



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
EMPRESA METALMECÁNICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN VSM



AUTORA

Marisol Stteffany Ordóñez Cazar

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
EMPRESA METALMECÁNICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN VSM

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera en Producción Industrial

Profesor guía

MSc. Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo

Autora

Marisol Steffany Ordóñez Cazar

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo
Master en Ciencias de Ingeniería Industrial
C.I. 170531028-0

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Natalia Alexandra Montalvo Zamora

Master in Science

CI: 180354059-8

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigente.”

Marisol Steffany Ordóñez Cazar

CI: 1721935656

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sus bendiciones, por ser mi guía y mostrarme el camino para cumplir mis metas con sabiduría y discernimiento.

A mi familia por su apoyo incondicional y valores inculcados a lo largo de mi vida.

A mi novio por estar siempre a mi lado y apoyarme en cada paso en mi crecimiento personal y profesional.

A mi guía por su tiempo y ayuda en el desarrollo del presente proyecto.

A la empresa "Metalmecánica" por haberme dado la apertura necesaria.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme la fuerza para la realización de este proyecto.

A mi papá Darío Ordóñez porque gracias a su esfuerzo y sacrificio pude hacer realidad mi sueño.

A mi mamá Alba Luz Cazar por apoyarme, impulsarme y motivarme en mi crecimiento personal y profesional.

A mis hermanos por ser mi ejemplo y por impulsarme a ser mejor persona.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación es una propuesta para el mejoramiento de la productividad de una empresa metalmeccánica mediante la aplicación de un VSM el cual permita identificar todas aquellas actividades realizadas que no agreguen valor al proceso, priorizarlas y determinar técnicas mediante herramientas de la manufactura esbelta para poder disminuir los desperdicios existentes o eliminarlos. Para el estudio correspondiente se eligió a la familia de muebles de pared y dentro de esta a el “mueble rejas multi-producto”, al ser este el producto con mayor relevancia económica para la empresa, y que pasa por todas sus áreas y la mayoría de sus procesos, permitiendo la completa visualización y análisis del flujo en toda la cadena de valor. Para determinar la propuesta de mejora se levantó información del “mueble rejas multi-producto”, se realizó el estudio de tiempos correspondiente de los procesos por los que pasa este producto y se compararon con el takt time de la demanda, obteniendo así oportunidades de mejora en todos aquellos procesos que al ser muy demorosos impiden la entrega a tiempo del producto y por tanto influyen negativamente en la satisfacción del cliente. Las soluciones propuestas varían de acuerdo al caso y se utilizan herramientas de la manufactura esbelta con un enfoque de mejoramiento continuo para cada situación. Las mejoras se representan en la diagramación de un VSM futuro y se estiman resultados de acuerdo a las actividades definidas en la propuesta de mejora. Obteniendo como resultado la mejora de la productividad total en un 76,71%, una reducción del lead time y el tiempo de procesamiento en un 40,16% y 91,88% respectivamente, el incremento de la eficiencia en los cuellos de botella encontrados y el aumento de la utilidad neta en \$ 35000 dólares en la orden del producto en estudio.

ABSTRACT

This degree work is a proposal for improving the productivity of a metal mechanic through use of Value Stream Mapping (VSM). The implementation of VSM aids in identifying non-value adding activities, prioritize them and determine areas where waste can be cut out. Through the use of VSM as well as other lean manufacturing tools the manufacturing process can be vastly improved. For the corresponding study, the family of wall furniture was chosen and within this the "furniture multi-product railings", being the most economically important product for the company, and the one that goes through all its areas and most of its processes, allowing the complete visualization and analysis of the flow throughout the value chain. In order to determine the improvement proposal, information was collected on the "furniture multi-product railings", the corresponding time study of the processes in which this product goes through was made and was compared with the takt time of the demand, thus obtaining opportunities for improvement in all those processes that, because they are very time consuming, prevent the delivery on time of the product and therefore negatively influence customer satisfaction. The proposed solutions vary according to the case and lean manufacturing tools are used with a continuous improvement approach for each situation. The improvements are represented in the diagram of a future VSM and results are estimated according to the activities defined in the improvement proposal. The result was an improvement in a 76,71% of the total productivity, a reduction in the lead time and the processing time of a 40,16 % and a 91,88 % respectively, an increase in the efficiency of the bottlenecks found and the increase of net profit in \$35000 dollars in the production of the furniture under study.

ÍNDICE

1.CAPÍTULO I.-INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción de la empresa.....	2
1.2.1. Reseña histórica.....	2
1.2.2. Misión, Visión y Valores.....	2
1.2.3. Principales competidores.....	3
1.2.4. Principales clientes.....	3
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos secundarios.....	5
1.5. Alcance.....	5
2.CAPÍTULO II.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Productividad.....	5
2.1.1. Factores que inciden en la productividad de la empresa.....	8
2.1.2. Condiciones para la productividad óptima en todo proceso.....	8
2.1.3. Factores que restringen el incremento de la productividad.....	9
2.1.4. Técnicas de mejoramiento de la productividad.....	9
2.2. Manufactura esbelta.....	13
2.2.1. Antecedentes de la manufactura esbelta.....	13
2.2.2. Definición de la manufactura esbelta.....	15
2.2.3. Los 5 principios del pensamiento esbelto.....	16
2.2.4. Acciones de la manufactura esbelta para cada desperdicio.....	17
2.2.5. Los pilares de la manufactura esbelta.....	18
2.3. Mapeo de la Cadena de Valor (VSM).....	19
2.3.1. Introducción al mapeo de la cadena de valor.....	19
2.3.1.1. Tipos de mapas.....	20
2.3.1.2. ¿Para qué sirve un mapa de valor?.....	20
2.3.2. Situación actual.....	20
2.3.2.1. Pasos para realizar el VSM Actual.....	21
2.3.3. Oportunidades de mejora.....	30

2.3.4.	Situación futura.....	41
2.4.	Simulación.....	43
3.	CAPÍTULO III.-ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .	44
3.1.	Descripción del problema (5W).....	44
3.2.	Análisis de la situación actual.....	45
3.3.	Descripción general de la situación actual	46
3.3.1.	Procesos de producción	46
3.3.2.	Líneas de producción	46
3.3.3.	Diagrama de flujo general de los procesos.....	49
3.3.4.	Cartera de productos	50
3.3.5.	Máquinas	51
3.3.6.	Distribución de planta	52
3.4.	Mapeado de la situación actual.....	53
3.4.1.	Selección del producto o familia de productos	54
3.4.2.	Requisitos del cliente.....	57
3.4.3.	Requisitos del proveedor	57
3.4.4.	Tiempo de trabajo disponible.....	58
3.4.5.	Funciones del departamento producción.....	58
3.4.6.	Diagrama de flujo del “mueble rejas multi-producto”	59
3.4.7.	Lista de procesos del producto de estudio	61
3.4.8.	Descripción de los procesos de producción	62
3.4.8.1.	CNC	62
3.4.8.2.	Metalmecánica.....	63
3.4.8.3.	Pintura.....	71
3.4.8.4.	Impresión y Rotulado	72
3.4.8.5.	Termo formado.....	74
3.4.8.6.	Acabado y Empaque.....	77
3.4.9.	Calculo del takt time	79
3.4.10.	Estudio de tiempos y movimientos	82
3.4.11.	Cálculo del tiempo estándar	82
3.4.11.1.	Tiempo promedio	82
3.4.11.2.	Determinación de la valoración	83
3.4.11.3.	Suplementos	83

3.4.12. Elaboración del formato	83
3.4.13. Resumen de los tiempos tomados actuales	84
3.4.14. Balance Actual.....	85
3.4.15. VSM Actual.....	87
4.CAPÍTULO IV.- IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	88
4.1. Identificación de las oportunidades de mejora	88
5.CAPÍTULO IV.- PROPUESTA DE MEJORA.....	88
5.1. Desarrollo del VSM Futuro.....	88
5.1.1. Bases para diagramar el VSM Futuro.....	88
5.2. Mejoras realizadas y propuestas de mejora	90
5.3. Balance Futuro.....	108
5.4. VSM Futuro.....	110
6.CAPÍTULO IV.- RESULTADOS DE LAS MEJORAS	110
6.1. Mejora de la productividad por proceso	110
6.2. Matriz de resultados de las mejoras por proceso	129
6.3. Priorización de las mejoras	130
6.4. Diagrama de recorrido de flujo Actual vs Futuro.....	131
6.5. Simulación Actual vs Futura	134
6.6. Balance Actual vs Futuro.....	142
6.7. VSM Actual vs Futuro.....	143
6.8. Matriz de resultados de las mejoras totales.....	145
7.CAPÍTULO V.- ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	146
7.1. Análisis Costo-Beneficio	146
8.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
8.1. Conclusiones.....	150
8.2. Recomendaciones.....	153
REFERENCIAS	154
ANEXOS	155

1. CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La alta competencia existente en la actualidad tanto en el ámbito nacional como internacional debido a la globalización, exige a las empresas a mantener un nivel de calidad, costo y tiempos que le generen una ventaja competitiva respecto a los demás, permitiéndole obtener una buena rentabilidad, siendo este el principal objetivo de toda empresa.

Sin embargo, muchas empresas siguen administrando sus operaciones como en el pasado cuando las necesidades y productos eran muy diferentes a la actualidad. Todas aquellas empresas lentas en la entrega de sus productos o servicios, con mala calidad, precios y costos altos, comunicación deficiente y un alto índice de quejas y rechazos están destinadas a desaparecer.

Por esa razón las empresas en la actualidad deben ajustarse a los cambios radicales del mercado, realizando cambios rápidos en sus operaciones para de esta manera sobrevivir y superar a sus competidores.

Manufactura esbelta es por tanto una solución que, al ser implementada con disciplina, dedicación y compromiso directivo permite a las empresas la gestión de todas las actividades realizadas enfocándose en aquellas que no agregan valor con el objetivo de disminuirlas o eliminarlas para de esta manera satisfacer las necesidades de la demanda de manera efectiva y lograr una rentabilidad sostenida.

Por tanto, las herramientas de manufactura esbelta al ser implementadas como filosofía dentro de las empresas permiten una mejora a largo plazo y generan un cambio en la manera de realizar las operaciones dentro de la organización permitiéndole aumentar su productividad y de esta forma lograr un aumento en su utilidad.

1.2. Descripción de la empresa

1.2.1. Reseña histórica

La empresa metalmecánica en estudio, es una sociedad anónima del sector metalmecánico, establecida en la ciudad de Quito, inició su funcionamiento en el año de 1989, como un taller pequeño de metalmecánica para producir accesorios decorativos, como tiraderas y accesorios para baño.

Con el paso del tiempo y en función de las necesidades de sus clientes y en busca de estar a la altura de lo que demanda el mercado, su tecnología ha ido evolucionando permitiéndoles la adquisición de maquinaria automática y de esta forma dedicarse actualmente al diseño, fabricación y comercialización de muebles en metal, plástico y mixtos.

Productos elaborados por la empresa en estudio han cruzado las fronteras del Ecuador, realizando exportaciones a Venezuela, Colombia, Bolivia, Perú y seis países en Centroamérica.

1.2.2. Misión, Visión y Valores

Misión

Satisfacer las necesidades de todas las partes interesadas con la calidad de sus productos, para ser considerada la primera opción en la fabricación de muebles metálicos, plástico y mixtos; proporcionado a sus clientes el mejor producto, en el momento requerido y al mejor precio, mejorando la presencia y penetración en el mercado, equipo y capacitando al personal.

Visión

Ser líder en la fabricación de muebles, que sea reconocida por entregar productos de alta calidad, innovadores, con excelentes diseños a sus clientes, una rentabilidad sostenida a sus accionistas, mejores oportunidades de

desarrollo profesional y personal a sus colaboradores, contribuyendo positivamente con la sociedad.

Valores

- ✓ Integridad
- ✓ Responsabilidad
- ✓ Comunicación
- ✓ Enfoque al cliente
- ✓ Innovación
- ✓ Trabajo en equipo
- ✓ Mejora continua

1.2.3. Principales competidores

- ✓ Acrimec
- ✓ Accesorios y sistemas
- ✓ Góndolas y Perchas
- ✓ Foto 1 Exhibidores
- ✓ Acrilux
- ✓ Vitrinas Corona

1.2.4. Principales clientes

- ✓ Mondelez
- ✓ Nestlé
- ✓ Tiosa S.A
- ✓ Familia S.A
- ✓ Corporación GPF
- ✓ Coca Cola
- ✓ Juris

1.3. Justificación del problema

El objetivo de toda empresa es la obtención de ganancia y esta no es la excepción de la empresa metalmecánica en estudio la cual tiene actualmente la necesidad de incrementar su rentabilidad ya que ha sufrido un gran decrecimiento en sus ventas en lo que respecta al año anterior. La gerencia de la empresa al conocer la necesidad de satisfacer la demanda y de ser competitiva en el mercado sin tener que realizar inversiones que impacten su estado financiero, está en la búsqueda constante de herramientas que le permitan percibir más ganancias con el uso de menos recursos.

Permanentemente en el área de producción de la empresa metalmecánica en estudio se genera una pérdida de aproximadamente \$3500 mensuales en costos por desperdicios como reprocesos, movimientos, transportes, esperas, inventarios, sobreproducción entre otras actividades que no agregan valor solamente en el producto en estudio “mueble rejas multi-producto”, por lo tanto, estarían existiendo perdidas mucho mayores al considerar todos los productos generados en la empresa.

Por esta razón este proyecto pretende ser una propuesta que permita mejorar la productividad en la empresa mediante la reducción de los desperdicios, lo cual le permita alcanzar mayor participación en el mercado y obtener mayores ingresos.

La herramienta que se utilizará para esto, será el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) y con esta, demostrar las oportunidades de mejora. Las herramientas de manufactura esbelta utilizadas para la realización del VSM futuro son útiles no solo como solución a la capacidad actual de la empresa, sino de otros problemas generados por la desorganización en planta, reprocesos en la producción, desabastecimiento de insumos e incumplimiento de la programación de la producción semanal, generando una ventaja competitiva que permitirá mejorar la imagen de la empresa al permitir la entrega de productos de calidad y a tiempo.

Por tanto, la aplicación de un VSM permitirá eliminar desperdicios en toda la cadena de valor de la empresa y de esa forma mejorar la productividad de la misma y hacerla más rentable.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de mejora de la productividad en la empresa metalmecánica en estudio, mediante el uso de un VSM, la cual será validada mediante una simulación que contemplará las herramientas de mejora utilizadas.

1.4.2. Objetivos secundarios

- ✓ Diseñar el VSM actual de la empresa.
- ✓ Diseñar el VSM futuro de la empresa mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta.
- ✓ Realizar una simulación comparativa de la situación actual y la futura.
- ✓ Realizar el análisis costo-beneficio.

1.5. Alcance

Se realizará una propuesta de mejora de la productividad en la empresa metalmeccánica en estudio mediante la diagramación de un VSM, para esto se escogió de entre la cartera de productos de la empresa a un mueble mixto denominado “mueble rejas multi-producto” el cual forma parte de los muebles de pared, este es el producto de más relevancia económica para la empresa, pasa por todas las áreas de la empresa y la mayoría de procesos, esta elección permite la adecuada visualización y análisis del flujo en toda la cadena de valor, esta propuesta contara con las diagramaciones respectivas, identificación de oportunidades de mejora, y simulaciones que permitan mostrar las diferencias del flujo actual así como del flujo mejorado, finalizando con las propuestas de mejora y el análisis costo-beneficio pertinente.

2. CAPÍTULO II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Productividad

La productividad es la relación entre la producción y ciertos insumos, es una medida de la manera en la que se han utilizado y combinado los recursos para lograr determinados niveles de producción. (Lefcovich, 2009, p. 5)

En la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las máquinas, equipos y los empleados. (Jiménez, Castro, Brenes, 2009, p. 6)

La productividad se puede medir de las siguientes formas:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$Productividad = \frac{Número\ de\ unidades\ producidas}{Insumos\ empleados} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$Productividad = \frac{Ventas\ netas\ de\ la\ empresa}{Insumos\ empleados\ (Materiales+MO)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$Productividad = \frac{Producción\ a+producción\ b+producción\ n...}{Insumos\ empleados} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Todas las medidas son cuantitativas, todo costo adicional (reinicios, re fabricación) debe ser incluido en la medida de la productividad. (Jiménez, Castro, Brenes, 2009, p. 7)

Para comparar la productividad entre dos periodos se debe calcular la tasa de variación: (Asensio del Arco y Vásquez, 2013, p. 173)

$$Tasa\ de\ variación = \frac{Productividad_{t+1} - Productividad_t}{Productividad_t} 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

La elevación de la productividad es la única forma de reducir la pobreza nacional, ya que el uso más productivo de los recursos reduce el desperdicio permitiendo reducir la inflación, el desempleo y la inestabilidad económica de un país. (Lefcovich, 2009, p. 5)

La productividad determina el grado de competitividad internacional de los productos de un país, lo que significa que una mayor productividad nacional no solo significa un uso óptimo de los recursos, sino que permite crear un equilibrio entre las estructuras económicas, sociales y políticas de la sociedad. (Lefcovich, 2009, p. 5-6)

Los incrementos de productividad en las empresas conllevan a un servicio de calidad hacia sus clientes, un mayor flujo de efectivo, un mejor rendimiento sobre activos y mayores utilidades. Las utilidades de una empresa pueden aumentarse elevando los precios, reduciendo los costos o con una combinación de ambos, pero generalmente las empresas en lugar de controlar los costos se enfocan en buscar un incremento en la demanda, dejando de lado el análisis de que una reducción de una unidad monetaria en sus costos es mucho mayor que el de un incremento de la misma magnitud en las ventas. (Lefcovich, 2009, p. 6)

Tabla 1.
Margen de utilidad

Costo	Precio de Venta	Margen de utilidad
\$100	\$120	20%
\$99	\$120	21.21%
\$100	\$121	21%
\$90	\$120	33.33%
\$100	\$130	30%
\$70	\$120	71.43%
\$100	\$150	50%

Adaptado de: (Lefcovich, 2009, p.7)

Una empresa mas productiva implica no solo mayor rentabilidad, sino tambien mayor capacidad tanto de liquidez como de solvencia financiera, pues estará haciendo un mejor y mas óptimo uso de sus recursos. (Lefcovich, 2009, p. 8)

Los incrementos en la productividad dependen de tres variables:

- ✓ **Trabajo:** tiene que ver con la mano de obra, tener un personal sano, mejor formado, entrenado y mejor alimentado.
- ✓ **Capital:** las inversiones en capital proporcionan las herramientas necesarias para la producción de bienes o prestación de servicios, la diferencia entre el capital total invertido y la depreciación se conoce como inversión neta, cuando disminuye el capital invertido por empleado se da una caída en la productividad.

- ✓ **Gestión:** la gestión permite una combinación de los recursos humanos, materiales y técnicos para su óptimo aprovechamiento. (Lefcovich, 2009, p. 11)

2.1.1. Factores que inciden en la productividad de la empresa

Los factores que inciden en la productividad de la empresa se dividen en internos y externos.

Factores internos:

- ✓ Producto
- ✓ Planta y equipo
- ✓ Tecnología
- ✓ Materiales y energía
- ✓ Personas
- ✓ Organización y sistemas
- ✓ Métodos de trabajo
- ✓ Estilos de dirección

Factores externos:

- ✓ Económicos
- ✓ Demográficos y sociales
- ✓ Mano de obra
- ✓ Materias primas
- ✓ Mecanismos institucionales
- ✓ Políticas y estrategias
- ✓ Infraestructura (Lefcovich, 2009, pp. 12-13)

2.1.2. Condiciones para la productividad óptima en todo proceso.

La mejora de la productividad es un proceso metódico que debe cumplirse de acuerdo a:

- ✓ Diseño apropiado del producto o servicio
- ✓ Elección de la tecnología más apta
- ✓ Planificación de la calidad requerida por el cliente
- ✓ Optimización de recursos:
 - Instalaciones
 - Materiales e Insumos
 - Personal
- ✓ Estudio de métodos y tiempos
- ✓ Programación y coordinación (Lefcovich, 2009, p. 15)

La realización de productos mediante un diseño apropiado, haciendo uso de la mejor tecnología, y con la mejor calidad del mercado se logra mediante el aprovechamiento eficaz y eficiente de las instalaciones, materiales y recursos humanos con lo que se espera lograr el más alto nivel de productividad. Esta optimización de recursos debe buscarse a través de la utilización de los métodos más adecuados, así como el estudio de tiempos de las distintas operaciones que integran un proceso. De tal manera la planificación, programación y coordinación constituyen la clave para la máxima eficacia. (Lefcovich, 2009, p. 15)

2.1.3. Factores que restringen el incremento de la productividad

- ✓ Incapacidad de la alta dirección para crear el clima propicio para el mejoramiento de la productividad.
- ✓ Trabas por reglamentaciones estatales.
- ✓ Tamaño y madurez de las organizaciones.
- ✓ Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo.
- ✓ Diseño de procesos productivos, distribución de máquinas y equipos.
(Lefcovich, 2009, p. 19)

2.1.4. Técnicas de mejoramiento de la productividad

- | | |
|----------------------------------|---|
| ✓ Estudio del trabajo | ✓ Costo de Calidad |
| ✓ Medición del trabajo | ✓ Análisis Coste-Beneficios |
| ✓ Análisis de Pareto | ✓ Asignación de la productividad a los costos |
| ✓ Sistema Justo a tiempo | ✓ Control Estadístico de Procesos |
| ✓ Mantenimiento Productivo Total | (Lefcovich, 2009, p. 20) |
| ✓ Gestión de la Calidad Total | |

La productividad tiene tres grandes limitantes las cuales son la sobrecarga, el desperdicio y la variabilidad. (Socconini, 2014, p.40)

Sobrecarga:

La sobrecarga provoca un decrecimiento de la productividad debido a que a las máquinas y personas se les demanda más allá de sus capacidades. Se encuentra a la sobrecarga generalmente en:

- ✓ Las personas, cuando se les exige sobre sus capacidades, atención y fuerza.
- ✓ Los equipos, cuando se les hace trabajar a mayor capacidad de la establecida con un mantenimiento deficiente y materiales no adecuados, generando una disminución en la vida útil del equipo, así como convirtiéndolo en fuente de riesgo para el personal.
- ✓ Los proveedores, cuando se les exige sobre sus capacidades y limitantes. (Socconini, 2014, pp.40-41)

Desperdicio:

Desperdicio es cualquier esfuerzo realizado por la empresa que no agrega valor al producto o servicio, es decir es todo aquello que los clientes no están dispuestos a pagar. Estos aumentan los costos disminuyendo así la productividad. (Socconini, 2014, pp.41-42)

- ✓ **Sobre producción** se refiere a producir un bien o servicio en más cantidad y más rápido de lo que se requiere.

Ejemplos de sobreproducción:

- ✓ Inventario almacenado.
 - ✓ Demasía de maquinaria o personal.
 - ✓ Flujo de materiales e información desbalanceados.
 - ✓ Más mano de obra de la necesitada.
 - ✓ Capacidad instalada mayor a la requerida.
 - ✓ Gran tamaño de lotes de producción. (Socconini, 2014, p.42)
- ✓ **Sobre inventario** generado para proteger ineficiencias ya sea por pronósticos en la demanda erróneos, desbalanceo en la producción, maquinaria con poca confiabilidad, falta de análisis de la capacidad real de producción, grandes distancias entre procesos o maquinarias, defectos

constantes, tiempos altos de cambio de producto o preparación de máquinas, distribución inadecuada de planta o proveedores no confiables.

El mantenimiento de inventario es bastante costoso ya que incrementa el apalancamiento financiero, requiere espacio y seguros y genera problemas de productividad. (Socconini, 2014, pp.43-44)

- ✓ **Defectos y re trabajos** se refieren a la pérdida de recursos ya que se utilizaron materiales, maquinaria y tiempo en mano de obra que a la final no generan valor agregado para el cliente y más bien, representan costos y una pérdida de disponibilidad de recursos de la empresa. (Socconini, 2014, p.44)
- ✓ **Movimientos innecesarios** se dan cuando el personal realiza traslados de un lugar a otro en su lugar de trabajo sin realizar una actividad que genere valor agregado para el cliente, así también búsquedas de materiales, herramientas o información.

Ejemplos de movimientos innecesarios:

- ✓ Tiempo en exceso empleado en la localización de materiales, herramientas o instrucciones de trabajo.
 - ✓ Movimientos innecesarios al caminar por el lugar de trabajo.
 - ✓ Esfuerzos por alcanzar materiales o herramientas.
 - ✓ Movimiento de producto dentro de la planta y entre áreas. (Socconini, 2014, p.45)
- ✓ **Actividades innecesarias** se refiere a actividades que a pesar de ser necesarias para la fabricación de un bien o prestación de un servicio no agregan valor para el cliente, así como cambio de piezas en máquinas, inspecciones por área de trabajo o una inadecuada planificación de las entregas.

Ejemplos de actividades innecesarias:

- ✓ Inspecciones e información en exceso (Socconini, 2014, pp.45-46)

- ✓ **Esperas y búsquedas** es el tiempo perdido debido a la espera de instrucciones, materiales, herramientas o la búsqueda de las mismas. Si no se encuentran las cosas en menos de 30 segundos puede significar una afectación a la productividad en general.

Ejemplos de esperas y búsquedas:

- ✓ Operador espera que la máquina termine de procesar un producto.
 - ✓ Tiempos de preparación para iniciar un servicio o producción.
 - ✓ Empleado espera por instrucciones de trabajo.
 - ✓ Paros inesperados en los equipos. (Socconini, 2014, p.46)
-
- ✓ **Transportes** de materiales y herramientas de todos aquellos que no apoyan directamente a las actividades que agregan valor al producto o servicio en cuestión. Suele ser generado por el exceso de bodegas de almacenamiento, administración y control inadecuado de inventarios, diseño y aprovechamiento de las instalaciones ineficiente, grandes distancias entre procesos y bodegas. (Socconini, 2014, p.47)
-
- ✓ **Desperdicio de talento** es decir del conocimiento, experiencias, creatividad e ideas mal aprovechadas del personal, se puede detectar cuando existe un ambiente inestable y de alta rotación de personal y pocas sugerencias de mejora. (Socconini, 2014, p.47)
-
- ✓ **Desperdicio de energía**, ya sea electricidad, gases o combustibles entre otros, su desperdicio se observa por la existencia de fugas de aire en la planta, instalación inadecuada de máquinas, cableados, mala iluminación en las áreas de trabajo, así como el uso indiscriminado de equipos. (Socconini, 2014, p.48)
-
- ✓ **Contaminación** ya sea generando desechos peligrosos que no cuenten con el control adecuado, emisiones contaminantes en el aire, contaminación del agua y un incorrecto tratamiento de la misma. (Socconini, 2014, p.48)

Variabilidad:

La variabilidad se refiere a la variación existente en la cadena de valor de la empresa desde sus entradas, los procesos en sí mismos y sus salidas.

La variabilidad se presenta en los siguientes:

- ✓ Mano de obra: por personal contratado sin el perfil adecuado.
- ✓ Materiales: por materiales fuera de especificaciones o defectuosos.
- ✓ Métodos: falta de estandarización de métodos.
- ✓ Máquinas: trabajo inadecuado de máquinas que generan defectos constantes.
- ✓ Medio ambiente: las condiciones climáticas son variables, elementos como la temperatura y la humedad.
- ✓ Mediciones: sistema de medición no está estandarizado, calibrado y genera mediciones inconsistentes. (Socconini, 2014, pp.51-52)

2.2. Manufactura esbelta**2.2.1. Antecedentes de la manufactura esbelta**

Los orígenes de la manufactura esbelta se dan en la producción en masa la cual estuvo en auge durante la primera mitad del siglo XX desarrollada en el sector automovilístico, que encontró en el fordismo y taylorismo su mayor expresión, pero que dejó de ser viable porque se basaba en la producción en grandes cantidades, economías de escala y reglas rígidas que contraponen la necesidad actual de flexibilidad. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 2)

Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción mediante la administración científica del trabajo en la que a través de sus análisis le permitió establecer parámetros en tiempos, equipos, personas y movimientos, pero dejó de lado la interacción necesaria entre áreas de trabajo permitiendo así el crecimiento de lotes de producción, acumulación de stocks y mayores tiempos de ciclo de producción. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 3)

Ford en cambio introdujo la producción en masa mediante la normalización de los productos, simplificación de tareas, sincronización entre procesos y la especialización del trabajo, pero a fines de los años 60 el modelo empezó a perder valor, la productividad y rentabilidad disminuyeron viéndose en la necesidad de una adaptación. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 4)

Es así como el toyotismo se convierte en un modelo que permite una solución a la falta de flexibilidad de los modelos anteriores. A finales del año de 1949, un colapso en las ventas obligó a Toyota a despedir personal, y es en ese momento que dos ingenieros de la empresa Eiji Toyoda y Taiicho Ohno, al que se le considera el padre de la manufactura esbelta visitaron empresas automovilísticas americanas y concluyeron que la única forma de competir con el mercado internacional era mediante la reducción de stocks, desperdicios y el aprovechamiento del talento humano. (Hernández y Vizán, 2013, p. 13)

De acuerdo a esto Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión Justo a tiempo, también conocido como *Toyota Manufacturing System*. Esta gestión fue complementada por Shigeo Shingo quien estudió la administración científica de Taylor y las teorías de tiempos y movimientos de Gilberth entendiendo así la necesidad de transformar las actividades productivas en flujos continuos reduciendo los tiempos de cambio de herramientas mediante el SMED, así como otras metodologías Kanban, Jidoka, Poka Yoke. (Hernández y Vizán, 2013, p. 13)

A partir de ese momento la industria japonesa empieza a tomar una ventaja competitiva con occidente, ya que, tomaron conciencia de su posición en el escenario económico mundial y decidieron contrarrestar el método de la industria automovilística norteamericana en la cual se reducen los costes de producción de automóviles en cantidades crecientes y una variedad restringida de modelos por la fabricación de modelos diferentes en pequeños volúmenes a un buen precio. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 5)

El modelo toyotista se resume en:

- ✓ La eliminación de los desperdicios y provisión justo a tiempo de los materiales.
- ✓ Relación de confianza con los proveedores
- ✓ Participación de los empleados en decisiones sobre la producción
- ✓ Calidad total (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 5)

Pese a estos antecedentes no es hasta la década de los 90, cuando el modelo japonés empieza a ser tomado en cuenta en occidente a través de la publicación “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Ross, en esta por primera vez se nombra el termino de manufactura esbelta. (Hernández y Vizán, 2013, p. 13)

Se concluye por tanto que el origen de la manufactura esbelta se da cuando las empresas japonesas adaptaron una cultura de mejora continua, adaptando principios de calidad y logrando un cambio de mentalidad en la forma de trabajar. (Hernández y Vizán, 2013, p. 13)

2.2.2. Definición de la manufactura esbelta

La manufactura esbelta es una filosofía, basada en las personas, que busca la optimización de un sistema de producción enfocándose en la identificación y eliminación de todo tipo de desperdicios, es decir todo aquello que no agrega valor al cliente. Su principal objetivo es generar una cultura basada en la comunicación y trabajo en equipo que busca hacer las cosas de forma rápida, flexible y económica. (Hernández y Vizán, 2013, p. 10)

“En general las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, el 99% de las operaciones restantes no aportan valor por tanto constituyen un despilfarro.” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 6)

La implementación de la manufactura esbelta permite la reducción de los costes globales manteniendo la calidad de los productos o servicios y disminuyendo los tiempos de ciclo. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 7)

La manufactura esbelta por tanto cuenta con técnicas que permiten la mejora de sistemas productivos como:

- ✓ Las 5 S
- ✓ Control total de Calidad
- ✓ SMED
- ✓ Mantenimiento Productivo Total
- ✓ Kanban
- ✓ Justo a Tiempo
- ✓ Cero Defectos
- ✓ Mejoramiento de la productividad
- ✓ Control estadístico de procesos
- ✓ TOC
- ✓ Seis Sigma
- ✓ Ciclo de Deming (Hernández y Vizán, 2013, p. 17)

2.2.3. Los 5 principios del pensamiento esbelto

- ✓ Definir el valor de acuerdo a los requerimientos del cliente
- ✓ Identificar el flujo de valor
- ✓ Optimizar el flujo de valor
- ✓ Permitir que el cliente se posea del valor
- ✓ Buscar la mejora continua (Lledó y otros, 2016, p. 21)

El siguiente esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” permite visualizar la filosofía de Manufactura Esbelta y las técnicas disponibles para su aplicación.

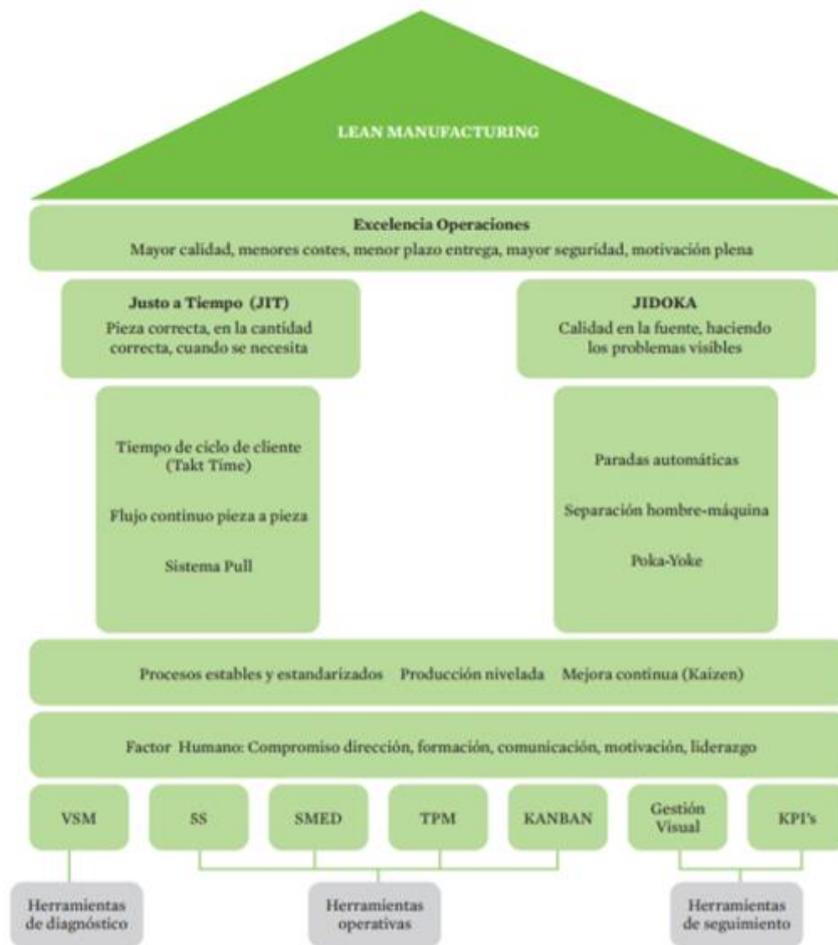


Figura 1. Adaptación “Casa Toyota”
Tomado de: (Hernández y Vizán, 2013, p.18)

2.2.4. Acciones de la manufactura esbelta para cada desperdicio

-Sobre inventario:

- ✓ Nivelación de la producción.
- ✓ Fabricación en células.
- ✓ Sistema Justo a tiempo de proveedores.

-Sobre producción:

- ✓ Lote celular de producción.
- ✓ Utilización de un sistema pull por medio del kanban.
- ✓ Reducción de tiempos de preparación mediante SMED.
- ✓ Nivelación de la producción.
- ✓ Estandarización de las operaciones.

-Esperas:

- ✓ Equilibrado de la línea.
- ✓ Fabricación en células.
- ✓ Jidoka.
- ✓ SMED.
- ✓ Trabajadores multifuncionales.
- ✓ Sistema de entregas de proveedores.

-Transporte y movimientos innecesarios:

- ✓ Células de fabricación.
- ✓ Trabajadores multifuncionales.
- ✓ Reajuste de instalaciones.

-Defectos, rechazos y reprocesos

- ✓ Estandarización de las operaciones.
- ✓ Andon, Poka- Yoke
- ✓ Mantenimiento preventivo.
- ✓ Control visual: Kanban, 5 S y Andon. (Socconini, 2014, p. 39).

2.2.5. Los pilares de la manufactura esbelta

✓ Primer Pilar: KAIZEN

“Según su creador Masaki Imai, es la conjunción de dos palabras, kai, cambio y, zen, para mejorar por lo que kaizen significa “cambio para mejorar”” (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 12)

Kaizen se utiliza generalmente cuando existen problemas de calidad, se requiere contar con una adecuada distribución de las áreas, disminuir el tiempo de respuesta a los clientes, reducir gastos de operación, mejorar el orden y la limpieza, reducir la variabilidad y hacer uso eficiente de los equipos. (Socconini, 2014, p. 39).

✓ Segundo pilar: Control Total de la Calidad

Este se caracteriza porque para su efectividad deben incluirse todos los departamentos que realizan control de calidad, teniendo en cuenta el control de la misma durante la fabricación, todas las partes interesadas en la empresa participan en el control de la calidad. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 14)

✓ Tercer pilar: Justo a tiempo

Consiste en la generación de productos o servicios en la cantidad y tiempo requerido, ni más, ni menos. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 14)

Es importante conocer el tiempo de flujo, el cual se refiere al tiempo que pasa desde que se genera una orden de producción hasta que el producto está listo para ser enviado al cliente y se lo puede calcular mediante la siguiente fórmula: (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 15)

$$\text{Tiempo de flujo estimado} = \frac{\text{Existencias de productos en curso}}{\text{Ventas a precio de coste}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

La empresa puede producir contra pedido cuando el tiempo de flujo es menor que el plazo de entrega, caso contrario esta debe organizar su producción contra stock. (Socconini, 2014, p. 16).

2.3. Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)

2.3.1. Introducción al mapeo de la cadena de valor

Un mapa de valor o VSM es una diagramación de toda la cadena de valor de una organización que permite visualizar los flujos tanto de materiales como de información desde el proveedor hasta el cliente. Consiste en plasmar todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto o generar un servicio.

Permite la identificación de las actividades que generan valor con respecto a los desperdicios generados, permitiendo priorizar la mejora futura y el cumplimiento de los requerimientos de la demanda.

2.3.1.1. Tipos de mapas

Actual: El mapa actual es una guía para establecer excesos en el proceso y documentar la situación actual de la cadena de valor.

Este proporciona información inicial sobre proveedores, la demanda actual, tiempos de ciclo de los procesos de producción, inventarios en proceso, capacidad de las maquinas, distancias recorridas entre otra información del proceso actual. (Socconini, 2014, p. 194).

Futuro: El mapa de valor futuro exhibe la solución propuesta, señalando todas las mejoras mediante la implementación de herramientas de manufactura esbelta que deben ser incorporadas en el sistema productivo actual para generar beneficios. (Socconini, 2014, p. 194).

2.3.1.2. ¿Para qué sirve un mapa de valor?

- ✓ Es un método gráfico que permite visualizar toda la cadena de valor
- ✓ Visualizar todas las operaciones e información generada de una familia de productos.
- ✓ Detectar áreas de oportunidad.
- ✓ Diferenciar entre las actividades que generan valor y desperdicios.
- ✓ Conocer el proceso de forma detallada.
- ✓ Detectar cuellos de botella. (Socconini, 2014, p. 195).

2.3.2. Situación actual

Para iniciar un proceso de manufactura esbelta es necesario diagramar la situación inicial de partida.

2.3.2.1. Pasos para realizar el VSM Actual

-Selección del producto o familia de productos

Es necesario realizar una identificación y separación de los productos de la organización mediante familias de productos, esto suele hacerse mediante una matriz de productos vs procesos, la cual permite la unión de varios productos que pasen por los mismos procesos en una sola familia que los represente. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 35)

Tabla 2.
Matriz productos vs procesos

		PROCESOS						
		1	2	3	4	5	6	7
PRODUCTOS	A	x	x	x		x	x	x
	B	x	x	x	x	x	x	x
	C	x	x	x		x	x	x
	D		x	x		x	x	
	E		x	x				x
	F	x		x		x		x

Familia de productos

Tomado de: (Rajadell y Sánchez, 2010, p.36)

Se debe elegir un producto o familia de productos en base al plan estratégico de la organización, que contribuya con un mayor porcentaje de sus ingresos y/o que pase por la mayoría de procesos lo cual permita una mejor visualización de la cadena de valor de la organización. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 35)

Una vez elegido el producto o familia de productos se debe determinar la situación actual de la organización para el desarrollo de dicho producto, para esto se debe identificar al cliente y proveedor y al flujo de materiales e información desde el producto acabado hacia atrás hasta llegar a la bodega de materia prima pasando por todos los procesos. Se toman datos asociados a los procesos como tiempos de ciclo, distancias recorridas, inventarios, personal en cada puesto de trabajo entre otros datos útiles para la diagramación. (Nash y Poling, 2008, p.21)

-Recolectar información para mapear el VSM Actual

Existe información necesaria que debe ser recolectada previo el mapeo del VSM Actual:

-Datos del cliente:

- ✓ ¿Quién es el cliente y cada cuánto hace un pedido?
- ✓ ¿Cuál es la demanda actual?
- ✓ ¿Proporciona el cliente un pronóstico?
- ✓ ¿Con que frecuencia se realizan entregas al cliente?

-Datos del proveedor:

- ✓ ¿Quién es el proveedor y con qué frecuencia entrega?
- ✓ ¿Cada cuánto se ordena?
- ✓ ¿Proporciona al proveedor un pronóstico?

-Datos de la cadena de valor:

- ✓ ¿Cuántos turnos se trabajan y de cuantas horas son los turnos?
- ✓ ¿Cuántos descansos y por cuánto tiempo?
- ✓ ¿Se detienen los procesos automáticos durante estos descansos?
- ✓ ¿Existen reuniones antes o después de los turnos y cuánto duran?
- ✓ ¿Existe algún tiempo de aseo programado durante el turno?
- ✓ ¿Cuánto dura la pausa para almorzar?
- ✓ ¿Se detienen los procesos automatizados durante el almuerzo?

-Datos del control en la cadena de valor:

- ✓ ¿Quién o que controla la producción?
- ✓ ¿Es el punto de control una persona o un departamento?
- ✓ ¿Usa un sistema automático para el control de la producción?
- ✓ ¿El sistema usado es un MRP o un ERP?
- ✓ ¿El sistema se comprende de reportes como Microsoft Excel?
- ✓ ¿En qué horas funciona el punto de control? (Nash y Poling, 2008, p.31)

-Identificar el flujo de materiales e información del producto seleccionado:

Para determinar los elementos clave en el flujo principal se deben responder las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Dónde empieza y termina el flujo?
- ✓ ¿Cuántos productos se mueven de un proceso a otro?
- ✓ ¿Dónde se encuentra ubicado el inventario?
- ✓ ¿Dónde están ubicadas las personas?

-Realizar el cálculo del takt time:

$$Takt\ time = \frac{\text{tiempo disponible para período de tiempo definido}}{\text{Demanda para el mismo período de tiempo}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

El takt time representa el ritmo en el que los productos deben estar listos para poder satisfacer las necesidades de la demanda.

-Estudio de tiempos: Tomar tiempos de ciclo, distancias recorridas, inventarios, personal a cargo y otra información requerida.

El estudio de tiempos permite determinar los tiempos estándar para que una persona realice un trabajo a un ritmo normal. Contar con estimaciones de tiempos permite realizar cotizaciones adecuadas, establecer un programa de fabricación, evitar tiempos ociosos de operarios y máquinas, planear la llegada de materias primas, predecir necesidades de horas hombre u horas máquina y pagar por medio de incentivos. (Palacios, 2009, p. 182)

El estudio de tiempos consiste en determinar el tiempo que requiere un operario normal, calificado y entrenado, que cuente con las herramientas adecuadas, trabajando a un ritmo normal y bajo condiciones ambientales normales para desarrollar un trabajo. (Palacios, 2009, p. 182)

Una vez establecidos los tiempos estándar estos no pueden variarse arbitrariamente, pueden cambiar solamente al efectuarse cambios en las operaciones o por errores de cálculo. (Palacios, 2009, p. 183)

Métodos de medición del tiempo estándar:

1. Deducción de experiencias anteriores

- ✓ -Obtener tiempos de estadísticas de producción anteriores y sacar el promedio.
- ✓ -Uso de los mismos datos, pero ajustados a las condiciones actuales.
- ✓ -Realizar una estimación directa. (Palacios, 2009, p. 183)

2. Muestreo de trabajo

Se refiere a la estimación de la proporción del tiempo que el trabajador dedica a actividades productivas y sigue los siguientes pasos:

- ✓ Diferenciar las actividades que son trabajo de las que no lo son.
- ✓ Observar las actividades a intervalos espaciados y al azar.
- ✓ Realizar el cálculo de la proporción del tiempo que el trabajador dedica al trabajo mediante la siguiente fórmula: (Palacios, 2009, p. 184)

$$\text{Proporción} = \frac{X(\# \text{ de observaciones del operario trabajando})}{n(\# \text{ de observaciones totales})} \quad (\text{Ecuación 8})$$

El proceso de observar al azar las actividades realizadas por el trabajador se divide en 3 técnicas:

- ✓ Estudio de razones elementales
- ✓ Estudio de muestreo de desempeño
- ✓ Estudio de estándares de tiempo (Palacios, 2009, pp. 185-186)

3. Estudio de tiempos predeterminados

Los tiempos predeterminados son el resultado de varios estudios con cronómetro realizados a ciertas operaciones que pueden usarse en otras similares.

Para aplicarla es necesario estabilizar la operación, descomponerla en elementos de acuerdo a su grado de dificultad, aplicar tiempos normales tomados a otras operaciones anteriores y finalmente aplicar los suplementos para obtener el tiempo estándar. (Palacios, 2009, p. 192)

Los principales métodos utilizados son:

- ✓ MTM (Medición de Tiempos de Métodos)
- ✓ MTA (Análisis de Tiempos y Movimientos)
- ✓ TMS (Estudio de Tiempos y Movimientos)
- ✓ WF (Factor de Trabajo)
- ✓ Observación y medición directa (Palacios, 2009, pp. 192-194)

4. Estudio de tiempos con cronómetro

Para este se utiliza un cronómetro para medir el tiempo que un trabajador utiliza para la realización de una operación en específico.

Con la siguiente fórmula se calcula el tiempo normal: (Palacios, 2009, p. 194)

$$T_N = \frac{\text{Velocidad de trabajo observado} \times \text{tiempo observado}}{\text{Velocidad de trabajo normal.}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Se deben seguir los siguientes pasos para el estudio de tiempos:

1. Seleccionar el operario
2. Analizar los factores que intervienen en el proceso como materiales, herramientas, máquinas, métodos, medio ambiente y seguridad.
3. Determinar los puestos de trabajo a estudiar.
4. Examinar las condiciones ambientales como temperatura, ruido, humedad, trabajo de pie o sentado.
5. Dividir la operación en elementos que puedan ser fácilmente medibles.
6. Tomar y registrar los tiempos.
7. Calcular el número de ciclos a cronometrar (Palacios, 2009, pp. 196-197)

El cálculo del número de ciclos a cronometrar se puede realizar mediante:

- ✓ Fórmulas estadísticas
- ✓ Método de Westinghouse
- ✓ Método de General Electric (García Criollo, 2005, p.204).

Método General Electric es el más sencillo puesto que utiliza para su cálculo solamente el tiempo de ciclo o tiempo que requiere una pieza para ser elaborada. (García Criollo, 2005, p.208).

Tabla 3.
Tabla General Electric

Tiempo de ciclo (minutos)	Número de ciclos que cronometrar
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
Más de 40.00	3

Tomado de: (García Criollo, 2005, p.208)

5. Calificar el trabajo del operario

De acuerdo a la escala de 0 y 100, donde 0 representa el reposo absoluto. (Palacios, 2009, p. 198)

6. Recolectar información

Se debe asegurar que las condiciones de trabajo y materiales son los adecuados, verificar que los operarios estén capacitados, dividir las operaciones en elementos cortos fáciles de identificar y medir y anotar los tiempos tomados. (Palacios, 2009, p. 199)

7. Calcular el tiempo normal

$$Tiempo\ normal = \frac{Tiempo\ representativo\ x\ calificación\ representativa}{Calificación\ normal} \quad (Ecuación\ 10)$$

8. Calcular el tiempo estándar

$$Tiempo\ estándar = Tiempo\ normal + Tiempo\ recuperación. \quad (Ecuación\ 11)$$

$$TS = TN + Suplementos. \quad (Ecuación\ 12)$$

$$TS = TN \times Coeficiente\ de\ recuperación. \quad (Ecuación\ 13)$$

9. Aplicar los suplementos o tolerancias

Estos tiempos se refieren a interrupciones del trabajo normal de un operario por factores externos como necesidades personales, fatiga, retrasos involuntarios. Existen tablas que permiten obtener tiempos suplementarios de ciertas actividades estándar. (Palacios, 2009, pp. 202-206)

Los formatos usados para el resumen de los tiempos estándar calculados y para los balances actual y futuro fueron tomados de la empresa Lean Six Sigma Institute.

Tabla 4.

Tabla resumen tiempos estándar

Producto							Fecha análisis						Número del proceso			Tiempo repetido más bajo
							Hora análisis						Observador			
No.	Proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1																
2																
3																
4																
5																

Tomado de: (Lean Six Sigma Institute. 2016)

Tabla 5.

Tabla Balance tiempo estándar vs takt

Operación	Operador	Descripción	Tiempo	Takt
1	A			
2	A			
3	B			
4	C			
5	D			

Tomado de: (Lean Six Sigma Institute. 2016)

Después de tener el VSM diagramado es necesario colocar la información requerida por proceso es decir el número de operadores, el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio de producto, disponibilidad de la máquina y cualquier otro dato que se considere necesario.

Para finalizar se requiere calcular el tiempo de ciclo total y el tiempo de espera o lead time total lo cual permite analizar el tiempo necesario para la producción de una unidad del producto en estudio y los días en inventario totales para esa producción. (Nash y Poling, 2008, pp.74-75)

Así mismo se comparan los tiempos de ciclo por proceso con el takt time calculado y se realiza un análisis del balance actual determinando aquellos procesos que pueden ser considerados para las mejoras. (Nash y Poling, 2008, p.76)

-Diagramar el VSM Actual

Finalmente se debe mapear el VSM Actual con toda la información recolectada en los pasos anteriores.

Para mapear se debe caminar los procesos de producción del producto o familia de productos en cuestión y se deben anotar las características vistas al momento exacto de la diagramación.

Es recomendable empezar colocando un bloque de título en el que se documente información básica del VSM. (Nash y Poling, 2008, p.32)

Tabla 6.

Bloque de título del VSM Actual

CURRENT STATE MAP	
Company Name	Path Links Pathology Services
Value Stream Name	Histology Laboratory (Lincoln)
Drawn By	Mick Chomyn
Date	11 Oct. 2005

Tomado de: (Nash y Poling, 2008, p.32)

Para la diagramación se debe empezar colocando el punto de control, seguido del cliente y el proveedor y sus respectivas conexiones. (Nash y Poling, 2008, p.32)

Un VSM se divide en 3 secciones:

- ✓ Flujo de procesos o producción
- ✓ Flujo de información
- ✓ Línea de tiempos y distancias: tiempos de espera, tiempos de ciclo, distancia recorrida. (Nash y Poling, 2008, p.2)

Se deben usar iconos estandarizados para esta diagramación, algunos de los iconos definidos son los siguientes:

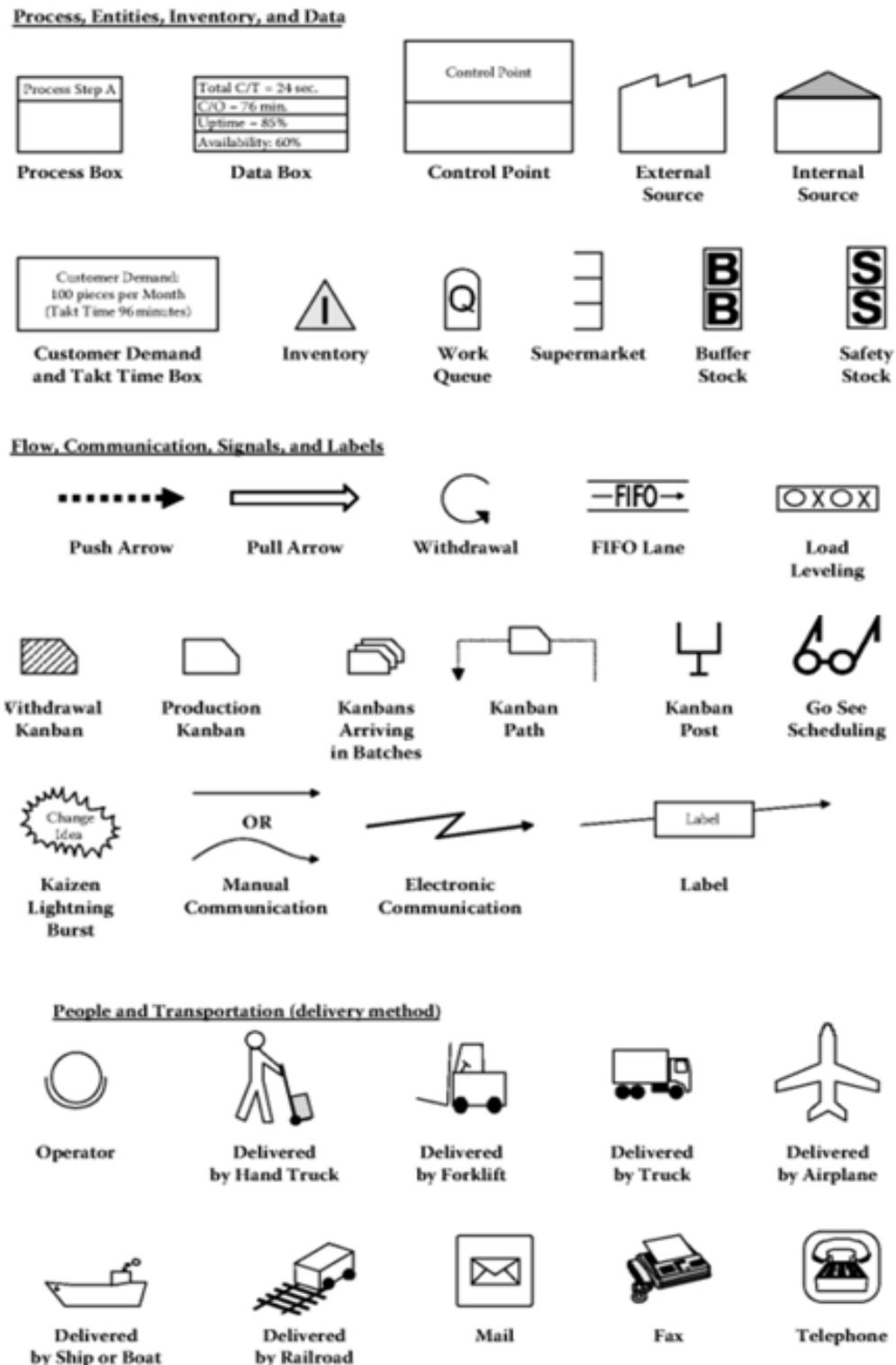


Figura 2. Iconos estandarizados para VSM
Tomado de: (Nash y Polling, 2008, p.10)

2.3.3. Oportunidades de mejora

Una vez representado el mapa de la situación actual es necesario la diagramación del estado futuro, es decir el estado al que se requiere llegar, para esto es necesario identificar las áreas donde existen oportunidades de mejora. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 45)

Algunas preguntas que sirven para la identificación de las mejoras se detallan a continuación:

- ✓ ¿Dónde crear flujo continuo, para evitar paros?
- ✓ ¿Qué operaciones se pueden unir?
- ✓ ¿Cuál es el lead time actual?
- ✓ ¿Dónde y en qué cantidades tienen los inventarios?
- ✓ ¿Son constantes los lotes de producción?
- ✓ ¿Qué movimientos y transportes son necesarios?
- ✓ ¿Son fáciles de alcanzar las piezas o materiales?
- ✓ ¿Dónde y en qué cantidades se colocan las piezas rechazadas?
- ✓ ¿En caso de detectar un problema pueden intervenir los operarios?
- ✓ ¿Cuál es el tiempo necesario para hacer un cambio en la producción?
- ✓ ¿Existe organización en la planta?
- ✓ ¿Existe un programa de producción?
- ✓ ¿Se identifican los productos mediante tarjetas?
- ✓ ¿Hay flujo continuo de materiales?
- ✓ ¿Es frecuente que los operarios cometan errores en las operaciones?
- ✓ ¿Existen métodos para prevenir errores?
- ✓ ¿Se producen quejas en procesos específicos?
- ✓ ¿Las máquinas tienen averías constantes, existe control?
- ✓ ¿Cada cosa tiene un lugar específico?
- ✓ ¿Qué grado de polifuncionalidad existe?
- ✓ ¿Qué tal son las relaciones con los proveedores?
- ✓ ¿Se toman en cuenta las propuestas de mejora que emiten los operarios?
- ✓ ¿Están los procesos estandarizados?
- ✓ ¿Se cuenta con indicadores visuales en la empresa? (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 46)

Para atacar de manera efectiva los problemas, despilfarros y tomar en cuenta las oportunidades de mejora detectadas se hace uso de herramientas de la manufactura esbelta como son:

-Las 5'S

La implementación de las 5S sigue un proceso de cinco pasos: seiri (eliminar), seiton (ordenar), seiso(limpiar), seiketsu(estandarizar) y shitsuke(disciplina). (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 50)

Fases de la implementación de las 5S:

Eliminar (Seiri): Es retirar o separar del área de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar las operaciones productivas. (Socconini, 2014, p. 124)

Organizar (Seiton): Es ordenar los elementos necesarios para realizar las operaciones, estableciendo un lugar específico para cada objeto permitiendo su identificación, localización, disposición y reubicación después de su uso. (Socconini, 2014, p. 127)

Limpiar (Seiso): Limpiar es principalmente eliminar la suciedad. (Socconini, 2014, p. 132)

Estandarizar (Seiketsu): Lograr que mediante la ejecución constante de los procedimientos de selección, organización y limpieza se mantengan en todas las áreas de trabajo. Se fijan los lugares en donde deben ubicarse los elementos y donde deben realizarse las actividades. (Socconini, 2014, p. 135)

Disciplina (Shitsuke): Convertir en hábito la utilización de métodos estandarizados creando una cultura y autodisciplina dentro de la organización. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 62)

Las 5S son la base para otras mejoras y permiten que exista control visual, seguridad en el área de trabajo, mejora de la productividad, incremento de vida útil de equipos y un mejor ambiente de trabajo. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 66)

-HEIJUNKA

Heijunka es una metodología que permite planificar y nivelar la demanda en volumen y variedad conectando toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes. La demanda mensual hace posible conocer las unidades a producir y los tiempos de cambio de un producto permitiendo una producción nivelada y un flujo continuo, contraponiéndose a la producción tradicional por lotes. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp. 67-69)

Cuando un proceso no presenta un flujo continuo se observa un aumento del stock en proceso y se incrementa el tiempo de fabricación. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 74)

Tabla 7.

Organización tradicional vs Organización del flujo continuo

ORGANIZACIÓN TRADICIONAL	ORGANIZACIÓN DE FLUJO CONTINUO
Áreas de trabajo separadas.	Puestos de trabajo conjuntos.
Altos niveles de producto intermedio en curso.	Cada operario trabaja sobre una unidad (<i>one piece flow</i>).
Grandes lotes a la espera del siguiente proceso.	

Tomado de: (Rajadell y Sánchez, 2010, p.74)

Para que exista flujo continuo debe existir una distribución adecuada de la planta, la producción debe ser de una pieza a la vez sincronizada según el takt time y mediante una línea multiproceso, transportando solo lo necesario, justo a tiempo y la cantidad exacta. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 75)

Las ventajas del flujo continuo son:

- ✓ Plazos cortos para la producción.
- ✓ Reducción de tiempo de cambio de producto.
- ✓ Reducción de stocks e inventario en proceso.
- ✓ Mejora de la calidad.
- ✓ Genera más flexibilidad.
- ✓ Mejor organización en planta. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 75)

Para la creación de un flujo continuo es necesario tomar en cuenta los siguientes tipos de flujos:

- ✓ Flujo de información: Un flujo de información nivelado permite disponer de la información adecuada para la toma de decisiones y eso se puede lograr a través del uso de tarjetas kanban que indiquen la necesidad de material y el seguimiento diario de procesos.
- ✓ Flujo de materiales: La reducción de los desperdicios paso a paso crea un mejor flujo de materiales a través de un sistema pull permitiendo reducir el trabajo en proceso, organización multiprocesos y entregas frecuentes.
- ✓ Flujo de operarios: Es necesario la capacitación y asignación de las herramientas adecuadas creando un trabajo flexible y estandarizado, esto es posible mediante el balanceo de los procesos según el takt time, creando líneas flexibles y formando operarios polivalentes. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 76)

El takt time indica el ritmo de la demanda de los clientes, de acuerdo a este de deben determinar el número de operarios necesarios, la frecuencia de alimentación de la línea y la cantidad de elementos necesarios del proveedor. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 78)

$$TAKT = \frac{\text{tiempo del turno} - \text{tiempo no productivo}}{\text{producción requerida}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

El takt time permite tener un ritmo estable en la producción, evita el exceso de producción, un número correcto de operarios por proceso, mejora la capacidad para realizar actividades importantes, minimiza los transportes y el inventario en proceso. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 79)

El tiempo de paso es aquel que necesita una operación para producir y entregar una cantidad total de producto al cliente. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 79)

$$\text{Tiempo paso} = (\text{Takt time}) * (\text{Cantidad a entregar}) \quad (\text{Ecuación 15})$$

El tiempo de ciclo es el tiempo total necesario para la fabricación de una pieza. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 81)

El cálculo del número de operarios necesarios se calcula a partir del takt time y el tiempo de ciclo. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 81)

$$\text{Número de operarios} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Takt time}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

El tener operaciones mal equilibradas genera pérdidas las cuales se pueden calcular con la siguiente fórmula: (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 82)

$$\text{Pérdidas balanceo} = \frac{[(\text{TC más largo})(\#ope)] - T_{\text{total para 1 pieza}}}{\text{TC más largo} * \# \text{ operarios}} \quad (\text{Ecuación 17})$$

-Trabajo estandarizado

El trabajo estandarizado es una herramienta que permite asegurar el rendimiento máximo, se refiere a aquellos procedimientos que permiten la realización de un trabajo con un mínimo de desperdicio mediante la adecuada combinación de operadores y maquinarias. (Socconini, 2014, p. 294)

Para la implementación del trabajo estándar se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar un proceso específico
2. Realizar mediciones de tiempo del proceso.
3. Calcular la capacidad de la operación.
4. Balancear la operación.
5. Llenar la hoja de trabajo estándar.
6. Documentar las instrucciones de trabajo. (Socconini, 2014, p. 296)

-Células de trabajo

Una célula de trabajo está formada por un conjunto de operaciones usualmente en forma de u que tiene por objeto permitir el flujo del proceso de manera ininterrumpida entre operaciones, reduciendo el tiempo de respuesta y mejorando el desempeño de personal. (Socconini, 2014, p.230)

Se deben seguir los siguientes pasos para la distribución de una célula de trabajo:

- ✓ Separar los productos por familias.
- ✓ Ordenar los procesos de forma secuencial.
- ✓ Procurar que los productos recorran los procesos en sentido horario.
- ✓ Ubicar las máquinas lo más cerca posible las unas de las otras.

- ✓ Tomar en cuenta la seguridad en el trabajo.
- ✓ Colocar la última operación lo más cerca posible de la primera.
- ✓ Crear la célula en forma de U, C, L, S o V dependiendo de las necesidades y capacidad de realización. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 88)

-Balanceo de líneas

El balanceo de una línea se refiere a la equilibrada organización de la producción mediante el reparto equitativo del trabajo.

Para sincronizar el ritmo de la producción con la demanda se utiliza el takt time y también se calcula el número de operarios necesario. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp. 89-90)

-KANBAN

Kanban es una herramienta utilizada y desarrollada por primera vez en Toyota como un sistema de información para tener control sobre la fabricación de productos en la cantidad y tiempo adecuado. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 95)

Kanban se define como un sistema de control y programación de la producción, basado en tarjetas, que consiste en que cada proceso retira piezas de los procesos anteriores y los mismos empiezan a producir solamente la cantidad que ha sido retirada. Existen dos tipos de kanban:

- ✓ El kanban de producción muestra qué y cuánto se debe fabricar para el proceso posterior.
- ✓ El kanban de transporte muestra qué y cuánto material se retirará del proceso anterior. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 96)

Kanban de transporte			De:
Código:			
Descripción:			
Automóvil:			
Cap. Caja	Tipo Caja	Kanban N°	A:

Figura 3. Kanban de transporte
Tomado de: (Rajadell y Sánchez, 2010, p.100)

Las tarjetas recogen información como el nombre y el código de la pieza a fabricar, el lugar de procedencia de las piezas, el lugar y la cantidad de piezas que se fabricaran, el lugar de almacenamiento, etc. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 97)

El principal beneficio de la utilización de kanban es que permite el reaprovisionamiento solamente del material retirado, reduciéndose de esta manera los stocks no deseados. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 98)

Para la adecuada implementación del sistema es necesario colocar supermercados tanto al principio como al final de los procesos, los cuales permitan el flujo de materiales y la utilización adecuada de los kanbans. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 100)

Para definir el número de kanbans necesarios se puede calcular mediante la siguiente fórmula: (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 102)

$$\# \text{ kanbans} = \frac{(\text{Consumo medio diario} \cdot \text{duración stock}) + \text{stock en curso}}{\text{Cantidad de piezas en el cuadro}} \quad (\text{Ecuación 18})$$

El sistema kanban se basa en las siguientes reglas:

- ✓ El proceso posterior recoge del anterior las piezas en la cantidad y del lugar adecuado.
- ✓ El proceso anterior fabricara solamente las piezas en las cantidades que fueron retiradas.
- ✓ Productos defectuosos no deben pasar al proceso posterior. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp. 104-105)

Recordando que los stocks de producto terminado tienen un efecto negativo en la rentabilidad económica de las organizaciones. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 105)

$$\text{Rentabilidad económica} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Activo}} * 100 \quad (\text{Ecuación 19})$$

El resultado de esta ecuación, pone en manifiesto que producir sin tener un pedido reduce la rentabilidad económica de la organización.

Un kanban define la cantidad de cada pieza que debe llevarse de un proceso a otro, y su cálculo se realiza de la siguiente manera: (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 106)

$$K = \frac{(D*Q)*R}{H*P} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

D= Número de productos que se necesitan producir por turno.

Q=Cantidad total de la pieza usada en el producto.

R=Tiempo de reposición.

H=Horas de trabajo por turno

P=Piezas que se almacenan en el contenedor

El número de kanbans debe ser lo necesario para cubrir la demanda existente durante el plazo de entrega más un stock de seguridad y se calcula de la siguiente forma: (Rajadell y Sánchez, 2010, pp.108-109)

$$\# \text{ de kanbans} = \frac{DM(2+RT)*(1+SS)}{NN (CC)} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

DM= Demanda media diaria del programa uniforme

TD= Retraso del tránsito, número de viajes de recogida entre la entrega de la tarjeta y la recogida del material.

2 = Constante (número mínimo de viajes para completar una transacción es 2.)

ND= Número diario de entregas.

CC= Capacidad del contenedor.

SS= Stock de seguridad.

$$\# \text{ de kanbans} \geq \frac{DMU\{TR (1+CS)\}}{CC} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

DMU= Demanda por unidad de tiempo

TR= Tiempo de reposición de un contenedor

CS= Coeficiente de seguridad

CC= Capacidad del contenedor

$$N = \frac{UT(1+P)}{C} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

N=Número de tarjetas o contenedores necesarios entre dos estaciones de trabajo.

U=Ritmo de uso de la estación de trabajo medido en piezas o componentes hora.

T=Tiempo necesario para que una tarjeta o contenedor recorra todo un ciclo.

P=Coeficiente que mide la eficiencia del sistema.

C=Capacidad del contenedor estándar o número de unidades del kanban.

En lo que respecta al cálculo de kanbans de transporte se utiliza la siguiente expresión: (Rajadell y Sánchez, 2010, p.110)

$$\# \text{ kanbans de transporte} = \frac{\{N_L + N_T\}}{E} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

T_L = Tamaño de lote mínimo.

T_T = Tiempo de respuestas del transporte.

T_{CC} = Tiempo de ciclo de una pieza en la etapa de consumo.

E = Número de piezas de cada contenedor.

N_L = T_L (Número de piezas por lote)

N_T = T_L/T_{CC} Número de piezas para cubrir el tiempo de transporte.

Si hay un tiempo de stock de seguridad T_s hay que añadir:

$$N_s = T_s/T_{CC} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Número de kanbans de transporte

$$\# \text{ de kanbans de transporte} = \{N_S + N_T + N_S\}/E \quad (\text{Ecuación 26})$$

-SMED

El SMED o single minute Exchange of die que significa tiempo de preparación en minutos de tiempo de una sola cifra es decir en menos de 10 minutos fue creado por Shigeo Shingo y desarrollado completamente en los años 70 en Toyota. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 124)

Los beneficios que trae la reducción del tiempo de preparación son la minimización de existencias de stocks, la producción orientada a pedidos y flexibilidad y adaptabilidad a los requerimientos de la demanda. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 124)

Procedimientos como cambio de herramientas, cambio de parámetros estándar, cambio de piezas u otros materiales a procesar, preparación previa a la fabricación repercuten en el tiempo de cambio. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 125)

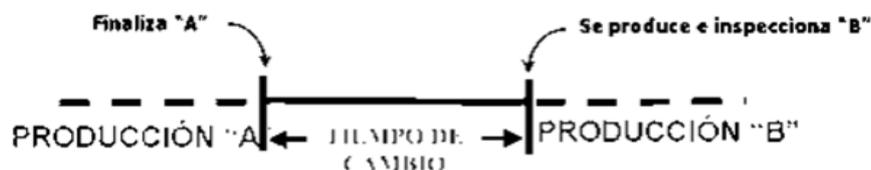


Figura 4. Tiempo de cambio (1)

Tomado de: (Rajadell y Sánchez, 2010, p.126)

Si se conoce el tiempo de cambio se puede calcular el tiempo por unidad:

$$\text{Tiempo por unidad} = \frac{s+na}{n} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Donde:

s= tiempo de cambio que se considera constante.

a= tiempo para producir una unidad.

n= número de piezas.

Por tanto, mientras se produzcan más piezas por cada tiempo de cambio, menos tiempo se necesita para fabricar cada unidad. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 126)

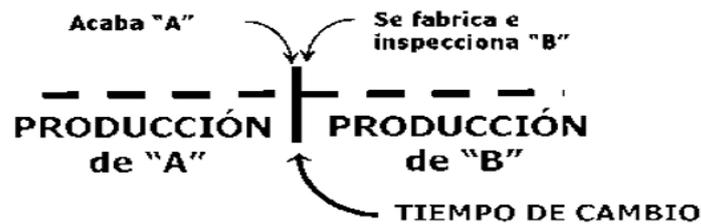


Figura 5. Tiempo de cambio (2)
Tomado de: (Rajadell y Sánchez, 2010, p.127)

Los tiempos de cambio largos reducen la capacidad y productividad de las máquinas, se generan grandes lotes de producción que se convierten en inventario en stock, generan la existencia de inflexibilidad y poca variedad. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp. 127-128)

Pasos para la implementación de SMED

1) Identificar las operaciones en que se divide el cambio de modelo.

Consiste en detallar todas las tareas que requieren cambio y cronometrarlas. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 129)

2) Diferenciar las operaciones internas de las externas.

Se deben identificar las operaciones que se realizan en cambio ya sean internas aquellas que deben realizarse con la máquina parada o externas las cuales pueden realizarse con la máquina en movimiento. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp. 129-130)

3) Transformar las operaciones internas a externas

Se trata de implementar métodos eficientes para poder transformar operaciones internas a externas y poder realizar cambios mientras la máquina sigue en marcha. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 130)

4) Reducir las operaciones internas

Utilizando cambios rápidos, códigos de colores, eliminar herramientas utilizadas, establecer posiciones fijas para herramientas necesarias para el cambio. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 131)

5) Reducir las operaciones externas

Integrando los movimientos de los operarios, utilizando estándares actualizados y una capacitación adecuada al personal. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 131)

Los aspectos técnicos de las preparaciones se pueden alcanzar a través de mejoras de ingeniería, operaciones paralelas y mediante la eliminación de ajustes. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 132)

2.3.4. Situación futura

La implementación exitosa de las herramientas de la manufactura esbelta depende principalmente de la integración del personal mediante el trabajo en grupos multidisciplinarios, cuyos miembros estén comprometidos con el cambio y aporten para una mejora continua. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 178)

El líder de la organización o de la implementación de las herramientas para la mejora es quien tiene la potestad de influenciar en el equipo de trabajo para conseguir los objetivos deseados. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.179)

Las fases del proyecto de implementación son las siguientes:

- ✓ Establecer un orden por producto:
 - Diagramar el VSM
 - Aplicar las herramientas de manufactura.
 - Analizar el takt time para los productos seleccionados.
 - Minimizar distancias reorganizando la distribución de plantas.
 - Establecer el flujo de las operaciones de forma secuencial.
- ✓ Reducir inventarios y colas.
 - Eliminar los inventarios en las operaciones que no sean cuellos de botella.
 - Programar el aprovisionamiento de los proveedores.
- ✓ Reducir el tamaño de los lotes
 - Conseguir cambios rápidos reduciendo tiempos de preparación.
 - Reducir el número de kanbans.
- ✓ Establecer un ritmo de fabricación constante
 - Producir a un ritmo definido por la demanda (takt time) y evitar paros por averías. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.182)

-Aplicación 5S

Primera S: Eliminar

Se debe delimitar el área de trabajo, analizar cada documento y objeto de la línea de producción, separar aquellos objetos útiles de los inútiles mediante tarjetas rojas que los identifiquen, se registra el listado de todas aquellas tarjetas existentes y posteriormente se procede a eliminar o archivar. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.183)

Segunda S: Ordenar

Consiste en ordenar aquello que es útil para las operaciones determinando el lugar donde se utiliza y su frecuencia de uso para determinar la ubicación más adecuada para el objeto o herramienta en cuestión. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.187)

Tercera S: Limpieza

Mantener las cosas en orden y aseadas previniendo averías y contribuyendo con la seguridad del personal. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.189)

Cuarta S: Estandarizar

Generar un procedimiento estándar que permita la identificación de los objetos, sus ubicaciones y usos. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.190)

Quinta S: Disciplina

Mantener las mejoras obtenidas en la implementación de lo anterior, programando las actividades diarias a realizar. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.192)

-Aplicación de HEIJUNKA

En el VSM actual se debe identificar la existencia de las siguientes oportunidades de mejora como son: islas de producción, tiempos de ciclo elevados, sobreproducción entre otros desperdicios. (Rajadell y Sánchez, 2010, p.193)

Para balancear una línea de producción lo primero que se debe analizar la situación actual conociendo la demanda real del cliente y calculando el takt time.

Si la producción se da a un ritmo más rápido que el takt time se genera una mayor cantidad de inventario, se incrementa el lead time y se tiene una sobrecapacidad, en cambio, si se da a un ritmo menor se hacen necesarias las horas extras de trabajo del personal, aumentan los costes de transportes y se genera insatisfacción por parte de los clientes. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp.194-203)

2.4. Simulación

El modelado matemático y la simulación por ordenador permite adquirir conocimiento acerca del comportamiento de los sistemas.

La simulación es la técnica que consiste en realizar experimentos de muestreo sobre el modelo de un sistema. Un modelo no es más que un conjunto de variables junto con ecuaciones matemáticas que las relacionan y restricciones sobre dichas variables. La modelización es una etapa presente en la mayor parte de los trabajos de investigación ya que en muchas ocasiones la realidad es bastante compleja como para ser estudiada directamente y es preferible diseñar un modelo que contenga las variables más relevantes. (Abad, R. 2002)

Etapas para una simulación:

1. Formular el problema
2. Diseñar el modelo conceptual
3. Recoger datos
4. Construir el modelo
5. Verificar y validar
6. Realizar un diseño de experimentos y experimentación
7. Analizar los resultados
8. Documentar
9. Implementar (Otal, Serrano y Serrano, 2007, p. 19)

“Flexsim es un software para la simulación de eventos directos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro.” (Flexsim, 2012)

3. CAPÍTULO III.- ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Descripción del problema (5W)

¿Qué es el problema?

Costos generados por desperdicios como sobreproducción, sobre inventario, reprocesos, movimientos, transportes, esperas, entre otros.

¿Quién participa en el problema?

El área de producción desde operarios en planta, así como todo el departamento de producción y operaciones de la empresa.

¿Dónde ocurre el problema?

Planta de producción.

¿Cuándo ocurre el problema?

Ocurre a todo momento y se incrementa proporcionalmente con el incremento de producción.

Problema:

Permanentemente en el área de producción de la empresa metalmecánica en estudio se genera una pérdida de aproximadamente \$3500 mensuales en costos por desperdicios como reprocesos, movimientos, transportes, esperas, inventarios, sobreproducción entre otras actividades que no agregan valor al producto en estudio “mueble rejas multi-producto”.

¿Porque ocurre el problema?

1. ¿Porque existen costos generados por desperdicios en la empresa?
Porque existe desorganización en la planta de la empresa
2. ¿Porque existe desorganización en la planta de la empresa?
Porque no existe un adecuado control de la producción
3. ¿Porque no existe un adecuado control de la producción?
Porque no se tienen identificados puntos de control en planta
4. ¿Porque no se tienen identificados puntos de control en planta?
Porque al existir desorganización en la planta, no hay un orden para la realización de las actividades de producción
5. ¿Porque no hay un orden para la realización de las actividades de producción?

Porque no cuentan con herramientas que les permitan visualizar todas las actividades que se realizan en la empresa.

¿Cómo resolver el problema?

Generar un VSM que permita la visualización de los procesos realizados a lo largo de toda la cadena de valor de la empresa para de esta forma tener un adecuado control de la producción eliminando desperdicios generados y colocando puntos de control en donde sea necesario.

La propuesta de mejora se desarrollará en la empresa metalmecánica en estudio, específicamente en el “mueble rejas multi-producto” el cual forma parte de los muebles de pared y de acuerdo a este se realizará el análisis de la situación actual para posteriormente realizar la diagramación del VSM actual y futuro.

El mueble fue escogido después de haber realizado varios análisis, los cuales serán demostrados más adelante.

3.2. Análisis de la situación actual

El análisis de la situación actual se realizó mediante la diagramación de un VSM, para lo cual primeramente se recopiló información general de toda la empresa para conocer la distribución actual de la planta, sus áreas, sus máquinas, sus procesos y el personal involucrado en la fabricación de sus productos.

Seguidamente se realizó un análisis de las familias de productos de la empresa y se escogió para estudiar a la familia de muebles de pared y de entre estos al “mueble rejas multi-producto”, del cual se obtuvo información de las áreas, procesos, tiempos, jornada laboral y personal implicado en su fabricación.

Se realizó el respectivo estudio de tiempos y movimientos, cálculo del takt time e información referente al cliente, proveedor jornada laboral y cualquier otra información necesaria para la diagramación.

Todo esto con el objetivo de encontrar todos aquellos desperdicios generados en planta que estén afectando la calidad, la entrega a tiempo y la satisfacción del cliente, lo cual, influye directamente en una disminución en las ventas generadas por la empresa con respecto al año pasado.

3.3. Descripción general de la situación actual

3.3.1. Procesos de producción

Para el desarrollo de sus productos, la empresa, cuenta con un equipo de planta: Jefe de operaciones, Asistente de operaciones, Jefe de calidad, Asistente de calidad, Jefe de diseño y desarrollo, Asistente de diseño y desarrollo, Asistente de producción y un equipo de operarios en las diferentes áreas de la planta (sin mencionar la parte administrativa ni comercial).

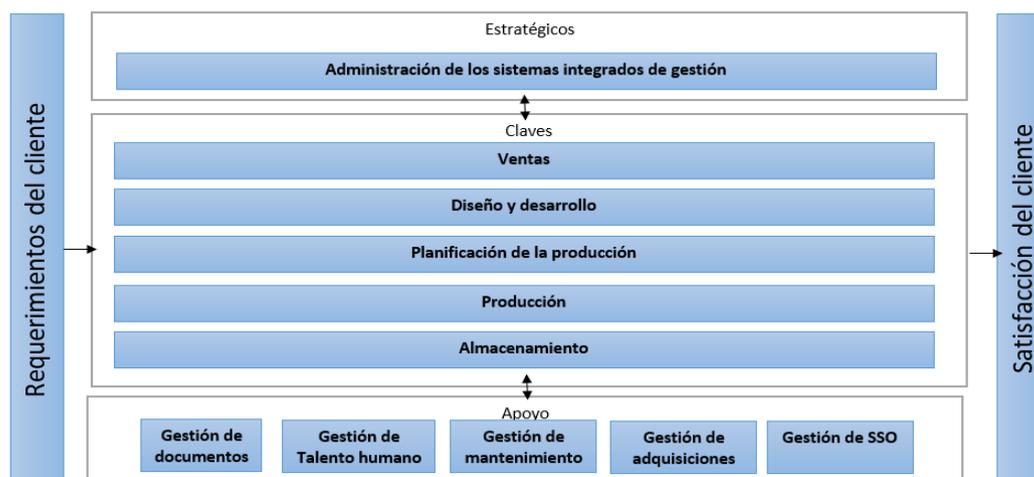


Figura 6. Mapa de procesos de la empresa

En la **Figura 6** se representa el mapa de procesos de la empresa de forma resumida, tanto sus procesos de apoyo, claves y estratégicos, sus entradas y salidas abarcando todo el proceso, partiendo de los requerimientos del cliente, pasando por los pasos para la fabricación del producto y finalizando con la satisfacción del cliente al recibir el producto terminado.

3.3.2. Líneas de producción

Esta empresa trabaja con un sistema de producción por proceso de lote es decir que los productos a elaborar fluyen hacia los centros de trabajo requeridos y se saltan los demás, flexibles para cambiar el tipo de producto o volumen, es un sistema de producción constituido alrededor del proceso para facilitar el bajo volumen y la alta variedad.

Sin embargo, este tipo de sistema tiene sus ineficiencias por cambios de set up para los diferentes productos a producir, transportes entre otros por lo cual existe una gran oportunidad de mejora.

Cuentan con 6 departamentos de producción los cuales son utilizados de acuerdo a la necesidad del proceso por el que deba pasar el producto ya que no todos los productos pasan por los mismos procesos.

Su producción se da por proyecto de acuerdo a las necesidades de sus clientes, es decir que por proyecto cambian los diseños, materiales, procesos y áreas por las que pasa el producto para su fabricación.

Las áreas en las que se divide la empresa son:

- ✓ CNC
- ✓ Metalmecánica
- ✓ Termo formado
- ✓ Impresión y Rotulado
- ✓ Pintura
- ✓ Acabado y Empaque

Cada área tiene distintos procesos de producción, detallados a continuación:

Tabla 8.
Procesos por área de empresa metalmecánica

CNC	METALMECÁNICA	IMPRESIÓN Y ROTULADO	TERMOFORMADO	PINTURA	ACABADO Y EMPAQUE
Calibración	Aplastado	Adaptación de artes	Cortado	Cambio de color	Armado
Cambio de alambre	Barolado	Calibración	Doblado	Coger fallas	Cargar
Conformado	Calibración	Cargar	Ensamblado	Colgado	Desarmado
Cuadre de pieza	Cortado alambre	Colocación Plantilla	Lijado	Descolgado	Empaque
Ordenado	Cortado tol	Cortado	Moldeado	Lavado	Encartonado
Soldado	Cortado plasma	Impresión	Recortado	Mantenimiento tina	Perforado
	Cuadrado	Lijado	Refilado	Pintado	Remachado
	Despuntado	Mantenimiento preventivo	Termo formado	Quemar gancho	
	Desbastado	Pegado	Tupi	Tamizar pintura	
	Doblado de alambre	Perforado			
	Doblado de tol	Refilado			
	Doblado de tubo	Revisión publicidad			
	Enderezado	Ruteado			
	Esmerilado	Serigrafía			
	Ordenado				
	Pulido				
	Refilado				
	Soldado				
	Taladrado				
	Tronzado				
	Troquelado				

En la **Tabla 8** se listan todos los procesos definidos por área incluyendo procesos de valor agregado y no valor agregado.

De acuerdo al plan estratégico y tomando en cuenta las condiciones financieras de lo que genera para la empresa un mayor porcentaje en sus ingresos se determina al área de metalmecánica como el área crítica de la empresa y dentro de esta al proceso de suelda, pulido, cuadrado y desbastado.

Cabe mencionar que procesos como soldado (CNC), impresión de publicidad (Impresión y Rotulado), ensamblado (Termo formado) y pintado (Pintura) también se consideran como procesos críticos dentro de la empresa pese a que no son parte de los procesos del área crítica de la empresa.

La planta cuenta con un equipo de 33 operarios los cuales se reparten por área y de acuerdo a las necesidades pueden compartirse con otras áreas de ser necesario con el objetivo de cumplir con las entregas planificadas de acuerdo a la demanda existente.

El número de operarios predeterminados por área se especifican a continuación:

Tabla 9.
Número de operarios por área

CNC	1
METALMECÁNICA	13
IMPRESIÓN Y ROTULADO	5
TERMOFORMADO	4
PINTURA	3
ACABADO Y EMPAQUE	4
TOTAL	30

Los 3 operarios restantes no mencionados, se reparten en las distintas áreas de acuerdo a las necesidades de la planta.

También cuentan con un chofer del camión el cual va a hacer las entregas de los productos fabricados en la empresa si así lo requiere el cliente.

3.3.3. Diagrama de flujo general de los procesos

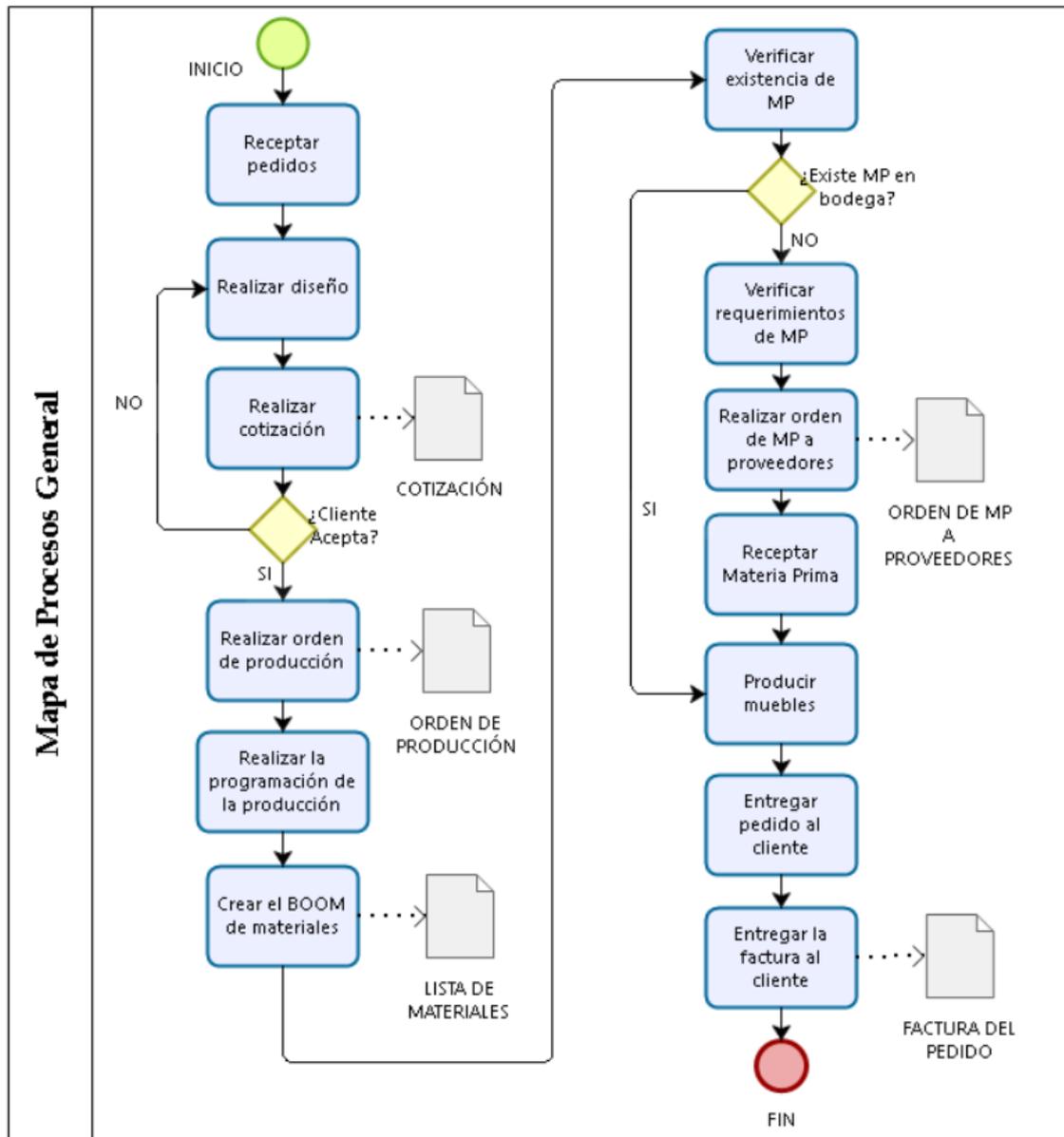


Figura 7. Diagrama de flujo general

La **Figura 7** representa el flujo general de los procesos realizados en planta desde que entra un pedido hasta su entrega y facturación al cliente.

3.3.4. Cartera de productos

Los productos fabricados por esta empresa son muebles que se clasifican de la siguiente manera:

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| ✓ Muebles de puntas de góndola | ✓ Muebles de legos plásticos |
| ✓ Muebles de piso | ✓ Ganchos |
| ✓ Muebles de mesón | ✓ Cenefas |
| ✓ Muebles de pared | ✓ Muebles check out |
| ✓ Muebles Cross | ✓ Impactos visuales |
| ✓ Muebles para columnas | ✓ Bandeja |
| ✓ Quioscos | ✓ Muebles aéreos |
| ✓ Banderolas | ✓ Especiales |
| ✓ Muebles de degustación | ✓ Publicidad |
| ✓ Corcho lateros | ✓ Reparación |

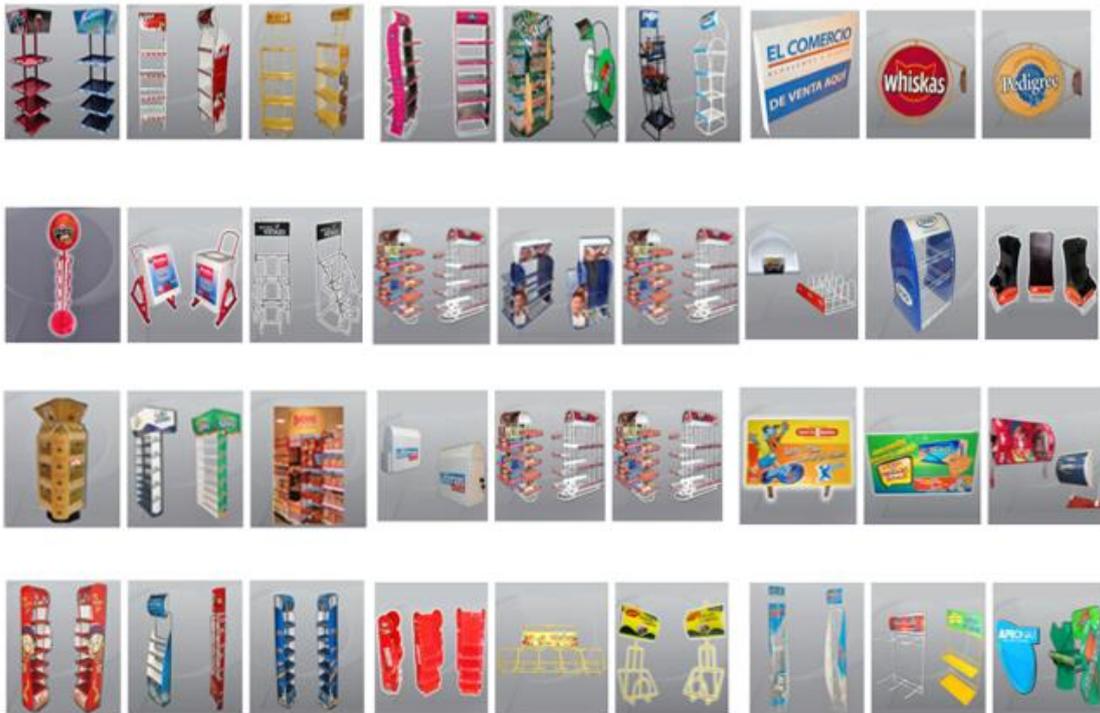


Figura 8. Cartera de productos
Tomado de: (Empresa metalmecánica. 2016)

3.3.5. Máquinas

Tabla 10.
Número de máquinas

CANTIDAD	MÁQUINA
1	Amoladora grande
3	Amoladora pequeña
1	Baroladora
2	Cabina de pintura
1	Cama Plana
1	Cizalla automática
1	Cizalla manual
1	CNC fabricación de moldes
1	Conformadora Tridimensional
1	Cortadora de alambre
1	Cortadora de plasma
1	Despuntadora de Tol
1	Despuntadora de tubos
2	Dobladora de acrílico
1	Dobladora de alambre manual
1	Dobladora de alambre manual con aplastador
1	Dobladora de alambre neumática
1	Dobladora de regletas con moto reductor
1	Dobladora de tol manual
1	Dobladora de tubos manual
1	Enderezadora de alambre
2	Esmeril de banco
2	Horno de secado
2	Impresoras
1	Láser de corte e impresión
2	Máquina de pintura
1	Máquina laminadora
1	Plegadora
1	Plotter de corte
1	Plotter de impresión
1	Refiladora de alambre automática
1	Refiladora de alambre manual
3	Remachadora de aire
2	Remachadora para tuerca
1	Router CNC
1	Ruteadora
1	Soldadora de alambre de punta a punta.
1	Soldadora de malla múltiple
7	Soldadora de punto
5	Soldadora mig
6	Taladro de mano
3	Taladro de pedestal
2	Tronzadora
1	Troqueladora
1	Tupi de banco
74	TOTAL

3.3.6. Distribución de planta

La planta se distribuye por áreas y en cada área las máquinas se agrupan de acuerdo a su tipo y función. El flujo para la fabricación de muebles por tanto no es continuo sino más bien por lotes. La distribución actual no es la adecuada puesto que al existir distancias considerables entre áreas y máquinas necesarias para los distintos procesos se genera un aumento de transportes, condiciones inseguras de trabajo, desperdicios en general y una acumulación de unidades de producción entre estas.

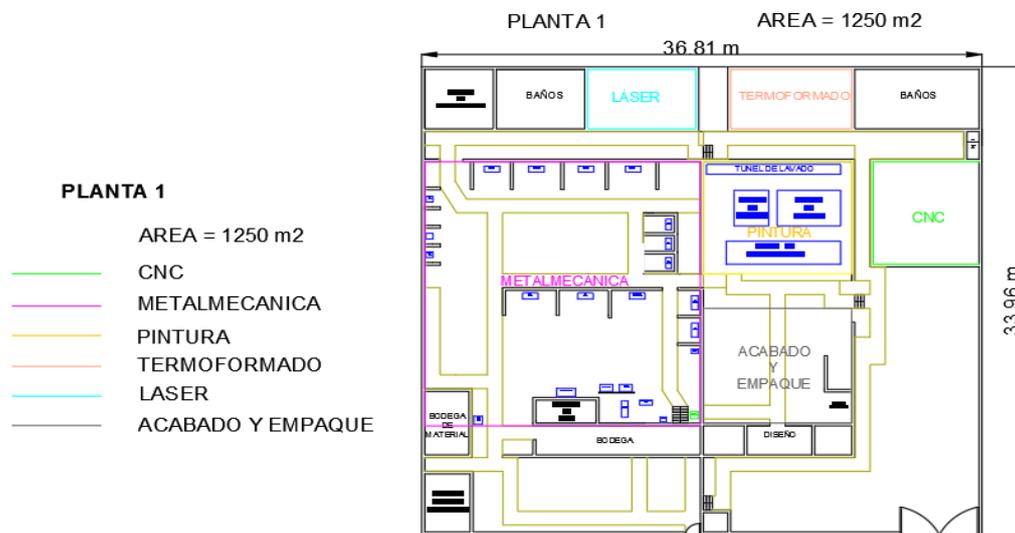


Figura 9: Distribución de Planta1
Tomado de: (Empresa metalmecánica. 2016)

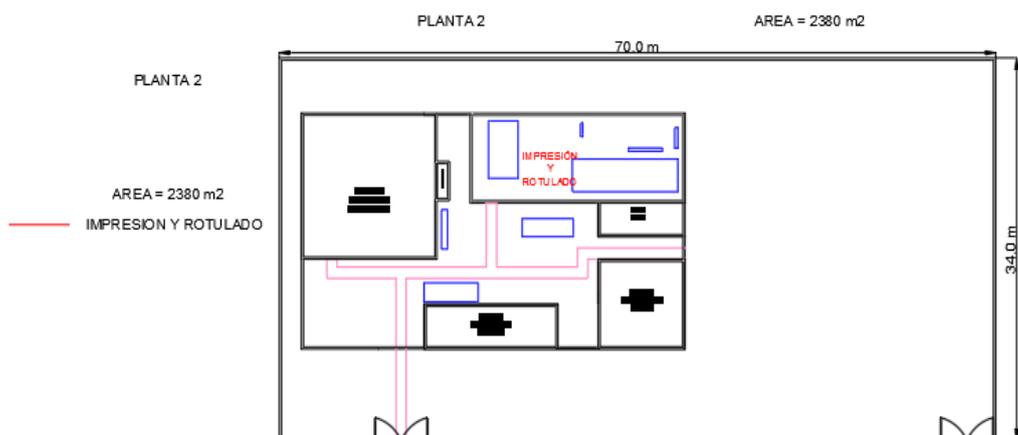


Figura 10: Distribución de Planta2
Tomado de: (Empresa metalmecánica. 2016)

3.4. Mapeado de la situación actual

El mapeado de la situación actual sirve para entender y detectar los problemas existentes en la planta en estudio, las causas de las demoras en las entregas de sus productos y la disminución de la rentabilidad de la empresa.

Constituye la base para encontrar las más apropiadas mejoras, la disminución de desperdicios y la mejora de la productividad de la empresa.

El apoyo por parte de Gerencia, el trabajo en equipo y el liderazgo demostrado por los encargados del mapeo se considera fundamental para el éxito del proyecto tanto para determinar la realidad actual, así como los objetivos a los que se deben llegar y la implementación de las herramientas para la mejora futura.

El mapeado de la situación actual sigue los siguientes pasos para su adecuada realización:

1. Seleccionar el producto o familia de productos.
2. Recolectar información sobre el cliente, proveedor y relativa a la empresa.
3. Identificación del flujo de materiales e información del producto seleccionado.
4. Realizar el cálculo del takt time.
5. Realizar el estudio de tiempos y movimientos: Tomar tiempos de ciclo, distancias recorridas, inventarios, personal encargado y otra información requerida.
6. Diagramar el VSM Actual.

3.4.1. Selección del producto o familia de productos

Para la selección del producto o familia de productos se realizó un listado de todos los productos y procesos realizados en la empresa y se identificó a cada producto con el o los procesos por los que debe pasar para su fabricación como se puede observar en la **Tabla 11**.

Una vez identificado esto se procedió a agrupar los productos en familias similares de acuerdo a la similitud de procesos por los que pasan como se observa en la **Tabla 12**, por medio de la cual se determina a la familia 2 que corresponde a los muebles de pared para el estudio, por ser la familia de productos que pasa por todas las áreas y la mayoría de procesos.

Por la extensión de productos de este tipo se decidió tomar de la familia 2 seleccionada a un producto representativo “mueble rejas multi-producto”, el cual según la empresa aparte de ser el más adecuado para representar completamente el flujo de materiales y procedimientos en toda la cadena de valor es el más importante económicamente para la misma por su alto volumen y ventas.

3.4.2. Requisitos del cliente

La empresa no cuenta con un solo cliente sino con varios, cada cliente para realizar un pedido lo hace vía e-mail por medio de una orden de compra la cual se genera por proyecto.

Para este caso la demanda es la cantidad de muebles pedidos por el cliente para su fabricación, el promedio mensual para el año 2016 entre (enero-julio) es 2000 muebles mensuales de una orden de 7000 muebles en total.

Cada cliente proporciona diferentes horarios de entrega, en el caso de los muebles en estudio el único requerimiento del cliente es que se planifiquen las entregas con 3 días de anticipación.

Los muebles son enviados en cajas, la empresa cuenta con dos tamaños de cajas predeterminados. En cada caja entran 4 de los muebles en estudio, se debe entregar una cantidad de 500 muebles semanales, por lo que se envían en camión 125 cajas.

3.4.3. Requisitos del proveedor

La empresa tiene varios proveedores de acuerdo al material necesitado, es decir un proveedor de alambre, tol, tubo, poliestireno, acrílico o cualquier otro material necesario para producción.

Se ordena cada vez que entra una nueva orden y se dividen los pedidos de acuerdo al volumen de producción, en el caso de “mueble rejas multi-producto”, al ser una producción grande se dividen los pedidos de material entre dos y tres pedidos.

El proveedor entrega el material requerido tres días laborables después del pedido.

3.4.4. Tiempo de trabajo disponible

- ✓ Se trabaja de lunes a viernes
- ✓ Un turno diario
- ✓ Cada turno es de 9 horas, extras autorizadas de ser necesario
- ✓ Los tiempos de descanso por cada turno son de 70 minutos, estos son los descansos de mañana, tarde y hora de almuerzo.
- ✓ Los procesos se detienen durante las pausas por las características de los mismos.

3.4.5. Funciones del departamento producción

El cliente mediante una orden de compra enviada vía email informa el tipo y cantidad de muebles requeridos, de acuerdo a estos requerimientos se realiza el diseño, se fabrica una muestra y se genera la cotización respectiva la cual debe ser aceptada por el cliente.

Una vez aceptada la cotización se realiza la prueba de color de la publicidad que va a ir en el mueble, nuevamente debe ser aceptada por el cliente.

Se genera una hoja de materiales necesarios para la producción y se solicita el material al proveedor, de acuerdo al volumen de producción se pide material para toda la orden o se divide por entregas.

Se generan códigos de la orden a producirse mediante un sistema tipo ERP, estos códigos permiten el registro del personal de planta en las distintas actividades a realizar.

El programa de producción se genera semanalmente en este se van agregando los nuevos proyectos que van entrando a producción.

3.4.6. Diagrama de flujo del “mueble rejas multi-producto”

Para poder entender el flujo del mueble en estudio fue necesario la diagramación de un mapa de procesos el cual se encuentra representado en la **Figura 11**, la cual representa los procesos separados por áreas y en el orden de la producción.

El “mueble rejas multi-producto” pasa por todas las áreas de la empresa empezando por el área de CNC en donde después de recibir la materia prima que en este caso son rollos de alambre se procede a conformar las piezas las cuales se unen mediante el soldado, paralelamente a esto en el área de METALMECÁNICA después de recibir panchas de tol y alambre se procede a su cortado, aplastado y doblado, así como se realiza el soldado, refilado y doblado de las mallas.

Todos estos procesos previos son necesarios para obtener la materia prima necesaria para el soldado completo, pulido y cuadrado del mueble con lo que se concluyen las actividades en el área y se procede a realizar el pintado del mueble en el área de PINTURA.

Paralelamente se realizan los procesos de impresión, cortado y refilado de publicidad en el área de IMPRESIÓN Y ROTULADO así como actividades de cortado, recortado, refilado, doblado de poliestireno y ensamblado de bandejas para que ambos productos finales pasen a ser materia prima para el ensamblado del mueble completo en el área de TERMO FORMADO, en el cual se realiza el proceso final en el que se pegan las publicidades y los elementos faltantes del mueble concluyendo con su empaçado y encartonado en el área de ACABADO Y EMPAQUE.

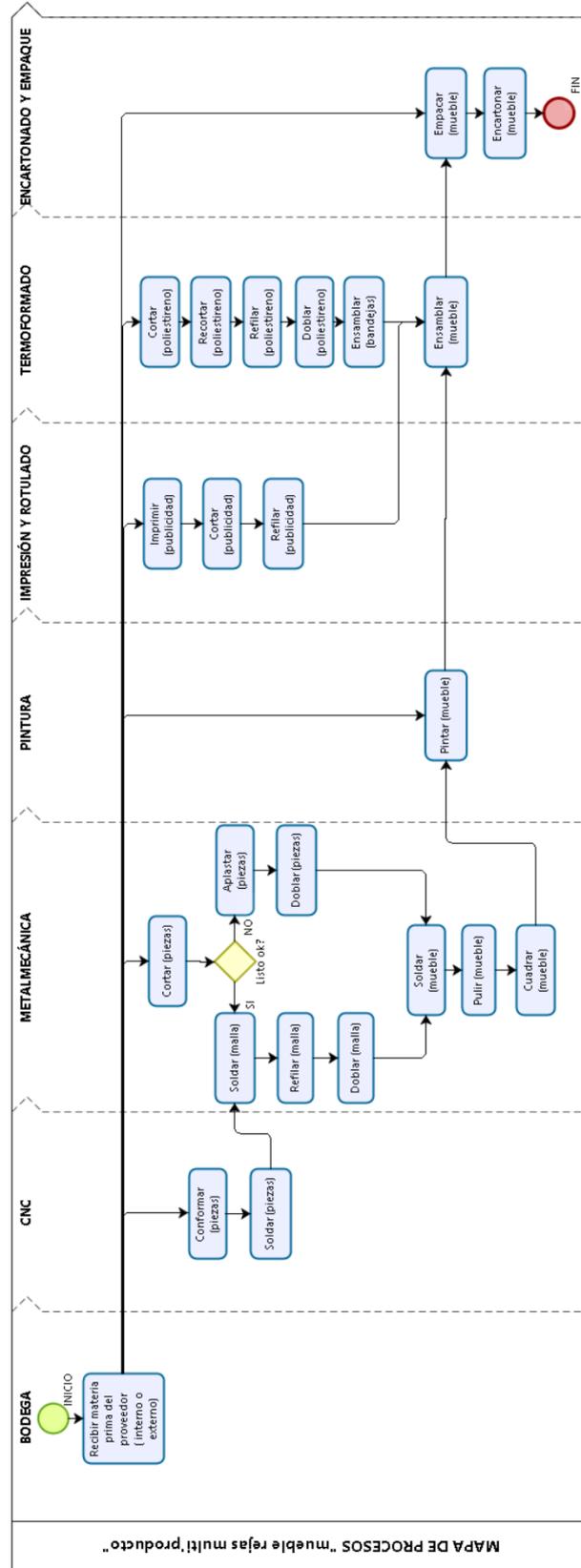


Figura 11. Diagrama de flujo del “mueble rejas multi-producto”

3.4.7. Lista de procesos del producto de estudio

De acuerdo al diagrama de flujo general del “mueble rejas multi-producto” se procede a enlistar de manera más detallada los procesos por área.

Tabla 13.
Procesos del “mueble rejas multi-producto”

No.	Área	Proceso
1	Cnc	Conformado (piezas)
2		Soldado (piezas)
3	Metalmeccánica	Cortado de tol
4		Doblado de tol
5		Aplastado de tol
6		Cortado de alambre
7		Soldado de alambre
8		Soldado de mallas
9		Refilado de mallas
10		Doblado de mallas
11		Soldado de mueble completo
12		Soldado de rotulo
13		Pulido 1
14		Soldado de soportes
15		Soldado de perfiles
16		Soldado de mallas
17		Pulido 2
18	Cuadrado	
19	Pintura	Colgar
20		Pintar
21		Descolgar
22	Termoformado	Cortado
23		Recortado
24		Refilado
25		Doblado
26		Ensamblado de bandejas
27		Ensamblado mueble completo
28	Impresión y rotulado	Impresión (publicidad)
29		Cortado (publicidad)
30		Refilado (publicidad)
31	Acabado y Empaque	Empacado
32		Encartonado

3.4.8. Descripción de los procesos de producción

Se procede a dar una breve descripción de cada uno de los procesos mencionados en la **Tabla 13** con lo cual se pretende entender las actividades realizadas en cada área y cada proceso y la forma en la que se relacionan los unos con los otros.

3.4.8.1. CNC

El área de CNC es el área con menor espacio físico de la planta. Los procesos realizados en el área se describen a continuación, ambos son realizados por el mismo operario.

Tabla 14.
Máquinas en CNC

CANTIDAD	MÁQUINA
1	Conformadora Tridimensional
1	Soldadora de alambre de punta a punta
2	TOTAL

- ✓ **Conformado:** Es un proceso realizado de manera automática después de su programación en la maquina CNC de alambre, la cual tiene la función de cortar el alambre o darle forma de acuerdo al diseño requerido.

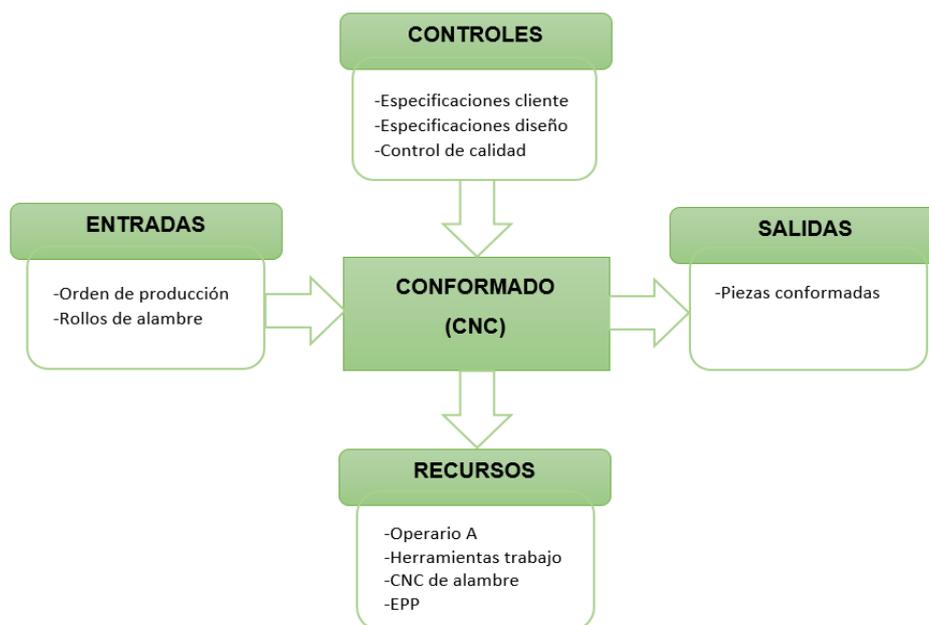


Figura 12. Caracterización del proceso de conformado

- ✓ **Soldado de punta a punta:** Es un proceso semiautomático que consiste en soldar los alambres anteriormente conformados mediante la soldadora de punta a punta para ser posteriormente usados en los siguientes procesos de fabricación.

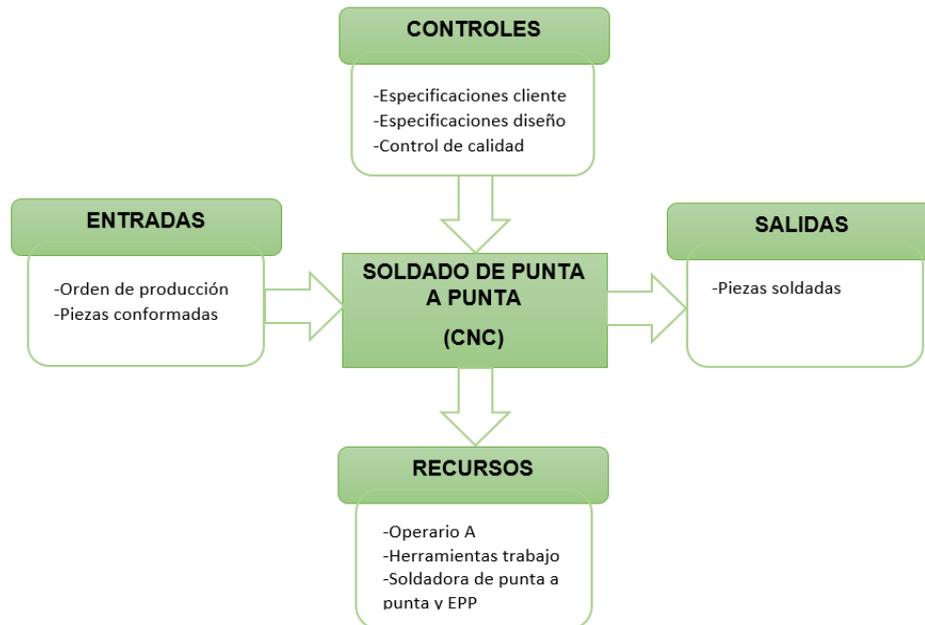


Figura 13. Caracterización del proceso de soldado

3.4.8.2. Metalmecánica

El área de metalmecánica es el área más grande de la planta, contiene el mayor número de máquinas y herramientas, es considerada crítica por ser en donde se generan la mayor parte de los productos y por tanto la mayor parte de ingresos de la empresa.

Los procesos por los que pasa el mueble en estudio se describen a continuación, el área cuenta con 13 operarios que se reparten de acuerdo a la planificación de la producción.

Para la elaboración del “mueble rejas multi-producto” se utiliza actualmente a 12 operarios de los 13 determinados para el área.

Tabla 15.
Máquinas en Metalmecánica

CANTIDAD	MÁQUINA
1	Amoladora grande
3	Amoladora pequeña
1	Baroladora
1	Cizalla automática
1	Cizalla manual
1	Cortadora de alambre
1	Cortadora de plasma
1	Despuntadora de Tol
1	Despuntadora de tubos
1	Dobladora de alambre manual
1	Dobladora de alambre manual con aplastador
1	Dobladora de alambre neumática
1	Dobladora de regletas con moto reductor
1	Dobladora de tol manual
1	Dobladora de tubos manual
1	Enderezadora de alambre
2	Esmeril de banco
1	Plegadora
1	Refiladora de alambre automática
1	Refiladora de alambre manual
5	Soldadora mig
1	Soldadora de malla múltiple
7	Soldadora de punto
6	Taladro de mano
3	Taladro de pedestal
2	Tronzadora
1	Troqueladora
48	TOTAL

- ✓ **Cortado de tol:** Es un proceso semiautomático realizado por la cizalla manual y automática las cuales cortan el tol de acuerdo a las medidas requeridas expresadas en el diseño y de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Las salidas en el caso del mueble de estudio se dividen en perfiles y soportes de acuerdo a su forma, tamaño y los procesos por los que pasan posteriormente

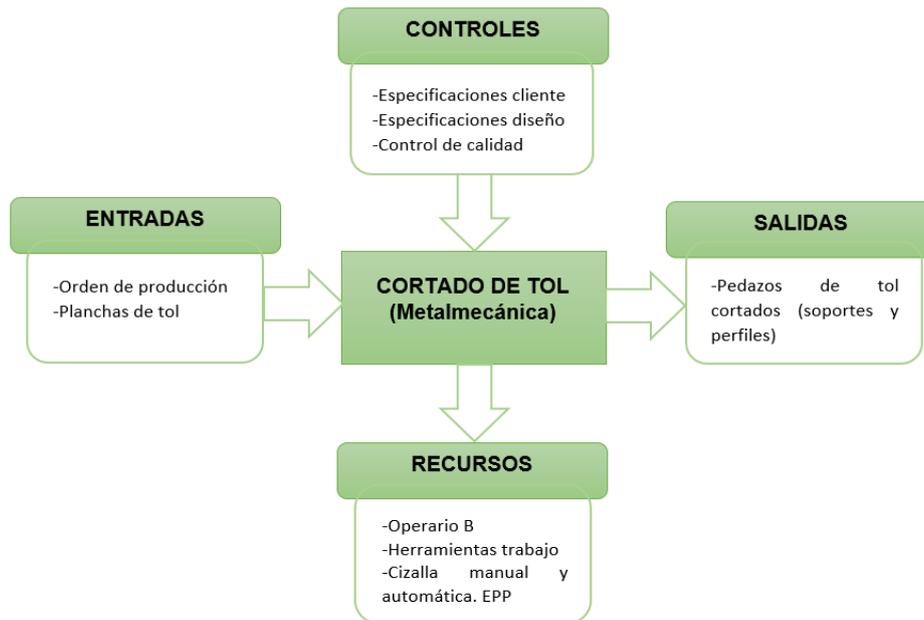


Figura 14. Caracterización del proceso de corte de tol

- ✓ **Doblado:** Consiste en utilizar la dobladora de tol manual para dar el ángulo requerido al tol (perfiles) que fue cortado con anterioridad de acuerdo al diseño del mueble.

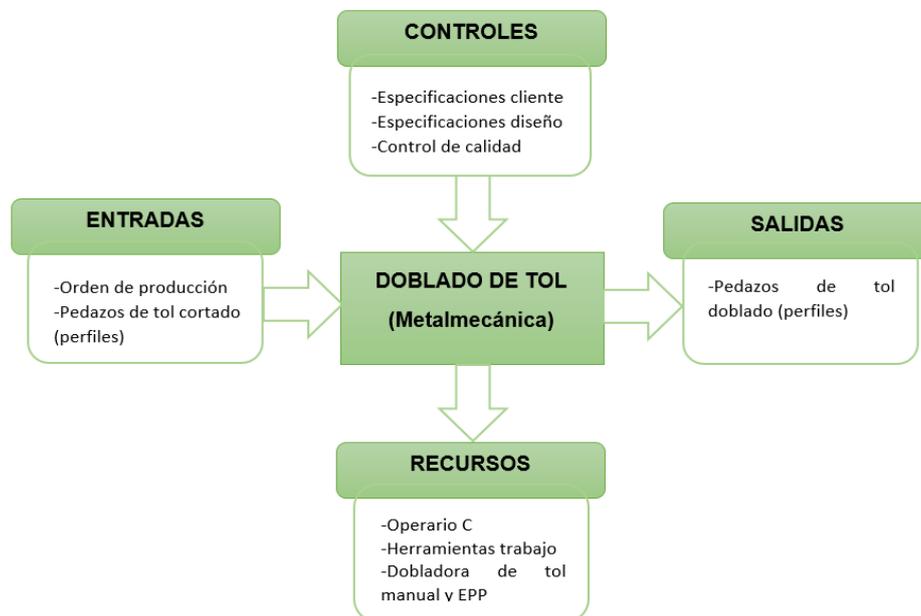


Figura 15. Caracterización del proceso de doblado de tol

- ✓ **Aplastado:** Es el proceso en el cual se utiliza la plegadora para aplastar el tol doblado y crear un ángulo más cerrado.

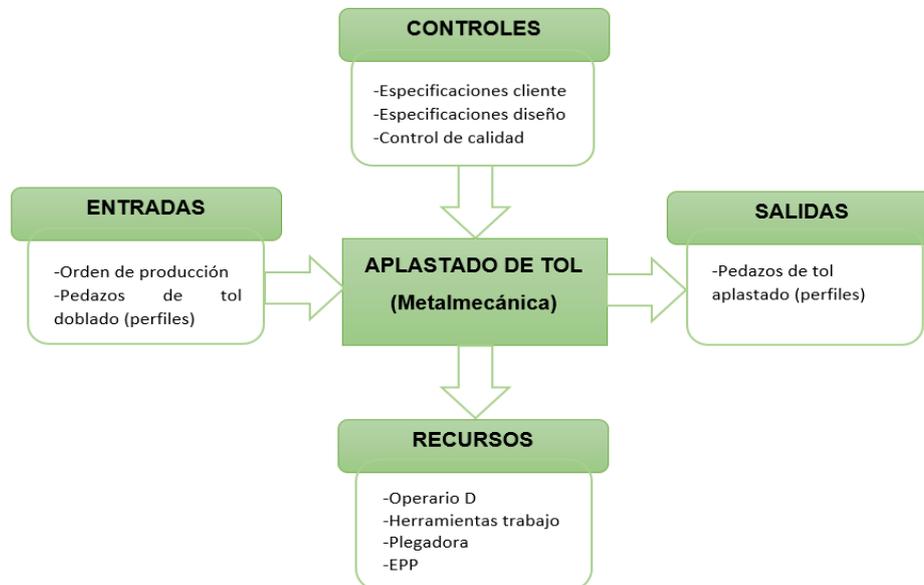


Figura 16. Caracterización del proceso de aplastado de tol

- ✓ **Cortado de alambre:** Es un proceso semiautomático realizado en la cortadora de alambre, consiste en cortar alambres según la longitud requerida para la fabricación de las partes que componen algunos productos de la empresa.

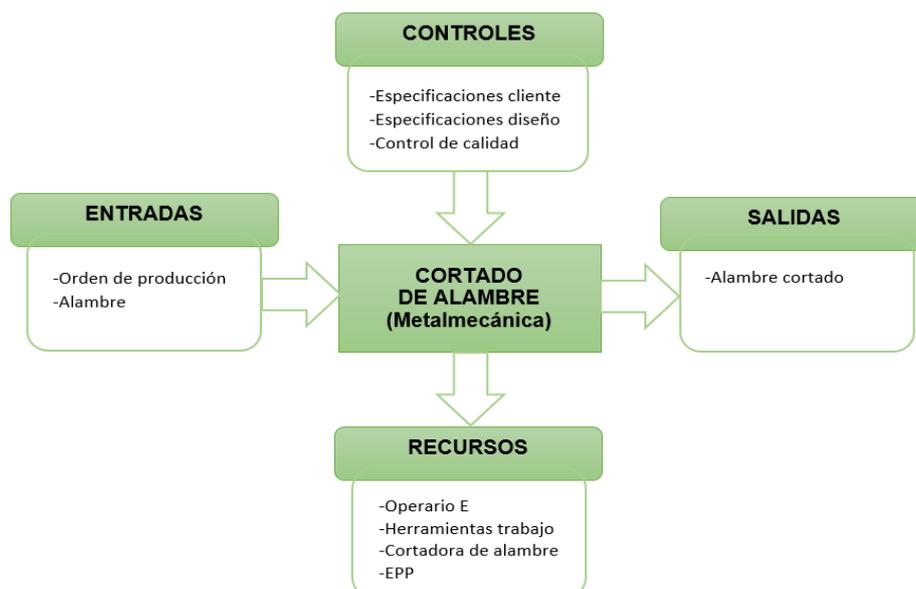


Figura 17. Caracterización del proceso de cortado de alambre

- ✓ **Soldado de alambre:** Es el proceso que utiliza la suelda de punto para unir las piezas cortadas y formar otros elementos para su posterior uso.

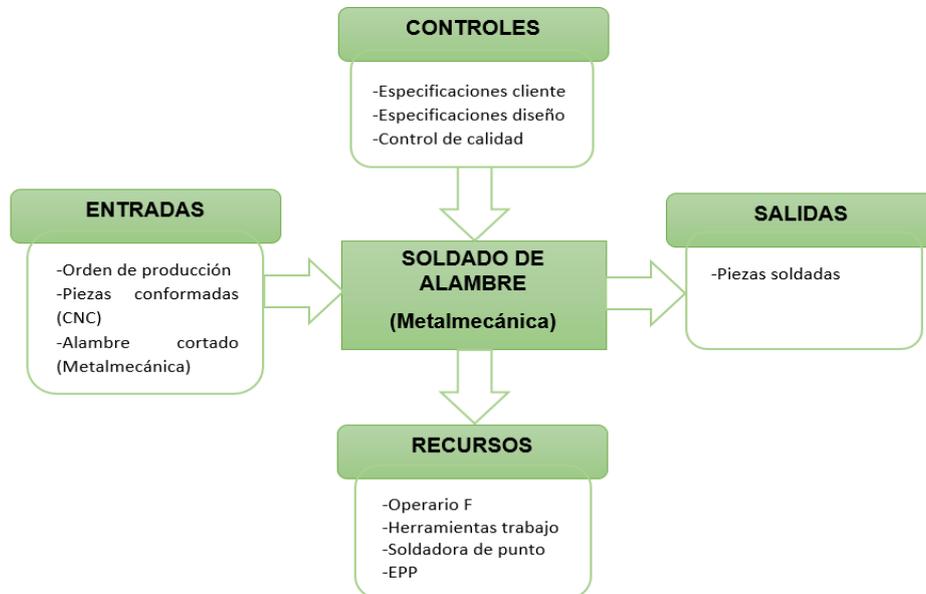


Figura 18. Caracterización del proceso soldado de alambre

- ✓ **Soldado de malla:** Consiste en colocar las piezas que conforman la malla a soldar en una matriz y proceder a soldar en la suelda de malla múltiple.

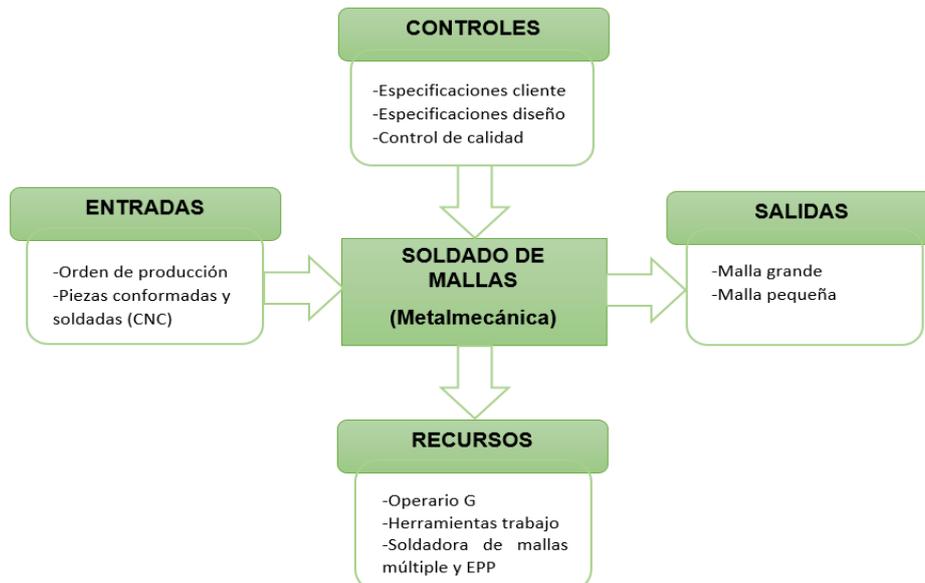


Figura 19. Caracterización del proceso de soldado de mallas

- ✓ **Refilado de malla:** Consiste en utilizar la refiladora automática para cortar el excedente de alambre que queda al soldar las mallas en este caso o cualquier otro elemento en general.

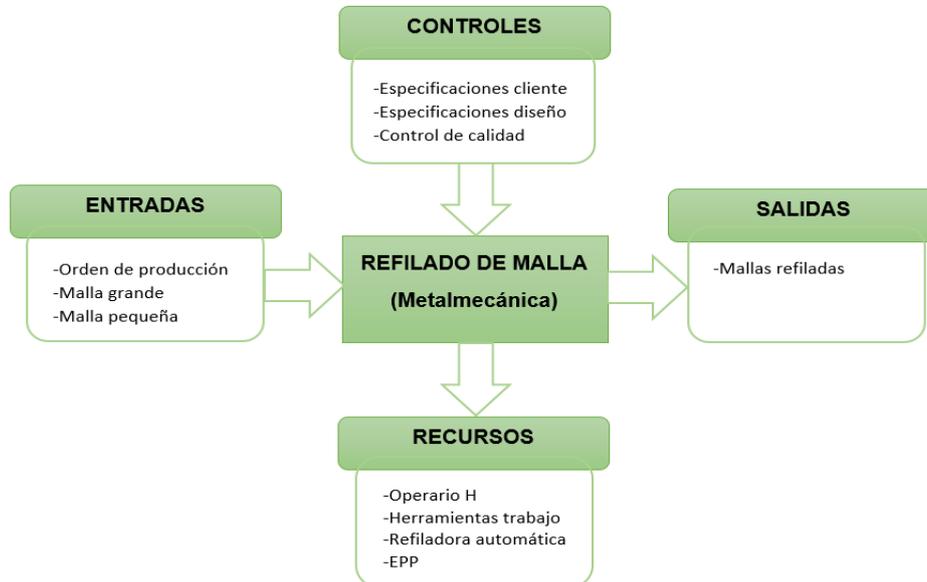


Figura 20. Caracterización del proceso de refilado de malla

- ✓ **Doblado de malla:** Las mallas deben ser dobladas para tomar su forma final y ser ensambladas al mueble, es por esto que deben pasar por el proceso de doblado de malla realizado con la dobladora neumática.

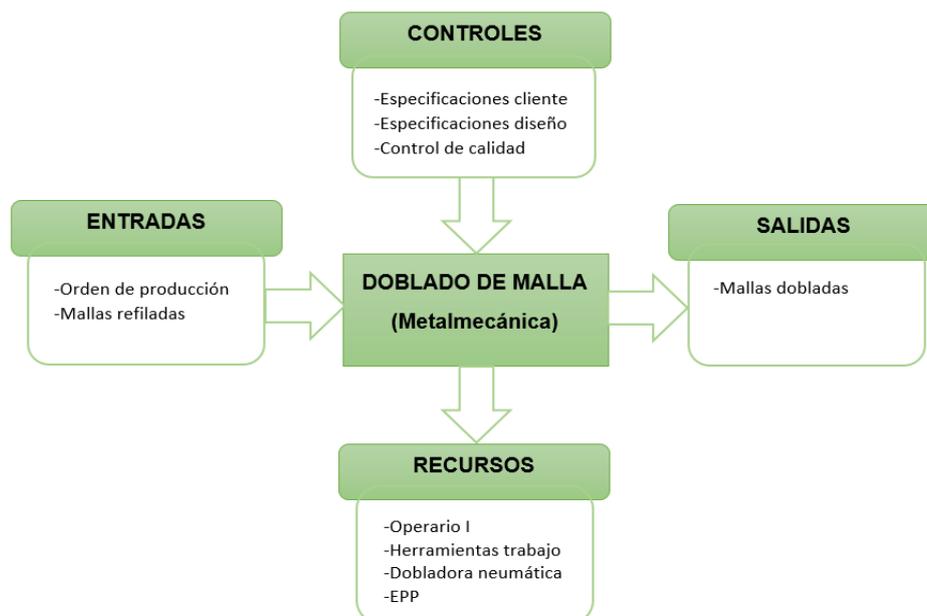


Figura 21. Caracterización del proceso de doblado de malla

- ✓ **Soldado de mueble:** Es el proceso en el cual mediante una matriz se colocan todas las piezas fabricadas en procesos anteriores para darle la forma al mueble, para el proceso en el caso del mueble en estudio el soldado se constituye de varios pasos pasando por la suelda de punto donde se suelda primeramente la estructura del mueble para seguidamente soldar en la misma máquina los toles (soportes) y finalmente con ayuda de la soldadora mig soldar los toles (perfiles) y las mallas.

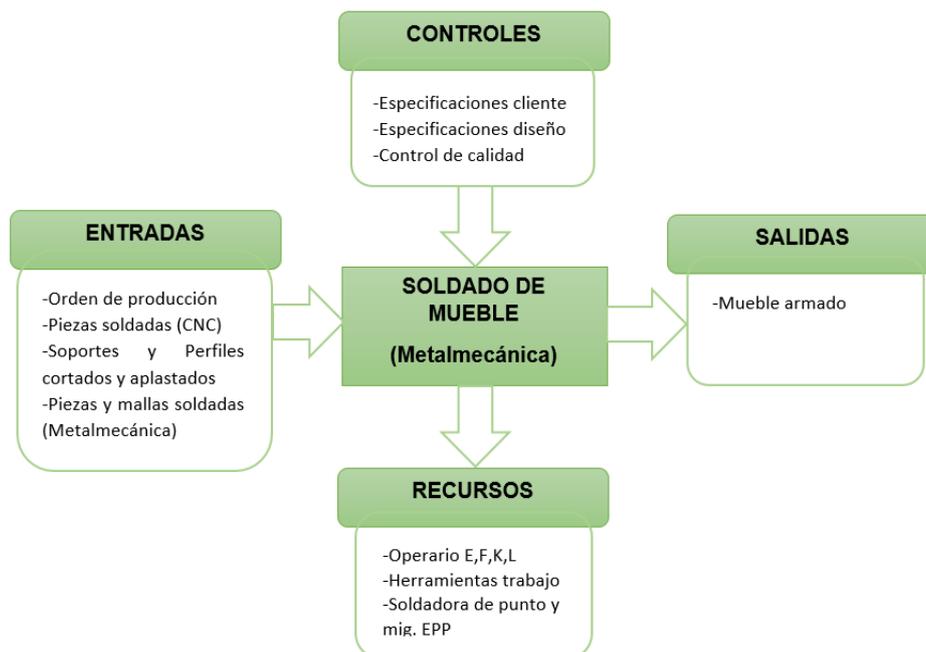


Figura 22. Caracterización del proceso de soldado de mueble

- ✓ **Pulido de mueble:** El pulido es un proceso realizado mediante una amoladora cuyo objetivo es dejar el mueble sin relieves por las sueldas y dejar la superficie lo más lisa posible. En el caso del mueble en estudio se realizan dos pulidos, uno a la estructura sin ningún otro componente y al mueble completo.

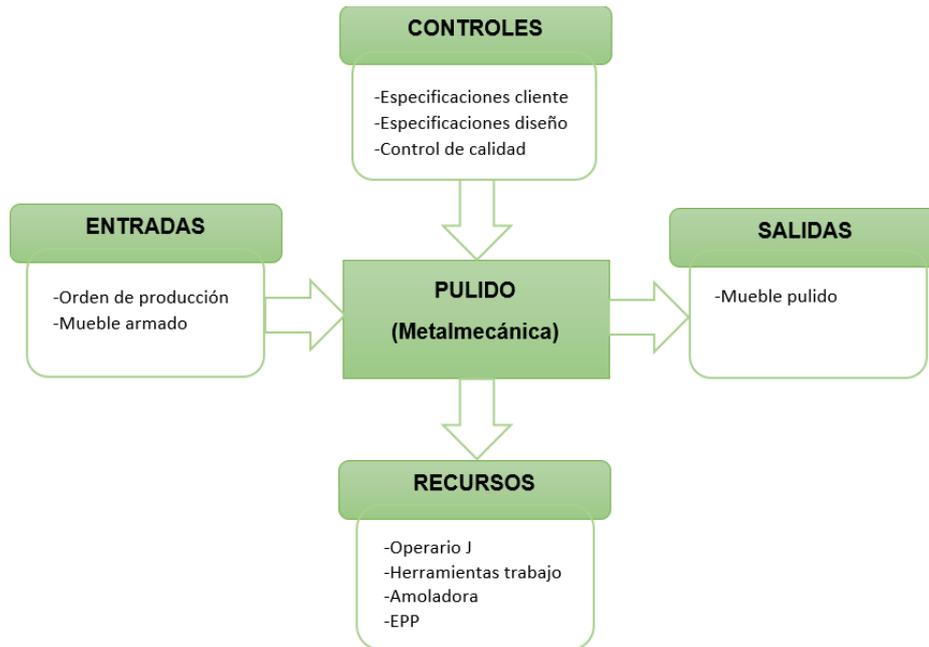


Figura 23. Caracterización del proceso del pulido

- ✓ **Cuadrado de mueble:** El proceso de cuadro de mueble es un proceso completamente manual el cual consiste en el cuadro del exhibidor procurando que se asiente bien en la superficie, que no tambalee, que todas las piezas estén bien ubicadas, en sí podría ser considerado el único punto de control existente.

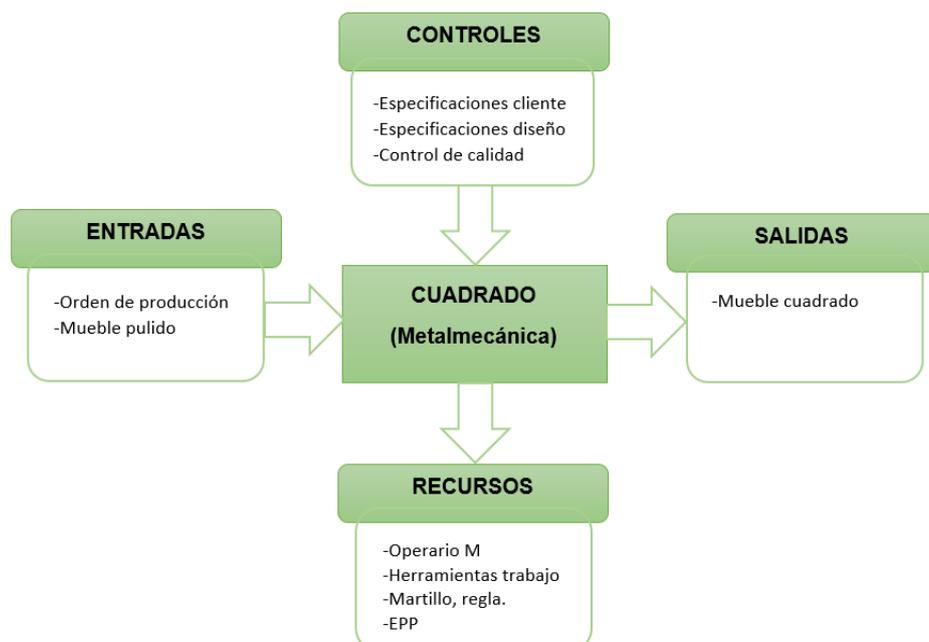


Figura 24. Caracterización del proceso de cuadrado

3.4.8.3. Pintura

El área de pintura une el área de metalmecánica con el de acabado y empaque. La mayoría de productos fabricados por la empresa pasan por este proceso. La cabina de secado ha sufrido varias fallas y generado retrasos en la producción y por tanto retrasos en la entrega a tiempo de los productos a los clientes.

Tabla 16.
Máquinas en Pintura

CANTIDAD	MÁQUINA
2	Cabina de pintura
2	Horno de secado
4	TOTAL

- ✓ **Pintado de mueble:** El mueble pulido y cuadrado pasa por la cabina de pintura y horno por donde el mueble es pintado y secado. Previamente al pintado el mueble debe ser inspeccionado y limpiado para evitar que basura se quede en él y afecte a la calidad del pintado.

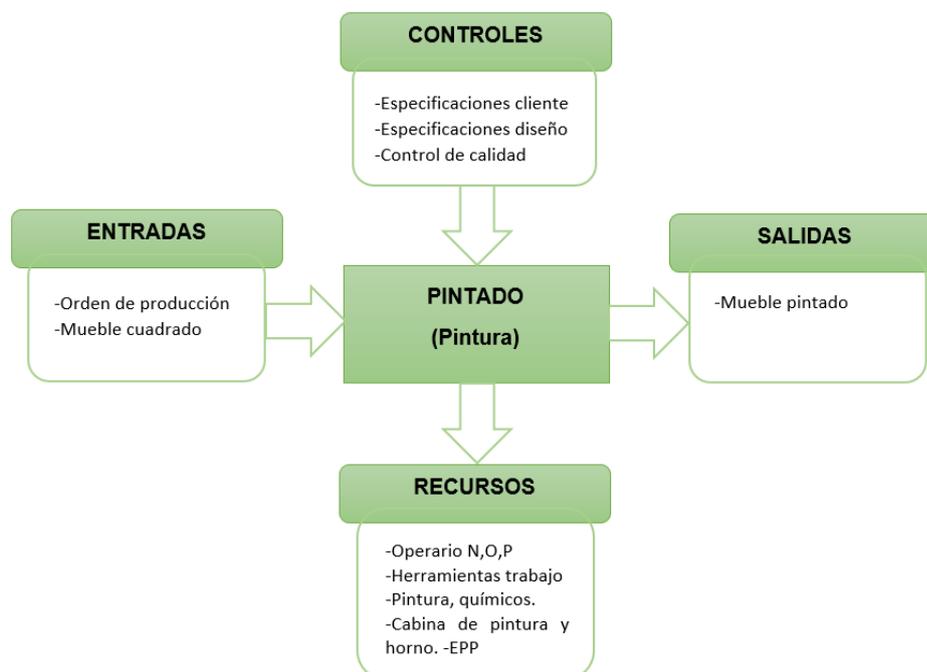


Figura 25. Caracterización del proceso de pintado

3.4.8.4. Impresión y Rotulado

El área de impresión y rotulado está completamente separado del resto de áreas, cuenta con 5 operarios y en este se realizan específicamente la impresión y preparación de las publicidades para los muebles.

Tabla 17.
Máquinas en Impresión y Rotulado

CANTIDAD	MÁQUINA
1	Cama Plana
1	CNC fabricación de moldes
2	Impresoras
1	Máquina laminadora
1	Plotter de corte
1	Plotter de impresión
1	Router CNC
1	Ruteadora
9	TOTAL

- ✓ **Impresión de publicidad:** Este proceso se realiza mediante dos tipos de impresoras de acuerdo al material usado para la impresión.

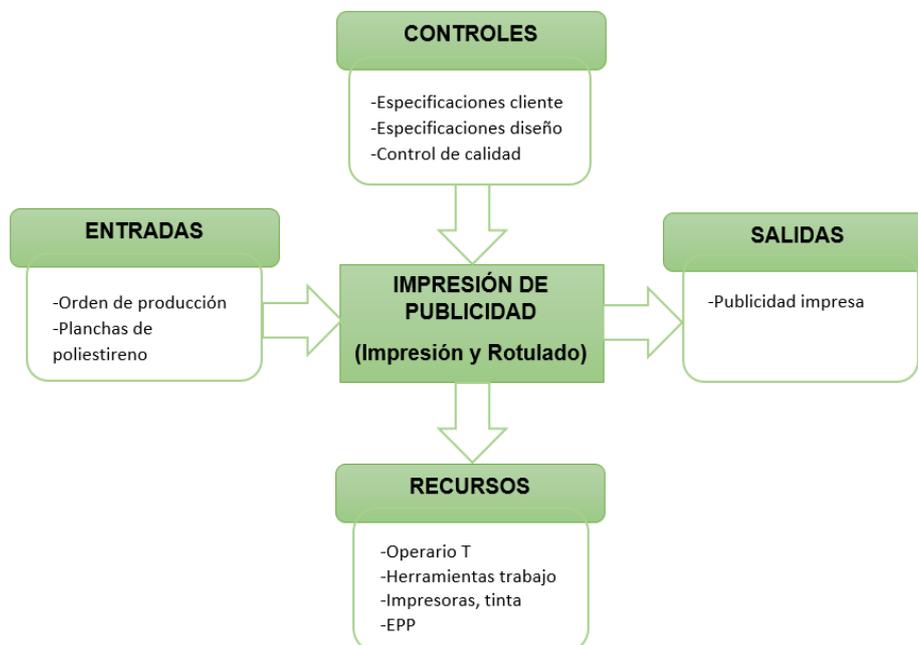


Figura 26. Caracterización del proceso impresión publicidad

- ✓ **Cortado de publicidad:** Es un proceso manual donde cortan la publicidad por medio de estiletos u otras herramientas de corte.

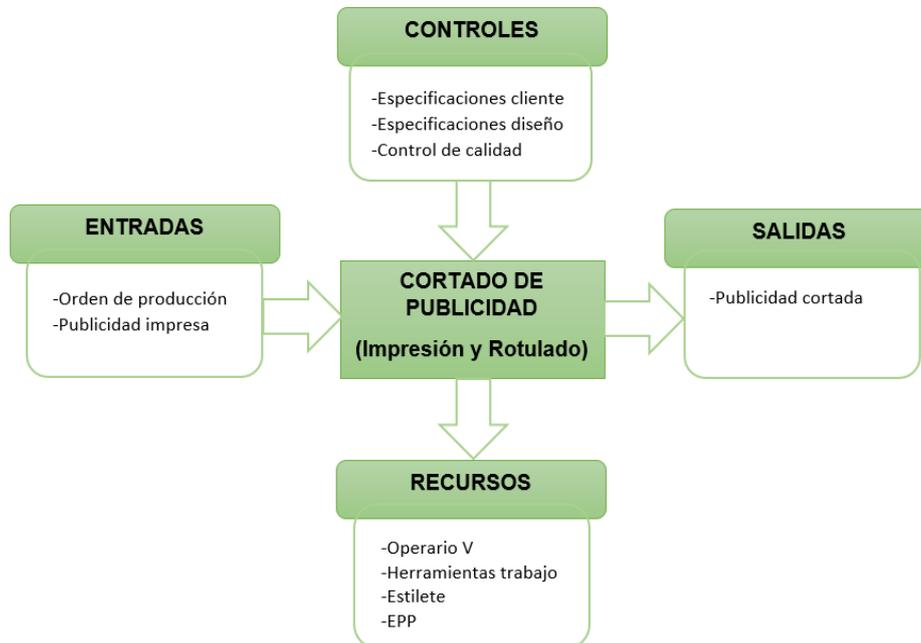


Figura 27. Caracterización del proceso cortado de publicidad

- ✓ **Refilado de publicidad:** Es un proceso manual el cual consiste en quitar los excesos que deja el corte para dejar el rededor de la publicidad lisa manteniendo la seguridad y calidad de la misma.

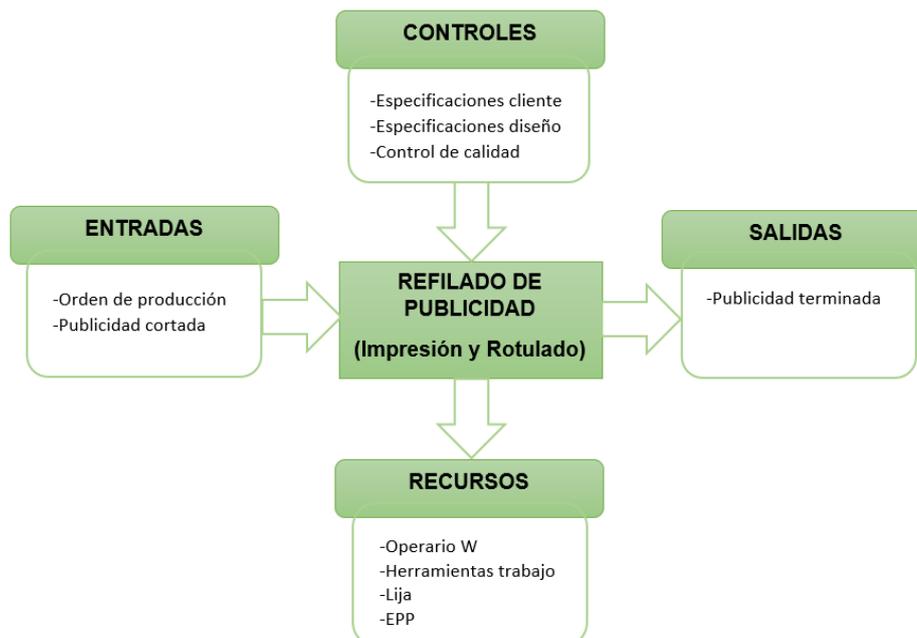


Figura 28. Caracterización del proceso refilado de publicidad

3.4.8.5. Termo formado

El área de termo formado está ubicada paralelo al área de metalmecánica y pintura, es el área donde más actividades manuales se realizan, trabajan 6 operarios y los procesos realizados en este se describen a continuación.

Tabla 18.
Máquinas en Termo formado

CANTIDAD	MÁQUINA
2	Dobladora de acrílico
1	Láser de corte e impresión
1	Tupi de banco
4	TOTAL

- ✓ **Cortado de poliestireno:** Este proceso se realiza en la cizalla manual ubicada en el área de metalmecánica a falta de una máquina en el área y este proceso permite obtener pedazos de poliestireno de acuerdo a las medidas del diseño.

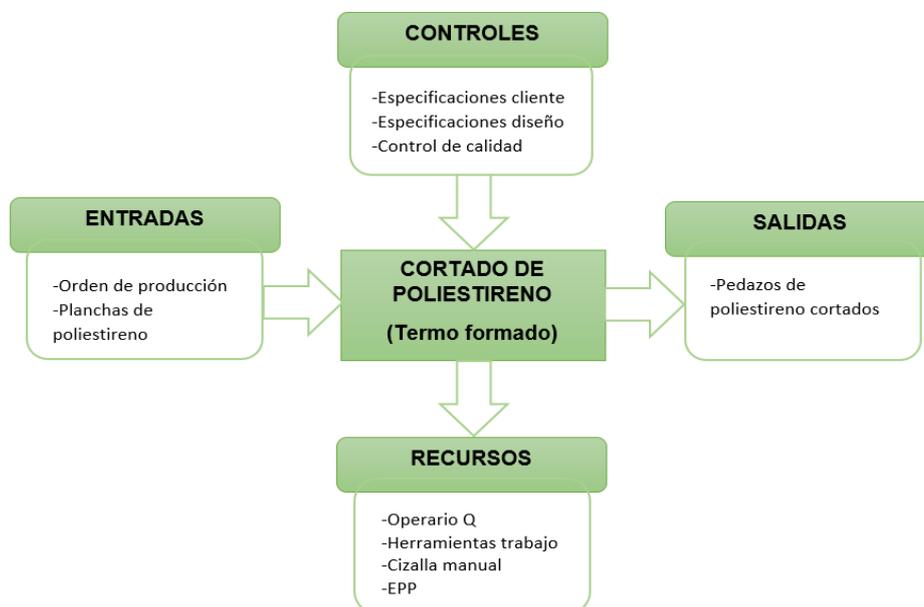


Figura 29. Caracterización del proceso cortado poliestireno

- ✓ **Recortado de poliestireno:** Permite cortar de manera más precisa en una cizalla los pedazos dejándolos en la medida exacta.

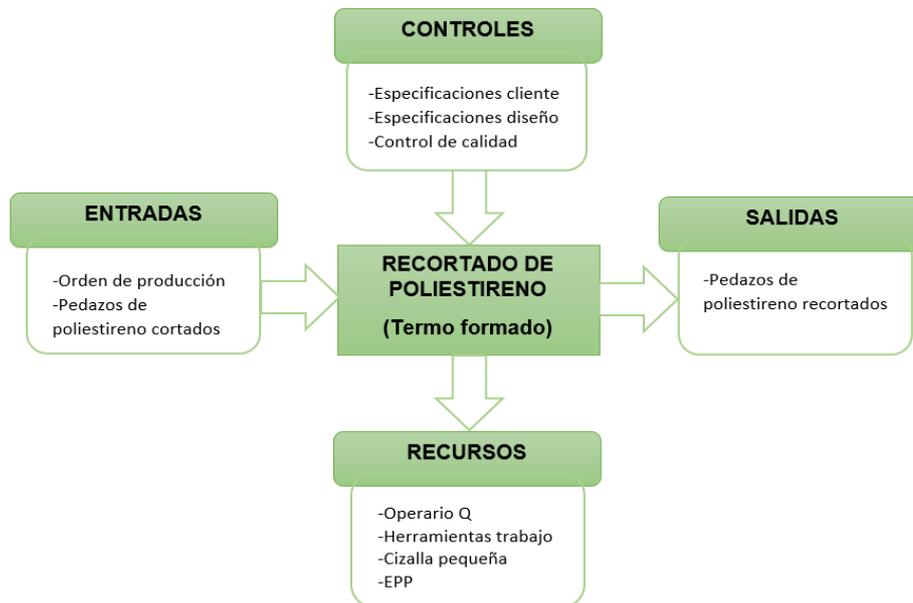


Figura 30. Caracterización del proceso recortado poliestireno

- ✓ **Refilado de poliestireno:** Es un proceso manual en donde mediante una lija y estilete dejan el rededor del poliestireno liso y listo para los siguientes procesos de producción.

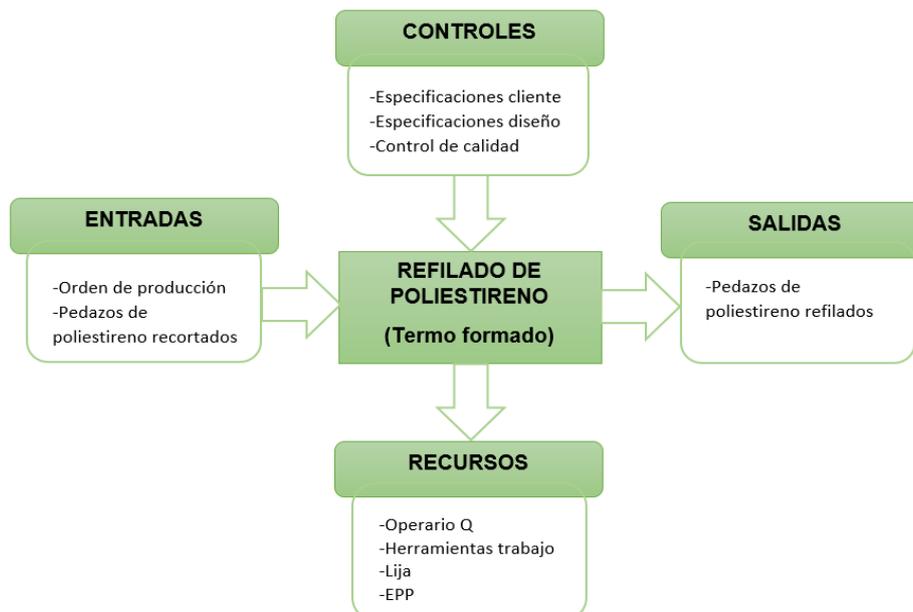


Figura 31. Caracterización del proceso refilado poliestireno

- ✓ **Doblado de bandejas:** Es un proceso el cual mediante la dobladora de acrílico que trabaja a base de calor da la forma de bandeja a las piezas de poliestireno previamente refiladas.

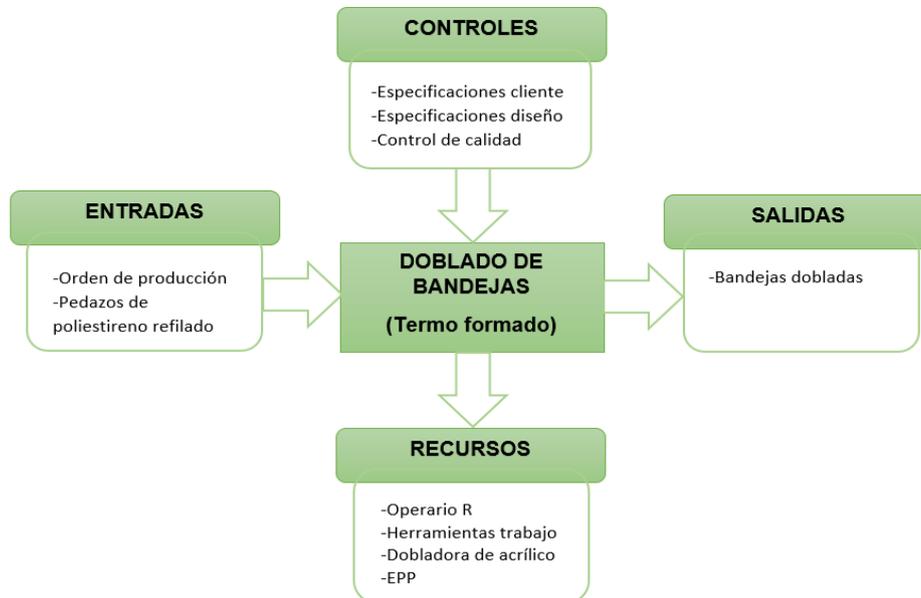


Figura 32. Caracterización del proceso doblado de bandejas

- ✓ **Ensamblado de bandejas:** Es un proceso manual que consiste en el armado de las bandejas mediante químicos que permiten pegar los lados que fueron doblados y darle forma a la bandeja.

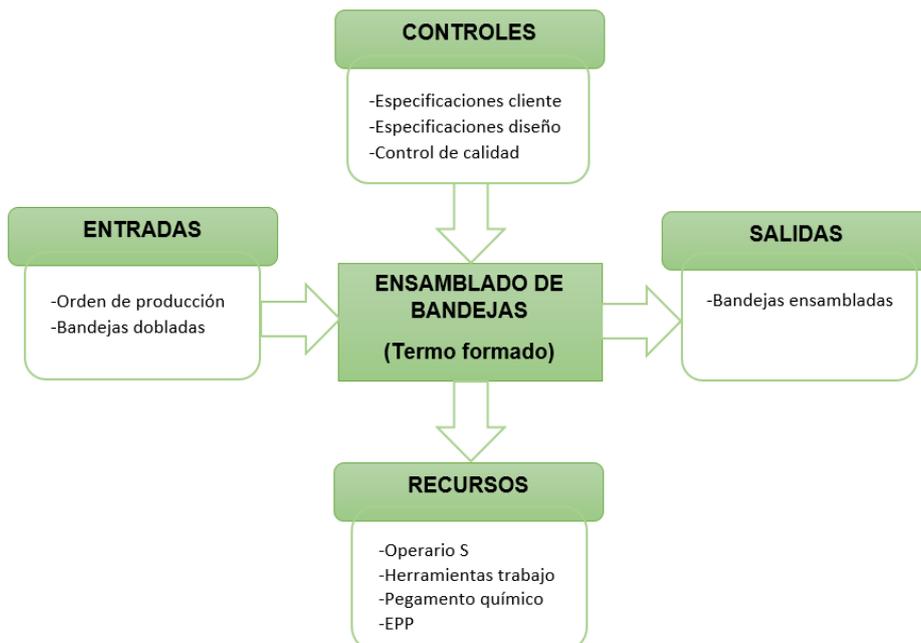


Figura 33. Caracterización del proceso ensamblado bandejas

- ✓ **Ensamblado de mueble:** Es un proceso manual que con un pegamento especial permite pegar al mueble pintado todas las partes restantes que son las bandejas y las publicidades.

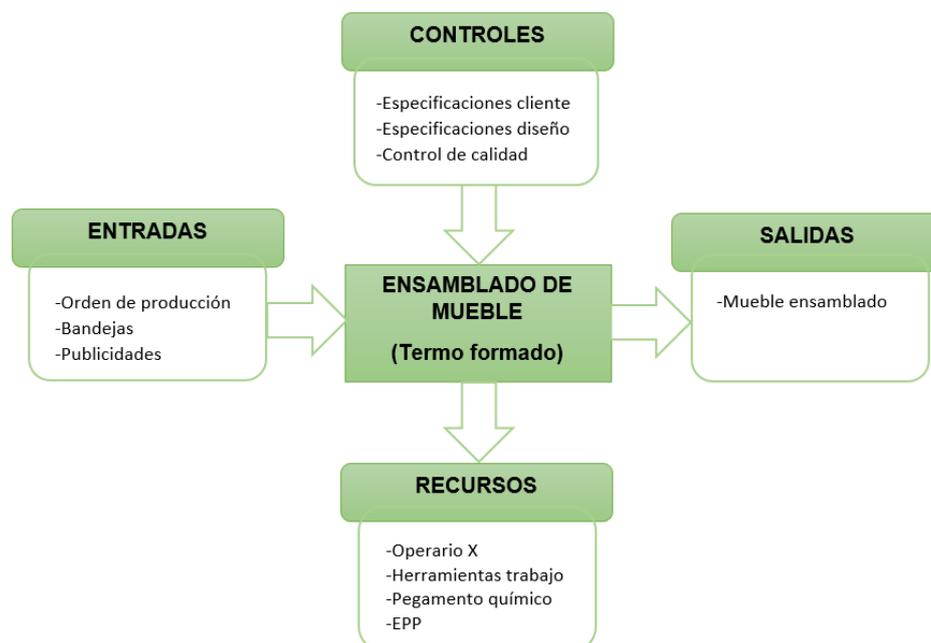


Figura 34. Caracterización del proceso ensamblado mueble

3.4.8.6. Acabado y Empaque

El área de acabado y empaque está ubicado al lado del área de metalmecánica y de pintura, no dispone de máquinas grandes y cuenta con 4 operarios, los procesos en el área son detallados a continuación.

Tabla 19.
Máquinas en Acabado y Empaque

CANTIDAD	MÁQUINA
3	Remachadora de aire
2	Remachadora para tuerca
5	TOTAL

- ✓ **Empacado de mueble:** Es un proceso manual que consiste en empaclar los muebles individualmente enrollándolos con plástico de embalaje.

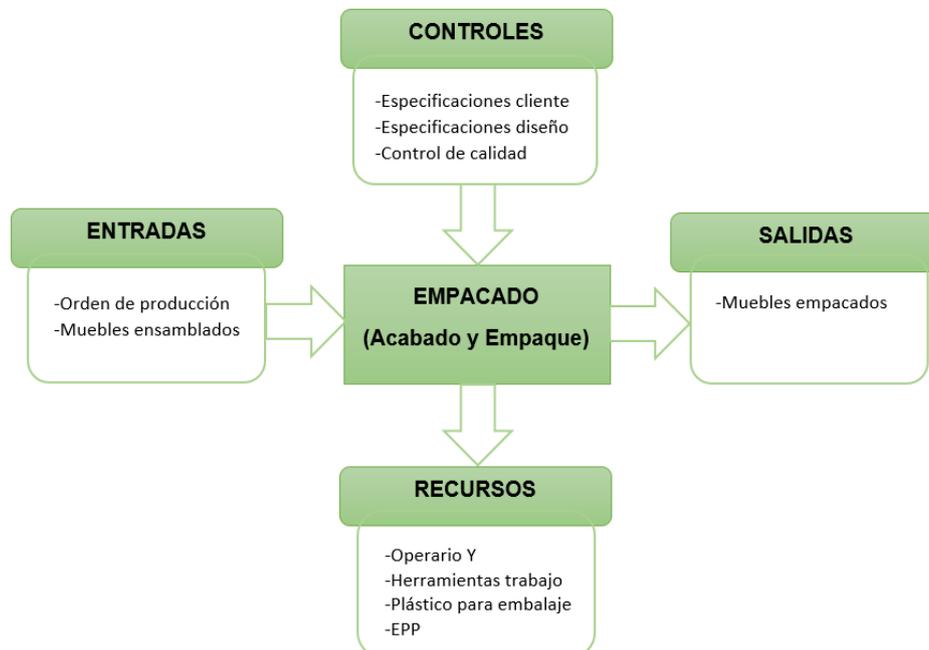


Figura 35. Caracterización del proceso de empaclado

- ✓ **Encartonado de mueble:** Es un proceso manual el cual consiste en colocar los muebles empacados en cajas de cartón, las cuales en este caso se llenan con 125 muebles rejas multi-producto.

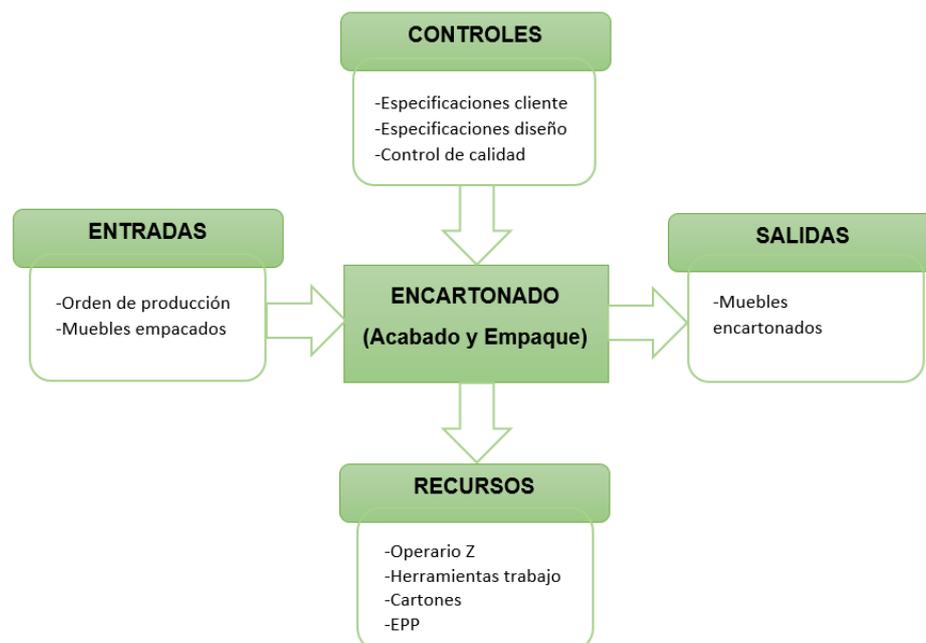


Figura 36. Caracterización del proceso de encartonado

3.4.9. Calculo del takt time

El exhibidor seleccionado no es el único que pasa por los procesos descritos en el flujograma del “mueble rejas multi-producto” y por tanto el tiempo disponible que este mueble tiene sobre ciertos procesos no es el 100% de la jornada laboral ya que estos procesos y máquinas también son usados para la fabricación de otros productos, por lo cual el tiempo takt también tiene variación.

El tiempo disponible por proceso del “mueble rejas multi-producto” se encuentra detallado en la **Tabla 20**.

Tabla 20.

Disponibilidad de tiempo por proceso

No.	Área	Proceso	Tiempo disponible (horas)
1	Cnc	Conformado (piezas)	3
2		Soldado (piezas)	4
3	Metalmeccánica	Cortado de tol	4
4		Doblado de tol	3
5		Aplastado de tol	5
6		Cortado de alambre	6
7		Soldado de alambre	4
8		Soldado de mallas	4
9		Refilado de mallas	4
10		Doblado de mallas	4
11		Soldado de mueble completo	5
12		Soldado de rotulo	4
13		Pulido 1	4
14		Soldado de soportes	4
15		Soldado de perfiles	4
16		Soldado de mallas	4
17		Pulido 2	4
18	Cuadrado	4	
19	Pintura	Colgar	3
20		Pintar	3
21		Descolgar	3
22	Termoformado	Cortado	5
23		Recortado	5
24		Refilado	4
25		Doblado	6
26		Ensamblado de bandejas	6
27		Ensamblado mueble completo	6
28	Impresion y rotulado	Impresión (publicidad)	3
29		Cortado (publicidad)	3
30		Refilado (publicidad)	4
31	Acabado y Empaque	Empacado	3
32		Encartonado	3

El cálculo de los takt time de acuerdo al tiempo real disponible para la realización de este mueble en específico se dispone a continuación:

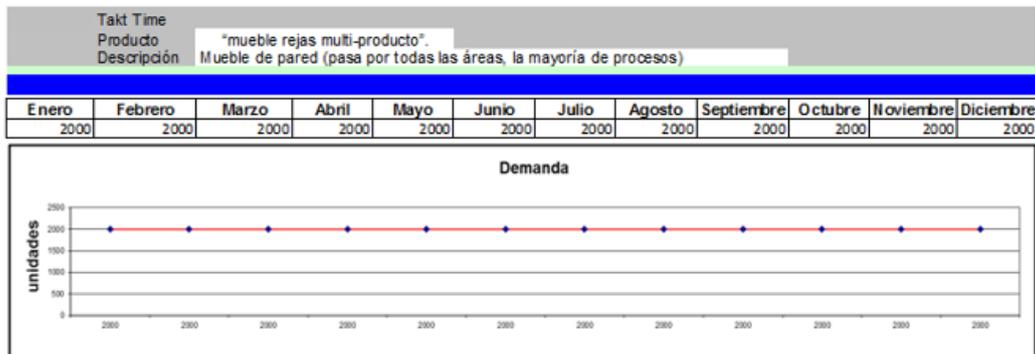


Figura 37. Demanda “mueble rejas multi-producto”

Cuando el tiempo disponible para el proceso son 6 horas:

días laborales	20	Tiempo disponible	17400	seg.	Demanda Mensual	2000
hrs. X turno	6	Demanda diaria	100		7920	
turnos	1	TAKT TIME	174	seg/pza		0
Descansos x turno (min)	70					
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 174 segundos						

Figura 38. Cálculo del takt con 6 horas de disponibilidad

Cuando el tiempo disponible para el proceso son 5 horas:

días laborales	20	Tiempo disponible	13800	seg.	Demanda Mensual	2000
hrs. X turno	5	Demanda diaria	100		7920	
turnos	1	TAKT TIME	138	seg/pza		0
Descansos x turno (min)	70					
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 138 segundos						

Figura 39. Cálculo del takt con 5 horas de disponibilidad

Cuando el tiempo disponible para el proceso son 4 horas:

				<i>Demanda Mensual</i> 2000	
días laborales	20	Tiempo disponible	10200	seg.	
hrs. X turno	4	Demanda diaria	100		7920
turnos	1				0
Descansos x turno (min)	70	TAKT TIME	102	seg/pza	
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 102 segundos					

Figura 40. Cálculo del takt con 4 horas de disponibilidad

Cuando el tiempo disponible para el proceso son 3 horas:

				<i>Demanda Mensual</i> 2000	
días laborales	20	Tiempo disponible	6600	seg.	
hrs. X turno	3	Demanda diaria	100		7920
turnos	1				0
Descansos x turno (min)	70	TAKT TIME	66	seg/pza	
El cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 66 segundos					

Figura 41. Cálculo del takt con 3 horas de disponibilidad

De manera seguida a estos calculos se procede a resumirlos de manera que de acuerdo al tiempo disponible por proceso se sepa el takt time que tiene.

Tabla 21.

Resumen de takt time por proceso

Proceso	Tiempo disponible	%	Takt time
1/4/19/20/21 28/29/31/32	3	33%	66
2/3/7/8/9/10/12 13/14/15/16/17 18/24/30	4	44%	102
5/11/22/23	5	56%	138
6/25/26/27	6	67%	174

3.4.10. Estudio de tiempos y movimientos

La empresa metalmecánica en estudio ha determinado que para la toma de tiempos de las operaciones realizadas se tomen 5 ciclos, y de acuerdo a esto tienen tiempos estándar determinados para varios productos fabricados en la empresa, pero para este estudio se decide tomar en cuenta al método de General Electric para comprobar que estas mediciones son las más óptimas.

-Método General Electric

Para el cálculo del número de observaciones según este método es necesario conocer el tiempo de ciclo en minutos que toma fabricar el mueble en estudio.

Para esto se consultó con el Jefe de Operaciones y el Jefe de Planta quienes mediante datos pasados determinaron que el mueble rejas multi-producto tienen un tiempo de ciclo aproximado de 40 minutos.

En la tabla de General Electric, colocada como **Tabla 3** en el presente documento, se localiza el rango de 20 a 40 minutos obteniendo un resultado de 5 observaciones.

Se concluye que de acuerdo a lo calculado las observaciones de 5 tiempos tomadas por la empresa son las correctas y se puede proceder a realizar el resto del estudio.

3.4.11. Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar es fundamental realizar otros cálculos:

3.4.11.1. Tiempo promedio

El tiempo promedio fue calculado sumando cada uno de los tiempos tomados por proceso y se dividió ese valor para el número de observaciones.

3.4.11.2. Determinación de la valoración

Para determinar la valoración se tomó en cuenta la velocidad y esfuerzo con los que se deben realizar los procesos estudiados, así como tener en consideración la experiencia del personal de planta involucrado en el análisis.

3.4.11.3. Suplementos

La empresa tiene suplementos por área previamente calculados los cuales son:

Tabla 22.

Resumen de tiempos suplementos por área

PROCESO	TOTAL %
CNC	12
METALMECÁNICA	16
IMPRESIÓN	11
TERMOFORMADO	16
ROTULADO	13
LÁSER	11
PINTURA	21
ACABADO Y EMPAQUE	16

3.4.12. Elaboración del formato

La empresa cuenta con un formato para la toma de tiempos y se utilizó el mismo para el ejercicio práctico del cronometraje de los tiempos de ciclo de las operaciones a analizar.

Para el resumen de la toma de tiempos se utilizó como base un formato compartido por la empresa Lean Six Sigma Institute y se agregaron algunos tópicos necesarios para cumplir con todos los requerimientos del presente estudio.

En la **Tabla 23** anterior se observan todos los procesos por los que pasa el mueble rejas multi-producto, se tomaron tiempos en cada proceso a los diferentes operarios encargados durante los primeros 3 meses de estudio de la misma orden tomada el año 2015 de agosto a diciembre.

Se decidió resumir los tiempos calculados con 15 tiempos estándar y de estos sacar el tiempo estándar definitivo por proceso.

Se calculó también la media y desviación estándar de cada uno pues es data necesaria para la simulación actual.

3.4.14. Balance Actual

Se realizó el balance actual en el cual por proceso se comparó el tiempo estándar vs su respectivo takt time con el objetivo de encontrar cuellos de botella que podrían estar afectando la producción del mueble en estudio.

Como se puede observar en la **Tabla 24** todo aquel proceso con un tiempo estándar mayor a su takt time fue resaltado, entre estos se encuentran los procesos de soldado de mallas, soldado de mueble completo, soldado de soportes, soldado de perfiles, soldado de mallas, impresión de publicidad, cortado de publicidad y el ensamblado de mueble completo.

Tomando estos datos se realizó un cuadro combinado, representado en la **Figura 42**, la cual permita la visualización gráfica de los desbalances encontrados.

Tabla 24.
Balance Actual

Operación	Operador	Descripción	Tiempo	Takt
1	A	Conformado (piezas)	53,40	66
2	A	Soldado (piezas)	22,80	102
3	B	Cortado de tol	22,80	102
4	C	Doblado de tol	51,00	66
5	D	Aplastado de tol	22,80	138
6	E	Cortado de alambre	4,80	174
7	F	Soldado de alambre	28,80	102
8	G	Soldado de mallas	130,00	102
9	H	Refilado de mallas	38,40	102
10	I	Doblado de mallas	28,80	102
11	E	Soldado de mueble completo	187,50	138
12	F	Soldado de rotulo	57,00	102
13	J	Pulido 1	78,00	102
14	K	Soldado de soportes	237,60	102
15	L	Soldado de perfiles	205,20	102
16	L	Soldado de mallas	117,60	102
17	J	Pulido 2	90,00	102
18	M	Cuadrado	72,00	102
19	N	Colgar	52,80	66
20	O	Pintar	87,60	66
21	P	Descolgar	40,20	66
22	Q	Cortado	129,00	138
23	Q	Recortado	34,80	138
24	Q	Refilado	31,20	102
25	R	Doblado	72,00	174
26	S	Ensamblado de bandejas	101,40	174
27	T	Impresión (publicidad)	192,50	174
28	V	Cortado (publicidad)	463,80	66
29	W	Refilado (publicidad)	59,40	66
30	X	Ensamblado mueble completo	840,00	102
31	Y	Empacado	49,20	66
32	Z	Encartonado	42,00	66

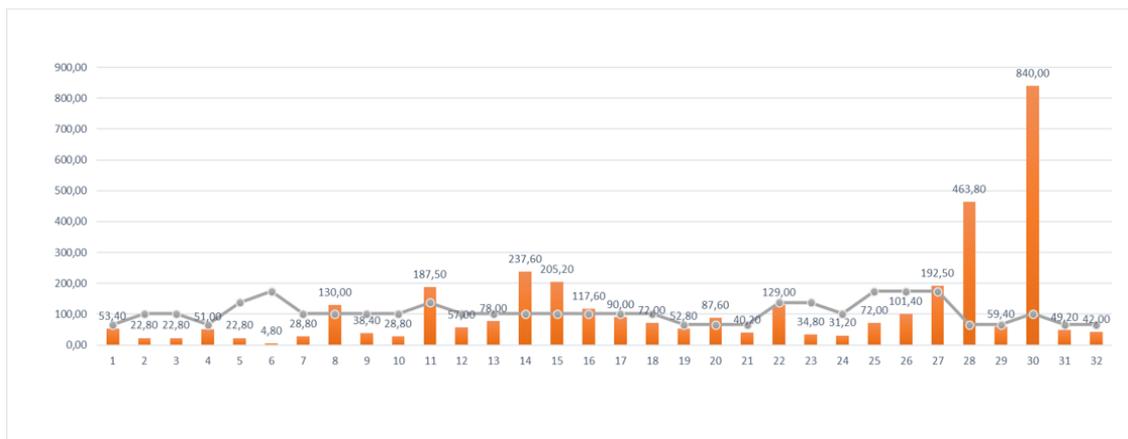


Figura 42. Cuadro combinado del balance actual- Tiempo estándar vs Takt time

3.4.15. VSM Actual

Toda la información obtenida con anterioridad es información fundamental para el mapeo de la cadena de valor actual.

Al VSM Actual diagramado se lo puede encontrar en el **ANEXO 1** en donde se podrá observar el flujo de procesos e información en toda la cadena de valor desde el pedido del cliente para la realización del “mueble rejas multi-producto” mediante una orden de compra, el diseño del mueble y la realización de una muestra de ser necesario, la realización de la cotización la cual una vez aprobada da paso a la generación de la orden de producción la cual entra directamente a la programación de la producción semanal dispuesta por la empresa, siguiente se crea el BOOM de materiales el cual después de ser revisado y aprobado pasa a bodega donde se verifica la existencia de materia prima y se generan las órdenes de compra de los materiales faltantes para la producción.

Después de esto empieza la parte productiva dentro de planta donde se describen los procesos como están siendo producidos al momento de la diagramación, se toman los tiempos respectivos de las actividades realizadas, se verifican inventarios entre procesos, se observa y anota cualquier tipo de problema existente, distancias recorridas por el personal, movimientos realizados y ambiente de trabajo en general con el fin de encontrar cualquier tipo de desperdicio existente.

Todos los datos encontrados se plasman en el VSM y este sirve como una herramienta para encontrar oportunidades de mejora

4. CAPÍTULO IV.- IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

4.1. Identificación de las oportunidades de mejora

Tomando a consideración la información sobre la situación actual de la empresa, así como el VSM Actual diagramado se definen las oportunidades de mejora encontradas y se procede a priorizarlas para su futura implementación.

Se tomó a consideración como oportunidades de mejora a todos aquellos procesos señalados en el balance actual como cuellos de botella por tener su tiempo estándar más alto a su takt time y se los representó en el **ANEXO 2** que es el VSM con las oportunidades de mejora señaladas.



5. CAPÍTULO IV.- PROPUESTA DE MEJORA

5.1. Desarrollo del VSM Futuro

5.1.1. Bases para diagramar el VSM Futuro

Para la realización del VSM Futuro es necesario contestar importantes preguntas que permitan un acercamiento a los problemas y las mejoras que deben generarse de acuerdo a los mismos:

1. ¿Cuál es el takt time basado en los procesos más cercanos al cliente?

El takt time más cercano al cliente es el del proceso de encartonado y es de 66 segundos.

2. ¿Sería posible realizar un supermercado para que el cliente jale el producto terminado o debe ir directamente a envío?

Debido a la manera de producción de la empresa por órdenes de producción deben necesariamente enviarse directamente al cliente.

3. ¿En dónde puede haber flujos continuos de procesos?

Pueden existir flujos continuos en:

- Cortado de Tol-Doblado de Tol-Aplastado de Tol
- Refilado de mallas-Doblado de mallas
- Soldado de soportes-Soldado de perfiles

-Recortado-Refilado

-Ensamblado del mueble completo-Empacado-Encartonado

4. ¿Dónde se necesitan supermercados para establecer sistemas jalar que permitan controlar la producción aguas arriba?

-Soldado manual-Soldado de mueble

-Soldado manual-Soldado de mallas

-Aplastado de tol-Soldado perfiles

-Cortado de tol-Soldado soportes

-Doblado de malla-Soldado de malla

-Cuadrado de mueble-Colgado

-Cortado-Recortado

-Refilado-Doblado

-Ensamblado de bandejas-Ensamblado completo

5. ¿En qué punto de la cadena de producción se puede escoger un proceso que haga de marcapasos, desde el cual se pueda planificar la producción?

Los procesos que marcan el ritmo de la producción y desde los cuales se debería realizar la planificación de la producción son los procesos de colgado-pintado-descolgado ya que este es el mayor cuello de botella debido a que la empresa solo cuenta con una cadena principal de pintado por la cual pasan al menos un 90% de su cartera de productos y el éxito en la entrega depende de su paso por estos procesos.

6. ¿Cómo se va a nivelar la producción en el proceso marcapasos?

Se planificará la producción de acuerdo al porcentaje de entregas de productos de forma semanal, por tanto, el área de Control de Producción se encargará de informar al Jefe de Planta los cambios en el marcapasos por día de manera que se puedan producir la variedad de productos planificados y entregar todos a tiempo.

7. ¿Qué volumen de trabajo se va a obtener del proceso marcapasos?

El volumen de trabajo a obtener del proceso marcapasos se calculó mediante el pitch:

Pitch= (takt time x tamaño del paquete)

Pitch= (66seg x 125) = 2.29 horas

Debido a que los cambios en la cadena de pintura son demorosos se planifica la producción no por 2.29 horas sino por 4 horas es decir hasta medio día y el resto del día se realizaría el pintado de otras ordenes más pequeñas o de menos urgencia.

8. ¿Qué mejoras son necesarias para que el mapa de flujo fluya como se desea?

Las mejoras a realizar se describen a continuación:

- ✓ Control de procesos
- ✓ Diagrama de operaciones
- ✓ Estandarización de procesos
- ✓ Mejora de recorrido de flujo
- ✓ Balance de operarios
- ✓ Utilización de maquinaria
- ✓ Estudio de movimientos
- ✓ Estandarización de formatos
- ✓ Distribución de planta

5.2. Mejoras realizadas y propuestas de mejora

Las siguientes son las mejoras realizadas y propuestas de mejora que se van a representar en el diagrama futuro comparadas con la situación actual y las herramientas a utilizar para la implementación de cada mejora.

Todas las mejoras empiezan aguas abajo desde los procesos más cercanos al cliente:

1. Empaque y Encartonado

Los procesos de empaque y encartonado actualmente se realizan de forma separada generando lotes de inventario entre ellos.

Esto genera desperdicios como:

-Sobreproducción/ Movimientos innecesarios/ Esperas/ Transportes excesivos.

Por esa razón, se decide hacer de estos procesos un proceso continuo y para balancear la línea se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{Número de operadores} = \frac{49,2+42}{66} = 1,38 = 2 \text{ operadores}$$

Figura 43. Cálculo operadores empacado y encartonado

$$\text{TC producción} = \frac{49,2+42}{2} = 45,6$$

Figura 44. Cálculo TC (1)

Se observa que para que la línea funcione continuamente se requiere de 1,38 operadores lo que significaría que al poner 2 operadores se estaría sub utilizando a uno de ellos por esta razón se opta por dejar en este trabajo a un solo operador que trabaje en una célula de trabajo que le permita la facilidad de movimiento y realización del trabajo.

Al ser un solo operario el que maneje el área el tiempo de ciclo total sería de 91,2 segundos y al unir los dos procesos el tiempo disponible aumenta de 3 a 4 horas disponibles generando un takt time de 102 segundos eliminando la posibilidad de que se genere un cuello de botella adicional.

$$\text{TC producción} = 49,2+42 = 91,2$$

Figura 45. Cálculo TC (2)

Para que la célula de trabajo funcione de manera óptima se sugiere que la realización del proceso anterior que es el ensamble del mueble se realice en el área de acabado y empaque en lugar de en el área de termo formado, evitando esperas y transportes innecesarios.

Las mejoras propuestas son, por lo tanto:

- Balanceo de línea
- Célula de trabajo
- Estandarización y control de procesos
- Mejora de recorrido de flujo mediante el cambio de áreas de trabajo de procesos anteriores, es decir mover al proceso de ENSAMBLADO el área de ACABADO Y EMPAQUE.

En la **Figura 46** se muestra el VSM del Empacado y Encartonado Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuestas.

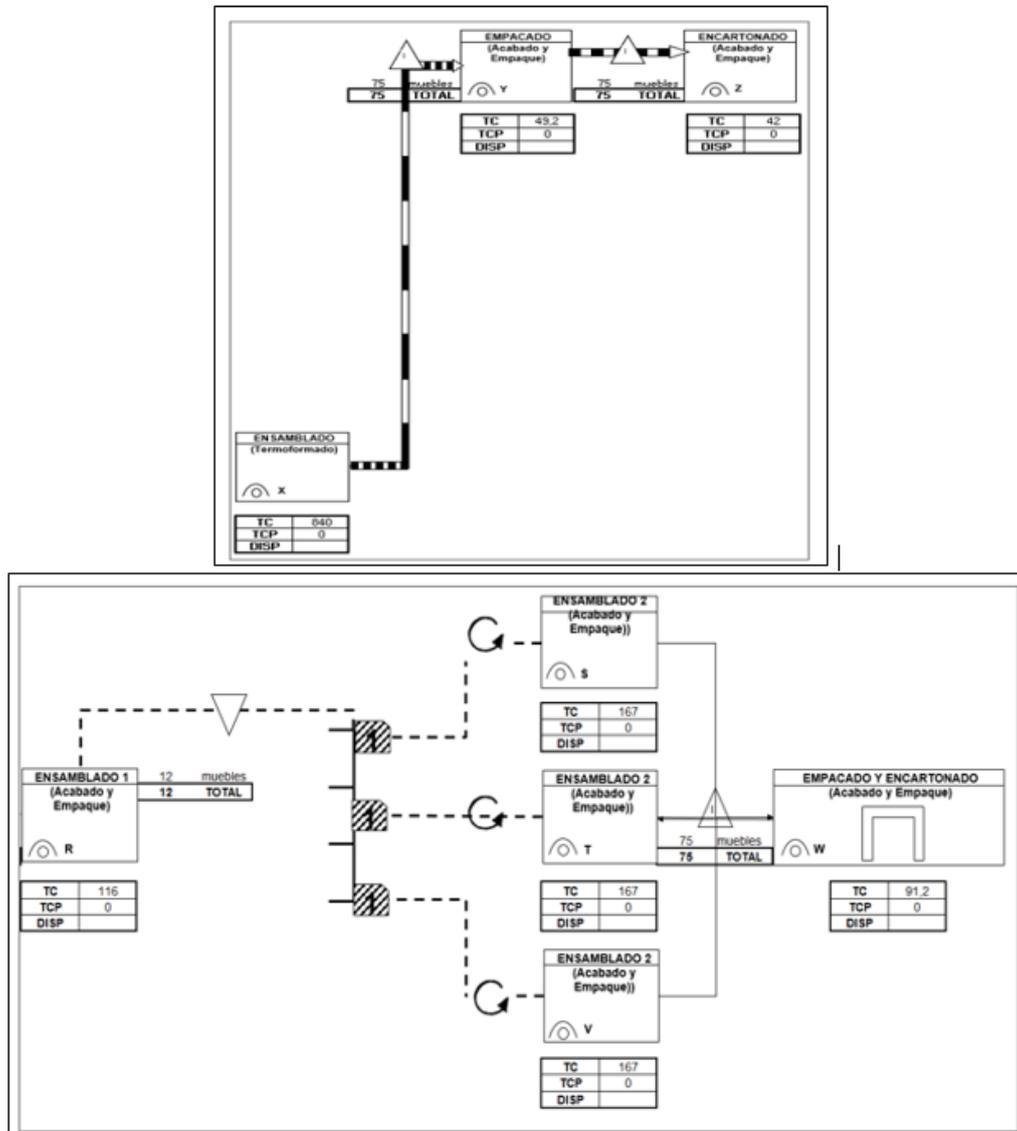


Figura 46. Empacado y Encartonado Actual vs Futuro.

2. Ensamblado

El proceso de ensamblado es un proceso extremadamente demoroso realizado inicialmente de forma manual por 1 solo operario en el área de TERMO FORMADO del cual el mueble ensamblado debe transportarse al área de ACABADO Y EMPAQUE para los procesos de empacado y encartonado.

Se generan desperdicios como:
-Esperas/ Transportes.

Al realizar el cálculo del número de operarios necesarios para la realización de esta operación de acuerdo al takt time del proceso en cuestión se obtiene que para cumplir con la demanda se necesitaría que trabajen 5 operarios en el proceso.

Número de operadores	$= \frac{840}{174} = 4,83 = 5$	operadores
----------------------	--------------------------------	------------

Figura 47. Cálculo operadores ensamblado (1)

Se decide realizar la mejora dividiendo el proceso en dos partes:

1. Ensamblado1: Ensamble de la publicidad lateral del mueble en estudio.
2. Ensamblado2: Ensamble de las partes restantes para completar el mueble de estudio previo a su empaque y encartonado.

Se implementan estas mejoras y de esto se obtiene que para el Ensamblado 1 el nuevo tiempo estándar calculado es de 116 segundos y para el Ensamblado 2 de 660 segundos, con estos datos se realizan los siguientes cálculos.

Número de operadores	$= \frac{116}{174} = 0,66 = 1$	operador
Número de operadores	$= \frac{660}{174} = 3,79 = 4$	operadores

Figura 48. Cálculo operadores ensamblado (2)

Esta división permitió la reducción del tiempo de ciclo del ensamble total de 840 a 776 segundos totales, es decir, ensamble 1 con un tiempo de ciclo de 116 segundos y ensamble 2 con un tiempo de ciclo de 660 segundos, pero la cantidad de operarios necesarios se mantiene en 5 operarios.

Por esa razón se vio la necesidad de utilizar otras herramientas que permitan una disminución en el tiempo de ciclo total, así como la cantidad de operarios necesarios.

Al realizar una estandarización del trabajo, utilización de las 5'S para mantener organizado el área y ubicando personal capacitado para realizar el ensamblado se reducen los tiempos del ensamble 2 a 501 segundos, lo que genera una reducción del tiempo de ciclo del ensamble total de 840 a 617 segundos y una reducción del personal necesario de 5 a 4 operarios.

Número de operadores	$= \frac{116}{174} = 0,66 = 1$	operador
Número de operadores	$= \frac{501}{174} = 2,88 = 3$	operadores

Figura 49. Cálculo operadores ensamblado (3)

Adicionalmente se sugiere que la realización de todos los ensamblados desde el ensamblado de bandejas pasando por el ensamblado1 y el ensamblado 2 se realicen en el área de acabado y empaque en lugar del área de termo formado evitando así esperas y transportes innecesarios, permitiendo un flujo continuo.

Las mejoras realizadas fueron, por lo tanto:

-Balance de línea/ Producción en línea/ División del trabajo/ 5's/ Capacitación al personal.

Las mejoras propuestas son, por lo tanto:

-Kanban/ Implementación de un supermercado/ Estandarización y control de procesos/ Mejora de recorrido de flujo mediante el cambio de áreas de trabajo del proceso de ensamblado al área de ACABADO Y EMPAQUE.

En la **Figura 50** se muestra el VSM del Ensamblado Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuestas.

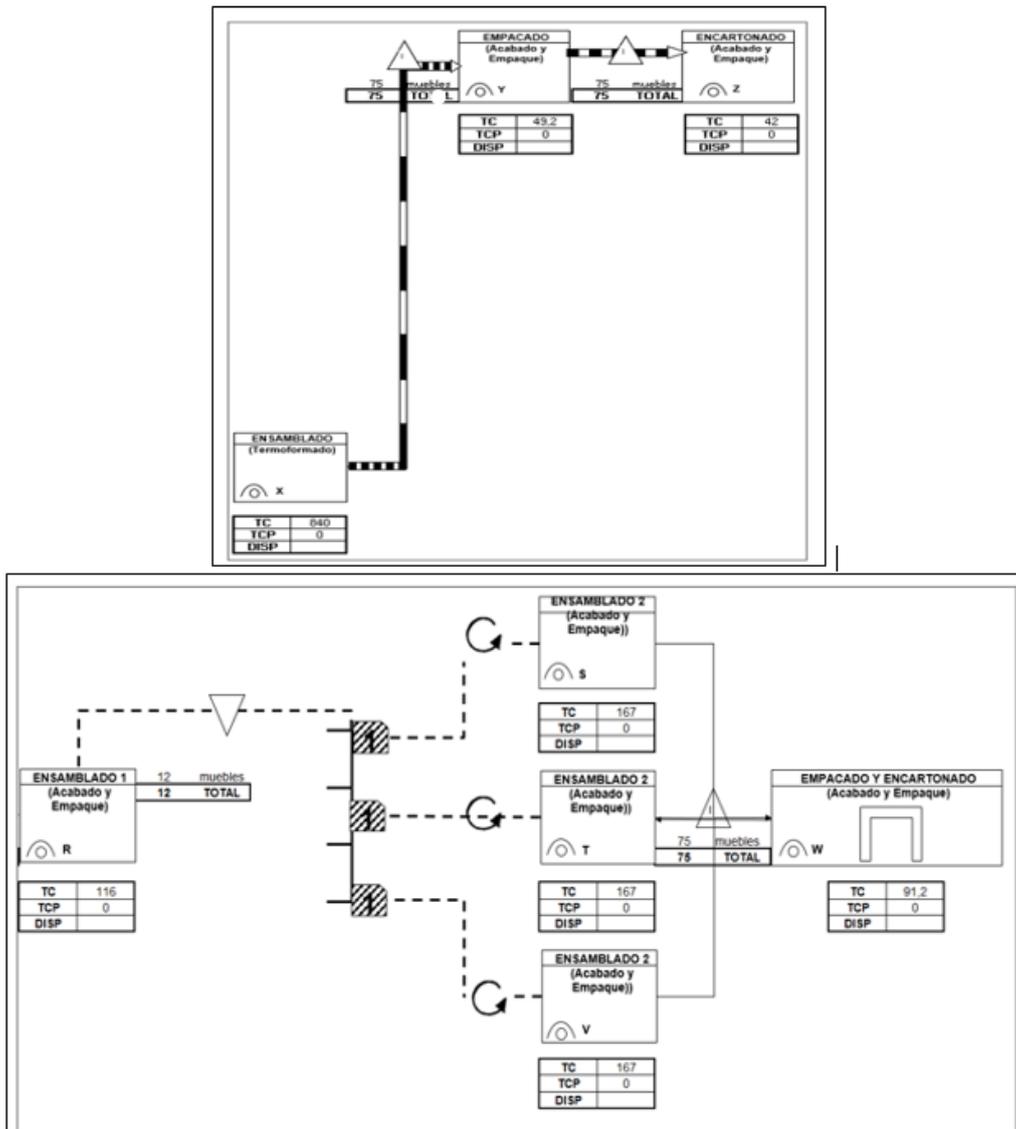


Figura 50. Ensamblado Actual vs Futuro

3. Cortado (publicidad)

El proceso de cortado de publicidad inicial antes de las mejoras era un proceso realizado manualmente y era muy demoroso con 866,4 segundos de tiempo de ciclo y un solo operario encargado de su realización.

Se generan desperdicios como:

- Transportes/ Esperas y búsquedas/ Defectos y re trabajos/ Movimientos innecesarios/ Actividades innecesarias

Pero con el de ciclo actual calculado se veía la necesidad de utilizar a 13 operarios en este proceso es decir el 40% del total del personal de planta para poder cumplir con la demanda solamente de este producto y esto no era una solución viable ya que el personal de publicidad debería para esto realizar dos turnos y horas extras para poder satisfacer las necesidades de la demanda.

$\text{Número de operadores} = \frac{866,4}{66} = 13,1 = 13 \text{ operadores}$

Figura 51. Cálculo operadores cortado (publicidad)

Por esta razón la empresa se vio en la necesidad de usar una máquina que compró la empresa para la mejora de otra orden de producción en esta orden de manera que permita la disminución de este tiempo logrando disminuirlo a 202,2 segundos, aun así, el tiempo no es lo suficientemente bajo para cumplir con la demanda de acuerdo con el takt de 66 segundos de este proceso por tanto las mejoras a realizar serían netamente para mejorar el tiempo de cambio de productos mediante SMED, una implementación continua de las 5'S en el área de trabajo y realizar una programación de la programación adecuada de manera que se tome en cuenta los tiempos de este proceso.

Las mejoras realizadas fueron, por lo tanto:

-Uso de máquina de corte adquirida

Las mejoras propuestas son, por lo tanto:

-SMED/ 5's/ Estandarización y control de procesos

En la **Figura 52** se muestra el VSM del Cortado (publicidad) Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuestas.

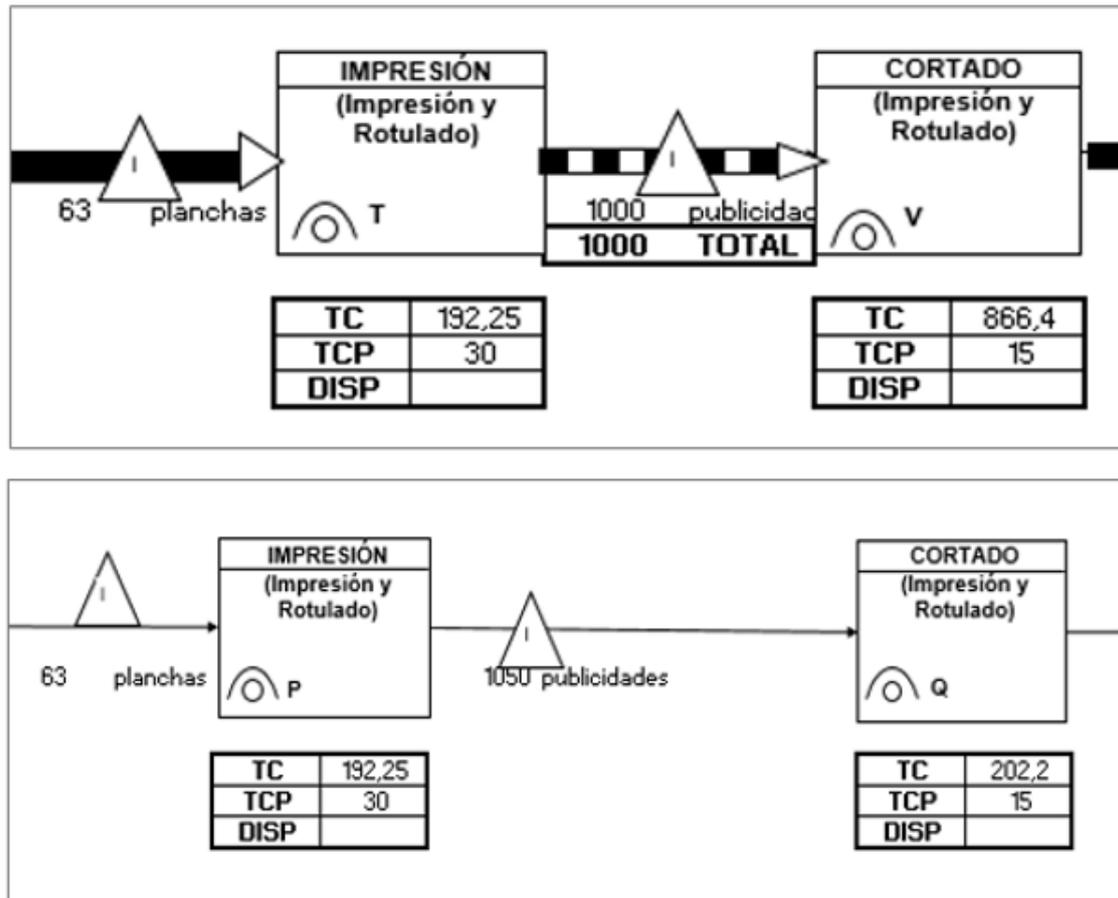


Figura 52: Cortado (publicidad) Actual vs Futuro

4. Impresión (publicidad)

El proceso de impresión de publicidad se realiza en un tiempo de ciclo de 192.25 segundos superior al takt time del proceso de 66 segundos se debería implementar una mejora mediante SMED.

Se generan desperdicios como:

-Defectos y re trabajos/ Esperas/ Transportes.

Las mejoras propuestas por tanto son:

-SMED/ 5's/ Estandarización y control de procesos

5. Soldado de mallas2

El proceso de soldado de mallas2 lo realiza un solo operario en la suelda mig, y tiene un tiempo de ciclo de 117,6 segundos lo cual significaría la necesidad de 2 operarios para cumplir con la demanda del cliente.

$$\text{Número de operadores} = \frac{117,6}{102} = 1,5 = 2 \text{ operadores}$$

Figura 53. Cálculo operadores soldado mallas2 (1)

Se generan desperdicios como:

-Defectos y re trabajos/ Movimientos innecesarios/ Transportes.

Mediante trabajo estandarizado, utilización de las 5's y capacitación del personal se reduce el tiempo de ciclo del proceso de 117,6 segundos a 96 segundos con lo cual solo se necesita de 1 operario capacitado para la realización de esta operación.

$$\text{Número de operadores} = \frac{96}{102} = 0,94 = 1 \text{ operador}$$

Figura 54. Cálculo operadores soldado mallas2 (2)

Las mejoras realizadas fueron, por lo tanto:

-Trabajo estandarizado/ 5's/ Capacitación del personal.

Las mejoras propuestas son, por lo tanto:

-Kanban/ Implementación de un supermercado.

En la **Figura 55** se muestra el VSM del Soldado de mallas2 Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuestas.

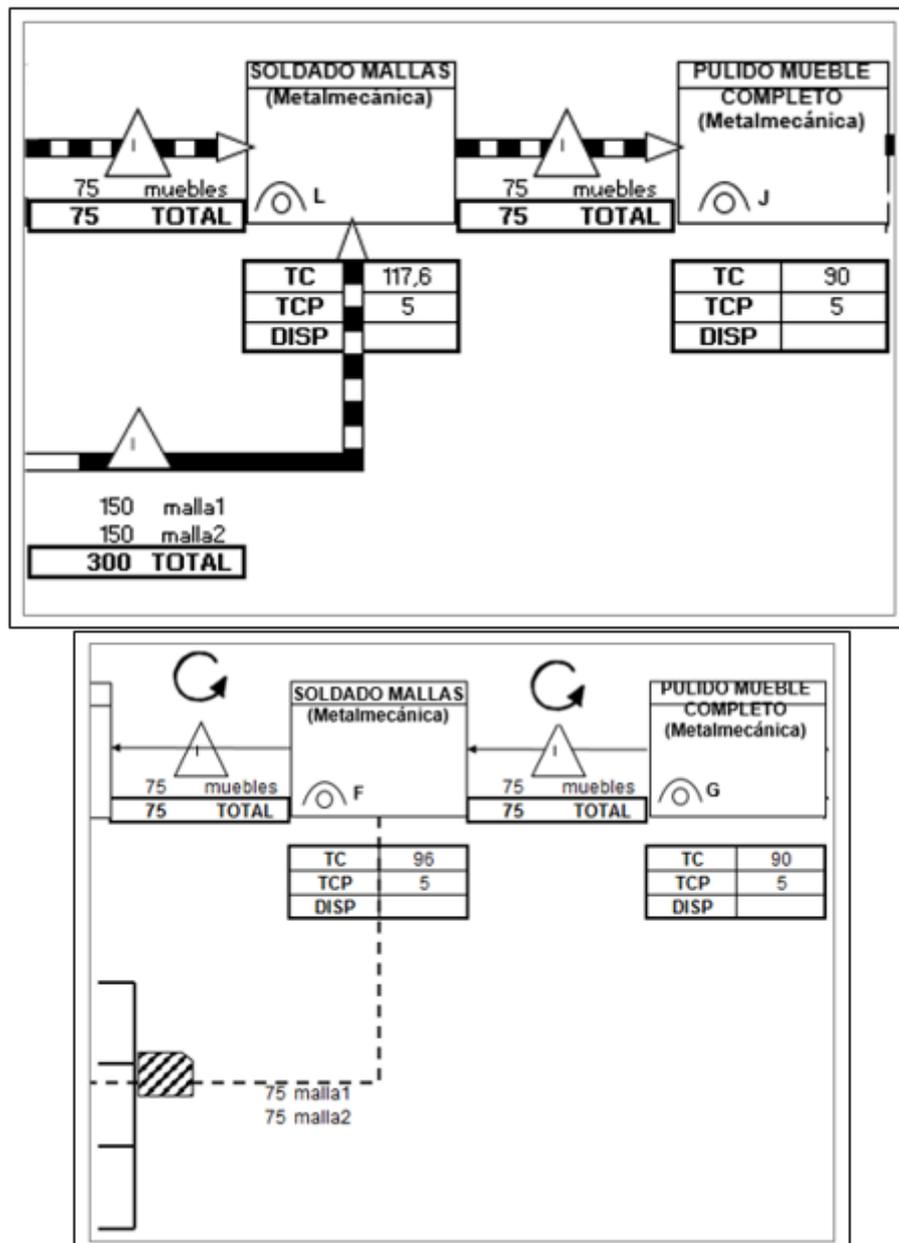


Figura 55. Soldado de mallas 2 Actual vs Futuro.

6. Soldado de perfiles

El soldado de perfiles inicialmente es realizado por 1 solo operario con un tiempo de ciclo de 237,6 segundos y para cumplir con la demanda se requerirían de 3 operarios.

Número de operadores	$= \frac{237,6}{102} = 2,33 = 3$	operadores
----------------------	----------------------------------	------------

Figura 56. Cálculo operadores soldado de perfiles (1)

Se generan desperdicios como:

-Defectos y re trabajos/ Movimientos innecesarios/ Transportes.

Realizando una estandarización del trabajo y la utilización de las 5's como herramienta de organización permitió reducir el tiempo de ciclo de 237,6 a 205,2 segundos reduciendo el número de operarios necesarios de 3 a 2.

Número de operadores	$= \frac{205,2}{102} = 2,01 = 2$	operadores
----------------------	----------------------------------	------------

Figura 57. Cálculo operadores soldado de perfiles (2)

Para agilizar el proceso se decide convertir a este proceso en una línea de producción en la que el primer operario suelda los primeros 5 perfiles (TC: 105,6) y el segundo concluye con los 4 restantes (TC: 98,4) tiempos que comparados con su takt time de 102 han disminuido y dejan de ser cuellos de botella relevantes.

Las mejoras realizadas son, por lo tanto:

-Trabajo estandarizado/ 5's/ Producción en línea/ Capacitación al personal.

En la **Figura 58** se muestra el VSM del soldado de perfiles Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuestas.

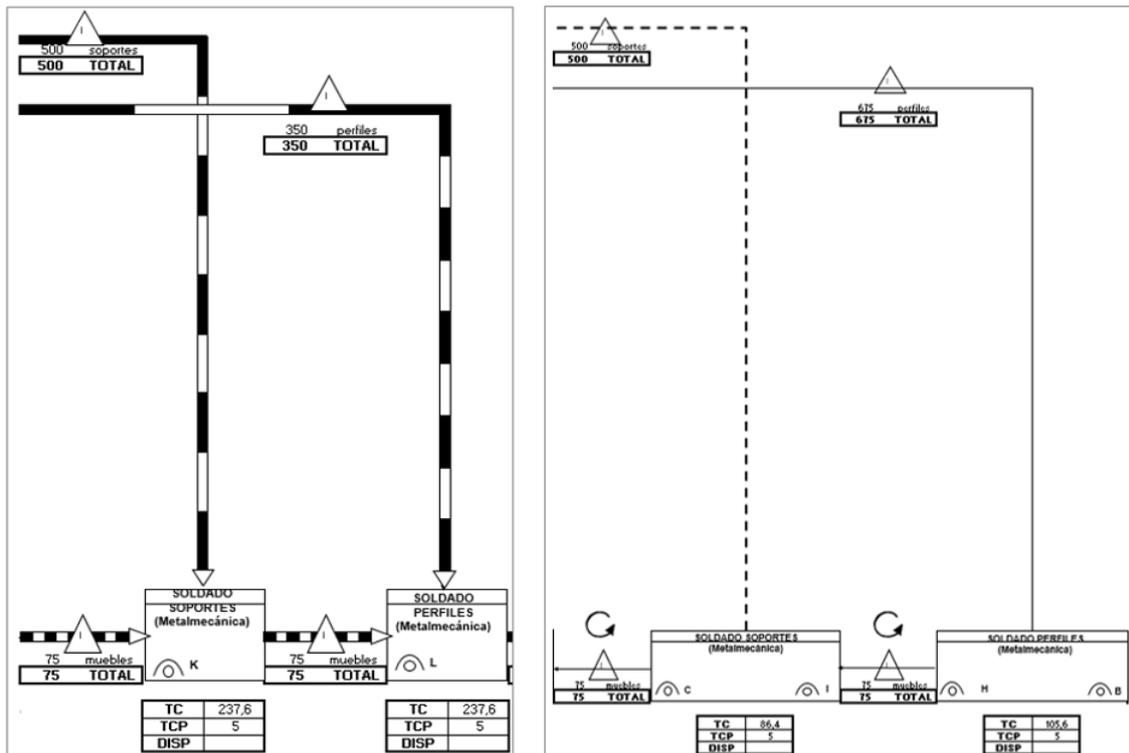


Figura 58. Soldado de perfiles Actual vs Futuro.

7. Soldado de soportes

El soldado de soportes inicialmente es realizado por 1 solo operario con un tiempo de ciclo de 237,6 segundos y para cumplir con la demanda se requerirían de 3 operarios.

$$\text{Número de operadores} = \frac{237,6}{102} = 2,33 = 3 \text{ operadores}$$

Figura 59. Cálculo operadores soldado de soportes (1)

Se generan desperdicios como:

-Defectos y re trabajos/ Movimientos innecesarios/ Transportes.

Realizando una estandarización del trabajo y la utilización de las 5's como herramienta de organización permitió reducir el tiempo de ciclo de 237,6 a 170,4 reduciendo el número de operarios necesarios de 3 a 2.

Número de operadores	$= \frac{170,4}{102} = 1,67 = 2 \text{ operadores}$
----------------------	---

Figura 60. Cálculo operadores soldado de soportes (2)

Por esta razón y para poder cumplir con la demanda se convierte a este proceso en una línea de producción en la que el primer operario suelda los primeros 6 soportes (TC: 84) y el segundo concluye con los 6 restantes (TC: 86,4) tiempos que comparados con su takt time de 102 han disminuido y dejan de ser cuellos de botella.

Las mejoras realizadas son, por lo tanto:

-Trabajo estandarizado/ 5's/ Producción en línea.

En la **Figura 61** se muestran el VSM del soldado de soportes Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuesta

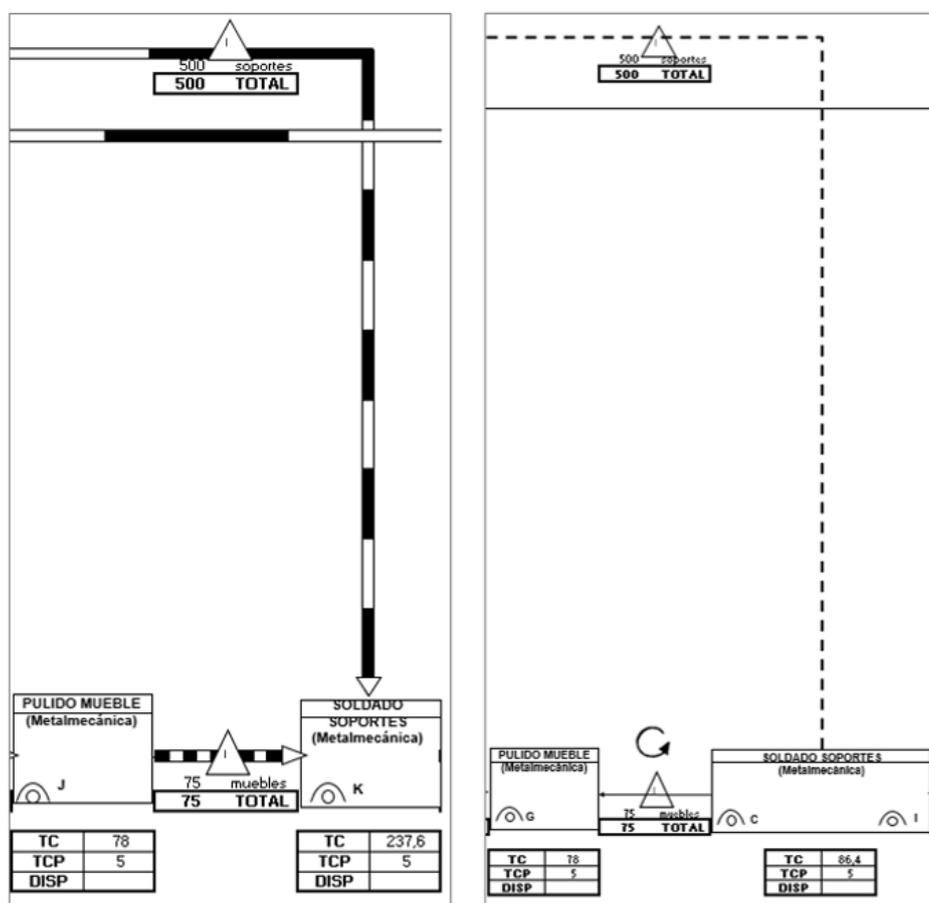


Figura 61. Soldado de soportes Actual vs Futuro

8. Soldado de mueble completo

El soldado de mueble completo es un proceso realizado por un solo operador, inicialmente tiene un tiempo de ciclo de 187,5 segundos, requiriendo de 2 operarios para el cumplimiento de la demanda.

$$\text{Número de operadores} = \frac{187,5}{138} = 1,35 = 2 \text{ operadores}$$

Figura 62. Cálculo operadores soldado de mueble (1)

Se generan desperdicios como:

-Movimientos innecesarios/ Transportes/ Esperas y búsquedas

Mediante capacitación al operario, estandarización del trabajo y uso de las 5'S se redujo el tiempo de ciclo del proceso a 153.6 segundos necesitando solamente 1 operario.

$$\text{Número de operadores} = \frac{153,6}{138} = 1,11 = 1 \text{ operador}$$

Figura 63. Cálculo operadores soldado de mueble (2)

Se sugiere la implementación de un supermercado y la utilización de kanban que permitan la eliminación del inventario en proceso y la agilidad de la recolección de material de los diferentes procesos proveedores del soldado de muebles lo cual le permita la continuidad de la fabricación de este mueble y su entrega a tiempo al cliente.

Las mejoras realizadas son, por lo tanto:

-Trabajo estandarizado/ 5's/ Capacitación

Las mejoras propuestas son, por lo tanto:

-Implementación de supermercados/ Kanbans

En la **Figura 64** se muestra el VSM del soldado de mueble completo Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuestas

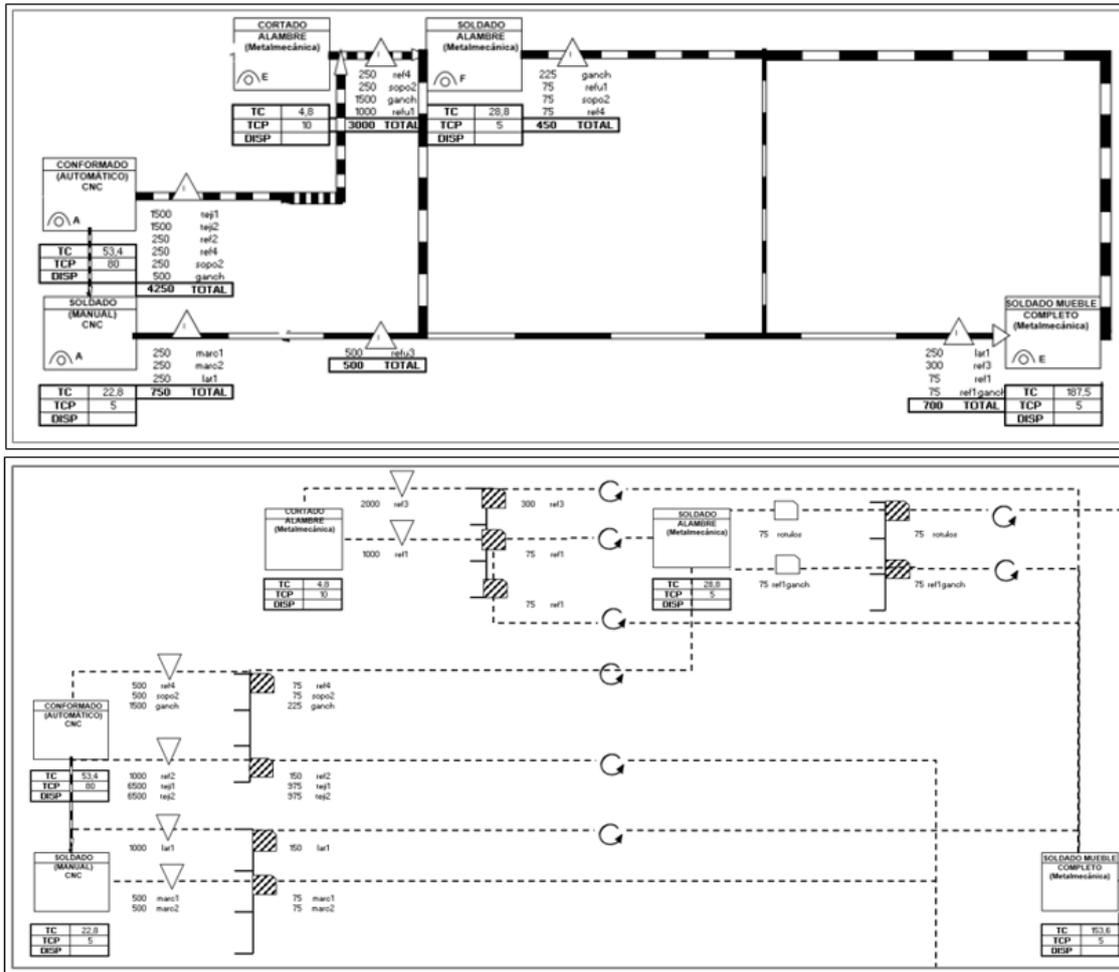


Figura 64. Soldado de mueble completo Actual vs Futuro.

9. Refilado y doblado (mallas)

El refilado y doblado de mallas inicialmente se encuentran como procesos separados generando inventario entre ellos.

Se generan desperdicios como:

-Sobre producción/ Movimientos innecesarios/ Transportes/ Esperas y búsquedas.

Para la eliminación de los inventarios se sugiere la continuidad convirtiendo a estos procesos en una línea de producción y para esto se realizaron los siguientes cálculos:

10. Soldado de mallas1

El soldado de mallas1 se lo realiza en la suelda de mallas y la realiza un solo operario, a un tiempo inicial de 132 segundos.

Se generan desperdicios como:

-Transportes/ Esperas y búsquedas.

Se requerirían de 2 operarios para poder cumplir con la demanda, pero la empresa solo cuenta con una máquina de este tipo y la inversión para la compra de otra máquina se sale de su presupuesto actual.

Número de operadores	=	$\frac{132}{102}$	=	1,3	=	2	operadores
----------------------	---	-------------------	---	-----	---	---	------------

Figura 67. Cálculo operadores soldado de mallas1 (1)

La estandarización del trabajo, capacitación del personal y utilización de las 5's permitió una reducción del tiempo de 132 segundos a 120 segundos reduciendo también la necesidad de 2 a 1 operario ya encargado de la actividad.

Número de operadores	=	$\frac{120}{102}$	=	1,18	=	1	operador
----------------------	---	-------------------	---	------	---	---	----------

Figura 68. Cálculo operadores soldado de mallas1 (2)

Los cambios de producto en esta máquina son muy demorosos por lo cual se recomienda la utilización de SMED para su reducción y la utilización de supermercados y kanban en los procesos proveedores de este para evitar esperas, demoras y movimientos innecesarios.

Las mejoras realizadas por tanto fueron:

-Trabajo estandarizado/ 5's/ Capacitación.

Las mejoras propuestas por tanto son:

-SMED/ Implementación de supermercados/ Kanbans.

En la **Figura 69** se muestran el VSM del soldado de mallas1 Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuesta.

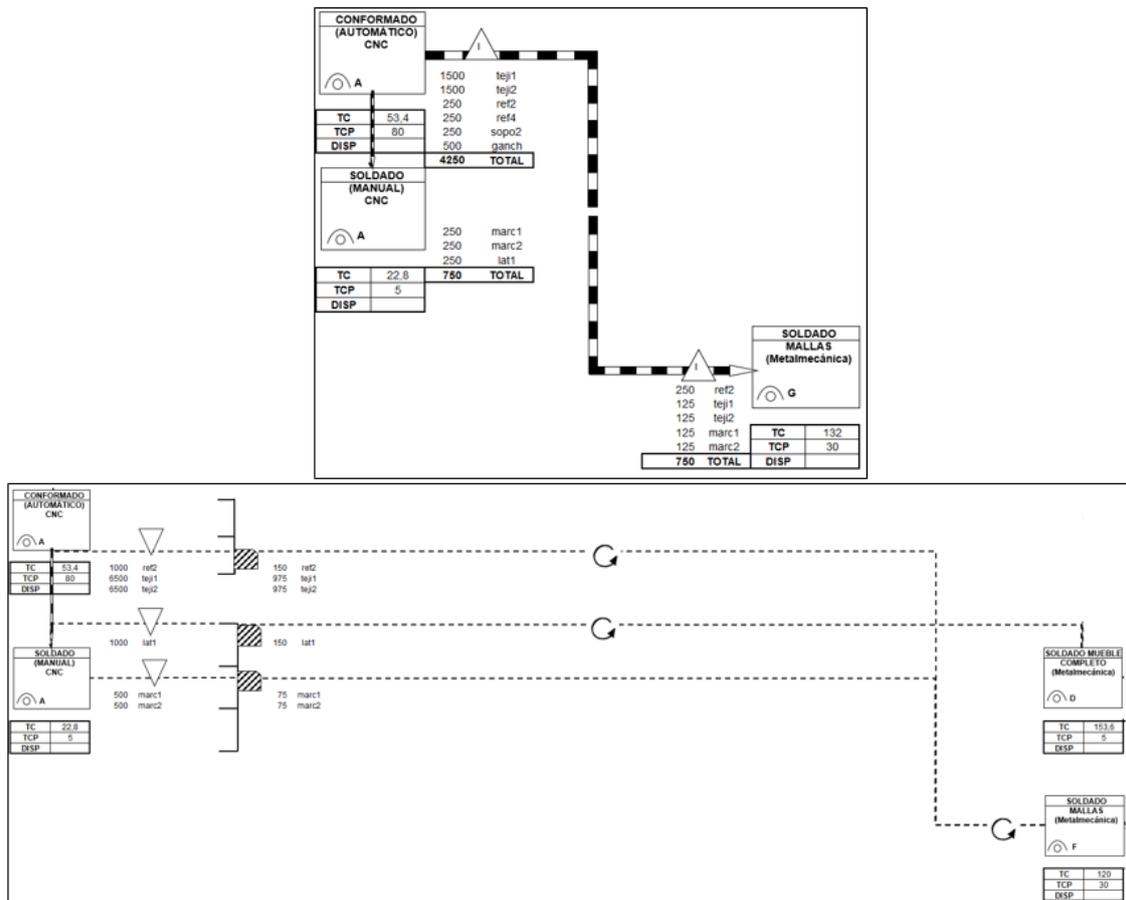


Figura 69. Soldado de mallas1 Actual vs Futuro.

11. Doblado y Aplastado

El doblado y aplastado se realizan de forma individual y separada generando inventario en proceso entre estas actividades, requiriendo de 2 operarios en total.

Se generan desperdicios como:

-Sobreproducción/ Transportes/ Esperas y búsquedas.

En el VSM futuro se observa la mejora al unir estos dos procesos en una máquina (troqueladora) mediante el uso de una matriz que permite la reducción del tiempo de 73,8 segundos entre las dos actividades a 37,2 segundos y la reducción a 1 operario.

$$\text{Número de operadores} = \frac{51+22,8}{102} = 0,65 = 1 \text{ operador}$$

Figura 70. Cálculo operadores doblado y aplastado

Las mejoras realizadas fueron, por tanto:

-Cambio de máquina/ 5's.

En la **Figura 71** se muestran el VSM del doblado y aplastado Actual vs el Futuro con la implementación de las mejoras propuesta.

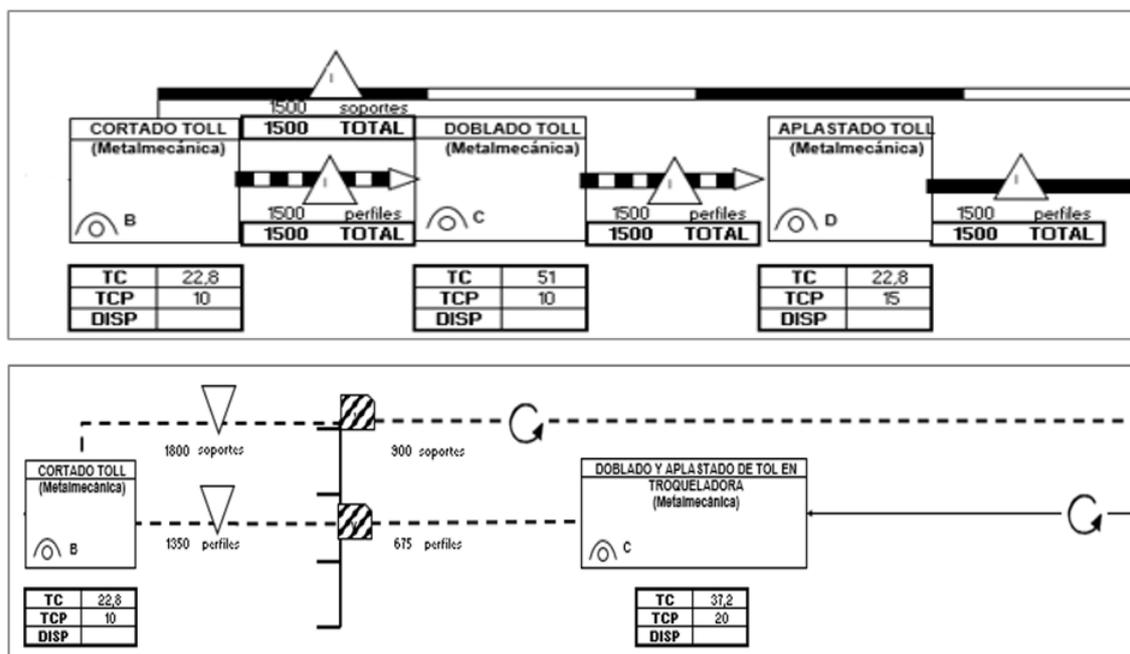


Figura 71. Doblado y Aplastado Actual vs Futuro

5.3. Balance Futuro

En la **Tabla 25** se observa el balance futuro el cual plasma la reducción de tiempos dadas por las mejoras realizadas, se implementaron y se propusieron mejoras en todos los cuellos de botella exceptuando al proceso de impresión (publicidad) por eso se resalta de manera distinta a los demás.

Tomando en cuenta estos datos se realizó un cuadro combinado, representado en la **Figura 72** la cual permite la visualización gráfica de las mejoras.

Tabla 25.
Balance Futuro

Operación	Operador	Descripción	Tiempo	Takt
1	A	Conformado (piezas)	53,40	66
2	A	Soldado (piezas)	22,80	102
3	B	Cortado de tol	22,80	102
4	C	Doblado+Aplastado	37,20	66
5	D	Cortado de alambre	4,80	174
6	E	Soldado de alambre	28,80	102
7	F	Soldado de mallas	120,00	102
8	B	Refilado+Doblado de mallas	67,20	102
9	D	Soldado de mueble completo	153,60	138
10	E	Soldado de rotulo	57,00	102
11	G	Pulido 1	78,00	102
12	C I	Soldado de soportes	86,40	102
13	B H	Soldado de perfiles	105,60	102
14	F	Soldado de mallas	96,00	102
15	G	Pulido 2	90,00	102
16	I	Cuadrado	72,00	102
17	J K L	Colgar+Pintar+Descolgar	60,20	66
20	M	Cortado	129,00	138
21	M	Recortado	34,80	138
22	M	Refilado	31,20	102
23	N	Doblado	72,00	174
24	O	Ensamblado de bandejas	101,40	174
25	P	Impresión (publicidad)	192,50	174
26	Q	Cortado (publicidad)	202,20	66
27	Q	Refilado (publicidad)	59,40	66
28	R	Ensamblado mueble completo1	116,00	102
29	STV	Ensamblado mueble completo2	167,00	102
30	W	Empacado y Encartonado	91,00	102

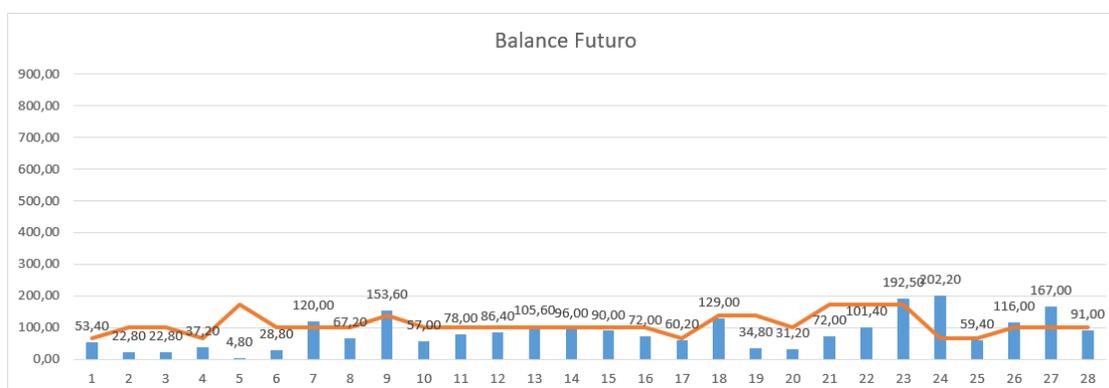


Figura 72. Cuadro combinado del balance futuro- Tiempo estándar vs Takt time

5.4. VSM Futuro

La diagramación del VSM Futuro depende de la capacidad de análisis y respuesta a varias preguntas contestadas en lo referente a las bases para la diagramación del VSM Futuro resueltas con la ayuda de aquellas personas más cercanas al proceso.

Las mejoras propuestas e implementadas en el transcurso del estudio se fundamentaron en la elección principalmente de las oportunidades de mejora identificadas, pero se realizaron mejoras en otros procesos los cuales también fueron mencionados y analizados para la diagramación.

El VSM Futuro diagramado se encuentra en el **ANEXO 3** en donde se puede observar todas aquellas mejoras propuestas e implementadas durante el tiempo del estudio del “mueble rejas multi-producto”, enfocándose en las mejoras en los procesos de planta con el fin de la disminución de los desperdicios encontrados generando un aumento en la productividad tanto de manera individual por proceso como una mejora general del producto en estudio y que sirva de base para la mejora de los procesos en toda la planta y para la diversidad de productos fabricados por la empresa.

6. CAPÍTULO IV.- RESULTADOS DE LAS MEJORAS

6.1. Mejora de la productividad por proceso

Para el análisis de la mejora de la productividad se comparó la productividad actual vs la productividad futura por proceso, los cálculos son realizados con información semanal y para esto se necesitó de los siguientes datos:

- Unidades a producir semanalmente: 500 Muebles
- Precio por unidad de cada mueble: \$35 Dólares
- Costo de mano de obra por hora por área:

En la **Tabla 26** se encuentran definidos el Costo-Hora por Área de manera general.

Tabla 26.
Costo-Hora de la mano de obra por área

ÁREA	\$/H
Metalmecánica	3
Pintura, Acabado y Empaque	2,5
Termo formado	2,7
Impresión y Rotulado	2,8

En la **Tabla 27** se expresa el costo de la mano de obra en la situación Actual sabiendo que se necesitan 25 operarios los cuales se reparten en los diferentes procesos y áreas por las que pasa el mueble en estudio tomando en cuenta el porcentaje de tiempo diario disponible para la realización de este producto en específico, y en la **Tabla 28** en cambio se expresa el costo de la mano de obra en la situación Futura en la que se necesitan solamente 22 operarios y se calcula la mano de obra real de la misma forma en que se realizó el cálculo en el Actual.

Tabla 27.
Costo-Hora mano de obra “mueble rejas multi-producto” Actual

COSTO MANO DE OBRA ACTUAL					
PROCESOS	OPERADOR	#	C/H Área	%Tiempo	C/H Real para mueble en estudio
Conformado/ Soldado (piezas)	A	1	\$4	0,375	\$ 1,50
Cortado de tol	B	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Doblado de tol	C	1	\$3	0,375	\$ 1,13
Aplastado de tol	D	1	\$3	0,625	\$ 1,88
Cortado de alambre/Soldado de mueble completo	E	1	\$3	0,75	\$ 2,25
Soldado de alambre/ Soldado de rotulo	F	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Soldado de mallas	G	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Refilado de mallas	H	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Doblado de mallas	I	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Pulido 1/ Pulido 2	J	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Soldado de soportes	K	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Soldado de perfiles/ Soldado de mallas	L	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Cuadrado	M	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Colgar	N	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Pintar	O	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Descolgar	P	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Cortado/ Recortado/ Refilado	Q	1	\$2,70	0,625	\$ 1,69
Doblado	R	1	\$2,70	0,75	\$ 2,03
Ensamblado de bandejas	S	1	\$2,70	0,75	\$ 2,03
Impresión (publicidad)	X	1	\$2,70	0,5	\$ 1,35
Cortado (publicidad)	T	1	\$2,80	0,75	\$ 2,10
Refilado (publicidad)	V	1	\$2,80	0,375	\$ 1,05
Ensamblado mueble completo	W	1	\$2,80	0,375	\$ 1,05
Empacado	Y	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Encartonado	Z	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
TOTAL					\$ 36,23

Tabla 28.
Costo-Hora mano de obra “mueble rejas multi-producto” Futuro

COSTO MANO DE OBRA FUTURA					
PROCESOS	OPERADOR	#	C/H Área	%Tiempo para mueble en estudio	C/H Real para mueble en estudio
Conformado (piezas)/ Soldado (piezas)	A	1	\$4	0,375	\$ 1,50
Cortado de tol/ Refilado+Doblado de mallas/ Soldado de perfiles	B	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Doblado+Aplastado/ Soldado de soportes	C	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Cortado de alambre/ Soldado de mueble completo	D	1	\$3	0,75	\$ 2,25
Soldado de alambre/ Soldado de rotulo	E	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Soldado de mallas	F	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Pulido 1/ Pulido 2	G	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Soldado de perfiles	H	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Soldado de soportes/ Cuadrado	I	1	\$3	0,5	\$ 1,50
Colgar+Pintar+Descolgar	J	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Colgar+Pintar+Descolgar	K	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Colgar+Pintar+Descolgar	L	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Cortado/ Recortado/ Refilado	M	1	\$2,70	0,625	\$ 1,69
Doblado	N	1	\$2,70	0,75	\$ 2,03
Ensamblado de bandejas	O	1	\$2,80	0,75	\$ 2,10
Impresión (publicidad)	P	1	\$2,80	0,75	\$ 2,10
Cortado (publicidad)/ Refilado (publicidad)	Q	1	\$2,50	0,5	\$ 1,25
Ensamblado mueble completo1	R	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Ensamblado mueble completo2	S	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Ensamblado mueble completo2	T	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Ensamblado mueble completo2	V	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
Empacado y Encartonado	W	1	\$2,50	0,375	\$ 0,94
TOTAL					\$ 30,91

- **Empacado y Encartonado**

Productividad sin mejoras (Estado Actual):

-Número de operarios: **2**

-Horas para producir 1 UND =91,2 segundos

$$= 0,02533 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{12,66 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 0,94\$/hora x 12,66 horas = **\$11,90**

-Costo de materia prima = **\$0.89**

$\frac{\text{Productividad sin mejoras (Estado Actual)}}{\text{Empacado y Encartonado}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(2 \text{ OP} \times \$11,90) + (500 \text{ UND} \times \$0,89)} = 37,33$
--

Figura 73. Productividad sin mejoras (Estado Actual) Empacado y Encartonado

Productividad con mejoras (Estado Futuro):

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =91,2 segundos

$$= 0,0253 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{12,66 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 0,94\$/hora x 12,66 horas = **\$11,90**

-Costo de materia prima = **\$0.89**

$$\text{Productividad con mejoras (Estado Futuro) Empacado y Encartonado} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$11,90) + (500 \text{ UND} \times \$0,89)} = 38,30$$

Figura 74. Productividad con mejoras (Estado Futuro) Empacado y Encartonado

Mejora de la Productividad:

$$\text{Tasa de variación de la productividad (Empacado y Encartonado)} = \frac{38,30 - 37,33}{37,33} = 0,026 = 2,60\%$$

Figura 75. Mejora de la productividad (Empacado y Encartonado)

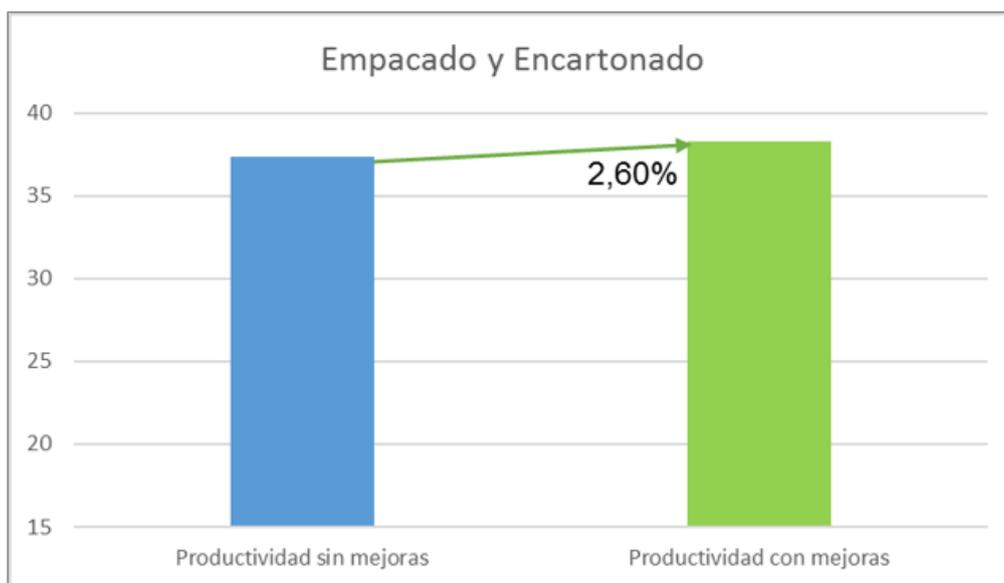


Figura 76. Gráfica de la mejora de la productividad Empacado y Encartonado

- Ensamblado

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **1** pero para cumplir con el tiempo requieren de **5**

-Horas para producir 1 UND = 840 segundos

$$= 0,2333 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{116,5 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,05\$/hora x 116,5 horas = **\$122,33**

-Costo de materia prima = **\$1,4679**

Productividad sin mejoras (Estado Actual)	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(5 \text{ OP} \times \$122,33) + (500 \text{ UND} \times \$1,4679)}$	=	13
Ensamblado				

Figura 77. Productividad sin mejoras Ensamblado

Productividad con mejoras (1):

-Número de operarios: **5**

-Horas para producir 1 UND = 776 segundos

$$= 0,2155 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{107,77 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 0,94\$/hora x 107,77 horas = **\$101,30**

-Costo de materia prima = **\$1,4679**

Productividad con mejoras1(Estado Futuro)	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(5 \text{ OP} \times \$101,30) + (500 \text{ UND} \times \$1,4679)}$	=	14,11
Ensamblado				

Figura 78. Productividad con mejoras (1) Ensamblado

Mejora de la Productividad (1):

Tasa de variación de la productividad	=	$\frac{14,11-13}{13}$	=	0,0853	=	8,53%
(Ensamblado) (1)						

Figura 79. Mejora de la productividad (1) Ensamblado

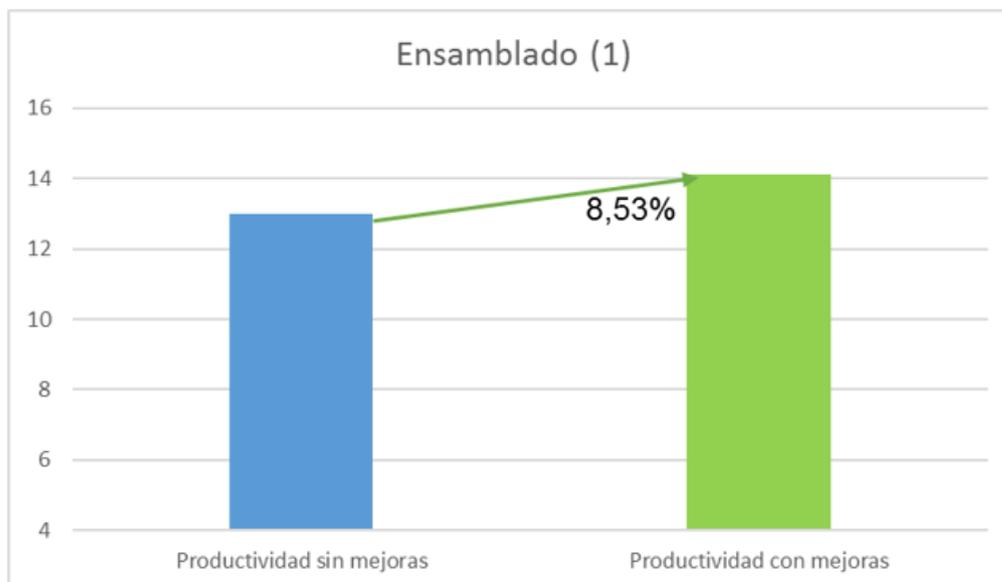


Figura 80. Gráfica de la mejora de la productividad (1) Ensamblado

Productividad con mejoras (2):

-Número de operarios: **4**

-Horas para producir 1 UND = 617 segundos

$$= 0,1391 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{85,69 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 0,94\$/hora x 85,69 horas = **\$80,55**

-Costo de materia prima = **\$1,4679**

$$\text{Productividad con mejoras 2 (Estado Futuro) Ensamblado} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(4 \text{ OP} \times \$80,55) + (500 \text{ UND} \times \$1,4679)} = 16,57$$

Figura 81. Productividad con mejoras (2) Ensamblado

Mejora de la Productividad (2):

$$\text{Tasa de variación de la productividad (Ensamblado) (2)} = \frac{16,57 - 13}{13} = 0,2746 = 27,46\%$$

Figura 82. Mejora de la productividad (2) Ensamblado

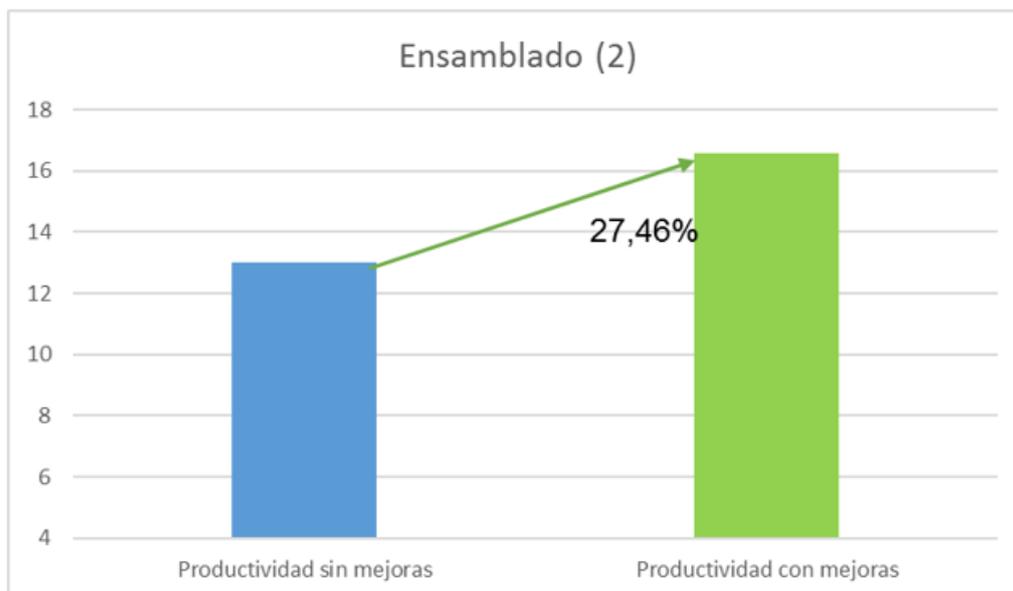


Figura 83. Gráfica de la mejora de la productividad (2) Ensamblado

- Cortado (publicidad)

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND = 866,4 segundos

$$= 0,2406 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{120,33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 2,10\$/hora x 120,33 horas = **\$252,69**

-Costo de materia prima = **\$0,647**

$\frac{\text{Productividad sin mejoras (Estado Actual)}}{\text{Cortado}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$252,69) + (500 \text{ UND} \times \$0,647)} = 30,37$

Figura 84. Productividad sin mejoras Cortado

Productividad con mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND = 202.2 segundos

$$= 0,0561 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{28.08 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,25\$/hora x 28.08 horas = **\$35,10**

-Costo de materia prima = **\$0,647**

$$\text{Productividad con mejoras (Estado Futuro) Cortado} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$35,10) + (500 \text{ UND} \times \$0,647)} = 48,80$$

Figura 85. Productividad con mejoras Cortado

Mejora de la Productividad:

$$\text{Tasa de variación de la productividad (Cortado)} = \frac{48,80 - 30,37}{30,37} = 0,6068 = 60,68\%$$

Figura 86. Mejora de productividad Cortado

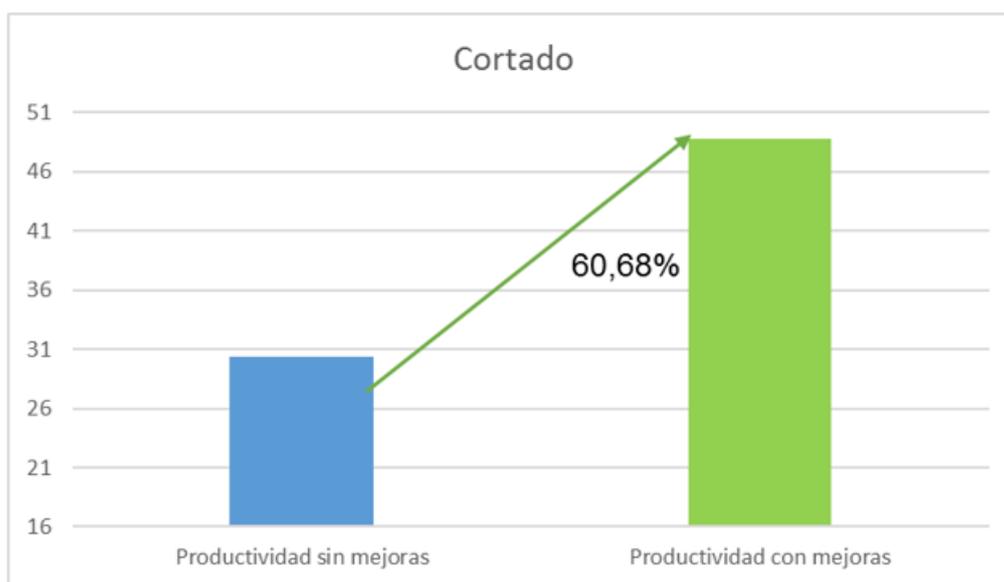


Figura 87. Gráfica de la mejora de la productividad Cortado

- Soldado de mallas2**Productividad sin mejoras:**-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =117,6 segundos

$$= 0,0326 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{16,33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 16,33 horas = **\$24,50**-Costo de materia prima = **\$3,10**

$$\frac{\text{Productividad sin mejoras (Estado Actual)}}{\text{Soldado de mallas2}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$24,50) + (500 \text{ UND} \times \$3,10)} = 11,11$$

Figura 88. Productividad sin mejoras Soldado mallas2

Productividad con mejoras:-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =96 segundos

$$= 0,0266 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{13,33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1.50\$/hora x 13,33 horas = **\$19,99**-Costo de materia prima = **\$3,10**

$$\frac{\text{Productividad con mejoras (Estado Futuro)}}{\text{Soldado de mallas2}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$19,99) + (500 \text{ UND} \times \$3,10)} = 11,15$$

Figura 89. Productividad con mejoras Soldado mallas2

Mejora de la Productividad:

$$\frac{\text{Tasa de variación de la productividad}}{\text{(Soldado de mallas2)}} = \frac{11,15 - 11,11}{11,11} = 0,0036 = 0,36\%$$

Figura 90. Mejora de productividad Soldado de mallas2

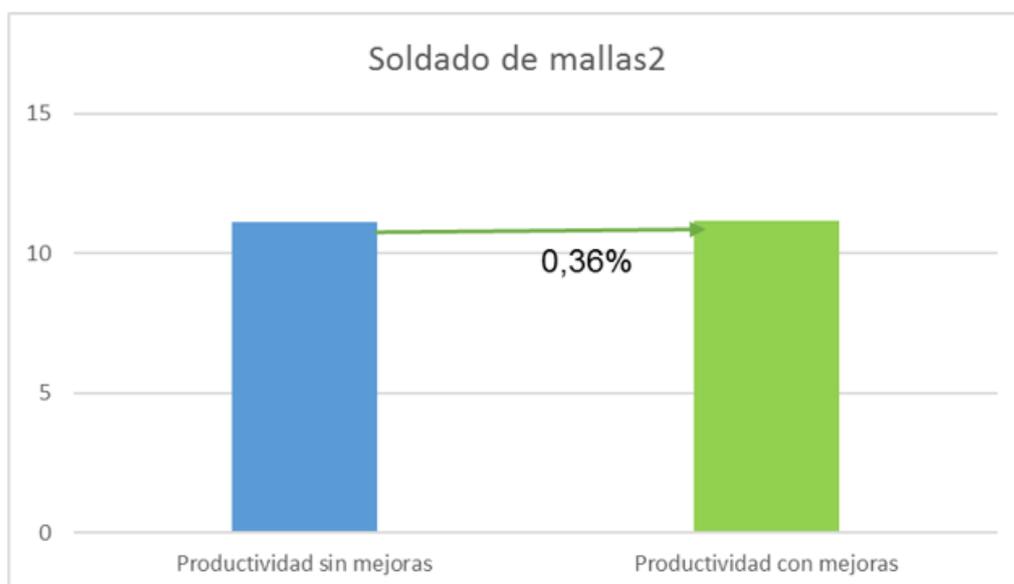


Figura 91. Gráfica de la mejora de la productividad del Soldado de mallas2

- **Soldado de perfiles**

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =237,6 segundos

$$= 0,0660 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 33 horas = **\$49,50**

-Costo de materia prima = **\$0,078**

Productividad sin mejoras (Estado Actual)	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$49,50) + (500 \text{ UND} \times \$0,078)}$	=	197,74
Soldado de perfiles				

Figura 92. Productividad sin mejoras Soldado de perfiles

Productividad con mejoras (1):

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =205,2 segundos

$$= 0,0570 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{28,50 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 28,50 horas = **\$42,75**

-Costo de materia prima = **\$0,078**

Productividad con mejoras1 (Estado Futuro)	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$42,75) + (500 \text{ UND} \times \$0,078)}$	=	214,07
Soldado de perfiles				

Figura 93. Productividad con mejoras (1) Soldado de perfiles

Mejora de la Productividad (1) :

Tasa de variación de la productividad	=	$\frac{214,07 - 197,74}{197,74}$	=	0,0825	=	8,26%
(Soldado de perfiles) (1)						

Figura 94. Mejora de productividad (1) Soldado de perfiles

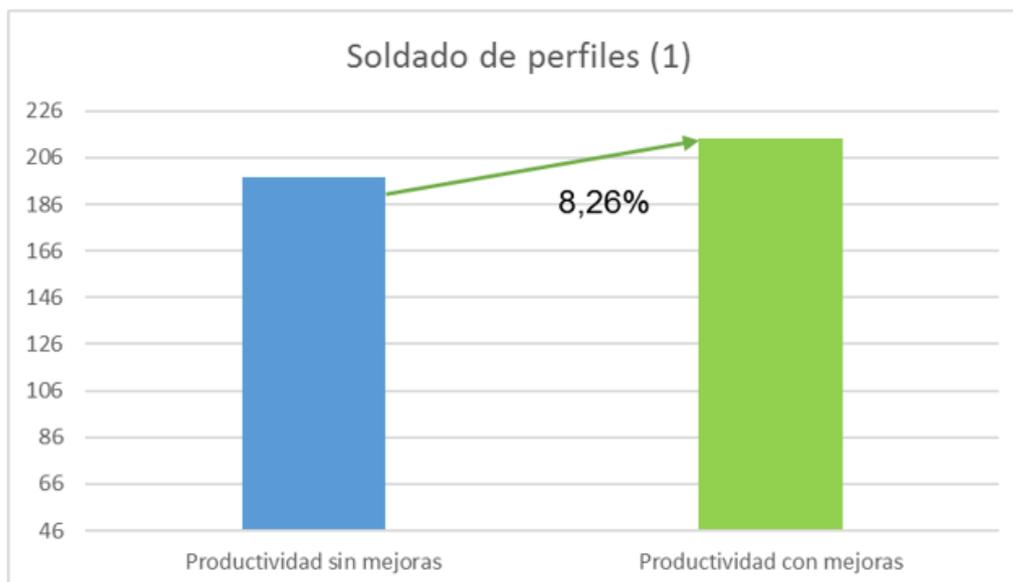


Figura 95. Gráfica de la mejora de la productividad (1) Soldado de perfiles

Productividad con mejoras (2):

-Número de operarios: **2**

-Horas para producir 1 UND =105,6 segundos

$$= 0,0293 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{14,66 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 14,66 horas = **\$21,99**

-Costo de materia prima = **\$0,078**

$$\text{Productividad con mejoras2 (Estado Futuro)} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(2 \text{ OP} \times \$21,99) + (500 \text{ UND} \times \$0,078)} = 210,89$$

Soldado de perfiles

Figura 96. Productividad con mejoras (2) Soldado de perfiles

Mejora de la Productividad (2) :

$$\text{Tasa de variación de la productividad} = \frac{210,89 - 197,74}{197,74} = 0,0665 = 6,65\%$$

(Soldado de perfiles) (2)

Figura 97. Mejora de productividad (2) Soldado de perfiles

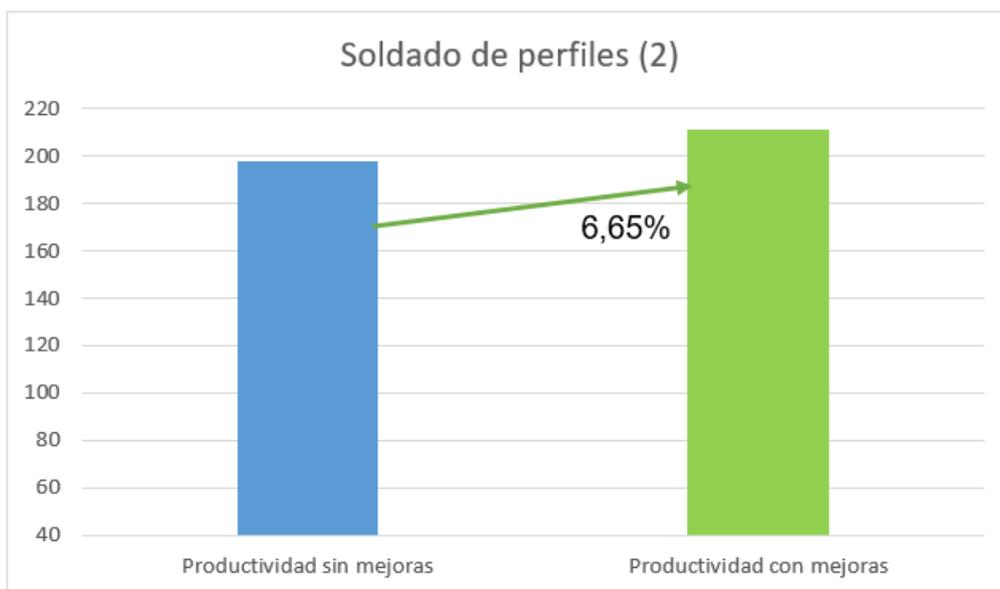


Figura 98. Gráfica de la mejora de la productividad (2) Soldado de perfiles

- Soldado de soportes

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND = 237.6 segundos

$$= 0.0660 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 33 horas = **\$49,50**

-Costo de materia prima = **\$0.266**

$\frac{\text{Productividad sin mejoras (Estado Actual)}}{\text{Soldado de soportes}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$49,50) + (500 \text{ UND} \times \$0,266)} = 95,89$
--

Figura 99. Productividad sin mejoras Soldado de soportes

Productividad con mejoras (1):

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND = 170.4 segundos

$$= 0,0473 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{23.66 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 23.66 horas = **\$35,49**

-Costo de materia prima = **\$0.266**

$$\frac{\text{Productividad con mejoras1 (Estado Futuro)}}{\text{Soldado de soportes}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$35,49) + (500 \text{ UND} \times \$0,266)} = 103,86$$

Figura 100. Productividad con mejoras (1) Soldado de soportes

Mejora de la Productividad (1) :

$$\frac{\text{Tasa de variación de la productividad}}{\text{(Soldado de soportes) (1)}} = \frac{103,86 - 95,89}{95,89} = 0,0831 = 8,31\%$$

Figura 101. Mejora de productividad (1) Soldado de soportes

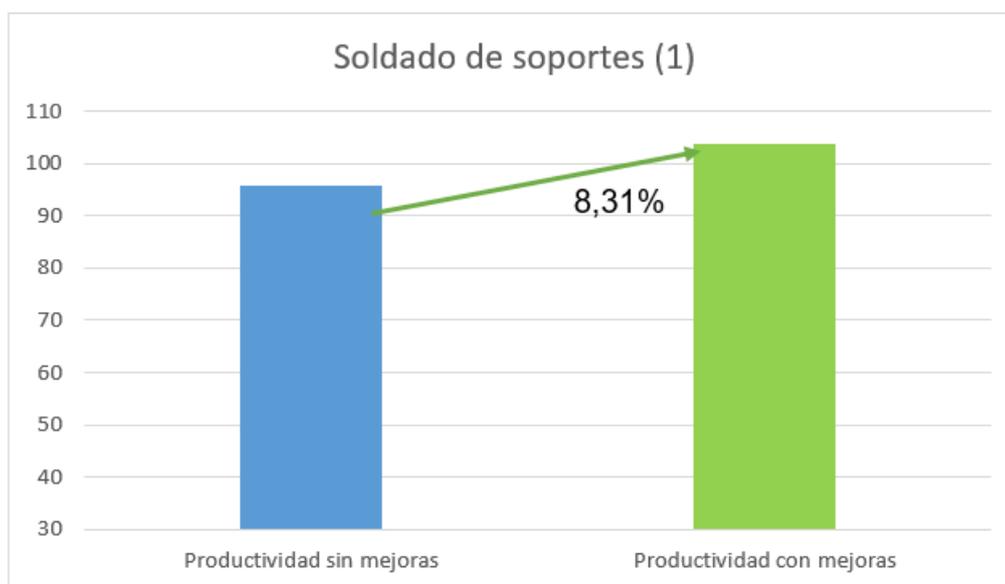


Figura 102. Gráfica de la mejora de la productividad (1) Soldado de soportes

Productividad con mejoras (2):

-Número de operarios: **2**

-Horas para producir 1 UND = 86,4 segundos

$$= 0,0240 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{12 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 12 horas = **\$18**

-Costo de materia prima = **\$0.266**

$$\frac{\text{Productividad con mejoras2 (Estado Futuro)}}{\text{Soldado de soportes}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(2 \text{ OP} \times \$18) + (500 \text{ UND} \times \$0,266)} = 103,55$$

Figura 103. Productividad con mejoras (2) Soldado de soportes

Mejora de la Productividad (2) :

$$\frac{\text{Tasa de variación de la productividad}}{\text{(Soldado de soportes) (2)}} = \frac{103,55 - 95,89}{95,89} = 0,0798 = 7,99\%$$

Figura 104. Mejora de productividad (2) Soldado de soportes

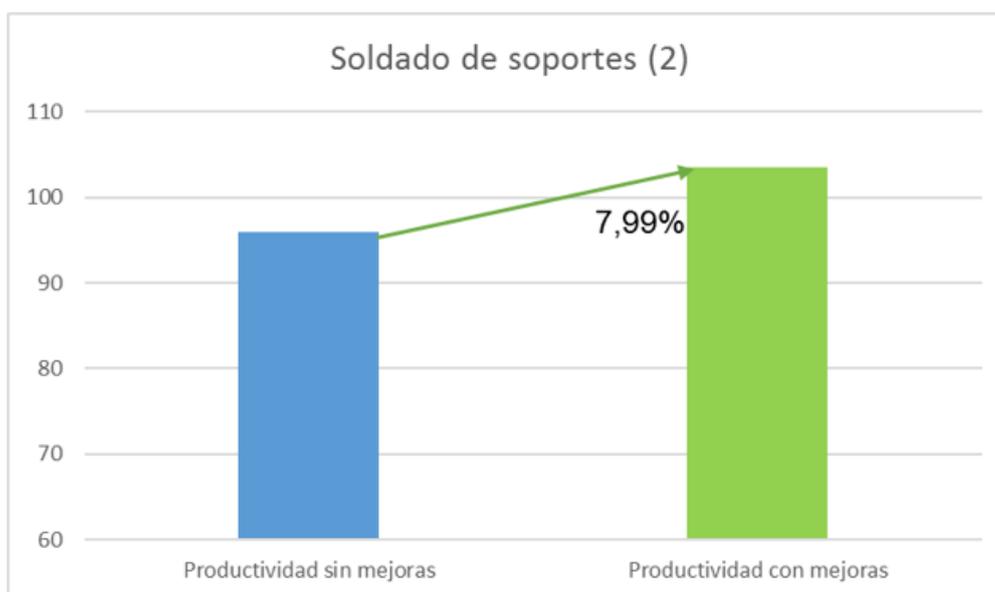


Figura 105. Gráfica de la mejora de la productividad (2) Soldado de soportes

- Soldado de mueble completo**Productividad sin mejoras:**

-Número de operarios: 1

-Horas para producir 1 UND = 187.5 segundos

$$= 0,0520 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{26.04 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 2,25\$/hora x 26.04 horas = **\$58,59**-Costo de materia prima = **\$3,71**

$$\frac{\text{Productividad sin mejoras (Estado Actual)}}{\text{Soldado de mueble completo}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$58,59) + (500 \text{ UND} \times \$3,71)} = 9,15$$

Figura 106. Productividad sin mejoras Soldado de mueble

Productividad con mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =153.6 segundos

$$= 0,0426 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{21.33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 2,25\$/hora x 21.33 horas = **\$47,99**

-Costo de materia prima = **\$3,71**

$$\frac{\text{Productividad con mejoras (Estado Futuro)}}{\text{Soldado de mueble completo}} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$47,99) + (500 \text{ UND} \times \$3,71)} = 9,20$$

Figura 107. Productividad con mejoras Soldado de mueble

Mejora de la Productividad:

$$\frac{\text{Tasa de variación de la productividad}}{\text{(Soldado de mueble completo)}} = \frac{9,20 - 9,15}{9,15} = 0,0054 = 0,55\%$$

Figura 108. Mejora de la productividad Soldado de mueble

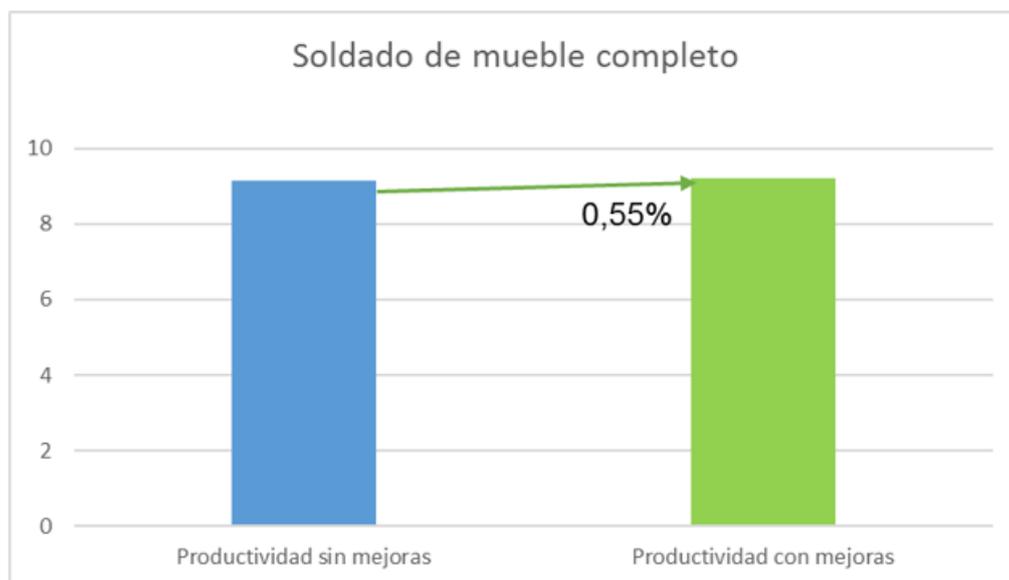


Figura 109. Gráfica de la mejora de la productividad Soldado de mueble completo

- **Refilado y doblado (mallas)**

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **2**

-Horas para producir 1 UND =67.2 segundos

$$= 0,0186 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{9.33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 9.33 horas = **\$13,99**

-Costo de materia prima = **\$3,10**

Productividad sin mejoras (Estado Actual) Refilado y Doblado de Mallas	$= \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(2 \text{ OP} \times \$13,99) + (500 \text{ UND} \times \$3,10)}$	$= 11,09$
---	---	-----------

Figura 110. Productividad sin mejoras Refilado y Doblado

Productividad con mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =67.2 segundos

$$= 0,0186 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{9.33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 9.33 horas = **\$13,99**

-Costo de materia prima = **\$3,10**

Productividad con mejoras (Estado Futuro) Refilado y Doblado de Mallas	$= \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$13,99) + (500 \text{ UND} \times \$3,10)}$	$= 11,19$
---	---	-----------

Figura 111. Productividad con mejoras Refilado y Doblado

Mejora de la Productividad:

Tasa de variación de la productividad (Refilado y Doblado de Mallas)	$= \frac{11,19 - 11,09}{11,09}$	$= 0,0090$	$= 0,90\%$
---	---------------------------------	------------	------------

Figura 112. Mejora de la productividad Refilado y Doblado

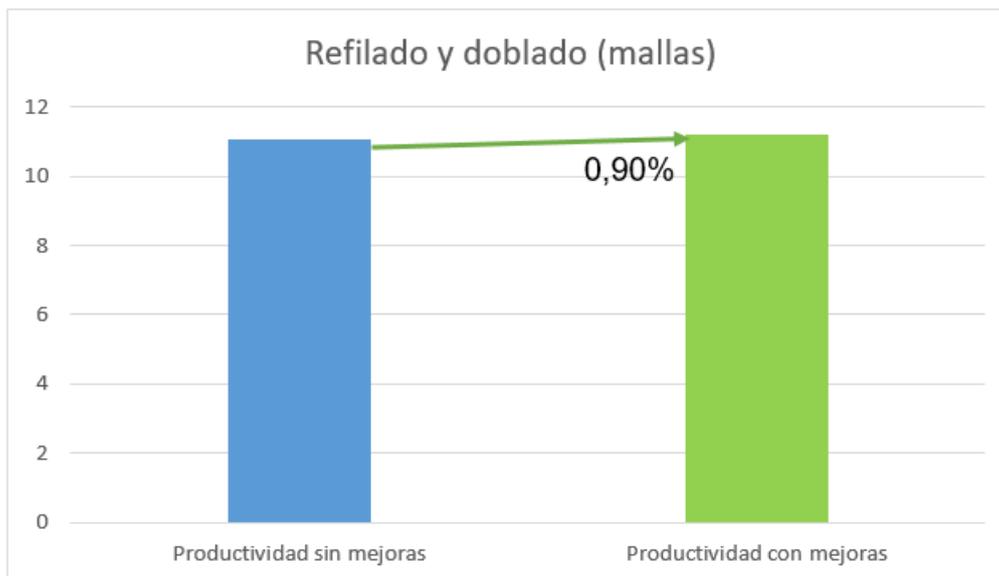


Figura 113. Gráfica de la mejora de la productividad Refilado y Doblado (mallas)

- Soldado de mallas1

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND = 132 segundos

$$= 0,0366 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{18,33 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 18,33 horas = **\$27,50**

-Costo de materia prima = **\$3,10**

Productividad sin mejoras (Estado Actual)	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$27,50) + (500 \text{ UND} \times \$3,10)}$	=	11,09
Soldado de Mallas1				

Figura 114. Productividad sin mejoras Soldado de mallas1

Productividad con mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND = 120 segundos

$$= 0,0333 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{16,66 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 16,66 horas = **\$24,99**

-Costo de materia prima = **\$3,10**

$$\text{Productividad con mejoras (Estado Futuro)} = \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$24,99) + (500 \text{ UND} \times \$3,10)} = 11,11$$

Soldado de Mallas1

Figura 115. Productividad con mejoras Soldado de mallas1

Mejora de la Productividad:

$$\text{Tasa de variación de la productividad (Soldado de mallas1)} = \frac{11,11 - 11,09}{11,09} = 0,0018 = 0,18\%$$

Figura 116. Mejora de la productividad Soldado de mallas1

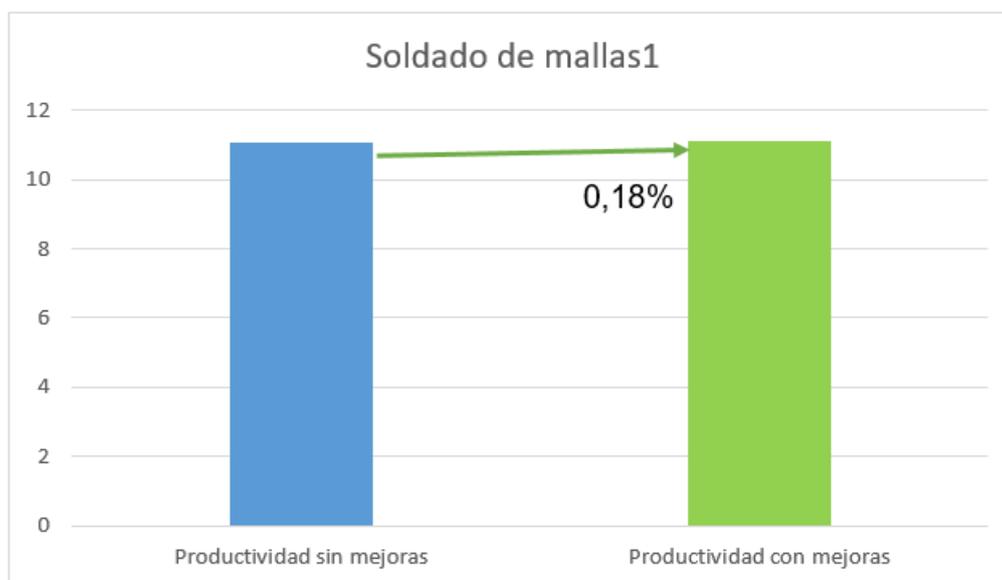


Figura 117. Gráfica de la mejora de la productividad Soldado de mallas1

- Doblado y Aplastado**Productividad sin mejoras:**

Doblado:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =51 segundos

$$= 0,01416 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{7,08 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,13\$/hora x 10,25 horas = **\$11,58**

Aplastado:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =22,8 segundos

$$= 0,0063 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{3,17 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,88\$/hora x 10,25 horas = **\$19,27**

Total:

-Costo de la mano de obra total= **\$30,85**

-Costo de materia prima = **\$0.078**

Productividad sin mejoras (Estado Actual) Doblado y Aplastado	$= \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{[(1 \text{ OP} \times \$11,58)+(1 \text{ OP} \times \$19,27)]+(500 \text{ UND} \times \$0,078)}$	$= 250,54$
--	--	------------

Figura 118. Productividad sin mejoras Doblado y Aplastado

Productividad con mejoras:

-Número de operarios: **1**

-Horas para producir 1 UND =37.2 segundos

$$= 0,0103 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{5.16 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 1,50\$/hora x 5.16 horas = **\$7,74**

-Costo de materia prima = **\$0.078**

Productividad con mejoras (Estado Futuro) Doblado y Aplastado	$= \frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(1 \text{ OP} \times \$7,74)+(500 \text{ UND} \times \$0,078)}$	$= 374,41$
--	---	------------

Figura 119. Productividad con mejoras Doblado y Aplastado

Mejora de la Productividad:

Tasa de variación de la productividad (Doblado y Aplastado de tol)	$= \frac{374,41-250,54}{250,54}$	$= 0,4944$	$= 49,44\%$
---	----------------------------------	------------	-------------

Figura 120. Mejora de la productividad Doblado y Aplastado

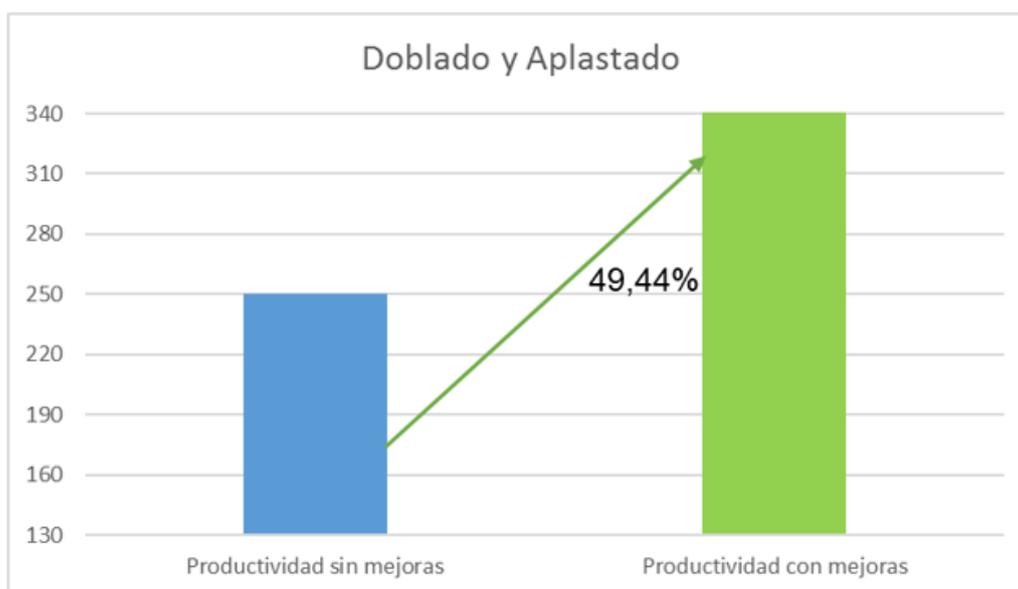


Figura 121. Gráfica de la mejora de la productividad Doblado y Aplastado

6.2. Matriz de resultados de las mejoras por proceso

Tabla 29.

Resultados de las mejoras por proceso

	PROCESO	Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
1)	Empacado y Encartonado	37,33	38,3	2,60%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
2)	Ensamblado	13	14,11	8,53%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
	Ensamblado	13	16,57	27,46%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
3)	Cortado	30,37	48,8	60,68%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
4)	Soldado de mallas ²	11,11	11,15	0,36%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
5)	Soldado de perfiles	197,74	214,07	8,26%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
	Soldado de perfiles	197,74	210,89	6,65%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
6)	Soldado de soportes	95,89	103,86	8,31%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
	Soldado de soportes	95,89	103,55	7,99%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
7)	Soldado de mueble completo	9,15	9,20	0,55%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
8)	Refilado y doblado (mallas)	11,09	11,19	0,90%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
9)	Soldado de mallas ¹	11,09	11,11	0,18%
		Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
10)	Doblado y Aplastado	250,54	374,41	49,44%

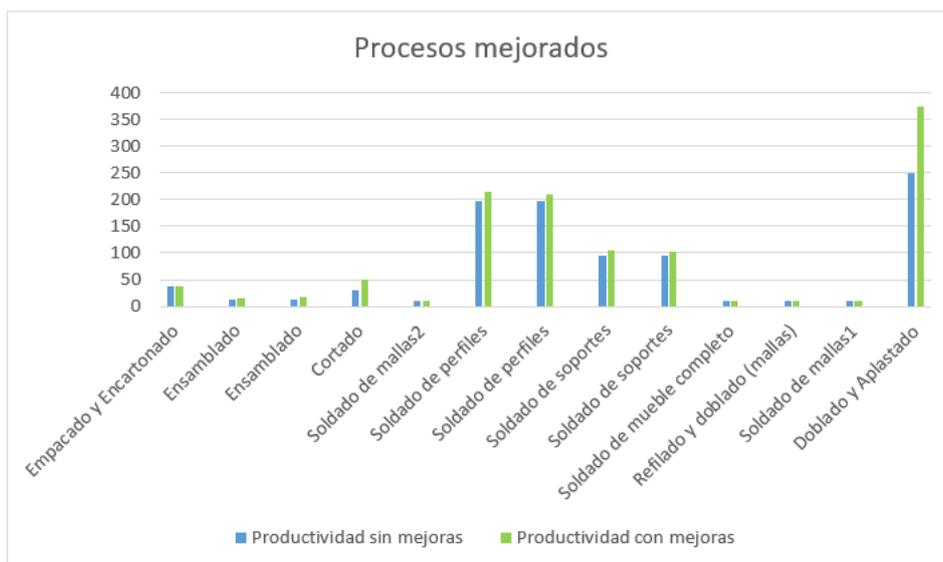


Figura 122. Gráfica de la mejora de la productividad de todos los procesos

En la **Tabla 29** se observa un resumen de la productividad sin y con mejoras de los procesos analizados y se señala a aquellos cuya tasa de variación de la productividad es representativa, en el caso de estudio el proceso de Cortado (Publicidad) y el Doblado y Aplastado generan una mejora del 60,68% y el 49,44% respectivamente.

En la **Figura 122** se representa mediante un gráfico de barras todas las mejoras por proceso.

6.3. Priorización de las mejoras

Se realizó una priorización de las mejoras tomando en cuenta a aquella que haya generado la mayor productividad.

Las mejoras que generaron una mayor productividad se dieron en los procesos de Cortado (Publicidad) y Doblado y Aplastado.

El proceso de Cortado (Publicidad) al pasar de ser un proceso netamente manual con un tiempo de ciclo de 866,4 segundos a un proceso automático con un tiempo de ciclo de 202,2 segundos genero un aumento en un 60,68% de la productividad.

El proceso de Doblado y Aplastado que, al cambiar de ser un proceso realizado por 2 personas, en dos máquinas diferentes con un tiempo de ciclo total de 73,8 segundos a realizarse en una sola máquina (troqueladora) con 1 solo operario y un tiempo de ciclo total de 37.2 segundos permitió un aumento de la productividad en un 49,44%.

Se decidió utilizar a la mejora en el proceso de Doblado y Aplastado para ser representada mediante un diagrama de recorrido de flujo y una simulación que permita la visualización de la situación actual y la futura.

6.4. Diagrama de recorrido de flujo Actual vs Futuro

En lo que respecta al análisis de las operaciones realizadas en los procesos y de manera que sea más fácil la visualización de los desperdicios encontrados en planta se realizó un diagrama de recorrido de flujo que se muestra a continuación, del proceso de Doblado y Aplastado actual y futuro.

En la **Tabla 31** se representa el Diagrama del proceso de recorrido de los procesos de Doblado y Aplastado antes de las mejoras realizadas y se concluye que para la realización de los dos procesos en total los operarios recorren una distancia de 4,51 metros y con un tiempo de 71,59 segundos en transportes.

En la **Tabla 32** se representa el Diagrama del proceso de recorrido del Troquelado (Doblado + Aplastado) con las mejoras realizadas y se concluye que para la realización del proceso en total el operario recorre una distancia de 4,02 metros y con un tiempo de 24 segundos en transportes.

Por tanto, se observa una reducción en distancia recorrida de 10,86% y 66,48% del tiempo utilizado en transportes.

Tabla 30.

Reducción de la distancia recorrida y tiempo de transporte del Doblado y Aplastado

	ACTUAL	FUTURO	TASA DE VARIACIÓN	REDUCCIÓN PORCENTUAL
Distancia recorrida	4,51	4,02	0,1086	10,86%
Tiempo de transportes	71,59	24	0,6648	66,48%

Tabla 31.

Diagrama del proceso de recorrido de los procesos de Doblado y Aplastado

DIAGRAMA DEL PROCESO DE RECORRIDO DE LA OPERACIÓN											
"Mueble rejas multi-producto"											
Metalmeccánica											
Doblado											
Perfil											
Producto	Área	Proceso	Parte	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacena miento	Distancia (mts)	Tiempo (seg)	Observaciones
Trasladar perfiles cortados a dobladora de tol									1,62	31,96	Se trasladan los perfiles cortados desde la cizalla automática hasta la dobladora de tol.
Tomar perfiles con la mano											Se toman algunos perfiles de el lote de perfiles cortados con la mano.
Colocar perfiles en dobladora de tol											Se colocan de 3 a 4 perfiles en la dobladora de tol de acuerdo a su tamaño.
Regresar al lote los perfiles tomados en exceso											Se regresan perfiles tomados de más al bte de donde se tomaron.
Doblar perfiles											Se doblan los perfiles en la dobladora de tol de acuerdo a especificaciones.
Sacar perfiles de la dobladora											Se sacan perfiles doblados de la dobladora de tol.
Colocar perfiles doblados en caja											Se colocan los perfiles doblados en otra sala industrial para perfiles doblados.
Anotar cantidad de perfiles doblados											El operario anota en un cuaderno la cantidad de perfiles doblados.
									1,62	31,96	
DIAGRAMA DEL PROCESO DE RECORRIDO DE LA OPERACIÓN											
"Mueble rejas multi-producto"											
Metalmeccánica											
Aplastado											
Perfil											
Producto	Área	Proceso	Parte	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacena miento	Distancia (mts)	Tiempo (seg)	Observaciones
Trasladar perfiles hacia plegadora									2,89	39,63	Se trasladan los perfiles doblados desde la dobladora de tol hasta la plegadora.
Tomar perfiles con la mano											Se toman algunos perfiles de el lote de perfiles doblados con la mano.
Poner perfiles en un montón sobre la plegadora											Se colocan un montón de perfiles tomados del lote de perfiles doblados sobre plegadora
Colocar perfiles en plegadora											Se colocan de 3 a 4 perfiles en la plegadora de acuerdo a su tamaño.
Sortar perfiles tomados demás											Se regresan perfiles tomados de más al montón sobre la plegadora.
Aplastar perfiles											Se aplastan los perfiles en la plegadora de acuerdo a especificaciones.
Sacar perfiles de plegadora											Se sacan perfiles aplastados de la plegadora.
Colocar perfiles aplastados en caja											Se colocan los perfiles aplastados en otra sala para perfiles aplastados.
Anotar cantidad de perfiles realizados											El operario anota en un cuaderno la cantidad de perfiles aplastados.
									2,89	39,63	
TOTAL									4,51	71,59	

Tabla 32.

Diagrama del proceso de recorrido del proceso de Troquelado (Doblado + Aplastado)

DIAGRAMA DEL PROCESO DE RECORRIDO DE LA OPERACIÓN									
Producto	"Mueble rejas multi-producto"								
Área	Metalmecánica								
Proceso	Troquelado (Doblado + Aplastado)								
Parte	Perfil								
Descripción del recorrido	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenamiento	Distancia (mts)	Tiempo (seg)	Observaciones	
	Trasladar perfiles cortados a troqueladora						4.02	24	Se trasladan los perfiles cortados desde la cizalla automática hasta la troqueladora.
Tomar perfiles con la mano								Se toman algunos perfiles de el bte de perfiles cortados con la mano.	
Colocar perfiles en matriz								Se colocan los perfiles tomados en la matriz.	
Regresar a caja perfiles en exceso								Se regresan perfiles tomados de más al bte de perfiles cortados.	
Colocar matriz en troqueladora								Se coloca la matriz en la troqueladora.	
Troquelear perfiles								Se dobla y aplasta los perfiles en la troqueladora de acuerdo a especificaciones.	
Sacar perfiles de troqueladora								Se sacan los perfiles doblados y aplastados de la troqueladora.	
Colocar perfiles troquelados en caja								Se colocan los perfiles doblados y aplastados en otra caja para perfiles laminados.	
Anotar cantidad de perfiles doblados							24	El operario anota en un cuaderno la cantidad de perfiles aplastados	
TOTAL						4.02	24		

6.5. Simulación Actual vs Futura

El programa Flexsim fue utilizado como herramienta que permita la simulación de la situación actual del proceso de doblado y aplastado realizados por separado, en dos máquinas diferentes operadas por dos operarios distintos, de la situación futura en que los dos procesos son realizados en una sola máquina operada por un solo operario.

En la **Figura 123** se observa a dos operarios, el primero realizando el doblado de tol en la dobladora de tol manual y el segundo realizando el aplastado en la plegadora de tol. La materia prima para estos procesos se obtiene del proceso previo de cortado de tol en la cizalla automática representada por el source, todos estos pedazos de tol se los coloca en una caja en la que son almacenadas hasta pasar al siguiente proceso en el cual el Operador C recoge la caja de pedazos cortados en un batch de 500 pedazos y los coloca a lado de la dobladora de tol y empieza con el proceso de doblado el cual consiste en colocar en la máquina 6 pedazos de tol, doblarlos e irlos colocando en otra caja de almacenamiento de pedazos de tol doblados, de la misma manera el Operador D al ver la existencia de un batch de al menos 500 pedazos doblados procede a recogerlos y llevarlos al lado de la plegadora de tol y procede a aplastar 4 pedazos de tol y los coloca en una caja de almacenamiento de pedazos de tol aplastados con lo cual termina el proceso.

En la **Figura 125** se observa a un solo operario realizando los dos procesos de doblado y aplastado en una sola máquina. La materia prima para estos procesos se obtiene igual que en lo descrito anteriormente en el proceso de cortado de tol en la cizalla automática representada por el source, todos estos pedazos de tol se los coloca en una caja en la que son almacenados los pedazos hasta pasar al siguiente proceso donde el Operador C recoge la caja llena con al menos 500 pedazos de tol y los transporta y coloca a lado de la troqueladora en donde coloca 7 pedazos de tol y procede a doblar y aplastar a la vez y luego coloca

estos pedazos de tol en una caja de almacenamiento de los pedazos de tol doblados y aplastados con lo cual termina el proceso.

En la **Figura 124 y 126** se observa la duración de la simulación del proceso de Doblado y Aplastado Actual vs la duración de la simulación del proceso de Troquelado (Doblado + Aplastado) Futuro. La reducción del tiempo se expresa en un porcentaje de 66,06% en la **Tabla 33**.

Tabla 33.
Reducción del tiempo de realización del proceso

	ACTUAL	FUTURO	TASA DE VARIACIÓN	REDUCCIÓN PORCENTUAL
TIEMPO DE PROCESAMIENTO (seg)	56828	19284,94	0,6606	66,06%

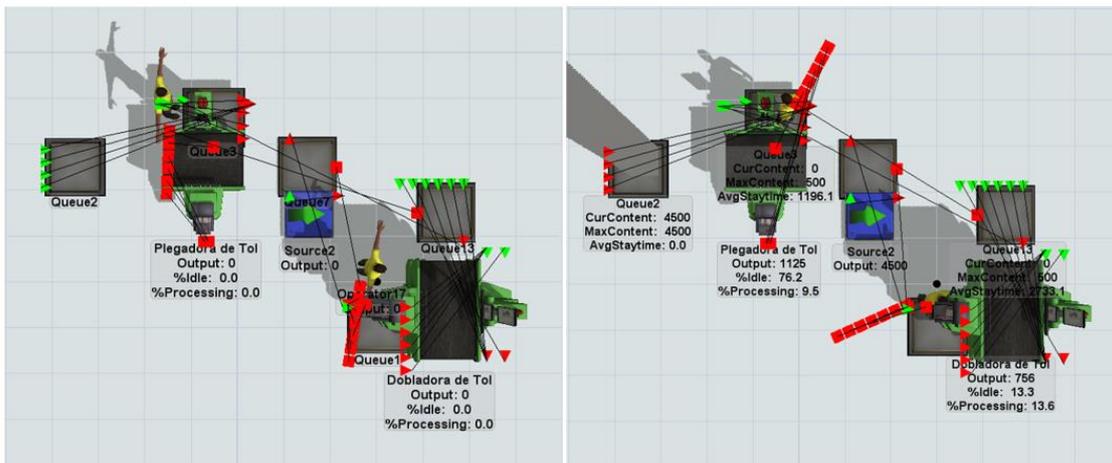


Figura 123. Simulación Doblado y Aplastado Actual (Inicial) y (Final)

Run Time: 56928.00 to 56928.00

Figura 124. Duración de la simulación Doblado y Aplastado Actual

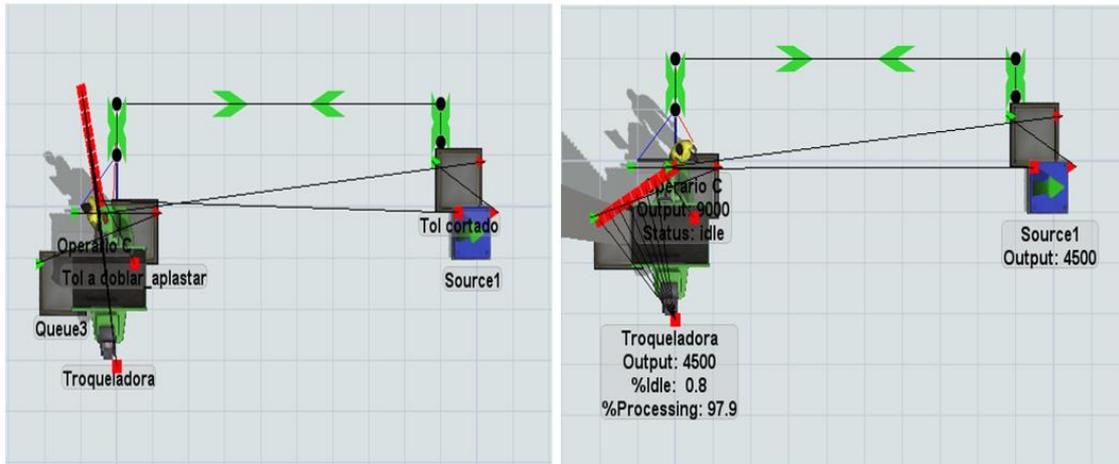


Figura 125. Simulación Troquelado (Doblado + Aplastado) Futuro (Inicial) y (Final)

Run Time: 19252.01 to 19252.02

Figura 126. Duración de la simulación Troquelado (Doblado + Aplastado) Futuro

Para poder comparar la situación actual vs la futura se utilizaron diagramas generados por el programa Flexsim mediante los cuales se pudieron comparar el estado de los diferentes elementos utilizados en ambas simulaciones y poder visualizar las mejoras.

En las **Figura 127 y 128** se comparan el estado de las cajas de almacenamiento.

Se puede ver que en la situación actual se requieren de tres cajas de almacenamiento, la caja de tol cortado pasa un 87,1% del tiempo con material, un 12,8% vacía y un 0,1% en espera del operador, la caja de tol doblado pasa un 86,2% del tiempo con material y un 13,8% vacía y por último la caja de tol aplastado pasa un 37,8% del tiempo liberando material y un 62,2% vacía.

En cambio, en la situación futura se requieren solamente de dos cajas de almacenamiento, la caja de tol cortado la cual pasa 88,9% del tiempo liberando material y un 11,1% vacía y la caja de tol doblado + aplastado la cual pasa un 99% liberando material y un 1% vacía.

Esto significa que en la situación futura hay más flujo de material lo que quiere decir que el doblado y aplastado se realizan más rápidamente.

En las **Figuras 129 y 130** se comparan el estado de los procesos.

En la situación actual los procesos de doblado y aplastado se los realiza en dos máquinas distintas, la dobladora de tol procesa un 13,5% del tiempo, un 0,1% de tiempo de preparación de máquina, un 13% de tiempo ocioso y un 73,4 % de espera al operario y la plegadora procesa un 9,5% del tiempo, un 0% de tiempo de preparación de máquina, un 76,3% de tiempo ocioso y un 14,2% de espera al operario.

En cambio, en la situación futura se tienen los dos procesos realizados en una sola máquina, la troqueladora procesa un 97,8% del tiempo, un 0,7% de tiempo de preparación de máquina, un 0,9% de tiempo ocioso y un 0,7% de espera al operario.

En las **Figuras 131 y 132** se comparan las salidas por hora de las máquinas.

En la situación actual se tiene que la dobladora de tol genera 47,8 unidades por hora mientras que la plegadora de tol 71,1 unidades por hora.

Mientras que en la situación futura la troqueladora genera 840 unidades por hora.

Por tanto, se concluye en la situación futura el tiempo de procesamiento es menor y por tanto las unidades por hora son más.

En las **Figuras 133 y 134** se comparan el estado de los operarios.

En la situación actual los procesos de doblado y aplastado los realizan dos operarios por separado, el Operador C que es quién opera la dobladora de tol es utilizado un 81,0% del tiempo y un 18,9% de tiempo ocioso, el Operador D quién opera la plegadora es utilizado solamente un 38,1% del tiempo y un 61,8% de tiempo ocioso.

Mientras que en la situación futura los procesos de doblado y aplastado se realizan en una sola máquina operada por un solo operario, el Operador C opera la troqueladora y es utilizado un 98,4% del tiempo y un 1,6% del tiempo lo utiliza en transportes.

Por último, en las **Figuras 135 y 136** se comparan los kilómetros recorridos por día por los operarios.

En la situación actual los operarios C y D recorren 0,2 y 9,3 kilómetros por día respectivamente en total 9,5 kilómetros por día.

En la situación futura el operario C recorre 1,8 kilómetros por día.

Se observa por tanto una gran reducción en kilómetros recorridos por día en la situación actual vs la situación futura.

En conclusión, las mejoras han podido representarse y ser visualizadas de mejor forma mediante la simulación realizada y las diagramaciones correspondientes en las que se pudo observar reducción de cajas de almacenamiento y un mejor uso de estas, una mejor utilización de la máquina para el trabajo, más salidas de producto terminado por hora, reducción del número de operarios, una mayor utilización del operario en el estado futuro y una reducción considerable en los kilómetros recorridos por día.

En la **Tabla 34** se encuentran resumidos todos los datos de la situación actual vs la situación futura.

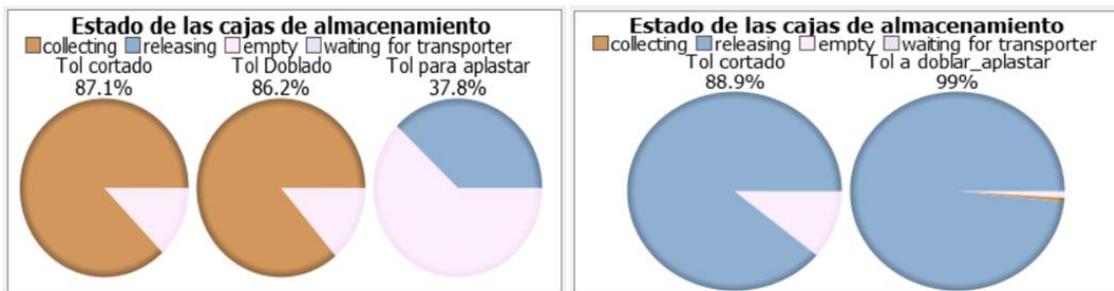


Figura 127: Estado de las cajas de almacenamiento Doblado y Aplastado situación actual vs Estado de las cajas de almacenamiento Troquelado (Doblado + Aplastado) situación futura.

Análisis del Estado de las cajas de almacenamiento					Análisis del estado de las cajas de almacenamiento						
	Total	collecting	releasing	empty	waiting for transporter	Total	collecting	releasing	empty	waiting for transporter	
Tol cortado	87.1%	87.1%	0.0%	12.8%	0.1%	Tol cortado	88.9%	0.0%	88.9%	11.0%	0.2%
Tol Doblado	86.2%	86.2%	0.0%	13.8%	0.0%	Tol a doblar_aplastar	99.0%	0.7%	98.3%	1.0%	0.0%
Tol para aplastar	37.8%	0.0%	37.8%	62.2%	0.0%						

Figura 128: Análisis del estado de las cajas de almacenamiento Doblado y Aplastado situación actual vs Análisis del estado de las cajas de almacenamiento Troquelado situación futura

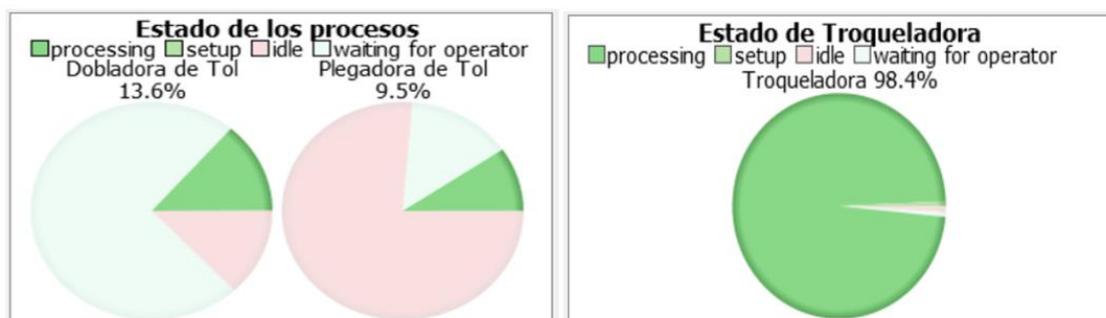


Figura 129: Estado de los procesos Doblado y Aplastado situación actual vs Estado del proceso Troquelado (Doblado y Aplastado) situación futura.

Análisis de los procesos					Análisis del estado de la Troqueladora						
	Total	processing	setup	idle	waiting for operator	Total	processing	setup	idle	waiting for operator	
Dobladora de Tol	13.6%	13.5%	0.1%	13.0%	73.4%	Troqueladora	98.4%	97.8%	0.7%	0.9%	0.7%
Plegadora de Tol	9.5%	9.5%	0.0%	76.3%	14.2%						

Figura 130: Análisis del estado de los procesos de Doblado y Aplastado situación actual vs Análisis del estado del proceso de Troquelado (Doblado + Aplastado) situación futura.

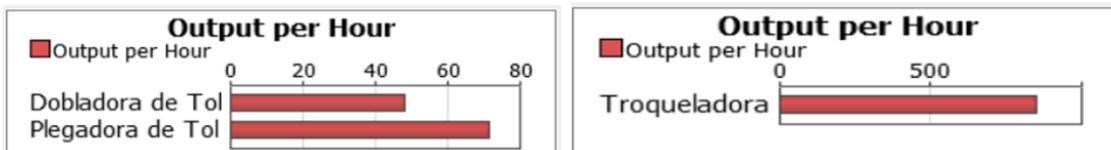


Figura 131: Salidas por hora de los procesos Doblado y Aplastado situación actual vs Salidas por hora del proceso Troquelado (Doblado y Aplastado) situación futura.



Figura 132: Análisis de las salidas por hora de los procesos Doblado y Aplastado situación actual vs Análisis de las salidas por hora de los procesos Troquelado (Doblado y Aplastado) situación futura.



Figura 133: Estado de los operarios en el Doblado y Aplastado situación actual vs Estado de los operarios en el Troquelado (Doblado + Aplastado) situación futura.



Figura 134: Análisis del estado de los operarios de Doblado y Aplastado situación actual vs Análisis del estado de los operarios de Troquelado (Doblado + Aplastado) situación futura.

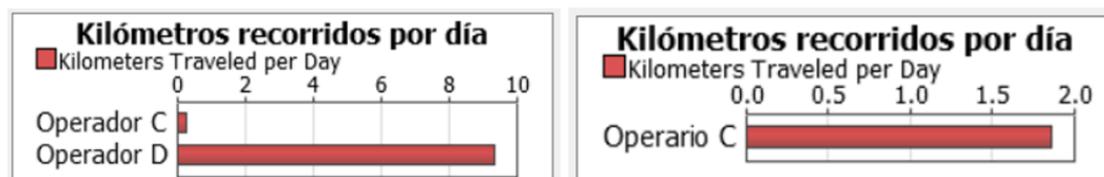


Figura 135: Kilómetros recorridos por día de los operarios encargados de los procesos Doblado y Aplastado situación actual vs Kilómetros recorridos por día del operario encargado del proceso de Troquelado (Doblado y Aplastado) situación futura.

Kilometers Traveled per Day Kilometers Traveled per Day		Kilometers Traveled per Day Kilometers Traveled per Day	
Operador C	0.2	Operario C	1.8
Operador D	9.3		

Figura 136: Análisis de los kilómetros recorridos por día de los operarios encargados de los procesos Doblado y Aplastado situación actual vs Análisis de los kilómetros recorridos por día del operario encargado del proceso de Troquelado (Doblado y Aplastado) situación futura.

Tabla 34.
Resumen de datos de simulación Actual vs Futuro

			ACTUAL	FUTURO
	DURACIÓN DE LA SIMULACIÓN		56928,00 segundos	19252,01 segundos
CAJAS DE ALMACENAMIENTO	CAJA DE TOL CORTADO	Tiempo con material	87,10%	0%
		Tiempo liberando material	0%	88,90%
		Tiempo vacía	12,80%	11,10%
		Tiempo en espera del operario	0,10%	0%
	CAJA DE TOL DOBLADO	Tiempo con material	86,20%	0%
		Tiempo liberando material	0%	99%
		Tiempo vacía	13,80%	1%
		Tiempo en espera del operario	0%	0%
	CAJA DE TOL APLASTADO	Tiempo con material	0%	N/A
		Tiempo liberando material	37,80%	N/A
		Tiempo vacía	62,20%	N/A
		Tiempo en espera del operario	0%	N/A
ESTADO DE LOS PROCESOS	DOBLADORA DE TOL	Tiempo procesando	13,50%	N/A
		Tiempo de preparación de máquina	0,10%	N/A
		Tiempo ocioso	13%	N/A
		Tiempo de espera al operario	73,40%	N/A
	PLEGADORA	Tiempo procesando	9,50%	N/A
		Tiempo de preparación de máquina	0%	N/A
		Tiempo ocioso	76,30%	N/A
		Tiempo de espera al operario	14,20%	N/A
	TROQUELADORA	Tiempo procesando	N/A	97,80%
		Tiempo de preparación de máquina	N/A	0,70%
		Tiempo ocioso	N/A	0,90%
		Tiempo de espera al operario	N/A	0,60%
SALIDAS x HORA DE MÁQUINAS	DOBLADORA DE TOL	Salidas por hora de máquina	47,80 UND/ hora	N/A
	PLEGADORA DE TOL	Salidas por hora de máquina	71,10 UND/ hora	N/A
	TROQUELADORA	Salidas por hora de máquina	N/A	840 UND/ hora
ESTADO DEL OPERARIO	OPERADOR C	Tiempo útil	81,00%	98,40%
		Tiempo de transporte	0%	1,60%
		Tiempo ocioso	18,90%	N/A
	OPERADOR D	Tiempo útil	38,10%	N/A
		Tiempo de transporte	0%	N/A
		Tiempo ocioso	61,80%	N/A
KM RECORRIDOS	OPERADOR C	Km recorridos	0,2 Km x día	1,8 Km x día
	OPERADOR D	Km recorridos	9,3 Km x día	N/A

6.6. Balance Actual vs Futuro

Se realiza una comparación del Balance Actual y Futuro de manera que se puedan detallar las mejoras en los tiempos estándar, la disminución del personal utilizado y los cambios realizados por procesos para dichas mejoras.

En la **Tabla 35** se presenta lado a lado la comparación del balance actual vs el balance futuro.

En el balance actual se observa la existencia de 32 operaciones y 25 operarios, así como los respectivos tiempos de ciclo y takt times por operación vs el balance futuro donde se observa la reducción a 30 operaciones y 22 operarios, así como los respectivos tiempos de ciclo y takt times por operación.

En la **Figura 137** está el cuadro combinado del balance actual- Tiempo estándar vs Takt time vs la **Figura 138** que contiene el cuadro combinado del balance futuro- Tiempo estándar vs Takt time en donde es más fácil visualizar la disminución de los tiempos de ciclo respecto a los takt time de cada proceso y operación realizada en el mueble en estudio “mueble rejas multi-producto”

Tabla 35.
Balance Actual vs Balance Futuro

Operación	Operador	Descripción	Tiempo	Takt
1	A	Conformado (piezas)	53,40	66
2	A	Soldado (piezas)	22,80	102
3	B	Cortado de tol	22,80	102
4	C	Doblado de tol	51,00	66
5	D	Aplastado de tol	22,80	138
6	E	Cortado de alambre	4,80	174
7	F	Soldado de alambre	28,80	102
8	G	Soldado de mallas	130,00	102
9	H	Refilado de mallas	38,40	102
10	I	Doblado de mallas	28,80	102
11	E	Soldado de mueble completo	187,50	138
12	F	Soldado de rotulo	57,00	102
13	J	Pulido 1	78,00	102
14	K	Soldado de soportes	237,60	102
15	L	Soldado de perfiles	205,20	102
16	L	Soldado de mallas	117,60	102
17	J	Pulido 2	90,00	102
18	M	Cuadrado	72,00	102
19	N	Colgar	52,80	66
20	O	Pintar	87,60	66
21	P	Descolgar	40,20	66
22	Q	Cortado	129,00	138
23	Q	Recortado	34,80	138
24	Q	Refilado	31,20	102
25	R	Doblado	72,00	174
26	S	Ensamblado de bandejas	101,40	174
27	T	Impresión (publicidad)	192,50	174
28	V	Cortado (publicidad)	463,80	66
29	W	Refilado (publicidad)	59,40	66
30	X	Ensamblado mueble completo	840,00	102
31	Y	Empacado	49,20	66
32	Z	Encartonado	42,00	66
TOTAL		Operaciones	Operadores	
		32	25	

Operación	Operador	Descripción	Tiempo	Takt
1	A	Conformado (piezas)	53,40	66
2	A	Soldado (piezas)	22,80	102
3	B	Cortado de tol	22,80	102
4	C	Doblado+Aplastado	37,20	66
5	D	Cortado de alambre	4,80	174
6	E	Soldado de alambre	28,80	102
7	F	Soldado de mallas	120,00	102
8	B	Refilado+Doblado de mallas	67,20	102
9	D	Soldado de mueble completo	153,60	138
10	E	Soldado de rotulo	57,00	102
11	G	Pulido 1	78,00	102
12	C I	Soldado de soportes	86,40	102
13	B H	Soldado de perfiles	105,60	102
14	F	Soldado de mallas	96,00	102
15	G	Pulido 2	90,00	102
16	I	Cuadrado	72,00	102
17	J K L	Colgar+Pintar+Descolgar	60,20	66
20	M	Cortado	129,00	138
21	M	Recortado	34,80	138
22	M	Refilado	31,20	102
23	N	Doblado	72,00	174
24	O	Ensamblado de bandejas	101,40	174
25	P	Impresión (publicidad)	192,50	174
26	Q	Cortado (publicidad)	202,20	66
27	Q	Refilado (publicidad)	59,40	66
28	R	Ensamblado mueble completo1	116,00	102
29	STV	Ensamblado mueble completo2	167,00	102
30	W	Empacado y Encartonado	91,00	102
TOTAL		Operaciones	Operadores	
		30	22	

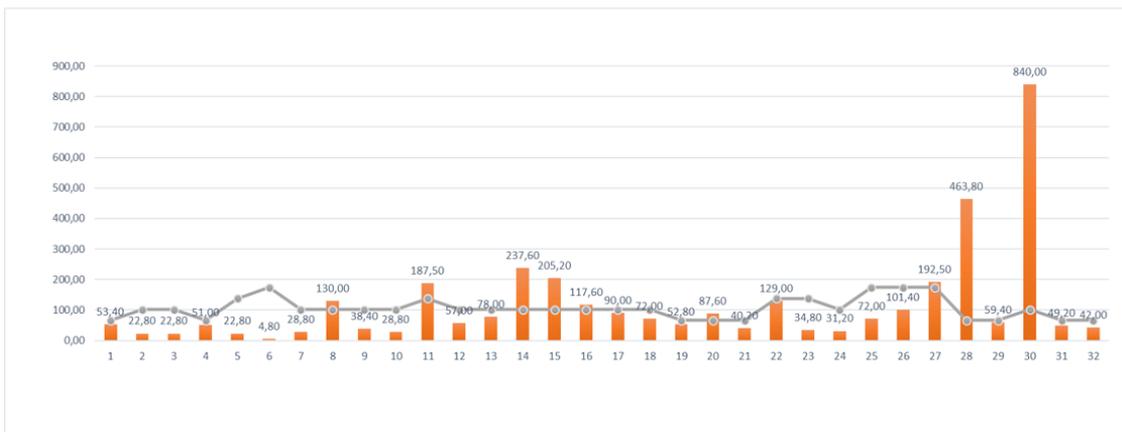


Figura 137. Cuadro combinado del balance actual- Tiempo estándar vs Takt time

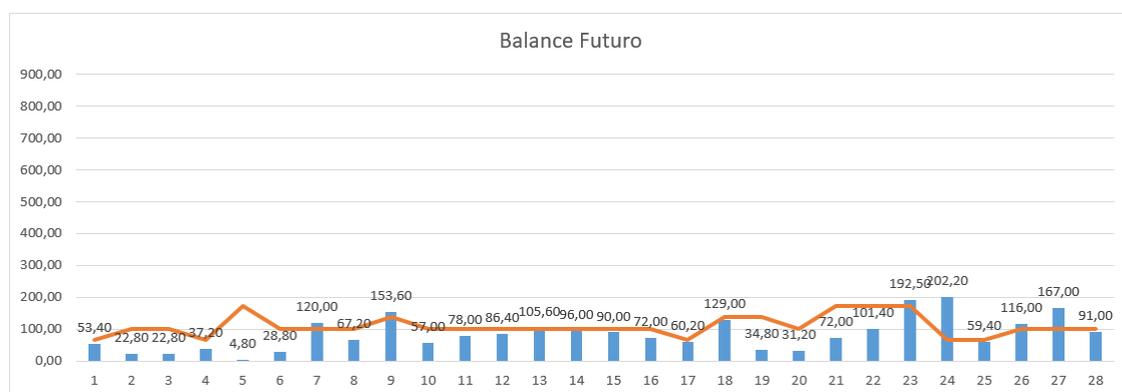


Figura 138. Cuadro combinado del balance futuro- Tiempo estándar vs Takt time

6.7. VSM Actual vs Futuro

Se realiza una comparación del VSM Actual el cual puede ser ubicado en el ANEXO1 vs el VSM Futuro ubicado en el ANEXO3, en donde se observan las mejoras generales y se realiza el cálculo de la mejora de la productividad general.

Los cálculos se realizaron de la misma forma que el cálculo de la productividad por proceso es decir mediante información semanal de la producción y con los siguientes datos:

-Unidades a producir semanalmente: 500 Muebles

-Precio por unidad de cada mueble: \$35 Dólares

-Costo de mano de obra por hora por área definido en la **Tabla 26** de manera general y en la **Tabla 27** y **Tabla 28** como Costo-Hora mano de obra “mueble rejas multi-producto” Actual y Futura respetivamente.

Productividad sin mejoras:

-Número de operarios: **25**

-Horas para producir 1 UND =3730,05 segundos

$$= 1,0361 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{518,06 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 36,23\$/hora x 518,06 horas = **\$18769,31**

-Costo de materia prima = **\$10.50**

Productividad sin mejoras (Estado Actual) TOTAL	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(\$18769,31) + (500 \text{ UND} \times \$10,50)}$	=	0,73
--	---	---	---	------

Figura 139. Productividad sin mejoras TOTAL

Productividad con mejoras:

-Número de operarios: **22**

-Horas para producir 1 UND =1943,95 segundos

$$= 0,53998 \text{ horas} \times 500 \text{ UND} = \mathbf{269,99 \text{ horas}}$$

-Costo de la mano de obra = 30,91\$/hora x 269,99 horas = **\$8345,39**

-Costo de materia prima = **\$10.50**

Productividad con mejoras (Estado Futuro) TOTAL	=	$\frac{500 \text{ UND} \times 35\$}{(\$8345,39) + (500 \text{ UND} \times \$10,50)}$	=	1,29
--	---	--	---	------

Figura 140. Productividad con mejoras TOTAL

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD:

Tasa de variación de la productividad (TOTAL)	=	$\frac{1,29 - 0,73}{0,73}$	=	0,7671	=	76,71%
--	---	----------------------------	---	--------	---	--------

Figura 141. Mejora de la productividad TOTAL

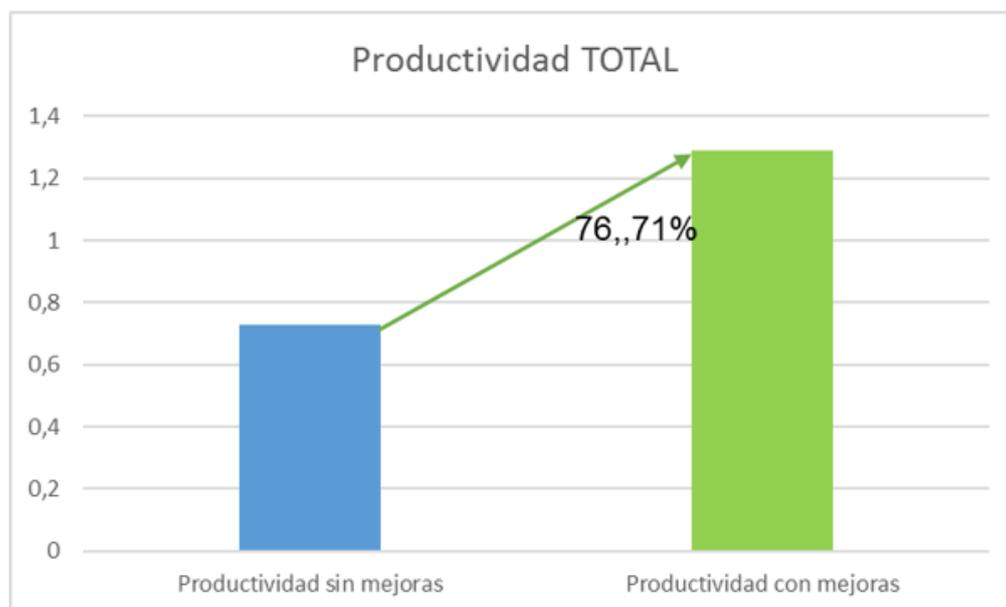


Figura 142. Gráfica de la mejora de la productividad TOTAL

6.8. Matriz de resultados de las mejoras totales

La mejora de la productividad resultó en un 76,71% y se produjo una reducción porcentual del Lead Time en un 40,16% y del Tiempo de procesamiento en un 91,88%.

Tabla 36.

Productividad Total

PRODUCTIVIDAD TOTAL	Productividad sin mejoras	Productividad con mejoras	Tasa de variación de la productividad
	0,73	1,29	76,71%

Tabla 37.

Lead time y Tiempo de procesamiento Actual vs Futuro

	ACTUAL	FUTURO	TASA DE VARIACIÓN	REDUCCIÓN PORCENTUAL
LEAD TIME (días)	136,82	97,62	0,4016	40,16%
TIEMPO DE PROCESAMIENTO (seg)	3730,05	1943,95	0,9188	91,88%

7. CAPÍTULO V.- ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

7.1. Análisis Costo-Beneficio

Para la realización del análisis costo beneficio se compararon la situación actual vs la situación futura y se realizó el cálculo de la utilidad en ambos casos para observar las mejoras.

Tabla 38.

Análisis utilidad para un lote de 500 UND Actual vs Futura

BALANCE ECONÓMICO COMPARATIVO SITUACIÓN ACTUAL VS FUTURA (PRODUCCIÓN)				
	ACTUAL		FUTURO	
VENTAS:	500 x \$35		500 x \$35	
TOTAL	\$ 17.500,00	TOTAL	\$ 17.500,00	
GASTOS:				
Mano de Obra	\$ 18.766,72	Mano de Obra	\$ 8.346,07	
Material Directo	\$ 5.250,00	Material Directo	\$ 5.250,00	
Reprocesos y desperdicio de material 20%	\$ 1.050,00	Reprocesos y desperdicio de material 5%	\$ 262,50	
Inversión	\$ -	Inversión	\$ 1.000,00	
TOTAL	\$ 25.066,72	TOTAL	\$ 14.858,57	
PÉRDIDA DE UTILIDAD SEMANAL	\$ -7.566,72	GANANCIA DE UTILIDAD SEMANAL	\$ 2.641,43	
PÉRDIDA DE UTILIDAD x UNIDAD	\$ -15	GANANCIA DE UTILIDAD x UNIDAD	\$ 5	

Al realizar la comparación se observó mediante la **Tabla 38** que en la situación actual la utilidad sale \$-15 dólares lo que significa que sin las mejoras la empresa estaba perdiendo \$15 dólares por unidad solamente del mueble en estudio y solamente en costos de producción, mientras que en la situación actual se obtiene una utilidad de \$5 dólares por unidad lo cual indica un incremento en la utilidad del 133.33%.

Todas las mejoras fueron implementadas para una segunda orden realizada de enero a junio del 2016 de manera que la orden cerró sin pérdidas.

En la **Figura 143**, se muestra el cálculo del margen de utilidad comparativo entre el Estado Actual y el Futuro, cuyos datos fueron tomados de la **Tabla 33**.

Margen de utilidad Actual	$= \frac{\text{utilidad bruta}}{\text{ingresos totales}} = \frac{15}{35} \times 100\% = 42,85\%$
Margen de utilidad Futuro	$= \frac{\text{utilidad bruta}}{\text{ingresos totales}} = \frac{5}{35} \times 100\% = 14,28\%$

Figura 143. Margen de utilidad Actual vs Futura

Las mejoras implementadas para la situación futura por tanto permiten pasar de una pérdida por unidad del 42,85% a una ganancia por unidad del 14,28%.

Para validar que los datos de pérdidas calculados corresponden a la realidad y asegurar que la situación antes de las mejoras fue deficitaria, se investigaron los datos declarados por la empresa en el Balance Económico del año 2015 declarado en la Superintendencia de Compañías y se lo resumió en la **Tabla 39**, mediante la cual se observa la existencia de una utilidad de solamente 9841,63 dólares en el año 2015 y pérdidas de liquidez de al menos 13000 dólares por efecto de anticipos de impuesto a la renta.

Por el gran volumen en ventas generados el año 2015 en la empresa la utilidad de 9841,63 dólares representa una utilidad baja denotando que no todas las ordenes han generado utilidad y que podrían haberse generado pérdidas en otras, en el caso del mueble en estudio existieron pérdidas como fue demostrado anteriormente.

Tabla 39.
Balance económico 2015 Empresa metalmecánica en estudio

VENTAS NETAS LOCALES DE BIENES GRAVADAS CON TARIFA 12% DE IVA	1,971,219.08	\$ 1.971.219,08
TOTAL INGRESOS	2,159,153.17	\$ 1.971.219,08
COSTO INVENTARIO INICIAL DE MATERIA PRIMA	133,888.55	\$ 133.888,55
COSTO COMPRAS NETAS LOCALES DE MATERIA PRIMA	602,546.53	\$ 602.546,56
COSTO IMPORTACIONES DE MATERIA PRIMA	63,467.67	\$ 63.467,67
(-) INVENTARIO FINAL DE MATERIA PRIMA	153,483.18	\$ 153.483,18
COSTO SUELDOS, SALARIOS Y DEMÁS REMUNERACIONES QUE CONSTITUYEN MATERIA GRAVADA DEL IESS	264,937.91	\$ 264.937,91
GASTO SUELDOS, SALARIOS Y DEMÁS REMUNERACIONES QUE CONSTITUYEN MATERIA GRAVADA DEL IESS	193,809.01	\$ 193.809,01
COSTO BENEFICIOS SOCIALES, INDEMNIZACIONES Y OTRAS REMUNERACIONES QUE NO CONSTITUYEN MATERIA GRAVADA DEL IESS	63,445.05	\$ 63.445,05
GASTO BENEFICIOS SOCIALES, INDEMNIZACIONES Y OTRAS REMUNERACIONES QUE NO CONSTITUYEN MATERIA GRAVADA DEL IESS	61,341.28	\$ 61.341,28
COSTO APORTE A LA SEGURIDAD SOCIAL (INCLUYE FONDO DE RESERVA)	32,294.65	\$ 32.294,65
GASTO APORTE A LA SEGURIDAD SOCIAL (INCLUYE FONDO DE RESERVA)	23,901.16	\$ 23.901,16
GASTO HONORARIOS PROFESIONALES Y DIETAS	90,177.24	\$ 90.177,24
GASTO JUBILACIÓN PATRONAL	2,379.72	\$ 2.379,72
GASTO DESAHUCIO	3,221.35	\$ 3.221,35
GASTO OTROS GASTOS POR BENEFICIOS A LOS EMPLEADOS	3,701.06	\$ 3.701,06
GASTO GASTOS POR DEPRECIACIONES DEL COSTO HISTÓRICO DE PROPIEDADES, PLANTA Y EQUIPO ACELERADA	42,227.30	\$ 42.227,30
GASTO PÉRDIDAS NETAS POR DETERIORO EN EL VALOR DE ACTIVOS FINANCIEROS (REVERSIÓN DE PROVISIONES PARA CRÉDITOS INCOBRABLES)	1,238.94	\$ 1.238,94
GASTO PÉRDIDA EN VENTA DE ACTIVOS NO RELACIONADAS	8,106.67	\$ 8.106,67
GASTO PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD	5,489.42	\$ 5.489,42
GASTO TRANSPORTE	27,930.09	\$ 27.930,09
GASTO CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	2,527.28	\$ 2.527,28
GASTO GASTOS DE VIAJE	13,647.32	\$ 13.647,32
GASTO GASTOS DE GESTIÓN	5,697.18	\$ 5.697,18
GASTO ARRENDAMIENTOS OPERATIVOS	72,000.00	\$ 72.000,00
COSTO SUMINISTROS, HERRAMIENTAS, MATERIALES Y REPUESTOS	86,561.25	\$ 86.561,25
GASTO SUMINISTROS, HERRAMIENTAS, MATERIALES Y REPUESTOS	14,001.44	\$ 14.001,44
COSTO MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	100,655.61	\$ 100.655,51
GASTO MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	25,816.84	\$ 25.816,84
COSTO SEGUROS Y REASEGUROS (PRIMAS Y CESIONES)	3,133.42	\$ 3.133,42
GASTO SEGUROS Y REASEGUROS (PRIMAS Y CESIONES)	21,931.22	\$ 21.931,22
GASTO IMPUESTOS, CONTRIBUCIONES Y OTROS	18,632.78	\$ 18.632,78
VALOR NO NEGOCIABLE IMPUESTOS, CONTRIBUCIONES Y OTROS	10,612.05	\$ 10.612,05
COSTO OPERACIONES DE REGALÍAS, SERVICIOS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS, DE CONSULTORÍA Y SIMILARES NO RELACIONADAS LOCAL	37,034.14	\$ 37.034,14
COSTO SERVICIOS PÚBLICOS	19,401.54	\$ 19.401,54
GASTO SERVICIOS PÚBLICOS	11,987.84	\$ 11.987,84
COSTO OTROS GASTOS	9,322.75	\$ 9.322,75
GASTO OTROS GASTOS	9,984.16	\$ 9.984,16
VALOR NO DEDUCIBLE OTROS GASTOS	9,729.15	\$ 9.729,15
GASTO COSTOS DE TRANSACCIÓN (COMISIONES BANCARIAS, HONORARIOS, TASAS, ENTRE OTROS) NO RELACIONADAS LOCAL	10,996.16	\$ 10.996,16
GASTO INTERESES CON INSTITUCIONES FINANCIERAS NO RELACIONADAS LOCAL	7,453.02	\$ 7.453,02
GASTO OTROS GASTOS NO OPERACIONALES	3,713.52	\$ 3.713,52
TOTAL COSTOS	1,263,205.89	\$ 1.263.205,89
TOTAL GASTOS	681,912.00	\$ 681.912,00
TOTAL COSTOS Y GASTOS	1,945,117.89	\$ 1.945.117,89
UTILIDAD DEL EJERCICIO	214,035.28	\$ 26.101,19
(-) PARTICIPACIÓN A TRABAJADORES	32,105.29	\$ 32.105,29
(+) GASTOS NO DEDUCIBLES LOCALES	20,341.20	\$ 20.341,20
(-) DEDUCCIONES ADICIONALES	4,495.47	\$ 4.495,47
UTILIDAD GRAVABLE	197,775.72	\$ 9.841,63
TOTAL IMPUESTO CAUSADO	43,510.66	\$ 43.510,66
(-) ANTICIPO DETERMINADO CORRESPONDIENTE AL EJERCICIO FISCAL DECLARADO	13,245.55	\$ 13.245,55
(=) IMPUESTO A LA RENTA CAUSADO MAYOR AL ANTICIPO DETERMINADO	30,265.11	\$ 30.265,11
(+) SALDO DEL ANTICIPO PENDIENTE DE PAGO	13,245.55	\$ 13.245,55
(-) RETENCIONES EN LA FUENTE QUE LE REALIZARON EN EL EJERCICIO FISCAL	20,509.11	\$ 20.509,11
SUBTOTAL IMPUESTO A PAGAR	23,001.55	\$ 23.001,55
IMPUESTO A LA RENTA A PAGAR	23,001.55	\$ 23.001,55
ANTICIPO CALCULADO PRÓXIMO AÑO SIN EXONERACIONES NI REBAJAS	14,619.78	\$ 14.619,78
ANTICIPO A PAGAR SALDO A LIQUIDARSE EN DECLARACIÓN PRÓXIMO AÑO	14,619.78	\$ 14.619,78
ANTICIPO DETERMINADO PRÓXIMO AÑO	14,619.78	\$ 14.619,78
TOTAL IMPUESTO A PAGAR	23,001.55	\$ 23.001,55
TOTAL PAGADO	23,001.55	\$ 23.001,55
UTILIDAD TOTAL		\$ -13.159,92

Se decide realizar el análisis de Dupont tomando en cuenta los datos encontrados en la base de datos de la Superintendencia de Compañías los cuales se encuentran resumidos en la **Tabla 39** y los cálculos necesarios para el análisis en la **Figura 144 y 145**.

Tabla 40.

Datos para el cálculo índice de Dupont

Utilidad bruta	9841,63
Ventas	1971219,08
Activos	656554,45
Patrimonio	227823,38

Margen de utilidad Actual	$= \frac{\text{utilidad bruta}}{\text{ventas}} = \frac{9841,63}{1971219,08} = 0,004992$
Rotación de Activos	$= \frac{\text{ventas}}{\text{activos}} = \frac{1971219,08}{656554,45} = 3,002369$
Apalancamiento financiero	$= \frac{\text{activos}}{\text{patrimonio}} = \frac{656554,45}{227823,38} = 2,881857$

Figura 144. Indicadores financieros

Índice de Dupont	$= (0,004992 \times 3,002369 \times 2,881857) = 0,04319 = 4,32\%$
-------------------------	---

Figura 145. Índice de Dupont

El índice de Dupont muestra la existencia de una rentabilidad de 4,32% donde se puede concluir que el rendimiento más importante se dio debido a la operación de activos y el apalancamiento financiero y se observa la necesidad de trabajar en el manejo de los costos sobre las ventas o la mejora de la productividad para generar una mayor utilidad para lo cual se realizó esta propuesta.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

El objeto de estudio fue un mueble de pared específico denominado “mueble rejas multi-producto” por ser aquel que al pasar por todas las áreas y la mayoría de procesos dentro de la empresa permitió la visualización y análisis de los problemas existentes a lo largo de toda la cadena de valor.

Para la realización del estudio fue necesario realizar el análisis de la situación actual en la cual fueron descritos los procesos, líneas de producción, personal en planta, maquinaria en disposición, la cartera de productos de la empresa y su distribución de planta. También fue necesario el levantamiento de un diagrama de flujo general de los procesos de manera que se pueda entender y seguir el flujo actual para la fabricación de muebles en general en la empresa.

Para la diagramación del VSM Actual fue necesario recolectar información de los requisitos del cliente, del proveedor, conocer el tiempo de trabajo disponible de la empresa y conocer las funciones del departamento de producción. A partir de esto se levantó un diagrama de flujo específicamente del “mueble rejas multi-producto” y se describieron a detalle las áreas y procesos por los que pasa el producto.

Para el estudio de tiempos fue necesario realizar el cálculo del takt time, el cual tenía variación respecto a la disponibilidad de tiempo por proceso para la orden de producción en estudio, se tomó tiempos en planta de cada proceso por 3 meses en la primera orden de agosto a diciembre y se generaron 15 tiempos estándar por cada proceso de los cuales se tomó un tiempo estándar definitivo por proceso con el cual se realizaron los análisis respectivos en el balance y VSM Actual.

Seguidamente se identificaron varios cuellos de botella los cuales se determinaron como oportunidades de mejora las cuales fueron señaladas en el VSM de oportunidades de mejora.

Se analizó la cadena empezando aguas abajo es decir lo más cercano al cliente y se procedió a analizar los procesos tomando en cuenta las oportunidades de mejora determinadas con anterioridad.

Se analizaron los desperdicios generados y se aplicaron y propusieron mejoras que permitan la reducción o eliminación de los cuellos de botella, se tomaron nuevos tiempos con las mejoras implementadas y de cada proceso se comparó su VSM actual vs el futuro.

Los resultados de las mejoras se definieron por la mejora de la productividad la cual fue calculada por proceso comparando la productividad actual vs la productividad futura con las mejoras realizadas.

Se realizó una priorización de las mejoras en la cual se encontró que los procesos cuyas mejoras generaron un aumento fueron el Cortado (Publicidad) con un 60,68% y el Doblado y Aplastado con un 49,44%.

El proceso de Doblado y Aplastado fue seleccionado para ser diagramado y simulado de manera que exista una mejor visualización de las mejoras realizadas.

Posteriormente se analizan las mejoras de toda la cadena en general mediante la comparación del balance y VSM Actual vs el Futuro, en el cual se generan mejoras que alcanzan el 76,71% en el aumento de la productividad total en el producto en estudio, así como una reducción del lead time en un 40,16% y una reducción en el tiempo de procesamiento en un 91,88%.

Al realizar el análisis costo-beneficio se observa que con las mejoras realizadas la utilidad tiene un incremento de -\$15 dólares a \$5 dólares generando un incremento de \$20 dólares por mueble fabricado, generando actualmente \$35000 dólares en utilidades solamente en la orden de producción es estudio sin tomar en cuenta que las mejoras realizadas afectan positivamente a la realización de los demás productos realizados por la empresa.

Finalmente se realiza una validación del proyecto al comparar los resultados obtenidos con los resultados del Balance Económico del año 2015 de la Empresa Metalmecánica declarados en la Superintendencia de Compañías de la cual se conoce que la empresa genero una utilidad de \$9841,63 dólares perdidas de liquidez de al menos 13000 dólares por efecto de anticipos de impuesto a la renta.

También se realizó el análisis de Dupont con lo cual se obtuvo que la empresa en el año 2015 tuvo una rentabilidad del 4,32% por lo cual la Empresa Metalmecánica debió trabajar manejo de los costos sobre las ventas o la mejora de la productividad para generar una mayor utilidad para lo cual fue útil esta propuesta.

8.2. Recomendaciones

Se recomienda que la empresa mantenga las herramientas utilizadas para la mejora de la productividad del producto estudiado y que utilice de manera inmediata todas aquellas herramientas propuestas las cuales permitan una mejora más representativa.

Las mejoras propuestas son el balanceo de líneas, la creación de células de trabajo, la estandarización y control de procesos, capacitación, la implementación de las 5's, SMED, Kanban y de ser posible la inversión en maquinaria necesaria para la mejora.

Realizar el estudio de tiempos y movimientos en el resto de la cartera de productos de la empresa de manera que se estandarice la producción y se puedan realizar mejoras mediante las herramientas utilizadas en el producto en estudio.

Se recomienda que exista un mayor compromiso por parte de la gerencia para proveer de todos los recursos necesarios para la implementación las herramientas propuestas para la mejora de la productividad.

Mantener capacitado a todo el personal tanto la parte administrativa como operativa ya que de eso depende el éxito de las implementaciones.

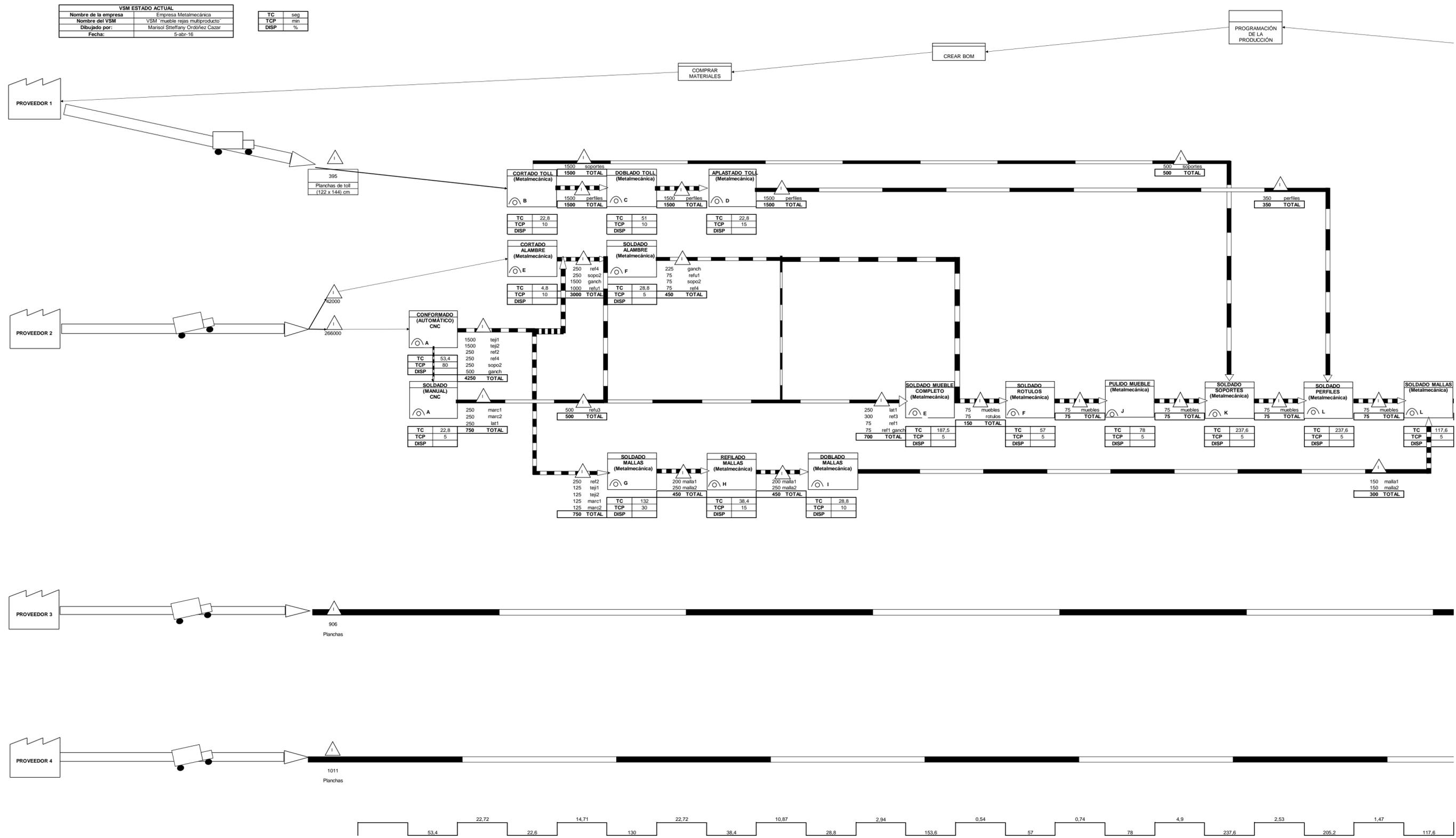
Se recomienda que exista mayor comunicación entre los distintos departamentos en la empresa fomentando así el trabajo en equipo y el logro de los objetivos planteados por la misma.

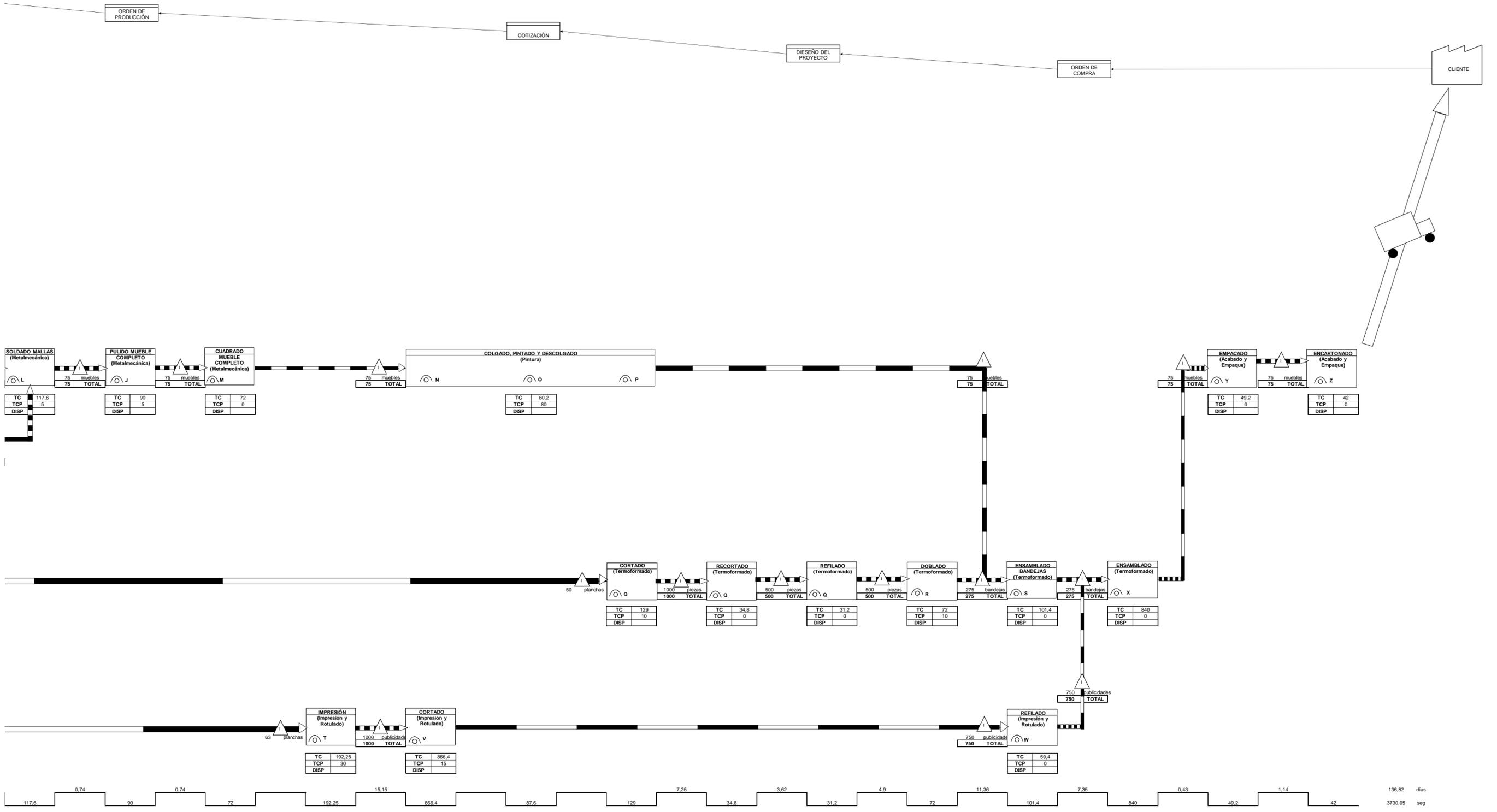
REFERENCIAS

- Lefcovich, M. (2009). *Productividad: su gestión y mejora continua: objetivo estratégico*. Recuperado el 7 de octubre de 2016 de <http://site.ebrary.com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec/lib/udlasp/detail.action?docID=10316203&p00=productividad>.
- Socconini, L. (2014). *Lean Six Sigma Yellow Belt: para la excelencia en los negocios*. Madrid, España: Lean Six Sigma Institute.
- Socconini, L. (2015). *Lean Company: Más allá de la manufactura*. México, D.F., México: Norma Ediciones, S.A.
- Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Hernández, J. y Vizán, A. (2013). *Manufactura esbelta: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Fundación EOI.
- Nash, M. y Polling, S. (2008). *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. New York, USA: Taylor and Francis Group, LLC.
- Palacios, L. (2009). *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos*. Bogotá, Colombia: Eco Ediciones.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- Abad, R. (2002). *Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas*. Recuperado el 14 de octubre de 2016 de https://books.google.co.ve/books?id=IET6IPBm2vMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Otal, S., Serrano, G. y Serrano, R. (2007). *Simulación Financiera con delta Simul-e*. Madrid, España: Díaz de Santos.

ANEXOS

Anexo 1: VSM ACTUAL

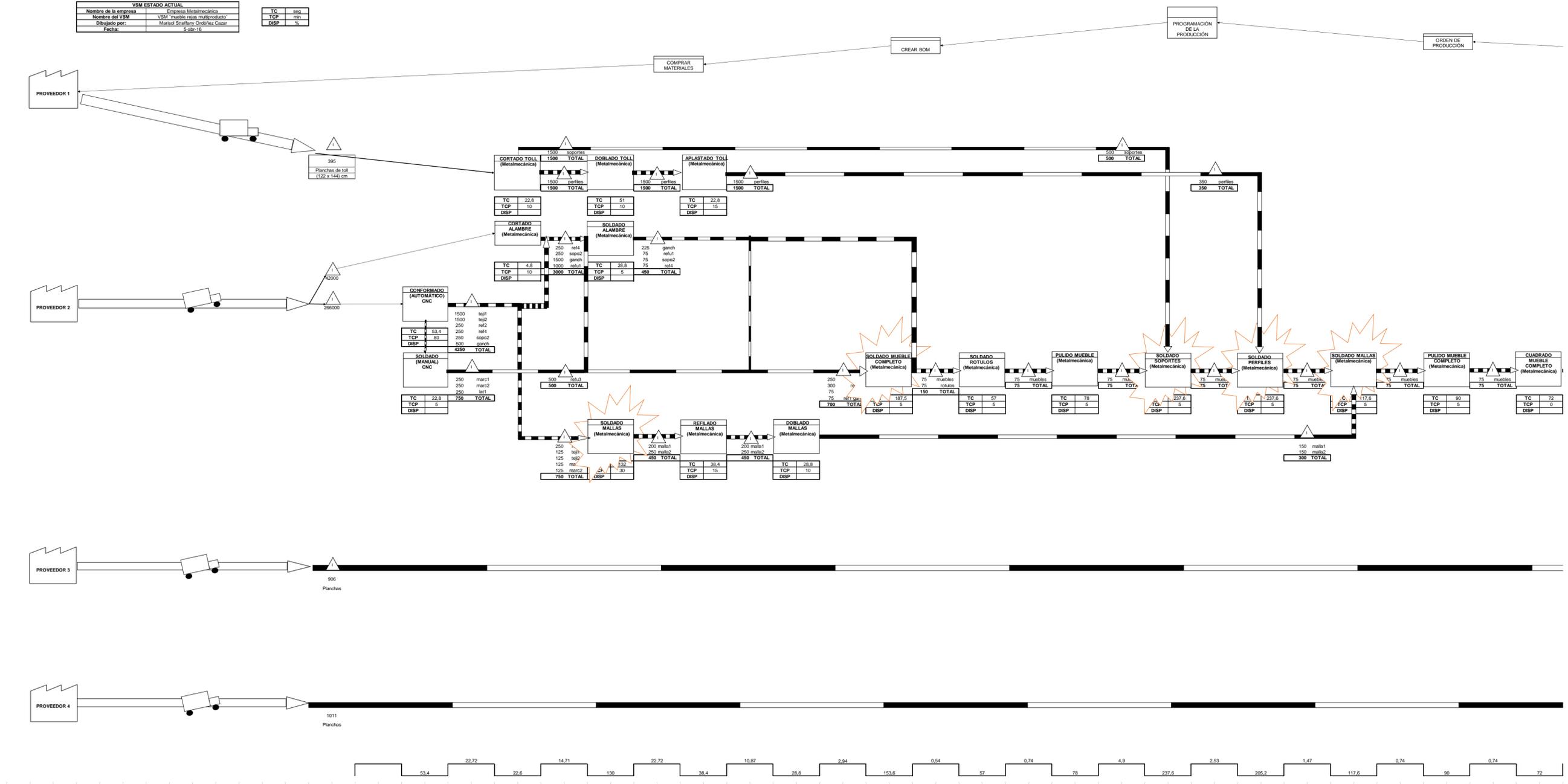


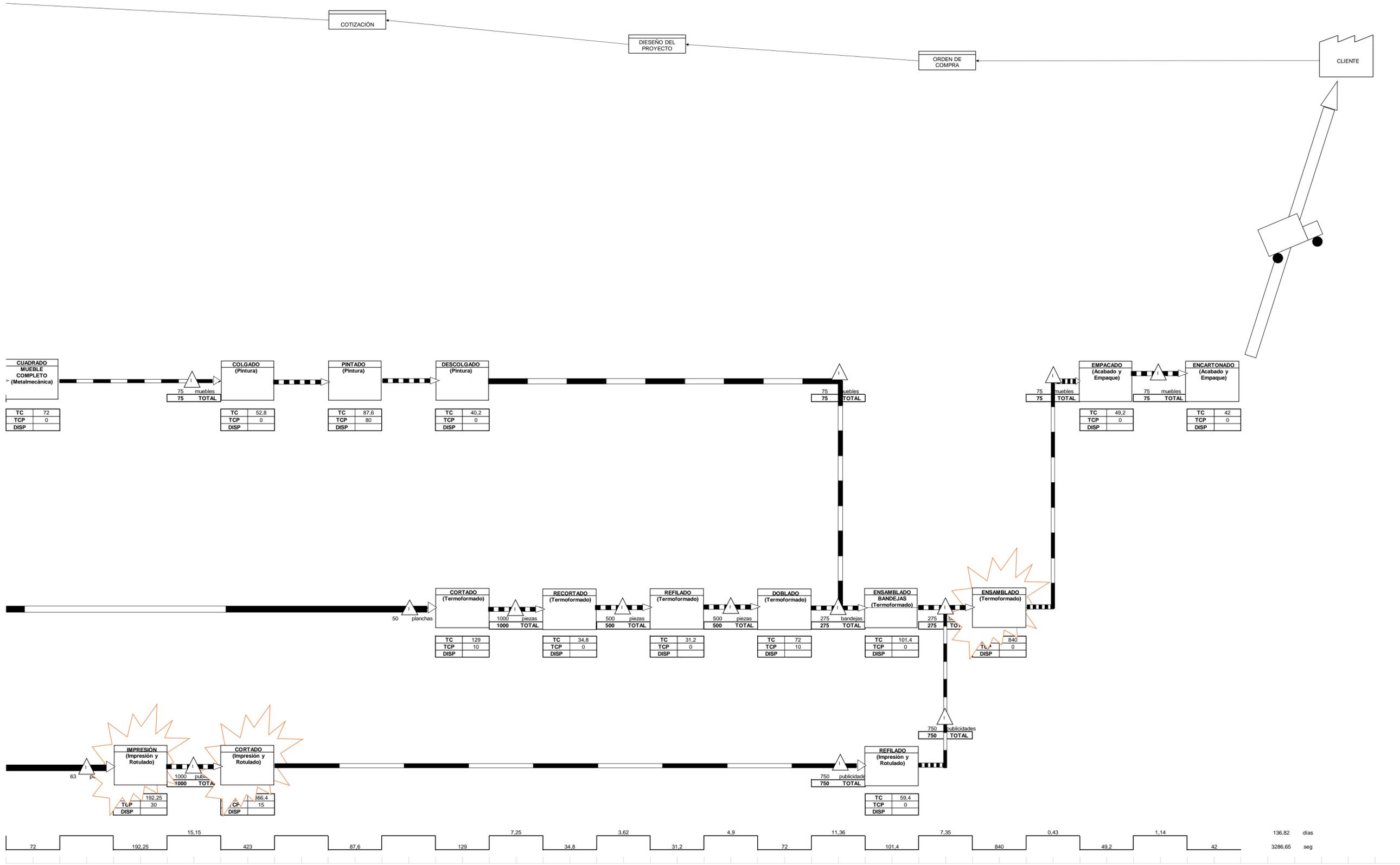


Anexo 2: VSM con Oportunidades de Mejora

VSM ESTADO ACTUAL	
Nombre de la empresa	Empresa Metalmeccánica
Nombre del VSM	VSM mueble según multidispositivo
Dibujado por	Mariño Steffany Orozco Casar
Fecha:	5-ago-16

TC	seg
TCP	min
DISP	%





Anexo 3: VSM FUTURO

