción	75.12	1	20	1,502.40
	Jefe de Producción	43.27	1	40	1,730.77
	Supervisor	21.03	1	80	1,682.69
Equipos y materiales	Cronómetro	10.00	20	-	200.00
	Agenda	20.00	5	-	100.00
Total					S/5,215.87

#### 5.1.5 Costo de la aplicación de SMED

Para la aplicación de «SMED», los costos se segregan en dos tipos. Personal, aplica para el capacitador y los colaboradores que participan en las charlas. La segunda clase está conformada por equipos y materiales, todo insumo requerido para la mejora, donde a su vez se detalla el costo y la cantidad del activo. En la tabla 5.5 se muestra el detalle por elemento, estimándose un gasto total de S/. 8 198.63 soles.

**Tabla 5.5 Costo SMED**

		SMED			
Tipo	Recurso requerido	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Tiempo Requerido (hrs)	Costo (S/.)
Personal	Capacitador	300.00	1	20	6,000.00
	Gerente de Producción	75.12	1	7	525.84
	Jefe de mantenimiento	41.54	1	10	415.38
	Operario	5.59	4	20	447.12
	Maestranza	6.01	2	15	180.29
Equipos y materiales	Mordaza de sujeción	4.30	100	-	430.00
	Conexión de toma rápida	2.00	100	-	200.00
Total					S/8,198.63

## 5.2 Proyección de ahorros e ingresos generados

En este inciso se describen los ahorros estimados en flujo de dinero de las propuestas de mejora con la finalidad de analizar el valor económico obtenido sobre los costos de la sección anterior.

### 5.2.1 Ahorro estimado de Trabajo Estandarizado

Con la implementación de «Trabajo estandarizado», las operaciones se realizan de una forma más eficiente y los operarios se comprometen con las buenas prácticas por operación, generando un ahorro promedio de 4 minutos por ciclo de operación dando un estimado total de S/. 1 496.70 soles.

**Tabla 5.6 Ahorro Trabajo Estandarizado**

Ahorro anual - Trabajo estandarizado						
Zona	Ahorro	H-H/mes	Meses	H-H/año	Costo H-H	Monto total
Encajado	4	20	12	240	6.24	S/1,496.70

### 5.2.2 Ahorro estimado de 5'S y TPM

Con la implementación de «5'S» y «TPM», la línea gana orden en sus operaciones, medida que es cuantificada mediante el cálculo del ahorro en la zona de ensamblado, que disminuye en 6 minutos el tiempo medio por ciclo de operación dando un estimado total de S/. 1 607.65 soles.

**Tabla 5.7 Ahorro 5'S y TPM**

Ahorro anual - 5s y TPM						
Zona	Ahorro	H-H/mes	Meses	H-H/año	Costo H-H	Monto total
Ensamblado	6	19	12	231.6	6.94	S/1,607.65

### 5.2.3 Ahorro estimado de Carga de Trabajo

Con la implementación de «Carga de Trabajo», se logra medir el tiempo que pasa un operario en la línea, de esta manera se toma la decisión de aumentar o reducir el número de colaboradores. La medida arroja un resultado de un excedente de operarios en Encajado y siendo reubicados genera un ahorro total estimado de S/. 44 640 soles.

**Tabla 5.8 Ahorro Carga de Trabajo**

Ahorro anual - Carga de Trabajo				
Zona	Ahorro	Meses	Sueldo/mes	Monto total
Encajado	4	12	S/930	S/44,640

**5.2.4 Ahorro estimado de SMED**

Con la implementación de «SMED», se logra disminuir el tiempo de set-up en el proceso de cambio de molde en 44 minutos gestando un ahorro total de S/. 959.61 soles, en el cálculo del monto se considera una frecuencia mensual de 18 veces por cambio de molde, pues la línea de MAX 45 trabaja las tres jornadas, ese cambio se basa en un mantenimiento programado.

**Tabla 5.9 Ahorro SMED**

Ahorro anual - SMED						
Zona	Ahorro	H-H/mes	Meses	H-H/año	Costo H-H	Monto total
Inyección	44	18	12	211.4	4.54	S/959.61

**5.2.5 Incremento de ganancias por mayor productividad**

Una vez visto los ahorros por herramienta, es importante analizar el incremento de la productividad en la línea, ya que un flujo de trabajo más ordenado y efectivo se cuantifica en un impacto en el OEE del proceso. Se alcanza un beneficio del 11% o S/. 359 370 soles para la empresa.

**Tabla 5.10 Incremento Productividad**

Incremento anual- Productividad					
Indicador	Actual (und/año)	Incremento	Incremento (und/año)	Margen unitario	Monto total
OEE	36,300,000	11%	3,993,000	S/0.09	S/359,370

### 5.3 Flujo de caja

En este inciso se realiza la evaluación económica de las propuestas de mejora, con el fin de determinar la viabilidad del estudio. Para ello, se procede a elaborar un flujo de caja económico proyectado a 2 años, considerando los costos incurridos y ahorros proyectados en base a la implementación de las propuestas de mejora. Véase tabla 5.11 con los resultados del flujo de caja.

Dentro del análisis del flujo de caja, se utilizan diversos indicadores que permiten medir la factibilidad del proyecto, tales como: «Valor Presente Neto (VAN); Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Costo de Oportunidad (COK)». Representado como la tasa de interés activa promedio efectivo del mercado<sup>3</sup>. Véase tabla 5.12.

**Tabla 5.11 Flujo de Caja**

Ingreso	Flujo de Caja		
	Año 0	Año 1	Año 2
Incremento de la producción	-	359,370.00	368,354.25
Ahorro Trabajo Estandarizado	-	1,496.70	1,534.12
Ahorro 5s y TPM	-	1,607.65	1,647.84
Ahorro Carga de Trabajo	-	44,640.00	45,756.00
Ahorro SMED	-	959.61	983.60
Total (S/.)	-	408,073.97	418,275.82
Egreso			
Costo Trabajo Estandarizado	2,903.05	3,027.05	3,102.73
Costo 5s y TPM	12,431.95	13,016.75	13,342.17
Costo Carga de Trabajo	5,215.87	5,275.87	5,407.76
Costo SMED	8,198.63	4,157.63	4,261.57
Auditoría Lean	115,000.00	149,500.00	149,500.00
Contingencias (20%)	28,749.90	34,995.46	35,122.85
Otros Gastos Operativos	21,562.43	26,246.60	31,610.56
Total (S/.)	194,061.83	236,219.36	242,347.64
<b>Flujo de Efectivo</b>	<b>-S/194,061.83</b>	<b>S/171,854.61</b>	<b>S/175,928.18</b>

**Tabla 5.12 Indicadores Económicos**

Indicadores	Impacto
VAN	S/90,770.03
TIR	49%
COK	14.35%

<sup>3</sup> El dato de la tasa de interés fue tomado del portal web de la SBS.

Los resultados demuestran que el proyecto es factible, ya que el «VAN» es mayor a 0 y el «TIR» es mayor al «COK». Se observa en el anexo 6 que se presenta un análisis de sensibilidad de principales factores.

## 5.4 Impacto Económico

Como parte del estudio se evaluaron diversas acciones que aumenten la rentabilidad de la línea en observación, seleccionando el conjunto de actividades con mejores resultados tal y como se describe en el capítulo anterior.

A continuación, se muestra el resultado del aumento de rentabilidad propuesto. Véase Tabla 5.13.

**Tabla 5.13 Impacto Económico**

<b>Rentabilidad</b>			
<b>Producto</b>	<b>Esperado</b>	<b>Propuesto</b>	<b>% Incremento</b>
MAX 45	30%	49%	63

Después de aplicar un conjunto de herramientas de ingeniería dentro de la planta, el ratio de ganancia respecto al esperado incrementa en un notable 63%. Obteniéndose así, la aprobación del directorio para implementar la metodología «Lean» en otras líneas de producción.

# CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se elaboran las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación desarrollado en la planta de la empresa ABC.

## 6.1 Conclusiones

- La estandarización del trabajo incrementa la eficiencia laboral general de los operarios y los concientiza para crear una cultura organizacional basada en buenas prácticas en el manejo de materiales, procesos y equipos.
- El impacto de la aplicación de «5'S» y «TPM» es alto en la empresa; ya que, al incrementar en un 32% la aplicación actual de la metodología genera un ahorro del 23% en la línea de ensamble.
- El estudio de tiempos es primordial en una planta manufacturera; su implementación mediante el diseño de un balance de línea para la línea de plumones permite una mejor asignación de recurso hombre, así como un ahorro 15% en el área de encajado, ante un costo de S/. 541.59, es decir, una alta relación beneficio/costo.
- El tiempo de set-up por concepto de cambio de molde disminuye en 30% ante la aplicación de «SMED»; un ahorro importante si se tiene en cuenta que es la operación crítica dentro del área de inyección y que mediante la mejora la producción se vuelve más flexible, gestionando mejor el inventario en proceso dentro de la línea.
- Ante una mayor capacidad de producción de la línea, incremento del 11% sobrepasando la demanda insatisfecha actual del 8%. Entonces, el cliente principal demanda una mayor cantidad de producto final; que resulta en un beneficio mayor para la organización, además de confirmar sus aspiraciones de posicionarse como un proveedor fiable en el sector.

- Se aprovecha mejor la capacidad del recurso máquina en el proceso productivo, incrementando su utilización en un 10%, aunque con la mejora la maquinaria trabaja al 75% de su capacidad ideal, es decir, existe un margen de mejora que puede ser aprovechado por la empresa.
- Es fundamental la contratación de un equipo especializado en la herramienta por aplicar, ya que acorta el ciclo de aprendizaje del operario y permite la adopción de una estrategia basada en la herramienta por parte del directorio, generando un valor a mediano y largo plazo.
- La medición periódica de las actividades involucradas en el proyecto, hechas por parte de un equipo de colaboradores de la empresa, es importante para contrarrestar el rendimiento de la mejora sobre la base de la auditoría general efectuada por un equipo «Lean» externo.
- El flujo de caja económico proyectado, demuestra que la implementación de las propuestas de mejora en la línea de producción MAX 45 es factible, con un VAN de S/. 90,770.03 y un TIR del 49% mayor al COK, que hace que la inversión sea rentable y soporte un menor riesgo.
- La viabilidad de implementar la metodología «Lean Manufacturing» en otras líneas de producción dentro de la organización es alto, de acuerdo con la proyección del 63% de incremento en la rentabilidad del proyecto, respecto al resultado esperado por el directorio.
- El incremento de la producción, causado por una mejora en los procesos actuales, es la variable de mayor correlación con los resultados del flujo de caja; debido a la sensibilidad que el ingreso compromete la viabilidad del proyecto; del mismo modo, los costos de la auditoría «Lean» también es un factor de alto riesgo. Por lo tanto, es vital el encontrar un equilibrio ambos factores.
- La inversión en tecnología no siempre es la mejor alternativa, en cambio se requiere un estudio a profundidad de la línea de producción para conocer las principales necesidades de la planta que puedan generar resultados rápidos. En el caso de estudio, la aplicación de herramientas «Lean» sienta las bases hacia la mejora continua, que en su debido momento si deberá completar la investigación y desarrollo de tecnologías emergentes como opción.

## 6.2 Recomendaciones

- Es importante que los operarios se comprometan con el proyecto de mejora, asistan con puntualidad, consulten las dudas y apliquen la filosofía de la herramienta de mejora en su quehacer diario, ya que mientras más se involucre el personal mayor será el beneficio organizacional.
- El cambio cultural es una variable que puede impactar fuertemente en la salud del proyecto y en la adopción de las herramientas por parte de los trabajadores; por consiguiente, se recomienda medir el número de interacciones por empleado de la línea de plumones con el equipo «Lean» especializado y de auditoría. Métrica ligada directamente a su evaluación de desempeño anual.
- La evaluación periódica de los operarios involucrados en capacitaciones es primordial para mantener el nivel de la carga de trabajo; asimismo, se debe programar asesorías y/ capacitaciones mensuales para toda la fuerza laboral con el fin de mejorar las habilidades y encontrar nuevas soluciones.
- El personal capacitado en la metodología Lean debe compartir lo aprendido con las demás áreas y líneas de producción. De este modo, se crea sinergia en toda la planta, ganando visibilidad y diferenciación frente a sus competidores.
- Se debe promover pausas activas a todos los colaboradores con el fin de reducir la magnitud de los riesgos ergonómicos y prevenir accidentes en el puesto de trabajo; ya que hay una gran cantidad de trabajadores por sus funciones están expuestos a peligro constante tanto el personal de planta como el administrativo.
- De acuerdo con el tema de seguridad y salud en el trabajo, se debe supervisar el correcto uso de los EPP's por parte de los operarios a fin de disminuir el riesgo de accidentes o consecuencias fatales a largo plazo como la pérdida de la audición por el no uso de tapones auditivos.
- Establecer relaciones a largo con los proveedores permite asegurar el éxito de la empresa; ya que a medida que crezca sus niveles de producción necesitarán una mayor cantidad de insumos y los plazos de entrega deben ser respetados.

- Se debe priorizar el planeamiento de las ordenes de producción, pues si se quiere crear la imagen de una empresa confiable, el no cumplimiento no es una opción; por lo tanto, establecer estándares para el trabajo en esta área es vital.
- Es importante la búsqueda de nuevos clientes y equipo en planta para el crecimiento organizacional; lograr redefinir los pilares de la empresa como la misión, visión, valores y clima organizacional, debe estar en sus planes a mediano plazo.
- El rediseño de los espacios en planta es importante; puesto que, en las sendas visitas realizadas a la empresa fue foco de observación la existencia de una gran cantidad de espacios no utilizados, que no agregan valor al flujo del proceso y que con una mejora en la distribución pueden causar un efecto económico aún mayor para la entidad.
- Mantener actualizado el portal web, permite que los entes participantes del negocio y potenciales contribuyentes conozcan los productos que se comercializa, a que mercados se dirige y se crea una diferenciación respecto a los principales competidores.
- La aplicación de reuniones ágiles: «15 minutos antes de comenzar la jornada laboral, donde participe activamente cada miembro del equipo, permite identificar dependencias de materiales y equipo con otras áreas»; así como, generar retroalimentación por parte de los miembros y monitorear las metas diarias.
- El uso de una plataforma «ERP Open Source», genera beneficios exponenciales para la organización, como la facilidad de integración con otras herramientas *Open Source*; además, reducción de costos en tecnología y soporte de una red basta de expertos en la solución, bajo canales como *GitHub* o *Stack Overflow*.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALDAVERT, Jaume  
2016 *5'S para la mejora continua: hacer más con menos*. España.: Cims
- ARIAS, Giovanni  
2011 *Herramientas de gestión de calidad: PARETO*. Perú: Signo Educativo
- ATOCHE, Wilmer, Enrique AREVALO y Roberto VALVERDE  
2014 "Simulación de una línea de ensamblaje de bolígrafos usando teoría de colas". Ponencia presentada en la *XII Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. LACCEI. Guayaquil, 22 de julio.
- CUATRECASAS, Lluís y Francesca TORRELL.  
2010 *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva*. Segunda Edición. España.: PROFIT.
- ESCALANTE, Edgardo  
2014 *Seis-Sigma: Metodología y Técnicas*. México.: Limusa
- FELIZZOLA, Heriberto y Carmenza Amaya.  
2014 "Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico". *INGENIARE*. Chile, año 8 volumen 22, número 2, pp. 263-277.
- GONZALES, Francisco  
2007 "Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing), Principales herramientas. *Revista Panorama Administrativo*. México, año 1, pp. 263-277.
- IZZO, Francesca, Valentina VITALE, Chiara FABRO y Henk VAN KEULEN  
2015 "*Multi-analytical investigation on felt-tip pen inks: Formulation and preliminary photo-degradation study*". Elsevier. Ámsterdam, número 124, pp. 919-929.
- KRAJEWSKI, Lee J.  
2013 *Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro*. Décima Edición. México.: Pearson

- LEMA, Hilda  
2014 *Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta.* Tesis de licenciatura en Ciencias en Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- LIKER, Jeffrey K.  
2011 *The Toyota way: como el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito.* España.: Editorial Norma
- MAYNARD, Harold  
2005 *Maynard: manual del ingeniero industrial.* Quinta Edición. México.: McGraw-Hill
- MEYERS, Fred  
2006 *Diseño de instalaciones de manufactura y diseño de materiales.* Tercera Edición. México.: Pearson
- MONTGOMERY, Douglas C.  
2005 *Control estadístico de la calidad.* Tercera Edición. México.: Limusa
- MCKINSEY & COMPANY.  
2008 *Introducción a Lean y al concepto de desperdicio.* [diapositivas]
- MYERS, Paul  
2012 *Lean Supply Chain and logistic management.* New York.: McGraw-Hill
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT)  
2010 *Introducción al estudio del trabajo.* Cuarta Edición. México.: Limusa
- PARDO, José  
2012 *Configuración y usos de un mapa de procesos.* Madrid.: AENOR
- RAJADELL, Manuel y José SÁNCHEZ.  
2010 *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad.* España.: Ediciones Díaz de Santos
- RASIEL, Ethan.  
1999 *The McKinsey Way.* EE. UU.: McKinsey & Company.

- SALAZAR, Bryan  
2015 "Siete herramientas básicas de Calidad". 2015. Véase:  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>
- SUPERINTENDENCIA DE BANDA Y SEGUROS DEL PERÚ (SBS)  
2019 "Tasa de Interés Activa Promedio de Mercado Efectiva". Consulta: 8 de setiembre de 2019  
  
[https://www.sbs.gob.pe/app/stats/TasaDiaria\\_1.asp](https://www.sbs.gob.pe/app/stats/TasaDiaria_1.asp)
- SHIGEO, Shingo.  
1993 *Una revolución en la producción: El sistema SMED*. Segunda Edición. España.: Tecnología de Gerencia y Producción.
- TAGUE, Nancy R.  
2005 *The Quality Toolbox*. Segunda Edición. Wis.: American Society for Quality
- TORREJÓN, Steven  
2015 *Mejora del proceso de reparación en un taller de carrocería y pintura utilizando simulación de operaciones*. Tesis de licenciatura en Ciencias en Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- VALENZUELA, Max  
2014 *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de bolígrafos mediante la utilización de herramientas de lean Manufacturing*. Tesis de licenciatura en Ciencias en Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

# ANEXOS

## ANEXO 1. Estudio del Trabajo

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO							<input checked="" type="checkbox"/> Operación: _____ <input type="checkbox"/> Material: _____ <input type="checkbox"/> Hombre: _____	
PROCESO: Inyección de cuerpo								
MÉTODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual		<input type="checkbox"/> Propuesto				
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
Asignación de operario	●	⇒	□	D	▽	-	0.45	
Programación de máquina	●	⇒	□	D	▽	-	4.35	
Traslado de Polietileno a máquina inyectora	○	⇒	□	D	▽	-	2.5	
Colado de material en tolva	●	⇒	□	D	▽	-	4	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Recepción de cuerpos	●	⇒	□	D	▽	-	2.35	
Verificación de cuerpos	○	⇒	■	D	▽	-	1.5	
Colocación de cuerpos en bandejas de salida	●	⇒	□	D	▽	-	2.25	
Reproceso de cuerpos rechazados	●	⇒	□	D	▽	-	1.15	
Traslado de cuerpos a zona de tránsito	○	⇒	□	D	▽	-	1.75	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Cambio de molde	○	⇒	□	■	▽	-	88	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
RESUMEN	Cantidad	6	2	1	1	0	Diagramado para: Empresa ABC	
	Tiempo (min)	14.6	4.3	1.5	88	0	Fecha: 08 / 09 / 2019	Hoja: 1 de 1

**Diagrama Analítico de Proceso en Inyección de cuerpo**

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO							<input checked="" type="checkbox"/> Operación: _____ <input type="checkbox"/> Material: _____ <input type="checkbox"/> Hombre: _____	
PROCESO: Inyección de tapa								
MÉTODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto					
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
Asignación de operario	●	⇒	□	□	▽	-	0.45	
Programación de máquina	●	⇒	□	□	▽	-	4.85	
Traslado de Polietileno a máquina inyectora	○	⇒	□	□	▽	-	2.5	
Colado de material en tolva	●	⇒	□	□	▽	-	4	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Recepción de cuerpos	●	⇒	□	□	▽	-	2.85	
Verificación de cuerpos	○	⇒	■	□	▽	-	1.85	
Colocación de cuerpos en bandejas de salida	●	⇒	□	□	▽	-	2.75	
Reproceso de cuerpos rechazados	●	⇒	□	□	▽	-	0.95	
Traslado de cuerpos a zona de tránsito	○	⇒	□	□	▽	-	1.45	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Cambio de molde	○	⇒	□	■	▽	-	105	
RESUMEN	Cantidad	6	2	1	1	0	Diagramado para: Empresa ABC	
	Tiempo (min)	16.3	3.9	1.85	105	0	Fecha: 08 / 09 / 2019	Hoja: 1 de 1

**Diagrama Analítico de Proceso en Inyección de tapa**

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO							<input checked="" type="checkbox"/> Operación: _____ <input type="checkbox"/> Material: _____ <input type="checkbox"/> Hombre: _____	
PROCESO: Inyección de tapón								
MÉTODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto					
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
Asignación de operario	●	⇒	□	D	▽	-	0.45	
Programación de máquina	●	⇒	□	D	▽	-	4.05	
Traslado de Polietileno a máquina inyectora	○	⇒	□	D	▽	-	2.5	
Colado de material en tolva	●	⇒	□	D	▽	-	4	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Recepción de cuerpos	●	⇒	□	D	▽	-	3.05	
Verificación de cuerpos	○	⇒	■	D	▽	-	2.05	
Colocación de cuerpos en bandejas de salida	●	⇒	□	D	▽	-	2.95	
Reproceso de cuerpos rechazados	●	⇒	□	D	▽	-	0.45	
Traslado de cuerpos a zona de tránsito	○	⇒	□	D	▽	-	1.25	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Cambio de molde	○	⇒	□	■	▽	-	96	
RESUMEN	Cantidad	6	2	1	1	0	Diagramado para: Empresa ABC	
	Tiempo (min)	14.9	3.8	2.05	96	0	Fecha: 08 / 09 / 2019	Hoja: 1 de 1

**Diagrama Analítico de Proceso en Inyección de tapón**

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO							<input checked="" type="checkbox"/> Operación: _____ <input type="checkbox"/> Material: _____ <input type="checkbox"/> Hombre: _____	
PROCESO: Ensamblado de plumón								
MÉTODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto					
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
Asignación de operarios	●	⇒	□	D	▽	-	0.45	
Traslado de componentes a máquina ensambladora	○	⇒	□	D	▽	-	2.65	
Traslado de barriles de tinta a máquina ensambladora	○	⇒	□	D	▽	-	7.25	
Colocado de cuerpos en tolva	●	⇒	□	D	▽	-	2.75	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Colocado de tapones en bandeja	●	⇒	□	D	▽	-	1.65	
Colocado de tapas en bandeja	●	⇒	□	D	▽	-	2.05	
Control del proceso	○	⇒	■	D	▽	-	3.95	
Parada de máquina pieza no reconocida por sensor	○	⇒	□	●	▽	-	1.75	
Separar unidades rechazadas	●	⇒	□	D	▽	-	1.35	
Reprocesar unidades rechazadas adecuadas	●	⇒	□	D	▽	-	1.45	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Recepción de plumones	●	⇒	□	D	▽	-	3.15	Variabilidad por factores como congestión de equipos, estacionalidad de producción
Traslado de plumones a zona de tránsito	○	⇒	□	D	▽	-	1.25	
RESUMEN	Cantidad	7	3	1	1	0	Diagramado para: Empresa ABC	
	Tiempo (min)	12.9	11.2	3.95	1.8	0	Fecha: 08/09/2019	Hoja: 1 de 1

Diagrama Analítico de Proceso en Ensamblado de plumón

## ANEXO 2. Estructura de Waterfall

Para un correcto análisis de la estructura de waterfall en la empresa se obtuvo data del año 2019 y mediante el uso de un software de procesamiento de datos “Alteryx” se pudo hallar los promedios mensuales para cada línea de plumón, cumpliendo con los 22 criterios seleccionados para el área de producción como se explicó en el capítulo 1 del trabajo. A continuación, se muestra el comportamiento mensual promedio por indicador como también el comportamiento mensual para la línea de interés “MAX 45”.

**Comportamiento mensual promedio por criterio y línea**

Línea Producción	Prom 1	Prom 2	Prom 3	Prom 4	Prom 5	Prom 6	Prom 7	Prom 8	Prom 9	Prom 10	Prom 11	Prom 12	Prom 13	Prom 14	Prom 15	Prom 16	Prom 17	Prom 18	Prom 19	Prom 20	Prom 21	Prom 22	AU	LU	GE	OEE
MAX 45	624	22	188.32	7.62	406.06	0.10	5.25	5.46	2.01	2.25	4.68	1.83	384.49	3.87	4.11	18.98	2.54	66.28	27.57	4.18	17.13	239.84	38	65	59	62
AQUAMAX 47	624	24.57	343.12	3	253.31	1	3	12	4.05	3.12	1	2.04	227.03	1.89	3.90	5.22	2.38	35.96	11.82	2.12	4.95	158.80	25	41	63	70
JUMBO 47	624	11	397.13	2.01	213.69	0.83	0.75	6.15	6.75	0	3.10	0.37	195.74	0.02	4.12	14.23	0.54	21.01	11.28	1.39	3.66	139.48	22	34	65	71
ECO47	624	34	409.16	0	180.84	0	0	5.08	3.10	0.05	1.70	0.73	170.18	0	3.87	3.61	1.36	15.89	10.54	3.59	6.59	124.74	20	29	69	73

Comportamiento mensual promedio por criterio para la Línea MAX 45

Mes	Línea Producción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Enero	MAX 45	499	0	151	7.5	341	0	6.8	6.2	1	1.3	5	0.9	320	0	10	12	1.3	50.4	0	2.4	43	201
Febrero		499	0	121	0	378	0.1	9.4	5.5	1.6	1	5.3	1.1	354	0	0.2	13	1.9	49.7	0.7	17	45	226
Marzo		624	0	133	0	491	0	4	10	1.9	1.3	6.6	1.9	465	0	50	17	0.7	70.7	0	4.8	52	269
Abril		499	53	176	0	270	0.1	0	5	1.9	4.7	3.8	0.4	254	4.8	1.5	8.8	0.8	59.5	7.4	3.2	20	148
Mayo		624	18	78	0	528	0	4.5	9.1	2	0.4	7.9	2.5	502	11	0.3	18	5.7	99.6	60	2.2	0.7	305
Junio		499	0	55	24	421	0	2.3	7.4	2.3	0.6	5.8	1.5	401	0	0	15	4.1	88.5	41	0.7	0.4	252
Julio		499	0	50	7.1	442	0.1	2.1	7.3	1.6	1.9	3.2	5.6	420	1.3	2.9	18	5.4	83.6	38	4.2	0.1	267
Agosto		624	0	61	0	563	0	10	9.5	2.2	7.6	8.3	1.5	524	0	3	20	6.4	108	48	2.2	0	336
Setiembre		499	18	182	29	270	0	6.6	5.3	1.3	1	4.8	0.2	251	0	0	9.7	1.3	56.3	23	0.3	0	161
Octubre		499	0	147	0	352	0.6	8	6.6	1	0	6	0.4	329	0	3.7	13	0.9	63.8	29	0	0	220
Noviembre		624	36	467	0	122	0	1.8	2.1	0.3	0	1.7	0.1	116	0	0.1	5.3	1.9	20.3	11	0	0	77
Diciembre		499	71	362	0	65	0	0	1	0.9	0.1	1	0.3	62	0	0	2.3	1.2	18.7	6.4	0	0	34

## ANEXO 3. Evidencia 5'S

### Evidencias en Zona de Inyección

Zona de Inyección	
	
Señalización sin remodelación	Objetos innecesarios en el área
	
Falta de señalización y delimitación de objetos	Desorden en el puesto de trabajo
	
Pasillos estrechos con objetos sin ordenar	Falta de Limpieza en el área de trabajo

## Evidencias en Zona de Ensamble

### Zona de Ensamble



Objetos sin clasificar ni señalar



Maquinaria innecesaria en el área



Objetos innecesarios en el área



Desorden en el puesto de trabajo



Falta de segregación de material



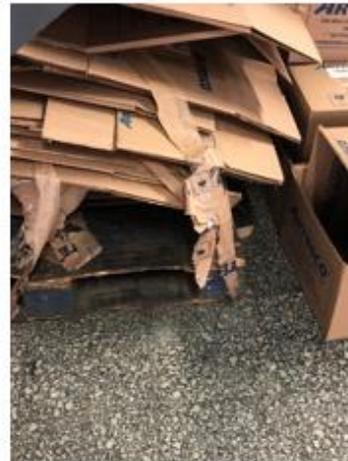
Falta de señalización y rotulación de objetos

## Evidencias en Zona de Encajado

### Zona de Encajado



Falta de orden y segregación de materiales



Objetos innecesarios en el área



Desorden en el puesto de trabajo



Falta de segregación del material

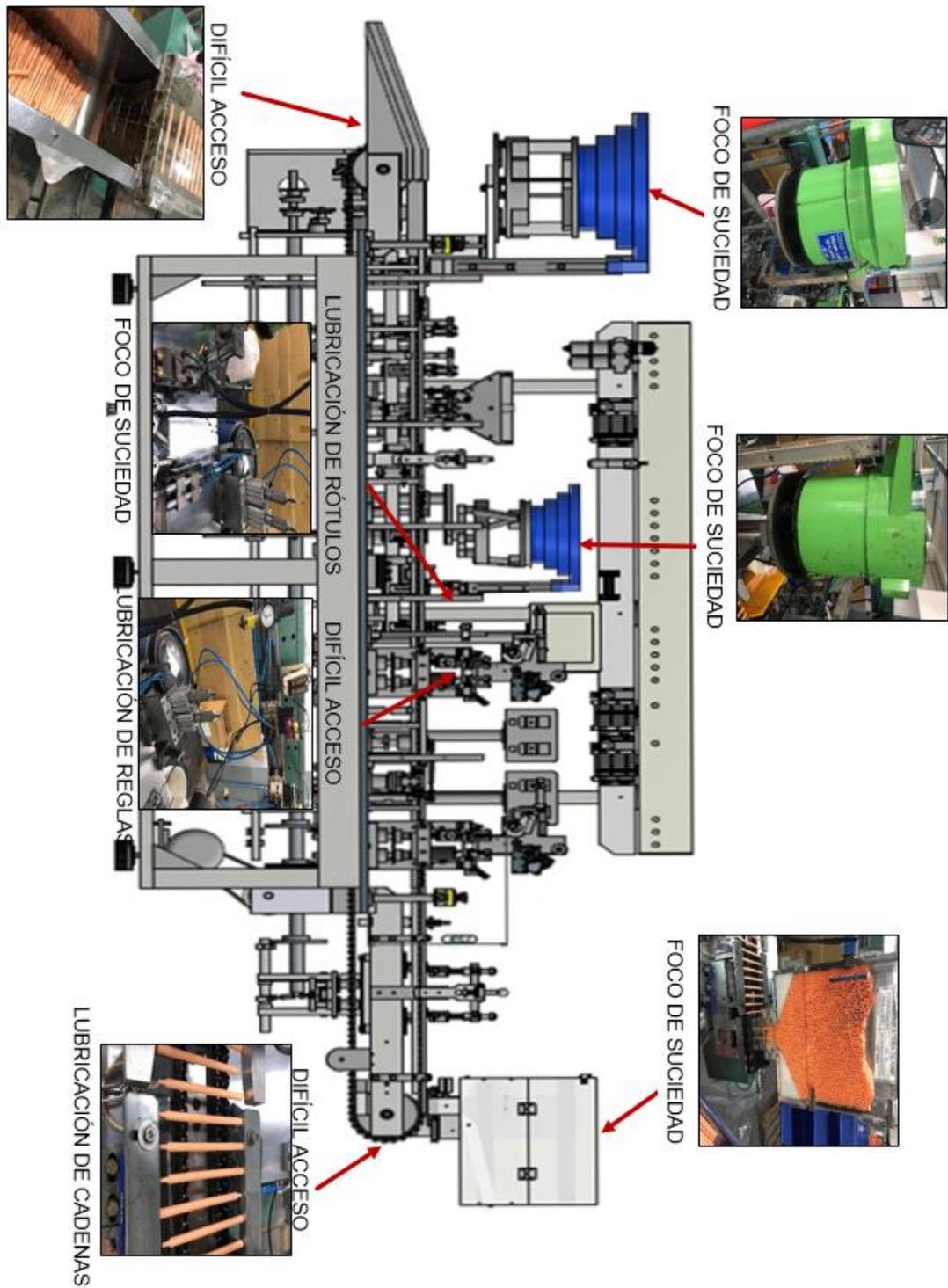


Falta de señalización de espacios



Falta de Limpieza en el área de trabajo

## ANEXO 4. Focos de Suciedad 5'S



Identificación de focos y difícil acceso

## ANEXO 5. Balance de Línea de Plumones

### Balance de Línea en Proceso de Inyección

PROCESO DE INYECCIÓN	TE (min)	Productividad	TE' (min)	Operaciones	Tiempo disponible (min)	Cadencia	Nº Operarios	Nº Operarios Ajustado	TE'' (min)	
Turno 1	55.3	0.8	69.1	18	435	24	2.86	3	23.0	
Turno 2	58.5	0.82	71.3	21	435	21	3.44	4	17.8	
Turno 3	53.0	0.79	67.0	18	435	24	2.77	3	22.3	
			207.5				<i>Total Operarios</i>	10		
						<i>Eficiencia</i>	90%			

### Balance de Línea en Proceso de Ensamblado

PROCESO DE ENSAMBLADO	TE (min)	Productividad	TE' (min)	Operaciones	Tiempo disponible (min)	Cadencia	Nº Operarios	Nº Operarios Ajustado	TE'' (min)	
Turno 1	29.9	1	29.9	12	435	36.25	0.83	1	29.9	
Turno 2	28.6	0.95	30.1	12	435	36.25	0.83	1	30.1	
Turno 3	29.1	0.96	30.3	12	435	36.25	0.84	1	30.3	
			90.4				<i>Total Operarios</i>	3		
						<i>Eficiencia</i>	99%			

### Balance de Línea en Proceso de Encajado

PROCESO DE ENCAJADO	TE (min)	Productividad	TE' (min)	Operaciones	Tiempo disponible (min)	Cadencia	Nº Operarios	Nº Operarios Ajustado	TE'' (min)	
Turno 1	27.1	0.77	35.2	44	435	9.89	3.56	4	8.8	
Turno 2	26.4	0.75	35.2	44	435	9.89	3.56	4	8.8	
			70.4				<i>Total Operarios</i>	8		
						<i>Eficiencia</i>	100%			

## ANEXO 6. Análisis de Sensibilidad Económica

### Análisis de Sensibilidad por Incremento de Producción

Valores Actuales		VAN	TIR
<b>Incremento (%)</b>	<b>Monto total</b>	S/90,770.03	49%
6%	196,020.00	-S/180,128.24	-77%
8%	261,360.00	-S/71,768.93	-16%
10%	326,700.00	S/36,590.38	29%
12%	392,040.00	S/144,949.69	69%
14%	457,380.00	S/253,308.99	108%
16%	522,720.00	S/361,668.30	145%
18%	588,060.00	S/470,027.61	182%
20%	653,400.00	S/578,386.91	218%
22%	718,740.00	S/686,746.22	253%

### Análisis de Sensibilidad por Costo de Auditoría

Valores Actuales	VAN	TIR
<b>Costo auditoría</b>	S/90,770.03	49%
60,000.00	S/324,891.23	200%
70,000.00	S/282,323.74	162%
85,000.00	S/218,472.50	116%
100,000.00	S/154,621.27	79%
115,000.00	S/90,770.03	49%
130,000.00	S/26,918.80	24%
150,000.00	-S/58,216.18	-5%
175,000.00	-S/164,634.91	-37%
200,000.00	-S/271,053.64	-69%

### Análisis de Sensibilidad Bivariable

	VAN	Monto Incremento de la producción								
		196,020.00	261,360.00	326,700.00	392,040.00	457,380.00	522,720.00	588,060.00	653,400.00	718,740.00
Costo de auditoría	S/90,770.03									
	60,000.00	S/53,992.96	S/162,352.27	S/270,711.57	S/379,070.88	S/487,430.19	S/595,789.50	S/704,148.80	S/812,508.11	S/920,867.42
	70,000.00	S/11,425.47	S/119,784.78	S/228,144.08	S/336,503.39	S/444,862.70	S/553,222.01	S/661,581.31	S/769,940.62	S/878,299.93
	85,000.00	-S/52,425.76	S/55,933.54	S/164,292.85	S/272,652.16	S/381,011.46	S/489,370.77	S/597,730.08	S/706,089.38	S/814,448.69
	100,000.00	-S/116,277.00	-S/7,917.69	S/100,441.61	S/208,800.92	S/317,160.23	S/425,519.53	S/533,878.84	S/642,238.15	S/750,597.46
	115,000.00	-S/180,128.24	-S/71,768.93	S/36,590.38	S/144,949.69	S/253,308.99	S/361,668.30	S/470,027.61	S/578,386.91	S/686,746.22
	130,000.00	-S/243,979.47	-S/135,620.16	-S/27,260.86	S/81,098.45	S/189,457.76	S/297,817.06	S/406,176.37	S/514,535.68	S/622,894.98
	150,000.00	-S/329,114.45	-S/220,755.14	-S/112,395.84	-S/4,036.53	S/104,322.78	S/212,682.08	S/321,041.39	S/429,400.70	S/537,760.00
	175,000.00	-S/435,533.18	-S/327,173.87	-S/218,814.56	-S/110,455.26	-S/2,095.95	S/106,263.36	S/214,622.66	S/322,981.97	S/431,341.28
	200,000.00	-S/541,951.90	-S/433,592.60	-S/325,233.29	-S/216,873.98	-S/108,514.68	-S/155.37	S/108,203.94	S/216,563.25	S/324,922.55