



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
DEL PERÚ

Facultad de Ingeniería

Trabajo de Investigación

**“Propuesta de mejora para el proceso de
fabricación de una máquina plastificadora
aplicando Lean Manufacturing”**

Autores

Camacho Sánchez, Katherine Emilia - 1130221

Saavedra Rosales, Jenner José - 1420414

Para obtener el Grado de Bachiller en:

Ingeniería Industrial

Lima, julio del 2019

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo elaborar una propuesta de mejora en el proceso de fabricación de una máquina plastificadora, para lo cual se aplicarán tres herramientas de la filosofía de *Lean Manufacturing*, tales como: Visual Board, 5 S y Poka Yoke.

El diagnóstico situacional del proceso se basó en la observación directa y entrevista personal al Jefe de Producción, además a colaboradores involucrados en el proceso. En base a ello, se aplicaron herramientas como el Value Stream Mapping, SIPOC y Diagrama de Hilos, con la finalidad de visualizar el panorama general de la situación actual de la empresa.

Posteriormente, se aplicaron el Diagrama de Ishikawa y Diagrama de Pareto, con el propósito de identificar las causas potenciales a enfocar en la investigación, ésta es el área de ensamble eléctrico y mecánico.

Finalmente, en base a la identificación de las causas potenciales se plantean propuestas de mejora tales como: la implementación del Visual Board, las 5 S y además del Poka Yoke (Check List).

La implementación de las propuestas de mejora ha permitido reducir hasta en 25 días el tiempo del proceso de fabricación de la máquina plastificadora, lo cual representa una eficiencia del 36.57%.

Dedicatoria

A nuestros padres.

Por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda la educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A nuestros maestros.

Por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este proyecto de investigación.

Agradecimiento

A Dios por darnos las fuerzas para vencer todos los obstáculos y conseguir nuestras metas.

A nuestra familia ya que por ellos somos personas de bien y con grandes aspiraciones.

A nuestros profesores quienes marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, apoyándonos con sus conocimientos, experiencia y confianza.

ÍNDICE

RESUMEN	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
1: INTRODUCCIÓN	9
2: LITERATURA Y TEORÍA DEL TEMA	10
2.1: Antecedentes.....	10
2.2: Marco teórico.....	16
3: METODOLOGÍA EMPLEADA	24
3.1 Diagnóstico	24
3.1.1 Visual Stream Mapping.....	25
3.1.2 SIPOC	26
3.1.3 Diagrama de Hilos.....	28
3.1.4: Genchi Genbutsu.....	30
3.2 Análisis	31
3.2.1 Diagrama de Ishikawa	32
3.2.2 Diagrama de Pareto	33
3.3: Mejora.....	34
3.3.1: 5 S.....	35
3.3.2: Visual Board	45
3.3.3: Poka Yoke	46

4: RESULTADOS ENCONTRADOS	52
5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	61

1: INTRODUCCIÓN

La situación del mercado actual, como el desarrollo de la tecnología, la atención personalizada exigida por los clientes para responder a sus necesidades, los procesos de reducción para disminuir costos, las exigencias de diferenciación y otros, demandan de los empresarios la implementación de nuevas estrategias que permitan el desarrollo de nuevas formas de gestión (Becerra, Serna y Clemencia, 2013).

Dado el contexto y con enfoque en el tipo de empresa e industria donde se desarrolla la empresa de estudio, el sector metalmecánico abarca una gran diversidad de actividades productivas, que van desde la fundición hasta la transformación y soldadura (Sánchez, Moya y Déleg, 2014), estableciéndose como uno de los motores del crecimiento de la industria manufacturera de varios países en vía de desarrollo (Trujillo y Iglesias, 2012).

Asimismo, las microempresas representan el 95 % del universo empresarial en el Perú y generan empleo a casi la mitad de la población ocupada (48 %) por ello su desaparición ocasiona una serie de dificultades sociales y económicas al país (Alva, 2017).

En el presente trabajo de investigación, se identificó que la empresa sujeta de estudio tiene como problemática principal la entrega de máquinas a los clientes fuera de tiempo, ello se evidencia en los reportes históricos de la compañía de los últimos 5 años, el exceso de tiempo identificado ocurre en el área de ensamble eléctrico y mecánico.

En este sentido la presente investigación tiene como objetivo diseñar una propuesta de mejora basada en la metodología de Lean Manufacturing.

2: LITERATURA Y TEORÍA DEL TEMA

2.1: Antecedentes

Caso 1: Factores claves de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia (Gonzalo, Marullanda y Gonzales, 2016).

Resumen:

La investigación se basa en el estudio de cinco empresas colombianas de diferentes grupos económicos, donde se analiza cuáles son las herramientas que han implementado para la mejora continua o Kaizen. Para el éxito de la implementación se debe tener en cuenta cuatro aspectos importantes: Seguimiento de indicadores, Compromiso de la Dirección, Liderazgo y Entrenamiento.

Metodología Propuesta:

Las empresas colombianas de estudio utilizaron herramientas diferentes, debido a que cada una utiliza las herramientas de acuerdo a su sector y necesidad, en la siguiente tabla 1 se presenta las herramientas del Lean Manufacturing que utilizan las empresas colombianas.

Empresa/ Herramienta	Siemens S.A.	Único Interior S.A.S.	Empresa textil	Empresa de electrodo- mésticos	Incolmos Yamaha S.A.	Porcentaje aplicación
5'S	X	X	X	X	X	100%
Celdas de Manufactura	X	X		X	X	80%
Gestión Visual	X	X		X	X	80%
TPM	X	X		X	X	80%
Six Sigma	X			X	X	60%
SMED	X	X			X	60%
VSM		X		X	X	60%
Kanban				X	X	40%
Kaizen	X			X	X	40%
JIT	X	X				40%
Producción Sincrónica					X	20%

Tabla 1: Herramientas Lean más utilizadas por empresas colombianas, elaborado por (Gonzalo et al., 2016).

En la tabla 1 se puede observar que la herramienta más utilizada es la 5 S ya que permite a la organización un cambio cultural, después se encuentran tres herramientas como las Celdas de Manufactura, Gestión Visual o Visual Board y Total Productive Maintenance TPM.

No todas las herramientas se pueden aplicar en una organización, por eso es importante realizar un diagnóstico, seguido de un análisis y finalmente se plantean herramientas para la mejora continua.

Resultado:

El estudio ayudó a entender que para lograr el éxito de las herramientas Lean Manufacturing en las empresas es importante el compromiso de los dueños, los altos directivos y los colaboradores, donde todos deben trabajar en conjunto para la mejora.

Un correcto liderazgo dentro de la organización permite resultados positivos ante los indicadores de la gestión Lean.

Caso 2: Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles (Choomlucksana, Ongsaranakom & Suksabai, 2015).

Resumen:

La siguiente investigación se basa en la industria de prensado de chapa metálica ubicada en Tailandia, el estudio tuvo una duración de 10 meses comenzando en julio del 2013 y terminando abril 2014. Para mejorar la calidad y productividad a largo plazo se utilizaron herramientas del Lean Manufacturing como el Control Visual, Poka Yoke y 5 S. Se redujo en un 62.5% la etapa de pulido, también se redujo en un 66.53% las actividades que no agregaban valor a la empresa, logrando en cifras monetarias una reducción en \$ 1 764 dólares por año respecto al costo por tiempo extra.

Metodología Propuesta:

Se utilizó el Diagrama de Ishikawa como herramienta de análisis para mostrar cuales son las causas que aportan al problema en el proceso de desbardado (depilado) y pulido, se presenta en la siguiente tabla 2.

Cause that contribute the problem in the Deburring and polishing process			Guidelines for improvement
Primary cause	Secondary cause	Detailed information	
1.Methods	1.1 Stand position 1.2 Motion waste 1.3 No measurable standard 1.4 Over processing	1.1.1 Height between machine and device is not appropriated. 1.2.1 Distance between each point is too far apart. /An unnecessary process is required. 1.3.1 Barrel stone is required to measure all time. 1.4.1 There is redundant of effort which adds no value to the product.	Design a new platform and device collection (e.g. the roll-flow finishing barrel machine cover) Adjust devices, raw material, and machine to fit the operation and work place. Design container for measure barrel stone.
2. Man	2.1 High turnover 2.2 Fatigue/exhaustion	2.1.1 Work is required more effort. 2.1.2 Work is required more effort and movement.	Adjust devices, raw material, and machine to fit the operation and work place.
3. Environment	3.1 Lack of visual workplace 3.2 Improper placement of the device	3.1.1 & 3.1.2 Devices and tools are not firmly in place that make worker hard to access areas and simply missing work.	Adjust devices, raw material, and machine to fit the operation and work place, for example, remove the on/off switch position, and design stopper to keep the machine right position.
4. Machine	4.1 Lack of automation 4.2 Misuse in machine 4.3 Unclear signal/sign	4.1 Several manual processing is used that make the process steps are likely to be missed. 4.2 & 4.3 There is no signal to monitor machine and devices that may increase in risk of overproduction and damage.	Design new devices such as develop devices to perform sorting (barrel stone and parts) Create signal as visual as possible to monitor machine and help worker operation.

Tabla 2: Causas y pasos para la mejora del proceso de desbardado y pulido, elaborado por (Choomlucksana et al., 2015).

Una vez identificado cuáles son las principales causas, para mantener la eficiencia en dichos procesos se utilizan las herramientas del Lean Manufacturing como el Control Visual, Poka Yoke y 5 S, logrando que la empresa aplique la mejora continua y eliminando tiempos no productivos, logrando identificar 8 pasos para el proceso de desbardado y pulido.

Resultado:

El estudio demostró que el uso de las herramientas del Lean Manufacturing mejoró el proceso de estampado de chapa metálica, ya que se redujo tiempos que no agregaron valor y procesos.

También se demostró que las herramientas del Lean Manufacturing no son costosas, ni se requieren de alta tecnología, sólo se requiere mantener una cultura de trabajo y filosofía enfocada en la mejora continua.

Caso 3: *Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge* (Reis & Ernani, 2015).

Resumen:

Esta investigación presenta 70 artículos enfocados en la creación, principios y evolución de las herramientas del Lean Manufacturing direccionados al sector de servicios, en donde se estudiaron a 25 empresas de servicios de diferentes sectores económicos, en los cuales se demuestra que no existe un modelo único de herramientas a utilizar, las herramientas se utilizan de acuerdo a la necesidad de la organización. Este estudio demostró ganancias significativas.

Metodología Propuesta:

Se presenta a continuación dos tablas, en donde la tabla 3 presenta el nombre de investigadores y sus principales aportaciones en el Lean Manufacturing desde 1972 al 2010 , en la tabla 4 se presenta 25 empresas de servicios y sus principales resultados al aplicar esta metodología.

Author	Main Contribution
Levitt (1972)	Transfer of manufacturing logic to service operations.
Bowen & Youngdahl (1998)	First lean approach in services with case study and definition of the characteristics of lean service
Allway & Corbett (2002)	Similarity between the techniques used in manufacturing and services, as well as lean service principles.
Swank (2003)	Through case study proved that the use of lean principles can improve performance.
Apte & Goh (2004)	Case study with applications of lean thinking in information-intensive services.
Costreacasas (2004)	Case studies using lean tools that reduced cycle time and increased efficiency (2002 and 2004).
Ahlstrom (2004)	Presentation of concepts of lean service and restrictions on their application.
George (2004)	Definition of the wastes in service operations
Sánchez & Pérez (2004)	Validation of the study by Ahlstrom (2004), by means of indicators that measure the lean service application level.
Womack & Jones (2005)	A six-step model to solve the customer problems and use of a consumption map.
Venkat & Wakeland (2006)	Use of simulation tools to analyze process optimization in the service sector
Francischini et al. (2006)	Analysis of waste under the customer's and the company's perspectives, plus five case studies analyzed.
Abdi et al. (2006)	Establishes that the most important element in the service sector is the human variable. Presenting lean's characteristics.
Liker & Morgan (2006)	Using the principles of the Toyota model with an effective integration of people, processes and technology.
Malayeff (2006)	One of the first models of lean oriented towards the companies' internal services and seven wastes in services.
Arruda & Luna (2006)	Lean principles applied to services and seven wastes applied to services.
Sarkar (2007)	A book with the DEB-LORPEX model, using five elements: people, processes, partners, promotion and troubleshooting.
Giamini (2007)	Adaptation and Application of lean tools in back office and front office services, through a case study.
Bicheno (2008)	First book to present a set of tools for lean service. Fourteen office wastes.
Lee et al. (2008)	The relevance of IT tools, once they support lean systems during implementations.
Piercy & Rich (2008b)	Applicability of lean techniques in a service environment with three case studies in service companies.
Araujo et al. (2009)	Demonstrated the existence of a synergy between the evidence-based medicine and lean thinking to the promotion of medical practice quality and efficient process management
Staats & Upton (2009)	A case study in a software provider that used lean to improve its operations.
Song et al. (2009)	List of service-oriented lean tools and each type of service may require different tools.
Jalilen & Tjahjono (2009)	Presented a case study with the implementation of lean tools in a Safari Park
Selau et al. (2009)	A case of use of lean principles in a hospital using the process mapping tool.
Seddón & O'Donovan (2010)	Review of lean concepts, where lean has become synonymous with 'efficient process'.
Asif et al. (2010)	A case study with several challenges for lean implementation and reductions in waste, as well as the need to develop specific indicators for services.
Portolli-Staudacher (2010)	Statements that lean techniques are being implemented in high volume, but low variety of processes and focus on back office activities.
Bortolotti et al. (2010)	Carrying out a process mapping and then automation in the activity that adds value to the customer.
Portes (2010)	lean techniques applicable to IT processes

Tabla 3: Investigadores y sus principales aportaciones en la metodología del Lean Manufacturing en el sector de servicios, elaborado por (Reis & Ernani, 2015).

Company	Improvements Obtained Using lean service
Taco Bell	One of the first companies on record to apply lean service and solve its 'tradeoffs' between efficiency with low cost operations and flexibility.
Southwest Airlines	Elimination of services costs, flow and speed of service delivery, and creation of a service experience for customers.
Shouldice Hospital	Cost reduction, remarkable recovery rates of patients, greater availability of operating rooms and hospitalizations.
Jefferson Pilot Financial Company	Improved operation and increased revenue. Reduced by 70% the time of processing a request, 26% the cost of labor and 40% for errors.
Grupo Fernando Simão	Extended the time of customer's value aggregation from 53% to 94% and its operations extended the time of adding value from 27% to 50%, while reducing costs by 30%.
Fugitsu services	Reduced calls relating to customer complaints by 40% and specifically for complaints of printer malfunctioning by 80% in 18 months, improving customer satisfaction and reducing operating costs with the delivery of new printers.
Tesco Retailer	Reached a level of service above 96% becoming the market leader in its segment in the United Kingdom.
Wal-Mart	Eliminated the need to hold the stocks in the back of the store or in a warehouse.
Zara	It offers a wide variety of clothing, but avoid large inventories and counting on a quick response to the market.
LifeCare Hospital	87% reduction in infections caused by transfusion.
Monongahela Valley Hospital	Dramatic reduction in infections.
UPMC Health System	Dramatic reduction in infections.
Allegheny General Hospital	Dramatic reduction in infections.
HISCO Inc	Significant reduction of costs, savings on storage space, reduction of labor costs.
Latte Mart	Significant cost savings by outsourcing logistics.
MC Donald's	Developed processes to ensure quality.
Disney Theme Parks	Developed processes to ensure quality.
Polo do Pé Diabético	Reduction of trade-offs of performance combining flexibility and efficiency, reduced processing time with improved quality and productivity. Elimination of non-value added activities, eliminating unnecessary displacement of patients and reducing the number of hospitalizations.
Hospital Pró-Cardíaco	Reduction of trade-offs of performance combining efficiency and flexibility. Elimination of non-value added activities.
Hospital Dr. Badim	Reduction of trade-offs of performance combining efficiency and flexibility. Elimination of activities that do not add value by improving efficiency and agility.
Hospital Copa D'Or	Reduction of trade-offs of performance combining efficiency and flexibility. Elimination of non-value added activities, reducing pharmacy costs.
Diagnóstico da América	Reduction of trade-offs of performance combining efficiency and flexibility. Elimination of non-value added activities.
Wipro Technologies	Not informed
WSP Park Safari	Inventory reduction, improved animal welfare and improved customer satisfaction.
Hospital de Clínicas de Porto Alegre	Presented a series of possible improvements to be implemented in the process, with strong potential for applicability of the principle of waste diminution.

Tabla 4: Principales resultados de las empresas de servicio al aplicar Lean, elaborado por (Reis & Ernani, 2015).

Resultado:

El utilizar las herramientas del Lean Manufacturing en las empresas de servicios garantiza una mejora en los procesos y éxito de la organización.

El estudio de estos artículos presentado por los investigadores presenta una evolución de las herramientas del Lean Manufacturing.

Caso 4: Aplicación de las 5 S para mejorar la percepción de cultura de calidad en microempresas de confecciones textiles en el Cono Norte de Lima (Tinoco, Tinoco y Moscoso, 2016).

Resumen:

Este caso se estudió en una microempresa de la zona Norte de Lima, es un micro taller de confecciones textiles. Se realizó un diagnóstico actual de la empresa para visualizar y comprender el aspecto productivo y comercial de la organización, encontrándose un taller donde todas las operaciones se realizaban sin un orden adecuado, lo cual permitió aplicar las 5 S con participación activa del dueño y de los colaboradores.

Metodología Propuesta:

Una vez realizado el diagnóstico, desarrollaron la tabla 5 con dimensiones de variables para el estudio de la microempresa.

Dimensión	Descripción
1	Responsabilidad y compromiso de la gerencia
2	Responsabilidad y compromiso del trabajador
3	Confianza en el trabajador
4	Confianza en la empresa
5	Satisfacción en el empleo
6	Comunicación efectiva
7	Planeación y organización
8	Visión congruente
9	Trabajo en equipo
10	Mejoramiento del servicio

Tabla 5: Dimensiones de las variables de estudio, elaborado por (Tinoco et al., 2016).

La aplicación de la metodología de las 5 S depende mucho de la cultura de la organización, el espacio físico era de aproximadamente 30 m², se logró aplicar y sensibilizar al dueño junto con los colaboradores sobre esta metodología, pues las 5 S no solo es tener limpio y ordenado el lugar de trabajo, es una filosofía de vida.

Resultado:

El estudio de la microempresa ayudo a entender todos los procesos y evaluar que herramienta se debe aplicar, para este caso se utilizó la herramienta de mejora llamada 5S lo cual permitió mejorar la cultura de calidad de la organización.

2.2: Marco teórico

2.2.1: *Lean Manufacturing*

2.2.1.1: Reseña histórica

En el año 1945, después de la segunda guerra mundial Japón terminó devastada, la mayoría de las empresas quebraron, sin embargo, TOYOTA que fabricaba autos, liderado por Eiji Toyoda y Taichi Ohno diseñaron un proceso de manufactura eficiente conocido como Toyota Production System (TPS) o Sistema de Producción Toyota, logrando en el año 1970 ganar en ventas de autos a EE.UU, de ahí radica la importancia de estudiar la metodología de Toyota ya que numerosas empresas han optado como cultura dicha metodología logrando el éxito.

2.2.1.2: Definición

Lean Manufacturing o Manufactura esbelta, es una filosofía en donde todos los que trabajan en la organización deben participar, logrando más con menos recursos, generando lo mínimo en pérdidas, lo cual lleva a tener una producción rápida y eficiente, ya que la meta es la mejora continua y satisfacción de los clientes, para lo cual es muy importante trabajar en la eliminación de los desperdicios o mudas. La filosofía Lean cree

mucho en el talento humano y el no usarlo adecuadamente se considera como un desperdicio (Rojas y Gisbert, 2017).

El termino Lean es acuñado en el libro “*The machine that changed the world*” escrito por (Womack et al., 1990) donde finalmente le dan el nombre de Lean Manufacturing.

2.2.1.3: Principios básicos

Los principios básicos son 5: Valor, Flujo de valor, Flujo de actividades, Pull a las actividades y Mejora continua y se describen en la figura 1.

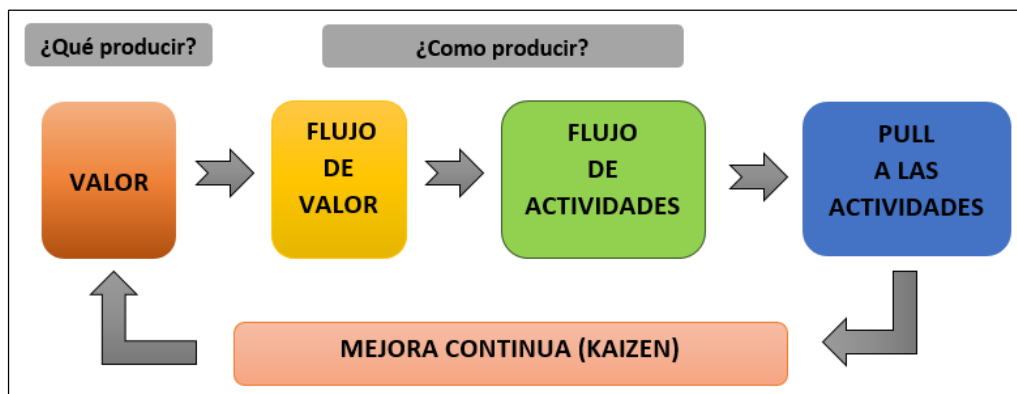


Figura 1: Elaboración propia, Fuente: (Sánchez, Blanco y Pérez, 2012).

El Valor, esta dirigido al cliente interno y externo en donde la finalidad es la satisfacción del cliente, por ello es importante conocer cuáles son sus necesidades para ofrecer un mejor valor, después se debe crear un mapa de valor para entender las actividades que generan valor al producto, el flujo de actividades ayuda a eliminar actividades que no agregan valor usando la muda o desperdicios.

El sistema Pull ayuda a tener el stock mínimo, ofreciendo a los clientes lo que ellos quieren en el momento que ellos deseen, una vez trabajado en estos cuatro principios, se recomienda tener una retroalimentación que genere la mejora continua cuyo objetivo es mejorar la calidad del producto y procesos (Sánchez et al., 2012).

2.2.1.4: Desperdicios o mudas

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo que busca la reducción o eliminación total de todos los desperdicios (desperdicios) o mudas, que existen en el proceso de manufactura que no agregan valor y disminuyen la calidad de los productos.

De acuerdo con Ohno (1988), citado por (Tejeda, 2011) plantea siete desperdicios clásicos, estos son:

- Sobre producción: cuando se fabrican más productos de lo solicitado por el cliente.
- Sobre procesamiento: cuando se gasta más espacio, recursos o personal para las actividades.
- Esperas: se produce cuando hay una sobre producción o sobre procesamiento.
- Movimientos: movimientos innecesarios que no agregan valor al producto.
- Transporte: es el movimiento de materiales que no suma valor del producto.
- Inventarios: se refiere a cualquier proceso o producto que no es solicitado por el cliente.
- Defectos: se refiere cuando el producto está por debajo de la calidad esperada por el cliente.

Al respecto Womack (2003) propuso el octavo desperdicio, el cuál refiere al talento humano, alude al desaprovechamiento de las ideas, habilidades del personal que forma parte de la organización, citado por (Tejeda, 2011).

2.2.1.5: Casa del sistema de fabricación de Toyota

La casa de sistema de Producción Toyota es un diagrama, donde se muestra cómo se relacionan todas las herramientas de la filosofía del Lean Manufacturing (ver figura 2).

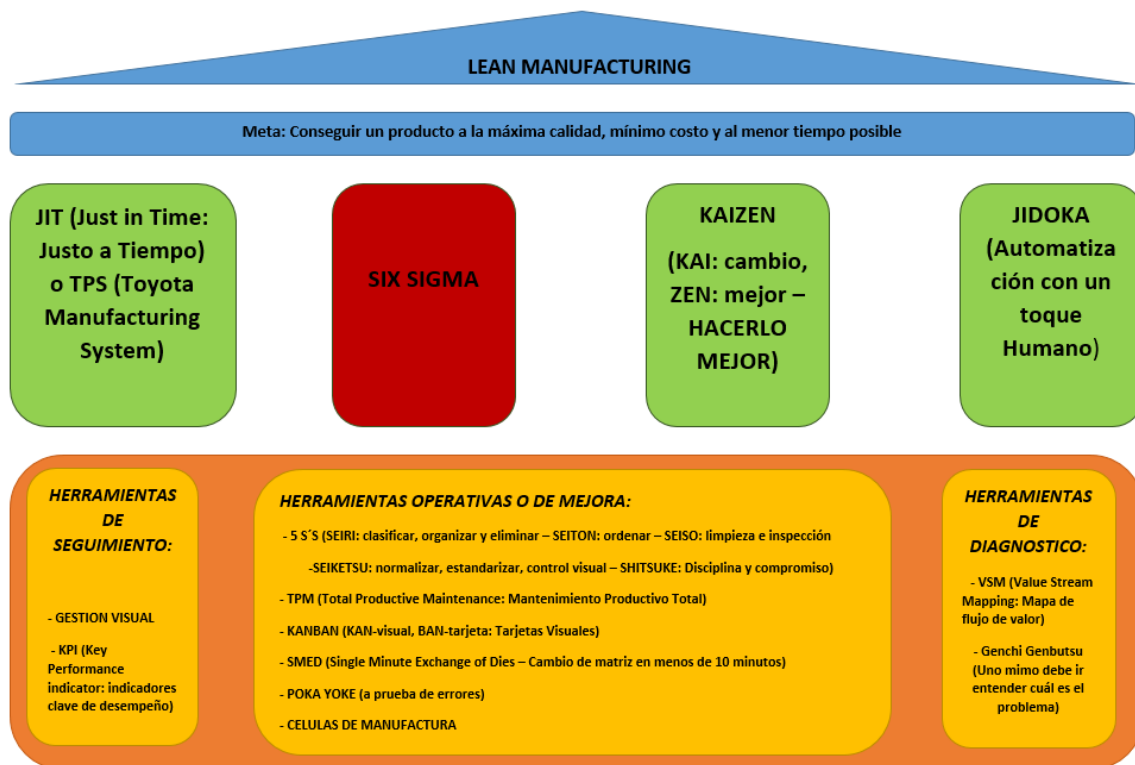


Figura 2: Casa del sistema de fabricación Toyota, adaptado de (Sarria, Fonseca y Bocanegra, 2017).

Fuente: elaboración propia

La Casa del sistema de fabricación de Toyota, es un diagrama donde la base está conformada por tres tipos de herramientas (de diagnóstico, operativas y de seguimiento) que son fundamentales para soportar y trabajar el Lean Manufacturing.

Las herramientas de diagnóstico ayudan a entender la problemática de la organización, mientras que las herramientas operativas o de mejora ayudan a cambiar los procesos que no agregan valor a la organización y las herramientas de seguimiento sirven para mantener la mejora continua.

Después de las bases se encuentran cuatro pilares que son las herramientas que soportan la metodología del Lean Manufacturing, la metodología JIT (Just in time) que

permite solo producir lo que el cliente requiere cuando lo quiera, la metodología del Kaizen se refiere a la mejora continua, ya que cada vez se pueden hacer mejor las cosas, la herramienta Jidoka trabaja de la mano de las personas con la automatización (generalmente usadas en plantas manufactureras) y por ultimo Six sigma, corrige los problemas antes de que ocurran donde se propone de 3 a 4 errores en un millón de oportunidades, logrando la excelencia (Sarria et al., 2017).

2.2.1.6: Herramientas

Las herramientas del Lean Manufacturing se dividen en 3 grupos: herramientas de diagnóstico (VSM y Genchi Genbutsu), luego tenemos las herramientas de mejora (5 S, TPM, Kanban, SMED, Poka Yoke y Células de manufactura) y por último las herramientas de seguimiento (Gestión Visual o Visual Board y KPI). Sin embargo, para la siguiente investigación se utilizarán las siguientes herramientas: Gestión Visual o Visual Board, 5 S, Poka Yoke, VSM y Genchi Genbutsu.

2.2.1.6.1: Herramientas de Diagnóstico

- Value Stream Mapping (VSM)

Es una herramienta de Lean Manufacturing, en la cual mediante íconos y gráficos se muestra la secuencia y flujo del material e información de la cadena de valor, se visualizará el proceso de manufactura y distribución al cliente. Es una guía para mapear la situación actual y de esta manera poder iniciar a implementar los principios de la metodología Lean (Tejeda,2011).

- SIPOC

La matriz SIPOC, sigla que en inglés corresponden a, Proveedores (Suppliers), Entradas (Inputs), procesos (Process), Salidas (Outputs) y Clientes (Customers). Es una

herramienta que describe las entradas, salidas, clientes y otros atributos que intervienen en las actividades inherentes a un proceso (Torres, 2014).

Antes de emprender cualquier acción frente a un proceso, este debe ser analizado a profundidad, es decir se debe realizar un mapeo para después recién ser intervenido, frente a esta actividad el SIPOC es una herramienta fundamental, sugiere (Felizzola y Luna, 2014).

- Diagrama de Hilos

Es una herramienta gráfica que parte de un plano o modelo a escala en donde se mide con un hilo el trayecto de los trabajadores, de los materiales o del equipo durante una sucesión determinada de hechos, de esta manera se busca analizar a detalle el recorrido de los operarios (Puma, 2011).

- Genchi Genbutsu

De acuerdo con Ohno (1988) se refiere a ir al lugar de origen y ver que está sucediendo para entender la situación real del problema, citado por (Liker, 2006).

2.2.1.6.2: Herramientas de Mejora

- 5 'S

5 S es la abreviatura de una secuencia de pasos cuyo propósito es el cambio cultural en la organización (ver figura 3).



Fig. 3: Las 5 S japonesas.

- SEIRI: se refiere a seleccionar de lo que se necesita de lo que no se necesita.
- SEITON: se refiere a ordenar los materiales dándoles un lugar asignado.
- SEISO: se trata de limpiar el área y ver que lo ocasiona para no repetirlo.
- SEIKETSU: se debe estandarizar para mantener presente las tres primeras S.
- SHITSUKE: la disciplina es importante ya que permite crear buenos hábitos.

Por tanto las 5 S son una de las bases fundamentales del Lean Manufacturing ya que permite formar los cimientos para la mejora continua, las 5 S va más allá de limpiar , se debe entender de una filosofía de trabajo a una filosofía de vida (Ramírez y Gisbert, 2016).

- Poka Yoke

Esta herramienta se utiliza para evitar errores dentro de los procesos y funciones en la organización, si bien pueden ser errores simples, pero pueden generar desperdicio, cuello de botellas y finalmente insatisfacción de los clientes (Ibarra y Ballesteros, 2017).

- Visual Board (Gestión Visual)

Se define como la entrega de información visual rápida y entendible de todas las operaciones con el fin de concientizar y ver cómo se puede mejorar, pues esta metodología ayuda a la mejora continua, pero se necesita de la participación de todos los colaboradores pues idea en idea se llega a la mejora (Sarria et al., 2017).

2.2.1.6.3 Herramientas de apoyo

- Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)

El Diagrama Causa-Efecto sirve como vehículo para ayudar a los equipos de trabajo a tener un consenso respecto a un problema complejo, con todos los elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido (Romero y Camacho, 2010).

Por su carácter visual, es muy útil en las tormentas de ideas realizadas por grupos de trabajo y círculos de calidad. El funcionamiento es el siguiente, los participantes van aportando ideas sobre las causas que pueden producir los efectos y estos se van registrando en el diagrama. Cuando han terminado las aportaciones se reordenan las causas de forma jerárquica y se eliminan las repetidas (Ruiz, 2009).

- Diagrama Pareto

La gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema hasta los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar.

Cuando se trabaja con grandes volúmenes de información, cuantitativamente como cualitativamente es recomendable segmentar la información para centrarnos en lo relevante y para ello se suele emplear la ley de Pareto o la regla 80/20 es decir que el 80% del resultado lo genera el 20% de las causas (González, 2017).

3: METODOLOGÍA EMPLEADA

La presente investigación tiene como metodología la siguiente estructura y se presenta a través de la figura 4.

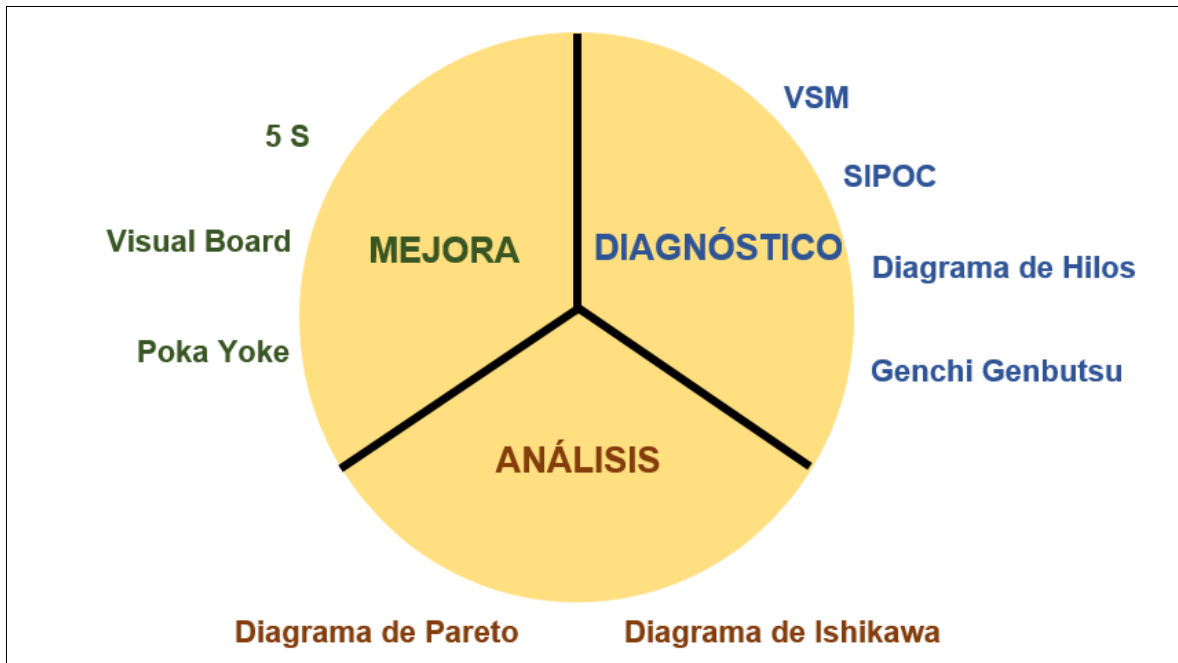


Fig.4: Metodología Empleada.

3.1 Diagnóstico

A través del diagnóstico se busca reconocer las diferentes características propias del flujo del proceso productivo de la empresa metalmecánica desde la visión de las herramientas de Lean Manufacturing, con el fin de identificar con claridad las problemáticas que generan un impacto directo en el retraso de entrega de máquinas a los clientes. Por ello, se iniciará con la construcción del mapeo de la cadena de valor actual de la organización.

3.1.1 Visual Stream Mapping

En la figura 5 se presenta el VSM de la máquina plastificadora.

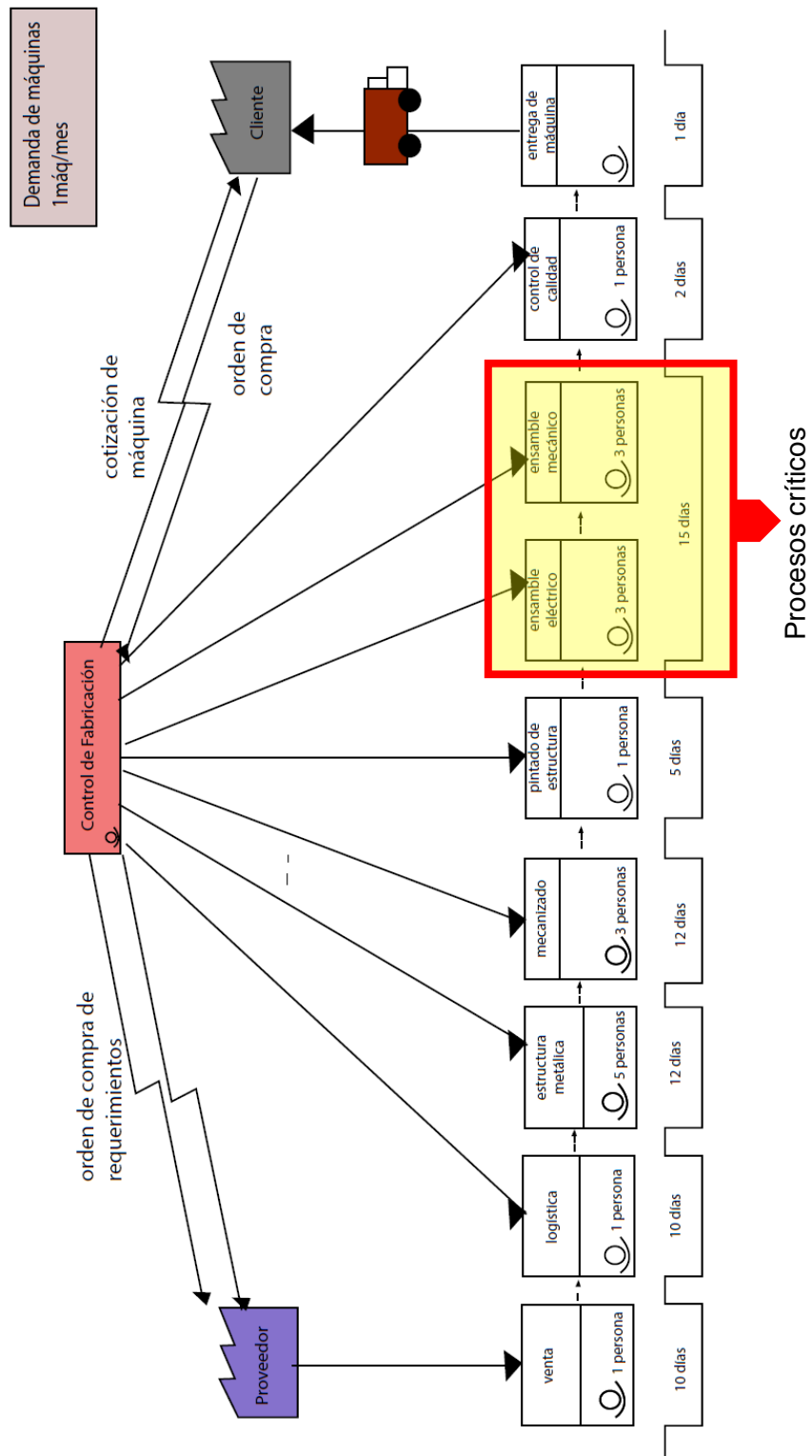


Fig.5: Elaboración propia, VSM actual de la fabricación de la máquina plastificadora.

Del VSM presentado, se concluye que la fabricación de 1 máquina plastificadora toma 67 días. Los dos procesos resaltados en rojo (ensamble eléctrico y ensamble mecánico) son los más críticos ya que son los que toman mayor tiempo en ejecutarse, un total de 15 días.

3.1.2 SIPOC

El SIPOC, de forma concisa permitirá identificar la relación de los procesos que implican la fabricación de la máquina plastificadora, además de sus entradas, salidas, proveedores y clientes. El proceso resaltado en rojo, representa el proceso crítico de la fabricación de la máquina conforme se aprecia en la figura 6.

SUPPLY (PROVEEDORES)	INPUT (ENTRADAS)	PROCESS (PROCESO)	OUTPUT (SALIDA)	CUSTOMERS (CLIENTES)
<ul style="list-style-type: none"> - Jefatura de Producción - Outsourcing - Jefatura de Producción - Área de diseño - Área administrativa y compras y área de almacén y logística. - Empresa y proveedores externos. - Empresa - Gerencia y Jefe de operaciones 	<p>Mano de obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Técnicos, Ingenieros, maestros. - Contadores <p>Métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodología de Producción - Métodos y procedimientos de Trabajo <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planos eléctricos y mecánicos. - Información digital. - Materia prima, insumos y herramientas <p>Maquinaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centro CNC, Torno CNC, torno convencional, máquina de soldar, sierra vaivén, fresadora universal. <p>Medio ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Áreas de trabajo. - Iluminación. - Infraestructura adecuada <p>Medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Control de orden de fabricación. - Seguimiento de los tiempos de entrega al cliente 	<p>FABRICACION DE LA MAQUINA PLASTIFICADORA</p> <pre> graph TD A[COTIZAR MAQUINA] --> B[P3: ORDEN DE FABRICACION] B --> C[P6: ORDEN DE COMPRA A LOS PROVEEDORES] C --> D[P7: ENTREGAR LOS MATERIALES] D --> E[ESTRUCTURA METALICA] E --> F[P14: ENSAMBLE ELECTRICO Y MECANICO] F --> G[CONTROL DE CALIDAD Y ENTREGA DE LA MAQUINA] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> - Maquina Laminadora - Certificado de conformidad de la máquina. - Orden de cotización - Orden de compra. - Orden de fabricación. - Planos eléctricos y mecánicos. - Reporte de horas extras. - Reporte de accidentes. - Reporte de gastos - Requerimientos de materiales - Desperdicios 	<ul style="list-style-type: none"> - Cliente - Jefatura de Producción - Área de almacén y logística - Área de mermas

Fig.6: SIPOC de la fabricación de la maquina plastificadora.

3.1.3 Diagrama de Hilos

El diagrama de hilos permitió plasmar el desplazamiento de la máquina plastificadora a través de las áreas involucradas en la fabricación, comprendiendo con mayor claridad las diferentes etapas del proceso e identificar cuan extenso es el recorrido.

A continuación, se mencionan los 16 procesos para la fabricación:

- Proceso 1: Recepcionar la orden de cotización de la máquina laminadora.
- Proceso 2: Entregar la orden de compra.
- Proceso 3: Realizar la orden de fabricación.
- Proceso 4: Verificar el stock de materiales de la máquina.
- Proceso 5: Efectuar la orden de requerimientos de materiales de la máquina.
- Proceso 6: Realizar la orden de compra a los proveedores.
- Proceso 7: Recepcionar la entrega de los materiales de la orden de compra.
- Proceso 8: Proporcionar y supervisar la entrega de materiales.
- Proceso 9: Entregar los planos de estructura y piezas metálicas.
- Proceso 10: Realizar el mecanizado de las piezas y almacenarlas.
- Proceso 11: Realizar el tablero eléctrico de control de la máquina laminadora.
- Proceso 12: Realizar la entrega de la estructura metálica.
- Proceso 13: Pintar la estructura metálica.
- Proceso 14: Realizar el ensamble mecánico y eléctrico.
- Proceso 15: Realizar el control de calidad.
- Proceso 16: Entregar la máquina laminadora al cliente.

ÁREAS	SUB-ÁREAS	N° DE PROCESO	TIEMPO ACTUAL (días)	TOTAL DIAS
1: VENTA		P1,P2,P3	10	10
2: LOGÍSTICA	PRODUCTOS NACIONALES	P4,P5,P6yP7	8	10
	PRODUCTOS INTERNACIONALES	P4,P5,P6yP7	50	
	TERCERIZACIÓN	P5,P6yP7	4	
		P5,P6 y P7	4	
		P5,P6 y P7	10	
		P5,P6 y P7	3	
		P5,P6 y P7	1	
P5,P6yP7	4			
3: ESTRUCTURA METÁLICA		P8,P9 y P12	12	12
4: MECANIZADO	TORNO CNC	P8,P9 y P10	12	12
	CENTRO MECANIZADO	P8,P9 y P10	4	
	MÁQUINAS CONVENCIONALES	P8,P9 y P10	8	
5: PINTURA		P8 y P13	5	5
6: ENSAMBLE ELÉCTRICO		P8,P14 y P11	8	15
7: ENSAMBLE MECÁNICO		P8 y P14	15	
8: CONTROL DE CALIDAD		P15	2	2
9: ENTREGA DE MÁQUINA		P16	1	1
TIEMPO TOTAL			67	67

Tabla 6: Total de días del proceso (P=PROCESO)

El diagrama de hilos se presenta en el anexo 2.

3.1.4: Genchi Genbutsu

Para entender la problemática de la empresa, se realizaron entrevistas al personal de las cinco áreas más importantes en el proceso de fabricación, donde se busca identificar las condiciones actuales de trabajo.

Área de estructura metálica

- Tardanza en la compra de materiales.
- Falta de programación para fabricación de máquinas.
- Descoordinación entre el área administrativa y producción.
- Planos mecánicos mal diseñados y modificados.
- No se cuenta con los EPP adecuados.
- No hay inventario de materiales en el área de estructura.

Área de mecanizado

- No hay una programación, planificación diaria de trabajo.
- No hay clasificación de materiales, por medida o tamaños.
- No existe un plan de seguridad y salud en el trabajo.
- No hay buena iluminación en el área.
- No hay un área específica para colocar las piezas entrantes y salientes.

Área de ensamble eléctrico y mecánico

- Empresa demasiado jerárquico y vertical (no hay un trato horizontal)
- Desorden y falta de clasificación de materiales.
- Cuellos de botella debido al área de Compras, ya que no se suministra con materiales para el avance eléctrico y mecánico.
- No existe un plan de seguridad y salud en el trabajo.
- Falta de capacitación para el manejo de planos.

Área de almacén y logística

- El área de administrativa y compras no tiene liquidez para proveer fondos.
- Ubicación del almacén, se encuentra alejado de las áreas de trabajo.
- No hay inventario de materiales.
- Demora en la entrega de productos de importación.
- No hay andamios para llevar el correcto orden.

Área de pintura

- No hay división de áreas: lavado y pintado.
- Contaminación en el lavado del ácido.
- No hay espacio ni señalización para productos de llegada, en proceso y salida.
- Inseguridad por la falta de EPP.
- Poca iluminación.
- No funciona la cabina de pintado, está mal diseñada ya que se fabricó en el taller.
- No existe buena comunicación entre gerencia y el área de pintura.

Al término del diagnóstico, fue importante analizar la información recolectada la cual se realiza en la fase de análisis.

3.2 Análisis

El análisis de la problemática se realizará mediante el Diagrama de Ishikawa y el Diagrama de Pareto a fin de identificar las principales causas que generan demora en la fabricación y entrega de la máquina plastificadora.

3.2.1 Diagrama de Ishikawa

En el siguiente Diagrama de Ishikawa, se visualiza las causas principales subrayadas, las cuales pertenecen a 3 grupos M (Mano de Obra, Método de trabajo y Materiales), estas fueron identificadas como tal bajo la validación del Jefe de Producción.

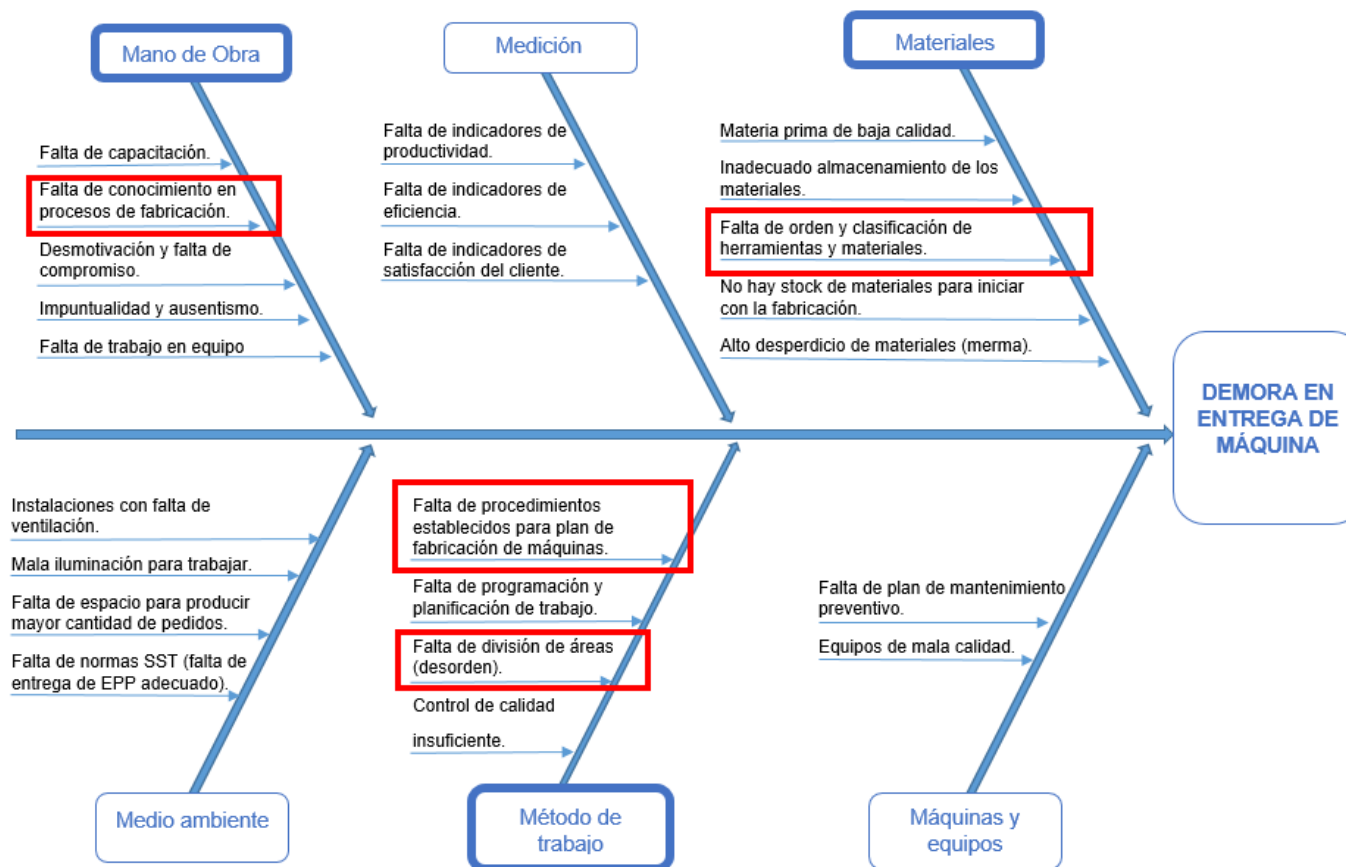


Fig.8: Diagrama Ishikawa de la problemática de la empresa.

3.2.2 Diagrama de Pareto

Posterior a la aplicación del Diagrama de Ishikawa, se procedió a determinar el proceso en el cual las causas principales (resaltadas en rojo) generan mayor impacto.

Una vez seleccionados los procesos, se ordenaron de mayor a menor, de acuerdo a la cantidad de días que estos toman en la fabricación de la máquina.

A continuación, se muestra la tabla de resultados:

Posibles causas del problema	Frecuencia con la que ocurre (días)	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
P7: Recepcionar la entrega de los materiales de la orden de compra	45	53.57%	45	53.57%
P14: Ensamble eléctrico y mecánico	15	17.86%	60	71.43%
P6: Orden de compra a proveedores	14	16.67%	74	83.33%
P3: Orden de fabricación	10	11.90%	84	100.00%
Total	84	100.00%		

Tabla 7: Posibles causas del problema.

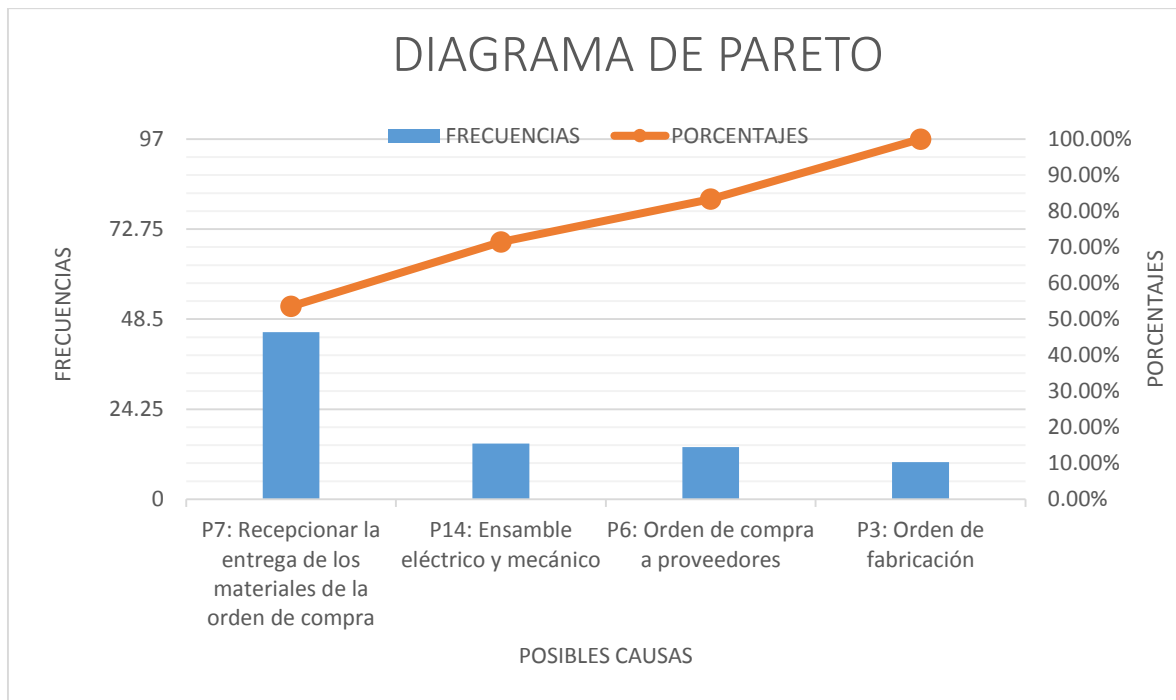


Fig. 9: Diagrama de Pareto .

De acuerdo al gráfico mostrado en la figura 9, se concluye que el 80% del problema se concentra en la Recepción de entrega de los materiales de la orden de compra y en el ensamble eléctrico y mecánico, por lo tanto, ambos son los procesos críticos que están afectando el proceso de fabricación de la máquina plastificadora.

3.3: Mejora

En la siguiente investigación propuesta, se ha tomado como proceso a mejorar el ensamble eléctrico y mecánico, dado que no demanda inversión económica. La metodología a aplicar es la siguiente.

3.3.1: 5 S

Previo a la aplicación de las 5 S mostraremos la situación actual del área del ensamble eléctrico y mecánico (ver figura 10).



Fig.10: Área mecánica y eléctrica.

En la figura 10 se muestra el área mecánica y eléctrica, ambiente donde se implementa las 5 S.



Fig.11: Parte superior de la división 1.

En la figura 11 se observa la mesa de trabajo donde se coloca herramientas mecánicas y eléctricas.



Fig.12: Parte inferior de la división 1.

En la figura 12 se observa rodillos de cromo superficiales de la máquina plastificadora, taladro manual, muestras de plastificado, cable, fuentes malogradas.



Fig.15: Parte inferior de la división 3.

En la figura 15 se aprecia cables de diferentes calibres, planos y manuales.

De acuerdo a las imágenes mostradas, el área de ensamble eléctrico y mecánico presenta desorden, falta de limpieza y cultura de trabajo. Cuando se recibe visita de clientes nacionales o internacionales, el área daba un mal aspecto pues refleja desinterés y falta de preocupación por parte del personal.

Posterior a la observación y análisis del área mecánica y eléctrica, se concluye que la herramienta de mejora a emplear son las 5 S, a continuación, se muestra el desarrollo de la aplicación.

En la figura 17 se observa la mesa del área mecánica y al lado izquierdo se colocó la caja con herramientas a utilizar por el mecánico, buscando que las herramientas y accesorios estén a la mano.



Fig.18: Seiton en la división 1, parte inferior (mesa del área mecánica).

En la figura 18 se observa la parte inferior de la división 1, aquí es donde va a trabajar el mecánico por tanto todas sus herramientas deben estar lo más cerca posible.



Fig.19: Seiton en la división 2, parte inferior (área eléctrica).

En la figura 19 se observa la parte inferior de la división 2, donde se ordenó los cables de acuerdo a los calibres para el ensamble eléctrico.



Fig.20: Seiton en la división 3, parte inferior (área eléctrica).

En la figura 20 se observa la parte inferior de la división 3, donde se ubica la caja de terminales, numerales, manuales, planos, estaño, pasta, cautiles, portacautiles, pistola de calor, multímetros y caja de herramientas; todas estas herramientas se ubican para que el colaborador tenga todo a la mano para el armado de los tableros eléctricos.



Fig.21: Seiton de los retazos de los cables a reutilizar.

3 S: SEISO (Limpiar):



Fig.22: Seiso en el área mecánica y eléctrica

En la figura 22 se observa la aplicación de Seiso en el área mecánica y eléctrica, donde no se trata de solo limpiar el área de trabajo sino de evitar en lo posible el ensuciar, para ello se ha recomendado al personal limpiar 5 minutos antes de terminar su labor toda su área de trabajo.

4 S: SEIKETSU (Estandarizar):

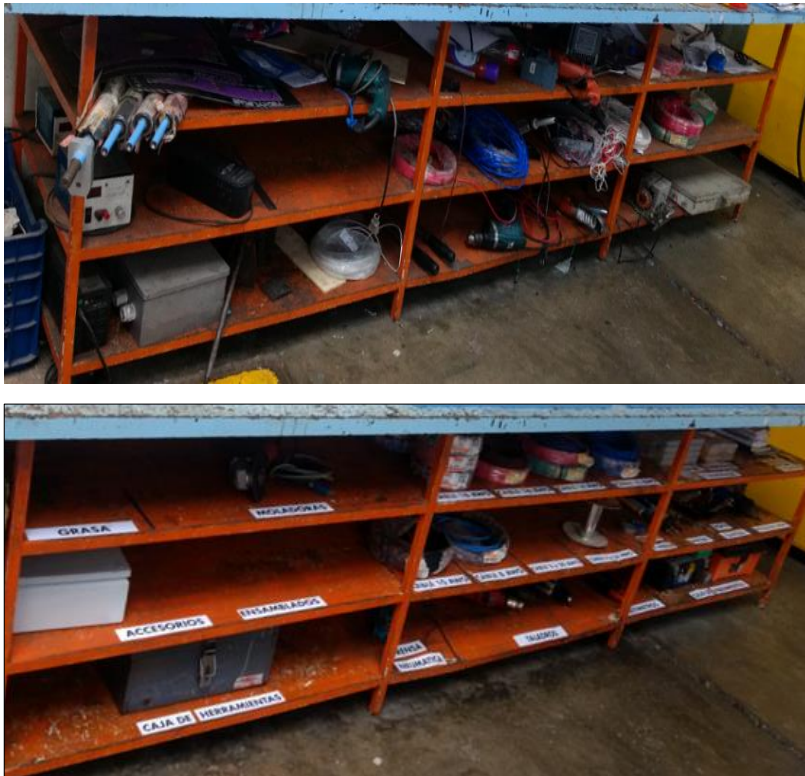


Fig.23: Estandarizar la división de ensamble mecánico y eléctrico.

La cuarta S es importante pues sirve para mantener las tres primeras S, por tal motivo como se muestra en la figura 23 se estandariza todo, para que los trabajadores tengan conocimiento y así evitar la falta de información, con esta medida se busca la disminución de errores y la mejora continua.

5S: SHITSUKE (Disciplina):



Fig.24: Charla de las 5 S con los responsables del área eléctrica y mecánica.

Una vez aplicado las 4 S, la quinta S es muy importante pues para seguir con el orden y mejora se debe crear el hábito de respetar y aplicar todo lo establecido ya que ayuda en gran magnitud a la mejora continua de la empresa.

En síntesis, la figura 25 muestra el área mecánica y eléctrica antes de usar las 5 S.



Fig.25: Antes de usar las 5 S.



Fig.26: Aplicación de las 5 S.

La figura 26 nos muestra el resultado de la aplicación de las 5 S, cuyo objetivo es generar un cambio cultural en la empresa y mejorar los procesos. Las 5 S no tiene fin pues siempre se puede mejorar.

3.3.2: Visual Board

El Visual Board implementado tiene como finalidad que los colaboradores de todas las áreas tengan un conocimiento transversal de los procesos de la fabricación de la máquina, de esta manera no olviden ni se olviden de un proceso importante. Bajo esta premisa, se busca un orden y planificación respecto a tiempos y método de trabajo, ya que podrán saber cuál es el avance de fabricación respecto a otras áreas, logrando así optimizar su tiempo para fabricar varias máquinas al mismo tiempo.

El Visual Board, está dividido en siete áreas, las cuales se detallan a continuación en la tabla 9.

VISUAL BOARD DE LA MÁQUINA PLASTIFICADORA		
1. LOGÍSTICA	2. ESTRUCTURA METÁLICA	3. MECANIZADO
P1: Recepcionar la orden de cotización de la máquina laminadora. P2: Entregar la orden de compra. P3: Realizar la orden de fabricación. P4: Verificar el stock de materiales de la máquina. P5: Efectuar la orden de requerimientos de materiales de la máquina. P6: Realizar la orden de compra a los proveedores. P7: Recepcionar la entrega de los materiales de la orden de compra. P8: Proporcionar y supervisar la entrega de materiales.	P9: Entregar los planos de estructura y piezas metálicas. P12: Realizar la entrega de la estructura metálica.	P10: Realizar el mecanizado de las piezas y almacenarlas

VISUAL BOARD DE LA MÁQUINA PLASTIFICADORA			
4. PINTURA	5. ENSAMBLE ELÉCTRICO	6. ENSAMBLE MECÁNICO	7. CONTROL DE CALIDAD
P13: Pintar la estructura metálica.	P 11: Realizar el tablero eléctrico de control de la máquina laminadora.	P14: Realizar el ensamble mecánico y eléctrico.	P15: Realizar el control de calidad. P16: Entregar la maquina laminadora al cliente.

Tabla 9: Clasificación de procesos en 7 grupos.

El Visual Board se presenta en el anexo 3.

3.3.3: Poka Yoke

Como herramienta para el Poka Yoke se utilizó el Check List, en esta lista se detalla todas las piezas y herramientas necesarias para poder realizar el ensamble correcto de la máquina plastificadora. Por consiguiente, se recomienda revisar esta lista previa al ensamble a fin de evitar posibles errores, además de tiempos muertos que no agregan valor al proceso.

La lista de materiales está ordenada de acuerdo al proceso de fabricación, logrando así relacionar el orden de los procesos del Visual Board con el Check List, ver la siguiente figura.

CHECKLIST PLASTIFICADORA SEMIAUTOMATICA

Máquina				FECHA 10 de julio del 2019
Cliente				
País				
Fecha de orden de compra		Aspectos generales	220 VAC TRIFASICO , RESISTENCIA DE 11KVA	REVISADO POR:

LOGÍSTICA – AREA ELÉCTRICA

ITEM	Descripción del Material	Cant	Marca	Modelo	Fecha de entrega material	Observaciones	✓
1	Canaletas de 40x60mm	4 m	FOTEK	—		2X45.8 ·· 2X77.5 ·· 1X40.7 ·· 1X55.3	
2	Autorroscantes 8X1/2" + arandelas planas de 1/2"	38	—	—		24: canaleta ·· 10: riel ·· 4: base de rele de estado solido	
3	Autorroscantes 6X1/2" + arandelas planas de 1/2"	4	—	—		Para ventilador de base de rele de estado solido	
4	Autorroscantes 8X3/4" + arandelas planas de 1/2"	4	—	—		Para soporte del variador de velocidad	
5	Pernos 5/32X1 1/2" + arandelas planas de 5/32" + tuercas de 5/32" + arandelas de presión 5/32"	4	—	—		Para sujetar llave de fuerza trifasica	
6	Riel dim	84.5 cm	—	—		36cm: borneras ·· 4.5cm: contactor principal ·· 44cm: plc y modulo	
7	Tope para borneras	1	LEGRAND	—			
8	Borneras gruesas de 35A (plomo)	3	LEGRAND	—		Para conexión de resistencia	
9	Borneras delgadas de 15A	36	LEGRAND	—			
10	Borneras gruesas de 35A (amarillo y verde)	1	LEGRAND	—		Para tierra	
11	Borneras gruesas de 15A (amarillo y verde)	1	LEGRAND	—		Para tierra	
12	Separadores de borneras	13	LEGRAND	—			
13	Puentes metálicos	18	—	—		1 de 3; 1 de 4; 1 de 5 y 3 de 2	
14	Terminal en punta amarillo	84	—	—			
15	Terminal en punta blanco	13	—	—			
16	Terminal en punta azul	22	—	—			
17	Terminal metalico T25X6 para cable 8 AWG	10	—	—		6 para llave general, 3 para resistencia de 11 VA, 1 para tierra	
18	Terminal orquidea rojo	9	—	—			

19	Terminal orquidea azul	14	—	—		
20	Terminal orquidea amarillo 5.5-4Y (pequeño)	8	—	—		
21	Terminal orquidea amarillo 5.5-5Y (mediano)	9	—	—		
22	Conectores DB9 macho y hembra azul	5 pares	—	—		
23	Terminal macho azul	6	—	—		
24	Capuchas para DB9	4	—	—		
25	Pares de DB9 hembra y macho	2	—	—		
26	Cintillos pequeños	30	—	—		
27	Cintillos grandes	12	—	—		
28	Portacintillos pequeños	10	—	—		
29	Portacintillos grandes	9	—	—		
30	Cable electrico 18 AWG	8m	—	—		
31	Cable electrico 16 AWG	2m	—	—		
32	Cable electrico 8 AWG	3m	—	—		
33	Cable electrico 4X8 AWG	5m	—	—		
34	Cable electrico 2X20 AWG	2m	—	—		
35	Numeral 0	38	—	—		
36	Numeral 1	86	—	—		
37	Numeral 2	42	—	—		
38	Numeral 3	20	—	—		
39	Numeral 4	39	—	—		
40	Numeral 5	9	—	—		
41	Numeral 6	11	—	—		
42	Numeral 7	4	—	—		
43	Letra R	14	—	—		
44	Letra T	2	—	—		
45	Letra N	24	—	—		
46	Llave de fuerza Trifásica de 50A	1	LS	—		
47	Contacto Trifásico -18A	1	WEG	—		encendido general
48	Block auxiliar -2contactos NO	1	WEG	—		para contacto general
49	Base de rele de estado solido	1	FOTEK	—		
50	Rele de estado solido - bobina:4-32VDC --I:75A -- V:24-380VAC	1	FOTEK	—		
51	Ventilador para base de rele de estado solido	1	FOTEK	—		
52	Variador de velocidad Trifásico - 3HP	1	DELTA	—		
53	Portafusibles -32A	3	ABB	—		
54	PLC	1	KINCO	CPU plc kinco k506 24AT		

55	MODULO	1	KINCO	MODULO PM533 KINCO K533 04IV			
56	Rele -Bobina 24VDC -75A	5	SIEMENS	---			
57	Amplificador del sensor de fibra	1	FOTEK	---			
58	Sensor de fibra	1	FOTEK	---			
59	Sensor infrarojo	1	FOTEK	---			
65	encoder	1	FOTEK	---			
67	Electrovalvulas de 220 VAC	3	PNEUMATI K	---			
68	HMI	1	KINCO	---			
69	Interruptor general	1	FOTEK	---		nc,co,piloto	
70	Parada de emergencia	2	FOTEK	---			
71	Pulsadores NO	2	FOTEK	---			
72	Pernos 5/32 X 3/4 para sujetar el ventilador en la resistencia	4	---	---			
73	Pernos M5 X 1/2 para sujetar la base del ventilador en la resistencia	2	---	---			
74	Base del encoder	1	---	---			
75	Base del sensor de fibra	1	---	---			
76	Base del sensor infrarojo	1	---	---			

Fig. 27: Check list de área eléctrica.

En la figura 27 se puede apreciar el Check List del área eléctrica, el cual está compuesto por 76 materiales, se visualizan de forma ordenada todos los materiales necesarios para el ensamble eléctrico, ello permite que el área eléctrica y logística trabajen con mayor organización.

A continuación, se presenta el Check List del área mecánica en la siguiente figura.

CHECKLIST PLASTIFICADORA SEMIAUTOMÁTICA

Máquina			FECHA: 10 de julio del 2019
Cliente			
País			
Fecha de orden de compra	Aspectos generales	220 VAC TRIFASICO , RESISTENCIA DE 11KVA	REVISADO POR:

LOGISTICA - PRODUCTOS NACIONALES - AREA MECÁNICA

ITEM	Descripcion del Material	Cant	Material	Fecha de entrega material	Observaciones	✓
1	Guidores de cadena	4	fe			
2	Bocina de tope	1	fe			
3	Carril del rodillo de silicona principal	1	fe			
4	Sistema de brazo de presión	2	fe			
5	Rodillo de silicona de entrada segmentada	1	fe			
6	Rodillo de cromo superficial pisador	1	fe			
7	Rodillo de silicona pisador	1	fe			
8	Rodillo de cromo superficial para la entrada de faja	1	fe			
9	Faja	1				
10	Rodillo de cromo superficial templador para la faja de salida	1	fe			
11	Rodillo de cromo superficial de corte con sus bocinas reencauchadas de silicona	5	fe			
12	Sistema anticurving	1	fe			
13	Bridas de pared, para los sistema de bobina	1	fe			
14	Bocinas	6	fe			
15	Sistema de bobina de lana	2				
16	Sistema de bobina con freno	2	fe			
17	Sistema de bobina de arrastre	1	fe			
18	Brida principal	1	fe			
19	Rodillo de cromo duro principal.	1	fe			
20	Huaipe	1				
21	Resistencia de 11KVA : 220 VAC (TRIFASICO)	1				
22	Sistema de porta carbon	1				
23	Carbones	3				
24	Bases para los pistones neumaticos	6				
25	Pistones neumaticos 50X25	2				
26	Pistones neumaticos 63X100	2				

27	Palanca o brazo para los pistones neumáticos	2				
28	Ventiladores de mesa de salida	3				
29	Mesa de salida	1				
30	Bases para las bocinas de nylon	2				
31	Bocinas de nylon	3				
32	Faja	1				
33	Eje de cromo superficial templador de salida	1				
34	Cubos portaflejes	3				
35	Cubos portabilas	2				
36	Sistema de blower	1				
37	Eje de cromo superficial templador de salida de material	1				
38	Bandeja de salida	1				
39	Reductor y motor trifásico de 2HP	1				
40	Bandeja de entrada	1				
41	Eje de cromo superficial de apoyo para los sacapliegos	1				
42	Sistema de sacapliego de entrada	1				
43	Eje de cromo superficial de entrada	1				
44	Cubos portabilas	3				
45	Cubos porta flejes.	1				
46	Sistema de cuchilla y picador	1				
47	Rodillo de cromo superficial templador de entrada de bobina	1				
48	Manometro y regulador de presión	2				
49	Unidad de mantenimiento	1				
50	Mangueras neumáticas de 8 y 10 mm					
51	Base de los rodillos neumáticos	4				
52	Rodillos neumáticos	3				
53	Perillas	6				

Fig. 28: Check list del área mecánica.

En la figura 28 se aprecia el Check List del área mecánica, el cual está conformado por 53 materiales, que deberán ser suministrados por el área logística en la brevedad posible.

Esta lista permite que se dé a conocer todos los materiales necesarios para el ensamble mecánico.

4: RESULTADOS ENCONTRADOS

En base a la propuesta implementada se han logrado los siguientes resultados:

Indicadores proceso	Valor original	Nuevo valor	Mejora
Total Lead Time	67 días	42 días	25 días
Producción	1 máquina	1.6 máquinas	0.6 máquinas
Eficiencia	61.43%	98%	36.57%
Ingreso por venta	S/46,060.00	S/73,696.00	S/27,636.00

Tabla 10: Tabla de resultados.

Total, Lead Time:

Este resultado ha sido extraído tomando el análisis realizado en el Value Stream Mapping, a través de esta herramienta de diagnóstico se obtuvo una visión general del proceso de fabricación y se pudo contabilizar la cantidad de días que toma este proceso, siendo 67 días en total.

Asimismo, como resultado de la propuesta de mejora se obtuvo una reducción de 25 días en el proceso de fabricación de la máquina, cabe resaltar que los procesos mantienen el orden que en el VSM de diagnóstico ya que al ser máquinas estándar no se pueden alterar, ver la figura 29.

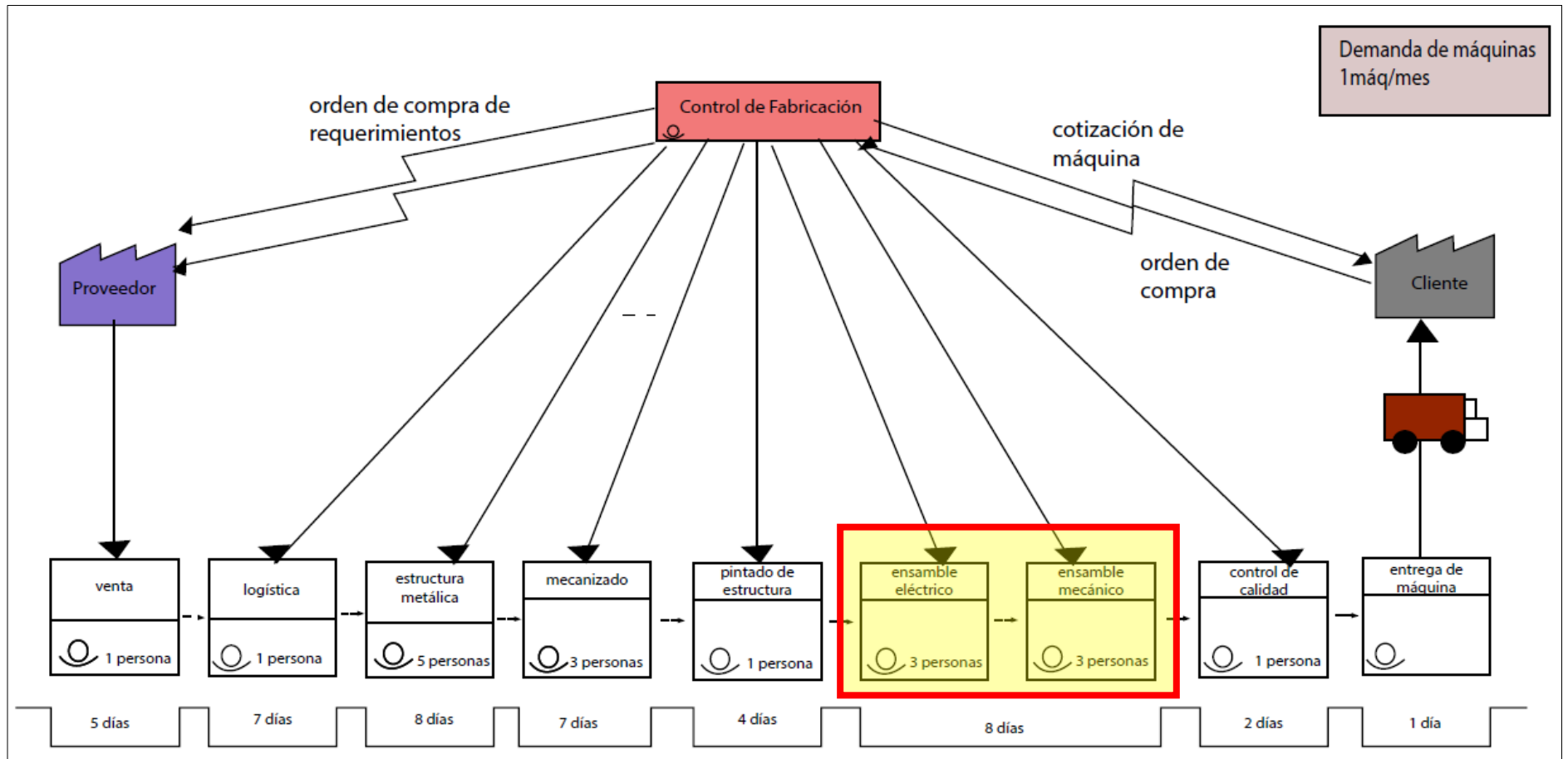


Figura 29: VSM actual con la propuesta de mejora.

Producción:

Este punto fue validado por el jefe de planta de producción, quien brindó los datos acerca de la cantidad de máquinas que se han fabricado en los últimos 5 años. A continuación, se muestra un gráfico de barras donde se detalla la información.

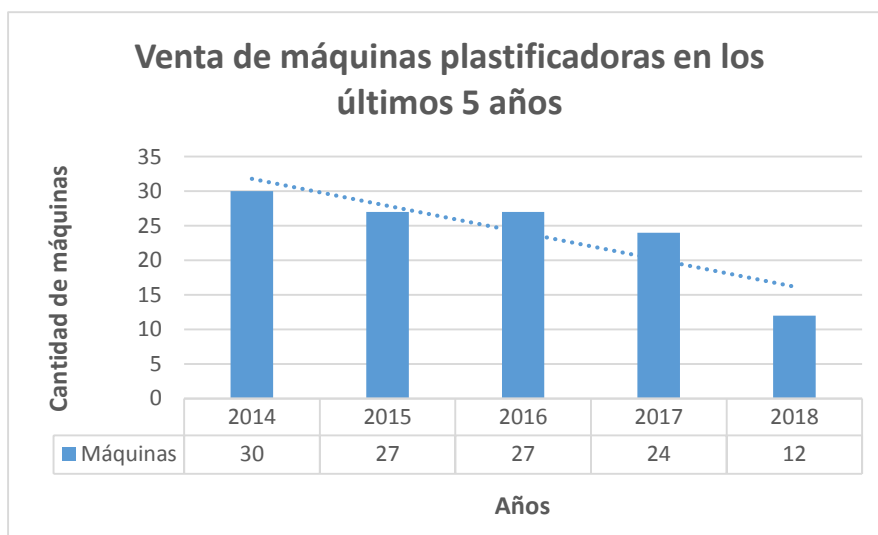


Fig. 30. Gráfico de barras: Venta de máquinas plastificadoras en los últimos 5 años.

En la figura 30, se observa que la venta de máquinas plastificadoras ha disminuido en más del 50% en los últimos cinco años, en el 2014 vendían hasta 30 máquinas y actualmente venden 1 máquina por mes, dando un total de 12 máquinas al año.

Eficiencia:

La eficiencia ha sido obtenida en base a la disminución de la cantidad de días para la fabricación, ahora el valor de la eficiencia es del 98% ya que la cantidad de días para la fabricación ha disminuido de 67 días a 42 días, generando un aumento en la eficiencia de un 36.57 %, lo cual les permite trabajar en otras máquinas o tener un mayor avance en la segunda máquina plastificadora a fabricar.

Ingreso por venta:

El ingreso por venta se ha calculado en base al precio de venta real de la máquina plastificadora. La máquina se vende a S/46,060.00, al reducir el tiempo de fabricación

permite generar un avance del 60% de la siguiente máquina, lo que en dinero representa el monto de S/27,636.00 más. Es decir, que en un mes al tener un avance de 0.6 puede lograr a tener una venta predicha de S/73,696.00.

Luego de presentar la tabla de resultados en términos generales, se procederá a explicar cómo las 3 herramientas empleadas del Lean Manufacturing, generaron esta mejora en las dos áreas críticas. Ver tabla 11.

Área	Causas Abordadas	Propuesta de Mejora	Herramienta Lean
Ensamble mecánico	Falta de organización en los procesos de ejecución de ensamble.	Llevar un mejor control del avance de fabricación de la máquina en su totalidad (tiempo).	Visual Board
	No cuentan con área definida de trabajo.	Realizar limpieza en área de ensamble eléctrico con el fin de brindar un espacio definido al área de ensamble mecánico.	5 S
	No existe una lista de materiales necesarios para poder iniciar con los ensambles.	Elaboración de Check List para tener todo lo necesario al momento de iniciar con el ensamble.	Poka Yoke
Ensamble eléctrico	Falta de organización en los procesos de ejecución de ensamble.	Llevar un mejor control del avance de fabricación de la máquina en su totalidad y asegurar el cumplimiento del proceso (tiempo).	Visual Board
	Falta de clasificación y organización de los materiales en el área de trabajo.	Ordenar, Limpiar y clasificar los materiales con el fin de compartir el espacio con el área de ensamble mecánico, así mismo membretar los espacios con los nombres de los objetos.	5 S
	No existe una lista de materiales necesarios para poder iniciar con los ensambles.	Elaboración de Check List para tener todo lo necesario al momento de iniciar con el ensamble.	Poka Yoke

Tabla 11: Análisis de causas y propuestas de mejora.

Con la aplicación de estas herramientas se estima una reducción de tiempo de 25 días, logrando entregar la máquina en el tiempo establecido con el cliente. Asimismo, generar mayor cantidad de ventas como se muestra.

Cabe precisar que la implementación de la propuesta no demanda inversión económica dado que se utilizan recursos propios de la organización.

5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se desarrolla una propuesta que permita cumplir con el tiempo de entrega de la máquina plastificadora a los clientes mediante la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing, para lo cual primero se ha estudiado la situación actual de la empresa, utilizando el VSM, SIPOC, Diagrama de Hilos y Genchi Genbutsu, después se han identificado cuáles son las causas que generan que la máquina no se entregue de acuerdo al tiempo pactado con el cliente y para ello se ha aplicado el Diagrama Ishikawa y Pareto, logrando identificar cuáles son las causas. Por último, en base al análisis, se procedió a implementar las 5 S, Poka Yoke y Visual Board, con lo cual se ha obtenido una reducción en tiempos de 25 días y mayores ingresos por ventas en S/ 27 636.00 por máquina. Ello sin contar con las mejoras respecto a la imagen de la empresa y clima laboral.

Estos resultados son reforzados por (Tinoco et al., 2016), (Gonzalo et al., 2016) y (Choomlucksana et al., 2015).

En contraste tenemos a (Ciarniene & Vienazindiene, 2013), (Lai, Tsai, Wei, Rong & Lu, 2015) y (Goldratt, 2009) donde plantean casos de fracaso al aplicar Lean Manufacturing y esto se debe a la mala organización, falta de comunicación entre gerentes y colaboradores, no hay mejora en el flujo y falta del talento humano.

6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado el desarrollo del presente trabajo de investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

- a) Mediante el diagnóstico se logró detectar problemas importantes, así como las áreas con mayores retrasos, esto permitió visualizar el panorama general del proceso de fabricación y validar la información recogida de las entrevistas.
- b) A partir del análisis, se identificaron las causas principales de los problemas diagnosticados, tales como: el desorden en espacios de trabajo, la falta de procedimientos, la falta de conocimiento del proceso en su totalidad.
- c) Mediante la mejora se logró identificar las áreas principales para la fabricación, disponer de un ambiente de trabajo más ordenado y limpio, y tener un orden de trabajo al realizar el ensamble mecánico y eléctrico.
- d) En base a los resultados, se concluye la reducción de días en el proceso de fabricación, de 67 a 42 días, lo cual representa un mayor cumplimiento con las entregas, así mismo mayor tiempo para avanzar con otras máquinas o un nuevo pedido.

Recomendaciones

- a) El recurso humano es muy importante en la implementación de la propuesta de mejora, por consiguiente, se recomienda realizar capacitaciones y actividades que generen compromiso por parte de los colaboradores.
- b) La decisión de implementación de la propuesta de mejora debe realizarse en un contexto que no afecte la liquidez de la empresa, ya que es una empresa que en los últimos años ha tenido un bajo nivel de ventas.
- c) Se recomienda revisar nuevas oportunidades de mejora en las que se pueda implementar Lean Manufacturing a fin de fortalecer la cultura en la organización.

BIBLIOGRAFÍA

Alva, E., *Contabilidad*, D. De, & Pacifico, U. (2017).

Becerra Rodríguez, F., Serna Gómez, H. M., & Clemencia Naranjo Valencia, J. (2013). *Perfil cultural de las empresas Innovadoras*. *Estudios Gerenciales*, 29(127), 247–257. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.05.013>.

Ciarniene, R y Vienazindiene, M. (2013). *Lean Manufacturing implementation: the main challenges and barriers*. *Management Theory and studies for rural business and infrastructure Development*, 35(1), 43-49.

Choomlucksana, J., Ongsaranakom, M. y Suksabai, P. (2015). *Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles*. *Procedia Manufacturing*, 2(2015), 102-107.

Escobedo, M., Portillo, Coronado, J. T., Portillo, T. E., Barrón López, E., Moreno, G. M., & Ortega, V. E. (2017). *Implementation of Lean Manufacturing in the Industry*. 171–178. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492017000300171>

Felizzola, H., & Luna, C. (2014). *Lean Six Sigma in small and medium enterprises: a methodological approach*. *Revista Chilena De Ingenieria*, 22(2), 263–277. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>

Goldratt, E. (2009). *Standing on the Shoulders of Giants – Production concepts versus production applications The Hitachi Tool Engineering example*. *Gest.Prod*, 16 (3), 333-343.

González, J. (2017). *Ley de Pareto: 80/20*. 1–25. Retrieved from www.iggomez.eu

Gonzalo, L., Marullanda, N. y Gonzales, H. (2016). Factores claves de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*. Universidad de Nariño, 18(1), 85-100.

- Ibarra, V. y Ballesteros, L. (2017). *Manufactura Esbelta*. Ciencia y Tecnológica. 53, 54-58
- Manufacturing, L. (2016). *Lean manufacturing : implantación* 5 S. 5(Edición 20), 16–26.
- Medianas, P. Y., Colombianas, E., Carlos, J., & Lora, T. (2012). *Determinantes del crecimiento de las Micro* , (32), 41–77.
- Lai, S., Tsai, C., Wei, L., Li, Rong. and Lu Min (2015). *The Dilemma of Toyota Production System Implementation. International Journal of Academic Research in Accounting. Finance and Management Sciences* ,5 (1) ,1-12.
- Puma, G. (2011). *Propuesta de redistribución de planta y mejoramiento de la producción para la empresa*. 150. Retrieved from <https://www.mendeley.com/library/#>
- Ramírez, M. y Gisbert, V. (2016). *Lean Manufacturing: Implantacion* 5 S. 3C Tecnologia. 20 (5), 16-26.
- Reis, H. y Ernani, G. (2015). *Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge*. Production, 25(3), 529-541.
- Rojas, A., Gisbert, V. (2017). *Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas*. 3C Empresa, 116-124.
- Rojas Jauregui, A. P., & Gisbert Soler, V. (2017). *Lean Manufacturing: Herramienta Para Mejorar La Productividad En Las Empresas*. 3C Empresa : Investigación y Pensamiento Crítico, 6(5), 116–124.
<https://doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.116-124>
- Rojo, B. B. (2012). *Lean Management. Un estudio bibliométrico*. 9–28.
- Romero Bermúdez, E., & Camacho, J. D. (2010). *El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos*, 40(3-4), 127–142. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/270/27018888005.pdf>

- Ruiz-Falcó Rojas, A. (2009). *Herramientas de Calidad*, Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE, 1-70.
- Sánchez, C. V., Moya, J. V., & Déleg, E. M. (2014). *System of performance indicators for SMEs , metalworking sector , 05*, 49–61.
- Sánchez, L., Blanco, y Pérez, C. (2012). *Lean Management. Un estudio bibliométrico*. Facultad de Ciencias de la Gestión –UADER, 9-28.
- Sarria, M., Fonseca, G. y Bocanegra. (2017). *Modelo metodológico de implementación de Lean Manufacturing*. Revista EAN, 83, 51-71.
- Tapia, J., Escobedo, T., Barrón, E., Martínez, G. y Estebané, V. (2017). *Marco de Referencia de la aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria*. Ciencia y Trabajo. 19(60), 171-178.
- Tejeda, A. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. Ciencia y tecnología, 45(2), 276-310.
- Tinoco, O., Tinoco, F. y Moscoso, E. (2016). *Aplicación de las 5 S para mejorar la percepción de cultura de calidad en microempresas de confecciones textiles en el Cono Norte de lima*. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM, 19(1), 33-37.
- Torres, C. A. (2014). *Orientaciones para implementar una gestión basada en procesos*. Ingeniería Industrial, 32(2), 159–171.

ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ
FICHA DE TAREA DE INVESTIGACIÓN
FI-00123

Facultad: INGENIERÍA
Carrera: Ingeniería Industrial
Sede: Lima

Título: "Reingeniería de Procesos de un Producto manufacturado para optimizar sus tiempos de proceso"
Competencias: Diseño de Sistemas y Procesos, Herramientas y Métodos Cuantitativos, Gestión de Operaciones, Gestión de Proyectos

Datos del responsable de llenar la ficha

Nombres: Manuel Francisco Macabeo Barriga Salavarría

Código Docente: c14003

Correo: manuelbarriga.ing@gmail.com

Teléfono: 995923955

Número de estudiantes posibles a participar en este trabajo: 2 estudiantes

Palabras Clave	Repositorios
Control de Procesos	RENATI
Evaluación y Mejora de Procesos	RENATI
• Mejora Continua	RENATI
• Muda, Mura Muri	RENATI

Sobre el trabajo de investigación

El trabajo tiene perspectivas de continuidad después que el alumno obtenga el Grado Académico para la titulación por la modalidad de tesis: Sí

Contribuye a un trabajo de investigación de una Maestría o un doctorado de algún profesor de la UTP: Sí

Está dirigido a resolver algún problema o necesidad propia de la organización: Sí

Forma parte de un contrato de servicio a terceros: Sí

Corresponde a otro tipo de necesidad o causa:

Objetivos y propósitos del trabajo de investigación:

El presente trabajo de investigación está dirigido a identificar los procesos que no vienen funcionando bien dentro de las empresas manufactureras y en empresas productivas en general que no cuentan con un adecuado manejo de procesos.

Una deficiente operacionalidad en los Procesos Productivos con llevan a un incremento de costos que repercute en la rentabilidad de la empresa y esto último deriva en la disminución de las ganancias y en posibles financiamientos innecesarios.

La inversión realizada en un proceso de reingeniería es recuperable en medida que los procesos sean adecuadamente reformulados y reestructurados; para evitar o reducir costos operativos y brindar productos que satisfagan realmente al cliente..

En este trabajo se evalúan las diferentes maneras de optimizar los Procesos productivos para obtener un mejoramiento notable en los mismos.

Primeros pasos para la realización del trabajo de investigación:

Desarrollar una investigación cuantitativa que permita obtener información sobre un inadecuado desarrollo de procesos manufactureros en empresas nacionales.

Identificar si existen factores adicionales que se involucran en un deficiente manejo de procesos productivos en empresas de Lima.

Propuesta para dar solución a los problemas y mejorar los procesos en empresas productivas de Lima.

Recomendaciones para el trabajo de investigación:

- Acceso a fuentes de información confiables.
- Asegurar la participación de las empresas piloto involucradas para la medición de resultados y futuro monitoreo.
- Asegurar recursos económicos (financiamiento) para el desarrollo de la propuesta.
- Alinear el título del trabajo de investigación con los objetivos del estudio y la propuesta de solución. Debe existir consistencia entre título, objetivos y propuesta de solución, para lo cual deberá tener claro los objetivos.
- Tener en cuenta, que el trabajo de investigación, debe ser de aplicación práctica a la realidad específica establecida según los objetivos de la investigación y no un trabajo teórico.
- El trabajo de investigación propuesto debe contar con datos reales para la investigación y debe enfocarse en buscar fuentes confiables.
- Investigar y analizar diferentes papers relacionados con el trabajo de investigación.
- El marco teórico para la investigación puede estar basado en realidades similares de otros países, pero siempre relacionado a la industria/sector de aplicación del trabajo de investigación.
- Realizar una presentación expositiva según avance del trabajo de investigación proyecto para la mejora de este por el asesor.
- Tener en cuenta el tiempo establecido para el desarrollo de la investigación y conclusión del mismo. Establecer un cronograma realista para el desarrollo/retroalimentación/corrección de los entregables a fin de cumplir con la entrega del trabajo de investigación terminado en la fecha establecida por la FIME.

Aprobación de ficha de investigación
(Llenado y aprobado por la Dirección Académica)

Nombres:

Código:

Cargo:

Fecha de aprobación:

Estado: