



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES

**Diseño de guía para la implementación de herramientas
Lean Manufacturing en talleres de metalmecánica caso de
estudio “Elecon”.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

Autores:

LUIS EDUARDO CAMPOVERDE REYES

GABRIEL ERNESTO ESPINOSA SANTOS

Director:

PEDRO JOSÉ CRESPO VINTIMILLA

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Gabriel

Quiero aprovechar este espacio para dedicar mi trabajo de titulación a toda mi familia: a mi hermano Jorge, quien a pesar de la distancia siempre me respaldó en esta etapa de mi vida; a mi hermana Letty, por su preocupación y amor; a mi papá, Jorge Horacio, por su apoyo incondicional durante este proceso de crecimiento personal y profesional.

De manera muy especial, quiero dedicarle este logro a mi mamita **Tere**, porque de no ser por ella, este momento tan trascendental, -como muchos otros de mi vida-, no sería posible.

Gracias, mamita, por ser el mejor ejemplo de perseverancia y trabajo duro; por enseñarme a valorar las cosas sencillas pero importantes de la vida. Cada consejo tuyo y cada palabra de aliento han sido mi mejor recompensa y un gran aliciente a lo largo del camino recorrido, el cual me ha convertido en una mejor persona y, de seguro, me hará ser también un gran profesional.

Gracias por tanto amor, este logro es por ti y para ti...

¡TE AMO, MAMITA TERE!

DEDICATORIA

Luis

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que gracias a su apoyo incondicional, sus consejos y su amor a lo largo de mi vida me han ayudado a salir adelante y cumplir todas mis metas. Además quiero dedicar este trabajo a mi tío Pablo quien me guía día a día en el trabajo y me brinda su tiempo, paciencia y experiencia enseñándome a trabajar en familia.

También dedico todo mi esfuerzo especialmente a mi abuelito Bolívar (+) quien fue un claro ejemplo de trabajo, esfuerzo y dedicación, siendo un pilar fundamental en mi familia. A su vez dedico este trabajo a todos los que me acompañaron en este largo proceso de preparación.

Gracias a todos mis seres queridos.

AGRACEDIMIENTO

Primero queremos agradecer a DIOS por permitirnos vivir cada momento especial, por dejarnos recorrer esta etapa de la mejor manera, cumpliendo nuestros sueños y disfrutando de la vida Universitaria.

De manera especial agradecemos a nuestro director del trabajo de titulación Ing. Pedro Crespo, por brindarnos la oportunidad de trabajar con él y aprovechar de la mejor manera su conocimiento profesional y su calidad humana.

Nuestro agradecimiento también, va dirigido para la junta académica conformada por el Ing. Iván Coronel y el Ing. Edmundo Cárdenas que siempre estuvieron en todo momentos, dándonos su apoyo, el consejo oportuno y sus enseñanzas; son recuerdos que nos acompañarán para siempre.

A ELECON por brindarnos la apertura para realizar el trabajo de titulación, su información y su experiencia, fueron fundamentales para finalizar de una manera precisa nuestro proyecto. Esta guía estamos seguros que será de gran aporte para el taller así como para el área de talleres industriales dedicados a la metalmecánica.

Para finalizar agradecemos a la empresa ISOLLANTA CIA. LTDA y a su presidente el Ing. Arturo Paredes por su invaluable colaboración, al Ing. Arturo muchas gracias por su apoyo y compartir sus conocimientos.

Gracias a todos por su apoyo incondicional.

Gabriel y Luis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRACEDIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Alcance	4
1.5 Limitación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Orígenes del Lean Manufacturing	5
2.2 Definición de Lean Manufacturing	9
2.3 Principios de Lean Manufacturing	10

2.4	Tipos de desperdicios	10
2.4.1	Sobreproducción	11
2.4.2	Sobreinventario	11
2.4.3	Productos defectuosos	11
2.4.4	Transporte de materiales y herramientas.....	11
2.4.5	Procesos innecesarios	11
2.4.6	Espera.....	11
2.4.7	Movimientos innecesarios del operador.....	12
2.4.8	Desperdicio de talento humano.....	12
2.4.9	Desperdicio de energía.....	12
2.5	Mejoramiento Tradicional vs <i>Lean Manufacturing</i>	12
2.6	Lean Manufacturing en PYMES	15
2.7	Herramientas Lean Manufacturing para PYMES	17
2.7.1	Herramientas Lean Manufacturing para talleres industriales.....	21
2.7.1.1	VSM.....	21
2.7.1.2	5'S.....	25
2.7.1.3	Kanban	27
2.7.1.4	Kaizen	28
2.7.1.5	Heijunka.....	29
2.7.1.6	TPM (Mantenimiento Productivo Total)	29
2.7.1.7	Jidoka.....	32

CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN TALLERES INDUSTRIALES 33

3.1	Aspectos claves para implementar Lean Manufacturing.....	33
3.2	Enfoque del Lean Manufacturing.....	35

3.2.1	Identificación de las variables de producción	35
3.2.2.1	Abastecimiento	35
3.2.2.2	Inventarios	35
3.2.2.3	Mano de obra	36
3.2.2.4	Logística interna	36
3.2.2.5	Producción y operaciones	36
3.2.2.6	Movimientos	36
3.2.2.7	Tiempos de espera	36
3.2.2.8	Calidad	37
3.2.2.9	Mantenimiento	37
3.2.2.10	Seguridad	37
3.3	Direccionamiento de Lean Manufacturing	37
3.3.1	Identificación de los objetivos	37
3.3.2	Matriz de decisión	38
3.3.3	Matriz de identificación	39
3.3.4	Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas	40

**CAPÍTULO IV: GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS
LEAN MANUFACTURING 42**

4.1	Introducción.....	42
4.2	Desarrollo	42
4.4.1	Identificación de la situación actual del taller.....	43
4.4.2	Matriz de decisión	43
4.4.3	Matriz de identificación	45
4.4.4	Condiciones previas para la implementación.....	47

4.4.5	Pasos para la implementación de las herramientas	48
4.4.5.1	Implementación de la herramienta VSM	48
4.4.5.2	Implementación de la herramienta 5´S	63
4.4.5.3	Implementación de la herramienta Kanban	66
4.4.5.4	Implementación de la herramienta Kaizen	70
4.4.5.5	Implementación de la herramienta Heijunka	73
4.4.5.6	Implementación de la herramienta TPM	74
4.4.5.7	Implementación de la herramienta Jidoka	91
4.4.6	Indicadores	93
CAPÍTULO V: VALIDACIÓN DE LA GUÍA EN ELECON		95
5.1	Introducción.....	95
5.2	Desarrollo	95
5.3	Indicadores	136
CONCLUSIONES.....		137
RECOMENDACIONES.....		139
BIBLIOGRAFÍA.....		141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de producción común.	13
Figura 2: Mejoramiento tradicional vs. Mejoramiento Lean Manufacturing.	14
Figura 3: Ciclo PHVA.....	28
Figura 4: Estructura del TPM.....	31
Figura 5: Matriz de decisión.	38
Figura 6: Matriz de identificación de herramientas Lean Manufacturing.....	39
Figura 7: Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas.	41
Figura 8: Ejemplo de uso de la matriz de decisión.	44
Figura 9: Ejemplo de uso de matriz de identificación.....	46
Figura 10: Ejemplo de selección de las herramientas identificadas.....	48
Figura 11: Matriz Producto-Proceso.	49
Figura 12: Paso 3.1 implementación VSM.	50
Figura 13: Paso 3.2 implementación VSM.	50
Figura 14: Paso 3.3 implementación VSM.	51
Figura 15: Paso 3.4 implementación VSM.	51
Figura 16: Paso 3.5 implementación VSM.	52
Figura 17: Paso 3.6 implementación VSM.	53
Figura 18: Paso 3.7 implementación VSM.	54
Figura 19: Paso 3.8 implementación VSM.	55
Figura 20: Paso 3.9 implementación VSM.	56
Figura 21: Paso 3.10 implementación VSM.	57
Figura 22: Paso 3.11 implementación VSM.	58
Figura 23: Paso 4.2 implementación VSM.	59

Figura 24: Paso 4.3 implementación VSM.	60
Figura 25: Paso 4.5 y 4.6 implementación VSM.	61
Figura 26: Modelo de tarjeta P-Kanban.	68
Figura 27: Modelo de tarjeta T-Kanban.	68
Figura 28: Modelo de tarjeta Kanban de proveedores.	69
Figura 29: Organigrama de Elecon.	98
Figura 30: Cadena de valor de Elecon.	99
Figura 31: Diagrama de flujo de producción (Parte 1).	100
Figura 32: Diagrama de flujo de producción (Parte 2).	101
Figura 33: Diagrama de flujo de producción (Parte 3).	102
Figura 34: Diagrama de flujo de instalación.	103
Figura 35: Diagrama de flujo de reparación.	104
Figura 36: Diagrama de flujo de mantenimiento.	105
Figura 37: Matriz de decisión de Elecon.	107
Figura 38: Matriz de identificación de herramientas Lean Manufacturing para Elecon.	109
Figura 39: Selección de herramientas Lean Manufacturing para Elecon.	111
Figura 40: Matriz de productos-procesos de Elecon.	113
Figura 41: Matriz producto-proceso segmentado por clientes.	113
Figura 42: Matriz producto-proceso segmentado por volumen de venta.	114
Figura 43: Producto estrella de Elecon.	114
Figura 44: VSM actual de Elecon.	119
Figura 45: Modelo de tablero de contornos.	120
Figura 46: Layout actual de Elecon.	124
Figura 47: Layout con señalización para Elecon.	125
Figura 48: Check List de 5'S.	127

Figura 49: Modelo de tarjeta P-Kanban para Elecon.	127
Figura 50: Modelo de tarjeta T-Kanban para Elecon.	127
Figura 51: Modelo de tarjeta Kanban de proveedores para Elecon.	128
Figura 52: Diagrama de Ishikawa de Elecon.	128
Figura 53: Diagrama de Pareto de Elecon.	132
Figura 54: VSM futuro-mediano plazo de Elecon.	134
Figura 55: VSM futuro-largo plazo de Elecon.	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Herramientas Lean Vs. Eslabones de la cadena de suministro Vs. Desperdicios.....	17
Tabla 2: Matriz de selección de herramientas Lean Manufacturing en talleres industriales.	19
Tabla 3: Simbología general VSM.....	22
Tabla 4: Simbología para procesos VSM.	22
Tabla 5: Simbología para materiales VSM.	23
Tabla 6: Simbología para información VSM.	23
Tabla 7: Otros símbolos VSM.	24
Tabla 8: Aspectos claves para la implementación de Lean Manufacturing en talleres industriales.	34
Tabla 9: Prioridad de los objetivos.	45
Tabla 10: Prioridad de las variables.	45
Tabla 11: Variables escogidas.....	46
Tabla 12: Ritmo de producción.....	74
Tabla 13: Casilleros Heijunka.....	74
Tabla 14: Cuadro de implementación del TPM.	75
Tabla 15: Modelo general del plan maestro de implementación del TPM.	78
Tabla 16: Programa de mantenimiento autónomo.	88
Tabla 17: Programa de mantenimiento planeado.....	89
Tabla 18: Objetivos de Elecon.	106
Tabla 19: Prioridad de los objetivos de Elecon.....	108
Tabla 20: Prioridad de las variables de Elecon.	108
Tabla 21: Productos y procesos de Elecon.....	111

Tabla 22: Tiempos de fabricación de Caldero 30 BHP.	115
Tabla 23: Número de operadores en cada proceso.....	116
Tabla 24: Tiempos de fabricación de Caldero 30 BHP calculado el Lead Time.....	117
Tabla 25: Cuadro de identificación por colores de seguridad.....	121
Tabla 26: Cuadro de identificación por colores para marcaje de pisos.....	123
Tabla 27: Causas de los problemas de Elecon.	129
Tabla 28: Frecuencia absoluta de Elecon.....	129
Tabla 29: Frecuencia absoluta acumulada de Elecon.	130
Tabla 30: Frecuencia relativa y relativa acumulada de Elecon.....	131

**DISEÑO DE GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS
LEAN MANUFACTURING EN TALLERES DE METALMECÁNICA CASO
DE ESTUDIO “ELECON”.**

RESUMEN

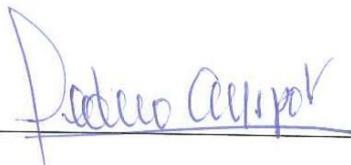
El presente trabajo de titulación es un diseño de guía para la implementación de herramientas *Lean Manufacturing* en talleres industriales del sector metalmeccánico, para el cual se realizó el estudio de las mismas mediante matrices de decisión e identificación, finalizando con criterios previos a su implementación esto permitió identificar las herramientas más factibles de ser implementadas y la importancia de relacionar los objetivos del taller con los beneficios que aportan dichas herramientas. La guía está enfocada en reducir y eliminar los desperdicios de los procesos productivos, mediante un conjunto de herramientas esenciales dentro del ámbito manufacturero.

Palabras Clave: Lean Manufacturing, reducción de desperdicios, PYMES, guía, talleres de metalmeccánica.



Pedro José Crespo Vintimilla

Director de Escuela

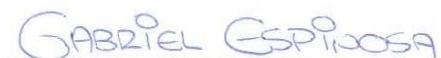


Pedro José Crespo Vintimilla

Director de Trabajo de Titulación



Luis Eduardo Campoverde Reyes



Gabriel Ernesto Espinosa Santos

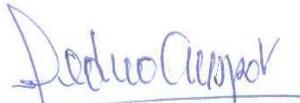
Autores

**DESIGN OF A GUIDE FOR THE IMPLEMENTATION OF LEAN
MANUFACTURING TOOLS IN METAL-MECHANIC WORKSHOPS,
"ELECON" CASE STUDY**

ABSTRACT

This graduation work deals with the design of a guide for the implementation of Lean Manufacturing tools for industrial workshops in the metal-mechanic sector. Therefore, the study was performed using decision and identification matrixes, and finishing with criteria previous to its implementation. This enabled to identify the most feasible tools to be implemented and the importance of linking the objectives of the workshop with the benefits offered by such tools. The guide is focused on the manufacturing sector so as to reduce and eliminate waste from production processes through a set of essential tools.

Keywords: Lean Manufacturing, Waste Reduction, SMEs, Guide, Metal-Mechanic Workshops.



Pedro José Crespo Vintimilla
School Director



Pedro José Crespo Vintimilla
Thesis Director



Luis Eduardo Campoverde Reyes



Gabriel Ernesto Espinosa Santos

Authors

Campoverde Reyes Luis Eduardo

Espinosa Santos Gabriel Ernesto

Trabajo de Titulación

Ing. Pedro José Crespo Vintimilla

Octubre, 2016

**DISEÑO DE GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS
LEAN MANUFACTURING EN TALLERES DE METALMECÁNICA CASO
DE ESTUDIO “ELECON”**

INTRODUCCIÓN

El trabajo de titulación fue desarrollado para talleres industriales del sector metalmeccánico que les permita implementar las herramientas *Lean Manufacturing*. Cabe destacar que la mayoría de las herramientas fueron desarrolladas en fábricas bajo modelos de producción y operaciones distintos a como manejan sus operaciones los talleres. Para este trabajo se inició realizando un estudio de preselección de las herramientas *Lean Manufacturing* para su implementación en PYMES partiendo de un análisis de los principios de *Lean* hasta definir cuáles son las herramientas más idóneas para talleres. Una vez seleccionadas las herramientas se procedió a la elaboración de matrices de decisión e identificación que determinan las herramientas que deben implementarse. El propósito de las matrices es relacionar los objetivos del taller con los beneficios de cada herramienta.

Una vez identificado cuales son las herramientas que le dará mayor beneficio al taller se continuará con la guía de implementación de las herramientas *Lean Manufacturing*. La guía explica paso a paso la implantación de todas las

herramientas e indicadores generales que permiten medir los resultados de la implementación. Por último se realizó una validación de la guía en el taller de metalmecánica Elecon elaborando una propuesta a corto, mediano y largo plazo sobre la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* resultantes para el taller.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Los talleres industriales del sector metalmecánico se dedican al diseño, construcción, montaje, mantenimiento y servicio técnico de productos de acuerdo a las necesidades y especificaciones requeridas por el cliente.

Por lo general los talleres no trabajan bajo normas y estándares apropiados lo que les impide posicionarse y mantenerse en el mercado, el cual afronta diferentes cambios debido al desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en los procesos de producción. Al no cumplir las exigencias del mercado su competitividad se ve afectada por no tener la capacidad de minimizar costos y tiempos que no agregan valor al producto final.

1.2 Justificación

Para los talleres industriales del sector metalmecánico es importante tener conocimiento de las técnicas de mejoramiento continuo y optimización de sus procesos de producción. Lo que se busca con este trabajo de titulación es realizar un diseño de guía para la implementación de herramientas *Lean Manufacturing* en talleres de metalmecánica que ayuden a tomar decisiones de forma objetiva. Los beneficios que obtendrán los talleres con la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* son:

- Mejorar la calidad de los productos
- Optimizar los procesos de producción
- Mejorar la seguridad y salud ocupacional
- Mejorar el ambiente de trabajo
- Fortalecer la comunicación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una guía para la implementación de herramientas *Lean Manufacturing* para talleres industriales del sector metalmeccánico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las herramientas *Lean Manufacturing* capaces de ser implementadas en talleres industriales del sector metalmeccánico.
- Analizar las variables de producción y relacionar las herramientas *Lean Manufacturing* que permitan mejorar los procesos de producción.
- Diseñar paso a paso una guía de apoyo para implementar las herramientas *Lean Manufacturing*.

1.4 Alcance

El trabajo de titulación desarrollará una guía para la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* en el área de producción donde se encuentra la mayor parte de los desperdicios. Para lograrlo se realizará un trabajo de investigación enfocado en identificar las herramientas y posteriormente el procedimiento para ser implementadas.

1.5 Limitación

La poca información respecto a la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* en talleres industriales. Además la escasa aceptación que se tiene por parte de los talleres en introducir modelos de gestión nuevos en sus procesos. Por último el tiempo que puede tomar realizar este trabajo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El capítulo dos presenta los orígenes del *Lean Manufacturing* y la manera que ha evolucionado a lo largo del tiempo, así como los personajes que aportaron para ello.

Se explicará de manera general la definición y los principios del *Lean Manufacturing*, con la finalidad de ir desarrollando los principales conceptos que permitirán elaborar la guía.

En vista que el trabajo de titulación estará enfocado en proponer una guía para la implementación de herramientas *Lean Manufacturing* en talleres, es necesario enfocar un análisis relacionado con las PYMES para posteriormente dirigir el estudio hacia un nuevo análisis de las herramientas *Lean Manufacturing* aptas para talleres.

Una vez concluido con los análisis se finalizará explicando de manera clara y concreta cuáles serán los beneficios de la implementación de las herramientas.

2.1 Orígenes del Lean Manufacturing

La revolución industrial fue el cimiento de lo que hoy conocemos como *Lean Manufacturing*.

En su primera etapa la revolución industrial empezó a mediados del siglo XVIII mediante la utilización de energía hidráulica obtenida de los ríos, por este motivo las fábricas se concentraron en estas zonas.

En 1776 James Watt nacido en Escocia empezó a comercializar el primer motor a vapor y con ayuda de la explotación de carbón se logró que las fábricas sustituyeran la energía hidráulica por la energía generada con carbón, esto permitió que las fábricas se puedan establecer en lugares más alejados y estratégicos (Madariaga, 2013).

El mismo año Adam Smith demostró que la división de trabajo permitía ahorrar dinero y aumentar la producción al hacer que el operador no cambiara las herramientas y lugar de trabajo; se demostró que el operador al estar en una sola área de trabajo desarrollaba destrezas y mayor habilidad en la actividad.

Eli Whitney en 1798 desarrolló lo que se conoce como “Piezas Intercambiables”, este método se basaba en fabricación mediante plantillas permitiendo eliminar los ajustes manuales (Socconini, 2008).

La segunda etapa de la revolución industrial se fundamentó en evolucionar a la producción en masa donde dos personas tuvieron una contribución muy importante para la industria.

En 1878 Frederick Taylor conocido como el padre de la administración científica aportó dos principios fundamentales, la medición y el análisis del trabajo, de ahí surgió la estandarización.

Sakichi Toyoda en 1890 inventó un telar manual fácil de usar, pero lo que le dio un giro a su invento fue en 1910 donde visitó Estados Unidos y le llamó la atención el incremento de automóviles; al regresar a Japón en 1924 patentó el telar automático con un sistema muy innovador para la época, donde tenía un mecanismo que le permitía detectar cuando el hilo se rompía e incorporó la parada automática al telar,

este nuevo invento lo llamó modelo G. Gracias al nuevo sistema de automatización del invento de Sakichi Toyoda se dio el segundo pilar fundamental de *Lean Manufacturing* conocido como “*Jidoka*” (Socconini, 2008).

Por su parte Henry Ford en 1908 desarrolló el famoso automóvil “Modelo T” produciendo en masa dentro de una línea de montaje móvil, donde el obrero permanecía en un mismo sitio de trabajo repitiendo la misma actividad, mientras los chasis se desplazaban frente a él y los componentes se le suministraban directamente a cada puesto de trabajo; con este adelanto en la industria Henry Ford pudo reducir el tiempo de montaje de un vehículo de 12,5 horas a 1,55 horas.

Kiichiro Toyoda hijo de Sakichi Toyoda viajó a Inglaterra en 1929 con el objetivo de vender el invento de su padre, el tejedor “Modelo G”. Cuando recibió una oferta de la empresa británica Platt Brothers enseguida recibió instrucciones directas para invertir el dinero en producción de automóviles y ser competidores de Ford y GM (Madariaga, 2013).

En 1935 fabricó los prototipos de un automóvil el “A1” y de un camión el “G1”. Dos años después en 1937 fundó *Toyota Motor Company*.

Se atribuye a Kiichiro Toyoda el concepto de “*Just In Time*” (Justo a tiempo); la idea principal era fabricar solo lo necesario, cuando sea necesario y la cantidad necesaria (Madariaga, 2013).

Eiji Toyoda sobrino de Kiichiro Toyoda luego de la crisis financiera que se dio después de la segunda guerra mundial Toyota entró en crisis despidiendo a 1600 obreros, esto marcó un hecho importante dentro de Toyota; Eiji se dedicó a observar los métodos de producción que tenía Toyota donde llegó a la conclusión que los

métodos manejados no eran aplicables para lograr satisfacer las necesidades de un mercado cada vez más exigente. Eiji promovió una alternativa a los métodos de producción usados en Toyota basado en las ideas de Kiichiro y Sakichi Toyoda.

Taiichi Ohno ingeniero mecánico en 1943 ingresó a Toyota donde junto a Eiji Toyoda desarrolló y puso en práctica un nuevo sistema de producción conocido como “Sistema de Producción Toyota” (TPS), mejorando la producción y eliminando el despilfarro (Madariaga, 2013).

En la misma época Shigeo Shingo ingeniero industrial fue compañero de Taiichi Ohno en Toyota. Shingo estudio las diferencias entre los procesos y las operaciones para transformarlos en flujos continuos con el mínimo de interrupciones, su estudio permitió que se produzca estrictamente lo necesario sin tener inventarios en exceso ni grandes lotes (Socconini, 2008). Posteriormente Shingo fue el creador de los sistemas conocidos como SMED y Poka Yoke que sirvió para mejorar la industria en muchas plantas de manufactura.

Entre los años 1950 y 1980, las empresas Japonesas exportaban el 56% de sus vehículos de los cuales el 40% iba a los Estados Unidos. En 1990 la expresión *Lean* se estableció como el nuevo paradigma de las empresas de producción de automóviles de Japón, este modelo permitió a las organizaciones gestionar los sistemas de fabricación mejorando los procesos y la calidad mediante la eliminación del despilfarro (Madariaga, 2013).

En la actualidad el término *Lean* para todas las empresas o personas conocedoras del tema trata de metodologías que buscan eliminar el despilfarro en todas las áreas de la empresa.

2.2 Definición de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing o como se lo conoce en español "Producción esbelta" o "Producción ajustada", es un sistema que ayuda en la eliminación del desperdicio y actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar.

Según (Villaseñor & Galindo, 2007) *Lean Manufacturing* es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los nueve tipos de desperdicios en los procesos, mejorando la calidad, reduciendo en los costos y los tiempos de producción.

1. Sobreproducción
2. Sobreinventario
3. Productos defectuosos
4. Transporte de materiales y herramientas
5. Procesos innecesarios
6. Esperas
7. Movimientos innecesarios del operador
8. Desperdicio de talento humano
9. Desperdicio de energía

Las empresas en la actualidad buscan aplicar *Lean* por tres beneficios principales:

1. Reducir los costos y recursos de producción
2. Incrementar la satisfacción del cliente
3. Buscan productos y servicios de la mejor calidad.

Los beneficios de *Lean* aplicado a las empresas tiene como resultado final el aumento de sus utilidades y mejora de la competitividad. Para lograr estos resultados se debe contar con el compromiso de la dirección, ya que es un cambio que permite mejorar a las empresas basándose en la comunicación y en el trabajo en equipo, buscando continuamente nuevas formas de realizar las diferentes actividades de

manera más ágil, flexible y económica que permita la reducción de los desperdicios (Hernández & Vizán, 2013).

2.3 Principios de Lean Manufacturing

Según (Jones & Womack, 1996) y (Vilana Arto, 2010-2011) existen cinco principios fundamentales para aplicar el *Lean Manufacturing*:

1. **Definir el valor desde el punto de vista del cliente.-** comprender los requerimientos y expectativas de los clientes, para ello se debería incorporar procesos que cubran sus necesidades
2. **Mapear la cadena de valor.-** el objetivo es identificar todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso, con el fin de minimizarlas o eliminarlas de los procesos
3. **Hacer fluir el producto.-** de forma continua y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el cliente. Eliminando los cuellos de botella y los transportes innecesarios
4. **Introducir el *Pull System* en el proceso.-** producir la demanda que requiere el cliente de manera rápida para evitar la sobreproducción y la acumulación de inventarios
5. **Gestionar hacia la perfección.-** es un trabajo continuo de la organización para eliminar los desperdicios que se dan en los procesos.

2.4 Tipos de desperdicios

Desperdicio también conocido como “Muda” palabra japonesa que significa “Exceso”. Los desperdicios afectan a la productividad de cualquier tipo de empresa. El principal objetivo de *Lean* es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente los desperdicios, ya que estos son los causantes de los problemas de las empresas.

Según (Villaseñor & Galindo, 2007) y (Bustamante Domínguez, Arturo;, 2014) los desperdicios se clasifican de la siguiente manera.

2.4.1 Sobreproducción

La sobreproducción es producir en exceso o antes de lo requerido, lo que implica tener un inventario almacenarlo así como el costo de la operación.

2.4.2 Sobreinventario

El exceso de inventario genera un impacto negativo en la empresa ya que representan costos para la empresa debido a productos dañados, costos por transportación, retrasos, etc. Para cubrir todos estos problemas se necesita personal a cargo y esto genera más costos.

2.4.3 Productos defectuosos

La producción de partes defectuosas, reparaciones y Scrap representan un desperdicio de los recursos de la empresa ya que se invirtió materiales, tiempo-hombre y tiempo-máquina.

2.4.4 Transporte de materiales y herramientas

Es el movimiento innecesario ocasionado por una mala distribución de planta, causando pérdidas de tiempo y dinero. Esto implica un riesgo en la integridad directa del producto.

2.4.5 Procesos innecesarios

Son todos los procesos que no agregan valor al servicio o producto final. Sucede cuando no se tiene claro los requerimientos del cliente.

2.4.6 Espera

Es el problema más común dentro de los procesos productivos, se da cuando el operador espera material, información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso, averías, cuellos de botella, etc.

2.4.7 Movimientos innecesarios del operador

Son todos los movimientos innecesarios realizados por el operador como buscar herramientas y materiales para realizar su trabajo.

2.4.8 Desperdicio de talento humano

El talento humano muchas veces es desperdiciado al no brindar las oportunidades de demostrar la creatividad y las ideas innovadoras. Por lo general no se valora el conocimiento y la experiencia laboral de las personas, desperdiciando recursos que pueden ser valiosos.

2.4.9 Desperdicio de energía

Todo proceso requiere de algún tipo de energía para realizar su trabajo. Es muy común el desperdicio de la misma, ya que puede ser útil en otros procesos.

2.5 Mejoramiento Tradicional vs *Lean Manufacturing*

El mejoramiento en los procesos se orienta a poder identificar y mejorar deficiencias en los equipos y procedimientos que no agregan valor, así como mejorar el tiempo de los procesos.

Al combinar estos puntos se obtiene un resultado favorable en la mejora de cada uno de los procesos, generando un impacto favorable en toda la cadena de valor.

“Pero se debe tener cuidado, ya que la Manufactura esbelta no es sólo hacer células por toda la planta, si no que existen lugares en donde se deben saber aplicar de diferente manera las técnicas para obtener el flujo de una pieza al que se busca llegar. Como se dice por ahí nada con exceso todo con medida” (Villaseñor & Galindo, 2007).

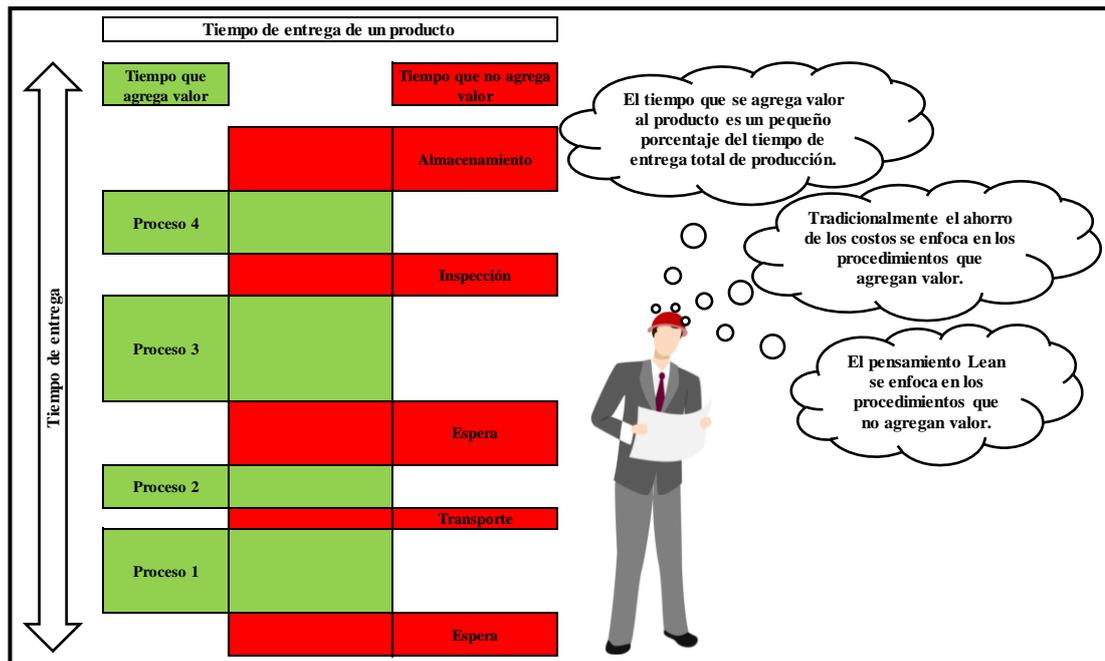


Figura 1: Modelo de producción común.

Fuente: (Villaseñor-Galindo, 2007).

Como se puede observar existen tiempos que no agregan valor, muchas veces estos tiempos representan más de la mitad del tiempo total de fabricación o prestación de un servicio. Por este motivo es importante disminuirlos o eliminarlos, cuidando que los procesos que si agregan valor no se vean afectados por los cambios que se realicen.

Pensamiento Tradicional

Cuando hablamos de mejoramiento tradicional nos referimos a la manera más fácil y simple de dar solución a un problema, en este caso se basa en identificar un problema y encontrar la solución en cualquier punto de la cadena de valor, de modo que si tenemos un problema el único propósito será buscar su solución y las causas del origen. Una vez solucionado nos aseguramos que no vuelva a suceder y repetiremos el ciclo. Hay que tener mucho cuidado con este método de dar solución puesto que podemos perder tiempo y recursos.

Pensamiento Lean

Pensar de forma *Lean* ayuda a observar las oportunidades de mejora que se puede encontrar en los lugares de trabajo para reducir tiempos y desperdicios.

El mejoramiento *Lean Manufacturing* ayuda a identificar muchos de los pasos que no agregan valor a los largo de los procesos y que son factibles de ser eliminados, el ritmo de trabajo será determinado de acuerdo a las necesidades del cliente con la menor cantidad de retrasos y esperas (Villaseñor & Galindo, 2007).

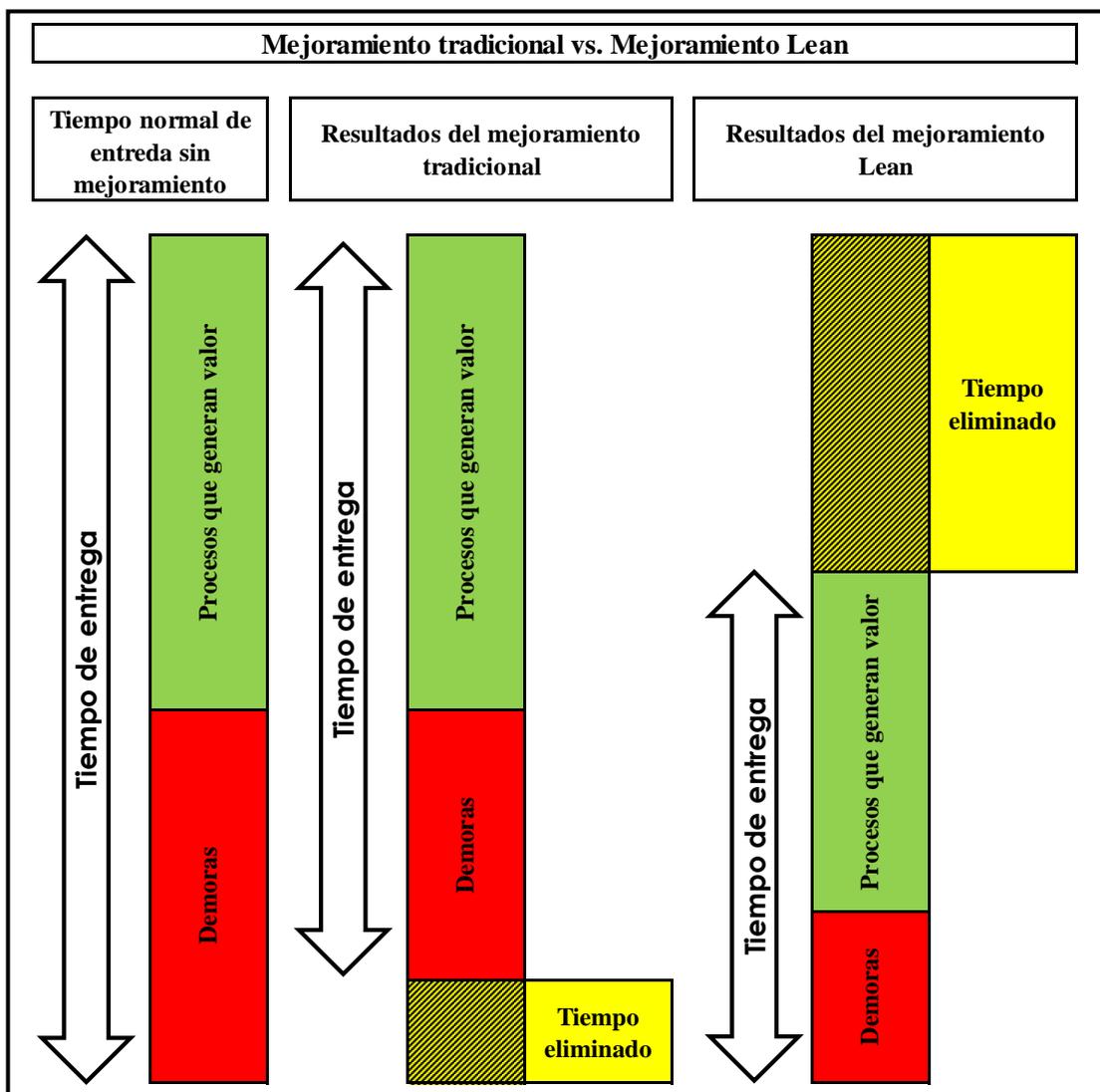


Figura 2: Mejoramiento tradicional vs. Mejoramiento Lean Manufacturing.

Fuente: (Villaseñor-Galindo, 2007).

En la imagen se puede apreciar como el mejoramiento *Lean* elimina la mayor cantidad de tiempos muertos y optimiza el tiempo de los procesos que generan valor, logrando que el tiempo de entrega sea mucho menor comparado al mejoramiento tradicional.

2.6 Lean Manufacturing en PYMES

Según el sitio web del (SRI, 2016) se conoce como PYMES al conjunto de pequeñas y medianas empresas que de acuerdo a su volumen de ventas, capital social, cantidad de trabajadores, y su nivel de producción o activos presentan características propias de este tipo de entidades económicas.

Por lo general en nuestro país las pequeñas y medianas empresas que se han formado realizan diferentes tipos de actividades económicas:

- Comercio al por mayor y al por menor
- Agricultura, silvicultura y pesca
- Industrias manufactureras
- Construcción
- Transporte, almacenamiento, y comunicaciones
- Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas
- Servicios comunales, sociales y personales.

En las PYMES dentro de la industria manufacturera se encuentran los talleres industriales del sector metalmecánico. En este sector la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* se encuentran restringidas por diferentes factores descritos según (Roqueme Salazar & Suarez Ballesteros, 2015) tales como:

- El pensamiento de que la implementación de *Lean* es costosa y requiere mucho tiempo
- Generalmente las PYMES son administradas por sus dueños quienes conservan estilos de administración

- La implementación de *Lean* no se considera por la costumbre y/o necesidad de solucionar problemas día a día y a corto plazo
- La poca información y capacitación de *Lean*
- Las PYMES generalmente cuentan con deficiencias en su estructura organizacional, lo que dificulta el proceso *Lean*.

Un estudio realizado sobre la mejora de la productividad en PYMES afirma que la competitividad de las empresas surge de la flexibilidad, la fuerza de trabajo y la estrategia de negocios. Además dice que cualquier iniciativa de mejora debe ser adaptada a las empresas en función de su tamaño, tecnología, nivel de conocimiento del personal, técnicas de gestión y economía (Rojas López, Grajales, & Vanegas, 2015)

“A pesar de la diversidad de trabajos en diferentes sectores productivos en todo el mundo, desde automóvil, alimentos, medicina y laboratorios, los principios de Lean han sido menos aplicados en industrias con procesos continuos, en parte debido a ciertas dificultades para la implementación en ese tipo de procesos, pero esto no quiere decir que no se pueda aplicar, por ejemplo (Mahapatra, et al., 2007) y (Abdulmalek, et al., 2007) demostraron, mediante un análisis estadístico y mediante el estudio de un caso, respectivamente, que Lean puede ser perfectamente adoptado en este tipo de procesos” (Tejeda, 2011).

Por lo tanto los talleres industriales pueden implementar *Lean Manufacturing* en función de su capacidad así como los resultados que pretenden obtener en a corto, mediano y largo plazo.

2.7 Herramientas Lean Manufacturing para PYMES

Para iniciar con el análisis de las herramientas *Lean Manufacturing* en PYMES se debe tomar en cuenta la cadena de suministro, ya que en base a este modelo se encuentra estructurada la mayor parte de las empresas hoy en día.

“La administración de la cadena de suministros abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima hasta el usuario final así como los flujos de información relacionados. Los materiales y la información fluyen en sentido ascendente y descendente en la cadena de suministros” (Ballou, 2004).

Por su parte (Aguirre Alvarez, 2014) realiza un análisis de la relación que tienen las herramientas Lean Manufacturing con los desperdicios y los eslabones de la cadena de suministro en PYMES. Este análisis se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Herramientas Lean Vs. Eslabones de la cadena de suministro Vs. Desperdicios.

Herramientas Lean Vs Eslabones de la Cadena de Suministro Vs Desperdicios					
Desperdicio \ Eslabón	Abastecimiento	Producción	Logística	Almacén	Cliente
Sobreproducción		TOC Six Sigma Kanban SMED TPM Heijunka	Heijunka		Six Sigma
Sobreinventario	JIT	JIT TOC Poka Yoke Heijunka	Heijunka	Poka Yoke	
Productos defectuosos	JIT	JIT		Poka	Six

		Six Sigma Jidoka Poka Yoke Kaizen TPM TQM		Yoke	Sigma
Transporte de materiales y herramientas		Células de Manufactura TQM			
Procesos innecesarios		TOC VSM TQM			Tack Time
Esperas		Jidoka Kanban SMED TPM Células de Manufactura TQM			
Movimientos innecesarios del operador		5'S VSM			
Desperdicio de talento humano	5'S	TPM 5'S VSM		5'S	

Fuente: (Aguirre, 2014).

Como se puede observar la mayor parte de las herramientas aplicables en PYMES se encuentran en el eslabón de producción, por lo tanto la información será de vital importancia para realizar el análisis de cuáles son las herramientas que pueden ser implementadas en talleres industriales.

Tabla 2: Matriz de selección de herramientas Lean Manufacturing en talleres industriales.

Matriz de selección de herramientas <i>Lean Manufacturing</i> en talleres industriales.					
Herramientas <i>Lean Manufacturing</i>	Impacto en producción	Viable de ser implementado			¿Por qué?
		Alto	Medio	Bajo	
Value Stream Mapping (VSM)	Identifica las oportunidades de mejora en los procesos.	✓			Permite visualizar los procesos, su flujo de información y materiales.
Theory Of Constraints (TOC)	Reduce inventarios e identifica cuellos de botella.			✓	Se utiliza para equilibrar el flujo de producción en lotes.
Six Sigma	Aumenta la calidad y disminuye los defectos y defectuosos.		✓		Es usada en grandes lotes de producción, además utiliza análisis estadísticos.
Cinco S (5S)	Reduce los tiempos y mejora la calidad de los productos.	✓			Fundamental en el <i>Lean Manufacturing</i> y brinda resultados rápidos.
Celdas de Manufactura	Optimiza el uso de los recursos, reduciendo.		✓		Los recursos del taller son limitados, es decir, el producto se adapta al <i>Layout</i> del taller y no al contrario.
Kanban	Prioriza la producción y manejo de materiales reduciendo los desperdicios.	✓			Controla los procesos de manera directa evitando el trabajo innecesario.
Just In Time (JIT)	Reduce los niveles de inventario y desperdicios en los procesos.			✓	Los sistemas de fabricación de la mayoría de talleres son bajo pedido.

Total Productive Maintenance (TPM)	Disminución de tiempos, inventario y desperdicios.	✓			Maximiza la eficiencia garantizando la confiabilidad de los equipos.
Total Quality Management (TQM)	Mejora la eficacia y flexibilidad del proceso.			✓	Requiere de planificación de sistemas de calidad, planificación estratégica de calidad y control estadístico.
Poka Yoke	Ayuda a detectar y prevenir los errores mediante métodos de control y advertencia.		✓		Es parte de herramientas de mayor impacto como TPM, 5'S, Kaizen, Etc.
Single Minute Exchange of Die (SMED)	Reduce de tiempos de preparación y calibración.			✓	Se utiliza en sistemas de producción por lotes.
Kaizen	Mejora la calidad de los productos y promueve el compromiso del personal.	✓			Brinda retroalimentación constante de los procesos incrementando de manera eficaz su productividad
Heijunka	Aumenta el ritmo de trabajo reduciendo los inventarios así como los tiempos muertos.	✓			Nivela la producción bajo pedido mejorando la calidad y la flexibilidad de los procesos
Jidoka	Disminuye los errores y permite detectarlos a tiempo mediante la automatización.	✓			Seguimiento del producto evitando que pase a la siguiente etapa y lograr incrementar los niveles de calidad.

Fuente: (Basado en Villaseñor-Galindo, 2007).

Es importante reconocer que esta selección de herramientas está realizada en base a criterios de aplicabilidad para talleres industriales y estudios realizados sobre modelos de gestión de *Lean*. Puede existir el caso que un taller decida aplicar otras herramientas, por ende debería realizar el estudio necesario y determinar si son aptas o no de implementarlas.

2.7.1 Herramientas Lean Manufacturing para talleres industriales

2.7.1.1 VSM

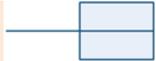
El VSM (Mapa de cadena de valor) es una herramienta que mediante iconos y gráficos permite detallar y mostrar toda la información de los procesos clave. Podemos observar el flujo de los materiales, información, procesos, personas y actividades necesarias para realizar un producto o servicio (Socconini, 2008).

Beneficios:

- Permite visualizar y entender el mapa general de todos los procesos
- Muestra la información referente a los proceso de fabricación o prestación de servicio
- Ayuda a identificar la interrelación entre los flujos de información, materia prima y personal
- Facilita la identificación de las actividades que no agregan valor
- Permite visualizar oportunidades de mejora dentro de la empresa.

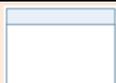
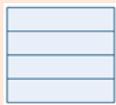
A continuación se muestran los símbolos que se utilizan para elaborar un mapa de la cadena de valor.

Tabla 3: Simbología general VSM.

Simbología general		
Símbolo	Representa	¿Para qué sirve?
	Burbuja Kaizen de mejora	Indica las oportunidades de mejora en los procesos.
	Línea de tiempo	Muestra los tiempos que añaden valor y los que no añaden valor.
	Tiempo total	Muestra el tiempo total del proceso.
	Operador	Representa un operador.

Fuente: (Madariaga, 2013).

Tabla 4: Simbología para procesos VSM.

Simbología para procesos		
Símbolo	Representa	¿Para qué sirve?
	Clientes/Proveedores	Muestra los clientes o proveedores externos.
	Proceso	Identifica los procesos, departamentos o actividades importantes.
	Cuadro de información	Registra información importante del proceso como: capacidad o restricciones.
	Celdas de trabajo	Identifica celdas de manufactura y las familias de productos.

Fuente: (Madariaga, 2013).

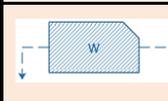
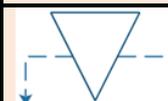
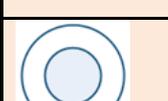
Tabla 5: Simbología para materiales VSM.

Simbología para materiales		
Símbolo	Representa	¿Para qué sirve?
	Inventario	Registra el inventario generado entre los procesos.
	Flecha de traslado	Traslado de proveedor a planta o de planta a cliente
	Movimiento por empuje del material	Muestra el envío de material de un proceso a otro sin ser necesario.
	Supermercado	Muestra el control de inventario y la disponibilidad para ser usado. Similar a un estante.
	Retirada	Sirve para mostrar la cantidad que se retira del supermercado.
	Línea FIFO	Indica que existe un flujo controlado de material entre los procesos. Se debe anotar la cantidad máxima.
	Inventario seguro	Sirve para anotar los inventarios mínimos requeridos.
	Transporte	Sirve para anotar la frecuencia de envíos de los proveedores o clientes.

Fuente: (Madariaga, 2013).

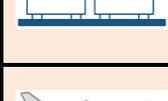
Tabla 6: Simbología para información VSM.

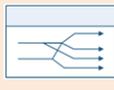
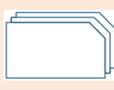
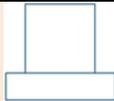
Simbología para información		
Símbolo	Representa	¿Para qué sirve?
	Control de producción	Identifica el documento que contiene el programa de producción.
	Flujo manual de información	Muestra el flujo de información dentro del proceso.

	Flujo de información electrónica	Indica el flujo de información generado por computadoras.
	Producción Kanban	Indica que un producto está "OK" para producir.
	Retirada Kanban	Indica el número de componentes que se deben retirar del supermercado.
	Señal Kanban	Señala cuando se necesita un punto de reorden. Realizar otro pedido por lotes.
	Tarjeta Kanban	Indica el lugar en donde se ponen las tarjetas.
	Secuencia de tiro/jara	Indica que se debe producir una o más unidades sin hacer uso del inventario.
	Nivelación de carga	Se utiliza en lotes Kanban y sirve para nivelar el volumen de producción.
	MRP/ERP	Sirve para la programación utilizando sistemas centralizados como: MRP y ERP.
	Ir a ver el programa de producción.	Recopilar información a través de medios visuales.
	Información verbal	Indica que se genera una información verbal.

Fuente: (Madariaga, 2013).

Tabla 7: Otros símbolos VSM.

Otros símbolos		
Símbolo	Representa	¿Para qué sirve?
	Transporte en rieles	Indica que el material se transporta mediante rieles.
	Transporte en avión	Indica el envío de material mediante carga aérea.

	Expedited	Muestra las entregas de producto o información que siempre o casi siempre se aceleran.
	Almacén	Representa un almacén ya sea de proveedor o cliente.
	Muelle	Muestra coordinación de camiones entrantes y salientes.
	Teléfono	Muestra que existe comunicación telefónica.
	Lotes Kanban	Muestra las tarjetas Kanban enviadas o recibidas por lotes.
	Centro de control	Indica el control centralizado del Kanban.

Fuente: (Madariaga, 2013).

2.7.1.2 5'S

Las 5's simbolizan palabras japonesas que son: *Seiri* (Clasificar), *Seiton* (Orden), *Seiso* (Limpieza), *Seiketsu* (Estandarizar) y *Shitsuke* (Disciplina). Esta herramienta es utilizada comúnmente en la mayoría de empresas para mantener en orden y control todas las áreas, desde la parte productiva hasta la administrativa (Socconini, 2008).

Beneficios:

- Evita riesgos de accidentes
- Impulsa y promueve el trabajo en equipo
- Mejora la calidad de los productos ya que se trabaja en ambientes adecuados.

Seiri

Significa clasificar lo necesario y descartar lo innecesario del lugar de trabajo. Se clasifica las cosas según su importancia y frecuencia de uso, es decir, lo más importante debe estar cerca y al alcance de la persona para realizar su trabajo, lo medianamente importante debe estar en un lugar más alejado y lo que realmente es innecesario se debe retirar (Rajadell & Sánchez, 2010).

Seiton

Significa ordenar lo clasificado. Se asigna un lugar específico para cada cosa de manera que se simplifique su búsqueda y no se pierda tiempo. Es una herramienta de control visual ya que se puede identificar los objetos faltantes en el lugar de trabajo (Rajadell & Sánchez, 2010).

Seiso

Significa limpiar el lugar de trabajo. Se debe realizar una limpieza y revisión del estado de los equipos para evitar algún fallo o problema de los mismos. Es primordial mantener el orden y lograr que la limpieza forme parte de las actividades diarias y obligatorias dentro de una empresa (Rajadell & Sánchez, 2010).

Seiketsu

Significa estandarizar la clasificación, el orden y la limpieza. De esta manera evitamos que los lugares de trabajo vuelvan a tener elementos innecesarios, desorden y suciedad. Ayuda a fomentar una cultura de orden y limpieza constante; logrando que el personal se familiarice con este tipo de actividades (Rajadell & Sánchez, 2010).

Shitsuke

Significa disciplina. Dar cumplimiento de las normas y estándares establecidos para mantener nuestros lugares de trabajos limpios y ordenados. Consiste en convertir en un hábito las actividades realizadas para lograr mantener correctamente los procesos, mediante el compromiso de todo el personal (Rajadell & Sánchez, 2010).

2.7.1.3 Kanban

El *Kanban* viene de dos palabras japonesas “*Kan = visual*” y “*Ban = tarjeta*”, es un sistema de control de la producción mediante sistemas visuales basado en tarjetas. Permite ajustar todos los procesos a la capacidad real de la empresa. Se distinguen dos tipos de *Kanbans*:

- Kanban de producción especifica la clase y cantidad que debe fabricar un proceso
- Kanban de transporte especifica la clase y cantidad de material que se retira del proceso anterior (Rajadell & Sánchez, 2010).

Son tarjetas que contienen información importante del producto como: cantidad, número de lote, dirección de envío, características del producto, etc. Es una manera efectiva de comunicar esta información dentro de la empresa entre varios procesos.

Beneficios:

- Permite identificar problemas o atascos en la producción
- Mejora el tiempo de realización de las actividades y procesos
- Contribuye en la mejora de la calidad de los procesos internos de la empresa
- Evita la sobreproducción y brinda flexibilidad a los procesos de producción (Socconini, 2008).

2.7.1.4 Kaizen

EL *Kaizen* es una filosofía que significa mejoramiento continuo, fue desarrollado en 1986 por Masaaki Imai el cual fundó un instituto que se dedica al trabajo de consultoría para la implementación de la mejora continua. Esta filosofía busca mejorar la calidad y reducir los costos de producción (Masaaki, 2004).

Una de las características principales del *Kaizen* es el Círculo de *Deming* o ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). De esta manera se logra el mejoramiento continuo, ya que una vez solucionado un problema, se repite el ciclo y se vuelve a identificar y solucionar otro (Masaaki, 2004).



Figura 3: Ciclo PHVA.

Fuente: (Basado en Masaaki, 2004).

Las herramientas más comunes utilizadas en el *Kaizen* son: Diagrama de Ishikawa, Pareto, Histograma, etc.

Beneficios:

- Mejora la calidad de los productos
- Promueve el compromiso de todas las personas
- Sirve para detectar problemas de manera rápida
- Reduce los costos de producción (Socconini, 2008).

2.7.1.5 Heijunka

Es una herramienta del *Lean Manufacturing* que sirve para nivelar la producción. Busca optimizar los recursos para cubrir las demandas cambiantes del mercado.

Su objetivo es lograr que los equipos, herramientas, infraestructura y personas sean capaces de producir varios productos en el mismo lugar. De esta manera la producción es más flexible permitiendo ofrecer una mayor gama de productos (Rajadell & Sánchez, 2010).

Beneficios:

- Controla la producción de manera más fácil
- Optimiza la utilización de los recursos
- Mejora la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda del producto
- La producción es más flexible
- Elimina la sobreproducción y reduce inventarios (Socconini, 2008).

2.7.1.6 TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Busca que los procesos de producción sean eficientes, evitando los defectos, accidentes y paradas innecesarias. Su objetivo es lograr que la producción no se detenga por problemas de funcionamiento de la maquinaria, evitando pérdidas de tiempo y material que se convierte en pérdida de dinero (Nakajima, 1993). El TPM está basado en 8 pilares fundamentales:

Mejoras enfocadas

Es una metodología que buscan llegar a la raíz de los problemas, identificando los factores que se van a mejorar. Las actividades están dirigidas a la mejora de procesos, procedimientos y equipos, detectando a tiempo las anomalías y ejecutando un plan de acción para eliminarlo por completo.

Mantenimiento planeado

Permite realizar programas de mantenimiento logrando un equilibrio costo-beneficio en los procesos y en las máquinas. Es planificado por personal especializado en mantenimiento quienes determinan las paradas obligatorias para obtener: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones.

Mantenimiento autónomo

Se enfoca al operario por su interacción constante con los equipos. Es el mantenimiento básico que se realiza diariamente los operarios deben estar capacitados en el mantenimiento de la maquinaria a su cargo.

Mantenimiento de calidad

Su propósito es facilitar la operación de los equipos y prevenir sus posibles errores para así evitar los defectos de calidad, mediante diferentes recursos de ingeniería que permitan identificar las incidencias de los equipos sobre el producto.

Mantenimiento Temprano

Son las actividades que pretenden reducir el deterioro de los equipos, asegurando que los equipos de producción sean confiables. Es implementar la experiencia adquirida en los procesos y las máquinas para el desarrollo de nuevos productos.

TPM en oficinas

Busca que las áreas administrativas cumplan una política de mejoramiento. El objetivo es fortalecer las áreas administrativas para ser un apoyo en la cadena de valor, es decir, un soporte directo entre las actividades primarias y secundarias.

Educación y entrenamiento

El personal debe comprender el funcionamiento y detectar los problemas de los procesos mejorando su habilidad mediante la formación y capacitación en temas relacionados a las actividades que realizan.

Seguridad y medio ambiente

Cumple con las normas y procedimientos de seguridad industrial y salud ocupacional, así como las políticas medioambientales. Su objetivo es un ambiente de trabajo más seguro y confortable, así como el cuidado al medio ambiente.

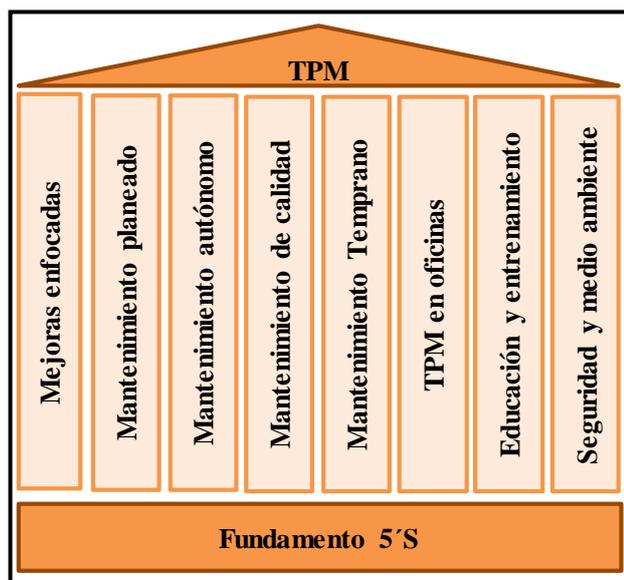


Figura 4: Estructura del TPM.

Fuente: (Nakajima, 1984).

Este gráfico simboliza como está estructurado el TPM y cuáles son los aspectos más importantes para implementar esta herramienta en cualquier empresa.

Beneficios:

- Reduce las paradas de producción ocasionados por fallos en las máquinas
- Reduce los tiempos y costos de mantenimiento
- Integra todas las áreas de la empresa
- La producción se vuelve más confiable y de mejor calidad (Socconini, 2008).

2.7.1.7 Jidoka

Significa “automatización con toque humano”. Básicamente el *Jidoka* debe detectar el mal funcionamiento, detenerse automáticamente y alertar el fallo de la máquina. Esta herramienta es muy útil para detectar los defectuosos que podrían representar grandes pérdidas en tiempo, material, reproceso y esperas en el proceso de producción. Se utiliza *Jidoka* cuando el ojo humano no es capaz de detectar defectuosos a tiempo y se requiere de acciones rápidas en caso de producirse alguno (Rajadell & Sánchez, 2010).

Beneficios:

- Detecta los problemas automáticamente y a tiempo
- Elimina las actividades de inspección
- Simplifica las actividades de mantenimiento
- Más eficiente que el ojo humano para detectar defectuosos.

“La calidad tiene que ser causada, no controlada” Philip Crosby

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN TALLERES INDUSTRIALES

Para implementar *Lean* existen varios modelos y enfoques que cuentan con los mismos principios y bases fundamentales, estos modelos se utilizan en función de las características y las necesidades de la empresa. El presente trabajo está enfocado para el área de producción de talleres industriales

Antes de estudiar cómo implementar las herramientas del *Lean Manufacturing* es necesario conocer las principales variables de producción que se manejan dentro de un taller. Además es importante encontrar la manera de relacionar los objetivos del taller con los beneficios que pueden aportar las herramientas del *Lean Manufacturing*, para lo cual se proponen dos matrices que se estudiarán en este capítulo.

3.1 Aspectos claves para implementar Lean Manufacturing

Para desarrollar los modelos de gestión Lean es necesario cumplir algunos aspectos claves para la implementación de las herramientas, el objetivo es lograr una implementación consolidada en la empresa y que se mantenga a lo largo del tiempo con la finalidad de lograr resultados considerables.

Existen diferentes métodos de implementar *Lean Manufacturing*, sin embargo todos coinciden en que “*el proceso de transformación hacia Lean Management difiere en función de las características de la empresa, y que, antes de comenzar con su implantación, es crucial analizar el entorno en el que se desenvuelve la organización con vista a adaptar convenientemente el proceso de implantación*” (Romero Maldona, 2015).

Tabla 8: Aspectos claves para la implementación de Lean Manufacturing en talleres industriales.

Aspectos claves para la implementación de las herramientas <i>Lean Manufacturing</i> en talleres industriales.			
Prioridad	Fase		
	Previa	Implementación	Seguimiento
<i>Vital</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso de la dirección. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso de la dirección. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso de la dirección.
<i>Muy importante</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visión compartida • Fomentar un cambio cultural • Capacitador experto en <i>Lean</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación de <i>Lean</i>. • Identificación de los desperdicios • Implicar la cadena de suministros • Identificación de las herramientas • Seleccionar las herramientas <i>Lean Manufacturing</i> más adecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar la constancia y disciplina.
<i>Importante</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de planeación estratégica • Sistemas de comunicación • Sistemas de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfocar <i>Lean</i> a los objetivos • Implementar adecuadamente las herramientas seleccionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores de resultados.
<i>Necesario</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de implementación en área piloto • Conformar equipos de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Inculcar trabajos en equipo • Cronograma de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retroalimentación de la implementación.
<i>Recomendable</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lanzamiento de un plan de comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de comunicación.

Fuente: (Romero, 2015).

Como se puede observar la implementación del *Lean Manufacturing* requiere de varios aspectos previos que sirven para facilitar la implementación y consolidar un sistema de gestión y eliminación de desperdicios eficiente.

3.2 Enfoque del Lean Manufacturing

Dentro del proceso de implementación del *Lean* es necesario identificar tanto los objetivos como las variables de producción del taller. Esto permitirá direccionar las herramientas *Lean Manufacturing* en función de los objetivos con la finalidad de implementar de manera secuencial las herramientas más eficaces para el taller.

3.2.1 Identificación de las variables de producción

Las variables de producción que se presentan a continuación, son todas aquellas que pueden intervenir en los procesos de producción de un taller y mediante las cuales se puede medir la eficiencia del mismo.

3.2.2.1 Abastecimiento

El objetivo del abastecimiento es proveer de materiales y recursos necesarios a los procesos de producción, ya sean de fuentes internas o externas en tiempo y forma adecuada para la transformación de materias primas en producto terminado.

3.2.2.2 Inventarios

“Se define un inventario como la acumulación de materiales (materias primas, productos en proceso, productos terminados o artículos en mantenimiento) que posteriormente serán utilizados para satisfacer una demanda futura” (Moya Navarro, 1999).

3.2.2.3 Mano de obra

La mano de obra son todos los esfuerzos que realiza el operador al elaborar el producto o brindar un servicio. Se debe tener un personal calificado que pueda realizar sus actividades de una manera continua y eficiente.

3.2.2.4 Logística interna

La logística interna es el proceso que permite planificar, implementar, controlar y almacenar de manera eficiente la materia prima y los productos. Es importante tomar decisiones adecuadas, ya que de esto dependerá el cumplimiento de plazos y fechas programadas.

3.2.2.5 Producción y operaciones

Se considera todas las actividades y procesos que intervienen para elaborar un producto. Esta variable engloba la mayoría de aspectos importantes que se evalúan dentro de una empresa y mediante los cuales se toman decisiones en términos de productividad y eficiencia.

3.2.2.6 Movimientos

Son todos los movimientos que se tiene dentro del área de trabajo ya sea del operador o del producto en proceso esta variable afecta a todos los procesos del sistema de producción. Se debe tener en cuenta que muchas veces los movimientos innecesarios se realizan inconscientemente generando pérdidas de tiempo.

3.2.2.7 Tiempos de espera

Son los tiempos de inactividad en los puestos de trabajo generados por falta de material, daños en la maquinaria, falla en el proceso o accidentes. Estos tiempos afectan la producción.

3.2.2.8 Calidad

La calidad está encargada de controlar y asegurar que las actividades se realicen correctamente a través de los procesos de producción para evitar un producto final defectuoso.

3.2.2.9 Mantenimiento

Comprende todas las actividades que estén destinadas a mantener funcionando un equipo en óptimas condiciones. Es necesario tener un plan de mantenimiento ajustado a los equipos y al entorno de la empresa. El mantenimiento de la maquinaria ayuda a prevenir problemas en la línea de producción y mantener una buena calidad en el producto.

3.2.2.10 Seguridad

Son las actividades que ayudan a prevenir accidentes relacionados al trabajo. Se debe tener un área de trabajo en óptimas condiciones que preserve la seguridad del personal y del proceso productivo. Se trata de garantizar la integridad de las personas, medio ambiente, etc.

3.3 Direccionamiento de Lean Manufacturing

Para el direccionamiento se ha elaborado dos matrices, las cuales permitirán identificar las herramientas más adecuadas en función de los objetivos del taller.

3.3.1 Identificación de los objetivos

“Un objetivo es una situación deseada que la empresa intenta lograr, es una imagen que la organización pretende para el futuro. Al alcanzar dicho objetivo, esa imagen deja de ser ideal y se convierte en real, por lo tanto, el objetivo deja de ser deseado y se establece un nuevo objetivo para ser alcanzado” (Mejias Pineda & Osorio Perez, 2009).

Los objetivos planteados por los talleres deben ser medibles, es decir, ser cuantitativos y estar ligados a un límite de tiempo. Para ello se identificará los objetivos que están enfocados al área de producción así como todos los involucrados en la misma.

3.3.2 Matriz de decisión

La matriz de decisión permite relacionar las variables de producción con los objetivos del taller. El análisis ayuda a identificar el orden de prioridad de las variables y los objetivos en función del total obtenido.

Matriz de decisión								
		Objetivos del taller						
		Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4	Objetivo 5	Total	Prioridad
Variables de producción	Abastecimiento						0	
	Inventarios						0	
	Mano de obra						0	
	Logística interna						0	
	Producción y operaciones						0	
	Movimientos						0	
	Tiempos de espera						0	
	Calidad						0	
	Mantenimiento						0	
	Seguridad						0	
Total		0	0	0	0	0		
Prioridad								

Figura 5: Matriz de decisión.

Fuente: (Basado en la Matriz de Decisión de Factores Estratégicos, Clase de Planeación Estratégica impartida por Iván Coronel).

3.3.3 Matriz de identificación

La matriz permite evaluar cada herramienta respecto a la prioridad obtenida en la matriz de decisión. De este modo la matriz de identificación determinará la relación que existe entre las variables de producción y las herramientas *Lean Manufacturing* en función de los objetivos del taller.

Matriz de identificación de herramientas <i>Lean Manufacturing</i>.										
Herramientas <i>Lean Manufacturing</i>	Variables de producción									
	Abastecimiento	Inventarios	Mano de obra	Logística interna	Producción y operaciones	Movimientos	Tiempos de espera	Calidad	Mantenimiento	Seguridad
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		
5's	<i>Seiri</i>									
	<i>Seiton</i>									
	<i>Seiso</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Seiketsu</i>									
	<i>Shitsuke</i>									
<i>Kanban</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Kaizen</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Heijunka</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>TPM</i>			X	X	X		X	X	X	X
<i>Jidoka</i>			X		X		X	X	X	X

Figura 6: Matriz de identificación de herramientas *Lean Manufacturing*.

3.3.4 Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas

Una vez finalizado el análisis de decisión e identificación de las herramientas que se podría implementar en el taller, es necesario determinar cuáles son factibles de ser implementadas. Para ello es necesario tomar en cuenta las condiciones previas de cada herramienta que el taller deberá cumplir para poder implementarlas.

Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas	
Herramientas Lean	Condiciones previas
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de medición. 2. Diagramas de flujo de los procesos. 3. Cadena de valor. 4. Identificada la cartera de productos. 5. Información de proveedores y clientes. 6. Control de inventarios.
<i>5's</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de medición y control. 2. Disponibilidad de presupuesto 3. Disponibilidad de tiempo para su implementación.
<i>Kanban</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de medición 2. Identificación de los procesos y los productos. 3. Información de proveedores y clientes. 4. Disponibilidad de presupuesto 5. Control de inventarios 6. Confiabilidad en las operaciones de la maquinaria y equipos.
<i>Kaizen</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de medición 2. Identificación de los procesos y los productos. 3. Análisis estadístico. 4. Disponibilidad de presupuesto
<i>Heijunka</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema Kanban ya establecido. 2. Disponibilidad de presupuesto

	3. Producción factible de ser nivelada.
<i>TPM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema 5´S ya establecidos. 2. Sistema Kaizen ya establecido. 3. Disponibilidad de presupuesto 4. Sistema de mantenimiento básico. 5. Sistemas de medición y control. 6. Disponibilidad de tiempo para su implementación. 7. Gestión por procesos. 8. Ingeniería en métodos. 9. Análisis estadísticos.
<i>Jidoka</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad de presupuesto 2. Sistema de medición y control. 3. Maquinaria y procesos factibles de ser automatizados.

Figura 7: Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas.

El taller debe implementar las herramientas para las cuales cumple todas las condiciones previas, de esta manera la implementación será favorable y obtendrá los beneficios esperados de cada una de ellas.

CAPÍTULO IV

GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

4.1 Introducción

Una vez entendido los conceptos de las herramientas, se considera importante la manera en que éstas deben ser implementadas. Antes de implementar las herramientas del *Lean Manufacturing* es necesario aclarar que el taller debe tener establecido sistemas de mediciones, comunicación y sobre todo un sistema de planeación estratégica. Esto permitirá que las herramientas perduren en el tiempo facilitando su estandarización. Por este motivo la guía explica paso a paso la implementación de cada herramienta

4.2 Desarrollo

La guía se ha dividido en cuatro fases fundamentales para la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing*:

La primera parte es analizar las condiciones del entorno del taller así como su capacidad y los recursos que cuenta para poder cumplir con los objetivos.

La segunda parte explica el manejo de la matriz de decisión e identificación de las herramientas *Lean Manufacturing* que permiten identificar las herramientas más efectivas para el taller y así potenciar sus intereses.

La tercera parte explica paso a paso cómo implementar cada una de las herramientas seleccionadas en las matrices de manera fácil y secuencial.

Por último se debe medir y evaluar el resultado de las herramientas implementadas, para ello se hará uso de los indicadores propuestos en la guía.

4.4.1 Identificación de la situación actual del taller

El análisis situacional es un estudio de los diferentes factores que influyen dentro y fuera de una empresa. A continuación se presenta los puntos importantes que debemos conocer de un taller:

- Reseña histórica
- Visión
- Misión
- Objetivos del taller
- Organigrama General
- Cadena de valor
- Diagramas de flujo de los procesos
- Productos.

4.4.2 Matriz de decisión

Paso 1: Identificar y transcribir los objetivos del taller

Pasó 2: Relacionar las variables de producción con los objetivos del taller, para identificar si tienen relación se debe responder la siguiente pregunta:

¿La variable ayuda o puede ayudar a cumplir este objetivo?

Si la variable tiene relación con el objetivo marcar el casillero con el número uno, de lo contrario dejar en blanco. Esta pregunta se debe realizar para cada una de las variables con todos los objetivos.

Paso 3: Sumar el total de casilleros marcados en cada variable y cada objetivo.

Paso 4: Priorizar las variables y los objetivos en función del total obtenido de la suma.

Matriz de decisión								
		Objetivos del taller						
		Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4	Objetivo 5	Total	Prioridad
Variables de producción	Abastecimiento	1		1		1	3	4
	Inventarios		1				1	8
	Mano de obra			1	1		2	6
	Logística interna	1	1		1	1	4	3
	Producción y operaciones	1	1	1	1	1	5	1
	Movimientos			1			1	10
	Tiempos de espera	1				1	2	7
	Calidad	1	1	1	1		4	2
	Mantenimiento				1		1	9
	Seguridad	1				1	2	5
Total		6	4	5	5	5		
Prioridad		1	5	4	2	3		

Figura 8: Ejemplo de uso de la matriz de decisión.

Paso 5: Ordenar las variables y los objetivos del taller de mayor a menor importancia.

Tabla 9: Prioridad de los objetivos.

Prioridad de los objetivos	
1	Objetivo 1
2	Objetivo 4
3	Objetivo 5
4	Objetivo 3
5	Objetivo 2

Tabla 10: Prioridad de las variables.

Prioridad de las variables	
1	Producción y operaciones
2	Calidad
3	Logística interna
4	Abastecimiento
5	Seguridad
6	Mano de obra
7	Tiempos de espera
8	Inventarios
9	Mantenimiento
10	Movimientos

4.4.3 Matriz de identificación

Paso 1: El taller deberá determinar de la tabla de prioridades de las variables cuáles serán las que desea mejorar. Para ejemplo didáctico se escogerá las dos primeras:

Tabla 11: Variables escogidas.

Prioridad de las variables	
1	Producción y operaciones
2	Calidad

Paso 2: Identificar la relación que existe entre las variables escogidas y las herramientas *Lean Manufacturing* en la matriz de identificación.

Matriz de identificación de herramientas <i>Lean Manufacturing</i> .											
Herramientas <i>Lean Manufacturing</i>		Variables de producción									
		Abastecimiento	Inventarios	Mano de obra	Logística interna	Producción y operaciones	Movimientos	Tiempos de espera	Calidad	Mantenimiento	Seguridad
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>		X	X	X	X	X	X	X	X		
5's	<i>Seiri</i>					X			X		
	<i>Seiton</i>					X			X		
	<i>Seiso</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Seiketsu</i>					X			X		
	<i>Shitsuke</i>					X			X		
<i>Kanban</i>		X	X		X	X	X		X	X	
<i>Kaizen</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Heijunka</i>		X	X		X	X	X		X	X	
<i>TPM</i>				X	X	X		X	X	X	X
<i>Jidoka</i>				X		X		X	X	X	X

Figura 9: Ejemplo de uso de matriz de identificación.

Una vez establecida la relación existente entre las variables y las herramientas se puede decir que se tiene identificadas las herramientas *Lean* que ayudarán a cumplir con los objetivos del taller.

4.4.4 Condiciones previas para la implementación

Posterior a la identificación de las herramientas se determinará cuáles son factibles de ser implementadas, para lo cual se debe analizar si el taller cumple o no con las condiciones establecidas en la figura 7 del capítulo III.

Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas		
Herramientas Lean	Condiciones previas	Cumple
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de medición. 2. Diagramas de flujo de los procesos. 3. Cadena de valor. 4. Identificada la cartera de productos. 5. Información de proveedores y clientes. 6. Control de inventarios. 	
5's	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de medición y control. 2. Disponibilidad de presupuesto. 3. Disponibilidad de tiempo para su implementación. 	
<i>Kanban</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de medición 2. Identificación de los procesos y los productos. 3. Información de proveedores y clientes. 4. Disponibilidad de presupuesto 5. Control de inventarios 6. Confiabilidad en las operaciones de la maquinaria y equipos. 	
<i>Kaizen</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistemas de medición 2. Identificación de los procesos y los productos. 	

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Análisis estadístico. 4. Disponibilidad de presupuesto 	
<i>Heijunka</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema <i>Kanban</i> ya establecido 2. Disponibilidad de presupuesto 3. Producción factible de ser nivelada. 	
<i>TPM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema 5'S ya establecidos. 2. Sistema <i>Kaizen</i> ya establecido. 3. Disponibilidad de presupuesto 4. Sistema de mantenimiento básico. 5. Sistemas de medición y control. 6. Disponibilidad de tiempo para su implementación. 7. Gestión por procesos. 8. Ingeniería en métodos. 9. Análisis estadísticos. 	
<i>Jidoka</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad de presupuesto. 2. Sistema de medición y control. 3. Maquinaria y procesos factibles de ser automatizados. 	

Figura 10: Ejemplo de selección de las herramientas identificadas.

Este paso determinará el número de herramientas que el taller debe implementar en función de sus condiciones actuales de tal manera que le permita cumplir sus objetivos.

4.4.5 Pasos para la implementación de las herramientas

4.4.5.1 Implementación de la herramienta VSM

Para la implementación del VSM se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 1: Identificar la familia de productos

Para identificar la familia de productos se utilizará la matriz Producto-Proceso que se presenta a continuación:

		Matriz Producto-Proceso							
		Procesos							
		001	002	003	004	005	006	007	Total
Productos	A								
	B								
	C								
	D								
	E								
	F								

Figura 11: Matriz Producto-Proceso.

Fuente: (Cabrera)

En la matriz Producto-Proceso se debe poner los productos y los procesos que van a ser evaluados y sus tiempos de ciclo.

- **Tiempo de ciclo (T/C).**- Es el tiempo que demora una unidad en salir de un proceso u operación
- **Tiempo de ciclo total (T/To).**- Es la sumatoria de cada tiempo de ciclo.

Paso 2: Recolección de la información

Para realizar el VSM actual es necesario recolectar la siguiente información:

- **Tiempo de montaje o cambio (T/M).**- Es el tiempo que se demora en cambiar de un producto a otro
- **Operarios.**- Es el número de operadores necesarios para cada proceso

- **Tiempo de trabajo disponible (T/TD).**- Es el tiempo disponible por turno:

$$T/TD = \text{Tiempo total} - \Sigma \text{ Tiempos perdidos}$$
- **Tamaño del lote a producir (EPE).**- Se puede expresar por el número de unidades o también puede expresarse en tiempo
- **Porcentaje de ocupación (%O).**- Es el porcentaje del tiempo en que la maquina está ocupada.

Paso 3: Crear el mapa de valor actual (VSM actual)

VSM actual.- Visualiza la situación actual del taller, ayudará a determinar las oportunidades de mejora. Para crear el mapa de valor actual se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 3.1: Dibujar los símbolos del cliente, proveedor y control de producción.

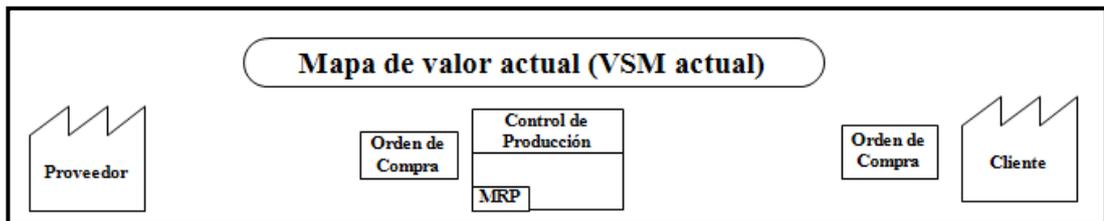


Figura 12: Paso 3.1 implementación VSM.

Paso 3.2: Dibujar los requisitos del cliente

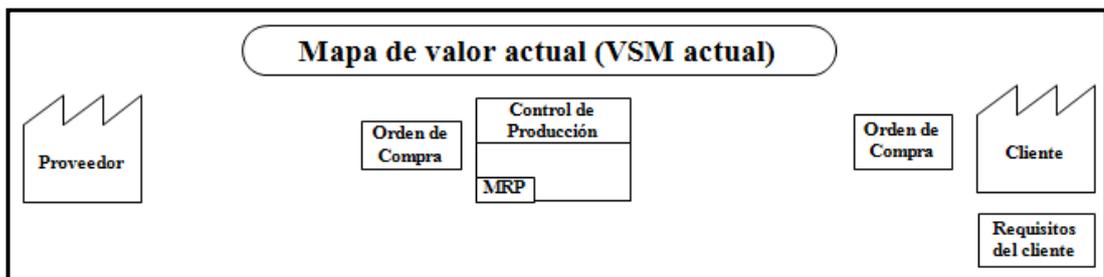


Figura 13: Paso 3.2 implementación VSM.

Paso 3.3: Dibujar el transporte y el traslado

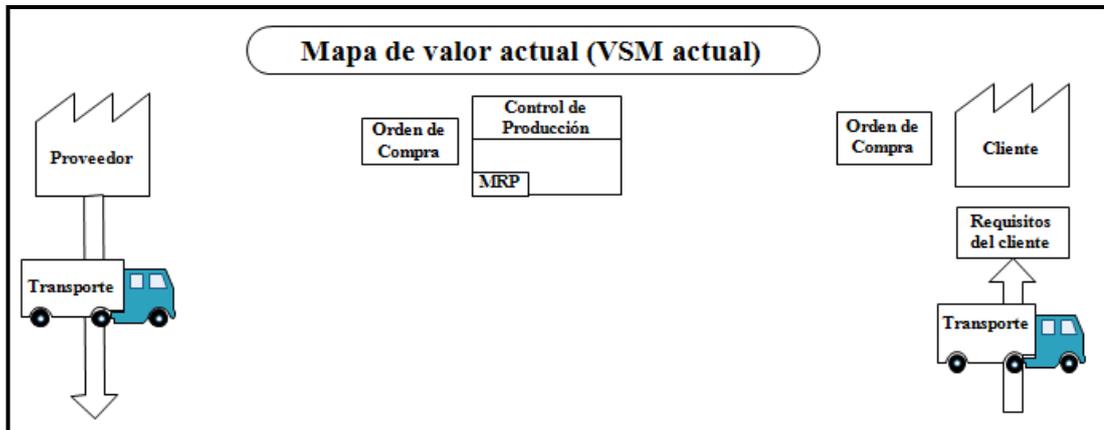


Figura 14: Paso 3.3 implementación VSM.

Paso 3.4: Dibujar las operaciones (Procesos) y las líneas de tiempo.

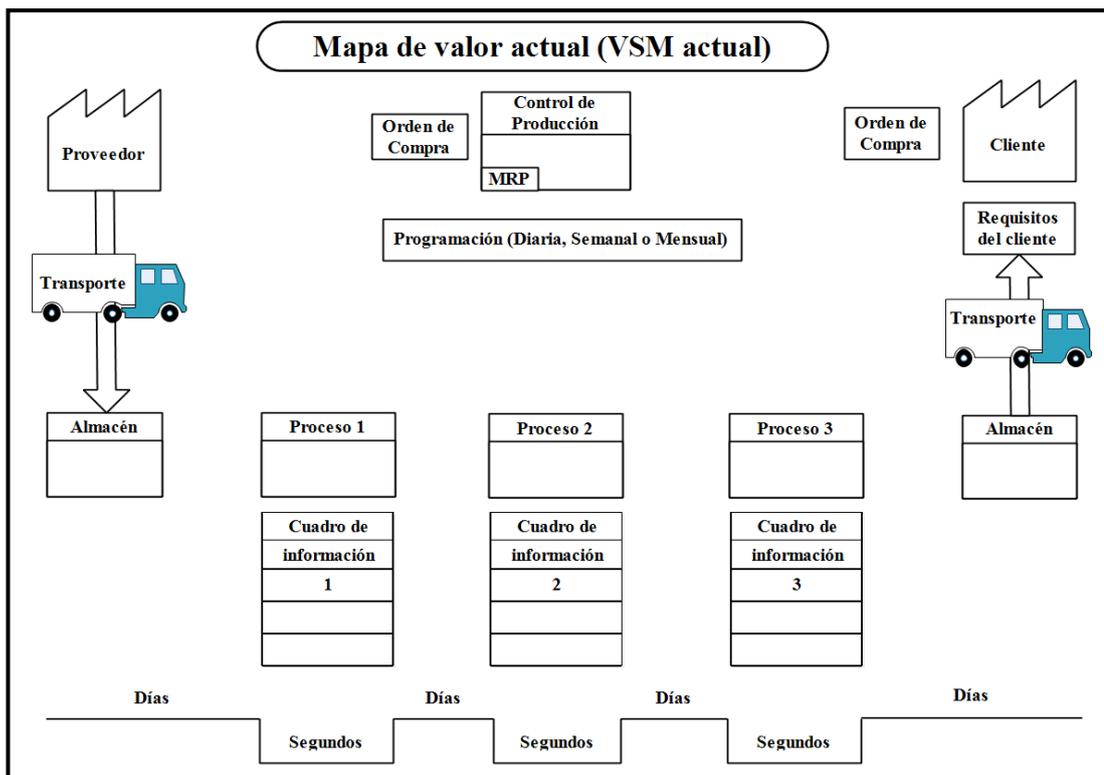


Figura 15: Paso 3.4 implementación VSM.

Paso 3.5: Dibujar las flechas de comunicación e información

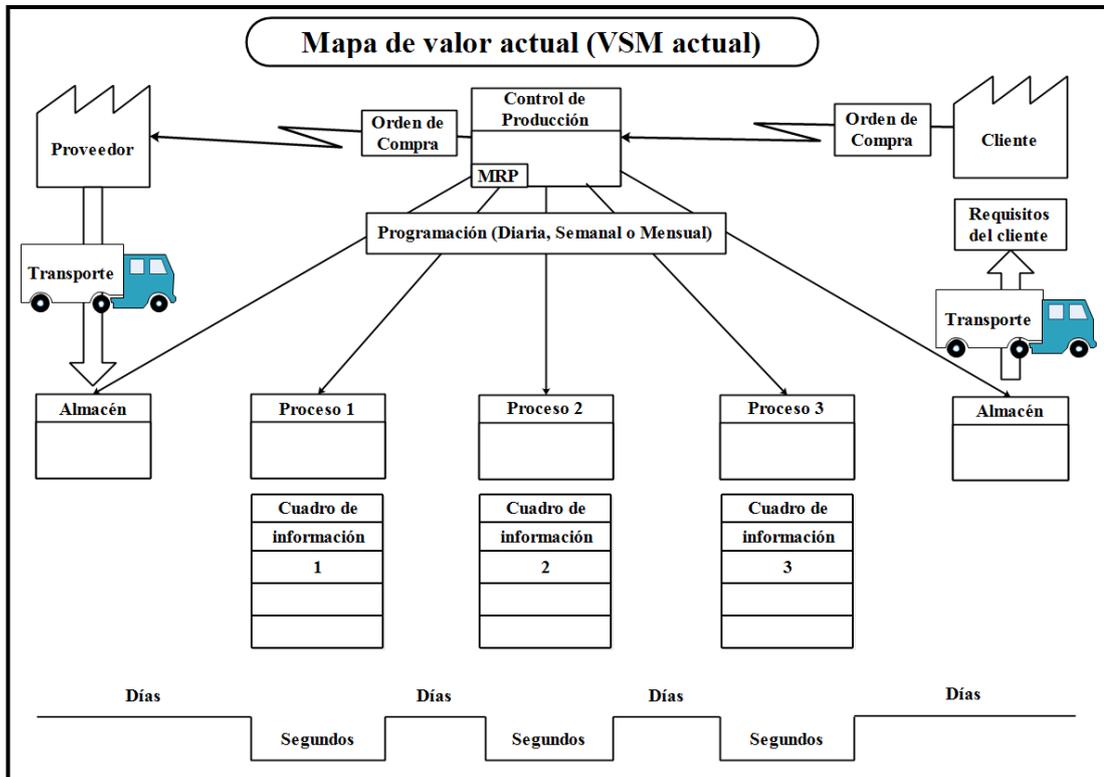


Figura 16: Paso 3.5 implementación VSM.

Paso 3.6: Ingresar datos de los procesos.

Extraer la información de los procesos recolectada del paso dos para agregar al cuadro de información.

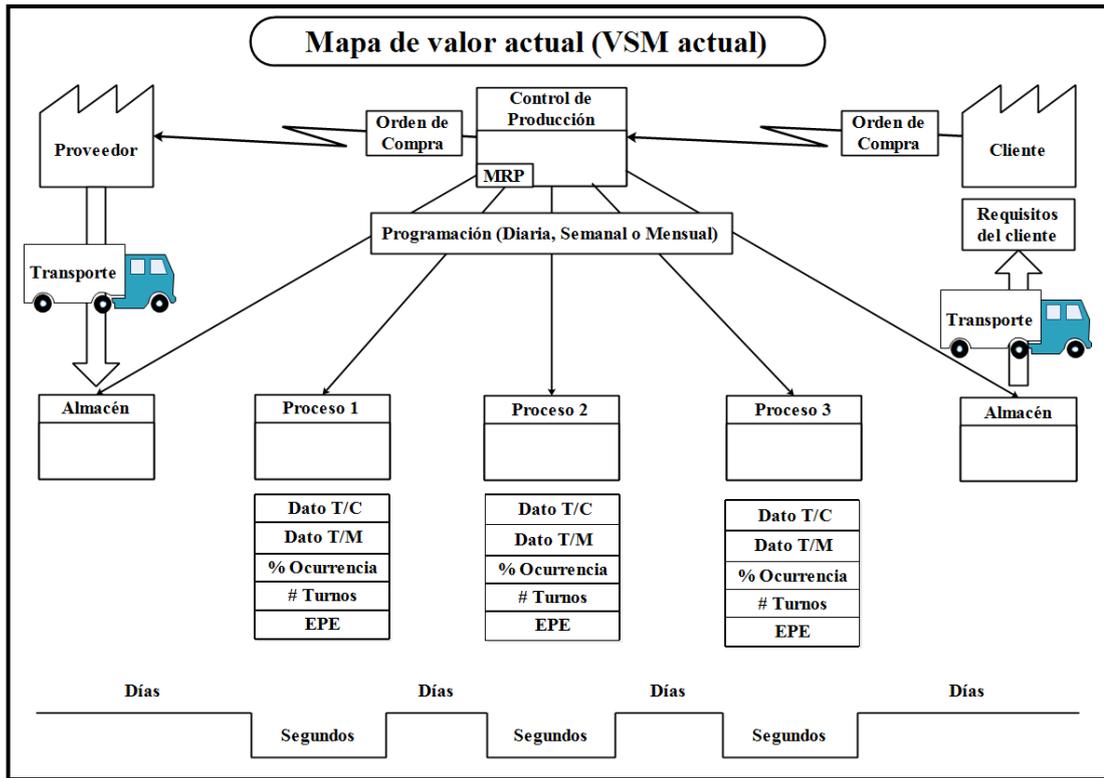


Figura 17: Paso 3.6 implementación VSM.

Paso 3.7: Dibujar e ingresar la cantidad de operadores en cada proceso.

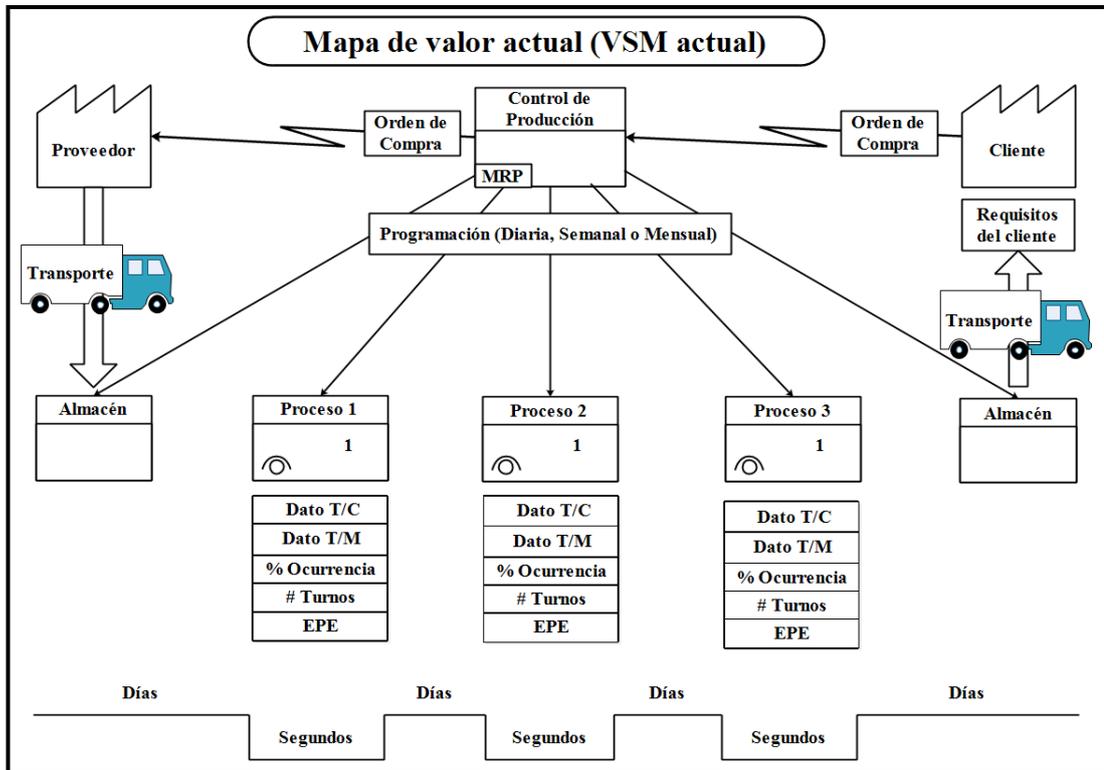


Figura 18: Paso 3.7 implementación VSM.

Paso 3.8: Dibujar símbolos de empuje e inventarios

Se debe ingresar la información en cada proceso, así como los tiempos que demoran en pasar de uno a otro.

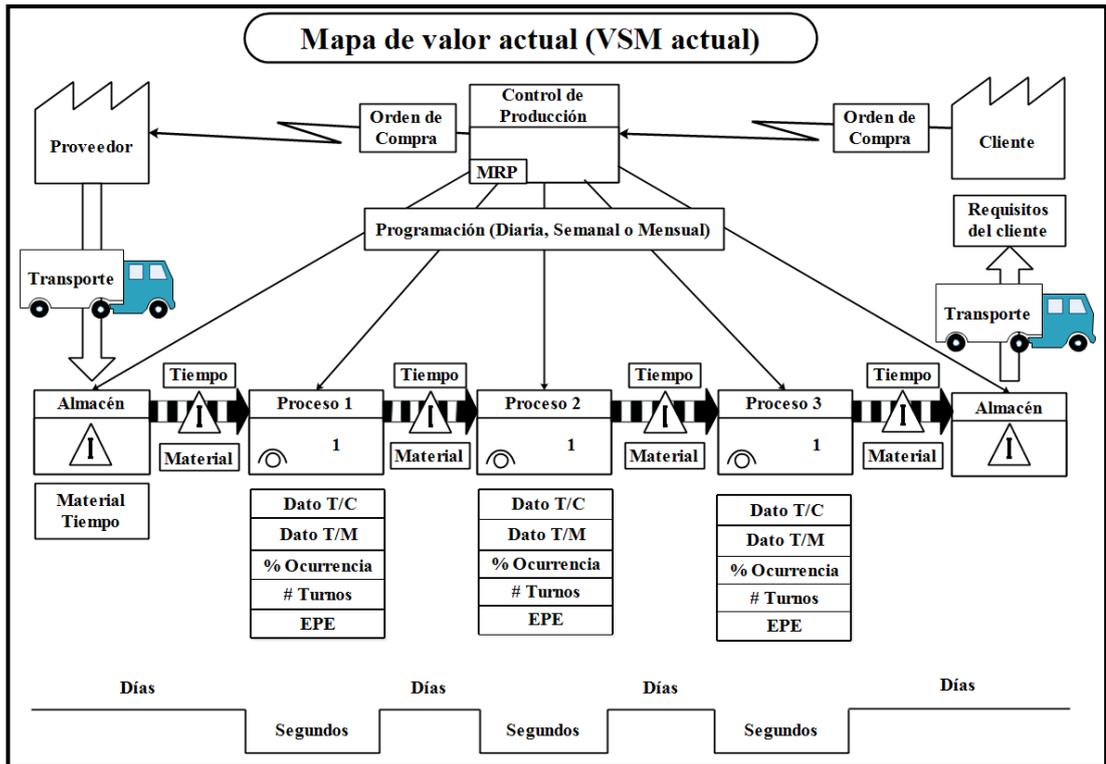


Figura 19: Paso 3.8 implementación VSM.

Paso 3.9: Ingresar datos en la línea de tiempo.

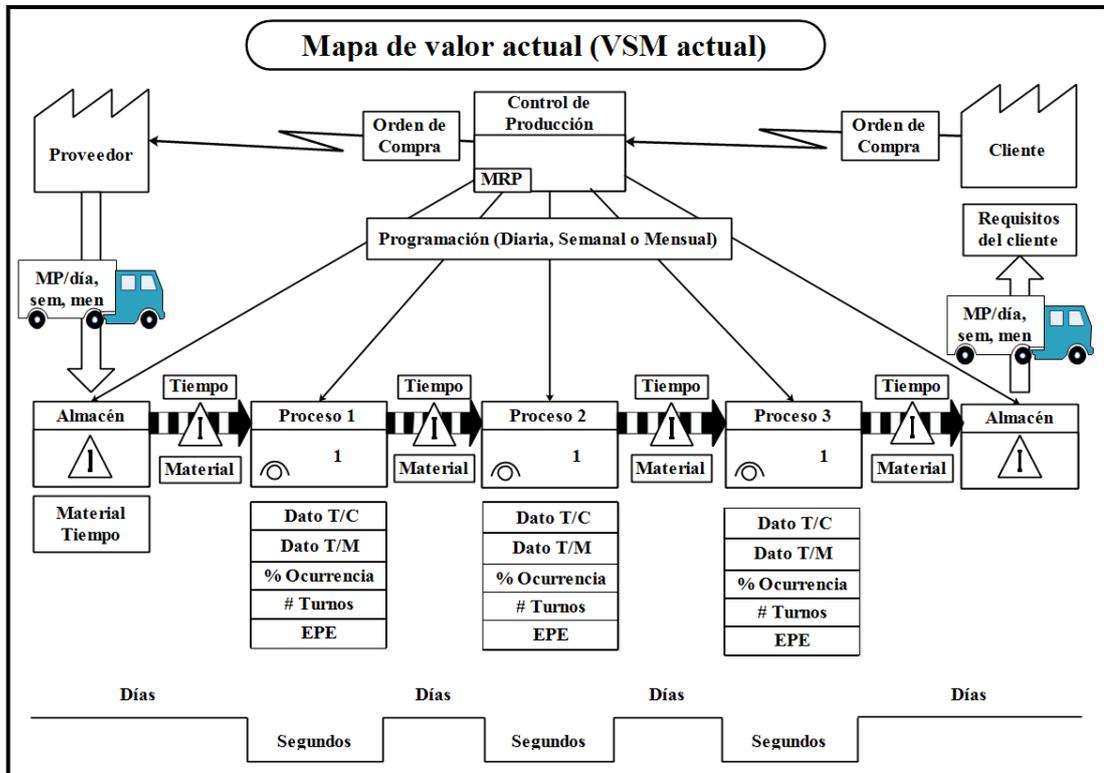


Figura 20: Paso 3.9 implementación VSM.

Paso 3.10: Dibujar y calcular los tiempos totales.

- **El Lead Time (L/T).**- Es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa. Se calcula a través del nivel de inventario dividido para la demanda diaria del cliente. Ejemplo:

Para un proceso de corte se tienen 4800 unidades del producto A y 2800 unidades del Producto B y la demanda del cliente es de 400 unidades diarias el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Lead Time}_{\text{Prod. A}} = \frac{\text{Nivel de inventario}}{\text{Demanda diaria}} = \frac{4800 \text{ u}}{400 \text{ u/d}} = 12 \text{ días}$$

$$\text{Lead Time}_{\text{Prod. B}} = \frac{\text{Nivel de inventario}}{\text{Demanda diaria}} = \frac{2800 \text{ u}}{400 \text{ u/d}} = 7 \text{ días}$$

De los resultados obtenidos se utiliza el mayor tiempo que es de doce días. El cálculo del *Lead Time* se lo realiza en cada uno de los procesos.

Por ultimo al tener todos los *Lead Times* calculados se realiza la sumatoria de cada uno de ellos y el total se coloca en el símbolo del tiempo total.

- **El Valor Agregado (V/A):** es la sumatoria de cada tiempo de ciclo (T/C) de todos los procesos de producción, se coloca en el símbolo del tiempo total.

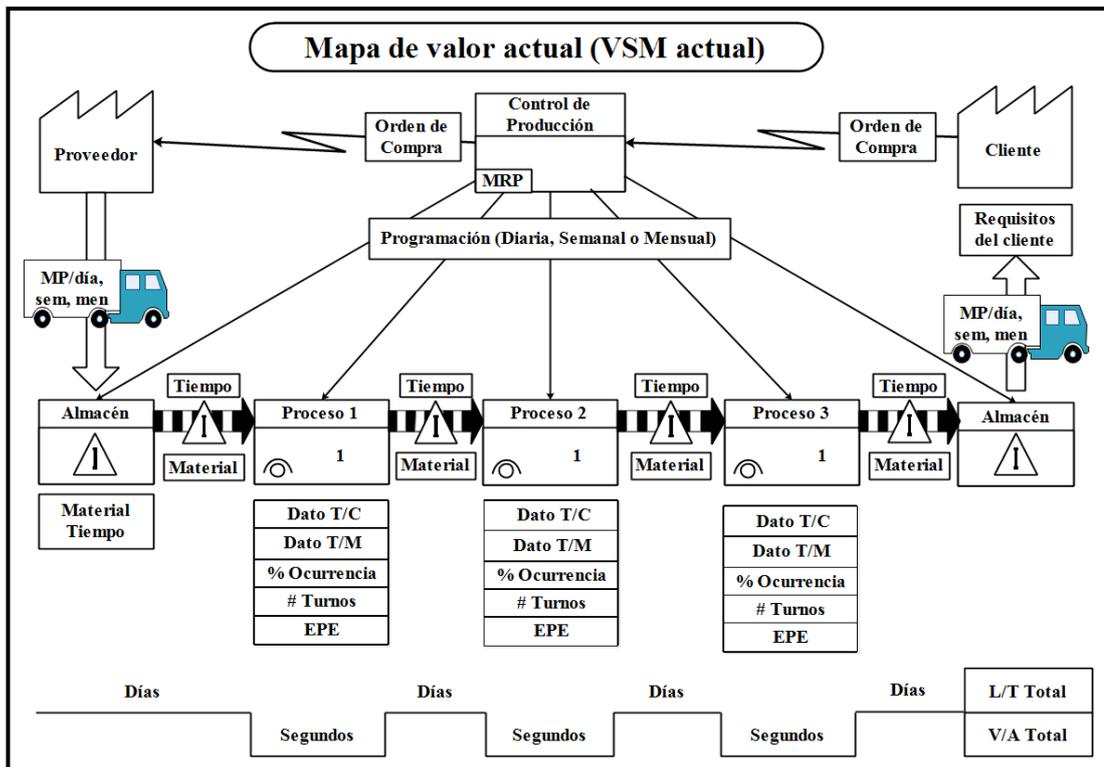


Figura 21: Paso 3.10 implementación VSM.

Paso 3.11: Dibujar la burbuja de mejora Kaizen

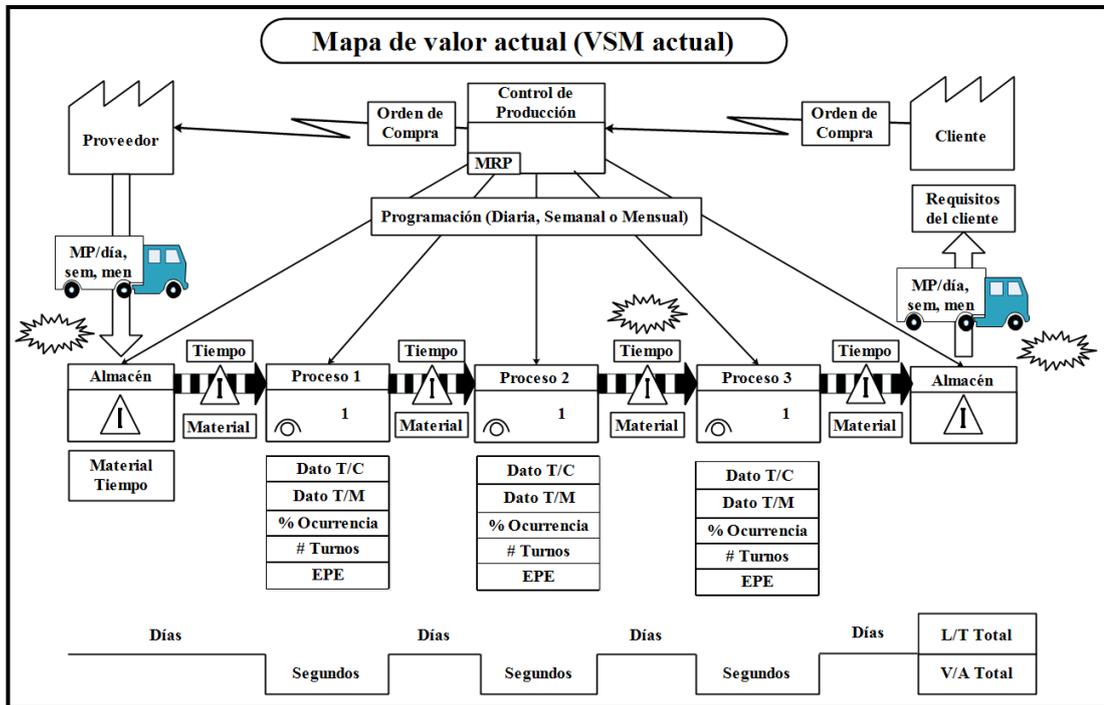


Figura 22: Paso 3.11 implementación VSM.

Paso 4: Crear el mapa de valor futuro (VSM futuro)

VSM futuro.- Para crear el VSM futuro el equipo de trabajo debe identificar las oportunidades de mejora del VSM actual para reducir al máximo los desperdicios o eliminarlos. Para crear el VSM futuro se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 4.1: Calcular el tiempo *Takt Time*

Es el tiempo de producción sobre velocidad a la que el cliente compra. A continuación la fórmula para calcular el *Takt Time*:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

Paso 4.2: Establecer donde usar un flujo continuo

Se unirá operaciones en un solo flujo, procurando mover materiales de una estación de trabajo a otra. La decisión de agrupar procesos para formar una celda con flujo continuo depende de un criterio razonable del equipo de trabajo.

Calcular el *Pitch* de cada producto

El *Pitch* representa el *Takt Time* requerido para que las operaciones realicen unidades que formen paquetes con cantidades predeterminadas.

$$\text{Pitch} = \text{Takt Time} \times \text{cantidad de unidades en el paquete}$$

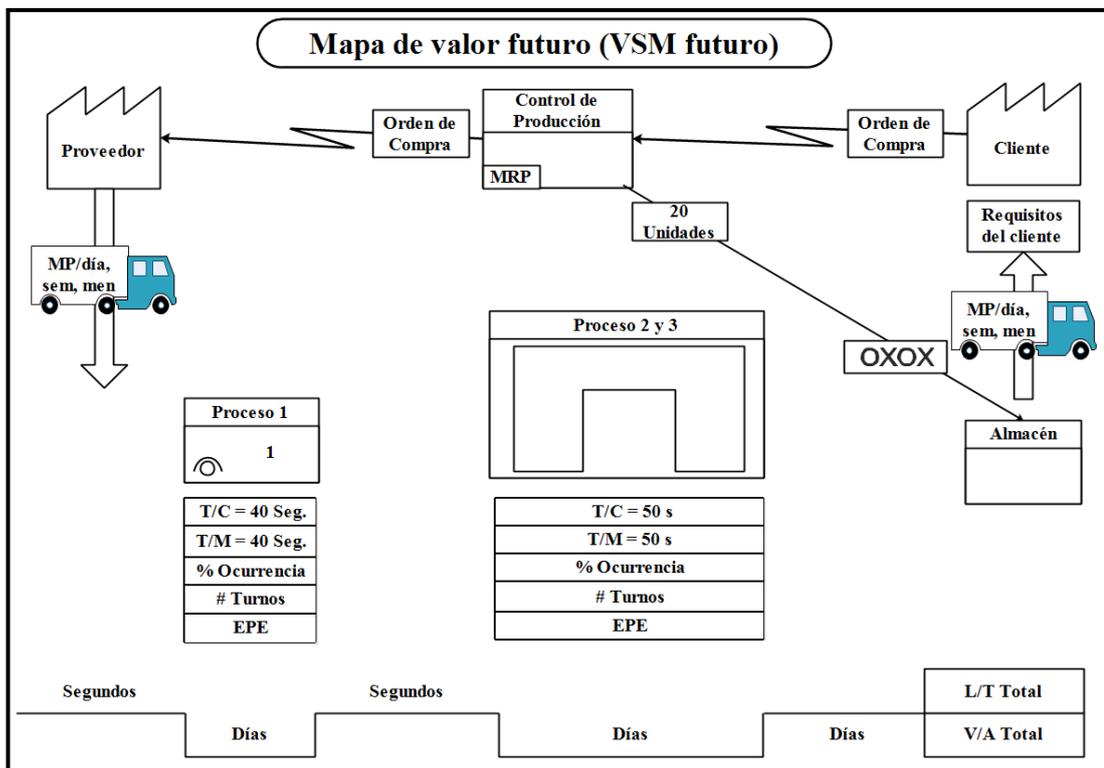


Figura 23: Paso 4.2 implementación VSM.

Paso 4.3: Balancear la cantidad de operadores en la celda de trabajo

$$\text{Cantidad de operadores} = \frac{\Sigma \text{Tiempo de ciclo de cada proceso}}{\text{Takt Time}}$$

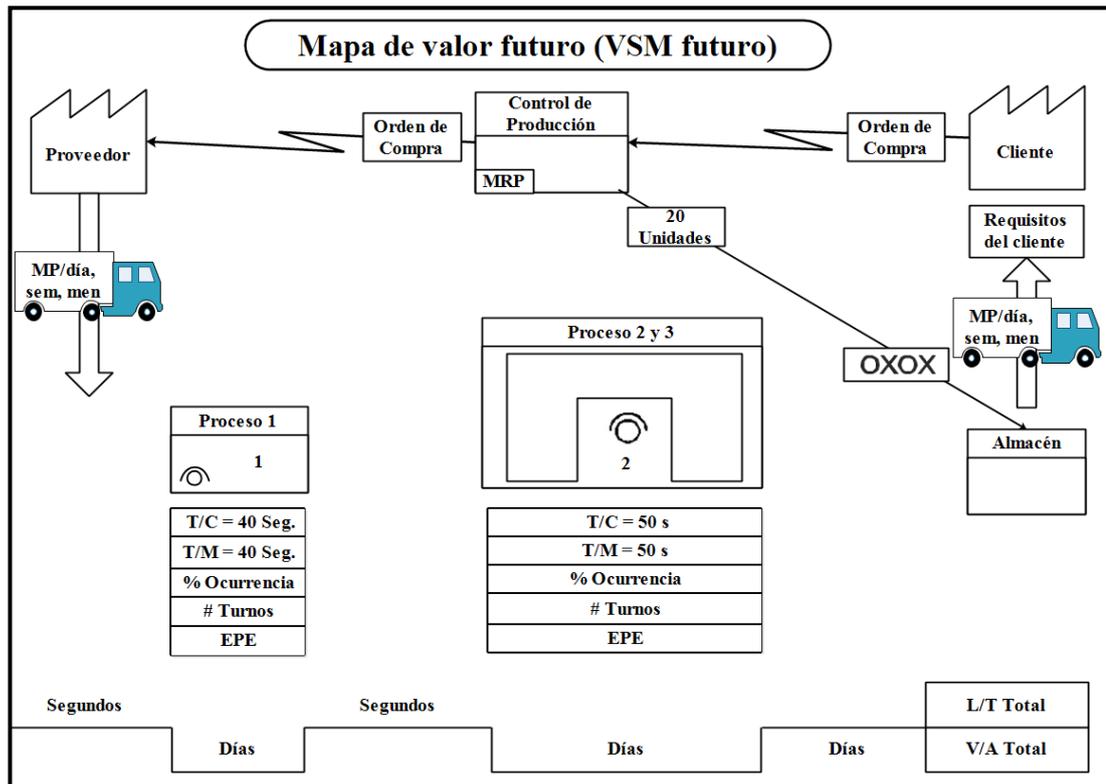


Figura 24: Paso 4.3 implementación VSM.

Paso 4.4: Identificar el Supermercado

Para crear el supermercado en el VSM futuro el equipo de trabajo debe analizar donde es más conveniente ubicarlos. Las opciones que tiene el equipo es crear un supermercado de productos terminados o el de materiales para suministrar a los procesos para la realización de cada etapa del producto.

Paso 4.5: Crear Supermercados

Se debe ubicar los supermercados que permitirán controlar el flujo de la producción para satisfacer los requerimientos del cliente, el control se realizará mediante el uso de tarjetas *Kanban*.

Paso 4.6: Determinar la localización de *Kanban*

El sistema de tarjeteo es fundamental ya que indica cuando producir y cuando no hacerlo. Los sistemas de tarjeteo más usados pueden ser:

- *Kanban* de producción
- *Kanban* de transporte
- *Kanban* de proveedores.

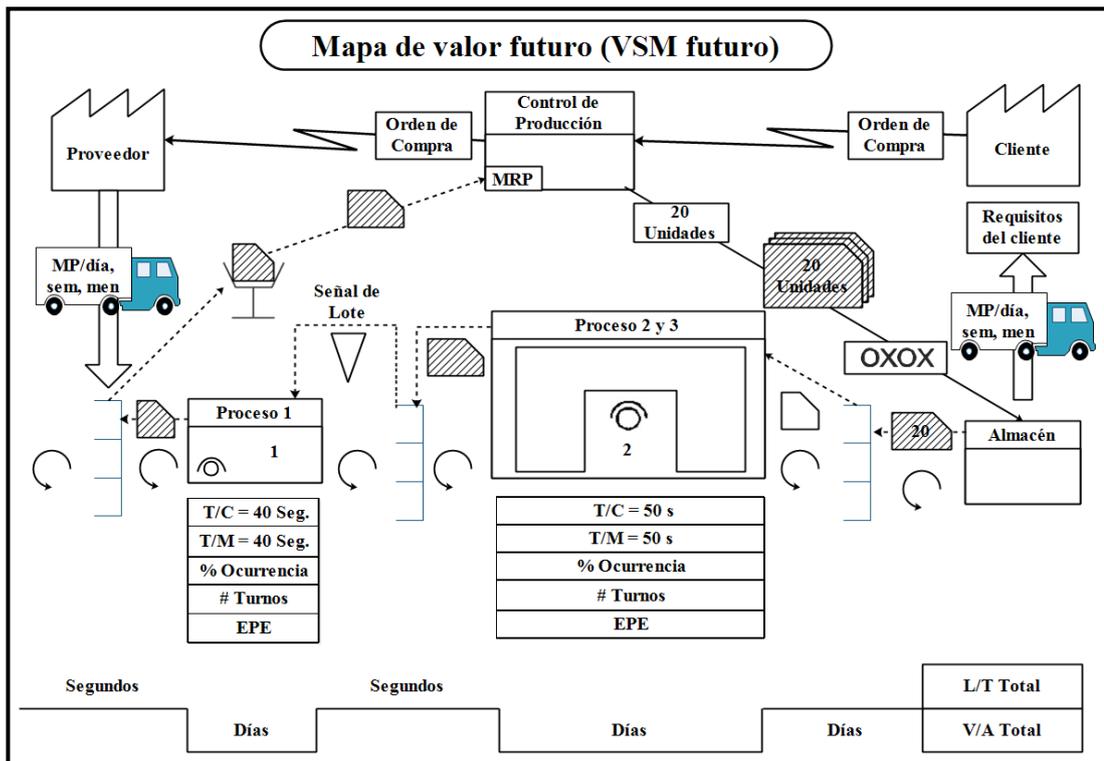


Figura 25: Paso 4.5 y 4.6 implementación VSM.

Paso 4.7: Calcular los tiempos totales

Paso 4.8: Mejorar la comunicación

Paso 5: Implementación del mapa de valor futuro (VSM futuro)

4.4.5.2 Implementación de la herramienta 5'S

Las 5'S es una herramienta sencilla de implementar en el área de trabajo deseada, sigue un proceso sistemático cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Para la implementación de las 5'S en el área de trabajo elegida se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 1: Seiri

Es clasificar lo necesario, es decir, separar aquello que es realmente útil según su uso y su frecuencia de utilización; también se debe eliminar los elementos innecesarios. La implementación del primer paso se debe realizar a todos los elementos tangibles e intangibles del área seleccionada.

Paso 2: Seiton

Es ordenar, para ello se inicia con la ubicación e identificación de los elementos ya clasificados, de tal manera que el operador pueda encontrarlos de manera rápida y al finalizar la actividad lo ubique en el área donde la tomó. Para ello se necesita:

- Definir una ubicación para los recursos de manera eficiente, según la frecuencia de uso
- Identificar mediante símbolos por ejemplo:
 - Tableros de contorno donde cada objeto tiene un lugar específico en el mismo
 - Tableros de control identificados por colores, numeración o el nombre del recurso.

La implementación del segundo paso permite delimitar las áreas de trabajo y almacenamiento, siguiendo una idea fundamental *“Cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa”*.

Paso 3: Seiso

Se debe limpiar e inspeccionar el área de trabajo para identificar los defectos y eliminarlos. Lo que se pretende es anticiparse a las diferentes situaciones que se dan en los procesos, mediante acciones correctivas que permiten prevenir los defectos. Para ello se debe:

- Eliminar la suciedad del área como agua, aceite, etc.
- Definir e implementar procedimientos de limpieza en cada área
- Eliminar y sustituir todos los elementos que se encuentran en mal estado.

La implementación del tercer paso aumenta la vida útil de los equipos mediante la reducción de averías y riesgos potenciales de accidentes.

Paso 4: Seiketsu

Es estandarizar, es decir, seguir de manera secuencial un método de trabajo mediante un procedimiento estándar y fácil de usar como un documento, una fotografía o un *Layout* que permitan realizar un control visual del puesto de trabajo. Para ello hay que:

- Delimitar los rangos de funcionamiento de las maquinarias utilizando instrumentos de medición, presión, temperatura, etc.
- Diseñar un control visual de las condiciones de funcionamiento de la maquinaria. (Visualmente el operador podrá darse cuenta que la maquinaria está funcionando dentro de los rangos establecidos)
- Realizar un *Check List* al iniciar la jornada laboral señalando todas las posibles fallas para comunicar al área de mantenimiento.

La implementación del cuarto paso ayuda a mantener eficientemente las tres primeras S, estandarizando los procesos y capacitando a los operadores.

Paso 5: Shitsuke

Se debe educar al operador sobre la metodología de las 5'S, desarrollando hábitos que van creciendo con el pasar del tiempo. Para ello se necesita:

- Respetar los estándares ya implementados en las diferentes áreas de trabajo
- Realizar auditorías internas y si es posible externas donde el operador pueda ser evaluado.

4.4.5.3 Implementación de la herramienta Kanban

Ayuda al control de la producción y la mejora de los procesos, basada en tarjetas o etiquetas de instrucción como por ejemplo:

- Órdenes de trabajo que contiene información acerca de que se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y como transportarlo.

Para implementar la herramienta *Kanban* se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 1: Diseñar el sistema de tarjeteo

Debe ser el más conveniente para el área de producción donde se va a implementar. Una vez que se haya diseñado la tarjeta se debe capacitar al personal sobre el uso de la misma.

Paso 2: Implementar el sistema Kanban

Se debe designar un área piloto donde se encuentran los mayores problemas como fallas o retrasos de producción.

Paso 3: Analizar los resultados

Se debe analizar con los operadores los resultados obtenidos del sistema *Kanban* y posterior a eso implementar en el resto del área de producción. Uno de los puntos fundamentales es tomar en cuenta las observaciones de los operadores ya que son los encargados del proceso y sus aportes serán de gran ayuda para mejorar el sistema.

Paso 4: Retroalimentación

Se debe realizar una retroalimentación de las experiencias adquiridas a lo largo de la implementación y realizar las mejoras necesarias.

Reglas para funcionamiento correcto del Kanban

Regla 1: No se debe enviar producto defectuoso al siguiente proceso.

Se debe detectar a tiempo los defectuosos y eliminar la causa raíz de los mismos.

Regla 2: El siguiente proceso solicitará únicamente lo necesario.

El proceso retirará del anterior el material necesario y en el momento adecuado.

Regla 3: Producir la cantidad exacta requerida por el proceso siguiente.

No producir más de lo que indica el número en la tarjeta *Kanban*, para ello la producción se debe restringir a lo requerido y fabricar según llegue el pedido al proceso de producción.

Regla 4: Balancear la producción.

Optimizar los procesos de producción de tal manera que produzcan la cantidad requerida para los procesos posteriores.

Regla 5: Evitar las especulaciones.

No se debe suponer si el siguiente proceso va a necesitar material para producir o el proceso anterior podrá empezar la producción antes de lo esperado; para evitar todo tipo de suposiciones se debe tener balanceada la producción.

Regla 6: Estabilizar y estandarizar los procesos.

Los procesos deben estar estandarizados para evitar los defectos, para ello el trabajo se debe realizar desde el principio hasta el final con excelente calidad.

Tipos de Kanban

- **Kanban de producción o fabricación (P-Kanban)**

Autoriza a cada proceso la fabricación de una cantidad de productos, servirá como una orden de producción o fabricación

Kanban de producción (P-Kanban)	
Proceso:	
Cantidad a producir:	
Nombre de la pieza:	
Descripción de la pieza:	

Figura 26: Modelo de tarjeta P-Kanban.

- **Kanban de transporte o retiro de material (T-Kanban)**

Informa de un proceso a otro la necesidad de transportar el material y mantener un correcto abastecimiento en la producción

Kanban de transporte o retiro de material (T-Kanban)	
Proceso:	
Código de la pieza:	
Nombre de la pieza:	
Capacidad de lote:	
Proceso anterior:	
Proceso posterior:	

Figura 27: Modelo de tarjeta T-Kanban.

- **Kanban de proveedores o señal**

Informa la necesidad de transportar material o producto terminado; se utiliza cuando el producto se traslada a distancias más lejanas y el tiempo de entrega es primordial.

Kanban de proveedores o señal	
Nombre de la pieza o producto:	
Código de la pieza o producto:	
Contenedor:	
Capacidad de lote:	
Desde proceso:	
Hacia proceso:	

Figura 28: Modelo de tarjeta Kanban de proveedores.

4.4.5.4 Implementación de la herramienta Kaizen

Kaizen a más de ser una herramienta es una filosofía; por lo tanto es necesario que todo el personal incluyendo la alta dirección esté involucrado en su implementación.

Previo a la implementación se debe tener en cuenta algunas recomendaciones para lograr una buena aceptación y un impacto positivo en lo que se refiere a la solución de problemas. Antes de analizar los pasos se muestra algunas recomendaciones:

- **Adiestrar a la alta dirección o gerencia con respecto al Kaizen.-** El gerente no solo debe conocer esta filosofía, sino también debe haberla experimentado para entender la importancia de utilizar esta herramienta
- **Establecer una estructura de seguimiento y control.-** Para que la herramienta perdure en el tiempo y forme parte de la cultura del taller es necesario dar seguimiento y control. Este seguimiento puede ser semanal, mensual, trimestral e incluso anual
- **Capacitar e incluir al personal en actividades de mejora continua.-** El personal puede aportar con su experiencia ya que ellos son los responsables del proceso y conocen la realidad del mismo
- **Fijar metas y objetivos en función de la capacidad y los recursos.-** Se recomienda establecer metas cortas y conforme adquiera experiencia se podrán establecer objetivos más complejos
- **Incentivar y motivar al personal.-** Se recomienda otorgar incentivos por el cumplimiento de los objetivos previamente establecidos, los incentivos no deben ser estrictamente económicos
- **Repetir el ciclo de mejora.-** Realizar el ciclo PHVA ya que es la única manera de mantener el mejoramiento continuo en el taller.

A continuación se muestra los pasos a seguir para implementar el *Kaizen*:

Paso 1: Escoger el área

Se debe seleccionar el área para implementar el *Kaizen*, esto dependerá de los objetivos propuestos por el taller.

Paso 2: Formar un equipo de trabajo

Se recomienda que el equipo este formado por personas de cada área del taller, de este modo cada persona podrá aportar con sus conocimientos y experiencia de dichas áreas.

Paso 3: Obtener y analizar información

Para este paso se requiere de algunas herramientas de análisis como: Diagrama de *Ishikawa*, Diagrama de Pareto, Histograma. Se procede a analizar las causas que producen los problemas y se levanta información importante para evaluar el comportamiento del proceso.

Paso 4: Observar y analizar el área con detalle

El equipo de trabajo debe acudir al área donde ocurren los problemas y observar detalladamente el proceso, para así poder identificar posibles causas o incluso variables que en un principio no fueron consideradas en el paso anterior.

Paso 5: Brindar una solución

Luego de haber encontrado las causas del problema el equipo de trabajo debe proponer soluciones. Se debe establecer fechas de cumplimiento, así como los encargados de ejecutar las soluciones.

Paso 6: Dar seguimiento

Permitirá controlar el comportamiento del problema. En caso de que las soluciones implantadas no reduzcan o eliminen los problemas se deberá volver al paso cuatro y proponer soluciones más específicas.

Paso 7: Estandarizar

Si las soluciones brindaron buenos resultados se debe estandarizar, es decir, volverlas parte del proceso.

4.4.5.5 Implementación de la herramienta Heijunka

Es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente, conectando toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes.

¿Cuándo implementar Heijunka?

Cuando se requiere un nivel de planeación de la producción más ajustado, es decir, trazar un plan que permita cumplir los objetivos. Para implementar el *Heijunka* se debe tener previamente un sistema *Kanban* ya establecido.

Para implementar la herramienta *Heijunka* se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 1: Calcular el Takt Time

El *Takt Time* marca el ritmo de producción con el fin de satisfacer la demanda. Éste se calcula en unidades de tiempo generalmente en segundos.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

Paso 2: Calcular el Pitch de cada producto

El *Pitch* representa el tiempo de producción y empaque de unas unidades de producción en su correspondiente cantidad de productos por paquete.

$$\text{Pitch} = \text{Takt Time} \times \text{cantidad de unidades en el paquete}$$

Paso 3: Establecer el ritmo de producción

Se toma el valor más bajo del cálculo anterior y se distribuye en el total de tiempo efectivo de producción en incrementos uniformes.

Tabla 12: Ritmo de producción.

Ritmo de producción	
Horas trabajadas	Acción a realizar
Inicio de turno de trabajo	
Incrementos según el Pitch	
Fin del turno de trabajo	

Paso 4: Crear el casillero de Heijunka

Es un tablero con casilleros que sirve para administrar la nivelación de producción sobre un periodo específico de tiempo. Representan los intervalos de tiempo idénticos de producción.

Se colocan las tarjetas de control. El número de tarjetas es una señal visual para saber el tipo de producto que se debe producir durante un período de tiempo.

Tabla 13: Casilleros Heijunka.

Casilleros Heijunka													
		1	2	3	4			5	6	7	8		
Producto 1	Entrada					Almuerzo						Salida	
Producto 2													
Producto 3													

4.4.5.6 Implementación de la herramienta TPM

Es un sistema que permite gestionar los equipos mediante actividades que eviten defectos de calidad dentro de los procesos y averías a la maquinaria. Al implementar el TPM se elimina la necesidad de realizar ajustes constantes a la maquinaria.

Es importante destacar que esta herramienta requiere de un largo proceso de implementación y adaptación. La implementación del TMP consta de doce pasos:

Tabla 14: Cuadro de implementación del TPM.

Cuadro de implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)			
Fase		Pasos	
1	Preparación	1	Anunciar la decisión de introducir el TPM.
		2	Lanzamiento de campaña educacional.
		3	Crear equipos de trabajo para promover el TPM.
		4	Establecer políticas y metas para el TPM.
		5	Formular un plan maestro de implementación del TPM.
2	Implantación preliminar	6	Comenzar la implementación del TPM.
3	Implementación del TPM	7	Mejorar la efectividad de la maquinaria y los equipos.
		8	Establecer un programa de mantenimiento autónomo para los operadores
		9	Establecer un programa de mantenimiento planeado.
		10	Capacitar para mejorar capacidades de operación y mantenimiento.
		11	Desarrollo temprano de un programa de gestión de equipos.
4	Estabilización	12	Implementación plena del TPM y contemplar metas más elevadas.

Fuente: (Nakajima, 1984, p. 45)

Paso 1: Anunciar la decisión de introducir el TPM

Para iniciar la etapa de implementación la alta dirección debe tener claro el concepto del TPM. El primer paso es hacer un anuncio oficial a todo el personal sobre la

decisión de implantar el TPM. Se recomienda realizar una presentación del nuevo proyecto a implementar, así como los beneficios que se logrará con el TPM.

Paso 2: Lanzamiento de la campaña educativa

El objetivo es elevar la moral del personal rompiendo las barreras y resistencias al cambio; por lo general se logra promoviendo el entusiasmo y creando un entorno positivo. Se recomienda invitar a colaboradores que compartan sus experiencias y beneficios logrados con el TPM para dar mayor respaldo.

Paso 3: Crear equipos de trabajo para promover el TPM

Se debe formar un equipo de trabajo compuesto por personas de todas las áreas del taller. Estas personas son capaces de transmitir y comunicar de mejor manera las decisiones tomadas respecto a la implementación del TPM en sus respectivas áreas.

Paso 4: Establecer políticas y metas para el TPM

Se debe establecer políticas para el cumplimiento de las normas y procedimientos. Estas políticas deben ser sostenidas a largo plazo en el sistema de gestión del TPM en todas las áreas del taller.

Se deben fijar metas y objetivos para implementar el TPM, ya que se requiere de un largo proceso que debe ser controlado. En esta etapa es importante considerar aspectos claves como la cultura empresarial, los recursos disponibles y los factores internos y externos del taller.

Paso 5: Formular un plan maestro de implementación del TPM

El plan maestro es un programa de actividades para implementar los ocho pilares del TPM, que permitirá cumplir los objetivos propuestos. Este paso es el más importante porque contiene toda la información con respecto a la implementación del TPM, tales como plazos de cumplimiento de las actividades, presupuesto, encargados e incluso evidencias para medir el avance de la implementación.

El plan maestro es único para cada taller y debe ser ajustado a sus necesidades. Por este motivo la guía busca ser un punto de partida, presentando un modelo general del plan maestro de implementación del TPM.

Paso 6: Comenzar la implementación del TPM

Realizar una reunión con todo el personal y exponer el plan maestro de implementación del TPM para afinar detalles en caso de ser necesario. Previo a la ejecución del plan maestro es necesario tener implementado las 5'S.

Paso 7: Mejorar la efectividad de la maquinaria y los equipos

Realizar mejoramientos en todas las áreas del taller. Se recomienda utilizar el *Kaizen* para solucionar problemas y mejorar los procesos. El equipo de trabajo debe dirigir sus esfuerzos en reducir las seis grandes pérdidas:

- **Fallas en los equipos principales.-** Producen pérdidas debido a que se generan productos defectuosos y ocasionan retrasos en los tiempos de producción. Esta pérdida puede ser más perjudicial si se produce en los equipos considerados “cuello de botella”
- **Cambios y ajustes no programados.-** Hace referencia al tiempo que toma calibrar una máquina cuando se realiza el cambio de un producto o material a otro. Simultáneamente se generan defectuosos ya que se realizan pruebas posteriores a la calibración de la máquina
- **Ocio y paradas menores.-** Se produce cuando los equipos presentan fallas temporales como: componentes atrapados, falta de limpieza, sensores de seguridad, etc.
- **Reducción de velocidad.-** Se da cuando la velocidad de trabajo es inferior a la velocidad de diseño de la máquina, las causas de este problema pueden ser: la mala nivelación de la producción, ineficiencia de los operarios, etc.
- **Defectos de calidad.-** Se dan por el mal funcionamiento de los equipos y el reproceso de los productos con defectos. Las actividades de reproceso generan pérdidas tanto en tiempo como en material
- **Pérdidas de puesta en marcha.-** Son pérdidas de tiempo y recursos que se generan al momento de poner en marcha la maquinaria y poder alcanzar las condiciones estables de funcionamiento.

Paso 8: Establecer un programa de mantenimiento autónomo para los operadores

Tabla 16: Programa de mantenimiento autónomo.

Programa de mantenimiento autónomo		
Actividades	Responsable	Tiempo
Capacitar al personal sobre el funcionamiento de la maquinaria a su cargo.		
Identificar las partes críticas de toda la maquinaria.		
Conocer las causas que aceleran el deterioro de la maquinaria.		
Eliminar todas las fuentes de contaminación.		
Levantar información de averías y paros de la maquinaria.		
Identificar los puntos de lubricación de la maquinaria.		
Simplificar los ajustes y la calibración de la maquinaria.		
Capacitar al personal sobre las actividades de mantenimiento básico para los equipos.		
Establecer estándares de lubricación, limpieza, calibración e inspección para la maquinaria.		

El personal responsable y el tiempo deben ser asignados según las necesidades y los recursos tanto humanos como físicos disponibles en el taller. Hay que recordar que el programa debe mantener congruencia con el plan maestro de implementación del TPM.

Paso 9: Establecer un programa de mantenimiento planeado

El programa contiene un cronograma de actividades de mantenimiento para los equipos según las características de funcionamiento y estándares previamente establecidos.

Tabla 17: Programa de mantenimiento planeado.

Programa de mantenimiento planeado														
Máquina/equipo	Actividades	Responsable	Cronograma mensual											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Máquina 1														
Máquina 2														
Máquina 3														
Máquina 4														
Red eléctrica														
Red neumática														
Iluminación														
Red de vapor														
Oficinas														
Extintores														
Montacargas														

El programa debe mantener relación con el plan maestro de implementación y el programa de producción, ya que en función de éstas se proyectará las paradas de los equipos.

Paso 10: Capacitar para mejorar las operaciones y el mantenimiento

Las capacitaciones deberán ampliar los conocimientos y habilidades del personal enfocándose en áreas y temas que los operadores consideren necesario para poder cumplir los programas establecidos.

Paso 11: Desarrollo temprano de un programa de gestión de equipos

Previo a fabricar o adquirir un equipo nuevo se debe analizar aspectos claves como: el diseño, las condiciones de funcionamiento, la disponibilidad de repuestos, el manejo, el mantenimiento, el nivel de automatización y la seguridad del mismo. Realizando el análisis se puede evitar accidentes, deterioro del equipo y paradas innecesarias.

Paso 12: Implementación plena del TPM y contemplar metas más elevadas

Este paso contempla la estabilización posterior al proceso de implementar el TPM y a su vez se basa en proponer nuevos alcances o metas más ambiciosas. La motivación del personal jugará un aspecto clave para que el TPM perdure en el tiempo y se obtengan buenos resultados de su implementación.

4.4.5.7 Implementación de la herramienta Jidoka

La herramienta es capaz de detectar defectuosos y detener la producción si es necesario impidiendo que avancen al siguiente proceso.

El *Jidoka* está relacionada a la automatización de la maquinaria, por ende puede resultar muy costosa, sin embargo los beneficios son mayores. Para implementar la herramienta *Jidoka* se debe realizar los siguientes pasos:

Paso 1: Detectar el problema

Las personas y las máquinas deben ser capaces de detectar inconvenientes. Para el caso de las máquinas se instala sistemas electrónicos o mecánicos que detecten el problema. En el caso de las personas deben tener la experiencia y agilidad para detectar defectos en la producción.

Paso 2: Detener la producción

Una vez detectada una anomalía el sistema debe ser capaz de aislar el defectuoso o detener la producción en caso de ser necesario. En el caso de las máquinas se pueden modificar con sistemas electrónicos y mecánicos para que realicen esta acción. Para el caso de las personas deben tener la autoridad de detener la producción y separar los productos defectuosos en base a un criterio establecido.

Paso 3: Corregir el problema

En caso de que la producción esté detenida se debe brindar una solución rápida. El personal de mantenimiento y los operadores suelen tener la suficiente experiencia para arreglar las máquinas. Se recomienda establecer estaciones de reproceso para arreglar los productos con defectos y otra estación para separar los defectuosos.

Paso 4: Investigar las causas del problema

Se recomienda realizar un historial de fallas y arreglos de la maquinaria, esto permitirá determinar si los arreglos han sido duraderos o no. En caso de que se presente el mismo problema se debe analizar el historial de fallas y arreglos para buscar soluciones más efectivas.

Paso 5: Poner a prueba la solución

Es necesario simular las condiciones en las que se produjo el fallo y así determinar si la solución fue efectiva. Hay que recalcar que no siempre se podrá realizar este paso ya que en algunos casos simular las condiciones de fallo puede ser peligroso para el personal, maquinaria y el producto.

4.4.6 Indicadores

Posterior a la implementación de las herramientas es importante analizar los resultados obtenidos utilizando indicadores. El equipo de trabajo empleará los indicadores más adecuados a la situación particular en la que se encuentre. A continuación se presentan indicadores para medir resultados:

1. Tiempo Disponible por Línea (TDL)

Presenta el tiempo de trabajo real disponible en el proceso de producción. Es el tiempo total menos la sumatoria de los tiempos de paro programados del proceso de producción. Se expresa en minutos.

Tiempo Disponible por Línea (TDL) = Tiempo total - Σ Tiempos de paro = minutos

También se lo puede expresar en porcentaje mediante la fórmula del índice de disponibilidad que se presenta a continuación:

$$\text{Índice de Disponibilidad} = \frac{\text{TDL}}{\text{Tiempo total}} \times 100 = \%$$

2. Tiempo Neto Operativo (TNO)

Presenta el tiempo neto operativo de trabajo real en el proceso de producción. Es el TDL menos la sumatoria de los tiempos de paro no programados del proceso de producción. Se expresa en minutos.

Tiempo Neto Operativo (TNO) = TDL - Σ Tiempos de paro no programados = minutos

También se lo puede expresar en porcentaje mediante la fórmula del índice de eficiencia que se presenta a continuación:

$$\text{Índice de Eficiencia} = \frac{\text{TNO}}{\text{TDL}} \times 100 = \%$$

3. Índice de Calidad

Presenta el cálculo del número de piezas o unidades aprobadas dividido para el total de piezas o unidades producidas toda la operación multiplicado por 100. Se expresa en porcentaje y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Calidad} = \frac{\text{Número de piezas aprobadas}}{\text{Número total de piezas}} \times 100 = \%$$

4. Eficiencia de los Equipos (OEE)

Se calcula diariamente para cada equipo del taller y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido y las unidades que realmente se han producido. Se expresa en porcentaje. La OEE es el producto de estos tres índices:

$$\text{OEE} = \text{Índice de Disponibilidad} \times \text{Índice de Eficiencia} \times \text{Índice de Calidad} = \%$$

CAPÍTULO V

VALIDACIÓN DE LA GUÍA EN ELECON

5.1 Introducción

La guía de implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* para Elecon ayudará a reducir y eliminar los desperdicios sin desviarlos de sus objetivos. Del mismo modo se espera que el taller profundice el estudio y conozca todos los beneficios que puede aportar el *Lean Manufacturing*.

Tomando en cuenta que Elecon nunca ha implementado herramientas del *Lean Manufacturing*, la guía estará enfocada en brindar herramientas que muestren resultados rápidos.

5.2 Desarrollo

Identificación de la situación actual del taller

Reseña histórica

Elecon es un taller de metalmecánica que empezó en el año de 1994 con el sueño de dos hermanos Patricio y Pablo Campoverde, quienes decidieron unir sus conocimientos para crear un taller que en primera instancia prestaría servicios de mantenimiento a maquinarias industriales en general; a los 4 años de iniciar este largo camino y ya con la experiencia obtenida vieron una oportunidad y necesidad de un mercado potencial, de esta manera en el año de 1998 forman un taller artesanal de metalmecánica que hoy se lo conoce como Elecon.

Las primeras máquinas que construyeron fueron pulidoras de calzado y conforme adquirieron experiencia fueron fabricando maquinaria cada vez más complejas; esto le permitió al taller incursionar en nuevos mercados y la construcción de lavadoras, secadoras, quemadores industriales, etc.

Posteriormente al ir estableciéndose en el mercado Cuencano decidieron incursionar en la industria láctea con la fabricación de calderos, marmitas, etc. Actualmente Elecon cuenta con calificación artesanal N° 46039 de la Junta Nacional de Defensa del Artesano; se encuentra ubicado en la vía a Sinincay Km-3 en el barrio de Santa Fe, donde se dedica a la fabricación, instalación, reparación y mantenimiento de maquinaria industrial.

Visión de Elecon

Llegar a ser reconocido a nivel nacional como uno de los principales fabricantes de maquinaria industrial desarrollando productos que se diferencien tanto en el diseño, tecnología, calidad y funcionalidad satisfaciendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes e incentivando el desarrollo productivo de nuestra ciudad.

Misión de Elecon

Somos fabricantes de maquinaria, así como realizamos mantenimiento, reparación y servicio técnico para el sector industrial que ayuden a nuestros clientes a satisfacer sus necesidades, atendiendo al mercado local y nacional; capacitándonos constantemente para desarrollar nuevos productos que logren diferenciarse en el mercado que nos permitan ser competitivos demostrando el compromiso e innovación que es importante para Elecon.

Objetivos de Elecon

- Conseguir la satisfacción de los clientes por medio de los productos y servicios que se ofrece cumpliendo sus requerimientos
- Mejorar constantemente los procesos de producción que nos permitan garantizar la calidad de nuestros productos y servicios
- Establecer la marca Elecon promocionando los productos y servicios del taller
- Implantar una cultura organizacional que permita potenciar el recurso humano que participan en los diferentes procesos de fabricación o reparación
- Optimizar y perfeccionar los productos y servicios mediante la innovación tecnológica.

Organigrama General

Actualmente Elecon cuenta con el siguiente organigrama:

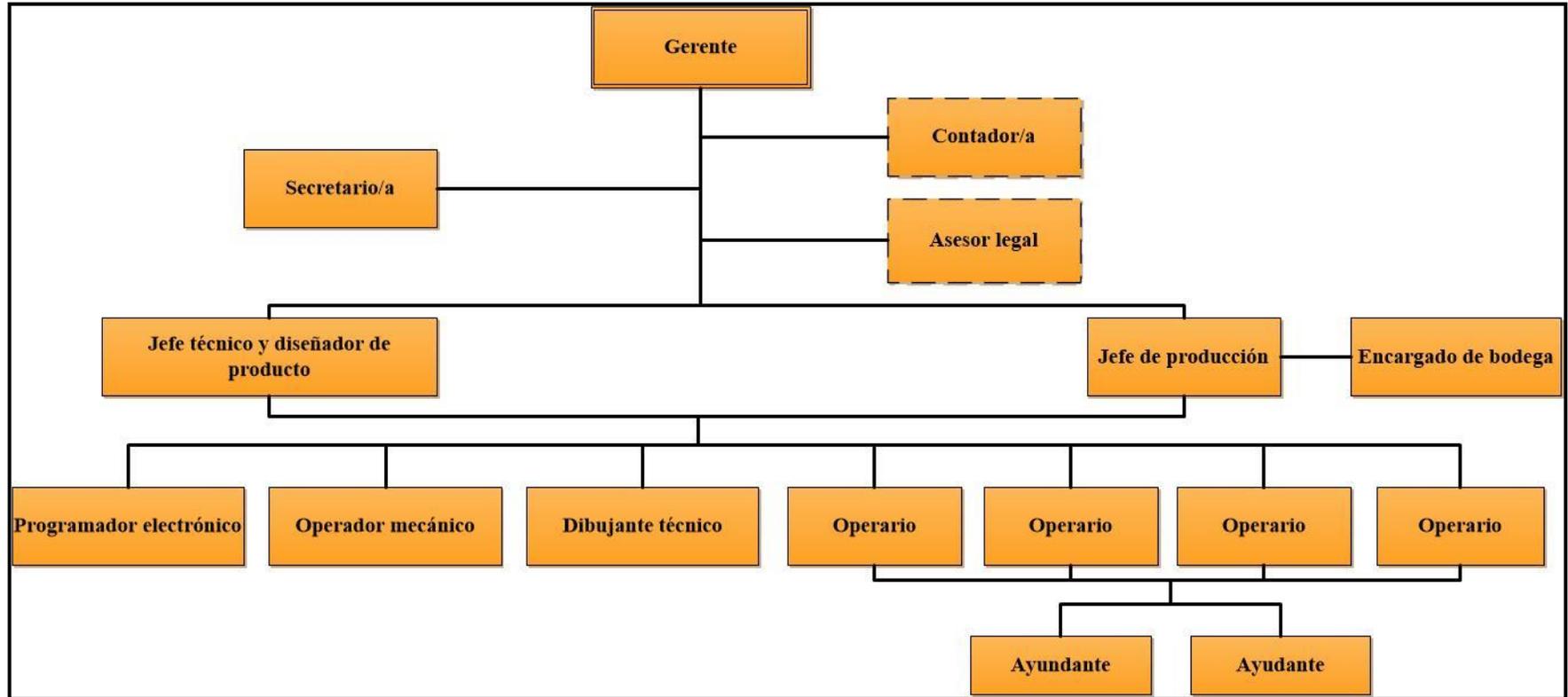


Figura 29: Organigrama de Elecon.

Como se puede observar el equipo de trabajo está conformado por 14 personas que laboran dentro del lugar entre gerente, operarios y demás, mientras que para los cargos de contador y asesor legal el taller contrata estos servicios de personas externas.

Cadena de valor

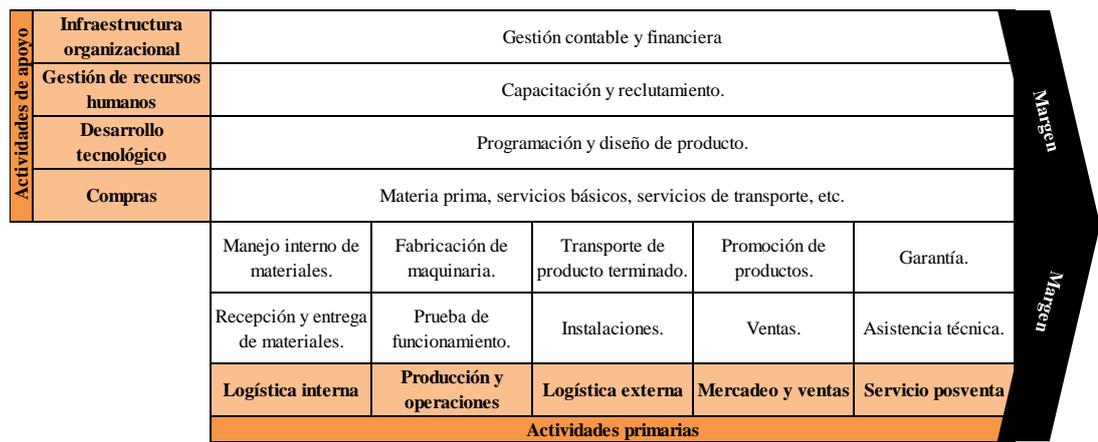


Figura 30: Cadena de valor de Elecon.

Diagramas de flujo

Recordando que Elecon se dedica a la fabricación, instalación, reparación y mantenimiento de maquinaria industrial se presentan los siguientes diagramas de flujo de cada uno de los procesos productivos del taller.

Procesos de producción

El proceso de producción de Elecon es bajo pedido, para lo cual el taller maneja una estrategia de flujo flexible en donde la mano de obra como la maquinaria de planta se ocupa en los diferentes procesos de producción. El diagrama de flujo de producción es extenso ya que los diferentes procesos requieren de muchas actividades donde intervienen todos los trabajadores.

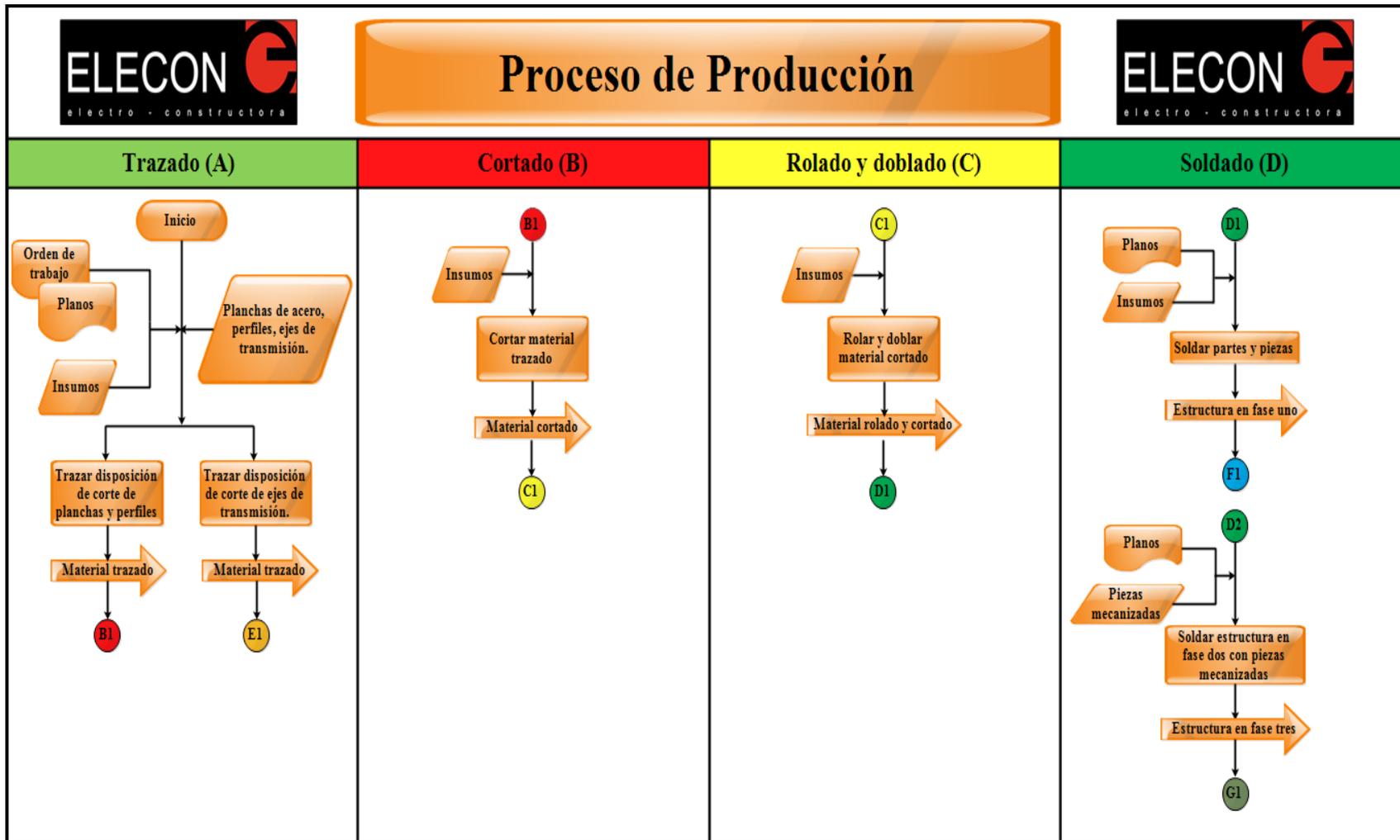


Figura 31: Diagrama de flujo de producción (Parte 1).

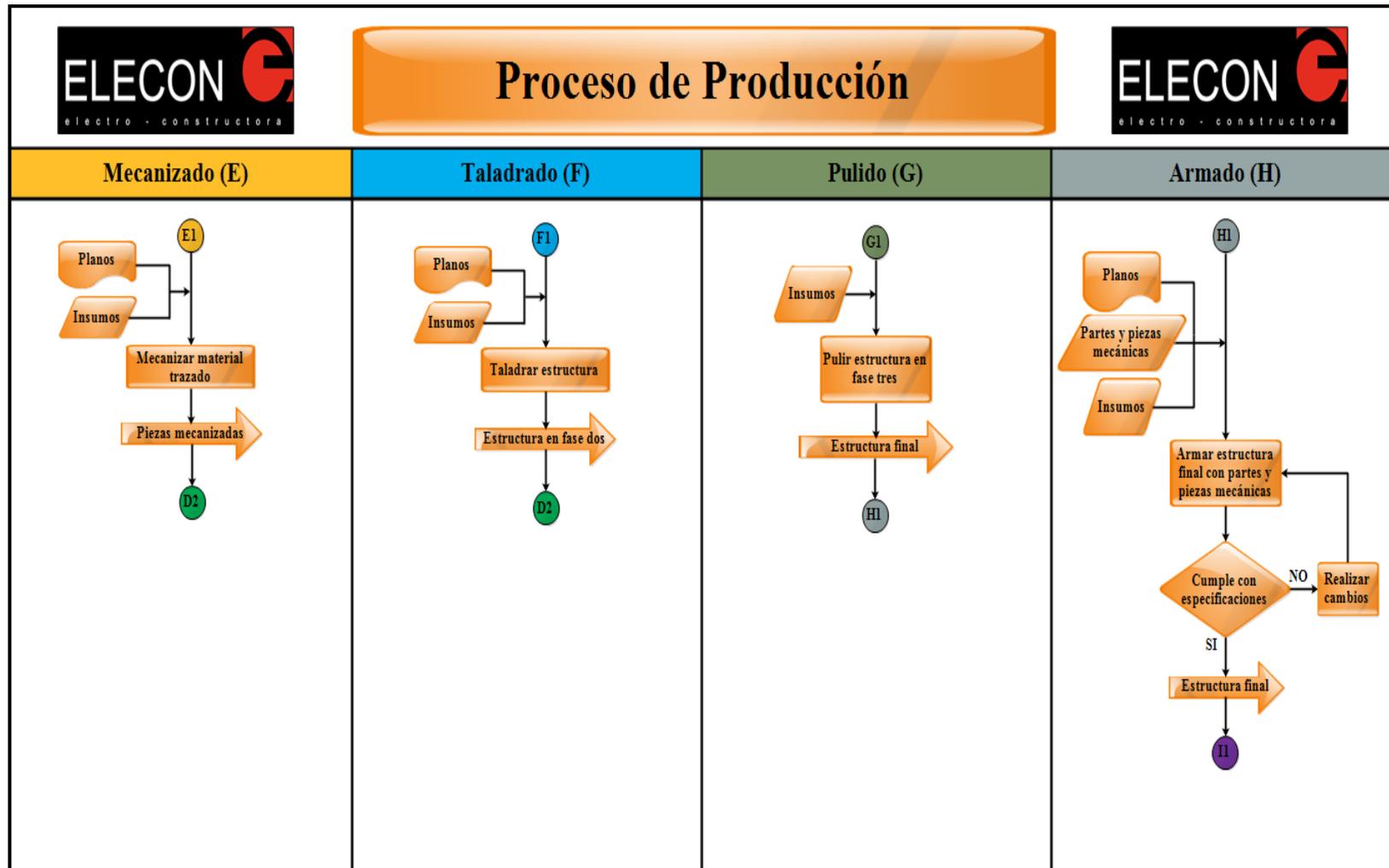


Figura 32: Diagrama de flujo de producción (Parte 2).

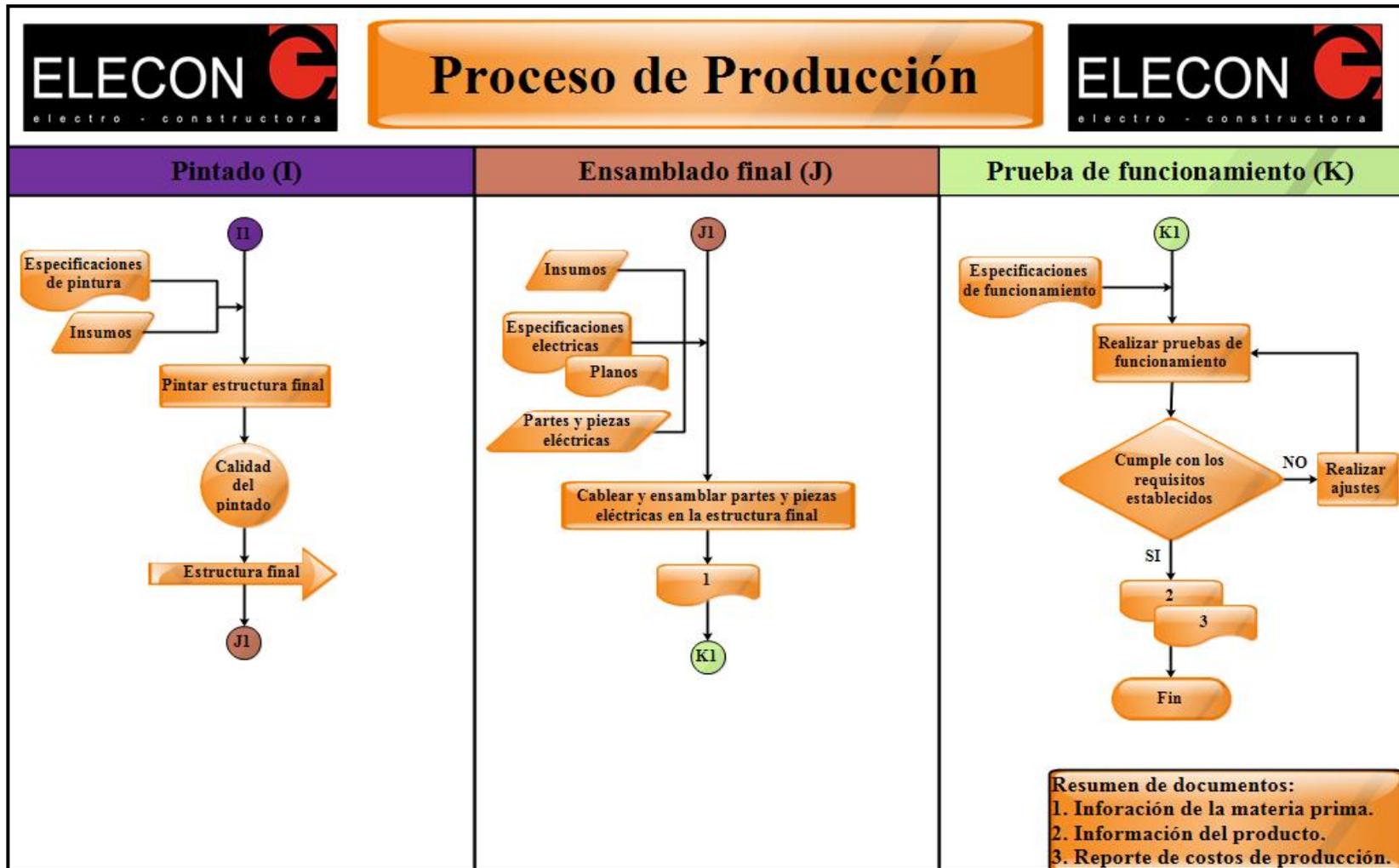


Figura 33: Diagrama de flujo de producción (Parte 3).

Proceso de instalación

Cada trabajo de instalación es único y distinto a los demás, el diagrama de flujo para este proceso es más general y se necesita de personal con experiencia en este tipo de trabajos.

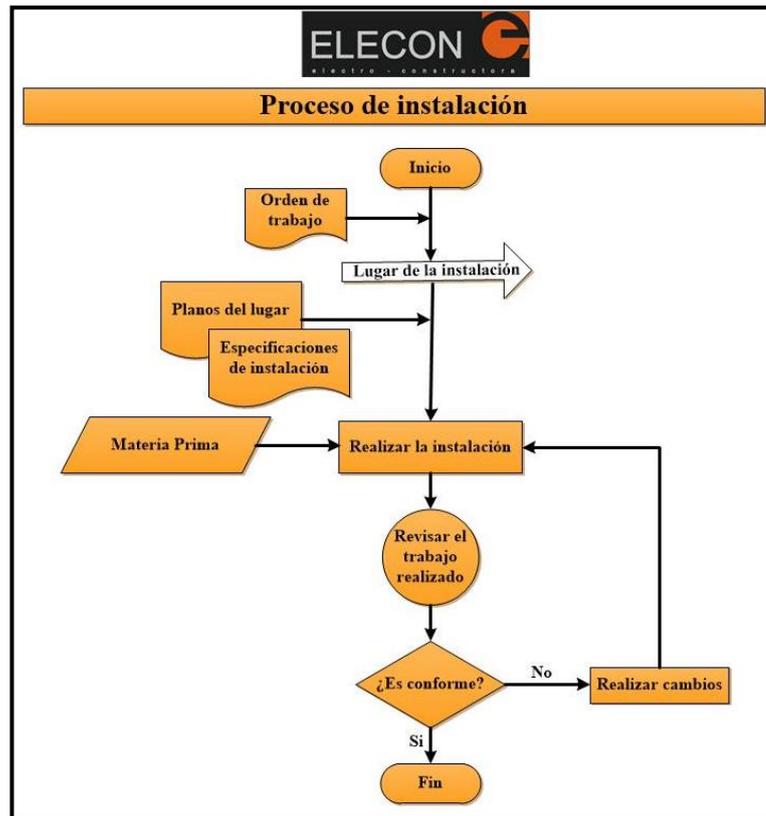


Figura 34: Diagrama de flujo de instalación.

Proceso de reparación

El trabajo de reparación dependerá del daño de la máquina, ya que es importante decidir si el trabajo se lo realiza en el taller o in situ.

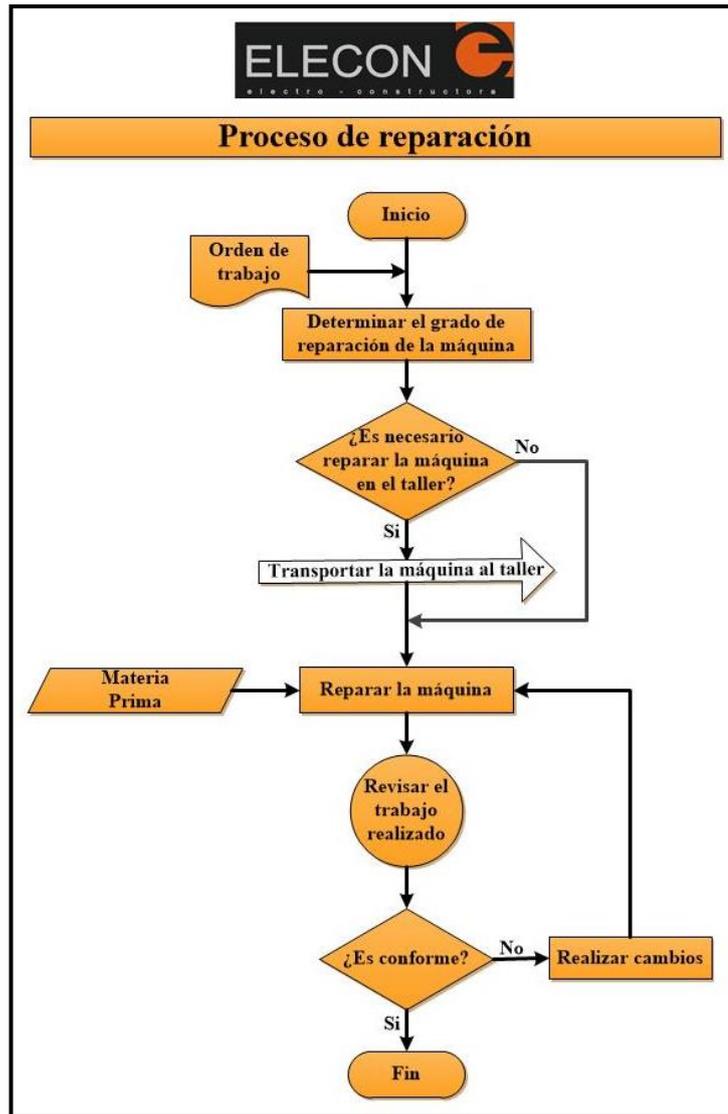


Figura 35: Diagrama de flujo de reparación.

Proceso de mantenimiento

Para el trabajo de mantenimiento se determina qué tipo de mantenimiento se va a realizar, ya sea mecánico, eléctrico o electrónico y dependiendo de esto se designa el personal a cargo de realizar esta actividad.

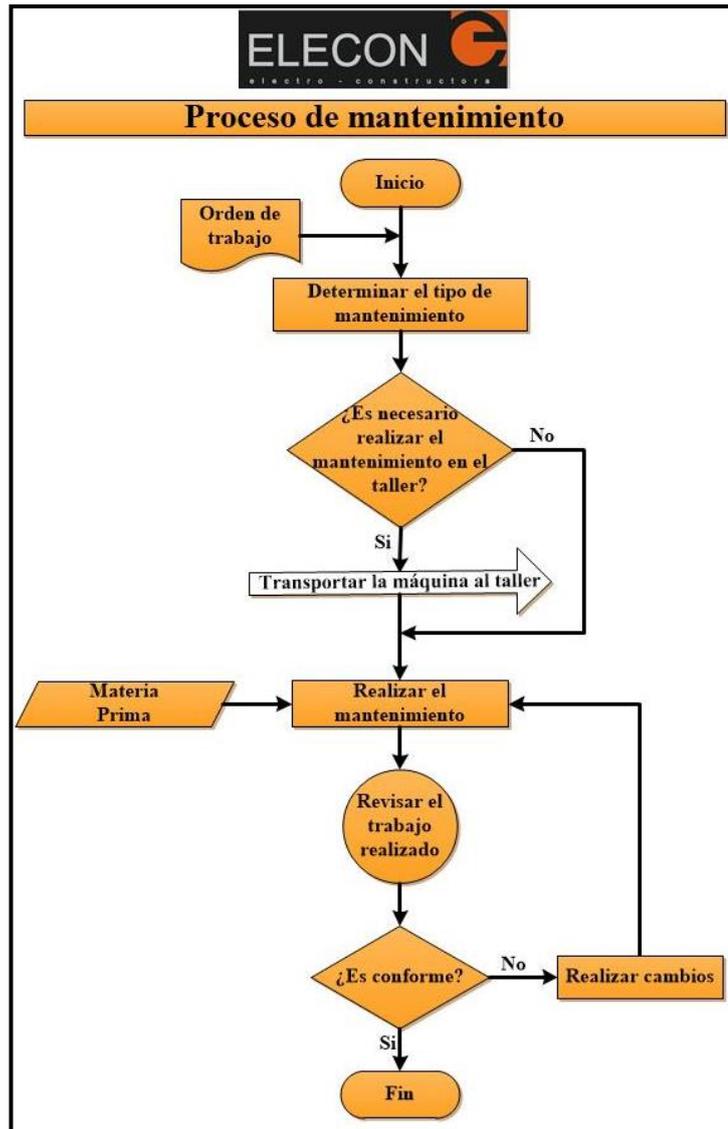


Figura 36: Diagrama de flujo de mantenimiento.

Productos

Elecon ofrece una amplia cartera de productos divididos en bienes y servicios:

Bienes:

- Calderos
- Calentadores de agua
- Lavadoras

- Secadoras
- Centrífuga
- Planchadoras
- Remachadoras
- Pegadora de plantas
- Pulidoras
- Marmitas
- Hornos.

Servicios:

- Instalación
- Reparación
- Mantenimiento.

Matriz de decisión

Tabla 18: Objetivos de Elecon.

 Objetivos de Elecon 	
Objetivos	Código
Conseguir la satisfacción de los clientes por medio de los productos y servicios que se ofrece cumpliendo sus requerimientos.	O1
Mejorar constantemente los procesos de producción que nos permitan garantizar la calidad de nuestros productos y servicios.	O2
Establecer la marca Elecon promocionando los productos y servicios del taller.	O3
Implantar una cultura organizacional que permita potenciar el recurso	O4

humano que participan en los diferentes procesos de fabricación o reparación.	
Optimizar y perfeccionar los productos y servicios mediante la innovación tecnológica.	O5

		Objetivos del taller						
		O1	O2	O3	O4	O5	Total	Prioridad
Variables de producción	Abastecimiento	1	1				2	5
	Inventarios		1				1	7
	Mano de obra	1	1		1		3	4
	Logística interna	1	1			1	3	3
	Producción y operaciones	1	1	1		1	4	1
	Movimientos		1				1	10
	Tiempos de espera		1				1	8
	Calidad	1	1	1		1	4	2
	Mantenimiento		1				1	9
	Seguridad		1		1		2	6
Total		5	10	2	2	3		
Prioridad		2	1	4	5	3		

Figura 37: Matriz de decisión de Elecon.

De acuerdo a la matriz de decisión la prioridad de los objetivos y variables de Elecon son:

Tabla 19: Prioridad de los objetivos de Elecon.

 Prioridad de los objetivos 	
1	O2
2	O1
3	O5
4	O3
5	O4

Tabla 20: Prioridad de las variables de Elecon.

 Prioridad de las variables 	
1	Producción y operaciones
2	Calidad
3	Logística interna
4	Mano de obra
5	Abastecimiento
6	Seguridad
7	Inventarios
8	Tiempos de espera
9	Mantenimiento
10	Movimientos

Matriz de identificación

Siguiendo las recomendaciones Elecon decidirá impulsar las dos primeras variables de la tabla. Por lo tanto:

Herramientas <i>Lean Manufacturing</i>		Variables de producción								
		Abastecimiento	Inventarios	Mano de obra	Logística interna	Producción y operaciones	Movimientos	Tiempos de espera	Calidad	Mantenimiento
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>		X	X	X	X	X	X	X		
5's	<i>Seiri</i>									
	<i>Seiton</i>									
	<i>Seiso</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Seiketsu</i>									
	<i>Shitsuke</i>									
<i>Kanban</i>		X	X		X	X		X	X	
<i>Kaizen</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Heijunka</i>		X	X		X	X		X	X	
<i>TPM</i>				X	X	X		X	X	X
<i>Jidoka</i>				X		X		X	X	X

Figura 38: Matriz de identificación de herramientas Lean Manufacturing para Elecon.

Condiciones previas para la implementación de las herramientas identificadas		
Herramientas	Condiciones previas	Cumple
Lean		
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	7. Sistemas de medición. 8. Diagramas de flujo de los procesos. 9. Cadena de valor. 10. Identificada la cartera de productos. 11. Información de proveedores y clientes. 12. Control de inventarios.	✓
5's	4. Sistema de medición y control. 5. Disponibilidad de presupuesto. 6. Disponibilidad de tiempo para su implementación.	✓
<i>Kanban</i>	7. Sistemas de medición 8. Identificación de los procesos y los productos. 9. Información de proveedores y clientes. 10. Disponibilidad de presupuesto 11. Control de inventarios 12. Confiabilidad en las operaciones de la maquinaria y equipos.	✓
<i>Kaizen</i>	5. Sistemas de medición 6. Identificación de los procesos y los productos. 7. Análisis estadístico. 8. Disponibilidad de presupuesto	✓
<i>Heijunka</i>	4. Sistema <i>Kanban</i> ya establecido 5. Disponibilidad de presupuesto 6. Producción factible de ser nivelada.	X
<i>TPM</i>	10. Sistema 5'S ya establecidos. 11. Sistema <i>Kaizen</i> ya establecido. 12. Disponibilidad de presupuesto 13. Sistema de mantenimiento básico. 14. Sistemas de medición y control. 15. Disponibilidad de tiempo para su	X

	implementación. 16. Gestión por procesos. 17. Ingeniería en métodos. 18. Análisis estadísticos.	
<i>Jidoka</i>	4. Disponibilidad de presupuesto. 5. Sistema de medición y control. 6. Maquinaria y procesos factibles de ser automatizados.	X

Figura 39: Selección de herramientas Lean Manufacturing para Elecon.

Analizando las condiciones actuales de Elecon se pueden implementar las cuatro primeras herramientas, además el taller requiere resultados rápidos por lo que estas herramientas cumplen con los requerimientos.

Guía de implementación de las herramientas Lean Manufacturing para Elecon

Se propone realizar el VSM actual del taller, posterior se realizará el modelo de implementación de 5'S, Kanban y Kaizen, para finalmente elaborar un VSM futuro a mediano plazo y un VSM futuro a largo plazo.

VSM Actual de Elecon

Identificar la familia de productos

Tabla 21: Productos y procesos de Elecon.

 Productos 		 Procesos 	
Producto	Código	Proceso	Código
Calderos	Prod. (A)	Trazado	Proceso (A)
Calentadores de agua	Prod. (B)	Cortado	Proceso (B)
Lavadoras	Prod. (C)	Rolado y doblado	Proceso (C)
Secadora	Prod. (D)	Soldado	Proceso (D)

	(H)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(I)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(J)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(K)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(L)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(M)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 40: Matriz de productos-procesos de Elecon.

Una vez ingresada la información en la Matriz Producto-Proceso, es necesario seguir con la segmentación hasta encontrar el producto estrella. Para continuar se utilizará el criterio de clientes.

Cientes.- Es el grupo de productos con mayor impacto en los clientes, es decir, los que tienen mayor cantidad de pedidos.

		 Matriz Producto-Proceso (Segmentado por clientes) 										
		Procesos de fabricación Elecon										
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)
Productos	(A)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(C)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(D)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(E)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	(M)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 41: Matriz producto-proceso segmentado por clientes.

Ahora se utilizará el criterio de volumen de venta para continuar con la segmentación.

Volumen de venta.- Es el producto con mayor margen de venta del taller.

		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> Matriz Producto-Proceso (Segmentado por volumen de venta) </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>										
		Procesos de fabricación Elecon										
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)
Productos	(A)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 42: Matriz producto-proceso segmentado por volumen de venta.

El resultado final de la segmentación nos da como principal producto al caldero, como se conoce las diferentes capacidades de los calderos que ofrece el taller, se realizará una nueva segmentación según el criterio de volumen de venta para determinar cuál es el producto estrella del taller. Esta información es proporcionada por Elecon.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> Producto Estrella </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
Producto/Capacidad
Caldero de 30 BHP

Figura 43: Producto estrella de Elecon.

Recolección de la información

Para realizar el VSM actual se ha recolectado la información del producto estrella del taller. La información es la siguiente:

Tiempo de ciclo (T/C).- A continuación los tiempos de ciclo del taller:

Tabla 22: Tiempos de fabricación de Caldero 30 BHP.

ELECON		Tabla de tiempos (Caldero 30 BHP)			ELECON	
Código del proceso	Tiempo del proceso		T/C (Tiempo de Ciclo)			
	Horas	Días	Horas	Días		
Proceso (A)	5	0.63	3	0.38		
Proceso (B)	5	0.63	4	0.50		
Proceso (C)	8	1.00	6	0.75		
Proceso (D)	48	6.00	32	4.00		
Proceso (E)	21	2.63	16	2.00		
Proceso (F)	27	3.38	24	3.00		
Proceso (G)	12	1.50	8	1.00		
Proceso (H)	36	4.50	24	3.00		
Proceso (I)	3	0.38	2	0.25		
Proceso (J)	20	2.50	16	2.00		
Proceso (K)	8	1.00	8	1.00		
Total	193	24.13	143	17.9		

Tiempo de montaje o cambio (T/M).- Elecon no tiene tiempo de montaje ya que no realiza producción en serie.

Operarios.- A continuación se muestra el número de operadores que trabajan en cada proceso del taller:

Tabla 23: Número de operadores en cada proceso.

 Número de operadores en cada proceso 		
Proceso	Código	# Operadores
Trazado	Proceso (A)	1
Cortado	Proceso (B)	1
Rolado y doblado	Proceso (C)	2
Soldado	Proceso (D)	1
Mecanizado	Proceso (E)	1
Taladrado	Proceso (F)	1
Pulido	Proceso (G)	1
Armado	Proceso (H)	3
Pintado	Proceso (I)	1
Ensamblado final	Proceso (J)	2
Prueba de funcionamiento	Proceso (K)	2

Tiempo de trabajo disponible (T/TD).- Elecon trabaja una sola jornada de trabajo diaria de 7h30 hasta las 16h30 de lunes a viernes, con 1 hora de almuerzo.

$$\text{Tiempo total} = \frac{9 \text{ horas} \times 3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}} = 32400 \text{ segundos}$$

$$\text{Tiempo perdido} = \frac{1 \text{ hora} \times 3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}} = 3600 \text{ segundos}$$

$$\text{T/TD} = \text{Tiempo total} - \Sigma \text{ Tiempos perdidos} =$$

$$\text{T/TD} = 32400 \text{ segundos} - 3600 \text{ segundos} = 28800 \text{ segundos}$$

Tamaño del lote a producir (EPE).- El proceso cambia para realizar un producto diferente el momento que cumple el pedido del cliente.

Porcentaje de ocupación (%O).- La maquinaria trabaja un tiempo disponible de 8 horas sin paras:

$$\%O = \frac{8 \text{ Horas} \times 100\%}{24 \text{ Horas}} = 33\%$$

Crear el mapa de valor actual (VSM actual)

El Lead Time (L/T): Lead Time₁ Es igual a 2 días.

Tabla 24: Tiempos de fabricación de Caldero 30 BHP calculado el Lead Time.

Código del proceso		Tiempo del proceso		T/C (Tiempo de ciclo)		L/T (Tiempos perdidos)	
		Horas	Días	Horas	Días	Horas	Días
Proceso (A)	5	0.63	3	0.38	2	0.30	
Proceso (B)	5	0.63	4	0.50	1	0.10	
Proceso (C)	8	1.00	6	0.75	2	0.30	
Proceso (D)	48	6.00	32	4.00	16	2.00	
Proceso (E)	21	2.63	16	2.00	5	0.60	
Proceso (F)	27	3.38	24	3.00	3	0.40	
Proceso (G)	12	1.50	8	1.00	4	0.50	
Proceso (H)	36	4.50	24	3.00	12	1.50	
Proceso (I)	3	0.38	2	0.25	1	0.10	
Proceso (J)	20	2.50	16	2.00	4	0.50	
Proceso (K)	8	1.00	8	1.00	0	0.00	
Total	193	24.13	143	17.9	50	6.3	

Lead Time₁₂ Es igual a 1 día.

$$\text{Lead Time}_{\text{Total}} = \Sigma \text{Lead Time}_1 + \text{Lead Time}_2 + \dots + \text{Lead Time}_n$$

$$\text{Lead Time}_{\text{Total}} = 2 + 6.3 + 1 = \mathbf{9.3 \text{ días}}$$

El Valor Agregado (V/A):

$$\text{Valor Agregado (V/A)} = \Sigma T/C_1 + T/C_2 + \dots + T/C_n$$

$$(\text{V/A}) = 3 + 4 + 6 + 32 + 16 + 24 + 8 + 24 + 2 + 16 + 8 =$$

$$(\text{V/A}) = \mathbf{143 \text{ horas}}$$

La siguiente figura presenta el VSM actual para la producción de Caldero 30 BHP:

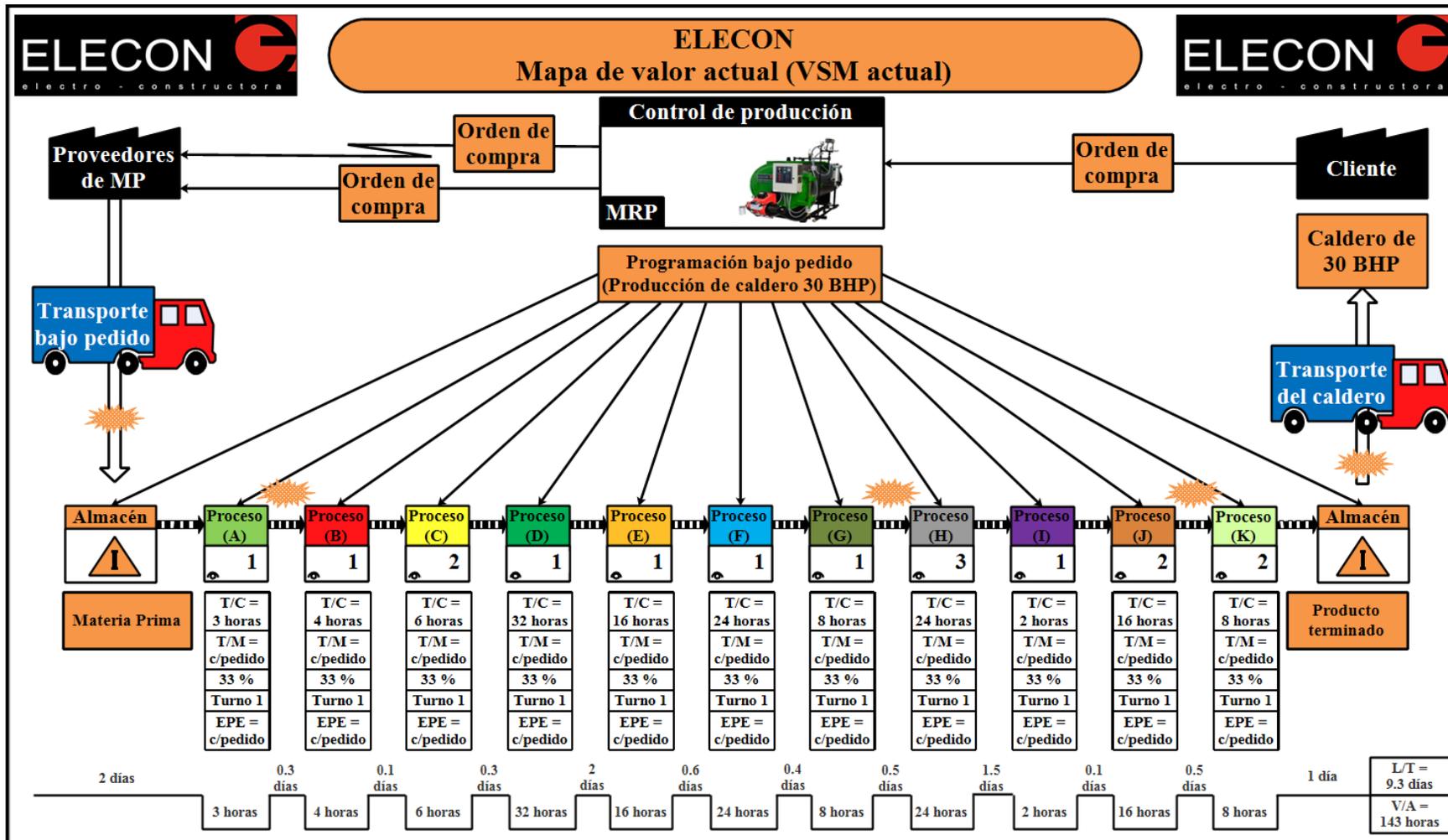


Figura 44: VSM actual de Elecon.

5'S para Elecon

Seiri (Clasificar)

Dentro de cada área de trabajo se debe clasificar las herramientas según su frecuencia de uso. Las herramientas que se utilicen con poca frecuencia deben colocarse en una bodega común.

Seiton (Ordenar)

Las herramientas pequeñas deben colocarse en un tablero de contorno en cada área de trabajo, mientras que las herramientas grandes deben guardarse en espacios visibles y a la vez cómodos para el operador.



Figura 45: Modelo de tablero de contornos.

Seiso (Limpiar)

Todo elemento innecesario para realizar las actividades de cada área debe ser eliminado o colocado en una bodega. Se debe limpiar el área de trabajo. Se recomienda tomar fotografías del antes y después del lugar para apreciar el cambio.

Seiketsu (Estandarizar)

Se recomienda fijar políticas para resguardar el cumplimiento de las 5'S. Como parte de la estandarización está la siguiente señalización que debe implementar el taller:

Tabla 25: Cuadro de identificación por colores de seguridad.

Cuadro de identificación por colores de seguridad			
Color de seguridad		Significado	Indicadores.
Amarillo		Advertencia	Atención, precaución.
Azul		Obligación	Comportamiento específico.
			Obligaciones de uso de EPI.
Rojo		Prohibición	Compartimientos peligrosos.
		Incendio	Identificación y localización
Verde		Salvamento	Puertas y salidas

Fuente: (Falagán, p. 297).

Letreros de advertencia.



Letreros de obligación.



Letreros de prohibición.

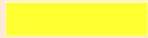


Letreros de incendio.



Letreros de salvamento.

Tabla 26: Cuadro de identificación por colores para marcaje de pisos.

Cuadro de identificación por colores para marcaje de pisos		
Color de seguridad		Delimitar
Amarillo		Pasillos, carriles de tráfico y celdas de trabajo.
Azul, verde y/o negro		Materiales y componentes, incluyendo materia prima, producto terminado y en proceso.
Naranja		Materiales o productos para inspección
Rojo		Defectos, desechos, reproceso y áreas de tarjeta roja.
Rojo y blanco		Áreas libres por motivos de seguridad.
Negro y blanco		Áreas libres con propósitos operativos.
Negro y amarillo		Áreas de riesgos para los empleados.

Fuente: (Brady, p. 2).

Un complemento importante de las 5'S es la señalización. A continuación se muestra el *Layout* actual del taller y el recomendado junto con las señalizaciones correspondientes en todas las áreas del taller:

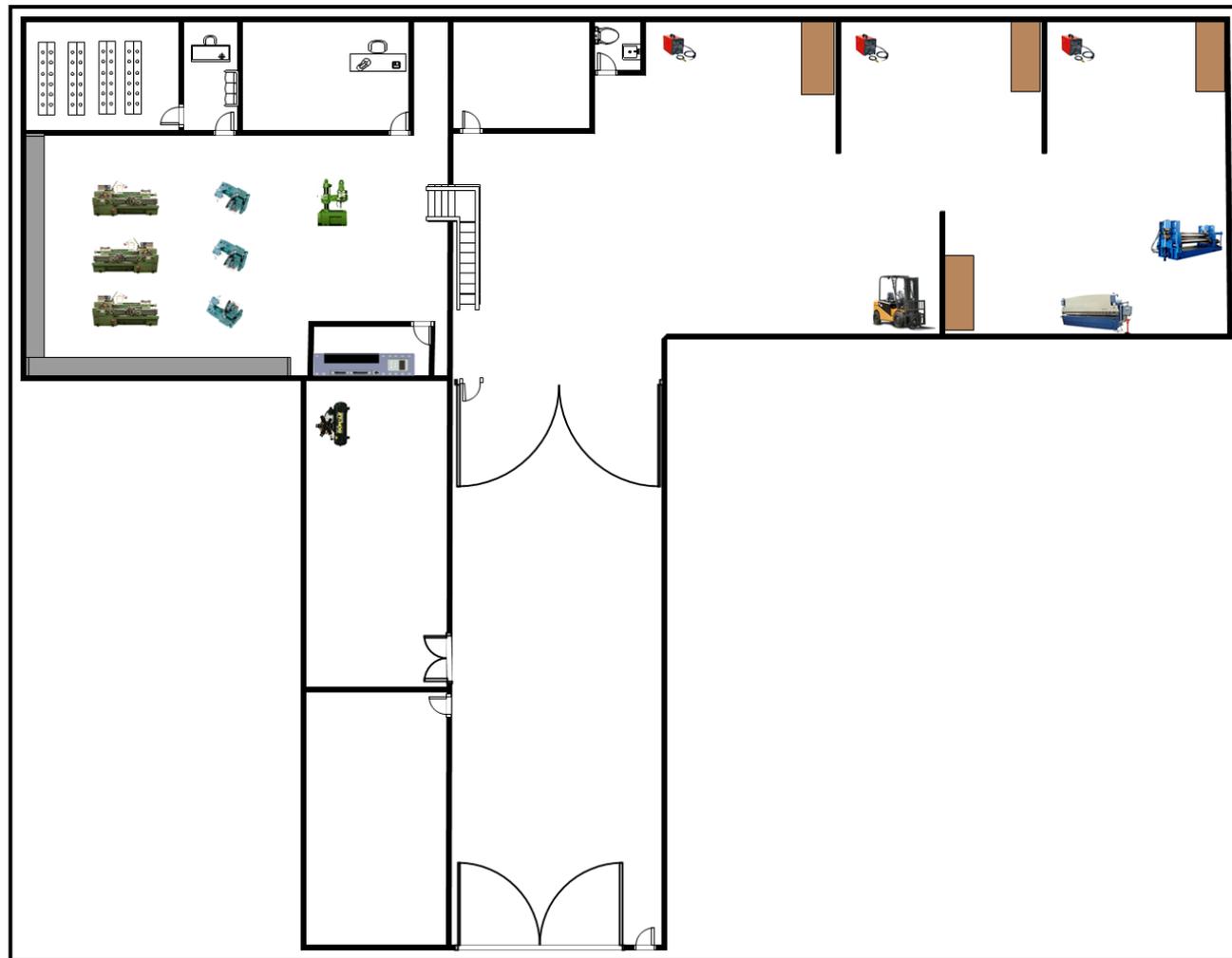


Figura 46: Layout actual de Elecon.

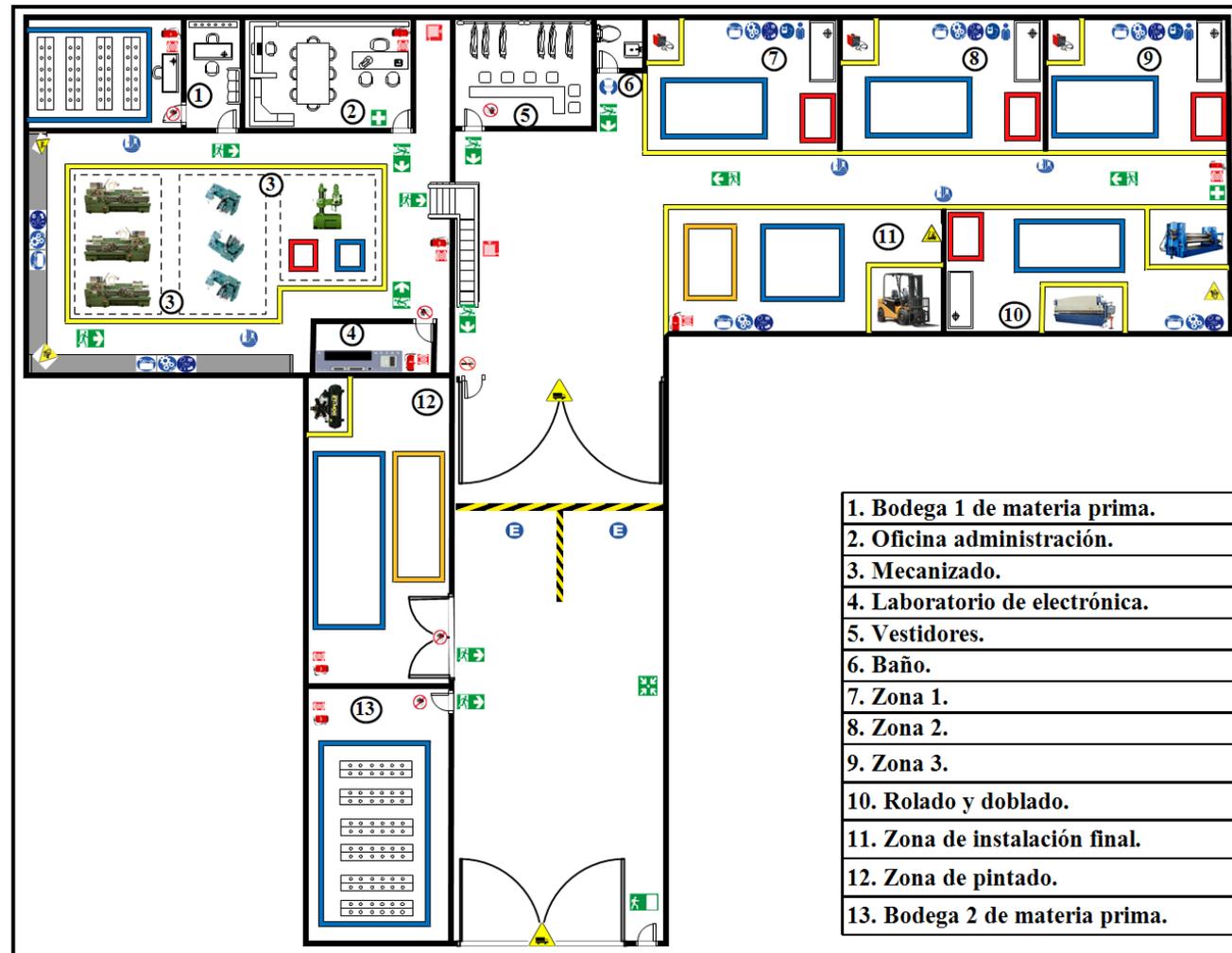


Figura 47: Layout con señalización para Elecon.

Shitsuke (Disciplina)

Se debe controlar el cumplimiento de las 5'S. Se recomienda utilizar un *Check List*.

ELECON		Hoja de Check List 5'S				ELECON	
Área:				Calificación:	/100		
Responsable del área:				Fecha:			
Criterio de calificación							
0 = Muy malo		1 = Malo	2 = Regular	3 = Bueno	4 = Muy Bueno	5 = Excelente	
5'S	No.	Clasificar	Criterio de evaluación		Calificación		
Seiri	1	Materiales y materia prima.	Niveles de inventario adecuado.				
	2	Maquinaria.	Artículos necesarios a la mano.				
	3	Herramientas.	Las herramientas necesarias.				
	4	Tableros de información.	Tableros actualizados.				
Total de Seiri							
5'S	No.	Ordenar	Criterio de evaluación		Calificación		
Seiton	1	Área de trabajo.	Máquinas y equipos en su lugar.				
	2	Señalización pasillos.	Líneas de identificación claras.				
	3	Señales visuales.	Tableros y señales de control.				
	4	Almacenamiento.	Correcto almacenamiento de MP.				
Total de Seiton							
5'S	No.	Limpiar e inspeccionar	Criterio de evaluación		Calificación		
Seiso	1	Máquinas y equipos.	Limpieza e inspección.				
	2	Herramientas.	Utensilios de limpieza.				
	3	Área de trabajo.	Limpieza e inspección				
	4	Prácticas por los operadores.	Frecuencia de limpieza e inspección.				
Total de Seiso							
5'S	No.	Estandarizar	Criterio de evaluación		Calificación		
Seiketsu	1	Seguridad.	Uso de EPI.				
	2	Métodos y procedimientos.	Actualizados.				
	3	Controles visuales.	Señalización suficiente y clara.				
	4	Trabajo estandarizado.	Cumplimiento de procedimientos.				
Total de Seiketsu							
5'S	No.	Disciplina	Criterio de evaluación		Calificación		
ts	1	Área de trabajo.	Responsabilidad de cada operador.				

	2	Control de documentos.	Documentos actualizados.	
	3	Actitud del operador.	Compromiso del operador.	
	4	Cumplimiento de las normas.	Responsabilidad de cada operador.	
Total de Shitsuke				
Total general de las herramientas 5'S				

Figura 48: Check List de 5'S.

Kanban

Elecon y el VSM actual se puede decir que el taller requiere de tres tipos de *Kanban*:

 Kanban de producción (P-Kanban) 	
Proceso:	
Cantidad a producir:	
Nombre de la pieza:	
Descripción de la pieza:	
Operador:	
Fecha de producción:	

Figura 49: Modelo de tarjeta P-Kanban para Elecon.

 Kanban de transporte o retiro de material (T-Kanban) 	
Proceso:	
Código de la pieza:	
Nombre de la pieza:	
Capacidad de lote:	
Proceso anterior:	
Proceso posterior:	

Figura 50: Modelo de tarjeta T-Kanban para Elecon.

 Kanban de proveedores o señal 	
Nombre de la pieza o producto:	
Código de la pieza o producto:	
Contenedor:	
Capacidad de lote:	
Desde proceso:	
Hacia proceso:	

Figura 51: Modelo de tarjeta Kanban de proveedores para Elecon.

El jefe de producción es el encargado de capacitar al personal sobre el uso de las tarjetas. En el VSM futuro se puede apreciar donde se implementarán las tarjetas.

Kaizen

Se aplicará en el área de producción enfocándose en mejorar la calidad de los productos.

Diagrama de Ishikawa

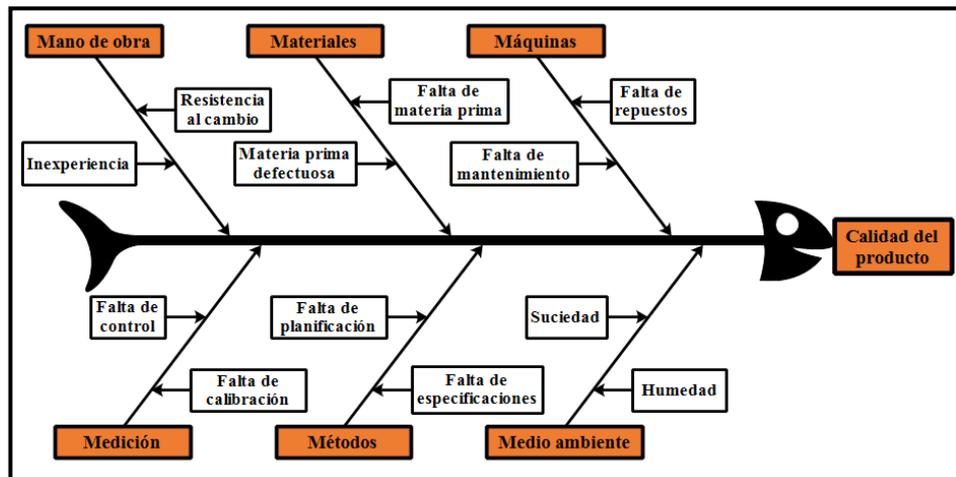


Figura 52: Diagrama de Ishikawa de Elecon.

Diagrama de Pareto

Utilizando los resultados del diagrama de *Ishikawa* se tiene:

Tabla 27: Causas de los problemas de Elecon.

 Tabla causas de los problemas 	
Causas encontradas	
	Inexperiencia
	Resistencia al cambio
	Materia prima defectuosa
	Falta de materia prima
	Falta de mantenimiento
	Falta de repuestos
	Falta de control
	Falta de calibración
	Falta de planificación
	Falta de especificaciones
	Suciedad
	Humedad

Para continuar con el análisis del diagrama de Pareto se realizó el siguiente levantamiento de información:

Tabla 28: Frecuencia absoluta de Elecon.

 Tabla de frecuencia absoluta 	
Causa	Frecuencia
	Absoluta
Inexperiencia	4

Resistencia al cambio	1
Materia prima defectuosa	5
Falta de materia prima	4
Falta de mantenimiento	2
Falta de repuestos	5
Falta de control	32
Falta de calibración	3
Falta de planificación	29
Falta de especificaciones	23
Suciedad	3
Humedad	2

Tabla 29: Frecuencia absoluta acumulada de Elecon.

Causa		Frecuencia	
		Absoluta	Absoluta Acumulada
1	Falta de control	32	32
2	Falta de planificación	29	61
3	Falta de especificaciones	23	84
4	Materia prima defectuosa	5	89
5	Falta de repuestos	5	94
6	Inexperiencia	4	98
7	Falta de materia prima	4	102
8	Falta de calibración	3	105
9	Suciedad	3	108
10	Falta de mantenimiento	2	110
11	Humedad	2	112
12	Resistencia al cambio	1	113
Total		113	

Tabla 30: Frecuencia relativa y relativa acumulada de Elecon.

Causa		Frecuencia			
		Absoluta	Absoluta acumulada	Relativa	Relativa acumulada
1	Falta de control	32	32	28%	28%
2	Falta de planificación	29	61	26%	54%
3	Falta de especificaciones	23	84	20%	74%
4	Materia prima defectuosa	5	89	4%	79%
5	Falta de repuestos	5	94	4%	83%
6	Inexperiencia	4	98	4%	87%
7	Falta de materia prima	4	102	4%	90%
8	Falta de calibración	3	105	3%	93%
9	Suciedad	3	108	3%	96%
10	Falta de mantenimiento	2	110	2%	97%
11	Humedad	2	112	2%	99%
12	Resistencia al cambio	1	113	1%	100%
Total		113	Total	100%	

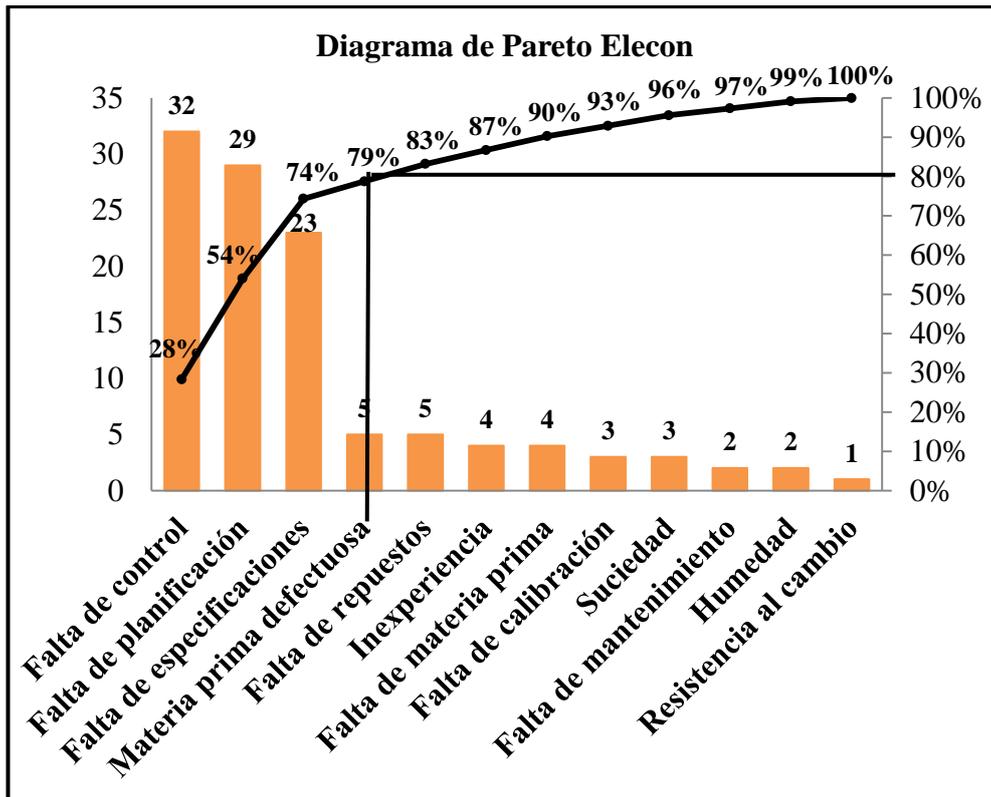


Figura 53: Diagrama de Pareto de Elecon.

Para mejorar la calidad de los productos Elecon debe trabajar sobre las tres primeras causas. Las herramientas como 5'S y *Kanban* pueden ayudar a eliminar las dos primeras causas.

VSM Futuro de Elecon

Se realizó dos propuestas para el VSM futuro de Elecon. La primera propuesta es un VSM futuro de mediano plazo en el que se muestra la situación del taller implementando 5'S, *Kanban* y *Kaizen*, para lo cual se analizó el diagrama de flujo junto con los tiempos de los procesos y se planteó la fusión de algunos procesos sin afectar las condiciones para la realización de los mismos, con la finalidad de eliminar los tiempos muertos entre dichos procesos.

La segunda propuesta es un VSM futuro a largo plazo en el que se muestra la situación del taller implementadas el resto de herramientas (TPM, *Heijunka* y *Jidoka*) como recomienda la guía.

En el VSM futuro a largo plazo se unieron procesos en celdas de manufactura y se cuenta con una sola bodega para la distribución de la materia prima. Además el flujo de información y el personal se pueden controlar de manera óptima debido a que el proceso de fabricación es más esbelto.

Posterior a la implementación de las herramientas es necesario volver a tomar los tiempos de fabricación del Caldero de 30 BHP para recalcular la línea de tiempo de ciclo en el VSM futuro.

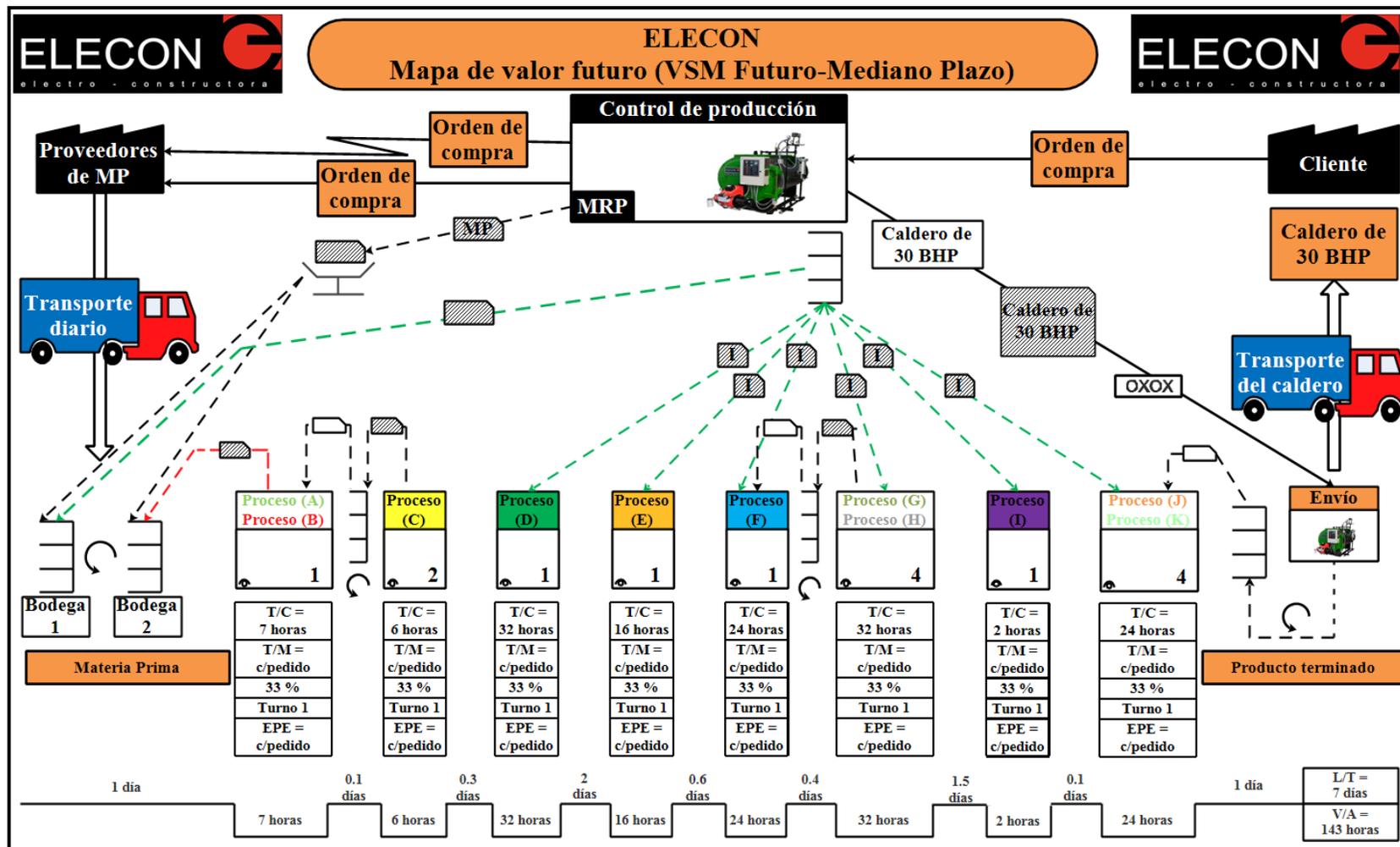


Figura 54: VSM futuro-mediano plazo de Elecon.

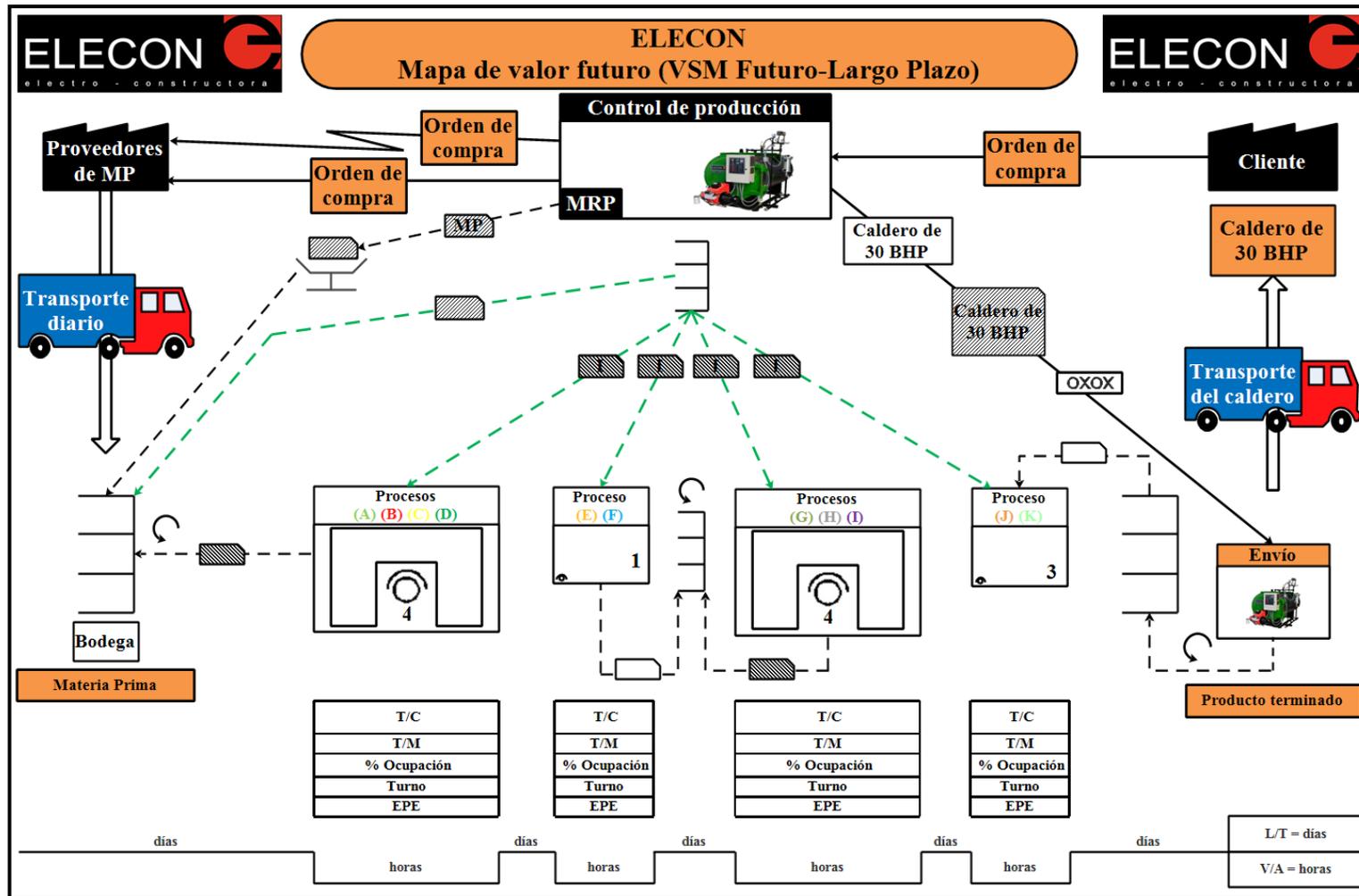


Figura 55: VSM futuro-largo plazo de Elecon.

5.3 Indicadores

A continuación se mostrará los indicadores que el taller debe utilizar para medir y dar seguimiento a las herramientas seleccionadas:

1. Tiempo Disponible por Línea (TDL)

Tiempo Disponible por Línea (TDL) = Tiempo total - Σ Tiempos de paro = minutos

$$\text{Índice de Disponibilidad} = \frac{\text{TDL}}{\text{Tiempo total}} \times 100 = \%$$

2. Tiempo Neto Operativo (TNO)

Tiempo Neto Operativo (TNO) = TDL - Σ Tiempos de paro no programados = minutos

$$\text{Índice de Eficiencia} = \frac{\text{TNO}}{\text{TDL}} \times 100 = \%$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Para el desarrollo del presente trabajo de titulación, fue necesario aplicar conocimientos de: ingeniería en métodos, mejoramiento continuo y gestión por procesos así como programas de dibujo y diseño de planta.
- El levantamiento de información del marco teórico fue determinante para iniciar el estudio de *Lean Manufacturing* en PYMES el cual fue la base para elaborar una guía enfocada a la aplicación de las herramientas en talleres y que servirá de plataforma para en un futuro aplicar herramientas de mayor alcance y complejidad. Además el estudio se enfocó en identificar las herramientas que tiene mayor impacto en la eliminación de los desperdicios en los talleres industriales, puesto que el objetivo es lograr la optimización de los procesos de producción.
- El estudio realizado permitió determinar que previo a la implementación de cualquier herramienta se debe tener un sistema de planeación estratégica, así como sistemas de medición y comunicación ya establecidos, pues son la base para que el *Lean Manufacturing* brinde los resultados esperados.
- Posterior al estudio realizado se vio la necesidad de encontrar un mecanismo que permita implementar las herramientas dependiendo de las necesidades de cada taller, dando paso a la elaboración de las matrices. Las mismas que permiten relacionar el impacto de las variables de producción con los objetivos del taller y con las herramientas ya seleccionadas.

- El objetivo de elaborar la guía de implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* fue desarrollarla de una manera fácil de entender y aplicar, siguiendo condiciones y reglas que permitirán implementar estas herramientas de la mejor manera. Posterior a la guía se estableció indicadores que permitirán medir los resultados. Por lo que hace de la guía un instrumento de ayuda y de fácil entendimiento.
- Finalmente se realizó la validación de la guía tomando al taller Elecon como caso de estudio, en donde fue necesario entender la situación actual del taller y así poder enfocar las herramientas hacia los objetivos del mismo. El conjunto de herramientas seleccionadas permitirán al taller eliminar desperdicios y optimizar el uso de sus recursos. Los resultados proyectados que se podrían obtener al implementar las herramientas en Elecon en el área de producción, se observa que se mejorarán los procesos así como los tiempos de cada uno de ellos al realizar cambios tanto en sus sistemas de producción como del *Layout*. Sin duda estos resultados despertarán el interés del taller para profundizar el estudio del *Lean Manufacturing* e implementar las demás herramientas.
- El trabajo de titulación permitió identificar los beneficios que se tiene de esta metodología que comúnmente es considerada factible y sostenible solo en empresas grandes. Lo que nos motivó a realizar una guía para talleres industriales los cuales pueden implementar las herramientas *Lean Manufacturing* de manera fácil y rápida. Lo que se aspira con este trabajo es motivar a los talleres industriales a que implementen el *Lean Manufacturing*.

Recomendaciones:

- En la actualidad los talleres manifiestan la necesidad de reducir sus costos y eliminar los desperdicios para ser más competitivas en el mercado, por lo tanto se recomienda que incluyan el modelo de gestión del *Lean Manufacturing*, iniciando con la implementación de herramientas simples para lograr una buena aceptación en los procesos y así obtener los resultados esperados.

- Se sugiere que si el taller considera necesario incluir más herramientas y variables dentro de la guía puede hacerlo, ya que el objetivo de la misma es ayudar al taller ajustándose a su entorno, capacidad y necesidades. De igual manera el taller puede apoyarse con colaboradores al momento de implementar la guía para facilitar el entendimiento y la adaptación de las herramientas *Lean Manufacturing* al taller.

- Además, se recomienda dar seguimiento periódico a la implementación de las herramientas de la guía para verificar el cumplimiento de la misma elaborando políticas y normas de cumplimiento, para certificar la realización de cada actividad referente al tema y lograr que las herramientas implementadas perduren en el tiempo.

- Por último se recomienda realizar futuras investigaciones en algunos temas que podrían complementar y apoyar el presente trabajo, entre ellas:
 - Analizar los costos y el impacto económico de las mejoras posterior a la implementación de *Lean Manufacturing*
 - Realizar una mayor investigación sobre la aplicación de las herramientas en las PYMES enfocándose en otros sectores distintos al estudiado en este trabajo

- Además, se puede realizar una investigación de los beneficios del *Lean Manufacturing* en los otros procesos de la cadena de valor tales como: la logística interna, logística externa, servicio posventa, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Alvarez, Y. A. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en la Pymes. Tesis Magister en Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.*
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro* (Quinta ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Bustamante Domínguez, Arturo;. (2014). *Revista PYME*. (R. PYME, Ed.) Recuperado el 13 de Marzo de 2016, de Revista PYME: <http://casia-creaciones.mx/iframe/Pyme%202012/Febrero%202014/Pyme214p52-54.pdf>
- Félix Sánchez, H. M. (2014). *Manufactura Lean y la Ingeniería Mecánica. Tesis Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional Autónoma de México. México.*
- Fernández, M. (2014). *Lean Manufacturing en español Cómo eliminar desperdicios e incrementar ganancias*. Estados Unidos de América: Limagen.
- Hernández , J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (1996). *Lean Thinking cómo utilizar el ensamblado Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa* (Primera Edición ed.). New York, EEUU: Simon & Schuster, Inc.
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bobok Publishing S.L.
- Masaaki, I. (2004). *KAIZEN La clave de la ventaja competitiva Japonesa* (Random House ed.). (A. Vasseur, Trad.) DF, México: Continental.
- Mejias Pineda, B., & Osorio Perez, L. J. (Octubre de 2009). *Universidad Católica Andrés Bello*. Recuperado el Abril de 2016, de Universidad Católica Andrés Bello: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR7082.pdf>

- Moya Navarro, M. J. (1999). *Investigación de Operaciones. Control de Inventarios y Teoría de Colas*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Nakajima, S. (1993). *Introducción al TPM Mantenimiento Productivo Total* (Tercera ed.). Madrid, España: Japan Institute for Plant Maintenance.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos Albasanz.
- Ríos Ríos, D. M., & Buenaventura Murillo, L. M. (2014). *Diseño de guía para implementar las herramientas de Lean Manufacturing junto con herramientas de ingeniería industrial en las empresas Manufactureras. Tesis Ingeniería Industrial. Universidad ICESI. Santiago de Cali, Colombia*.
- Rodríguez, I. M. (2013). *Análisis de la Metodología Lean aplicada a las TIC. Tesis Ingeniería de Telecomunicaciones. Universidad Politécnica de Catalunya. Catalunya, España*.
- Rojas López, M. D., Grajales, M. H., & Vanegas, D. A. (Noviembre de 2015). *Universidad del Valle*. Recuperado el 16 de Marzo de 2016, de Universidad del Valle:
https://www.academia.edu/19414147/IMPLEMENTACION_DE_SISTEMAS_LEAN_EN_PYMES
- Romero Maldona, M. E. (2015). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Recuperado el Abril de 2016, de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5882/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-227.pdf>
- Roqueme Salazar, E. A., & Suarez Ballesteros, L. (2015). *Universidad Militar Nueva Granada*. Recuperado el 16 de Marzo de 2016, de Universidad Militar Nueva Granada:
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13887/2/TRABAJO%20DE%20GRADO%20IMPLEMENTACION%20LEAN%20TRES60%20LOGISTICA.pdf>

- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso* (Primera ed.). Tlalnepantla, México: Norma Ediciones, S.A. de C.V.
- SRI. (2016). *SRI*. Recuperado el 13 de Marzo de 2016, de SRI:
<http://www.sri.gob.ec/de/32>
- Tejeda, A. S. (Abril-Junio de 2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Sistema de Información Científica REDALYC*, XXXVI, 36.
- Vilana Arto, J. R. (2010-2011). *EOI Escuela de Organización Industrial*.
Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de EOI Escuela de Organización Industrial:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf
- Villa Parra, J. M. (2013). *Diseño de un modelo de flexibilización de manufactura para el mejoramiento de los procesos de fabricación de galletas crackers utilizando herramientas de Lean Manufacturing*. Tesis Magister en Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manula de Lean Manufacturing Guía Básica*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.