



POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-NO.506-2019

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS
AVANZADAS

TEMA:

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PROCESOS PARA LA
MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE
CERRADURAS DE COMBINACIÓN CON LA APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN UNA
MICROEMPRESA MECÁNICA

AUTOR(ES)

HENRY ELADIO JIMÉNEZ ICAZA

DIRECTOR:

RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARZOSA

QUITO – ECUADOR

2022

Autor(es):



Henry Eladio Jiménez Icaza

Ingeniero Mecánico Industrial

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

henryjimenezicaza@hotmail.com

Dirigido por:



René Patricio Quitiaquez Sarzosa

Ingeniero Mecánico

Magister en Gestión de Producción

rquitiaquez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Henry Eladio Jiménez Icaza

Medios de comunicación tradicionales y alternativos: "no "

DEDICATORIA

La vida se encarga de poner a las personas indicadas en tu camino, como no olvidarme de tus palabras, cuando me enseñaste a luchar día a día, esperando en que siempre vendrán tiempos mejores, gracias por tu amor y dedicación Mamita querida, siempre fuiste mi fuente de respeto, inspiración y superación en esos momentos tan difíciles que vivimos juntos; por este motivo, quiero dedicar este trabajo a mi hija y mis sobrinas, que sepan que no existe límites para cumplir los objetivos y que los sueños siempre se convierten en realidad cuando se lucha por ellos, no importa la edad, situación o limitaciones, solo lucha con todas tus fuerzas.

¡Cuentan con todo mi apoyo hijas...!

Henry Jiménez Icaza

AGRADECIMIENTO

Todo lo que en verdad vale la pena demanda sacrificio, que no hubiese sido posible lograrlo sin la tenacidad, constancia y mirada fija hacia la meta propuesta; este es un proyecto que sin lugar a duda ha sido un desafío, donde se ha puesto en práctica los conocimientos adquiridos en el salón de clases y las experiencias alcanzada en la vida profesional.

Por ello, agradezco infinitamente a mis seres queridos, familia y amigos por el apoyo incondicional, quienes han contribuido ampliamente en este camino, sin su apoyo sería imposible haber culminado con éxito este objetivo.

Henry Jiménez Icaza

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE ANEXOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
OBJETO DE ESTUDIO	2
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
OBJETIVOS	3
General:	3
Específicos:	3
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	4
ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPÍTULO I	5
MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO SOBRE LEAN MANUFACTURING	5
1.1. Introducción	5
1.2. Marco teórico de investigación	8
1.3. Fundamentación de la investigación	15
1.4. Aspectos teóricos fundamentales	20
1.5. Conclusiones del capítulo	36
CAPÍTULO II	37
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	37
2.1. Introducción	37
2.2. Diseño de la investigación	38
2.3. Modalidad de la investigación	39
2.4. Tipos de investigación	39
2.5. Métodos de la investigación	40
2.6. Técnicas e instrumentos	41
2.7. Operacionalización de las variables	43
2.8. Población y muestra	44
2.9. Resultado de técnica de desarrollado	45

2.10. Conclusiones del capítulo	45
CAPÍTULO III.....	46
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	46
3.1. Introducción	46
3.2. Descripción de situación actual.....	47
3.3. Análisis de la situación actual	53
3.4. Conclusiones del capítulo	72
CAPÍTULO IV	74
PROPUESTA DE MEJORA PARA LA PRODUCTIVIDAD EN ELABORACIÓN DE CERRADURAS MECÁNICAS DE COMBINACIÓN, APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING.....	74
4.1. Introducción	74
4.2. Título de la propuesta.....	75
4.3. Justificación	75
4.4. Objetivos	76
4.5. Estructura de la propuesta.....	76
4.6. Desarrollo de la propuesta	77
4.7. Análisis económico	109
4.8. Conclusiones del capítulo	110
CONCLUSIONES GENERALES	112
RECOMENDACIONES GENERALES	114
REFERENCIAS.....	115
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la Industria.....	7
Figura 2. Contribuciones a la variación anual del PIB. [2].....	9
Figura 3. Distribución de población económicamente activa [3].	10
Figura 4. Técnicas para la mejora de la productividad [8].....	12
Figura 5. Siete tipos de desperdicios [11].	13
Figura 6. Portafolio de productos de sistema de seguridad de la empresa.....	16
Figura 7. Unidades producidas en el año 2020.	17
Figura 8. Diagrama Causa-Efecto cerradura Key Lock.	18
Figura 9. Relación entre Bienes y Servicios. [18].....	21
Figura 10. Desafíos cambiantes para la Administración de Operaciones. [18]	21
Figura 11. Los siete principios de un Sistema de Gestión.	23
Figura 12. Jerarquización de los procesos.	23
Figura 13. Representación esquemática de los elementos de proceso. [19]	24
Figura 14. Esquema de un mapa de procesos.	25
Figura 15. Simbología para diagrama de flujo.....	26
Figura 16. Método de los mínimos cuadrados para encontrar la recta de tendencia. [18].....	32
Figura 17. Etapas de las 5s. [23]	34
Figura 18. Ejemplo de ficha Kanban. [8].....	35
Figura 19. Organigrama de la empresa.	44
Figura 20. Macroprocesos actuales identificados en la empresa.	47
Figura 21. Cerradura mecánica de combinación 3909.....	48
Figura 22. Despiece de cerradura mecánica de combinación.	49
Figura 23. Diagrama de flujo esquemático para fabricación de cerraduras.	50
Figura 24. Valores históricos de ventas de los últimos 5 años.	51
Figura 25. Distribución de la planta.....	52
Figura 26. Estructura de los componentes para la fabricación de una cerradura de combinación.....	60
Figura 27. Pronóstico de ventas para el año 2022.	62
Figura 28. Resultado de autoevaluación ISO 9004:2009.....	64
Figura 29. Dimensiones que no cuentan con herramientas Lean Manufacturing.	65
Figura 30. Problemas de Producción.	65
Figura 31. Diagrama de Pareto - problemas de producción.....	67
Figura 32. Programación software R Studio para análisis de hipótesis.	71
Figura 33. Distribución Chi cuadrada con 1 grado de libertad.	72
Figura 34. Camino para implementación herramientas Lean Manufacturing.....	77
Figura 35. Herramienta tarjeta roja 5s - Seleccionar (Seiri).....	78
Figura 36. Campaña publicitaria implementación Lean Manufacturing.	84
Figura 37. Resultado del sostenimiento inicial de las 5s.....	97
Figura 38. Resultado del sostenimiento proyectado de las 5s.....	99
Figura 39. Tarjeta de control Kanban para producción de Inner Wheel.....	101

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1. Medición de tiempos fabricación cerradura de combinación.....	119
Anexo 2. Plan de requerimiento de materiales para la fabricación de cerradura mecánica.....	122
Anexo 3. Tabulación de herramienta de autoevaluación elementos clave norma ISO 9004:2009. [31]	125
.....	125
Anexo 4. Tabulación de encuesta oportunidades de mejora.....	127
Anexo 5. Tabulación de encuesta problemas de producción.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la eficiencia general de los equipos OEE.	31
Tabla 2. Operacionalización de variables.	43
Tabla 3. Maquinaria de línea de producción.	52
Tabla 4. Tiempos de producción componentes cerradura mecánica.	57
Tabla 5. Tiempos de ensamblaje cerradura mecánica.	58
Tabla 6. Lead time componentes de cerradura mecánica.	59
Tabla 7. Resumen del plan de requerimiento de materiales para la cerradura de combinación.	61
Tabla 8. Cálculo OEE componentes de cerraduras mecánicas de combinación.	69
Tabla 9. Tabulación de frecuencias observadas.	70
Tabla 10. Listado de asignación de objetos necesarios a las estaciones de trabajo.	79
Tabla 11. Diseño y significado de indicadores de seguridad. [35].	81
Tabla 12. Diagrama de proceso actual para la fabricación Inner Wheel.	88
Tabla 13. Diagrama de proceso propuesto para la fabricación Inner Wheel.	89
Tabla 14. Lista de objetos del proceso de desbarbado.	91
Tabla 15. Hoja de evaluación del sostenimiento inicial de las 5's.	96
Tabla 16. Hoja de evaluación del sostenimiento proyectada de las 5's.	98
Tabla 17. Análisis de mejora del proceso y cumplimiento del pedido.	101
Tabla 18. Cronograma de auditorías.	102
Tabla 19. Hoja de evaluación del sostenimiento de las 5's.	103
Tabla 20. Herramienta de autoevaluación elementos clave norma ISO 9004:2009.	104
Tabla 21. Encuesta oportunidades de mejora.	106
Tabla 22. Encuesta problemas de producción.	107
Tabla 23. Formato para registro de producción, tiempo de producción y cálculo del indicador OEE.	108
Tabla 24. Costos de inversión para mejora de la productividad.	109
Tabla 25. Detalle de flujo de caja y proyecto de inversión.	110
Tabla 26. Interés de la banca para marzo 2022. [36].	110

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Inyección de cover para cerradura mecánica.	53
Fotografía 2. Proceso de corrección de diámetro externo inner wheel.	54
Fotografía 3. Tamboreado de inner wheel mediante abrasivos cerámicos.	55
Fotografía 4. Baño de laca al componente cover de la cerradura de combinación.	56
Fotografía 5. Ensamblaje de cerradura de combinación.	57
Fotografía 6. Organización de los artículos necesarios para la estación de trabajo. [34].	80
Fotografía 7. Molde de inyección y rebabas de componentes Inner Wheel.	87
Fotografía 8. Situación actual del puesto de trabajo.	90
Fotografía 9. Eliminación de rebaba diámetro exterior Inner Wheel.	92
Fotografía 10. Falta de limpieza y orden en almacenaje de moldes de inyección.	93
Fotografía 11. Delimitación de las estaciones de trabajo.	94

RESUMEN

La microempresa mecánica dedicada a la fabricación de cerraduras de combinación para cajas fuertes, requieren optimizar el proceso de producción para cumplir el pronóstico de ventas para el año 2022 a través de una mejora de la productividad con la implementación de herramientas lean manufacturing que permita eliminar los desperdicios en la fabricación, afinar los procesos de producción y satisfacer las expectativas del consumidor; para el desarrollo de esta propuesta, se partió de un análisis de la situación actual mediante la aplicación de una técnica cuantitativa no experimental que permitió levantar la información de campo en el área de producción sin tener injerencia en los datos, la misma que se aplicó a todos los empleados involucrados en el proceso, ya que representa la totalidad de la población de muestreo, donde se estableció una estrategia no experimental para la aplicación de encuestas e interpretación del análisis de hipótesis. Este análisis ayudó a evidenciar la dependencia entre variables dependiente e independiente contrastando el nivel de significancia y el p-valor, además permitió identificar los principales cuellos de botella que presenta la línea de producción y la incidencia de la baja productividad en las condiciones actuales; situación que obligó a plantear un modelo de gestión para la implementación de herramientas Lean Manufacturing 5's la misma que se estima que en primera instancia alcanzaría a un 60% de su cumplimiento, desencadenando en la necesidad de implementar un molde de inyección para mejorar el proceso de fabricación de los Inner Wheel en un 20.2%, lo que coadyuvará considerablemente en cumplir con la demanda y elevar la Efectividad General del Equipo (OEE). Con el propósito de viabilizar la ejecución de este proyecto de inversión, se han establecido indicadores financieros VAN y TIR, que dan como resultado una operación positiva que refleja una viabilidad para su implementación, la misma que debe basarse en un cambio cultural, disciplinario y compromiso de toda la organización.

Palabras clave: Lean Manufacturing, 5's, Kanban, OEE, cerraduras, productividad, mejora, fabricación.

ABSTRACT

The micro mechanical company dedicated to the manufacture of combination locks for safes, requires optimizing the production process to meet the sales forecast for the year 2022 through an improvement in productivity with the implementation of lean manufacturing tools to eliminate waste in manufacturing, refine production processes and meet consumer expectations. For the development of this proposal, the starting point was an analysis of the current situation through the application of a non-experimental quantitative technique that allowed the collection of field information in the production area without interfering in the data, which was applied to all employees involved in the process, since it represents the entire sampling population, where a non-experimental strategy was established for the application of surveys and interpretation of the analysis of hypotheses. This analysis helped to demonstrate the dependence between dependent and independent variables by contrasting the significance level and the p-value and allowed to identify the main bottlenecks in the production line and the incidence of low productivity in the current conditions. This situation forced to propose a management model for the implementation of Lean Manufacturing 5's tools, which is estimated that in the first instance would reach 60 % of its compliance, triggering the need to implement an injection mold to improve the manufacturing process of the Inner Wheel by 20.2 %, which will contribute considerably to meet the demand and raise the Overall Equipment Effectiveness (OEE). To make the execution of this investment project feasible, NPV and IRR financial indicators have been established, resulting in a positive operation that reflects a feasibility for its implementation, which must be based on a cultural and disciplinary change and commitment of the entire organization.

Keywords: Lean Manufacturing, 5's, Kanban, OEE, locks, productivity, improvement, manufacturing.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Macro

La ejecución de una producción esbelta ha sido empleada ampliamente a nivel mundial, debido a su efectividad para generar mejoras sustanciales en los productos, procesos y/o servicios, con lo cual las empresas han llegado a fortalecer el deleite de sus clientes, generar un valor agregado, ser más competitivos y disminuir sus costos.

Paralelo al avance de la evolución tecnológica, se ha verificado que varias sociedades dedicadas a la producción de cerraduras de combinación han optado por implementar este tipo de conceptos y filosofías en sus procesos, siendo el enfoque principal en cumplir los requisitos de seguridad, salud ocupacional, calidad y ambiente, alineados a sus políticas corporativas para alcanzar una certificación en la necesidad de cubrir más mercados.

Estándares como ISO 9001, certificaciones UL y acreditaciones VdS, rigen la industria de elementos de seguridad; estas regulaciones son imprescindible para poder comercializar productos de seguridad, por ende, se necesita documentar el desarrollo de los procesos productivos de la empresa.

Meso

Para un nivel nacional, se denota que conceptos de sistemas de integrados de gestión no son aplicados ampliamente el sector metalmecánico debido a varios factores (económicos, formativos, técnicos y culturales) que han incidido en su ejecución, puesto que las organizaciones debe adoptar un “nuevo estilo de vida” de forma que perdure en el periodo y exista una concientización de las partes implicadas en el proceso, se genere un estándar de calidad, se reduzca los desperdicios, se aumente la productividad y se mejore la interacción en los procesos.

Micro

Este contexto no es extraño para la fabricación de cerraduras de combinación, puesto que la principal problemática radica en tener una deficiente gestión de procesos y una estructura organizacional muy conservadora que ha sido establecida desde la creación de la empresa, lo cual ha ocasionado que existan desperdicios de material, aumento de los tiempos de producción, reprocesos de los componentes y retrasos en los tiempos de entrega, todo esto ha desembocado en una baja satisfacción del cliente, falta de definición en los indicadores de producción e incrementos en los costos de fabricación.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como incide la falta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing en el proceso de producción de cerraduras de combinación?

OBJETO DE ESTUDIO

Tras el crecimiento que ha tenido la empresa en la fabricación de cerraduras de combinación en los últimos años y ante la falta de documentación de sus procesos, se evidencia que está incidiendo directamente en la producción; ya que al existir un crecimiento organizacional de la compañía, involucra más recurso humano, el mismo que sino cuenta un procedimiento adecuado (documentado), seguirá realizando las labores de manera empírica, no ayudará al mejoramiento de la calidad de los procesos y del producto, se seguirá incrementado los desperdicios y reprocesos, la satisfacción del cliente se verá comprometida, lo que desencadenará en producirá más perdidas para la empresa y un encarecimiento del producto.

Es por lo que, en el afán de incrementar la producción, nace el interés por solventar estos problemas; por lo que se necesita levantar los procesos e identificar los principales cuellos de botella para proponer una mejora, definir indicadores (KPI's) que ayuden a la toma de decisiones y se establezcan los procesos, con lo cual se podrá plantear un modelo de modelo de gestión de procesos.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente la industria ecuatoriana posee varias limitantes, dentro del sector metalmecánico; la problemática principal en la fabricación de cerraduras de combinación radica en que al ser un segmento muy reducido en el país y por el sigilo de seguridad, posee una estructura organizacional muy conservadora, una mano de obra poco técnica, que ocasiona desperdicio de material, aumentos de tiempos de producción y retrasos en la entrega del pedido, lo cual conlleva a un deterioro de la credibilidad del producto, incremento de los costos de producción para la empresa, una rotación de personal y aumento de jornadas laborales, que han llegado a incidir en una cultura organizacional de los empleados y fallas en la producción.

Empresas como Máster Lock, Wordlock, Yale Lock, KABA Mas, son proveedoras de cerraduras más representativas en el mundo, y han determinado que su principal aliado para

la administración de sus empresas es la gestión por procesos, la gestión de calidad y cuidado del medio ambiente, siendo esto la base de la organización industrial.

Normas como la ISO 9001, certificaciones UL y acreditaciones VdS, rigen la industria de elementos de seguridad; estas regulaciones son imprescindible para poder comercializar productos de seguridad, por ende, se necesita documentar el desarrollo de los procesos productivos de la empresa.

En su necesidad de cubrir más mercados se desea proponer la gestión por procesos, empezando por el levantamiento de sus procesos actuales y el análisis del valor agregado, para así realizar una propuesta de mejora que le lleve a índices de calidad, que le ayuden a mejorar su competitividad basados en un concepto de manufactura esbelta, y que a futuro se proponga la implementación de certificaciones de calidad.

Al optar plantear herramientas de manufactura esbelta en este tipo de industria que es muy conservadora y poco conocida en el mercado ecuatoriano, nos sirva de referente al resto de empresas, para que su gestión de procesos sea efectiva y productiva desde el primer día de sus operaciones.

Se pretende que a través de la aplicación de conceptos de manufactura esbelta como Kamban, Poka Yoke, 5S, Six Sigma, TPM y demás; se mejore el flujo organizacional de los procesos, se obtenga un ahorro de tiempos y movimientos, se cumpla con las fechas de entrega, se reduzca el costo de producción, se evite la rotación del personal y se garantice los niveles de calidad.

OBJETIVOS

General:

- Desarrollar un modelo de gestión de procesos para la mejora para de la productividad en la fabricación de cerraduras de combinación con la aplicación de herramientas lean manufacturing.

Específicos:

- Realizar el levantamiento de los procesos de producción de la situación actual de la cerradura de combinación mediante un flujo de procesos.
- Identificar las oportunidades de mejora para recomendar soluciones prácticas en el proceso de producción de cerraduras de combinación.

- Valorar la posible mejora de los procesos a los cuales se aplican herramientas lean manufacturing frente a los procesos existentes.
- Establecer indicadores (KPI's) sobre el rendimiento de los procesos de la organización los cuales permitan tomar decisiones a la gerencia.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

- Hipótesis nula (Ho): La falta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing no incide directamente en la mejora de la productividad para la fabricación de cerraduras de combinación en una microempresa mecánica.
- Hipótesis alternativa (H1): La falta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing incide directamente en la mejora de la productividad para la fabricación de cerraduras de combinación en una microempresa mecánica.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de esta investigación se enfoca en el análisis del área de producción de cerraduras mecánicas de combinación, donde se desenvuelven las actividades primordiales agregadores de valor. A su vez se desarrollan indicadores de calidad para que se puedan evaluar los procesos por parte de la gerencia en beneficio de la organización.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO SOBRE LEAN MANUFACTURING

1.1. Introducción

Se hablado mucho sobre las diversas aplicaciones y las bondades que se generan al implementar herramientas de manufactura esbelta en los diversos campos de la industria, más aún, sabiendo que las mismas comenzaron a desarrollarse incluso antes del siglo XX; así se puede observar que para el año 1910, Frederick Taylor induce a las nociones de la Administración Científica con conceptos de estudio del tiempo; a su vez, Henry Ford mediante su producción Móvil de Montaje, establece el esquema de programación de actividades para su modelo T; por otra parte en año de 1930, Walter Shewhart se enfoca en el Control de Calidad a través del control estadístico.

Para el año de 1950, luego del fin a la segunda guerra mundial, William Edwards Deming, comienza a dar conferencias a empresarios japoneses, llevándolos a aplicar métodos de control de calidad mediante el uso de herramientas estadísticas en el análisis de los procesos, lo que incide trascendentalmente en su cultura, ya que involucra al trabajador en la toma de decisiones donde define que “la calidad es lo que el consumidor anhela y necesita”. De similar manera, Kaoru Ishikawa ya había aportado para el año de 1945 a la industria japonesa con la creación del diagrama causa-efecto para identificar los problemas, el cual colabora con Deming y Juran para la creación de novedosos principios de gestión de la calidad.

Para el año 1982, Deming publica su obra “Out of the Crisis”, en el cual describe los 14 principios que deben ser estimados por todas las industrias para ejecutar los procesos de calidad; por su parte, Ishikawa considera los principios básicos de la calidad en sus 11 postulados, donde se discierne la diferencia impuesta por occidente en el trato que reciben los trabajadores frente a la ideología oriental, donde principalmente se involucra al ser humano de manera directa para que aporte de manera significativa en aquellos asuntos que lo afectan.

En la década de los 70's, con la aparición de las computadoras en los negocios, dio cabida a la programación del taller, manejo de inventarios, pronósticos, dirección de proyectos, MRP; para que, en 1980 se establezcan conceptos de producción esbelta, justo

a tiempo (JIT), control de calidad (TQC), sistematización de la fábrica (CAD/CAM), Poka-yokes, Kanban, cuellos de botella, con lo que se le atribuye a Taiichi Ohno como el creador de los principios del sistema de producción Justo a Tiempo.

Suma de todos estos conceptos e ideologías, convergen en el año de 1990 donde se establece la administración por calidad total y mejora continua con base en estándares ISO 9000, surge la necesidad de una reingeniería de los procesos con calidad six-sigma, con lo cual se da un cambio radical al paradigma del control de calidad, dando cabida a una producción sincronizada.

Con el desarrollo informático y la accesibilidad a internet, en el año 2006 se mejora la productividad de los servicios de comercio electrónico, se fomenta un mayor uso de energías alternativas y baterías eléctricas, lo que fomenta que la producción se más amigable con el medio ambiente. Tras ello, es eminente que se aproxima una nueva revolución industrial 4.0, la cual está enmarcada por el internet de las cosas, e incorpora una nueva representación de la tecnología para integrar a la producción con lo que se obtiene productos innovadores, una mayor eficiencia, automatización, flexibilidad y desarrollo de la economía a escala.

En la *Figura 1* se realiza una revisión general de cómo ha ido evolucionando la industria a lo largo del tiempo, donde se resaltan los hechos más representativos de cada etapa.

Revolución Industrial

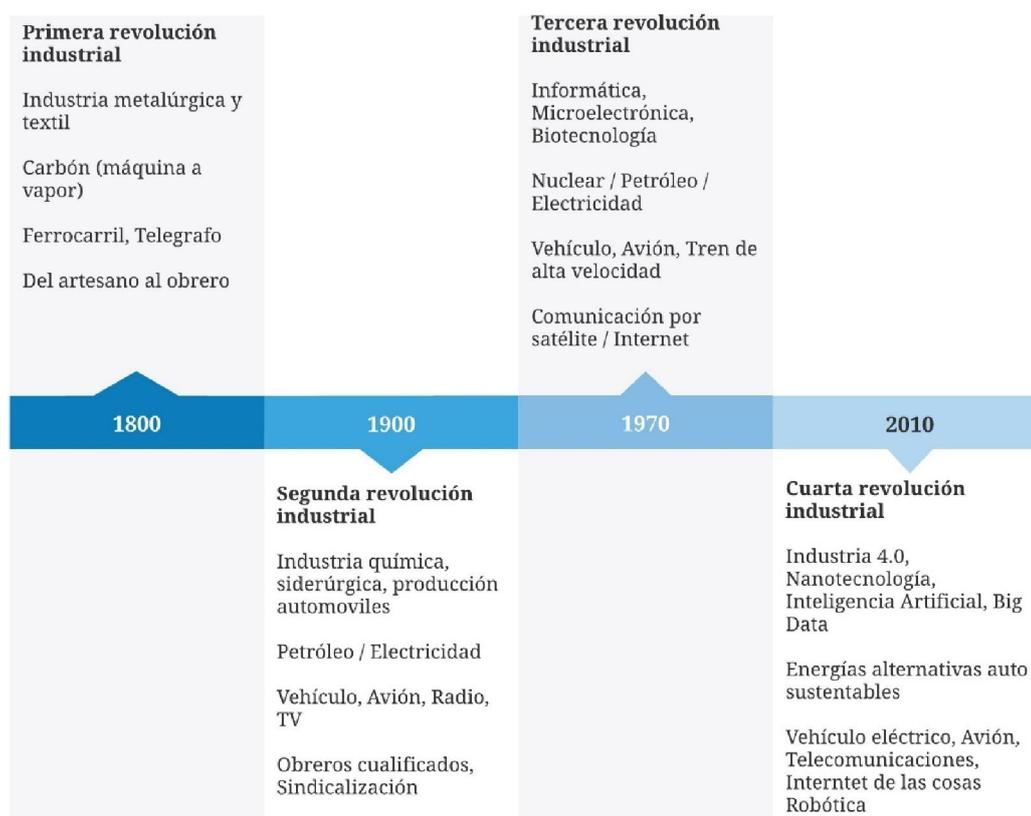


Figura 1. Evolución de la Industria.

Estas filosofías industriales permiten identificar que la fabricación (producción), sea un arma estratégica, ya que se puede reducir los costos de operación para alcanzar mayores utilidades con una reducción de desperdicios; y no solo ofrecer a las empresas la oportunidad de mejorar considerablemente la calidad de sus productos, sino que también se mejoren los tiempos de respuesta a los mercados que abastecen.

Como se observa en el paso del tiempo, el objetivo principal siempre ha sido aumentar la productividad en los bienes y servicios, valorar el rendimiento de los procesos y analizar la relación que tiene entre entradas y salidas; por lo que se plantea el reto de incrementar la productividad para la fabricación de cerraduras de combinación con base en las herramientas lean manufacturing.

Se debe acotar que este tipo de industria es única en el país, por lo que no existe una competencia directa que permita comparar los procesos de mejora; puesto que el entorno que rodea a la producción de cerraduras de combinación radica en no tener un registro

claro, lógico y ordenado de cada proceso, mismo que permite determinar la problemática de cada etapa, para plantear soluciones lógicas, técnicas e inmediatas.

1.2. Marco teórico de investigación

1.2.1. Antecedentes de investigación

Ecuador está considerado como un país en vías de desarrollo, y una de las razones es el poco impulso que se le ha dado al sector manufacturero (no petrolero). Por tal motivo pocas son las industrias que presentan aportes bastante significativos para la economía del país, sin embargo, la mayoría de estas industrias aún carece de nuevas tecnologías, mejoras de procesos e innovación de sus productos.

Por esta razón, Palomino [1] plantea promover el conocimiento y debate sobre las políticas públicas, mediante una visión histórica a los diversos estados del arte precisando la relevancia de la industria y las directrices industriales hacia el progreso de las naciones, donde establece que son un pilar fundamental en el crecimiento socio-económico; los cuales deben estar estrechamente vinculados a la implementación de políticas proteccionistas, políticas comerciales y tecnológicas, que permitan este objetivo.

En este sentido el Banco Central del Ecuador en la publicación del Boletín No. 114 concerniente a los resultados de las Cuentas Nacionales Trimestrales [2]; revisa y actualiza los indicadores económicos para determinar el “*Producto Interno Bruto (PIB)*” de la economía ecuatoriana para 2020, donde se observa que este decreció en un 7.8 %, y da a conocer que los sectores de Acuicultura y Pesca, representan una contribución positiva al PIB, pero deja muy por debajo al sector manufacturero, conforme *Figura 2*.

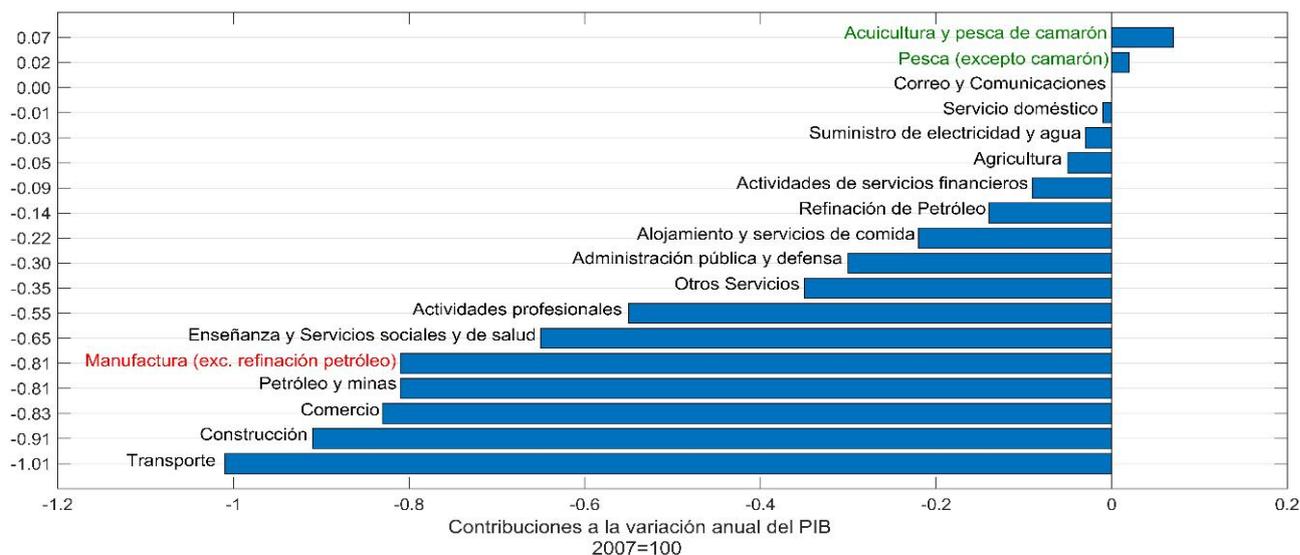


Figura 2. Contribuciones a la variación anual del PIB. [2]

Con este análisis se ve que Ecuador es un país donde las empresas manufactureras y en especial las microempresas, no ha logrado despegar ampliamente en la industria, por lo que operativamente no son competitivas con diversos países productores de cerraduras de combinación, ya sea por temas de estabilidad jurídica, laboral, tecnológicas, económicas y hasta culturales; lo que ha ocasionado que las inversiones se reduzcan y exista una alta deficiencia en la producción.

Para poder entender cómo se están comportando las empresas y en especial los emprendimientos en la región, se observa que Sanguinetti et al. [3] en su publicación, comparan la distribución de la población económicamente activa de Latinoamérica y EEUU; donde establecen relación promedio a los empleadores en un 4 % para los países de la región frente a un 3.3 % de Estados Unidos; por otra parte los emprendedores (autoempleados) se encuentra en 28.7 % para América Latina frente a un 6.1 % de Estados Unidos; mientras que la población de trabajadores asalariados representa el 54.8 % y 80.4 % respectivamente como se presenta en la *Figura 3*. Por lo que se establece un indicador, donde determina que la dimensión de la empresa está directamente vinculada a su productividad.

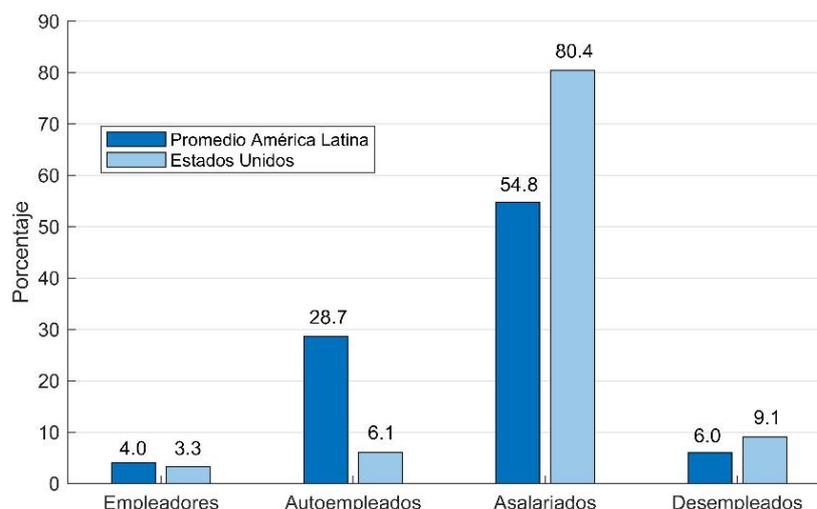


Figura 3. Distribución de población económicamente activa [3].

Otro factor importante dentro de la manufactura, es la mano de obra, donde Pérez-Oviedo [4] indica que la productividad marginal del capital es semejante para todas las naciones en virtud que la economía también exhibe rendimientos constantes a escala; para lo cual plantea un modelo con el que solventa el inconveniente de retribución de capital, determina la productividad de los obreros calificados y explica como un país puede quedar atrapado cuando se invierten montos mínimos; por lo que describe que el desarrollo de la industria genera una mano de obra calificada y confiable, con formación académica que obliga el crecimiento de otras industrias, evitando la migración calificada (fuga de cerebros).

García et al. [5] examinan los principales cambios y tendencias de la éxodo de profesionales altamente calificados de Latinoamérica y el Caribe, considerando las políticas inmigratorias en los estados de destino, la restringida migración en las economías de origen y la inserción de los profesionales; para lo cual analizan la información publicada por la “*Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)*” donde se presenta un incremento acelerado de la fuga de cerebros para el periodo 2000 al 2010 con una inserción laboral precaria y nociva para los países de destino, por lo que indica que la presencia de este escenario migratorio está representado por personas con educación terciaria de los cuales casi la mitad de profesionales trabaja en ocupaciones que están sobrecalificados.

Por otra parte en el trabajo de Jaimes et al. [6] consideran los elementos que dirimen la productividad de las Pymes del sector de vestimenta en el entorno metropolitano de

Bucaramanga-Colombia, la cual se ha identificado por el empleo constante de la mano de obra y la oportunidad de trabajo, aportando directamente al crecimiento de la economía; para observar este comportamiento, realizan una encuesta a varias empresas sobre la productividad laboral enfocada al aspecto humano y productivo, donde realizan un análisis exploratorio y establecen que la conducta grupal y entorno social, inciden en 62.32 % en el aspecto humano, mientras que la gestión de procesos y capacidades de control influyen en un 59.42 % en el proceso productivo.

Rojas y Gisbert [7] dan a entender la relevancia de la implementación de las herramientas manufactura esbelta, poniendo en manifiesto las técnicas para mejora de la productividad y eficiencia de la industria como se muestra en la *Figura 4*; donde analizan su incidencia en diferentes tipos de empresas norteamericanas que han aplicado estas técnicas, evidenciando que representan una mejora entre el 20 % y 50 % en aspectos como inventarios, costos de producción, área utilizada y costos de compra, concluyendo que estas herramientas están dando fuerza positiva a la industria y un cambio cultural a los trabajadores para que se identifiquen con esta filosofía.

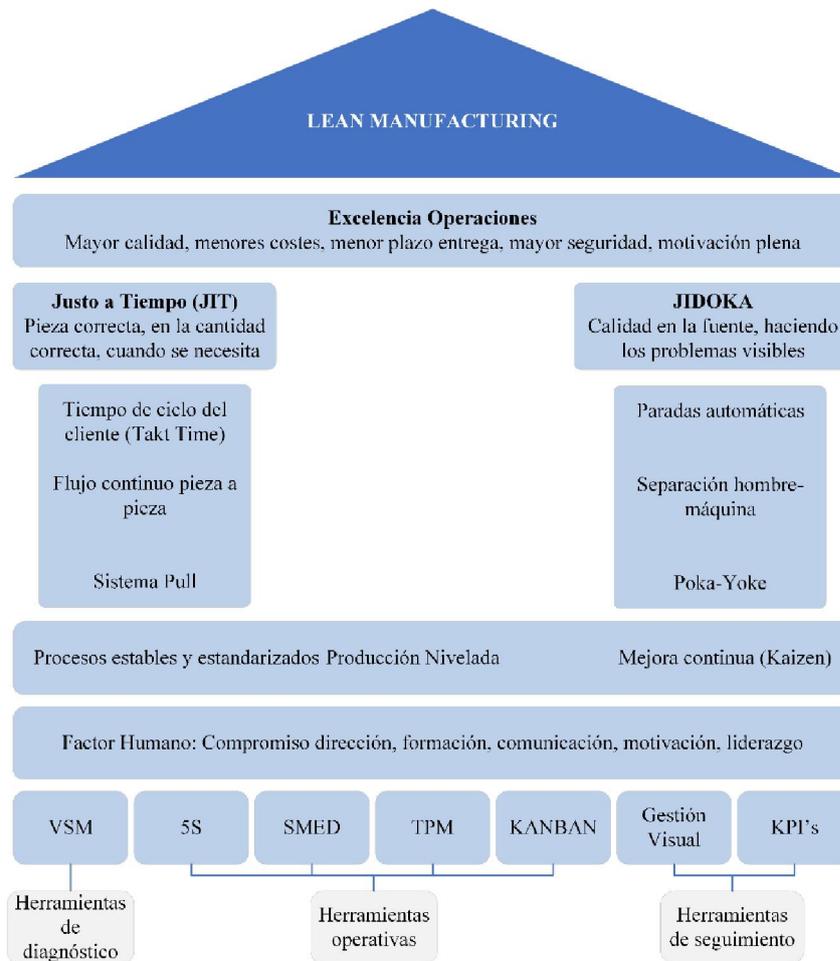


Figura 4. Técnicas para la mejora de la productividad [8].

En su publicación Ibutés y Benavides [9] indican que en el desarrollo de la industria, la tecnología juega un papel trascendental para que las empresas cada vez sean más competitivas, eficientes y eficaces; donde realizan un estudio en las empresas Pymes de la industria textil, para conocer la relación que existe entre productividad y tecnología, aplicando un modelo econométrico de Solow, con lo que determinan que la combinación de las variables de producción, capital, tecnología y profesionalismo, influye en la productividad de la empresa y concluye que si se invierte en tecnología, se verá directamente incrementada la productividad.

Panchi et al. [10] menciona que los inventarios de materia prima, productos en ejecución, productos terminados y abastecimientos, son considerados como los montos más significativos dentro de los activos de la empresa; para lo cual realiza una comparación considerando su importancia, clasificación, control y métodos de valoración, con lo que se puede estimar para determinar un costo real para que la empresa pueda ser competitiva e

indica que esta valoración se debe hacer de acuerdo a la naturaleza del producto con un sistema de costeo que cumpla con la normativa contable.

En este sentido Melton [11] indica que para la mayoría de operaciones en la producción, solo el 5 % de las acciones agrega valor, el 35 % son acciones primordiales que no agregan valor y el 60 % no añade valor absoluto; por lo que menciona que la definición e identificación del valor para los clientes es el inicio, como se indica en la *Figura 5*, donde existen siete tipos de desperdicios de procesos y ultima que la implementación de manufactura esbelta no es una moda, sino es una filosofía que tiene gran potencial de transformar un negocio e indica que los líderes de esta revolución tendrán que seguir mostrando los beneficios financieros, culturales y organizativos de emprender una ruta de mejora continua REAL.

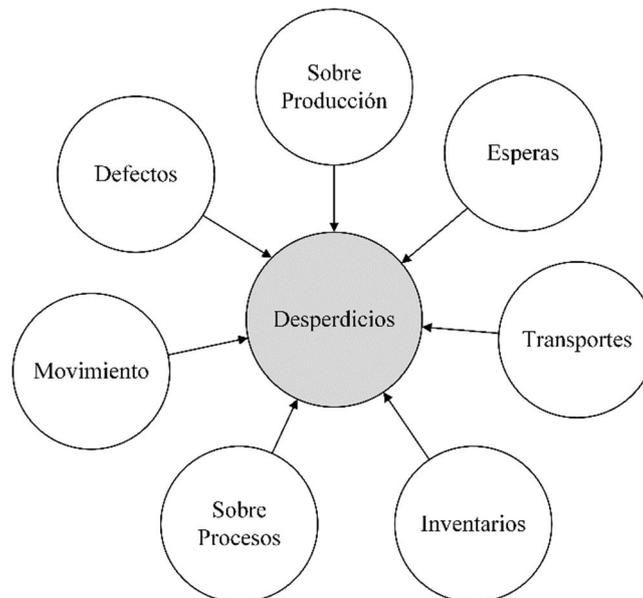


Figura 5. Siete tipos de desperdicios [11].

En su documento Pereira et al. [12] describen que la planificación táctica del Plan de Operación y Ventas (S&OP), se han desarrollado como una ramificación de la planificación de producción agregada, integrando decisiones a mediano plazo en las etapas de adquisición, producción, distribución y ventas, la cual se realiza en base a los marcos holísticos que respaldan el S&OP, donde determinan la relación de estas decisiones con la función estratégica de la empresa y la ejecución operativa, con lo que se puede considerar que una planificación ordenada tiene la capacidad para integrar todas las providencias de

la cadena de suministro, la identificación de oportunidades de investigación y direcciones hacia modelos S&OP más integradores.

Conforme lo mencionan Aiassi et al. [13], en su publicación realizan el contraste entre dos estrategias de inventario, políticas fijas y lineales, mediante un enfoque de optimización basado en simulación para equilibrar el compromiso entre el costo logístico y el nivel de experiencia de los clientes como los principales objetivos; donde se determina que la estrategia fija mejora el rendimiento general hasta en un 17 % de la lineal, la variación del costo de suministro tiene un impacto en el desempeño de la política lineal, e indican que el modelo S&OP presentado evitará perder clientes potenciales, duraderos, y cuotas de ventas del mercado considerando las dificultades de la oferta y demanda.

Por otra parte, Balamurugan et al. [14] mencionan que la manufactura esbelta se desarrolló para perfeccionar el manejo de recursos a través de la minimización de desperdicios, la cual continuamente está reformulándose ante los nuevos retos empresariales; en su documento realizan el estudio de tiempos, el esquema de causa - efecto en la elaboración de bielas de motores, encontrando factores que afectan directamente entre operación y operadores, con lo que pudieron modificar la secuencia de los procesos para reducir el tiempo de fabricación del componente, evitar movimiento innecesarios y aumentar la productividad en la industria; situación similar describe Nandakumar et al. [15] en su artículo.

Ribeiro et al. [16] analizan la incidencia de la implementación de herramientas Lean Manufacturing en una planta de inyección de plástico con el objeto de obtener una reducción en los tiempos de ciclos, aumento de productividad y reducción de las quejas de los clientes; para lo cual usaron una metodología de Action-Research, realizando una descripción y análisis de los diversos procesos asociados a cada producto (no conformidades, retrasos, reclamos, entre otros) donde se identificaron oportunidades de mejora aplicando metodologías SMED, 5s, VSM y Standard Work, con esto se logró reducir en 70 % el tiempo de transporte, se incrementó el índice OEE en un 18 % para la inyectoras, un 16 % en la línea de pintura, algunas mejoras aplicadas no tenían relación con las herramientas y metodologías Lean.

En su publicación Kolla et al. [17] establecen que la industria 4.0 es un nuevo desafío para las Pymes, ya que para su implementación deben migrar de conceptos mientras se practican filosofías tradicionales de lean manufacturing; por lo que realizan una investigación metodológica basada en el desarrollo de procesos paso a paso de Becker, con lo cual proporcionan conceptos guías para evaluar los componentes lean e industria 4.0, donde concluyen que este mapeo debería ayudar a los investigadores a desarrollar un modelo híbrido que incluya tecnologías avanzadas de lean manufacturing y tecnologías de la industria 4.0.

En contexto, se denota casos muy representativos de como la manufactura esbelta es una filosofía que surgió para dar una nueva era a los sistemas productivos, y su objetivo principal es obtener mayores beneficios empleando menores recursos; es importante establecer que esta cultura se puede aplicar a sectores diferentes a la automotriz, que es donde originalmente se creó y ha tenido su mayor desarrollo.

1.3. Fundamentación de la investigación

Para tener una mejor comprensión de la problemática suscitada, es preciso indicar que la empresa se especializa en diseño, manufactura y mercadeo de cerraduras mecánica de combinación y cerraduras electrónicas, para aplicaciones de cajas fuertes, bóvedas, puertas de bodegas, etc., que forman parte de un sistema de seguridad.

Para la elaboración de estas cerraduras, utiliza como componente principal, una aleación de aluminio y zinc (Zamac), la cual es transformada por proceso de inyección de colada caliente; en el ensamblaje se utiliza partes constituidas de polímeros (Polipropileno, ABS, Grillón) y componentes de bronce, que se obtienen de proveedores nacionales en un 80 % e internacionales en un 20 %.

La *Figura 6*, denota un bosquejo explicativo de todos los productos que se desarrolla en la empresa, donde se resalta la cerradura que se está analizando en el presente estudio.

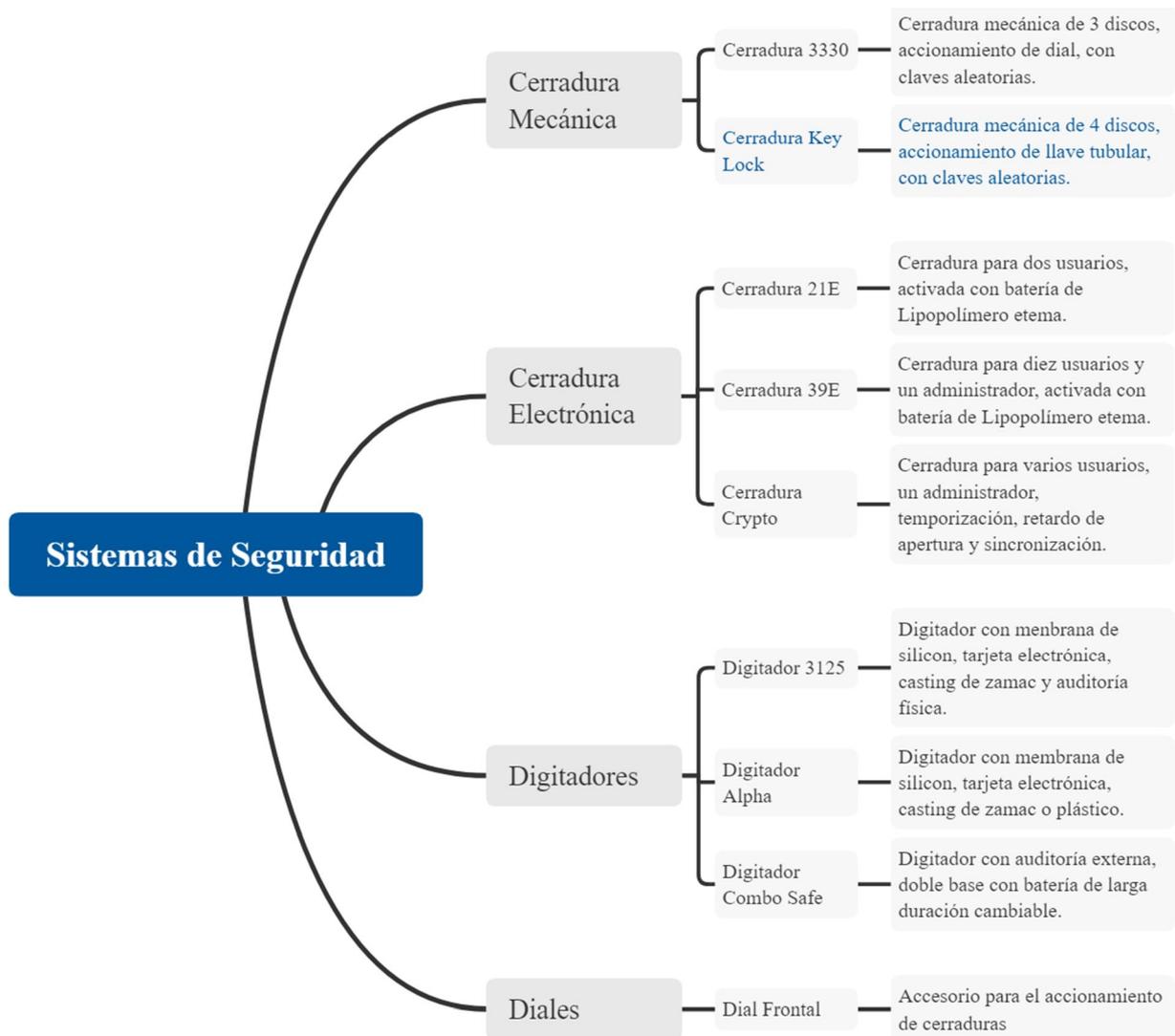


Figura 6. Portafolio de productos de sistema de seguridad de la empresa.

La producción de cerraduras mecánicas representa el producto de mayor rotación, llegando a convertirse hasta en un 73 % del total de sus ventas; situación que hace imperativo que se realice un levantamiento de la información, una propuesta de mejora y se planteen indicadores de rendimiento. En la *Figura 7* se observa la cantidad de mecanismos producidos y comercializados en 2020.

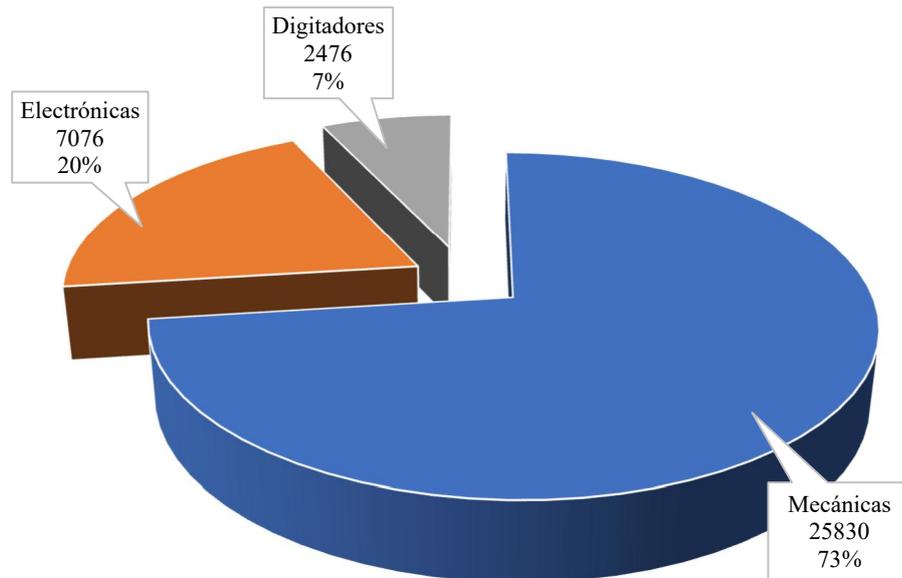


Figura 7. Unidades producidas en el año 2020.

Se puede analizar que, la empresa posee una estructura organizacional muy conservadora, quien se ha encargado de capacitar concentrando la mayoría de sus procesos en ciertas personas, que son de extrema confianza del Gerente, ocasionando que se produzca un exceso de trabajo y fatiga laboral; en su propósito mal fundado de generar ahorros a la nómina de empleados, ha originado que se contrate personal poco calificado, quienes en ciertas etapas han entorpecido los procesos y ha conllevando a una alta rotación de personal.

Producto de estos factores limitantes en la mano de obra, han desencadenado que no se cuente con un registro específico de los procesos, que no se tenga establecido parámetros para una adecuada inducción a los empleados y que la subjetividad de los procesos conlleve a un incumplimiento de la especificación técnica de cada elemento, parámetros que sitúan en conflicto al acatamiento de la normativa de seguridad. Por lo que se puede establecer que la metodología de trabajo no es la adecuada y presenta varios indicadores que deben ser definidos.

Parte de la problemática suscitada, también pasa por el uso de maquinaria y herramientas (moldes de inyección) ya cumplieron con su vida útil, los cuales inciden directamente en el acatamiento de la especificación técnica de cada uno de los componentes; se ha

evidenciado que, en algunos casos, el margen de error, la falta de calibración y fiabilidad de los equipos, ocasionan un reproceso de los elementos.

La alta rotación de personal ha ocasionado que se varíe la accesibilidad para la operación de las máquinas y exista una desorganización del espacio de trabajo. Esto repercute ampliamente en riesgos laborales, condiciones de seguridad industrial y políticas para adecuar espacios de trabajo.

Por otra parte, es necesario mencionar que el Zamac al ser una aleación que no se produce en el Ecuador, representa una limitante cuando se desee incrementar la producción ya que se está al pendiente de las importaciones y los inventarios que se poseen en la empresa; si a esto se suma la fiabilidad de la maquinaria, los problemas de mano de obra y la indefinición en los procesos de producción de la cerradura Key Lock, se prevé que los desperdicios y reprocesos van a seguir incrementándose, y en ocasiones podría verse comprometida la entrega del pedido.

La *Figura 8*, expresa el diagrama causa – efecto que se presenta en la fabricación de cerraduras Key Lock, el cual relaciona los factores que inciden en la demora para la producción.

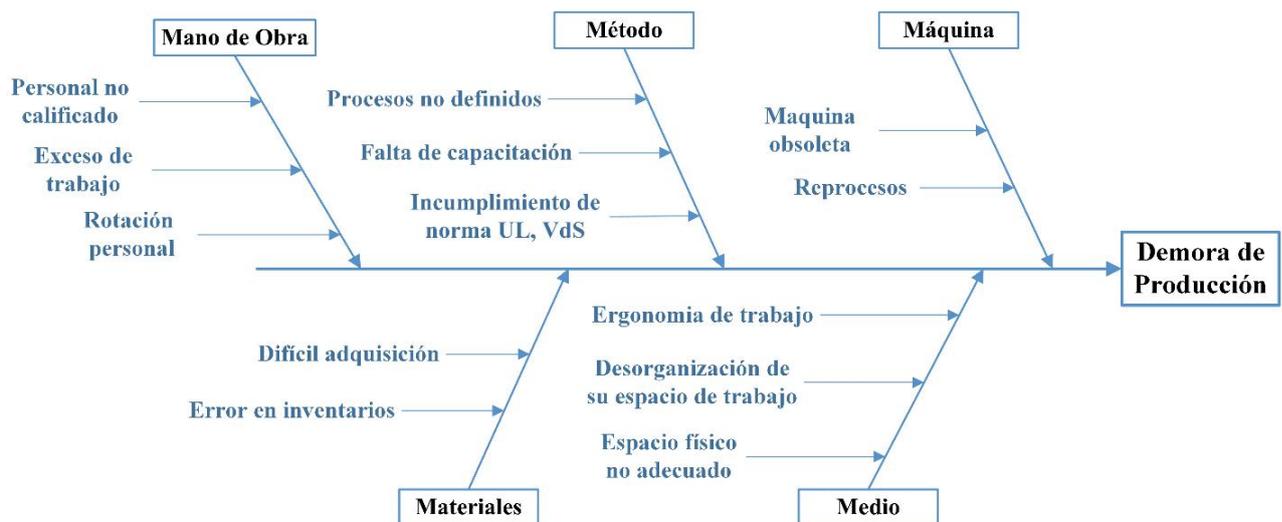


Figura 8. Diagrama Causa-Efecto cerradura Key Lock.

1.3.1. Fundamentación legal

Ante los nuevos retos empresariales, hoy en día es necesario que los productos cumplan o se apeguen a una normativa la cual de certeza sobre el desarrollo de buenas prácticas de producción para cumplimiento de los estándares y seguridades del consumidor; por este sentido, ante una carencia específica de una normativa vigente en el Ecuador y debido a que este tipo de productos se fabrican en el país pero se comercializan en mercados extranjeros, se adopta el acatamiento de requerimientos y estándares mundiales.

Estos elementos toman de referencia a lo establecido por la Underwriters Laboratories en su estándar UL-437 Standards Type 2 debido al grado de protección, donde cumplen con los requisitos básicos de tolerancias de fabricación, precisión y durabilidad, por lo que se enfoca en la seguridad por manipulación semicualificada, la cerradura deber garantizar su normal funcionamiento durante 10000 ciclos de apertura a una velocidad que no supere los 50 veces por minutos, pruebas de resistencia a los ataques vandálicos con el uso de herramientas manuales comunes, eléctricas, tiempos de exposición contra la corrosión y métodos de entrada.

De similar manera Vertrauen durch Sicherheit (VdS, por sus siglas en alemán) es una de las instituciones más reconocidas a nivel mundial para la seguridad corporativa, la cual realiza varios tipos de pruebas a las cerraduras mecánicas de combinación para que soporten los métodos más sofisticados por los perpetradores para determinar la resistencia y a los intentos de robo. Bajo esta razón, la mayoría de los fabricantes aprovechan este suceso para identificar los cuellos de botella con el fin de adquirir conocimientos adicionales para optimizar sus productos.

Por otra parte, también se pretende cumplir lo estipulado en la norma UNE-EN 1300, donde clasifica a las cerraduras mecánicas de alta seguridad conforme la resistencia a la apertura no autorizada, fiabilidad, tenacidad al robo y métodos de ensayo; por su tipología la normativa califica a este producto con Clase B debido a que posee una reacción aceptable a los ataques ácidos y resistencia a los explosivos.

Con esto queda evidenciado que la tendencia de la producción en estos tiempos debe siempre estar enfocada en satisfacer las necesidades del cliente bajo un estricto apego a las normativas nacionales o internacionales.

1.4. Aspectos teóricos fundamentales

1.4.1. Generalidades

Para tener una mejor comprensión es importante empezar definiendo que es la administración de operaciones (AO) y como se contextualiza en el desarrollo de este proyecto:

La AO se considera a un encadenamiento de actividades, donde se complementan de manera coordinada, para obtener un resultado específico de manera expedita, eficiente y a un bajo costo. De tal forma que las “Operaciones” se refieren a los métodos empleados para convertir los recursos que emplea la compañía en la fabricación de productos o servicios, que para este caso son las cerraduras que desea el cliente.

Es importante mencionar que la AO suele confundirse con la investigación de operaciones (IO), la ciencia de la administración (CA) y la ingeniería industrial (II); en virtud que la AO es una función de administración, mientras que la IO/CA representa la aplicación de los métodos cuantitativos para la toma de decisiones en estos temas, y la II es una disciplina de la ingeniería. Por lo tanto, si bien los administradores de operaciones utilizan las herramientas de la IO/CA para la toma de decisiones (análisis de una ruta crítica) y se complementan de muchos de los mismos temas que la II (automatización de la fábrica).

Dentro de AO se conceptualiza dos grupos importantes, entre bienes y servicios, donde un servicio es un producto intangible que se produce y consume de manera simultánea, no generan inventario y representa una gran interacción con el cliente; por su parte un bien es un producto tangible que se puede medir, almacenar, incluso probar antes de la compra. En la *Figura 9*, se puede observar que la mayor parte de los bienes contiene un cierto porcentaje de servicio y de similar manera, la mayor parte de los servicios contiene implícitamente un bien, por su parte servicios que no incluyen un producto tangible se consideran servicio puro.

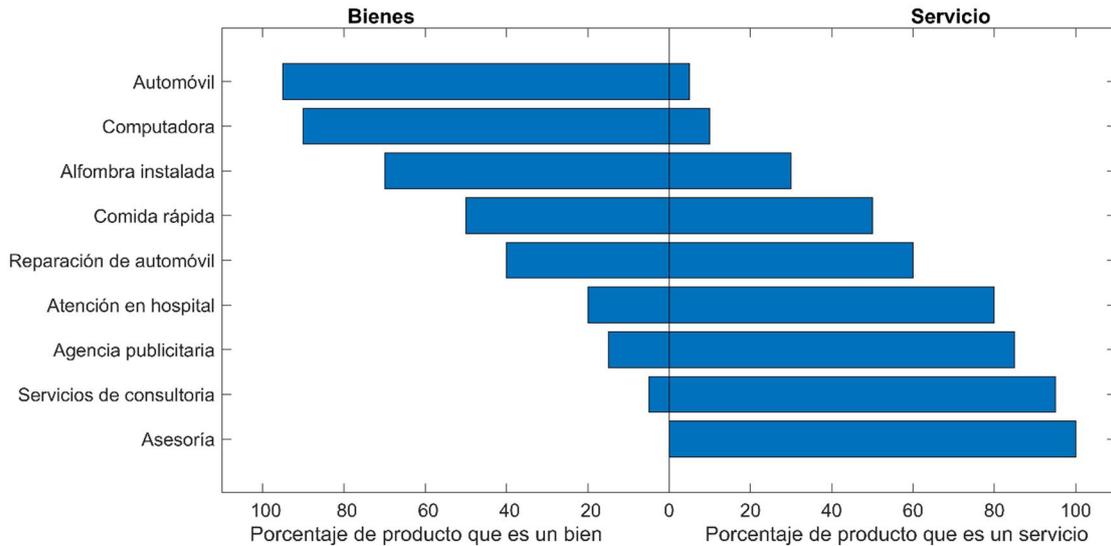


Figura 9. Relación entre Bienes y Servicios. [18]

Por estar inmersos en un mundo tan cambiante y dinámico, tanto el enfoque como los resultados de la AO están sujetas a nuevos desafíos como la globalización del comercio, transferencia de productos, ideas, tecnologías, necesidades, entre otras. En la *Figura 10*, se aprecia como han evolucionado los enfoques del pasado y las transformaciones que se plantean para un futuro.

Pasado	Causas	Futuro
Enfoque local o nacional	Redes mundiales de comunicación y transporte confiables	Enfoque global, producción a distancia
Envíos por lotes (grandes)	Los ciclos cortos de vida del producto y el costo de capital presionan a reducir el inventario	Desempeño justo a tiempo
Compras de oferta baja	La competencia en la cadena de suministro requiere el compromiso de los proveedores con un enfoque en el consumidor final	Socios en la cadena de suministro, alianzas de colaboración, contratación externa
Desarrollo de productos prolongado	Ciclos de vida más cortos, internet, comunicación internacional rápida, diseño asistido por computadora y colaboración internacional	Desarrollo rápido de productos, alianzas, diseños en colaboración
Productos estandarizados	Afluencia y mercados mundiales; procesos de producción cada vez más flexibles	Personalización en masa con énfasis en la calidad
Especialización del trabajo	Medio sociocultural cambiante; sociedad cada vez más conocedora e informada	Empleados con autoridad delegada, equipos, y producción esbelta
Enfoque en el costo bajo	Aspectos ambientales, ISO 14000, costos crecientes de los desechos	Producción sensible al ambiente, manufactura verde, materiales reciclados, remanufactura
Poca consideración a la ética	Los negocios operan de manera más abierta; revisión pública y global de la ética; oposición al trabajo de los niños, al soborno y a la contaminación	Necesidad de altos estándares éticos y responsabilidad social

Figura 10. Desafíos cambiantes para la Administración de Operaciones. [18]

1.4.2. Principios de sistemas de gestión:

Son un conjunto de labores enfocadas a conseguir que un proceso genere mayores resultados; estos ayudan a las empresas a planificar, controlar y ejecutar sus procesos internos, para alcanzar un alto estándar de calidad. La normativa ISO 9001:2015 [19], establece los siete elementos para efectuar un Sistema de Gestión de Calidad conforme se indica en la *Figura 11*.

- *Enfoque al cliente:* Se basa en cumplir con los requerimientos actuales del consumidor y tratar de mejorar sus perspectivas, generando un incremento de la confianza y reputación para su satisfacción.
- *Liderazgo:* Los líderes establecen un intención y trayectoria en todos los niveles, de modo que la gente esté totalmente involucrada para alcanzar los objetivos, alineados a las estrategias, políticas y procesos de la organización, alcanzando un incremento de la eficiencia y eficacia.
- *Compromiso de las personas:* Se enfoca en empoderar activamente a todas las personas para que aumenten su capacidad de generar valor y se comprometan con el cumplimiento de las metas de la organización, ocasionando mayor participación personal.
- *Enfoque a procesos:* Se alcanza un resultado esperado de manera eficaz y eficiente cuando los bienes y acciones se las operan como un proceso interrelacionado, ocasionando un incremento de esfuerzos en los procesos claves.
- *Mejora:* Es vital que la organización implemente un enfoque continuo de mejora, de forma que mantenga los niveles de desempeño y cree nuevas oportunidades ante los cambios debido a condiciones internas y/o externas.
- *Toma de disposiciones enfocada en la realidad:* Su interpretación está basada en la evaluación lógica e intuitiva de la información que posee la organización, por lo que puede mejorar las acciones de toma de decisiones.
- *Gestión de las relaciones:* Alcanzar un éxito trascendental, es necesario que los involucrados analicen y optimicen el impacto del desempeño en sus organizaciones.

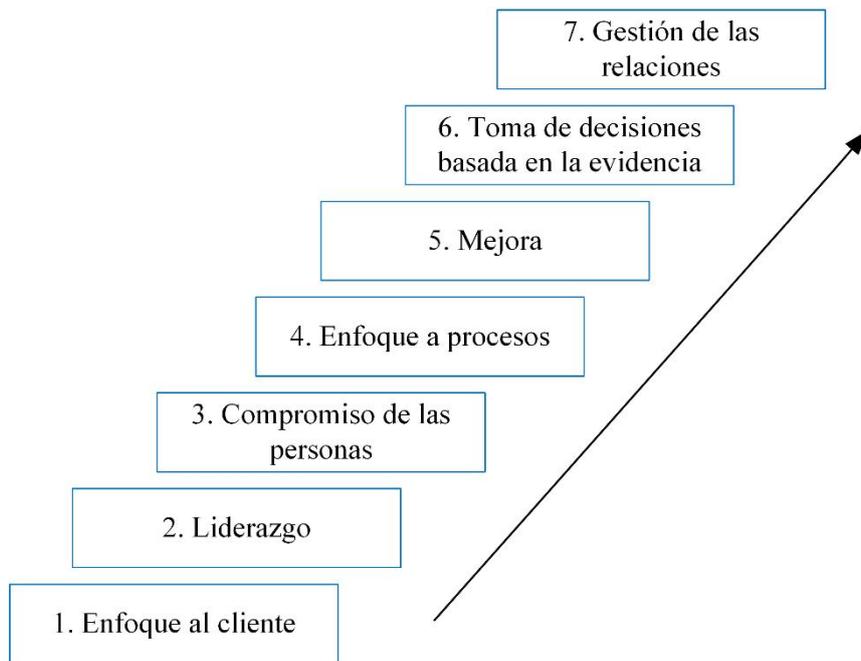


Figura 11. Los siete principios de un Sistema de Gestión.

1.4.3. Jerarquización de los procesos:

Procesos involucran actividades que se requieren para administrar una organización conforme se indica en la *Figura 12*, de allí se plantean cinco niveles que ayudan a definir la estructura y su orden jerárquico.

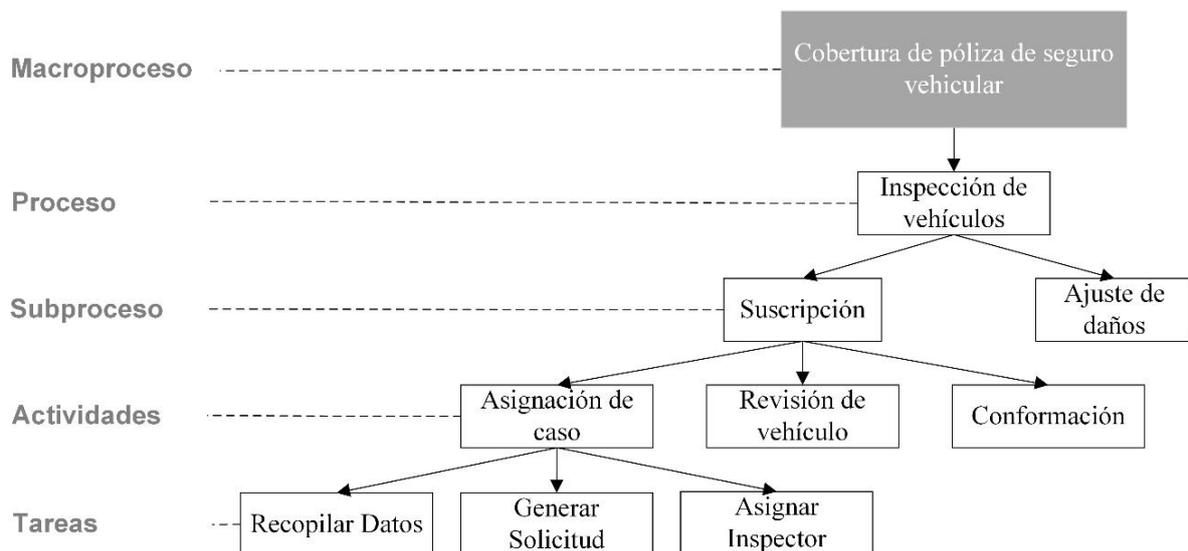


Figura 12. Jerarquización de los procesos.

- *Macroproceso:* En esta clasificación se agrupan los procesos que comparten un objetivo común, quienes en forma sistemática guardan una congruencia con la misión y objetivos planteados, de modo que todos los involucrados puedan comprender.
- *Proceso:* Se lo define como al conjunto de acciones que guardan una secuencia lógica y ordenada para obtener un objetivo específico. Este concepto es aplicable en muchos ámbitos de empresas productoras de bienes y/o servicios, ya que convierten elementos de entrada (inputs), en salida (outputs) de mayor valor para el cliente, ya que durante su desarrollo cuentan con etapas de medición y control. En la *Figura 13*, se representa esquemáticamente los elementos de un proceso y su interacción.

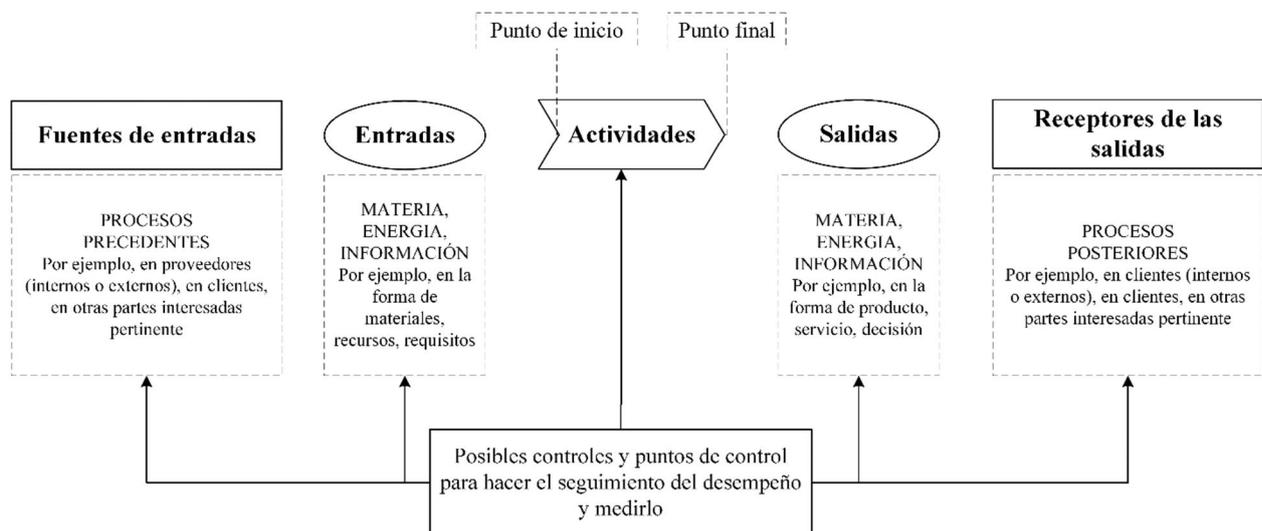


Figura 13. Representación esquemática de los elementos de proceso. [19]

- *Subproceso:* Se desprenden luego de haber definido y validado la complejidad de un proceso, los cuales son coherentes a los objetivos del mismo proceso.
- *Actividad:* Son secuencia de tareas o acciones que tienen lugar dentro de los procesos o subprocesos, y son necesarias para generar un determinado resultado para cumplir con el objetivo del proceso.
- *Tarea:* Es una secuencia ordenada de las acciones o pasos a seguir para alcanzar las metas de una actividad que debe hacerse en un tiempo establecido o determinado.

1.4.4. Clasificación de los procesos:

Los procesos se clasifican de acuerdo con el impacto y ámbito de acción que tienen dentro de la organización, estos suelen ser estratégicos, claves y de apoyo.

- *Gobernantes:* También denominados directivos o estratégicos, y están vinculados a la alta dirección, gerenciales, de planificación y control a largo plazo; estos procesos permiten concretar y fiscalizar las estrategias, reglas y objetivos de la organización (visión).
- *Operativos:* Se los conoce como agregadores de valor, claves, productivos, misionales; estos procesos permiten generar salidas (producto o servicio) que tienen un alto impacto sobre la satisfacción del cliente, e influyen con la razón de ser del negocio (misión).
- *Apoyo:* Denominados también como habilitantes, suaves o secundarios, no agregadores de valor; aquellos que proporcionan complemento a los procesos operativos y generalmente son relacionados con procesos para la vigilancia y perfeccionamiento del sistema de gestión, estos procesos no intervienen en la misión, ni en la visión de la empresa.

1.4.4.1. Mapa de Proceso:

Es un esquema que define como se interrelaciona los sistemas de procesos en su organización para alcanzar una visión más amplia de sus límites, en la *Figura 14* se muestra cómo se correlacionan entre clientes, proveedores y grupos de interés.

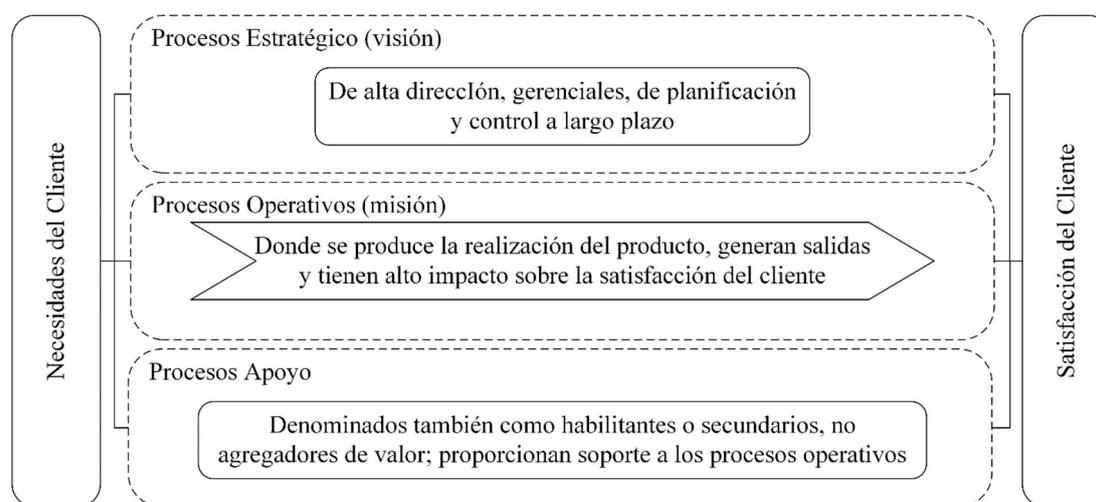


Figura 14. Esquema de un mapa de procesos.

1.4.5. Diagrama de flujo:

Es la ejemplificación gráfica de las actividades, donde se muestra los responsables y sus actividades, el cual permite facilitar la identificación de escenarios dudosos (tiempos muertos, cuellos de botella, retrasos, etc.) para evidenciar y generalizar el proceso. Para el desarrollo de este diagrama, la *Figura 15* se establecen los símbolos estándar de procesos expresados en la norma ANSI.

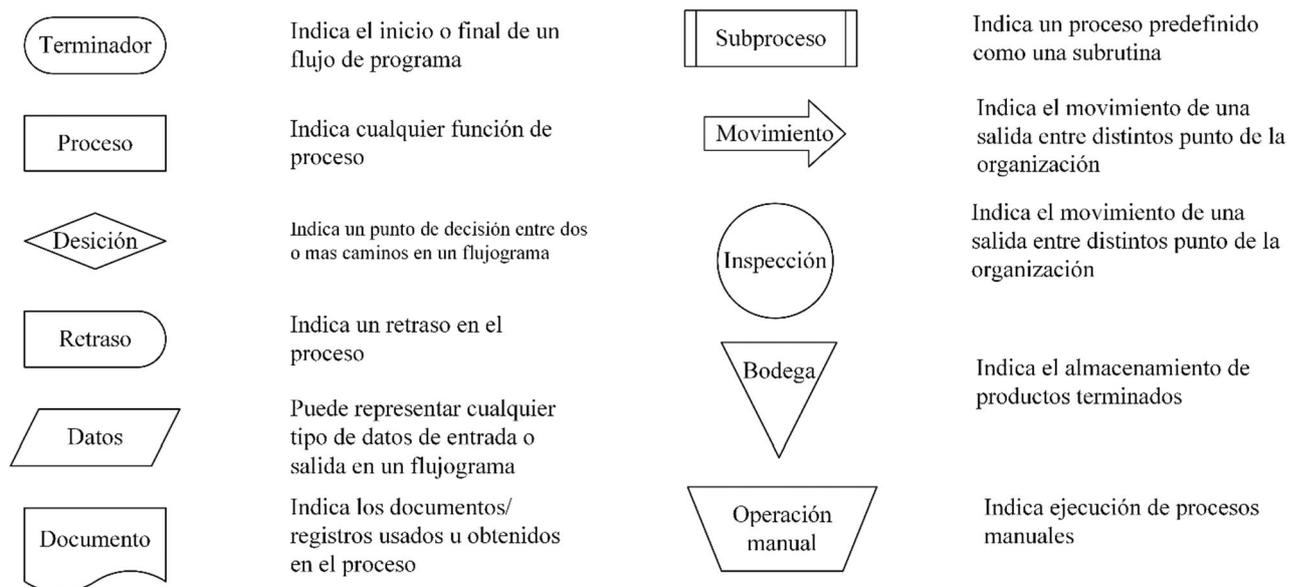


Figura 15. Simbología para diagrama de flujo.

1.4.6. Desempeño de los procesos:

Los métodos de calcular los valores del desempeño de los procesos son bastante subjetivos, debido a que mucho dependerá del porcentaje de eficiencia que cada organización esté dispuesta a adoptar; de aquí se toma como referencia la comparación de los productos, bienes o servicios de las empresas líderes del mercado frente a los productos, bienes o servicios de la empresa bajo análisis para realizar las mejoras respectivas, denominado “benchmarking”.

Productividad:

Como parte importante se ve que la creación de bienes y servicios necesitan transformarse, y cuanto más eficiente y rápido sea este proceso, más productivo será; por lo que se puede denotar que la productividad tiene una relación directa entre la salida (bienes y/o servicios) frente a las entradas (mano de obra, materia prima, capital) por lo que

el objetivo siempre será perfeccionar la relación entre entradas y salidas. Cuando se usa un solo recurso en la entrada, se conoce como productividad de un solo factor o medida parcial, conforme se indica en la *ecuación (1)*. [20]

$$\text{Productividad (\%)} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} \quad (1)$$

En el caso que se desea analizar un escenario más amplio, con varios factores de entrada, se la conoce como medida multifactorial conforme la *ecuación (2)*; por ello es muy importante saber determinar la productividad y evaluar el rendimiento del campo industrial, donde se puede encontrar varios procesos técnicos, productivos, artesanales, y administrativos. [20]

$$\text{Productividad (\%)} = \frac{\text{Bien y/o serv. producido}}{\text{Recur. empleado}} \quad (2)$$

Capacidad de utilización:

Este índice principalmente involucra a la capacidad actualmente utilizada, frente a la capacidad de producción de diseño que se puede alcanzar; esta capacidad se la expresa como porcentaje ya que representan un rendimiento del proceso, para el análisis deben estar medidas en las mismas unidades, en la *ecuación (3)* se puede apreciar cómo se calcula este índice.

$$\text{Índice Utilización (\%)} = \frac{\text{Capacidad Actual Utilizada}}{\text{Capacidad Diseño Proceso}} \quad (3)$$

Eficiencia:

Conforme menciona la norma ISO 9000:2015 [21]: “relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados”, la que plantea para analizar recursos (dinero, tiempo, razón de piezas/h); donde el propósito es alcanzar el objetivo con una mejor utilización de los recursos, conforme se representa en la *ecuación (4)*.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Estándar}} \quad (4)$$

Eficacia:

De similar manera, conforme considera el la norma ISO 9000:2015 [21]: “grado en que se realiza las actividades planificadas y se logran los resultados planificados”, principalmente se la vincula con eventos (cantidad, tareas, satisfacción del cliente); lo que significa, hacer lo correcto a efecto de alcanzar las metas de la empresa manufacturera, como se muestra en la *ecuación (5)*.

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Planificada}} \quad (5)$$

Tiempo de corrida:

Se denomina al tiempo requerido para fabricar un lote de producto, para el cálculo se multiplica el tiempo efectivamente requerido para producir la unidad, por la dimensión de lote como se indica en la *ecuación (6)*.

$$t_{\text{corrida}} = \text{tiempo (por unidad)} \times \text{tamaño lote} \quad (6)$$

Tiempo de preparación:

Se refiere al tiempo que se requiere en alistar la máquina para fabricar un objeto en específico.

Tiempo de operación:

Se considera a la sumatoria del tiempo de preparación y tiempo de corrida para un lote que pasan por una misma máquina, *ecuación (7)*.

$$t_{\text{operación}} = t_{\text{preparación}} + t_{\text{corrida}} \quad (7)$$

Tiempo de ciclo:

Describe al tiempo en promedio, que sucede entre el principio y final de los productos producidas en una misma máquina.

Tiempo de procesamiento:

Se denomina al tiempo promedio que transcurre mientras se trabaja la pieza y aguarda en la línea.

Índice de procesamiento:

También llamado tasa de rendimiento, se lo considera a la proporción de productos que se espera que el proceso realiza adentro de un ciclo; lo que matemáticamente significa que es la inversa del tiempo de ciclo, *ecuación (8)*.

$$\text{índice de procesamiento} = \frac{1}{t_{\text{ciclo}}} \quad (8)$$

Tiempo de valor agregado:

Es el tiempo que transcurre mientras se trabaja en una pieza, para mayor practicidad se los denomina la adición de tiempo de las actividades activas del proceso.

Velocidad de proceso:

Es el ritmo que tiene el tiempo absoluto de procesamiento sobre el tiempo de valor agregado, *ecuación (9)*.

$$\text{velocidad} = \frac{t_{\text{procesamiento}}}{t_{\text{valor agregado}}} \quad (9)$$

Ley de Little:

Sobre la hegemonía que la integración en producción ha tenido, existen conceptos ampliamente claros sobre ello:

... relación matemática entre el índice de procesamiento, el tiempo de procesamiento y la cantidad de inventario de trabajo en proceso. Esta ley calcula el tiempo que un artículo pasará en el inventario de trabajo en proceso, lo cual resulta muy útil para calcular el tiempo total de ejecución de un proceso. [20].

En la *ecuación (10)* representa la ley de Little:

$$t_{\text{procesamiento}} = \frac{\text{trab.}_{\text{proces}}}{\text{indice}_{\text{proces}}} \quad (10)$$

Costo de producción:

Se lo denomina costo de operación, el cual consiste en el gasto que se necesita para producir un bien y/o generar un servicio, se suele asociar a la materia prima, mano de obra, horas de trabajo, alquileres y demás, conforme se muestra en la *ecuación (11)*.

$$\text{costo producción} = \frac{\text{\$}}{\text{unidad}} \quad (11)$$

Efectividad general del equipo:

El Overall Equipment Effectiveness (OEE), es un indicador porcentual que mide el rendimiento integral de la máquina o proceso, la cual se basa en la disponibilidad, el rendimiento y la calidad en la fabricación de productos. Conforme se indica en la *ecuación (12)*, este indicador por su simplicidad se ha convertido en una herramienta trascendental al momento de buscar los problemas de producción.

$$\text{OEE (\%)} = D \times E \times C \quad (12)$$

$$\text{Disponibilidad} = D = \frac{\text{tiempo operativo}}{\text{tiempo planificado}}$$

$$\text{Eficiencia} = E = \frac{\text{unidades reales producidas}}{\text{unidades estándar}}$$

$$\text{Calidad} = C = \frac{\text{unidades conformes}}{\text{unidades totales}}$$

En su publicación Hanse [22] y Socconini [23] respectivamente, concuerdan en la puntuación asignada al OEE; la *Tabla 1* denota cómo se clasifica la eficiencia general de los equipos y que consecuencias produce en la producción.

Tabla 1. Clasificación de la eficiencia general de los equipos OEE.

Eficiencia General de los Equipos		
OEE	Calificación	Consideraciones
OEE < 65 %	Inaceptable	Proceso ineficiente, necesita atención inmediata. Muy baja competitividad. Importantes pérdidas económicas.
65 % < OEE < 75 %	Regular	Solo si las tendencias trimestrales están mejorando. Baja competitividad. Pérdidas económicas.
75 % < OEE < 85 %	Aceptable	Proceso aceptable, pero se debe continuar mejorando. Competitividad y pérdidas económicas ligeras.
85% < OEE < 95 %	Bueno	Aceptable para procesos por lote y procesos continuos discretos. Buena competitividad.
OEE > 95%	Excelente	Procesos continuos en las industrias deben tener valores iguales o mayores al 95 %. Excelente competitividad.

1.4.7. Planeación de la capacidad de producción:

El sentido del manejo de la capacidad de producción depende directamente de la demanda del producto, ya que se necesita controlar, coordinar y programar el requerimiento que tendrá el cliente, con el propósito de planificar la producción con eficiencia para la entrega del pedido a tiempo.

En este sentido existen varios métodos que permiten desarrollar el pronóstico de ventas con el empleo de datos históricos, los cuales pueden ser una predicción intuitiva y/o subjetiva, mismos que suelen ajustarse a un modelo matemático. Generalmente el horizonte de los pronósticos de ventas se considera a corto (menor que 1 año), mediano (menor que 3 años) o largo plazo (mayor que 3 años) y mucho dependerá del ciclo de vida del producto.

Método de mínimos cuadrados:

Este método forma parte del pronóstico de series de tiempo; el cual consiste en ajustar a una línea de tendencia los datos dispersos de las ventas pasadas, minimizando los residuos para proyectarlos hacia el futuro. En la *Figura 16* se puede observar la línea de tendencia del método de los mínimos cuadrados.

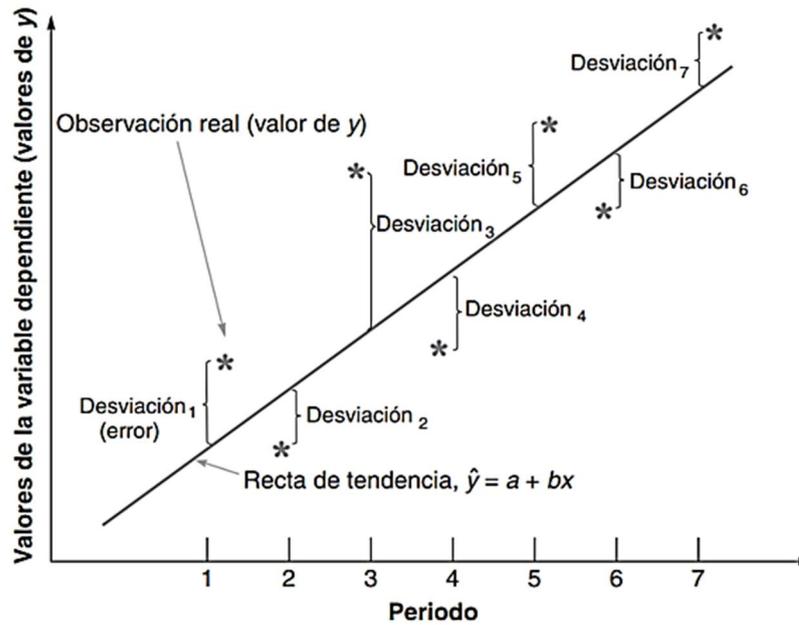


Figura 16. Método de los mínimos cuadrados para encontrar la recta de tendencia. [18]

La recta de tendencia (regresión lineal) del método de mínimos cuadrados, obedece a la ecuación (13):

$$y = a + bx \tag{13}$$

Donde:

- y : dato a predecirse (var_depen)
- x : periodo o tiempo (var_independ)
- a : corte con el eje Y
- b : pendiente (m), recta_regresión

1.4.8. Estudio de tiempos:

Existen varias técnicas para la medición del tiempo, pero el método más empleado en las diversas industrias a nivel mundial es el cronometraje propuesto por Frederick Taylor en el año 1881, mismo que se basa en contar el tiempo de una muestra en función del desempeño de un operario para establecer el tiempo estándar en un proceso.

Como regla general para desarrollar el estudio de tiempos se plantean las siguientes fases:

1. Definir la actividad a estudiar y dividirla en elementos puntuales.
2. Establecer las veces que se medirá la tarea (ciclos observados).
3. Medir y registrar los tiempos de cada actividad.
4. Calcular el tiempo medio real observado, conforme ecuación (14).

$$\bar{T} \text{ Observado} = \frac{\sum T. \text{ Observado}}{[\text{s}] \text{ ciclos observados}} \quad (14)$$

5. Determinar un índice de desempeño conforme recomendaciones permitidas por la OIT. Freivalds y Niebel [24] en su publicación indican los porcentajes de rendimiento para las diferentes actividades de trabajo. Para su cálculo se emplea la *ecuación (15)*.

$$\text{Tiempo Normal} = \sum T. \text{ Observado} \times \text{Índice Desempeño} \quad (15)$$

Con base a estos análisis, se puede llegar a determinar el tiempo que demanda cada proceso o actividad, y se puede estimar el tiempo que tarda la fabricación de todo el producto; de forma que permita evidenciar de manera practica que actividad dentro del proceso conlleva más tiempo.

1.4.9. Lean Manufacturing:

La manufactura esbelta es mucho más que un concepto o una filosofía, la cual se basa en un sistema de organización de trabajo (métodos y herramientas) para eliminar aquellas actividades que no generan valor al proceso.

Varios autores concuerdan que, para aplicación de técnicas de manufactura esbelta, se pretende alcanzar tres aspectos fundamentales:

- *Efectividad*: Orienta en satisfacer las perspectivas del cliente.
- *Eficiencia*: Optimiza los recursos y perfeccionan los métodos para eliminar lo que no contribuye al proceso.
- *Innovación*: Se revisan todos los procesos para alcanzar una mejor constante.

Dentro de esta cultura, se puede encontrar diferentes herramientas que son empleadas en los sistemas de producción:

1.4.9.1. Las 5's

Esta herramienta es empleada para mejorar las condiciones de trabajo en la fábrica mediante hábitos de organización, orden y limpieza. La implementación de esta herramienta no requiere del uso de tecnología o conocimientos especiales, por el contrario,

se necesita una disciplina, autocontrol y cultura por parte de cada uno de los miembros de la organización.

Las 5's siguen un proceso de cinco etapas donde la dirección de la empresa debe estar comprometida para su implementación, conocer el tiempo que demandará a los operarios y predispuesta a la asignación de recursos. La *Figura 17* indica las fases en que se fundamenta esta herramienta.

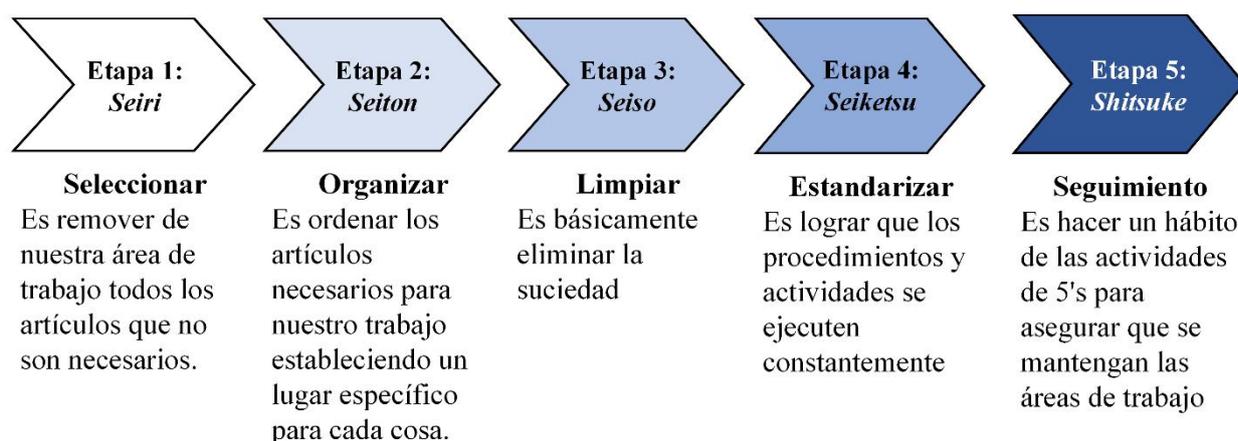


Figura 17. Etapas de las 5's. [23]

Tras la aplicación de las 5's se pretende eliminar las limitantes de la productividad, los cuales se describen a continuación:

- *Muri (sobrecarga)*: La productividad disminuye cuando se sobrepasa la capacidad normal de trabajo.
- *Mura (variabilidad)*: Se refiere a la variabilidad de las especificaciones de los productos lo que puede causar problemas al consumidor final.
- *Muda (desperdicios)*: Dentro de este concepto se encasillan los siete desperdicios que influyen negativamente a la productividad.
 1. Sobreproducción,
 2. Sobre inventario,
 3. Productos defectuosos,
 4. Transporte de materiales y herramientas,
 5. Procesos innecesarios,
 6. Espera,
 7. Movimientos innecesarios del trabajador.

Para detectar estos desperdicios producidos en las diversas fases de los procesos de la organización, es necesario realizar un análisis íntegro de cada uno de ellos para documentar y plantear alternativas de mejora.

1.4.9.2. Takt Time

También conocido como el ritmo de demanda a la cual debe ir la producción, principalmente se refiere a la velocidad con la que el producto debe ser elaborado por la empresa para satisfacer los requerimientos del consumidor, como indica la *ecuación (16)*.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda del cliente}} \quad (16)$$

El objetivo de este indicador es tener periodos de requerimiento del cliente igual al periodo de ciclo de producción. Representado en la *ecuación (17)*.

$$\text{Takt Time} = \text{Tiempo Ciclo} \quad (17)$$

1.4.9.3. Kanban

Se menciona a una técnica de programación, comunicación y control de la manufactura basado en tarjetas (Kanban), el cual enfoca que cada proceso recoge la cantidad de componentes de los procesos antecesores, y con ello emprende la producción de los elementos que se requieren, sincronizando todo el proceso, proveedores y a su vez la línea de ensamblaje.

Las tarjetas contendrán información de cada contenedor indicando la cantidad de componentes, denominación, código de pieza, lugar donde se almacena, material, lote, etc. En la *Figura 18* se puede observar una ficha Kanban.

KANBAN	
CÓDIGO Art. 63 10 2200	
DESCRIPCIÓN PLA 63x10x2200	
Cantidad a fabricar	Consumo promedio
50	100
Cantidad de Tarjetas KANBAN	
2 de 2	
Almacén Estante:	
A 02	
Material:	
63x11	

Figura 18. Ejemplo de ficha Kanban. [8]

Con esto se pretende evitar la sobreproducción, trabajar con inventarios pequeños, generar confianza para que los clientes reciban sus productos a tiempo y eliminar la complejidad de la programación de producción.

Para calcular el número de piezas por Kanban, se emplea la *ecuación (18)*:

$$\text{Kanban (u)} = \text{T.E.} \times \text{D} \times \text{U} \times \% \text{VarDem} \quad (18)$$

Donde:

D : Demanda, pedido semanal (u/semana)

T.E. : tiempo de entrega que tiene proveedor int. o ext. (semana)

U : número de ubicaciones (se recomienda 2 ubicaciones en su implementación)

% VarDem : Porcentaje variación demanda, (desv. estandar / promedio)

1.5. Conclusiones del capítulo

Los procesos industriales son muy dinámicos y están en constante evolución; por ello se observa que para los diversos períodos del avance industrial han ido cambiando de acuerdo con los requerimientos del cliente, desarrollos tecnológicos, energías autosustentables y competencia de empresas.

La metodología Lean Manufacturing tiene una amplia practicidad para su implementación en las diferentes industrias; por lo que se han desarrollado varias herramientas operativas las cuales inciden directamente en cultura de las empresas y los operarios, evidenciando que en general se pretende eliminar los desperdicios en la fabricación de los productos para optimizar los procesos de producción y satisfacer las expectativas que demanda el consumidor, lo cual permitirá establecer indicadores de productividad.

Para la fabricación de cerraduras mecánicas de combinación, se denota que la empresa posee una estructura organizacional muy tradicional la cual limita el desarrollo de herramientas de producción esbelta, se encuentran problemas de forma y fondo que inciden en la demora para la producción, por lo que surge la necesidad de levantar la información, identificar los procesos y plantear soluciones que beneficien a los intereses empresariales.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Introducción

Se debe tener en cuenta que la investigación es una acción enfocada en encontrar problemas y plantear soluciones, basadas en la aplicación de procesos científicos, metódicos e incluso estadísticos; en este sentido en su estudio menciona Guevara et al. [25]: “Los métodos de investigación localizan y delimitan un problema, permiten recolectar datos importantes para generar hipótesis que posteriormente sean probadas o respaldadas”. Por consiguiente, esta investigación se orienta el plantear una invitación de mejora a la productividad para la construcción de cerraduras mecánicas de combinación, debido a que los procesos desarrollados no llevan un registro específico, que ayude a tomar decisiones de manera ágil y oportuna para gerencia.

Para estudiar esta problemática, es preciso indicar sus orígenes. Uno de ellos, radica en que su estructura organizacional es muy conservadora, y no da apertura para que se establezca una nueva distribución, conllevando a que los procesos sean desarrollados por personas de extrema confianza debido a la naturaleza de la empresa (fabricación de cerraduras de seguridad). De aquí se desprende problemas de falta de registro de producción, celo profesional, mano de obra poco técnica y una alta rotación de personal.

El análisis a esta problemática se la efectúa por el interés de conocer por que se genera un retraso en la producción. Esto permite identificar las relaciones existentes entre el incremento de la productividad y la aplicación de conceptos de fabricación esbelta. Asimismo, ayuda a definir acciones que permitan establecer indicadores (KPI's) para incrementar la productividad y la toma de decisiones.

Con estos antecedentes se pudo realizar la implementación de soluciones prácticas y sencillas hasta poder atacar el problema raíz para el incremento de la producción, donde se valora la evolución del proceso hasta alcanzar una madurez. Como parte importante dentro del proceso, es fomentar la vinculación del proveedor, operarios y cliente, donde se puede recabar información valiosa tanto en la provisión de materias primas, como en la producción de estas y saber cuál es la satisfacción del producto por parte de nuestros clientes.

La suma estas acciones encamina a tener una propuesta sólida, con bases, y que sea el pilar fundamental para que la empresa implemente, y a futuro llegue a alcanzar sistemas integrados de gestión para que aplique a una certificación de calidad.

2.2. Diseño de la investigación

La planificación para desarrollar un modelo de gestión que permita optimizar la productividad en la obtención de cerraduras de combinación con la aplicación de herramientas y conceptos de producción esbelta inicia a partir de la levantar la realidad actual de los procesos, identificar los principales problemas de producción, determinar aplicabilidad de herramientas de productividad donde se establezca indicadores de calidad.

Siendo así, para cumplir con el propósito de conocer la realidad de los procesos se plantea proceder de la siguiente manera:

- Elaborar diagrama de las técnicas actuales.
- Cuantificar el tiempo que toma cada uno de los procesos.
- Identificar mediante encuesta si aplican conceptos de manufactura esbelta en la fabricación de cerraduras de combinación.

Para determinar las posibilidades de perfeccionamiento de los procesos, se propone analizarlos aplicando los siguientes pasos:

- Analizar los principales problemas de producción para la fabricación de cerraduras de combinación.
- Proponer una secuencia lógica y ordenada de los procesos.
- Seleccionar herramientas de mejora para la línea de producción.

Asimismo, con el objeto de valorar la aplicabilidad de herramientas Lean Manufacturing, se aborda de siguiente manera:

- Verificar mediante entrevista si la organización de fábrica, se apegan a un procedimiento integrado de gestión.
- Demostrar si la aplicación de conceptos de producción esbelta está relacionada con la mejora de la fabricación.

- Valorar si la reestructuración de los procesos, bajo un concepto de manufactura esbelta son beneficiosos para la organización.

Con el propósito de establecer indicadores del rendimiento de los procesos, se establece de la siguiente manera:

- Instaurar parámetros de eficacia y eficiencia del proceso.
- Generar matriz de reportes que faciliten la toma de decisiones.

2.3. Modalidad de la investigación

Señalan en su publicación Hernández-Sampieri y Mendoza [26]: “La ruta cuantitativa es apropiada cuando queremos estimar las magnitudes u ocurrencia de los fenómenos y probar hipótesis”. En este contexto la modalidad de investigación aplicada tiene un enfoque de investigación cuantitativa, se realizó una serie de entrevistas a la gerencia, encargados de procesos y operarios. De estas conversaciones con los encargados y operarios se abordaron temas del retraso de producción, reprocesos de los componentes, fallas de inyección y experticia de los operadores.

Para la recolección de datos se seguirá mediante una investigación de campo conforme menciona en su trabajo Arias:

... La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. [27].

En este sentido, se seguirá una investigación no experimental donde se formularon encuestas para levantar la realidad del proceso, encontrar cuellos de botella y corroborar la hipótesis.

2.4. Tipos de investigación

La orientación de esta investigación se fundamenta en un procedimiento cuantitativo, debido a que se necesita probar la ocurrencia de los aspectos que desencadenan una baja productividad en la fabricación de cerraduras de combinación. Este enfoque permite en nuestro caso, observar cómo se desarrollan los procesos en la línea de producción, identificar los problemas de producción y levantar el tiempo de las fases.

Debido a la diversidad de los aspectos que inciden en la producción, esta investigación además ha empleado varias técnicas para el análisis de datos con el objetivo de definir los parámetros fundamentales; donde ha desarrollado una maniobra no experimental para el desarrollo de encuestas a los operarios y gerencia, ya que se desea analizar las acciones en un contexto natural, sin manipular las variables.

Como se había indicado anteriormente, la investigación exploratoria también forma parte de este diseño, la cual ayudará a complementar y tener un espectro más amplio para exponer con mayor exactitud las interrogaciones de investigación e identificar los problemas en los procesos, precisar que mejora se puede establecer en el proceso, con lo que se pretende establecer indicadores (KPI's) de la productividad.

En términos generales, se plantea realizar una investigación transversal descriptivo, en virtud que los datos serán recolectados en un tiempo y espacio determinado.

2.5. Métodos de la investigación

Establece el método de investigación y contextualiza en su publicación, Calduch [28]: “conjunto de tareas o procedimientos y de técnicas que deben emplearse, de una manera coordinada, para poder desarrollar correctamente y en su totalidad las etapas del proceso de investigación.”. Entendiendo que la elección de las técnicas de investigación depende del caso a evidenciar, los objetivos a demostrar y la perspectiva del científico.

Por tal razón, para poder desarrollar este proyecto se contempla los siguientes métodos de investigación:

Con el propósito de encontrar de primera instancia la situación que se engendra de la visualización directa que se realiza in situ; se opta por la aplicabilidad del método científico descriptivo, cuya finalidad es obtener con la máxima exactitud, la información significativa sobre los hechos suscitados. Se debe dejar en claro que la información que aporta este método es subjetiva, ya que nunca es una información completa del suceso investigado, por lo que se debe observar el efecto, formular el hecho y verificar la conjetura.

Por su parte, una vez que se ha probado el hecho investigado, se considera el uso del método deductivo; donde Calduch [28] y Abreu [29] concuerdan que esta técnica, es adaptable una vez que se demuestra que el suceso investigado pertenece a los sucesos contemplados por la colectividad científica para categorizar que pertenece a dicha realidad. Dando cabida a la relación causa-efecto, la misma que dará un diagnóstico de los problemas y permitirá identificar soluciones concretas, se podrá establecer conclusiones específicas y recomendaciones vinculantes.

2.6. Técnicas e instrumentos

Es imprescindible que toda investigación, debe estar respaldada sobre información confiable y verificable, con la que se pretenda demostrar una hipótesis establecida; es por ello que Torres [30] en su publicación menciona que el método de recopilación de valor se debe llevar a cabo de forma estructurada, considerando los objetivos y profundidad de la información que se va a recolectar, de tal forma que se obtenga resultados incuestionables. Con estas consideraciones, en esta investigación de campo se han planteado las siguientes metodologías e instrumentos para la recopilación de información:

2.6.1. Observación:

El uso para esta técnica se plantea para visualizar los hechos suscitados de su estado natural acorde a los objetivos de la investigación preestablecidos, donde no se interfiere sobre el comportamiento o resultados. Con ello se pretende lograr una descripción específica de la línea de producción, para plantear un incremento en la elaboración de cerraduras mecánicas de combinación.

2.6.2. Encuesta:

La encuesta define en su publicación Arias [27]: “una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular.”. De ello se pretende recopilar información de manera oral y escrita de los operarios en temas específicos, sobre las complicaciones de manufactura que se exhiben en la fabricación de cerraduras mecánicas de combinación.

Dentro de esta técnica se ha establecido como instrumentos, cuestionarios dicotómicos, relacionado a las principales falencias de producción, mismo que abarca sus diferentes etapas del proceso. Asimismo, se plantea un cuestionario inherente a las posibilidades de incrementar la fabricación con la aplicación de principios de manufactura esbelta.

2.6.3. Entrevista:

Como parte complementaria, se emplea esta técnica que se basa en un conversatorio cara a cara con el gerente de producción, con el propósito de averiguar de forma ampliada y detallada, aspectos específicos sobre el entorno existente de la fábrica y como se encuentra frente a un análisis del sistema de calidad, lo cual ayudará a tener una comprensión profunda para inferir estos datos al objetivo de estudio.

Para poder tener una claridad respecto al cumplimiento de la madurez del procedimiento de calidad, se aplica la herramienta de autoevaluación de elementos estratégicos conforme ISO 9004:2009 [31]; donde se identificará las actividades que necesitan mejora.

2.7. Operacionalización de las variables

La operacionalización es un tecnicismo empleado en distinguir al método; mismo que descompone la variable abstracta analizada, en términos específicos, observables y cuantificables. En tal virtud, Espinoza [32] desarrolla una actualización de los conceptos de operacionalización, y precisa que esta categorización es ventajosa por su aplicabilidad, simplicidad y jerarquía de los resultados de investigación, por esta razón en la *Tabla 2* se ha estructurado de la siguiente manera:

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Índice	Técnicas	Instrumentos
Independiente Aplicación de herramientas Lean Manufacturing	Conjunto de actividades encaminadas a desarrollar una cultura sostenible y ejecutar una producción ordenada	Sistemas Integrados de Gestión	5s	Grado de cumplimiento	Medición	Evaluación/Auditoría
			Kanban	Grado de cumplimiento	Medición	Evaluación/Auditoría
			OEE	Efectividad Total de los Equipos	Medición	Registro de producción
Dependiente Mejora de productividad en la fabricación de cerraduras de combinación	Capacidad que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la producción	Productividad	Eficacia	Capacidad de cumplimiento metas	Medición	Registro de producción
			Eficiencia	Capacidad de utilización equipos	Medición	Registro de producción

2.8. Población y muestra

Se debe indicar que el propósito para realizar una investigación, parte de definir el problema a analizar, y dependiendo de su magnitud o implicaciones se determinará una muestra la cual puede ser representativa o no para la población (universo); en este sentido, Otzen y Manterola [33] en su publicación, realizan un recorrido a las técnicas de muestreo más empleadas dentro de la investigación clínica, donde denotan que la representatividad de la muestra ayuda a generalizar (inferir) conclusiones hacia una población.

En tal sentido, y con el propósito de recabar información necesaria de todos los departamentos para desarrollar una investigación coherente a la incidencia de la productividad en la fabricación de cerraduras de combinación, y de acuerdo con la estructura organizacional del equipo de trabajo de la organización indicado en la *Figura 19*, ha seleccionado como muestra a 14 empleados involucrados en el proceso. Se opta por esta técnica de muestra no probabilística intencional de tipo censal, en virtud que incluye la totalidad de población para investigación.

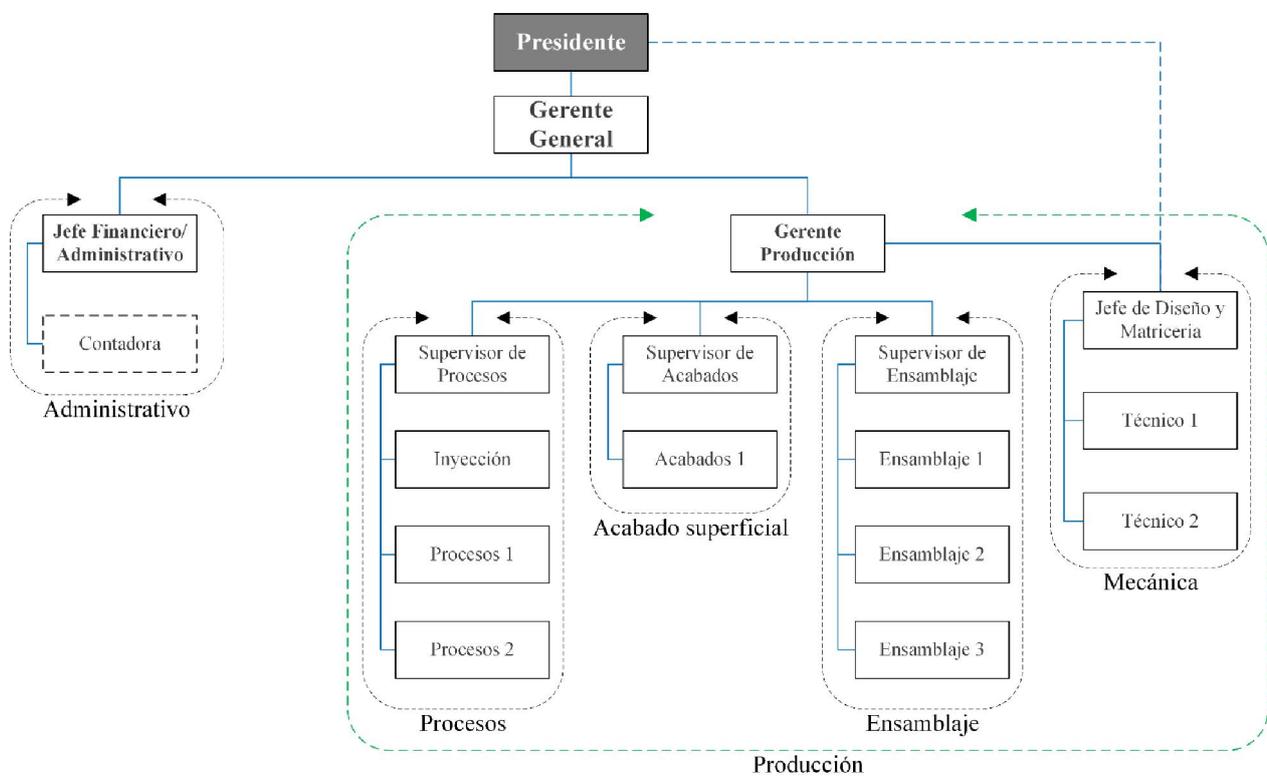


Figura 19. Organigrama de la empresa.

2.9. Resultado de técnica de desarrollado

En términos generales, esta técnica aplicada a la investigación se encuentra enmarcada en la identificación de problemas que generan retrasos de la productividad para la fabricación de cerraduras de combinación. Los resultados de esta investigación permitirán demostrar la incidencia que posee la ejecución de herramientas de manufactura esbelta sobre la fabricación, de igual forma se podrá identificar los principales problemas que afectan a la elaboración de cerraduras, adicionalmente se podrá realizar propuestas de mejora sobre hechos suscitados en la producción.

2.10. Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se ha generado diversas metodologías para el desarrollo de la investigación, sin embargo esto no puede esquematizar que una técnica es mejor que la otra, ya que a lo largo de la historia se evidencia que el campo de investigación es muy amplio, por lo que se han desarrollado varias técnicas para demostrar y exponer las principales variables de análisis; de esta forma y enfocado dentro del marco de este caso de estudio, se ha optado por emplear una metodología cuantitativa no experimental, la misma que permite levantar la información de campo sin tener una injerencia de los datos del proceso.

Las técnica e instrumentos aplicados se enfocan en analizar la información proporcionada por todos los empleados involucrados en el proceso, ya que representa la totalidad de la población de muestreo no probabilístico intencional de tipo censal, donde se analiza e interpreta la información para desarrollar el análisis de hipótesis, de modo que permita tener diagnósticos claros, conclusiones precisas y plantear propuestas específicas.

Parte complementaria del análisis, es encontrar los indicadores de rendimiento que implícitamente está manejando la empresa, para definir cuan eficientes son los procesos o en su defecto identificar que oportunidades de mejora se consideran viables.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Introducción

Para tener una mejor comprensión de la fabricación de la cerradura de combinación, es preciso identificar cual es el macroproceso donde se realiza el levantamiento de la información, se analiza el proceso y se bosqueja una propuesta de mejora. Por la naturaleza y concepción de la organización, la población de investigación concierne a toda lo que está inmersa en el proceso de producción.

Con base en la información recabada en la línea productiva de la cerradura, se debe abordar con una medición de tiempos de ciclo, secuencia de procesos, actividades de planificación de los requerimientos de materiales y un diagnóstico de la utilización de las herramientas lean manufacturing; las cuales registran la situación actual del proceso, identifican los cuellos de botella y generan información preliminar para fundamentar la disposición.

Por intermedio del software RStudio y con la información obtenida en la investigación, permite contrastar la hipótesis del proyecto planteada y analizar la incidencia de herramientas de manufactura esbelta sobre la mejora de la fabricación, generando evidencia estadística documentada que respalde la toma de decisiones y establecimiento de indicadores de calidad.

Parte fundamental es poder analizar con herramientas de autoevaluación, si en las condiciones actuales la empresa se apega a una visión de la calidad con madurez para sus diferentes niveles.

El análisis de todas estas acciones encamina a tener un diagnóstico claro y específico sobre los principales problemas que se están produciendo y como se puede confrontarlos para la mejora de la producción.

3.2. Descripción de situación actual

3.2.1. Identificación del macroproceso

El macroproceso donde se realiza el levantamiento y propuesta de mejora, es en la fase de producción (operativos), debido a que es la parte más representativa de la organización y la que genera los principales ingresos, a su vez también es la que consume gran parte de los recursos de la empresa para su ejecución, es donde se genera el valor agregado del producto; en la *Figura 20* se puede apreciar los macroprocesos que posee la empresa y como está concatenada su secuencia.

Conforme esta disposición, se establece que las etapas de producción y ensamblaje son donde se presentan la mayoría de los inconvenientes relacionados al rendimiento y cumplimiento de la producción, es donde se concentra el mayor número de empleados, situación por la cual conlleva a que la investigación se centre en estas fases.

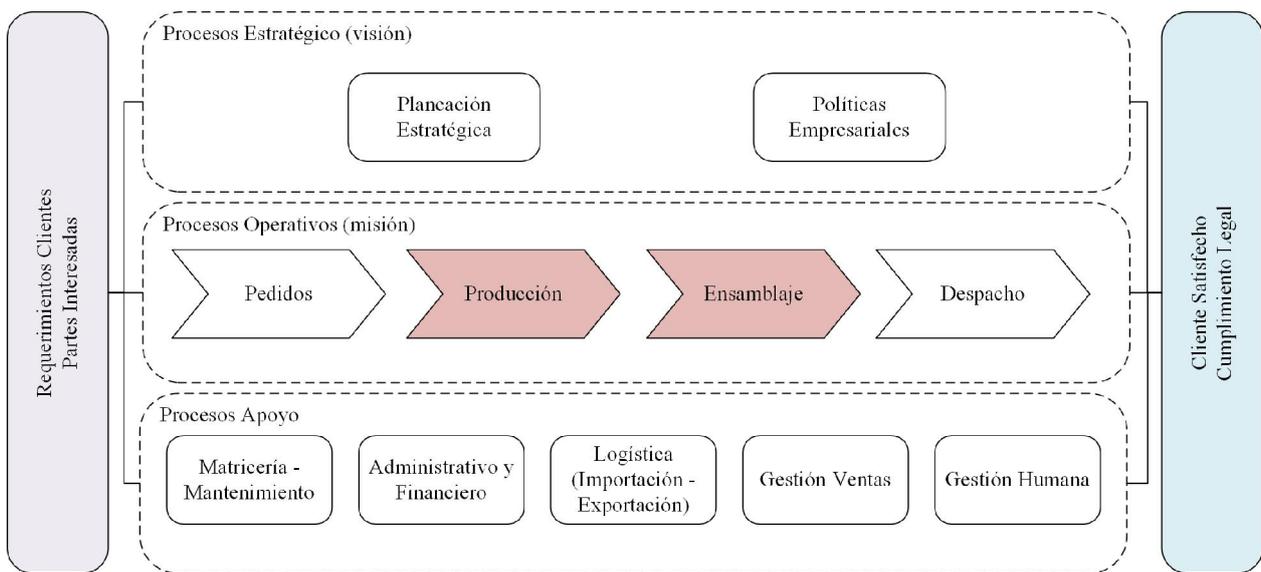


Figura 20. Macroprocesos actuales identificados en la empresa.

Este macroproceso operativo se lo define dentro de la empresa como la asociación de procesos, los cuales llevan a transformar la materia prima (zamak) por medio de termo inyección y desprendimiento de viruta, a partes y piezas técnicamente acoplables formando

sub-ensamblajes, para conformar una cerradura mecánica de combinación conforme se indica en la *Figura 21*.

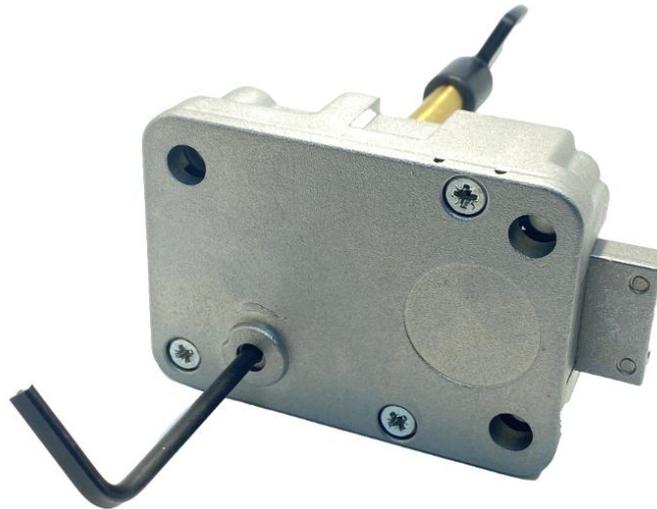


Figura 21. Cerradura mecánica de combinación 3909.

3.2.2. Flujograma del proceso

Para poder analizar y describir el comportamiento de las etapas de producción y ensamblaje dentro del macroproceso operativo; primero se debe identificar los seis componentes estructurales que se realiza en la empresa conforme se indica en la *Figura 22*, los cuales son fabricados en zamak, representan la esencia del producto y que se han convertido en las partes que mayor problemática presentan al momento del ensamblaje. Esta discretización se la realiza debido a que los demás componentes son suministrados por proveedores nacionales e internacionales, y no se tiene inconvenientes dentro del proceso de ensamblaje.

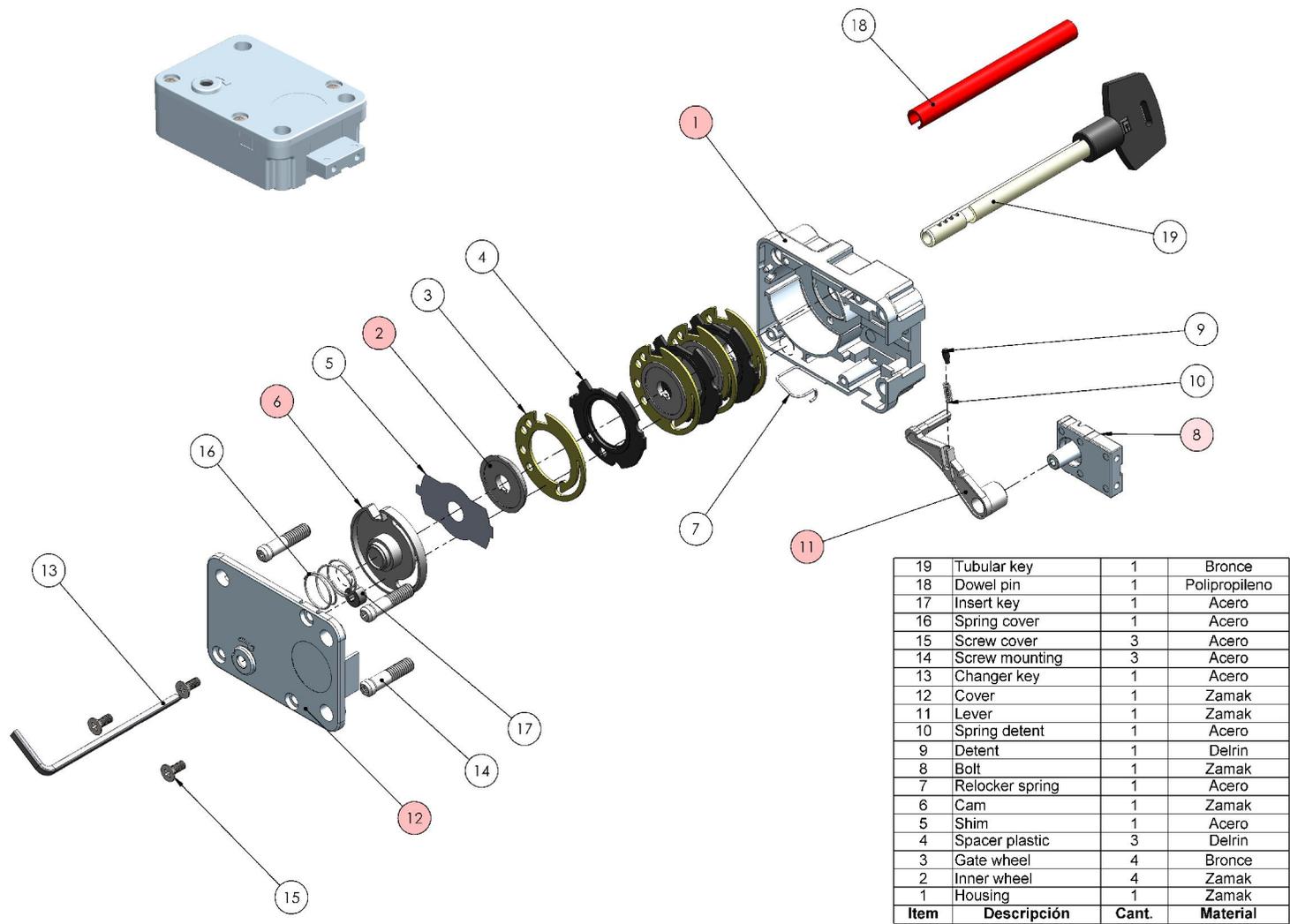


Figura 22. Despiece de cerradura mecánica de combinación.

Conforme el organigrama de la empresa indicada en el Capítulo II, las responsabilidades del departamento de Producción, liderada por el Gerente de Producción; son realizar la correcta planificación, dirección, revisión y estimación de todos los procesos relacionados con la actividad productiva en la fábrica, paralelamente se encarga del mayor bienestar del recurso humano y operativo en las diferentes secciones.

Asimismo, existen supervisores para las diferentes secciones de producción, lo cuales tienen a su cargo operarios que están capacitados en realiza los diversos procesos que demanda la fabricación de cerraduras. A su vez se presenta un equipo de mecánicos que son los encargados del soporte para matricería, producción e innovación en los prototipos de cerraduras.

Con estos antecedentes se ha desarrollado un diagrama de flujo esquemático que ayuda a tener una mejor comprensión en la fabricación de cerraduras de combinación, donde se sintetiza a los procesos de inyección, maquinado – desbarbado, acabado superficial y ensamblaje – empaqueo, que reciben los componentes conforme se exhibe en *Figura 23*.

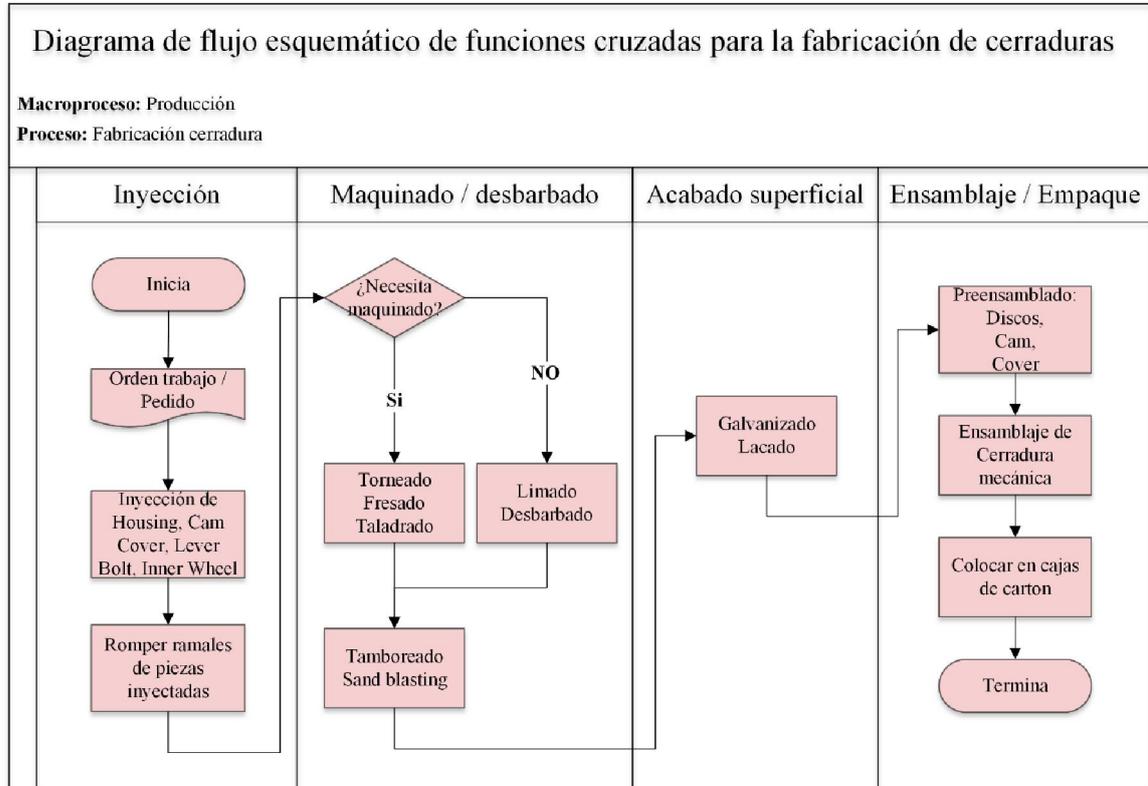


Figura 23. Diagrama de flujo esquemático para fabricación de cerraduras.

3.2.3. Niveles de producción

Conforme se explicó en el Capítulo I, la empresa cuenta con varias líneas de producción para los sistemas de seguridad; donde las cerraduras mecánicas representan un 73 % de las ventas, en tal sentido la *Figura 24* indica una gráfica histórica de ventas de los últimos 5 años, llegando a tener un promedio de ventas anuales de 12931 unidades, cabe destacar que los dos últimos años han sufrido una disminución considerable debido a la incidencia de la pandemia SARS-CoV-2 (Covid-19) a nivel internacional. Los principales consumidores de este tipo de producto son Brasil, Estados Unidos y Unión Europea, donde se puede concluir que se necesitan un promedio de 1000 cerraduras mensuales.

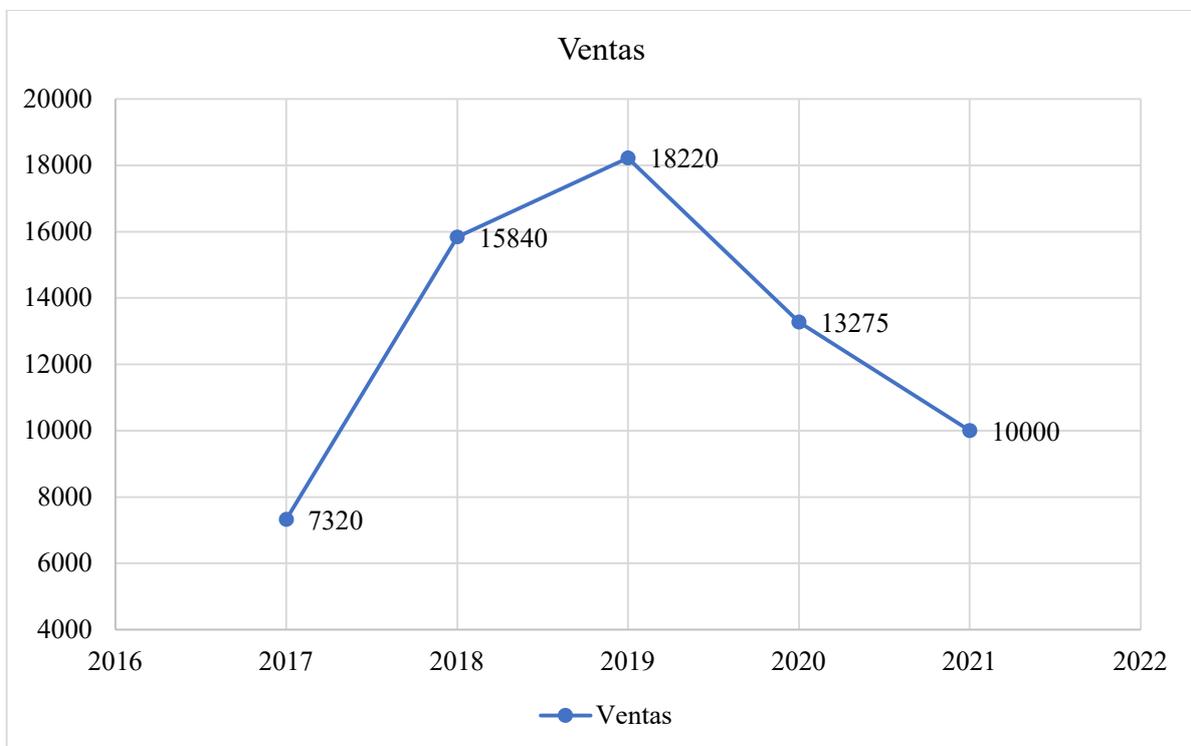


Figura 24. Valores históricos de ventas de los últimos 5 años.

3.2.4. Distribución de planta

Conforme se muestra en la *Tabla 3*, dentro de la línea de elaboración para la obtención de cerraduras se dispone de máquinas de inyección, tornos, taladros fresadores, lijadoras, tamboreadoras y máquinas de sand blasting.

Tabla 3. Maquinaria de línea de producción.

Descripción	Cantidad
Inyectora	2
Torno	3
Taladro de banco	2
Fresadora de banco	2
Lijadora	2
Tamboreadora	2
Sand Blasting	1

Para desarrollar el proceso de producción y ensamblaje de la cerradura mecánica de combinación, se lo realiza en una superficie de 900 m² la misma que se encuentra distribuida en áreas de inyección, maquinado, acabado superficial y ensamblaje, conforme se indica en la *Figura 25*.

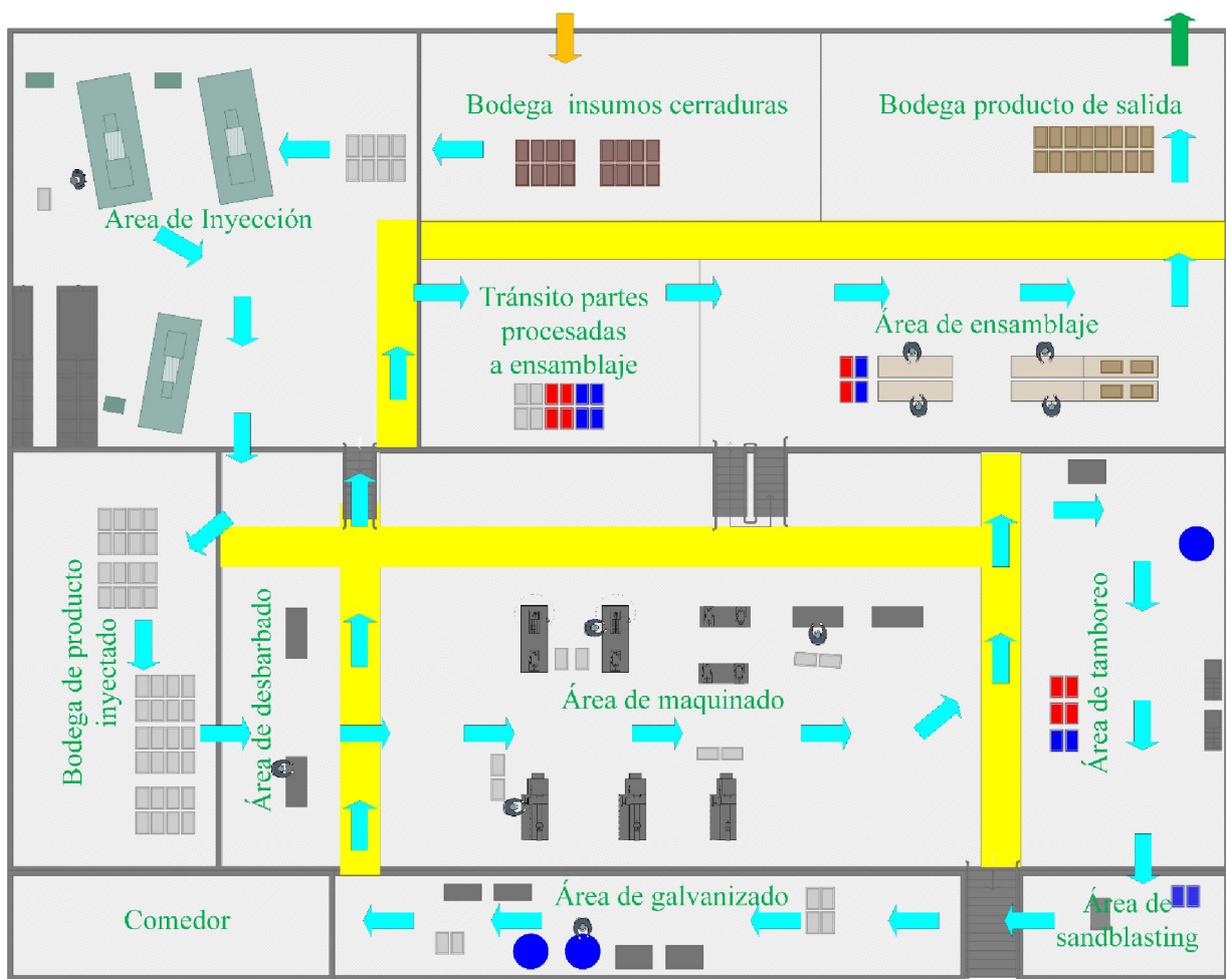


Figura 25. Distribución de la planta.

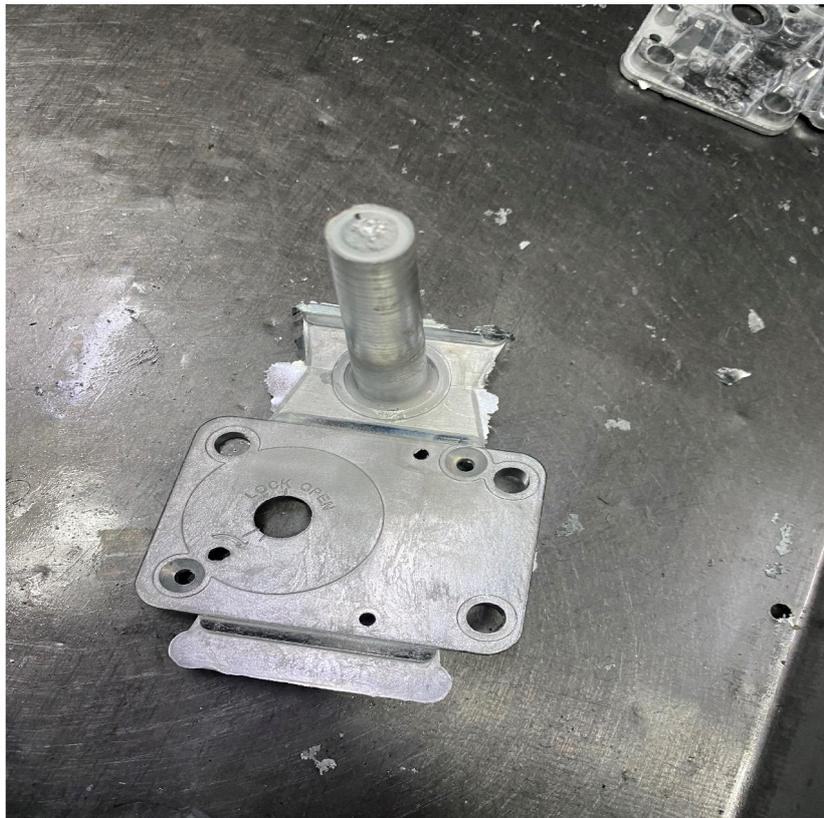
3.3. Análisis de la situación actual

Conforme se indicó en el esquema de la *Figura 23*, se ha sintetizado los procesos que reciben los componentes para poder tener una mejor comprensión, se representa cada una de estas fases donde se resumen los tiempos empleados en cada uno de ellos.

3.3.1. Proceso de Inyección

La empresa enfocada en su objetivo de producir cerraduras mecánicas de combinación, ha sido muy flexible y ha podido adaptarse ante los nuevos requerimientos de los clientes; de tal forma se observa que, en su afán de cumplir, los componentes producidos en planta mediante inyectoras metálicas, poseen flashing (rebabas), producto de tener moldes desgastados, fisurados y en ciertas ocasiones reparados.

En la *Fotografía 1* se puede apreciar las rebabas perimetrales, respiraderos y cono de inyección del cover de la cerradura mecánica de combinación.

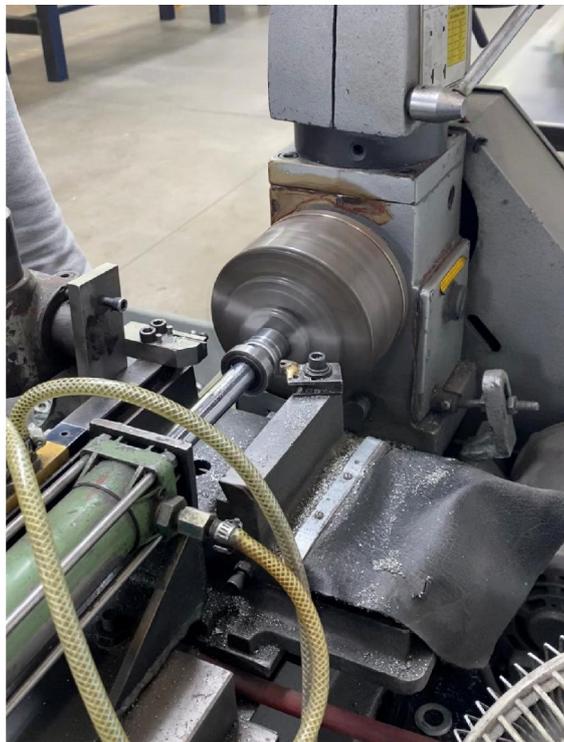


Fotografía 1. Inyección de cover para cerradura mecánica.

3.3.2. Proceso de Maquinado

Producto del desgaste de los moldes de inyección de los diversos componentes, se está realizando varios procesos y reprocesos para eliminar rebabas, corregir diámetros, espesores y en ciertas ocasiones correcciones de geometrías. Para desarrollar estos procesos se emplean tornos, fresadoras, taladros.

En la *Fotografía 2* se puede indicar el proceso de corrección de diámetro del inner wheel que está siendo realizado por un operario en un torno-fresador.



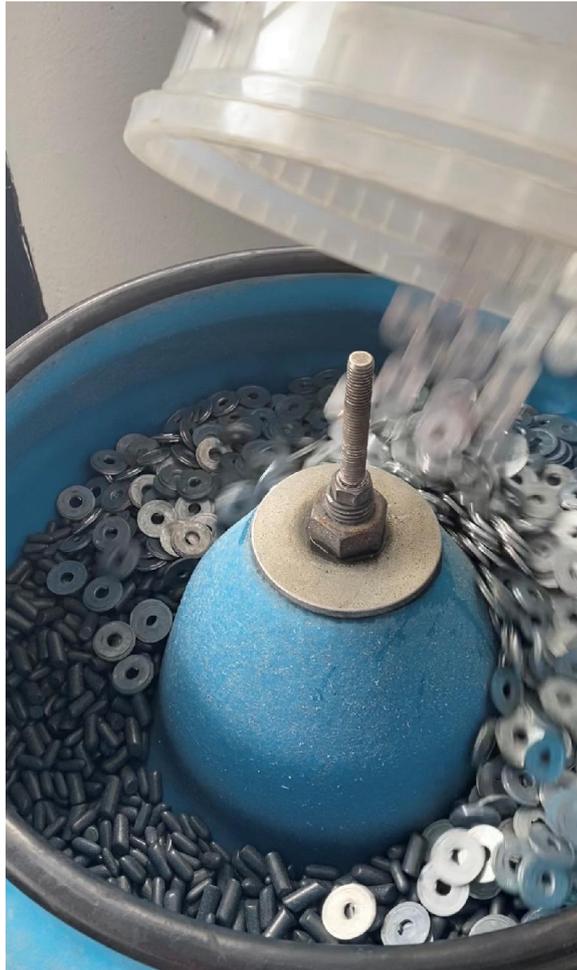
Fotografía 2. Proceso de corrección de diámetro externo inner wheel.

3.3.3. Proceso de Desbarbado

El acabado superficial es una parte fundamental dentro de la fabricación de cerraduras; es por ello que, para alcanzar un excelente acabado, los componentes primero deben someterse

varios procesos lijado, tamboreado (rotofinish) o arenado (sandblasting) para la eliminación de aristas vivas.

En la *Fotografía 3* se puede observar el uso de abrasivos cerámicos cilíndricos en una máquina tabreadora para eliminar filos cortantes y mejorar la rugosidad.



Fotografía 3. Tamboreado de inner wheel mediante abrasivos cerámicos.

3.3.4. Proceso de Acabado Superficial

Como se mencionó anteriormente, el acabado superficial que reciben los diferentes componentes de la cerradura, son bastante exigentes debido a que va a estar expuesta a

ambientes nocivos y se debe asegurar que la misma no presente ninguna anomalía de operación.

Adicionalmente es la parte estética para el cliente, es la primera impresión que se llevan, en la *Fotografía 4* se muestra el baño de laca que recibe el cover de la cerradura de combinación, para luego continuar con el curado de la capa superficial en un horno.



Fotografía 4. Baño de laca al componente cover de la cerradura de combinación.

3.3.5. Proceso de Ensamblaje

Para concluir con el proceso para la fabricación de las cerraduras de combinación, se realiza el montaje de sus partes, componentes y sub-ensamblajes, los cuales han recibido varias etapas para su preparación. En la *Fotografía 5* se puede apreciar como el operario se encuentra colocando el lever en la cerradura.



Fotografía 5. Ensamblaje de cerradura de combinación.

3.3.6. Estudios de tiempos

Para determinar la cantidad de tiempo de los procesos actuales, se ha realizado seis mediciones aleatoria a los componentes de la cerradura mecánica producidos en la empresa; y a su vez, acorde a lo descrito en la publicación de Freivalds y Niebel [24] se ha estimado un índice de desempeño de 1.18 % en concordancia con las sugerencias de Organización Internacional del Trabajo (OIT). La *Tabla 4* se puede apreciar un resumen de los tiempos observados y la producción que se alcanza en una jornada laboral de 440 minutos útiles.

Tabla 4. Tiempos de producción componentes cerradura mecánica.

Proceso	T. Normal [seg/u]	T. Trabajo [min/día]	Producción [u/día]
Fabricación Housing (caja)	263.63	440	100
Fabricación Cover (tapa)	197.12	440	133
Fabricación Cam (leva)	179.03	440	147
Fabricación Lever (palanca)	142.88	440	184
Fabricación Bolt (pestillo)	140.70	440	187
Fabricación Inner Wheel (ruedas)	117.63	440	224

De similar manera se ha empleado esta metodología para determinar las etapas de ensamblaje de la cerradura mecánica, en la *Tabla 5* se puede evidenciar los tiempos que tarda cada ensamblaje y la producción diaria que se obtiene.

Tabla 5. Tiempos de ensamblaje cerradura mecánica.

Proceso	T. Normal [seg/u]	T. Trabajo [min/día]	Producción [u/día]
Ensamblaje Cerradura Mecánica	327.25	440	80
Preensamble Inner Wheel	17.84	440	1479
Preensamble Cam	17.70	440	1491
Preensamble Cover	35.99	440	733

Bajo estas consideraciones se observa que para la fabricación de una cerradura mecánica se tiene tiempos considerables (1846.17 seg/unidad), debido a que los moldes de inyección presentan desgastes y para el normal funcionamiento de los componentes se están realizando procesos, reprocesos y verificaciones que demandan mucha atención.

Para cumplir con el pedido promedio de 1000 unidades mensuales, se observa que deben trabajar priorizando el ensamblaje de este producto en las cuatro semanas del mes o en su defecto complementar con horas extras.

Para una mejor comprensión se puede revisar el *Anexo 1* correspondientes a la medición de tiempo de los procesos observados.

3.3.7. Plan maestro de requerimiento de materiales (MRP)

Con el propósito de corroborar lo afirmado en el estudio de tiempo, se realiza una planificación maestra de exigencia de materiales del ensamblaje de cerraduras mecánicas. En la *Tabla 6* se puede apreciar la cantidad de componentes que se puede producir y el tiempo de entrega.

Tabla 6. Lead time componentes de cerradura mecánica.

	Descripción	Nivel	Tiempo de espera [semana]	Lote de entrega [u]
Producción	Ensamblaje Cerradura	0	1	400
	Housing	2	1	500
	Cover	2	1	665
	Cam	1	1	735
	Lever	1	1	920
	Bolt	1	1	935
	Inner Wheel	2	1	1120
	Preensamble Cover	1	1	1000
	Preensamble Discos	1	1	1850
	Preensamble Detent	1	1	900
	Preensamble Caja	1	1	800
Importación	Gate Wheel	2	2	4000
	Shim	1	1	1000
	Insert key	2	1	1500
	Changer Key	1	1	800
	Tubular Key	1	1	600
Proveedor Nacional	Spacer plastic	1	1	1500
	Detent	2	1	1500
	Spring detent	2	1	2000
	Relocker spring	2	1	1200
	Spring cover	1	1	1000
	Screw cover	1	2	2000
	Screw mounting	1	2	2000
Dowel pin	1	1	1000	

El objetivo principal para desarrollar un MRP, radica en generar una planificación ordenada para la producción y entrega de producto, tener un adecuado manejo del stock de inventarios y evitar los cuellos de botella, con lo que se espera eliminar desperdicios en la fabricación de la cerradura de combinación.

En la *Figura 26* se indica la estructura de los componentes que conforman la cerradura de combinación, así como entre paréntesis se señala las cantidades requeridas para cada ensamblaje.

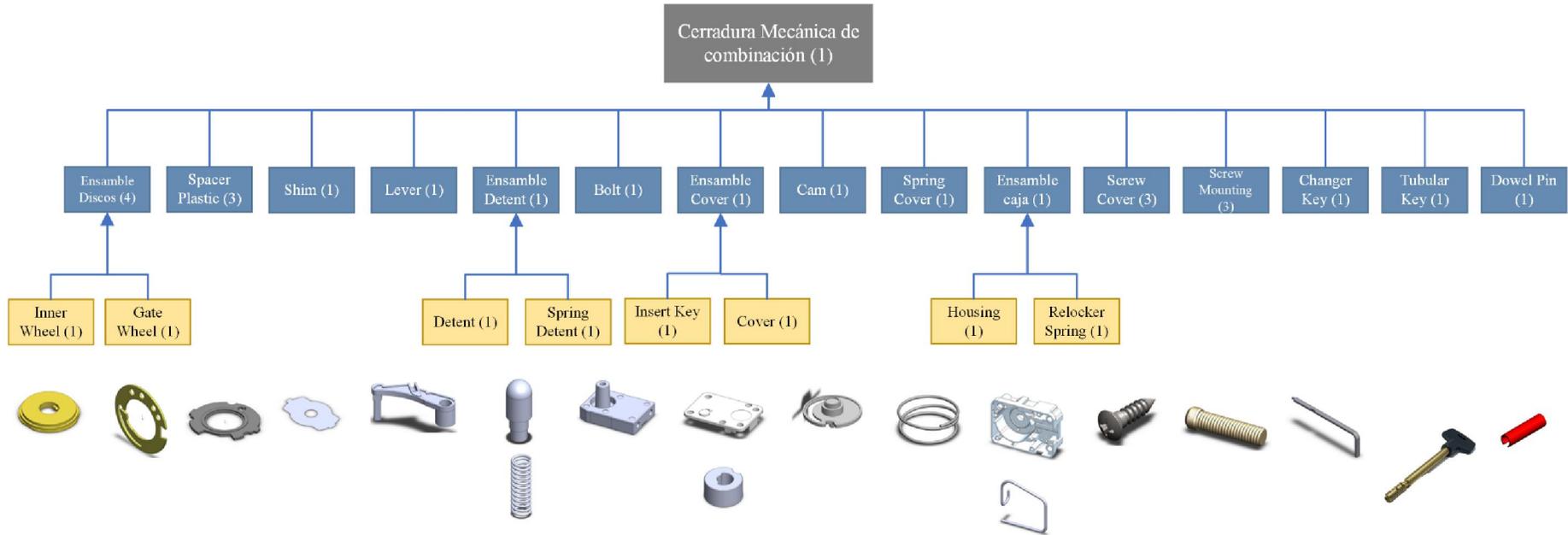


Figura 26. Estructura de los componentes para la fabricación de una cerradura de combinación.

Luego del análisis del MRP se puede concluir que, bajo la actual planificación para cumplir con el pedido de 1000 cerraduras mensuales, la producción de ciertos elementos (Inner Wheel) debe iniciar tres semanas antes de que se realicen el pedido; por lo que obliga a que se establezca inventarios previos a la producción conforme muestra la *Tabla 7*.

Tabla 7. Resumen del plan de requerimiento de materiales para la cerradura de combinación.

Descripción	Cantidad de Aprovisionamiento [u]	Liberación de producción [Semana]	Inventario previo producción [u]
Cerradura Mecánica de Combinación	0	0	0
Ensamble discos	1850	0	1850
Inner Wheel	1120	-3	4480
Gate Wheel	4000	-2	8000
Spacer plastic	1500	-1	3000
Shim	1000	0	1000
Lever	920	0	920
Ensamble Detent	900	0	900
Detent	1500	-1	1500
Spring Detent	2000	-1	2000
Bolt	935	0	935
Ensamble Cover	1000	0	1000
Insert key	1500	-1	1500
Cover	665	-2	1995
Cam	735	0	735
Spring cover	1000	0	1000
Ensamble Caja	800	0	800
Housing	500	-2	1500
Relocker spring	1200	-1	1200
Screw cover	2000	0	2000
Screw mounting	2000	0	2000
Changer key	800	0	800
Tubular key	600	0	600
Dowel pin	1000	0	1000

Para una mejor comprensión se puede revisar el *Anexo 2* correspondiente a la planificación del requerimiento de materiales para la producción de cerraduras de combinación actual.

3.3.8. Pronóstico de ventas

El principio de todo negocio es ampliar su capacidad de ventas, para mejorar los niveles de ingresos a la organización; en este sentido con el propósito de poder estimar un pronóstico de ventas se ha realizado una proyección para el año 2022, considerando la incidencia de la pandemia SARS-CoV-2 (Covid-19) en todas las regiones del planeta.

El método planteado para realizar el pronóstico de ventas, se basa en los mínimos cuadrados ya que en principio se desea establecer la recta de regresión lineal la que permite optimizar los residuos para computar los valores (coeficientes) de regresión. Se puede apreciar la *Figura 27*, que demuestra la proyección de ventas para el año 2022, donde se considera que tendrá una tendencia de crecimiento de 13770 unidades anuales, lo que se traduce a una producción mensual de aproximadamente 1148 cerraduras de combinación, con lo que se establece que los procesos deben incrementarse al menos un 14.8 % para cumplir con la demanda.

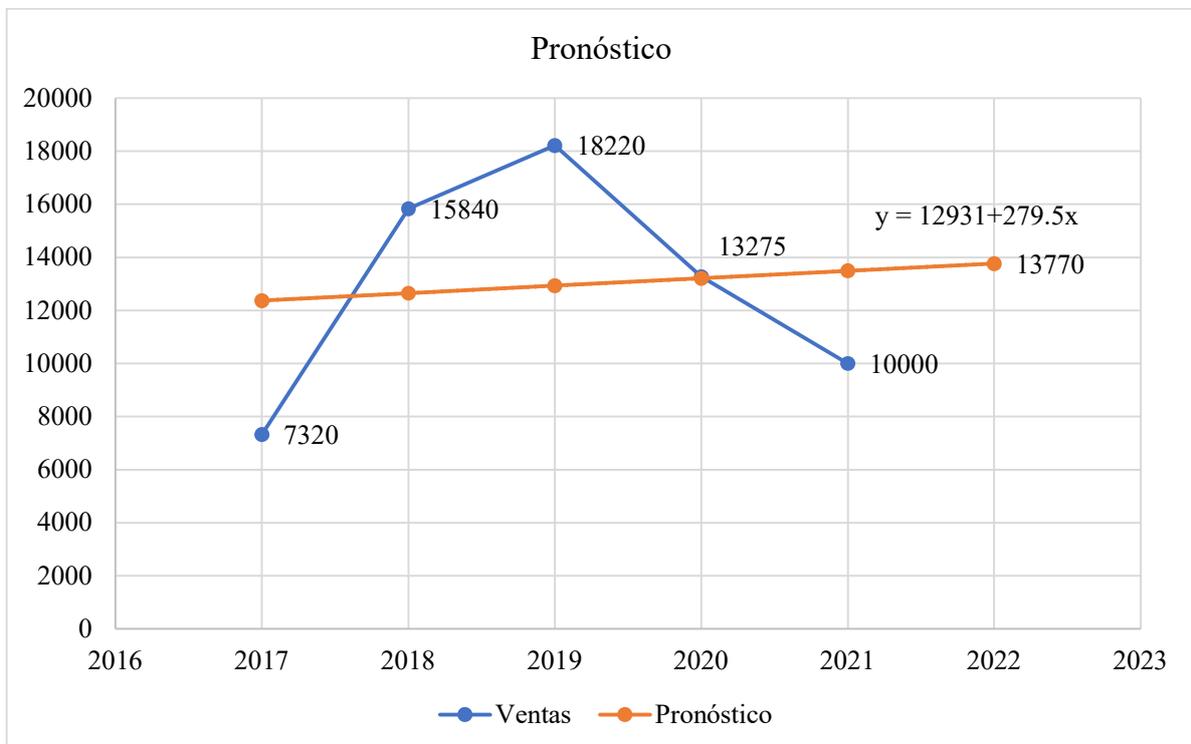


Figura 27. Pronóstico de ventas para el año 2022.

3.3.9. Cumplimiento del Sistema Integrado de Gestión

El propósito de contrastar el escenario de la empresa frente a un enfoque de gestión de calidad se ha conceptualizado la herramienta de autoevaluación de la norma ISO 9004:2009, misma que:

... promueve la autoevaluación como una herramienta importante para la revisión del nivel de madurez de la organización, abarcando su liderazgo, estrategia, sistema de gestión, recursos y procesos, para identificar áreas de fortalezas y debilidades y oportunidades tanto para la mejora, como para la innovación. [31].

Esta evaluación se lleva a cabo con colaboración del gerente de producción, quien es la persona encargada de la producción y conocedora de las técnicas que se realizan para la fabricación de la cerradura mecánica.

De este análisis se puede apreciar que la empresa se encuentra distante de alcanzar una madurez de los procedimientos de gestión de calidad para alcanzar un sostenimiento; debido a que presenta falencias para sostener al calidad, algunos procesos están organizados para casos puntuales, la formación profesional se la proporciona individualmente a solicitud de los empleados, los conocimientos se tratan de condición informal y solo para temas específicos, se utilizan indicadores muy básicos, el seguimiento se lo realiza de forma ocasional, se han implementado procesos de mejora básicos.

La *Figura 28* puede evidenciar el escenario actual del sistema integrado de gestión que posee la empresa. Para una mayor comprensión, se puede complementar el diagnóstico con el *Anexo 3* correspondiente al uso de la herramienta de autoevaluación.

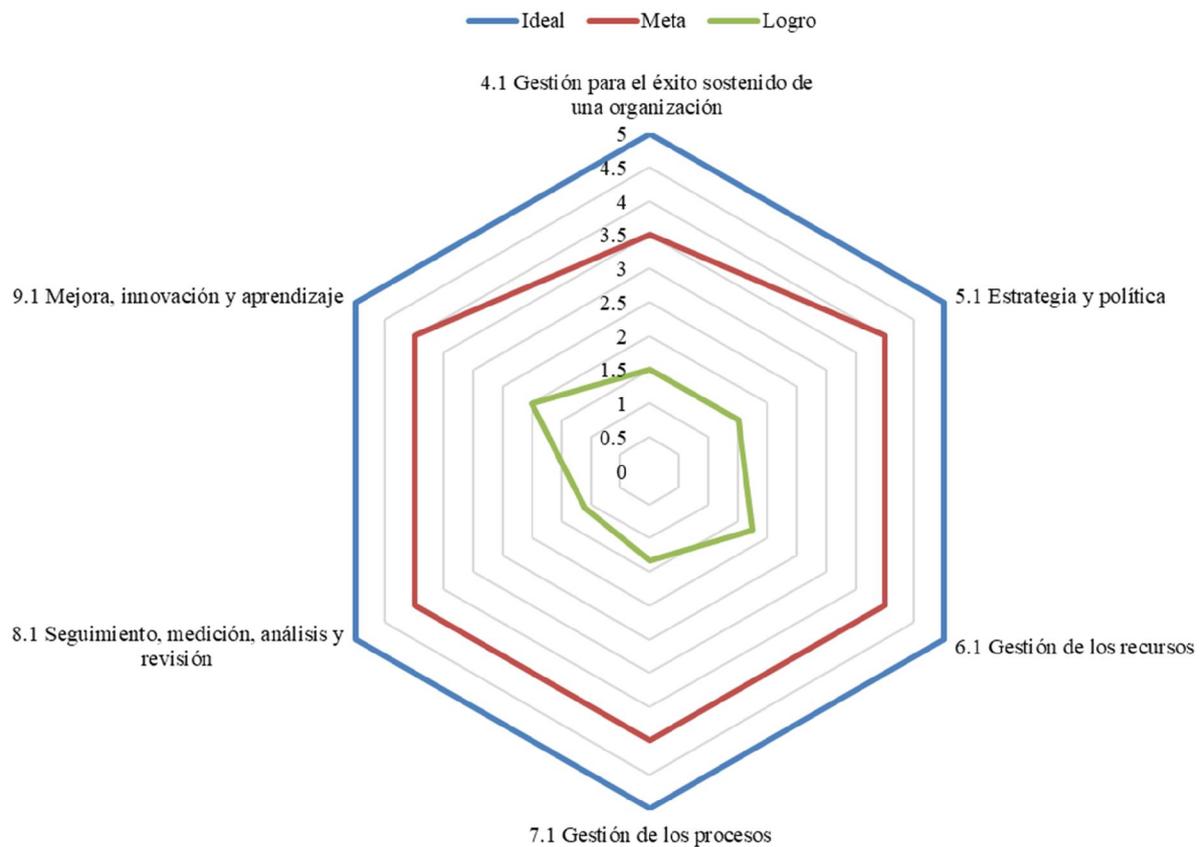


Figura 28. Resultado de autoevaluación ISO 9004:2009.

3.3.10. Encuestas

Luego del análisis de autoevaluación de la norma ISO 9004:2009; surge la necesidad de plantear una encuesta al operario que está involucrado en los métodos, con la finalidad de conocer de primera fuente los problemas que se están presentando en la producción y su incidencia en las variables de análisis.

Para formulación de la encuesta, se ha enfocado el identificar oportunidades de mejora con varias dimensiones (factor humano, organización de puestos de trabajo, manejo de inventarios, gestión de operaciones, control de resultados y estandarización de procesos) lo cual permite establecer herramientas lean manufacturing óptimas para implementar a esta realidad como se describen en el *Anexo 4*; a su vez, también se abordan preguntas sobre problemas de producción

que están incidiendo en el cumplimiento de los requerimientos los cuales se indican en el Anexo 5.

En la Figura 29 se resume el comportamiento por falta de aplicación de herramientas producción esbelta en las diferentes dimensiones consideradas en la encuesta

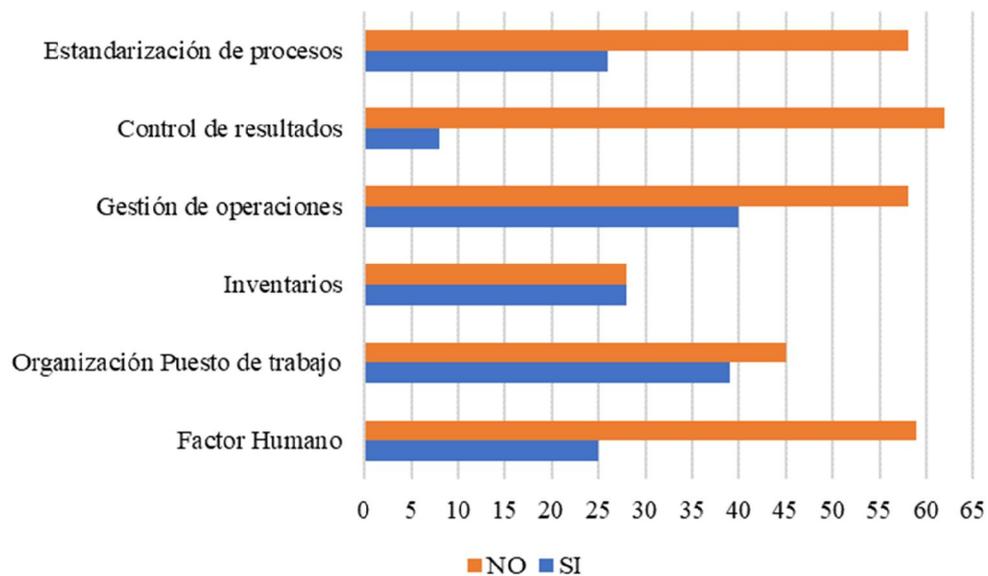


Figura 29. Dimensiones que no cuentan con herramientas Lean Manufacturing.

En la Figura 30 tras la aplicación de la encuesta de problemas de producción, se corrobora que los procesos tienen dificultades para la fabricación de cerraduras de combinación.

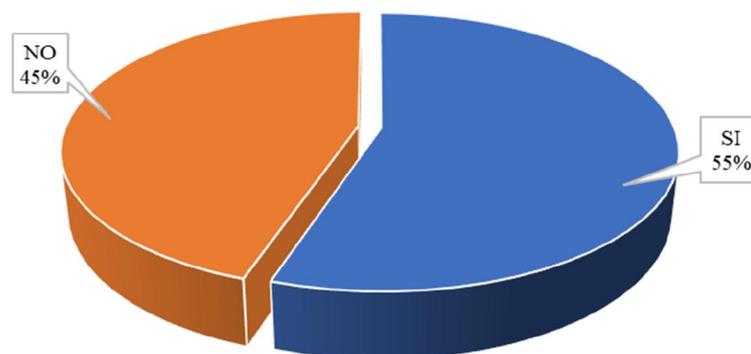


Figura 30. Problemas de Producción.

Tras este estudio se puede corroborar que existen problemas de producción y es factible implementar herramientas lean manufacturing que generen una cultura para mejorar el orden y limpieza de las estaciones de trabajo, se plantee un método de comunicación que permita controlar los métodos de fabricación y niveles de inventario, para que reduzcan los desperdicios.

En la *Figura 31* mediante un diagrama de Pareto se evidencia los principales problemas bajo un contexto tradicional del 80-20, lo que significa que el 80 % de los inconvenientes se originan del 20 % de las causas; pero al observar que tenemos más elementos que a corto plazo serán incidentes en el rendimiento de la producción, se considera incluir a aquellos que están dentro del 75 %, de este modo se establece que existe un reproceso de los componentes, ausencia de controles internos, falla en proceso de inyección y deficiencia en el manejo del inventario, factores donde hay que analizar para plantear una solución de mejora.

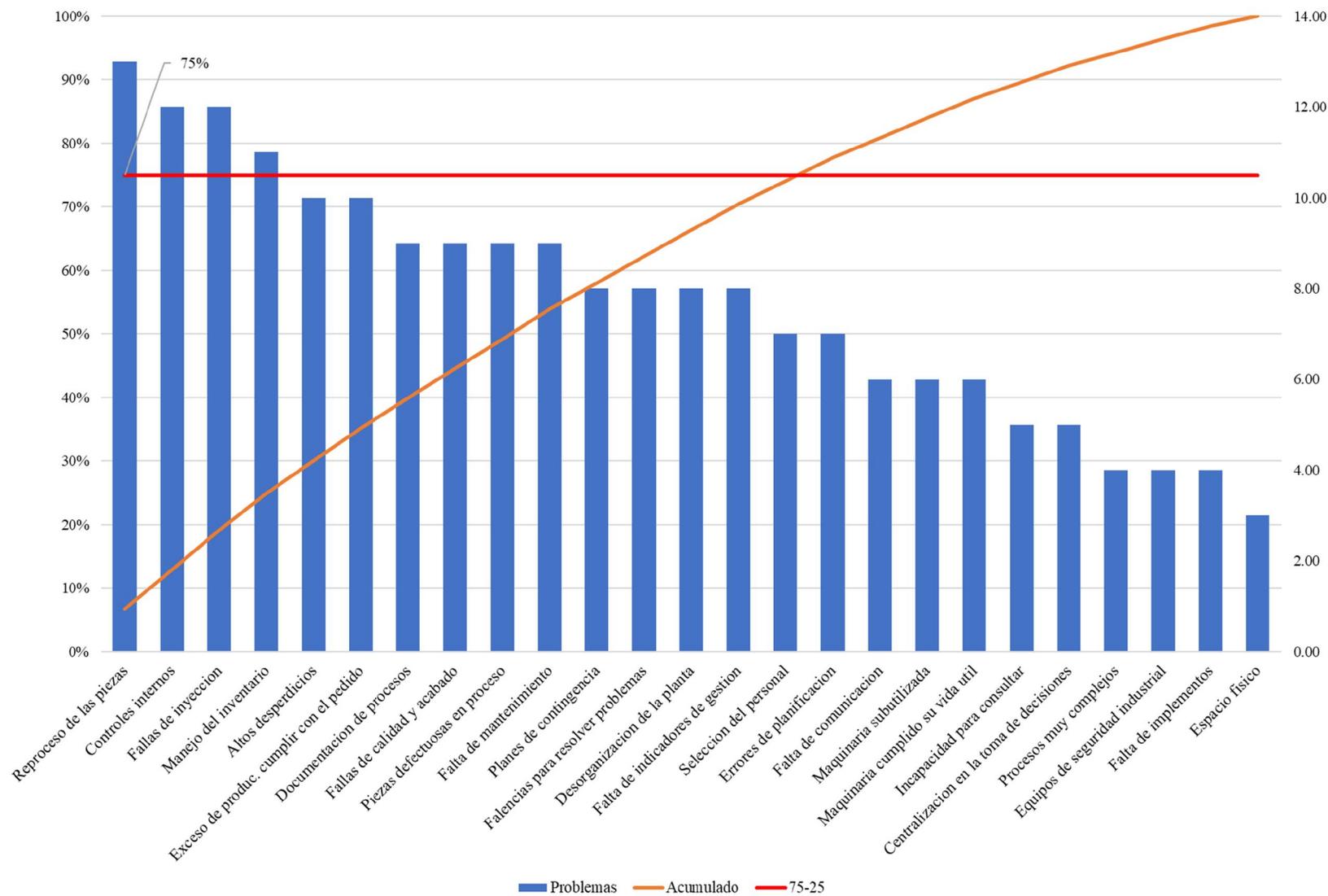


Figura 31. Diagrama de Pareto - problemas de producción.

3.3.11. OEE del proceso

Como se mencionó en el Capítulo I; la eficiencia general de los equipos, es un índice porcentual que vincula la disponibilidad de los equipos, el rendimiento de la producción (eficiencia) y la calidad de las piezas producidas; lo que la jerarquiza en un indicador muy importante al instante de encontrar la eficiencia de los procesos, ayuda a identificar de manera concisa los problemas de producción y sobre todo es un estándar de calidad reconocido por las principales industrias a nivel mundial.

En el análisis se evidencia que la disponibilidad del proceso es alta, en virtud que los procesos de los componentes se encuentran sobre el 90 %; lo que significa que no existe mayores tiempos de paro de las máquinas, por lo que se concluye que las máquinas están siempre trabajando en la fabricación de los componentes de cerraduras.

Respecto al eficiencia del proceso, se corrobora que es bueno ya que de similar manera los procesos de producción están por encima del 87 %; donde se establece que las máquinas trabajan a la velocidad esperada y están entregando la capacidad máxima de los equipos.

Por su parte, se observa que el factor de calidad está teniendo un comportamiento con tendencia a la baja y se corrobora que los procesos están entre el 72 % y 85 %, con lo que inciden directamente el comportamiento del OEE; se concluye que es el factor que demanda mayor atención en la propuesta de mejora, en virtud que se necesita disminuir la cantidad de unidades defectuosas de forma que su coeficiente alcance una mejoría del al menos el 80% en los procesos defectuosos.

Con este análisis y conforme lo mencionado por Hansen [22] en su publicación, se puede establecer que los procesos para la fabricación de cerraduras que se encuentran en un rango del 72 % al 85%, se los cataloga como rendimientos aceptables siempre y cuando las tendencias trimestrales estén mejorando; a su vez menciona que los rendimientos que se encuentren entre el 75 % al 85 %, son bastante buenos pero se deben seguir mejorando ya que deben alcanzar un nivel de clase mundial.

La *Tabla 8* representa el compendio de la eficiencia general de los equipos para los componentes de las cerraduras mecánicas de combinación; donde se comprueba que la fabricación del componente Inner Wheel posee el rendimiento más bajo de los elementos que conforma la cerradura mecánica.

Tabla 8. Cálculo OEE componentes de cerraduras mecánicas de combinación.

Proceso	Índice de disponibilidad			Índice de eficiencia			Índice de calidad		OEE
	T. Trabajo [min]	T. Operativo [min]	Disponibilidad [%]	Vel. Teórica [u/min]	Producción real [u]	Eficiencia [%]	Producción rechazada [u]	Calidad [%]	
Housing (caja)	480	400	0.909	0.269	105	0.977	5	0.95	85%
Cover (tapa)	480	410	0.932	0.359	147	0.998	20	0.86	80%
Cam (leva)	480	410	0.932	0.395	162	0.999	30	0.81	76%
Lever (palanca)	480	410	0.932	0.496	189	0.930	5	0.97	84%
Bolt (pestillo)	480	430	0.977	0.503	189	0.873	2	0.99	84%
Inner Wheel	480	400	0.909	0.602	240	0.997	50	0.79	72%

3.3.12. Takt Time

Como parte complementaria al pronóstico de ventas y el análisis del OEE de los procesos, es necesario conocer el ritmo de la demanda (Takt Time) a la cual debe ir la producción, ya que debe estar sincronizado con el requerimiento del cliente y las ventas. Para poder calcular se ha aplicado la ecuación (16), donde el tiempo de producción disponible diario es 440 minutos, y tiene una demanda de 1000 cerraduras mensuales.

$$TaktTime = \frac{26400seg}{45.454 pzs}$$

$$TaktTime = 580.8 \frac{seg}{pzs}$$

Lo que simboliza que el consumidor está preparado a adquirir una cerradura cada 580.8 segundos, contrastando con el tiempo de ciclo de todo el proceso de producción y ensambladura de la cerradura mecánica que son 1846.17 segundos.

$$TaktTime = TiempoCiclo$$

$$580.8seg \neq 1846.17seg$$

Se concluye que bajo este análisis se debe incrementar la jornada laboral, aumentar estaciones de trabajo, considerar horas extras de trabajo, para poder cumplir con el ritmo de requerimiento del cliente.

3.3.13. Análisis de Hipótesis

Parte fundamental dentro de la investigación es contrastar la hipótesis, para determinar mediante modelos matemáticos si existe una relación entre la implementación de principios de producción esbelta e incremento de la fabricación; es por ello que para el análisis se han planteado la siguiente hipótesis:

- *Hipótesis nula (Ho)*: La falta de aplicación de herramientas lean manufacturing no incide directamente en la mejora de la productividad para la fabricación de cerraduras de combinación en una microempresa mecánica.
- *Hipótesis alternativa (H1)*: La falta de aplicación de herramientas lean manufacturing incide directamente en la mejora de la productividad para la fabricación de cerraduras de combinación en una microempresa mecánica.

Para analizar estas variables, se ha compilado los resultados de las encuestas de oportunidades de mejora para la implementación de producción esbelta y los problemas de elaboración; mediante el desarrollo de la prueba de hipótesis Chi cuadrado (χ^2), permite contrastar las frecuencias observadas frente a las frecuencias esperadas como se expone en *Tabla 9*.

Tabla 9. Tabulación de frecuencias observadas.

	Productividad		Total
	si	no	
Lean Manufacturing	166	310	476
Problemas de producción	193	157	350
	359	467	826

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$, se establece:

$$X^2_{critico} = 3.841$$

Para calcular chi-cuadrado, se ha programado en el software R Studio conforme se indica en el *Figura 32*, donde se obtienen los siguientes valores:

$$X^2_{calculado} = 32.901$$

$$p_valor = 9.69 \times 10^{-9}$$

```
> ##### Tabulacion Encuesta MPOI #####
> #cargar base de datos
> datos<- read.csv("D:/00 MAESTRIA/UPS/PROYECTO TESIS MPOI-HJ/20211213 - Cuestionario operadores/contingencia.csv",header = T)
> datos
      Si No
Lean Manufacturing    166 310
Problemas de Produccion 193 157
> #prueba estadística
> chisq.test(datos)

      Pearson's Chi-squared test with Yates' continuity correction

data: datos
X-squared = 32.901, df = 1, p-value = 9.695e-09

> #calculo de X-critico. Se concluye que alpha (0.05) > p-valor(9.695e-09); por lo tanto se rechaza ho y se acepta h1
> qchisq(0.95,1)
[1] 3.841459
> #crear curva de densidad
> curve(dchisq(x, df = 1), from = 2, to = 8,
+       main = 'Chi-Square Distribution (df = 1)',
+       ylab = 'Density',
+       lwd = 2)
> #create vector de x valores
> x_vector <- seq(qchisq(0.95,1), 8)
> #create vector de densidad de valores chi-square
> p_vector <- dchisq(x_vector, df = 1)
> #rellenar porcion de la densidad desde 0 to 8
> polygon(c(x_vector, rev(x_vector)), c(p_vector, rep(0, length(p_vector))),
+        col = adjustcolor('blue', alpha=0.5), border = NA)
```

Figura 32. Programación software R Studio para análisis de hipótesis.

Analizando los valores obtenidos, se puede establecer:

$$X^2_{calculado} < X^2_{critico}$$

$$32.901 \neq 3.841 \quad \therefore \text{no cumple}$$

$$\alpha < p_valor$$

$$0.05 \neq 9.69 \times 10^{-9} \quad \therefore \text{no cumple}$$

Bajo este análisis, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa; por lo que se puede indicar que hay certeza para concluir que la aplicación de herramientas Lean Manufacturing si incide en la mejora de la productividad.

Para tener una mejor interpretación gráfica, la *Figura 33* denota la distribución de Chi cuadrado con 1 grado de libertad, la misma que muestra el valor Chi cuadrado crítico y nivel de significancia; con lo que se comprueba que los valores obtenidos se encuentran dentro del área sombreada significando que se rechaza la hipótesis nula y se acoge la hipótesis alternativa.

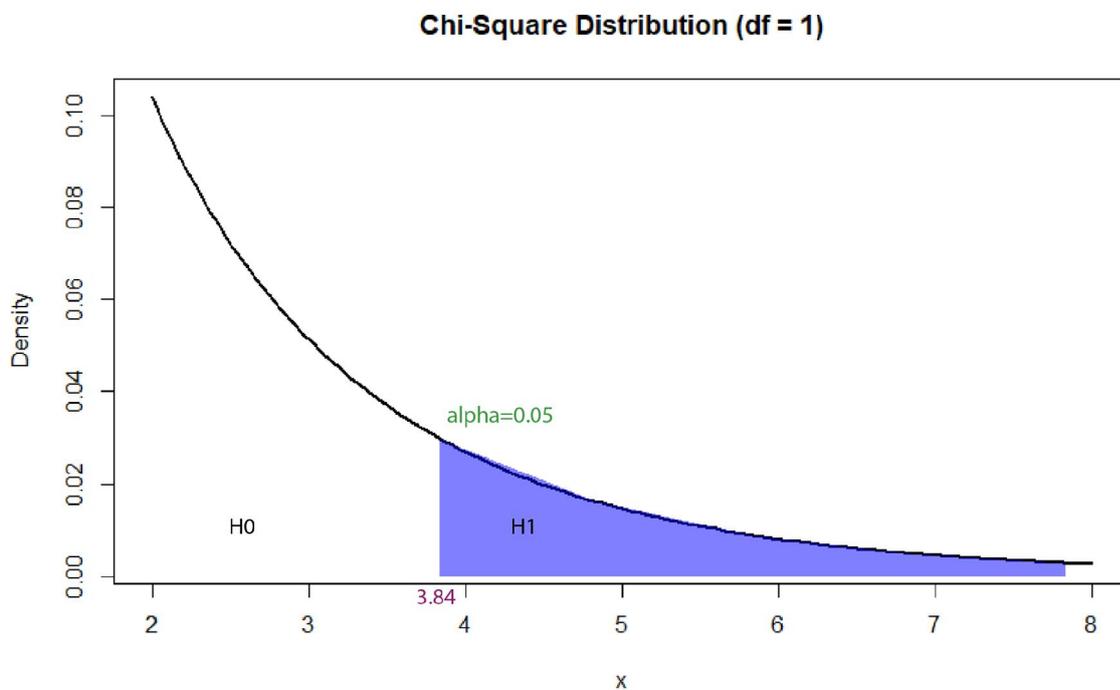


Figura 33. Distribución Chi cuadrada con 1 grado de libertad.

3.4. Conclusiones del capítulo

Con el empleo de instrumentos de diagnóstico para la producción, se pudo apreciar cómo se encuentran los procesos, donde se identifican los cuellos de botella, cual es la incidencia de la baja de la productividad y la perspectiva de la empresa frente a un procedimiento integrado de gestión; situaciones que ayudan evidenciar la principal problemática y como se la puede

abordar para solventar los problemas con el propósito de mejorar el cumplimiento de los ordenes de pedidos.

Parte principal de la capacidad de producción de los procesos existente, es saber si los mismos en las actuales condiciones pueden llegar a cumplir los requerimientos a corto y mediano plazo; por lo que es importante guardar registros históricos de ventas para generar un pronóstico de ventas que ayude determinar la tendencia y comportamiento.

Dentro de la fabricación se pueden determinar un sin número de indicadores, los cuales orientaran a la toma de decisiones por parte de gerencia; pero el indicador OEE se ha convertido en una herramienta trascendental al momento de buscar los problemas de producción y valorar la eficiencia de los procesos, ya que vincula la eficiencia, la calidad y la efectividad.

En toda investigación es de vital importancia plantear hipótesis que vinculen a las variables dependientes e independientes, las mismas que deben desarrollarse mediante modelos matemáticos para contrastar entre el nivel de significancia y el p-valor con lo que se tomaran decisiones con base a evidencia estadística.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE MEJORA PARA LA PRODUCTIVIDAD EN ELABORACIÓN DE CERRADURAS MECÁNICAS DE COMBINACIÓN, APLICANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

4.1. Introducción

Para plantear una proposición de perfeccionamiento de la productividad en la elaboración de cerraduras mecánicas de combinación; primero se debe recabar información para reconocer la realidad del proceso, emplear herramientas de diagnóstico que permitan identificar los principales cuellos de botella, para plantear propuestas de mejora.

Conforme se indica en el Capítulo III, se ha recopilado variada información llegando a encontrar algunas falencias en la fabricación de los componentes de la cerradura mecánica, situación que obliga a establecer nociones de producción Lean Manufacturing para solventar los problemas de forma y de fondo, con lo que se mejorará las condiciones de trabajo.

De aquí se desprende la implementación de las 5s'; herramienta principal que se enfoca en el orden y limpieza de la estación de trabajo mediante la estandarización de rutinas y hábitos, con lo que se pretenden mejorar la productividad desde un punto de vista cultural. Se deja en claro que, si esta herramienta no funciona por una u otra causa, cualquier otro sistema está condenado al fracaso, ya que es la herramienta más básica que no requiere tecnología ni conocimientos específicos.

Parte fundamental radica en establecer un sistema de comunicación que admita la administración de producción y control de materiales mediante la aplicación de la herramienta Kanban, misma que ayuda a no generar una sobreproducción y permite optimizar los inventarios, elevando el grado de cumplimiento de requerimiento del cliente.

Un método fundamental para la medición del rendimiento de la planta es la eficiencia general de los equipos (OEE), debido a que con un único índice se abarca los parámetros esenciales de la producción (disponibilidad, eficiencia y calidad), mismo que permitirá identificar si el proceso se encuentra en valores aceptables.

4.2. Título de la propuesta

Propuesta de mejora para la productividad en elaboración de cerraduras mecánicas de combinación, aplicando herramientas lean manufacturing.

4.3. Justificación

A lo largo de la historia se ha observado que muchas empresas manufactureras han optado por emplear conceptos y herramientas de producción esbelta, generando grandes beneficios para la mejora de la productividad; en este sentido, se desea aplicar estos conceptos para la fabricación de cerraduras de combinación mecánica.

De los hallazgos obtenidos en la investigación, se desprende que existe una desorganización en las estaciones de trabajo, una falta de cultura y malos hábitos de estandarización desarrollado en el transcurso del tiempo; por lo que la implementación de la herramienta 5s' favorecerá enormemente en alcanzar una disciplina para mejorar la productividad, fomentar conceptos de orden y limpieza, estandarizar los procedimientos, cambiar la actitud de los operarios para constituir ambientes más seguros y productivos.

Luego de una implementación fundamental como son las 5s'; es pertinente abordar conceptos de comunicación para administrar los inventarios y producciones, puesto que existe evidencia que demuestra una sobreproducción (MURI), una variabilidad (MURA) y varios tipos de desperdicios (MUDA) que se generan a lo largo de la producción de los componentes de la cerradura mecánica. Situación que da cabida a la implementación de la herramienta Kanban permitiendo programar las cantidades requeridas por el cliente, evitar la sobreproducción y reducir los inventarios.

Tras la aplicación de estas herramientas se pretende optimizar los procesos de forma que su productividad incremente, por lo que es pertinente plantear un registro continuo de los procesos que involucra la calidad, disponibilidad y eficiencia donde el OEE tiene cabida, generando indicadores necesarios para evidenciar si los procesos para la fabricación de las cerraduras de combinación se encuentran dentro de parámetros aceptables.

4.4. Objetivos

Plantear herramientas Lean Manufacturing que permitan incrementar la productividad en la fabricación de los componentes de las cerraduras mecánicas de combinación.

Desarrollar evaluaciones para el control y seguimiento de las herramientas lean manufacturing en los procesos de producción.

Establecer registros de producción que permita determinar los indicadores sobre el rendimiento de los procesos de producción en la fabricación de los componentes de las cerraduras mecánicas de combinación.

4.5. Estructura de la propuesta

Para la aplicación de esta propuesta se ha establecido que la misma debe ser objetiva, práctica y viable, para llevarla a cabo en las siguientes etapas:

Etapas I: Capacitar

Para desarrollar esta etapa implica designar a los responsables de los procesos, quienes recibirán una capacitación del uso y ejecución de las herramientas de elaboración esbelta en virtud que formarán parte del proceso desde su inicio hasta el final. Se ejecutarán los siguientes pasos:

- Impartir conceptos fundamentales y aplicaciones.
- Elaborar una campaña de difusión en la empresa.
- Programar visita técnica a empresas donde se haya implementado.
- Establecer la fecha formal de inicio de la implementación.

Etapas II: Implementar

El desarrollo de esta segunda etapa, considera la aplicabilidad de las herramientas a los problemas encontrados en la producción:

- Asignar un grupo de trabajo a cada responsable.
- Aplicar las herramientas en una o dos áreas de la empresa.

- Documentar fotográficamente las áreas antes de iniciar la implementación.
- Elaborar un bosquejo de flujo del proceso.
- Registrar los tiempos de paros, fallas y producción.

Etapa III: Evaluar

Principalmente se enfoca en dar seguimiento mediante evaluaciones a la aplicabilidad de las herramientas Lean Manufacturing:

- Proporcionar una capacitación continua.
- Hacer campañas de promoción a los hechos alcanzados.
- Realizar juntas de seguimiento.
- Desarrollar evaluaciones a los procesos.
- Establecer guías para el rendimiento de los métodos de producción.

En la *Figura 34* se puede evidenciar como se desarrolla la proposición para la ejecución de técnicas de lean manufacturing en la fabricación de cerraduras mecánicas de combinación.

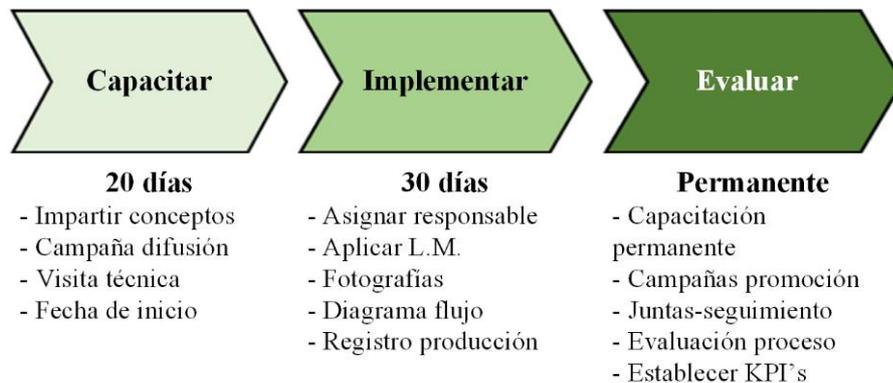


Figura 34. Camino para implementación herramientas Lean Manufacturing.

4.6. Desarrollo de la propuesta

4.6.1. Etapa I: Capacitar

Para esta etapa es pertinente tener en consideración que la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing pretenden reducir al máximo los tiempos de ciclo para aprovechar el tiempo de producción y eliminar los desperdicios (optimizar tiempos y recursos); principios

que servirán para en un mediano plazo se implementen sistemas integrados de gestión, debido a que estos conceptos están en función a la disciplina y compromiso de los involucrados.

5's

En este sentido se prevé desarrollar y capacitar sobre los conceptos de las 5's, en la siguiente secuencia:

Seleccionar (Seiri): Consiste en escoger y eliminar del puesto de trabajo los componentes que no son indispensables para realizar la tarea o actividad, como regla general se realizara la pregunta “¿esto es útil para realizar mi trabajo? ”; para los objetos que no son necesarios se deben marcar con una tarjeta roja de control para que entren en un área de cuarentena conforme se indica en la *Figura 35*.

TARJETA ROJA			
Nombre del artículo: _____			
Fecha	Localización	Cantidad	Valor

Categoría	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Equipo de medición 4. Materia prima 5. Inventarios en proceso	<input type="checkbox"/> 6. Producto terminado <input type="checkbox"/> 7. Equipos de oficina <input type="checkbox"/> 8. Limpieza <input type="checkbox"/> 9. Otro (especifique) _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Razón	1. No se necesita 2. Defectuoso 3. Material de desperdicio 4. Uso desconocido	<input type="checkbox"/> 5. Contaminante <input type="checkbox"/> 6. Otro (especifique) _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Elaborado por	Departamento _____		

Forma de desecho	1. Tirar 2. Vender 3. Mover a otra área	<input type="checkbox"/> 4. Devolución proveedor <input type="checkbox"/> 6. Otro (especifique) <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Fecha desecho	_____		

Figura 35. Herramienta tarjeta roja 5's - Seleccionar (Seiri).

Los artículos que han sido etiquetados con la tarjeta roja de control, se pondrán a consideración de los demás operarios para que analicen si son útiles en algún otro proceso; ya que, una vez cumplido el tiempo de cuarentena, la gerencia deberá decidir si son donados, vendidos o regalados. A su vez se asignará una lista con los objetos necesarios para cada puesto de trabajo acorde a la *Tabla 10*.

Tabla 10. Listado de asignación de objetos necesarios a las estaciones de trabajo.

Listado de objetos necesarios

Área _____

Proceso _____

Ítem	Objeto	Ubicación

Organizar (Seiton): Radica en ordenar los artículos encasillados como indispensables para el puesto de trabajo, de forma que establezca su ubicación en un lugar específico considerando la identificación, disposición y accesibilidad; como regla general se busca evitar la resistencia al cambio del personal con el “*mañana lo ordeno*”. Un parámetro de evaluación para su aplicabilidad suele enfocarse en que, si el operario encuentra los artículos en menos de 30 segundos, la implementación será satisfactoria. En la *Fotografía 6* se puede observar un ejemplo de cómo se ha organizado las herramientas, repuestos y equipos de limpieza para una estación de trabajo.



Fotografía 6. Organización de los artículos necesarios para la estación de trabajo. [34]

Limpiar (Seiso): Es la más fácil de entender ya que principalmente se basa en identificar el entorno para eliminar la suciedad y evitar ensuciarse; de forma que al hacer la limpieza también se inspecciona la estación de trabajo, donde se puede descubrir potenciales problemas (liqueos, cables sueltos, tornillos sin apretar, etc.).

Para esta fase se debe diseñar un programa de limpieza, establecer una disciplina y asignar responsabilidades a las actividades de limpieza; como concepto general se deberá impartir la filosofía que *“más limpio es el que menos ensucia”*.

Estandarizar (Seiketsu): Se enfoca en consolidar los métodos, rutinas y acciones alcanzados en las anteriores etapas, para que se continúen desarrollando de forma frecuente en las estaciones de trabajo. El mayor inconveniente que genera esta etapa es la constancia, ya que da cabida al comportamiento de *“hoy si, y mañana no”* por parte de los involucrados; por lo que se debe concientizar la importancia de aplicar los estándares.

Por ello se deberá trabajar en un manual de estandarizaciones para regular los colores y tipos de líneas para las estaciones de trabajo, homologar espacios, anaqueles y estanterías, implementar etiquetas, ubicaciones y normalizar la limpieza; lo que permitirá que plantear

evaluaciones objetivas sobre la madurez de la implementación de la herramienta 5's y compararlas con las antecesoras.

Como guía general para la estandarización de colores, se seguirá lo estipulado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la norma técnica INEN-ISO 3864 [35], conforme se indica en la *Tabla 11*.

Tabla 11. Diseño y significado de indicadores de seguridad. [35]

DISEÑO	COMBINACIÓN DE COLORES	SIGNIFICADO/USO	
	amarillo y contrastes negro	lugares de peligro y obstáculos donde existe el riesgo de	alerta de peligros potenciales
	rojo y contraste blanco	- que la gente se golpee, se caiga o tropiece - que caigan cargas	prohibir la entrada
	azul y contraste blanco	indicar una instrucción obligatoria	
	verde y contraste blanco	indicar una instrucción obligatoria	

Como se había indicado, parte fundamental son las evaluaciones periódicas para el sostenimiento de las 5's; donde se evidencia el nivel de cultura y la organización con lo que se pretende generar ambientes que garanticen el buen funcionamiento de esta implementación. Para desarrollar esta filosofía es ineludible evaluar el entorno real de la organización para contrastar con la propuesta de mejora.

Seguimiento (Shitsuke): Consiste en fomentar al hábito de las 5's mediante la responsabilidad de toda la empresa, para lo que se deberá instaurar campañas de difusión de todo lo que se ha conseguido con la implementación, proporcionar una formación continua de los operarios, planificar visitas a las instalaciones y crear un sistema de auditoria permanente.

La suma de todas estas etapas coadyuvará en gran medida a evidenciar los desperdicios (mudas) ocasionados en la organización, a medida que se trabaje en minimizarlos o en su defecto, eliminarlos definitivamente. En su publicación menciona Socconnini [23] que los:

“objetivos de Lean Manufacturing es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios en la industria”. Donde se debe discretizar que las actividades que producen directamente un cambio acorde a los requerimientos del cliente, son la que agregan valor, mientras que las restantes que no sean esenciales para agregan una relevancia al servicio o producto, se consideraran como un gasto o despilfarro.

7 desperdicios:

Se produce del Sistema de Producción de Toyota (TPS), donde concibe que el proceso de fabricación debe evaluarse más bien desde el enfoque del consumidor, de forma que distinga la importancia de una actividad en específico que es la que genera un valor agregado, mientras que las restantes podrán considerarse como de apoyo que no generan valor y/o pueden ser desperdicios que se clasifican en siete grandes grupos:

Sobre producción: Principalmente representa producir más de lo que realmente se necesita, existiendo la cultura de elaborar productos antes que se realicen los pedidos; lo que genera que se incremente los inventarios, grandes espacios en bodegas, deficiencias de la comunicación entre departamentos y/o clientes, desconocimiento de la programación de la producción y falencias en los procesos de producción.

Sobre inventario: Como su nombre lo indica, un sobre inventario se considera a cualquier tipo de material, producto terminado o en proceso que supere la demanda del cliente; ocasionando el uso de espacios grandes, altas cantidades de producto en espera para ser procesadas (WIP), baja rotación de inventarios, producto de malas decisiones gerenciales, procesos inadecuados, desconocimiento de la velocidad de la demanda real (Takt time), excesivos cuellos de botella.

Productos defectuosos: Se hace referencia a la pérdida de recursos (material, mano de obra, herramientas y tiempo) empleados para la manufactura de un producto; debido a la ineficiencia y variación de los procesos, capacitación inadecuada de los operarios, equipos y herramientas

no apropiados, altos volúmenes de inventarios, desconocimiento del origen de los problemas y falta de control del proceso.

Transporte de materiales y herramientas: Se enfoca en todo aquello que implica traslado o movimiento interno de los materiales, operaciones que no apoyan directamente a la producción ya que no generan un cambio significativo al consumidor; lo que se origina por la producción de lotes demasiado grandes, falencia en programas de producción, distribución inadecuada de las estaciones de trabajo y una falta de organización en el lugar de trabajo.

Procesos innecesarios: Son producto de procesos muy complejos consecuencia de las necesidades o limitaciones de la fábrica, y si bien en la mayoría de empresas ya se cuenta con procesos claramente definidos, algunos no siempre agregan valor al cliente, por lo que siempre se pretende en reducir, eliminar, combinar o simplificar. Mucha de las veces se origina por los procedimientos inadecuados o mala comprensión, disposiciones en niveles incorrectos y falla de información de las especificaciones del consumidor.

Espera: Se constituye en uno de los desperdicios más habituales debido a que se refiere a la pérdida de tiempo cuando el obrero se encuentra a expensas que la máquina culmine el trabajo, puede darse el caso que la misma se detenga a que el operario realice su ajuste, calibración o medición, o en algunos casos, cuando la máquina y el operario están a expensas del arribo de directrices, herramientas o materiales para la ejecución. Esto genera un desbalance en las líneas de producción, falencias en la programación de producción, falta de capacitación a los trabajadores o no se cuenta con la maquinaria específica.

Movimientos innecesarios del trabajador: Se hace referencia al movimiento excesivo que puede llegar a realizar un trabajador para completar su tarea; situación que principalmente se debe a una deficiente organización de la estación de trabajo, métodos mal definidos, inadecuada organización de la fábrica y escaso control en la producción.

Más de los desperdicios planteados por TPS, se debe analizar la unidad de negocio de la planta puesto que puede existir otros tipos de desperdicios:

- ...Desperdicio de energía (sea esta electricidad, combustibles o vapor).
- Gastos excesivos por falta de liderazgo y control.
- Mala administración financiera.
- Desperdicio en el diseño: se elaboran productos que cuentan con más funciones de las necesarias.
- Mala comunicación.
- Desperdicio de talento.
- Políticas erróneas u obsoletas. [23].

Por lo que es importante detectar este tipo de desperdicios para trabajarlos y corregirlos de manera simultánea a la ejecución de principios de fabricación esbelta propuestas para el área de producción.

Campaña promoción

Para el desarrollo de la campaña publicitaria se prevé captar la atención de los empleados mediante el uso de trípticos para que se familiaricen con los conceptos y reuniones semanales, donde se dará a conocer las ventajas que ofrece la ejecución de herramientas de manufactura esbelta en los procesos de elaboración y la obstinación al cambio del método de trabajo.

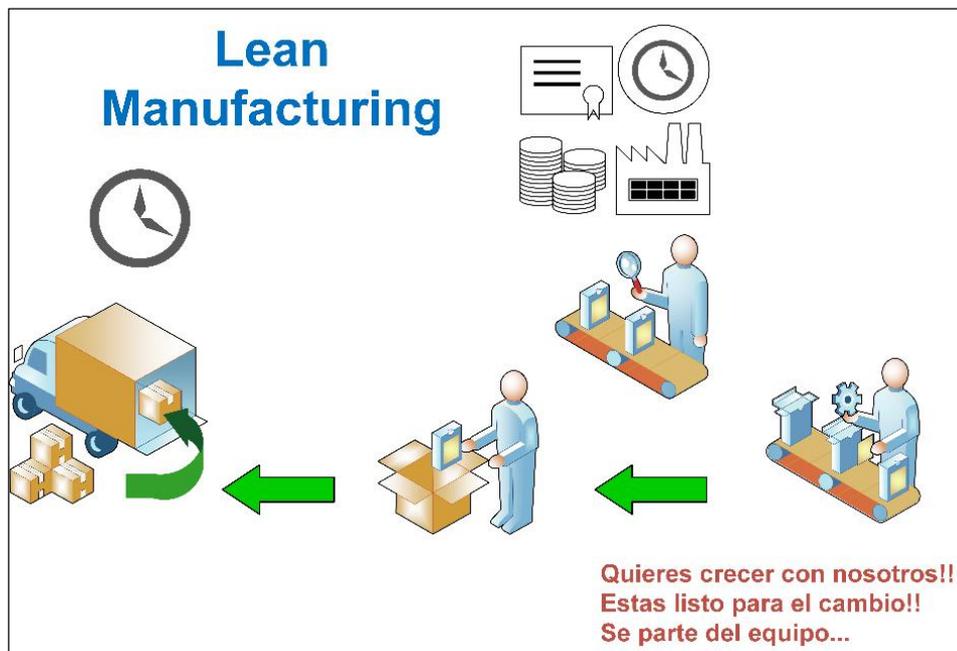


Figura 36. Campaña publicitaria implementación Lean Manufacturing.

Visita técnica

Previo a definir la fecha de implementación y como parte del proceso de inducción, se tiene considerado visitar a dos empresas de la zona que tengan implementados sistemas integrados de gestión; para la visita se la realizara en compañía de los responsables del proceso, gerente de producción y gerente general, de forma que evidencien como ha incidido la aplicación de las 5's en su productividad para que se extrapole a la producción de cerraduras mecánicas de combinación.

4.6.2. Etapa II: Implementar

Para la implementación de herramientas Lean Manufacturing se debe tener una clara aceptación de la situación actual de la fábrica, la existencia de un equipo directivo preparado y comprometido con el cambio, que cuente con un plan estratégico; donde el plan piloto será un factor fundamental para adquirir experiencia y darse cuenta de todo lo que demanda para su implementación.

Es deber de la alta gerencia gestionar, fomentar y cambiar el concepto de la cultura operacional de sus trabajadores, ya que se juega el éxito o fracaso de su implementación; por lo que se menciona Socconini [23]: “1. *Lean manufacturing* es un proyecto estratégico; 2. La estructura organizacional debe estar preparada para trabajar con las herramientas *Lean*; 3. Todos los empleados deben estar comprometidos con la implementación.”

Se puede considerar que los principios de industria esbelta a emplear en este caso siguen una ruta práctica y sencilla para la mejora de la productividad; pero en su ejecución existen un sin número de factores que inciden en la ruta, generando que su implementación se torne más larga, fastidiosa y compleja.

Plan piloto:

Para este caso de estudio y conforme se investigó en el Capítulo III, la fabricación de la cerradura de combinación presenta tiempos considerables debido a que los moldes de inyección de los componentes elaborados por la empresa, ya se encuentran desgastados,

erosionados y ocasionan la presencia de rebabas que deben ser procesadas para que los componentes cumplan su función en el ensamblaje.

Con el propósito de desarrollar el plan piloto para la aplicación de filosofías Lean Manufacturing se ha escogido el componente Inner Wheel, en virtud que es el que más cantidades requiere, el que genera un stock considerable de inventarios y el que posee un lead time de 3 semanas, ya que con base en el pronóstico de ventas se tiene proyectado que para el año 2022 se comercializaran alrededor de 13770 cerraduras, lo que se traduce a una producción promedio mensual de 1148 unidades. Adicionalmente, en la eficiencia general de los equipos (OEE) establece que el proceso que presenta un porcentaje más bajo se encuentra en la fabricación de los Inner Wheel.

Esta afirmación se la puede corroborar en función a las encuestas formuladas a los empleados involucrados en los procesos productivos, donde se comprobó que las causas trascendentales que se presentan en la producción son el reproceso de piezas, la falta de controles internos y las fallas de inyección; situación que ratifica que el plan piloto debe considerar la implementación un nuevo molde de inyección con lo que se pretende reducir los tiempos de producción, incrementado la eficiencia general de los equipos (procesos).

En la *Fotografía 7* se puede evidenciar el molde de inyección de los Inner Wheel y las rebabas de diámetro exterior, diámetro interior y expulsores que se están originando en el actualmente.



Fotografía 7. Molde de inyección y rebabas de componentes Inner Wheel.

Para poder analizar esta implementación y marcar un punto de referencia; se necesita desarrollar el un diagrama del proceso que evidencie la situación real del método de producción de los Inner Wheel, en el que se visualice procesos y subprocesos que se están desarrollando para establecer donde se pueden mejorar.

En la *Tabla 12* se puede analizar la situación actual y el tiempo que demanda cada proceso, las operaciones que aportan un valor agregado, actividades que podrían eliminarse y aquellas que existe posibilidad de mejorarse; con esto se establece que ante un eventual cambio de molde de inyección de los Inner Wheel, se podrá eliminar los procesos de “Troquelado orificio” y “Troquelado rebaba expulsores”, adicionalmente se prevé que mejore el proceso de corrección de la silueta de estos elementos, con lo que se optimizará el tiempo de troquelado del diámetro exterior, estas acciones permitirán plantear una mejora sustancial para optimizar la técnica de la producción de cerraduras mecánicas de combinación.

Tabla 12. Diagrama de proceso actual para la fabricación Inner Wheel.
DIAGRAMA DEL PROCESO

Fecha 25/11/2021

Proceso	Fabricación Inner Wheel (rueda)	
Actividad	Observado	
Método	Actual	Elaborado Henry Jiménez
	Propuesto	Aprobado
Inicia	Inyección de inner wheel	
Termina	Centrifugado	

Actividad	Resúmen					
	Actual		Propuesto		Resultado	
	Cant.	Tiempo	Cant.	Tiempo	Cant.	Tiempo
Operación	11.00	117.63	0.00	0.00	11.00	117.63
Transporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspección	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacenaje	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total de actividades y tiempo	11.00	117.63	0.00	0.00	11.00	117.63

Ord.	Descripción	Distancia [m]	Tiempo [seg]	Símbolo					Valor Agregado			Análisis		
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Valor Agregado Cliente	V. Agregado Operacional	Sin Valor Agregado	Actividades que se pueden eliminar	Actividades que se pueden mejorar	Actividades que se pueden unir
Inyección														
1	Inyección inner wheel	0	21.24	x					x					
2	Separar ramal de inner wheel	0	2.54	x						x				
Desbarbado														
3	Troquelado orificio	10	11.8	x							x	x		
4	Troquelado rebaba expulsores	1	9.44	x							x	x		
5	Troquelado diametro exterior	1	10.62	x							x		x	
Maquinado														
6	Tamborcoado	5	21.52	x						x				
Acabado superficial														
7	Baño de zinc	1	21.24	x						x				
8	Enjuague 1	0.5	2.36	x							x			
9	Galvanizado	0.5	3.54	x						x				
10	Enjuague 2	0.5	2.36	x							x			
11	Centrifugado	0.5	10.97	x						x				

La *Tabla 13* establece el diagrama de proceso propuesto para la fabricación de los componentes Inner Wheel; el mismo que ha considerado la implantación de un molde nuevo el cual permite eliminar dos procesos de desbarbado, mejorar un proceso de troquelado y reducir el tiempo de elaboración.

Tabla 13. Diagrama de proceso propuesto para la fabricación Inner Wheel.
DIAGRAMA DEL PROCESO

Fecha 18/02/2022

Proceso	Fabricación Inner Wheel (rueda) mejora	
Actividad	Observado	
Método	Actual	Elaborado <u>Henry Jiménez</u>
	Propuesto	Aprobado
	Inicia	Inyección de inner wheel
	Termina	Centrifugado

Actividad	Resumen					
	Actual		Propuesto		Resultado	
	Cant.	Tiempo	Cant.	Tiempo	Cant.	Tiempo
Operación	11.00	117.63	9.00	93.77	2.00	23.86
Transporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspección	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacenaje	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total de actividades y tiempo	11.00	117.63	9.00	93.77	2.00	23.86

Ord.	Descripción	Distancia [m]	Tiempo [seg]	Símbolo					Valor Agregado			Análisis		
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Valor Agregado Cliente	V. Agregado Operacional	Sin Valor Agregado	Actividades que se pueden eliminar	Actividades que se pueden mejorar	Actividades que se pueden unir
Inyección														
1	Inyección inner wheel	0	21.24	x					x					
2	Separar ramal de inner wheel	0	2.54	x						x				
Desbarbado														
3	Troquelado diametro exterior	1	8	x							x			
Maquinado														
4	Tamboreado	5	21.52	x						x				
Acabado superficial														
5	Baño de zinc	1	21.24	x						x				
6	Enjuague 1	0.5	2.36	x							x			
7	Galvanizado	0.5	3.54	x						x				
8	Enjuague 2	0.5	2.36	x							x			
9	Centrifugado	0.5	10.97	x						x				

Con base en la propuesta de implementación de un nuevo molde de inyección para el perfeccionamiento de la productividad en la fabricación de los componentes Inner Wheel; se pretende evitar la aparición de rebabas en el selle del molde y expulsores, alcanzar una simetría homogénea, con lo que se estima que el tiempo de producción se reduzca en 23.86 seg/pza, representando que el proceso mejoraría en 20.2 % lo que coadyuvará a que la producción sea más rápida, limpia y requiera menos actividades en su fabricación.

Proyección de implementación 5's:

Implementar las 5's demanda mucho compromiso de los miembros de la organización que están inmersos en el proceso, para analizar la situación actual de la empresa bajo los conceptos expuestos; con estos antecedentes se ha desarrollado un levantamiento fotográfico de cómo se

encuentran ciertas áreas de la planta y que acciones se deben tomar para la aplicación de conceptos de manufactura estricta.

Desarrollando el concepto **Seleccionar (Seiri)**, es importante aplicar las herramientas necesarias que se emplearan en cada puesto de trabajo; por ello en la *Fotografía 8* se puede apreciar cómo está la disposición del área laboral, donde se observa que existen más herramientas de las que realmente se necesitan para realizar las actividades, por lo que para la implementación se deberá proceder de la siguiente manera:

1. Establecer las áreas de implementación:

- Fotografiar previamente las áreas de intervención.
- Seleccionar que herramientas son las adecuadas para el proceso.
- Identificar con una tarjeta roja aquellas que son ajenas al proceso (*Figura 35*).
- Almacenar las herramientas que no son necesarias.
- Elaborar un listado de aquellas que efectivamente son indispensables en el proceso.

En esta implementación se deberá involucrar a los operarios en sus respectivas estaciones de trabajo.



Fotografía 8. Situación actual del puesto de trabajo.

Como complemento de la fase de selección, en la *Tabla 14* se presenta un listado de los objetos necesarios que son empleados en el proceso de desbarbado para la fabricación de los Inner Wheel.

Tabla 14. Lista de objetos del proceso de desbarbado.

Área Procesos/Producción

Proceso Desbarbado

Ítem	Objeto	Ubicación
1	Cuchilla de HSS	Tablero
2	Lima plana	Tablero
3	Pistola de aire	Mesa

Para analizar los resultados alcanzados, se tiene considerado desarrollarlos de la siguiente manera:

2. Evaluar las áreas de implementación:

- Realizar seguimiento de al menos dos visitas a la semana para recabar información y documentar.
- Valorar esta fase y estimar el ahorro de los artículos retirados.

Implementar la etapa de **Organizar (Seiton)** tiene mucha cabida en la estructura de todos los procesos de la empresa; como ejemplo se indica en la *Fotografía 9* donde se evidencia que existe una desorganización de la estación de trabajo para la eliminación de la rebaba del diámetro exterior de los inner wheel, se tiene objetos que no son propios del proceso (vaso), si bien la accesibilidad a las herramientas es factible, las misma se encuentra ubicada en gavetas que ocasionan una desorganización, no se cuenta con una ubicación específica de las herramientas, genera un acumulación de polvo y limallas.



Fotografía 9. Eliminación de rebaba diámetro exterior Inner Wheel.

Para ejecutar esta fase se considera desarrollarla en la siguiente secuencia, aplicando el criterio que las cosas sean cómodas de ver, acceder y retornar a la ubicación original:

1. Definir áreas de implementación:

- Fotografiar las herramientas que se considera implementar.
- Establecer la secuencia y frecuencia de uso de las herramientas u objetos.
- Definir nombre, color y/o código para cada herramienta u objeto.
- Asignar un tablero para colgar las herramientas específicas del proceso detalladas anteriormente en la *Tabla 14*.

La etapa de **Limpieza (Seiso)** es una de los conceptos más fáciles de entender e implementar, ya que se traduce a limpiar, pero más que limpiar se trata en combatir las fuentes de suciedad para pretender erradicar las causas de su origen, donde implícitamente se intenta organizar y descubrir potenciales problemas. En la *Fotografía 10* se pudo observar el área de almacenamiento de moldes de inyección, donde se evidencia que existe una desorganización, se mezcla gavetas de producción con moldes, no se tiene definido espacios para ubicación de basureros y utensilios de limpieza.



Fotografía 10. Falta de limpieza y orden en almacenaje de moldes de inyección.

Para la implementación de la limpieza se debe desarrollar en las siguientes fases:

1. Planificar las áreas de limpieza:

- Asignar a cada operario un área específica, quien será el responsable que vigilará por el justo y adecuado cumplimiento de la limpieza, orden y cuidado.
- Definir sitios estratégicos para la ubicación de basureros internos, utensilios de limpieza y contenedores de desechos.
- Establecer frecuencias, tipos de limpieza e instrucciones específicas para la ejecución de la limpieza.

2. Desarrollar la limpieza asignada:

- Fotografiar los ambientes que se considera limpiar.
- Limpiar las máquinas, estaciones y equipos de trabajo.
- Limpieza general de las instalaciones.

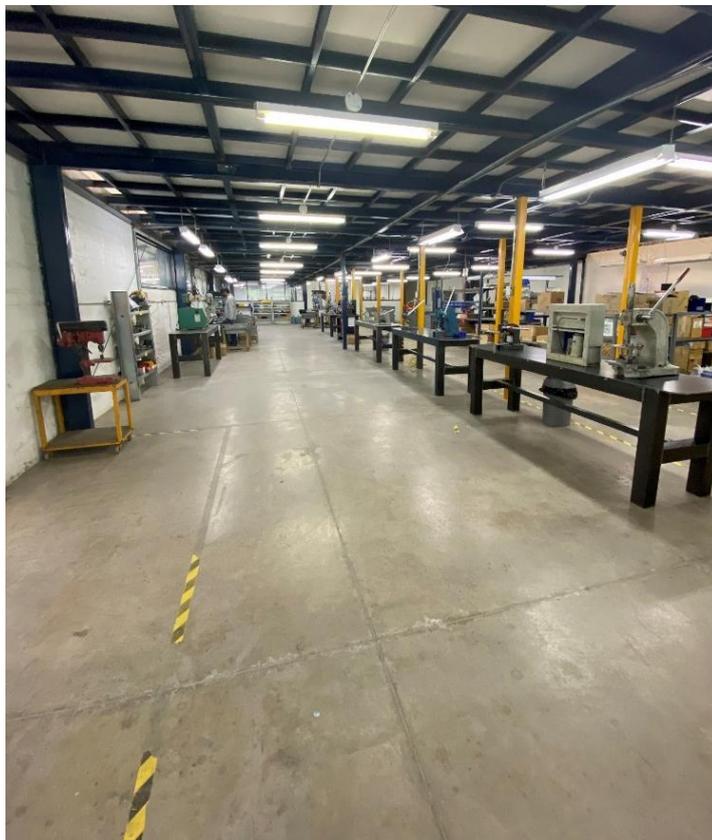
Nota: Las actividades de limpieza deben combinar limpieza con inspección; al inicio, durante y después del periodo laboral. Se planificará una vez al año el programa de “el gran día de la limpieza”.

3. Evaluar las áreas de limpieza:

- Realizar un check list de verificación de limpieza por parte del supervisor.
- Campaña de limpieza.

Para aplicar la etapa de **Estandarizar (Seiketsu)**, se debe tener en consideración que es producto de la implementación de las etapas de selección, organización y limpieza; situación que pretende regular los procedimientos y ambientes a un solo formato. El tema de seguridad industrial, la delimitación de las áreas de trabajo juega un factor fundamental, debido a que está en riesgo la integridad de los operarios.

En la *Fotografía 11*, se puede observar las estaciones de trabajo para la fabricación de cerraduras mecánicas, donde se evidencia una escasa señalización de los ambientes de trabajo, no se identifica líneas de circulación, rutas de evacuación o puntos de encuentro seguros; por lo que deberá considerar la delimitación acorde a la norma antes mencionada INEN-ISO 3864 [35] para garantizar orden, seguridad y limpieza, bajo una homologación de líneas, colores y señalética.



Fotografía 11. Delimitación de las estaciones de trabajo.

1. Definir directrices para de implementación:

- Verificar que cada operario conoce sus responsabilidades.
- Estandarización de colores y tipos de líneas
- Fotografiar los ambientes que se considera implementar.
- Establecer estándares para la organización y limpieza.
- Realizar evaluaciones periódicas.

Al momento de ejecutar una evaluación, es relevante comparar la evidencia encontrada en la evaluación inicial frente a la evaluación actual (proyectada); es importante que las evaluaciones no sean consideradas como castigos o imposiciones, por el contrario, estas deben enfocarse en que se está alcanzando un logro compartido ya que el objetivo principal se enfoca en se influya en la cultura de la organización.

Para desarrollar esta auditoría, se ha creado un formato de evaluación enfocado en el sostenimiento de las 5's bajo los principios de "orden, limpieza y disciplina"; en la *Tabla 15* se observa los parámetros considerados para la valoración de la situación inicial que posee la línea de producción, llegando a una puntuación global del (24 %) la cual demuestra que existe una falencia que inciden en la aplicación de las 5's para la fabricación de las cerraduras mecánicas de combinación.

Tabla 15. Hoja de evaluación del sostenimiento inicial de las 5's.

Sostenimiento instalaciones - 5's

Fecha:

Responsable:

10= Perfecto
7= 1-2 problemas
4= 3-4 problemas
1= 5 o mas problemas

Seleccionar (Seiri)	Poner las cosas en orden	10	7	4	1	Comentarios
	Estan solamente las cosas que se necesitan para el proceso diario?					1
	Los materiales de empaque y materias primas son del proceso diario?			4		
	Se devuelve a la bodega los materiales que no se usan diariamente?					1
	Se elimina de la linea materiales de limpieza y utensillos de limpieza que no son operativos?					1
	Existen articulos personales en el sitio de trabajo?		7			
Puntaje máximo 50			14.00			28%
Organización (Seiton)	Existen partes de maquinas, repuestos que no sirven junto al sitio de trabajo	10	7	4	1	Comentarios
	Existe un lugar especifico para cada cosa?			4		
	Están los lugares especificos marcados visualmente?		7			
	Todos los articulos están en su lugar?					1
	Existen lugares escritos con un rótulo donde se debe ubicar los materiales y articulos?			4		
	Son los estándares y limites de cada cosa, fáciles de reconocer?					1
	Están los materiales en contacto con el piso?			4		
	Se vuelve a colocar los articulos en su lugar después de usarse?					1
	Están señalados los sitios de transito del personal, los materiales, el montacargas?					1
	Están visibles y despejados los sitios de ubicación de extintores y tableros eléctricos?			4		
Están las mesas de trabajo, sillas, basureros y tableros correctamente ordenados?					1	
Puntaje máximo 100			28.00			28%
Limpieza (Seiso)	Limpieza del equipo, herramientas y el área de trabajo	10	7	4	1	Comentarios
	Están las áreas de trabajo limpias?		7			
	Están los equipos totalmente limpios?		7			
	Existen basureros en el área de trabajo?					1
	Están las lineas de los pasillos y máquinas limpias y visibles?		7			
	Existen materiales de limpieza en el lugar de trabajo?			4		
	Existe un lugar para colocar los útiles de limpieza por área con código de colores?					1
	Existe áreas en el proceso separados por frecuencia de limpieza?			4		
	Están visibles los procedimientos de limpieza?					1
	Está dividido el área de proceso por áreas asignadas a personas responsables de limpieza?					1
Se actúa rápidamente cuando existen fugas para evitar que el área se ensucie?					1	
Puntaje máximo 100			34.00			34%
Estandarizar (Seiketsu)	Higiene personal y seguridad	10	7	4	1	Comentarios
	El personal usa su uniforme correctamente?			4		
	El uniforme se encuentra limpio?					1
	Se consume alimentos en el sitio de trabajo?					1
	El personal se asea y lava las manos antes de iniciar su jornada de trabajo?					1
	El personal utiliza los equipos de protección personal de dotación de la empresa?					1
	Se dota de bebederos junto a las lineas de proceso?					1
	Estan los equipos, pasillos y otros articulos bien pintados?					1
	Están visibles las responsabilidades y frecuencias de limpieza?					1
	Están los contenedores y basureros vacios?					1
Las herramientas y utensillos se mantienen en buen estado?					1	
Puntaje máximo 100			13.00			13%
Seguimiento (Shitsuke)	Apegarse a las reglas	10	7	4	1	Comentarios
	El personal conoce los resultados de las auditorías de Orden, Organización, Limpieza?					1
	Están los resultados visibles?					1
	Se cumplen los planes de limpieza?					1
	Los trabajadores participan continuamente en el mejoramiento de las áreas de trabajo?					1
Los trabajadores trabajan con orden, organización, limpieza y pulcritud?					1	
Puntaje máximo 50			5.00			10%
Resultado auditoría sobre 400 puntos			94.00			24%

Para mejor comprensión de este método de evaluación, en el *Figura 37* se indica las diversas consideraciones y aspectos que inciden en la filosofía del orden y limpieza para la en la etapa actual de la empresa.

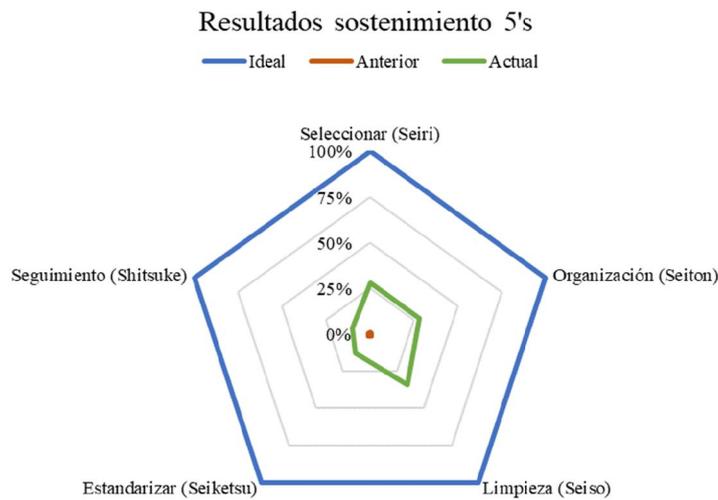


Figura 37. Resultado del sostenimiento inicial de las 5's.

Como se ha revisado a lo largo de la investigación y con base a las diversas aplicaciones que la industria ha dado a la implementación de las 5's; para la aplicación de estos conceptos de manufactura estricta, se ha considerado realizar una proyección muy conservadora, la cual se estima subir al siguiente nivel a los parámetros de evaluación de la situación actual (inicial).

Es evidente que con esta apreciación los beneficios se incrementarán ya que representa una mejora significativa en la ejecución de los trabajos; pero hay que señalar que este escenario solo enmarca una perspectiva de las mejoras que se puede alcanzar, ya que dentro de la estimación aún se tiene temas por implementar, trabajar, desarrollar y controlar.

En la *Tabla 16* se desarrolla la proyección del sostenimiento de las 5's, considerando que aún existirán temas por subsanar y mejorar, donde se alcanzaría una puntuación de 60 %; entendiendo que la mejora es viable para la ejecución de herramientas lean manufacturing.

Tabla 16. Hoja de evaluación del sostenimiento proyectada de las 5's.

Sostenimiento instalaciones - 5's

Fecha:

Responsable:

10= Perfecto
7= 1-2 problemas
4= 3-4 problemas
1= 5 o mas problemas

Seleccionar (Seiri)	Poner las cosas en orden	10	7	4	1	Comentarios
	Estan solamente las cosas que se necesitan para el proceso diario?			4		
	Los materiales de empaque y materias primas son del proceso diario?		7			
	Se devuelve a la bodega los materiales que no se usan diariamente?			4		
	Se elimina de la línea materiales de limpieza y utensillos de limpieza que no son operativos?		7			
	Existen artículos personales en el sitio de trabajo?	10				
Puntaje máximo 50			32.00			64%
Organización (Seiton)	Existen partes de maquinas, repuestos que no sirven junto al sitio de trabajo	10	7	4	1	Comentarios
	Existe un lugar específico para cada cosa?		7			
	Están los lugares específicos marcados visualmente?	10				
	Todos los artículos están en su lugar?			4		
	Existen lugares escritos con un rótulo donde se debe ubicar los materiales y artículos?		7			
	Son los estándares y límites de cada cosa, fáciles de reconocer?			4		
	Están los materiales en contacto con el piso?		7			
	Se vuelve a colocar los artículos en su lugar después de usarse?			4		
	Están señalados los sitios de tránsito del personal, los materiales, el montacargas?			4		
	Están visibles y despejados los sitios de ubicación de extintores y tableros eléctricos?		7			
	Están las mesas de trabajo, sillas, basureros y tableros correctamente ordenados?			4		
Puntaje máximo 100			58.00			58%
Limpieza (Seiso)	Limpieza del equipo, herramientas y el área de trabajo	10	7	4	1	Comentarios
	Están las áreas de trabajo limpias?	10				
	Están los equipos totalmente limpios?	10				
	Existen basureros en el área de trabajo?		7			
	Están las líneas de los pasillos y máquinas limpias y visibles?	10				
	Existen materiales de limpieza en el lugar de trabajo?		7			
	Existe un lugar para colocar los útiles de limpieza por área con código de colores?			4		
	Existe áreas en el proceso separados por frecuencia de limpieza?		7			
	Están visibles los procedimientos de limpieza?			4		
	Está dividido el área de proceso por áreas asignadas a personas responsables de limpieza?		7	4		
	Se actúa rápidamente cuando existen fugas para evitar que el área se ensucie?			4		
Puntaje máximo 100			74.00			74%
Estandarizar (Seiketsu)	Higiene personal y seguridad	10	7	4	1	Comentarios
	El personal usa su uniforme correctamente?		7			
	El uniforme se encuentra limpio?			4		
	Se consume alimentos en el sitio de trabajo?		7			
	El personal se asea y lava las manos antes de iniciar su jornada de trabajo?		7			
	El personal utiliza los equipos de protección personal de dotación de la empresa?			4		
	Se dota de bebederos junto a las líneas de proceso?			4		
	Estan los equipos, pasillos y otros artículos bien pintados?		7			
	Están visibles las responsabilidades y frecuencias de limpieza?			4		
	Están los contenedores y basureros vacíos?			4		
	Las herramientas y utensillos se mantienen en buen estado?		7			
Puntaje máximo 100			55.00			55%
Seguimiento (Shitsuke)	Apegarse a las reglas	10	7	4	1	Comentarios
	El personal conoce los resultados de las auditorías de Orden, Organización, Limpieza?			4		
	Están los resultados visibles?			4		
	Se cumplen los planes de limpieza?			4		
	Los trabajadores participan continuamente en el mejoramiento de las áreas de trabajo?			4		
	Los trabajadores trabajan con orden, organización, limpieza y pulcritud?			4		
Puntaje máximo 50			20.00			40%
Resultado auditoría sobre 400 puntos			239.00			60%

Para poder interpretar la incidencia en el método de evaluación propuesto frente a la actual; se puede observar la *Figura 38*, donde se representa las diversas consideraciones y aspectos que inciden en la filosofía del orden y limpieza para incrementar la producción derivada por la implementación de la herramienta 5's para la fabricación de cerraduras mecánicas.

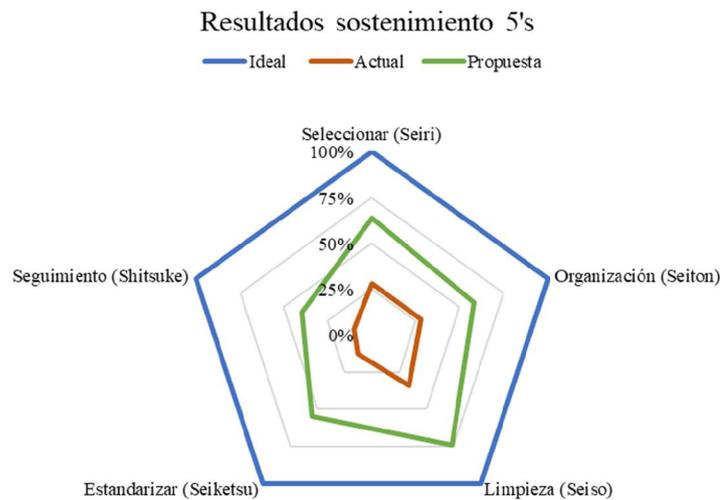


Figura 38. Resultado del sostenimiento proyectado de las 5's.

Bajo este análisis se puede concluir que la implementación de herramientas 5's incide directamente en un cambio cultural bajo los principios de orden, limpieza y disciplina; ya que de una evaluación inicial (actual) se alcanzó el 24 %, pero al plantear una propuesta de mejora, pasa a una evaluación del 60 %, lo que significa un incremento sustancian del 250 %, llegando a generar evidencia significativa que permita la ejecución de estas herramientas como parte del planteamiento de incremento de la productividad de la empresa.

La ejecución de la etapa de **Seguimiento (*Shitsuke*)**, en gran medida ratifica todo lo actuado en las herramientas anteriores para que se generen campañas de difusión y promoción de todo lo alcanzado. De esta forma se convierte este hábito, en una filosofía de trabajo con el compromiso de todos.

1. Definir directrices para de implementación:

- Abrir canales de comunicación entre todos los involucrados.
- Realizar reuniones de seguimiento.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Realizar evaluaciones periódicas.

Con la aplicación de todos estos conceptos se ha podido identificar los principales problemas, evidenciando las oportunidades de mejora para la aplicación de soluciones prácticas con las que se pretende reducir los desperdicios.

Proyección de implementación Kanban:

Implementar un sistema Kanban demanda responsabilidad con las personas implicadas en el proceso, ya que se basa en un sistema de producción *pull* donde se garantiza un flujo sincronizado y continuo, con el propósito de asegurar una producción justo a tiempo (JIT) para cumplir con las necesidades del consumidor.

Parte de ello radica en implementar las tarjetas de control (Kanban) quienes son las encargadas de delimitar el número de unidades a producir por contenedor, aplicando la *ecuación (18)*, se puede considerar que la demanda mensual para el pronóstico de ventas del año 2022, asciende a 1148 unidades con un tiempo de entrega de 1 semana y un porcentaje de variación de la demanda del 6 %, se puede establecer:

$$\text{Kanban} = T.E. \times D \times U \times \% \text{VarDem}$$

$$\text{Kanban} = 1 \times 1148 \times 1 \times 1.06$$

$$\text{Kanban} = 1217 \text{ u}$$

Bajo este análisis, el proceso debe ser capaz de producir 1217 unidades semanales para que sean almacenadas hasta su ensamblaje; en la *Figura 39* se puede apreciar el formato que se recomienda implementar en cada contenedor Kanban para la fabricación de Inner Wheel.

KANBAN		
Código:	<u>C087</u>	Proceso anterior
Descripción:	<u>Inner Wheel</u>	<u>Desbarbado</u>
Cant. Caja	<u>1217</u>	Proceso posterior
		<u>Acabado superficial</u>

Figura 39. Tarjeta de control Kanban para producción de Inner Wheel.

Analizando con el tiempo de producción actual en una jornada, se tiene una fabricación de 1120 unidades/semana, lo que ocasiona que no se cumpla con las unidades calculadas en el Kanban; por lo que hace necesario que se establezca un planteamiento para corregir el proceso de fabricación de los Inner Wheel y cumplir el pedido. En la *Tabla 13* indicada anteriormente, se pudo demostrar que con la implementación de un nuevo molde de inyección puede mejorar el proceso y desarrollarlo en 93.77 segundos, lo que conlleva a que se cumpla la producción y se supere en un 122 %.

Tabla 17. Análisis de mejora del proceso y cumplimiento del pedido.

Proceso Fabricación Inner Wheel	Pronóstico 2022	Inner Wheel [u/mes]	T. Normal [seg/u]	Producción [u/día]	Producción [u/mes]	Cump. pedido
Actual			117.63	224	4480	98%
Propuesto	13770	4592	93.77	281	5620	122%

Bajo este contexto, se ratifica que para satisfacer el pronóstico de ventas para el año 2022 se necesita mejorar el proceso de producción, por lo que ratifica la implementación de un nuevo molde de inyección, con lo que se cumplirá la demanda proyectada y las unidades Kanban de cada contenedor.

4.6.3. Etapa III: Evaluar

Como complemento para valorar la eficiencia de las medidas planteadas en la mejora de la productividad; se pretende evaluar mediante auditorías internas el cumplimiento de las herramientas 5's, de forma que coadyuven para el cambio cultural, niveles de producción y el sostenimiento de la madurez ante un programa de Sistema Integrado de Gestión.

Por ello, las evaluaciones y/o auditorías concerniente a las 5's se realizarán con una periodicidad de al menos tres a cuatro veces al año y un tiempo de aproximadamente 5 días, dejando la salvedad que la misma puede ser desarrollada cuando se estime pertinente o se hayan presentado inconvenientes en las áreas implementadas.

Respecto a las auditorías para la madurez del sostenimiento del sistema integrado de gestión, se la considera pertinente realizarla una vez al año para contrastar el escenario actual de la organización respecto a un estándar ISO 9004:2009 [31]; para este desarrollo se considera realizarla en un plazo de 3 días hábiles.

Parte fundamental para la retroalimentación y análisis de la correlación entre variables dependientes e independientes, se las pretende desarrollar mediante encuestas sobre las oportunidades de mejora y problemas de producción; por ello se prevé que se realicen este sondeo una a dos veces al año en un plazo de 2 días, lo que permitirá procesar e identificar los problemas más representativos para plantear soluciones inmediatas.

En la *Tabla 18* se plantea un cronograma tentativo para que se realicen las auditorías a los procesos que se están siendo aplicados herramientas Lean Manufacturing.

Tabla 18. Cronograma de auditorías.

Auditoría	Tiempo											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Cumplimiento de las herramientas 5's												
Sostenimiento del sistema integrado de gestión												
Encuesta oportunidades de mejora												
Encuesta problemas de producción												

Para llevar a cabo estas auditorías, se prevé designar a un equipo auditor interno que estará integrado por el gerente de producción, un supervisor de procesos y un operario; a quienes se los capacitará respecto al uso de las herramientas de evaluación, la imparcialidad para la administración de la documentación e interpretación de los efectos obtenidos, de modo que se planteen soluciones inmediatas.

En la *Tabla 19* se presenta el formato para evaluación del sostenimiento de las 5's.

Tabla 19. Hoja de evaluación del sostenimiento de las 5's.

Sostenimiento instalaciones - 5's

Fecha:

Responsable:

10= Perfecto
7= 1-2 problemas
4= 3-4 problemas
1= 5 o mas problemas

Seleccionar (Seiri)	Poner las cosas en orden	10	7	4	1	Comentarios
	Están solamente las cosas que se necesitan para el proceso diario?					
	Los materiales de empaque y materias primas son del proceso diario?					
	Se devuelve a la bodega los materiales que no se usan diariamente?					
	Se elimina de la línea materiales de limpieza y utensilios de limpieza que no son operativos?					
	Existen artículos personales en el sitio de trabajo?					
	Puntaje máximo 50		0.00			0%
Organización (Seiton)	Existen partes de maquinas, repuestos que no sirven junto al sitio de trabajo	10	7	4	1	Comentarios
	Existe un lugar específico para cada cosa?					
	Están los lugares específicos marcados visualmente?					
	Todos los artículos están en su lugar?					
	Existen lugares escritos con un rótulo donde se debe ubicar los materiales y artículos?					
	Son los estándares y límites de cada cosa, fáciles de reconocer?					
	Están los materiales en contacto con el piso?					
	Se vuelve a colocar los artículos en su lugar después de usarse?					
	Están señalados los sitios de tránsito del personal, los materiales, el montacargas?					
	Están visibles y despejados los sitios de ubicación de extintores y tableros eléctricos?					
	Están las mesas de trabajo, sillas, basureros y tableros correctamente ordenados?					
	Puntaje máximo 100		0.00			0%
Limpieza (Seiso)	Limpieza del equipo, herramientas y el área de trabajo	10	7	4	1	Comentarios
	Están las áreas de trabajo limpias?					
	Están los equipos totalmente limpios?					
	Existen basureros en el área de trabajo?					
	Están las líneas de los pasillos y máquinas limpias y visibles?					
	Existen materiales de limpieza en el lugar de trabajo?					
	Existe un lugar para colocar los útiles de limpieza por área con código de colores?					
	Existe áreas en el proceso separados por frecuencia de limpieza?					
	Están visibles los procedimientos de limpieza?					
	Está dividido el área de proceso por áreas asignadas a personas responsables de limpieza?					
	Se actúa rápidamente cuando existen fugas para evitar que el área se ensucie?					
	Puntaje máximo 100		0.00			0%
Estandarizar (Seiketsu)	Higiene personal y seguridad	10	7	4	1	Comentarios
	El personal usa su uniforme correctamente?					
	El uniforme se encuentra limpio?					
	Se consume alimentos en el sitio de trabajo?					
	El personal se asea y lava las manos antes de iniciar su jornada de trabajo?					
	El personal utiliza los equipos de protección personal de dotación de la empresa?					
	Se dota de bebederos junto a las líneas de proceso?					
	Están los equipos, pasillos y otros artículos bien pintados?					
	Están visibles las responsabilidades y frecuencias de limpieza?					
	Están los contenedores y basureros vacíos?					
	Las herramientas y utensilios se mantienen en buen estado?					
	Puntaje máximo 100		0.00			0%
Seguimiento (Shitsuke)	Apegarse a las reglas	10	7	4	1	Comentarios
	El personal conoce los resultados de las auditorías de Orden, Organización, Limpieza?					
	Están los resultados visibles?					
	Se cumplen los planes de limpieza?					
	Los trabajadores participan continuamente en el mejoramiento de las áreas de trabajo?					
	Los trabajadores trabajan con orden, organización, limpieza y pulcritud?					
	Puntaje máximo 50		0.00			0%
	Resultado auditoría sobre 400 puntos		0.00			0%

Para desarrollar la evaluación del sostenimiento para la madurez de la empresa respecto a un estándar de Sistema Integrado de Gestión, se plantea la implementación de la herramienta de verificación conforme el código ISO 9004:2009. [31]. Conforme indica *Tabla 20*.

Tabla 20. Herramienta de autoevaluación elementos clave norma ISO 9004:2009.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO MADUREZ DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD SEGÚN REQUISITOS NORMA ISO 9004:2009

**FABRICACION CERRADURA
MECÁNICA DE COMBINACIÓN**

Apartado	Elemento clave	Niveles Madurez					Evaluación
		1	2	3	4	5	
4.1 Gestión para el éxito sostenido de una organización	El sistema de gestión está orientado funcionalmente y se basa en procedimientos.						
4.2 Éxito sostenido	Hay revisiones periódicas del desempeño en función del plan de negocio.						
4.3 El entorno de la organización	La organización reacciona a los cambios que tienen un impacto en ella.						
4.4 Partes interesadas, necesidades y expectativa	La organización se dirige en función de las necesidades y expectativas de los clientes.						
5.1 Estrategia y política	El proceso de planificación está organizado para casos puntuales. La estrategia, las políticas y los objetivos sólo están definidos parcialmente.						
5.2 Formulación de la estrategia y la política	Los elementos de entrada para la formulación de la política y la estrategia son puntuales, y sólo los aspectos relativos al producto y financieros están formulados.						
5.3 Despliegue de la estrategia y la política	La estrategia y las políticas se traducen en objetivos para diferentes niveles en la organización. Los planes se desarrollan de acuerdo con el equilibrio entre las necesidades y las expectativas de los clientes. La estrategia y las políticas evolucionan; las necesidades de los clientes se despliegan en procesos y objetivos claramente definidos. Son la base para las revisiones del desempeño y las auditorías.						
5.4 Comunicación de la estrategia y de la política	Se define e implementa un proceso para la comunicación externa e interna						
6.1 Gestión de los recursos	Se realiza una revisión periódica de la disponibilidad y de la idoneidad de los recursos. La planificación de los recursos incluye objetivos a corto y largo plazo.						
6.2 Recursos financieros	Se ha implementado un proceso para la predicción, seguimiento y control de los recursos financieros. La gestión financiera se estructura de manera sistemática.						
6.3 Personas en la organización	Las personas se consideran un recurso, pero sólo unos pocos objetivos están relacionados con la estrategia de la organización. La formación se proporciona para casos puntuales, principalmente a petición de empleados individuales. Las revisiones de las competencias se realizan en pocos casos.						
6.4 Proveedores y aliados	Las comunicaciones con el proveedor se limitan a las licitaciones, la emisión de pedidos o a la resolución de problemas.						
6.5 Infraestructura	Se planifica y se gestiona la infraestructura de la organización. Se consideran los requisitos legales y reglamentarios.						
6.6 Ambiente de trabajo	Se ha implementado un proceso para asegurarse de que el ambiente de trabajo cumple con todos los requisitos legales y reglamentarios aplicables.						
6.7 Conocimientos, información y tecnología	Se han implementado enfoques y sistemas básicos ligados a los conocimientos, la información y la tecnología.						
6.8 Recursos naturales	La utilización de los recursos naturales se gestiona de manera muy limitada.						
7.1 Gestión de los procesos	Los procesos se planifican y se gestionan de manera informal y para casos puntuales.						
7.2 Planificación y control de los procesos							
7.3 Responsabilidad y autoridad relativas a los procesos	Se asignan una responsabilidad y autoridad claras para la gestión de los procesos (por ejemplo, a los "dueños del proceso").						

Tabla 20. (Continuación)

8.1 Seguimiento, medición, análisis y revisión	El seguimiento se realiza de manera esporádica, sin que se hayan implementado procesos. El seguimiento se centra en los productos. Las acciones se desencadenan por problemas en los productos o en la gestión (es decir, situaciones de crisis).								
8.2 Seguimiento	Aunque se recopila información sobre los requisitos legales y reglamentarios aplicables, los cambios en los requisitos sólo se determinan para casos puntuales.								
8.3.1 (Medición) Generalidades	Se dispone de un conjunto muy limitado de datos procedentes de mediciones y evaluaciones para apoyar las decisiones de la dirección o para hacer el seguimiento del progreso de las acciones tomadas.								
8.3.2 Indicadores clave de desempeño	Se utilizan indicadores básicos (tales como los criterios financieros, las entregas a tiempo, la cantidad de quejas del cliente, las advertencias legales y las multas). Los datos no siempre son fiables.								
8.3.3 Auditoría interna	Se recopilan algunos datos, pero no se utiliza un enfoque formal. Las auditorías se realizan de manera reactiva, en respuesta a problemas, quejas del cliente, etc.								
8.3.4 Autoevaluación	Los datos recopilados se utilizan principalmente para resolver problemas con los productos.								
8.3.5 Estudios comparativos con las mejores prácticas (benchmarking)	La alta dirección apoya la identificación y la divulgación de las buenas prácticas. Se analizan y comparan algunos productos de los competidores clave.								
8.4 Análisis	Se utilizan ejemplos anecdóticos de análisis de datos. Sólo se han definido objetivos económicos y financieros como referencias para el análisis de datos. Hay un análisis limitado de las quejas del cliente.								
8.5 Revisión de la información obtenida del seguimiento, la medición y análisis	Existe un enfoque para casos puntuales en las revisiones. Cuando se realiza una revisión, a menudo es de manera reactiva.								
9.1 Mejora, innovación y aprendizaje	Se han implementado procesos de mejora básicos, basados en acciones correctivas y preventivas.								
9.2 Mejora	La organización proporciona formación para la mejora continua.								
9.3 Innovación	Las actividades de innovación se basan en los datos relativos a las necesidades y a las expectativas de los clientes.								
9.4 Aprendizaje	El aprendizaje se genera de manera reactiva, a partir del análisis sistemático de los problemas y de otros datos. Existen procesos para compartir la información y el conocimiento.								

Respecto a la encuesta de oportunidades de mejora, se presentan en la *Tabla 21* la cual maneja varias dimensiones para establecer los principios y conceptos de fabricación esbelta idónea, para implementar en las técnicas de producción.

Tabla 21. Encuesta oportunidades de mejora.

Oportunidades de Mejora para aplicación herramientas Lean Manufacturing		SI	NO
Factor Humano	1. ¿Se aprovecha con frecuencia sus habilidades en el proceso?		
	2. ¿Tiene habilidades necesarias para realizar las tareas solicitadas en todos los procesos?		
	3. ¿Está involucrado en las decisiones que se toman en la mejora los procesos de producción?		
	4. ¿Existe comunicación entre todos los operadores del proceso de producción?		
	5. ¿Existe un plan de capacitación para desarrollar las capacidades y destrezas del personal?		
	6. ¿Está dividido uniformemente la carga laboral entre los trabajadores?		
Organización Puesto de trabajo	7. ¿Su estación de trabajo cuenta con los implementos necesarios para realizar el proceso?		
	8. ¿Los productos o materiales están claramente identificados?		
	9. ¿Las piezas, materiales y componentes son fáciles de alcanzar (coger)?		
	10. ¿Cree que existe movimientos innecesarios?		
	11. ¿La producción mejoraría si aumentaría el grado de limpieza?		
	12. ¿Considera que hay un lugar para cada cosa, y cada cosa está en su lugar?		
Inventarios	13. ¿Se fabrica más componentes o piezas que las solicitadas?		
	14. ¿Los inventarios están claramente marcados e identificados?		
	15. ¿Hay piezas o componentes parcialmente procesados que se encuentran almacenados?		
	16. ¿Existen componentes defectuosos que se han almacenado con el producto procesado?		
Gestión de operaciones	17. ¿Cree que hay operaciones que pueden reducirse o integrarse a un mismo proceso?		
	18. ¿Considera que existe una falta de organización en la planta?		
	19. ¿Piensa que los conocimientos técnicos, son necesarios para solventar los problemas en la producción?		
	20. ¿Cuenta con un programa de producción en cada estación de trabajo?		
	21. ¿Las piezas requieren de personal para transportarlos dentro de planta?		
	22. ¿Hay piezas que necesitan reproceso?		
	23. ¿Existe productos por procesar, debido a la falta de consumibles, maquinas o herramientas?		
Control de resultados	24. ¿Se utilizan indicadores para evaluar la calidad y la eficiencia del proceso?		
	25. ¿Conoce que son los indicadores de gestión?		
	26. ¿Existe un registro fotográfico de la evolución de las mejoras?		
	27. ¿Se lleva un registro de la satisfacción del cliente?		
	28. ¿Se controlan las no conformidades para prevenir la entrega no intencionada?		
Estandarización de procesos	29. ¿Los procesos están documentados?		
	30. ¿Se hacen revisiones al esquema de trabajo implementado?		
	31. ¿Las secciones de trabajo están debidamente identificadas?		
	32. ¿Existe una cultura del mantenimiento preventivo?		
	33. ¿Las decisiones se toman con base en datos corroborados?		
	34. ¿Las ordenes de producción son claras, precisas y a tiempo?		
		0	0

La *Tabla 22* denota la encuesta de problemas de producción, con ello se pretende evidenciar los principales problemas que inciden en la mejora de la productividad.

Tabla 22. Encuesta problemas de producción.

Problemas de Producción		SI	NO
Falencias	35. ¿Falta de documentación de los procesos?		
	36. ¿Existe falencia en la selección del personal?		
	37. ¿Hay fallas en los controles internos?		
	38. ¿Falta de planes alternativos o planes de contingencia para cumplir la producción?		
	39. ¿Existe incapacidad para consultar?		
	40. ¿Se presenta excesiva centralización en la toma de decisiones?		
	41. ¿Existe falta de comunicación entre todos los operadores del proceso de producción?		
	42. ¿Hay graves falencias técnicas a la hora de resolver problemas?		
	43. ¿Existe errores de planificación de producción?		
	44. ¿Cree que existe maquinaria subutilizada?		
	45. ¿Considera que las máquinas han cumplido su vida útil?		
	46. ¿Existe fallas de calidad y acabado de las piezas?		
	47. ¿Hay altos niveles de desperdicios?		
	48. ¿Se generan muchos procesos y reproceso de las piezas?		
	49. ¿Los procesos actuales son muy complicados?		
	50. ¿Cree que el problema radica en el proceso de inyección?		
	51. ¿Considera que existe un exceso de producción para cumplir con el pedido?		
	52. ¿Hay piezas defectuosas en la línea de producción?		
	53. ¿Existe un mal manejo del inventario?		
	54. ¿Los equipos de seguridad industrial (EPP) asignados son insuficientes?		
	55. ¿Los implementos (consumibles, máquinas y herramientas) para realizar su trabajo son escasos?		
	56. ¿El espacio físico es muy pequeño para realizar su trabajo?		
	57. ¿Existe desorganización de la planta?		
	58. ¿Existe falta de mantenimiento a las máquinas?		
59. ¿Considera que la falta de indicadores de gestión, ocasionan una disminución de la producción?	0	0	

Parte complementaria a la evaluación de los procesos, es establecer los indicadores de rendimiento de producción; por ello es pertinente registrar, controlar y dar seguimiento a la producción, lo cual dará el diagnóstico específico de cada proceso. Bajo este precedente, uno de los indicadores más relevantes y potentes para este proyecto, radica en la eficiencia general de los equipos (OEE), en virtud que relaciona la calidad, eficiencia y disponibilidad para la producción, parámetros fundamentales que permitirán evidenciar problemas y tomar correctivos de manera inmediata.

En la *Tabla 23* se presenta un formato para llevar un registro y rastreo de la manufactura, control de tiempo de producción incluyendo los paros planificados y no planificados, para poder determinar el indicador OEE. Para poder valorar este indicador, se debe categorizar en función a la *Tabla 1* indicada en el Capítulo I.

Tabla 23. Formato para registro de producción, tiempo de producción y cálculo del indicador OEE.

Eficiencia Total de Equipos

Fecha:	Proceso:															Equipo :									
	Paros planeados						Paros no Planeados														Causas de paros planeados				
Horario / causas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1.- Limpieza pre operacional				
7 00 8 00																					2.- Alimentación				
8 00 9 00																					3.- Monitoreo dimensiones				
9 00 10 00																					4.- Limpieza al final del proceso				
10 00 11 00																					5.-				
11 00 12 00																					6.-				
12 00 13 00																					Causas paros no planeados				
13 00 14 00																					7.- Ajuste y calibración set up		19.-		
14 00 15 00																					8.- Averías mecánicas		20.-		
Cambio de turno																					9.- Averías eléctricas		21.-		
15 00 16 00																					10.- Falta de abastecimiento de materias primas		22.-		
16 00 17 00																					11.-Falla de corte		23.-		
17 00 18 00																					12.- Rotura de herramienta		24.-		
18 00 19 00																					13.-		25.-		
19 00 20 00																					14.-		26.-		
20 00 21 00																					15.-		27.-		
21 00 22 00																					16.-		28.-		
22 00 23 00																					17.-		29.-		
Cambio de turno																					18.-		30.-		
23 00 24 00																					Cálculo de disponibilidad				
24 00 1 00																					Tiempo Total de trabajo = A	1	2	3	Total
1 00 2 00																					Tiempo de paro planeado = B	0	0	0	0
2 00 3 00																					Tiempo de Operación = C= A-B	0	0	0	0
3 00 4 00																					Tiempo de paro no planeado = D	0	0	0	0
4 00 5 00																					Tiempo de producción= E = C-D	0	0	0	0
5 00 6 00																					Índice de Disponibilidad = ID = E/C	#####	#####	#####	#####
6 00 7 00																					Cálculo de eficiencia				
																					Velocidad de línea = F	0	0	0	#####
																					Producción Teórica = F x E = G	0	0	0	0
																					Producción Reportada total = H	0	0	0	0
																					Índice de producción= IP = H/G	#####	#####	#####	#####
																					Cálculo de calidad				
																					Unidades Buenas = I	0	0	0	0
																					Unidades Rechazadas = J	0	0	0	0
																					Producción Reportada = I + J	0	0	0	0
																					Índice de Calidad = IC = (I - J) /H	#####	#####	#####	#####
																					Eficiencia Total de Equipos= ID x IP x IC x 100 %	#####	#####	#####	####

Reporte de Producción				
		Turno 1	Turno 2	Turno 3
Producción empacada	I	u		
Producción rechazada	J	u		
Total producción día	H	u		
Velocidad Teórica	F	u/min		

Reporte de Tiempo				
		Turno 1	Turno 2	Turno 3
Tiempo paro planeado	B	min		
Tiempo paro No planeado	D	min		
Tiempo total de operación	A	min		

4.7. Análisis económico

Como se ha visto en el desarrollo de este capítulo, el componente que más problemas ocasiona a la producción de cerraduras mecánicas de combinación es el Inner Wheel, debido a que es el componente que más se utiliza (cuatro unidades por cada cerradura), se hacen reprocesos de maquinado y desbarbado, existen fallas de inyección; por lo que dentro de la propuesta se considera su reposición por uno nuevo, con el objeto de reducir los procesos de producción y evitar la variabilidad de las dimensiones para disminuir el número de piezas rechazadas.

Es importante considerar que dentro de esta propuesta se ha considerado el costo de inversión que demanda la aplicación de principios Lean Manufacturing y el remplazo de molde de un molde de inyección de Inner Wheel. En la *Tabla 24* se puede describir los costos que se consideran para el incremento de la producción en la elaboración de cerraduras de combinación.

Tabla 24. Costos de inversión para mejora de la productividad.

Proyecto de inversión	
Molde de inyección	\$ 12,000.00
Capacitación 5's y LM	\$ 1,500.00
Mat. de orden y limpieza	\$ 3,000.00
Señalética	\$ 4,000.00
Total	\$ 20,500.00

Como parámetros básicos de análisis para la viabilidad del proyecto, se plantea calcular el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, índices financieros que permitirán validar si el proyecto es viable. Por ello se pretende realizar el proyecto a un año de inversión, donde se ha estimado el movimiento de caja.

La *Tabla 25* describe el detalle de flujo de caja y los montos de inversión que se tiene estimado para el proyecto.

Tabla 25. Detalle de flujo de caja y proyecto de inversión.

Descripción	Periodo [año]	
	0	1
Proyecto Inversión	\$ (20,500.00)	-
Flujo de caja	-	\$ 28,228.50
Total	\$ (20,500.00)	\$ 28,228.50

Para poder desarrollar este análisis, es necesario considerar el interés que presta la banca a la fecha, conforme se indica en la *Tabla 26*; donde el banco central establece un valor máximo de 11.26 % anual.

Tabla 26. Interés de la banca para marzo 2022. [36].

Entidad	Segmento	Tasas de Interés marzo 2022	
		Mínima	Máxima
Banco Central del Ecuador	Productivo	9.94%	
	PYMES		11.26%

Con estas consideraciones, se puede estimar un VAN de \$ 45,871.65 y TIR de 37.7 % para la implementación del proyecto. Con esto se contrasta que la inversión de \$ 20,500.00 para el incremento de la producción en la elaboración de cerraduras mecánicas de combinación, es factible. Para estimar estos valores, se ha realizado mediante una hoja de cálculo Excel donde se ha empleado el flujo de caja para un año, monto de inversión y tasa de interés.

4.8. Conclusiones del capítulo

La clave para el sostenimiento de una herramienta Lean Manufacturing radica en la disciplina y compromiso de toda la organización; por ello, esta filosofía en gran medida ha tenido una amplia aplicación a lo largo de la historia, la cual ha incidido en el cambio cultural, niveles de producción y el sostenimiento de la madurez ante un sistema integrado de gestión.

Tradicionalmente los procesos demandan la existencia de varios indicadores de rendimiento (KPI's), mismos que son definidos con base a los intereses de la producción, los cuales permitirán saber su actual comportamiento; esta situación obliga a organizar los procesos para llevar un registro, coadyuva a determinar un control, seguimiento y mejora de la producción, para emitir directrices.

Ante un proyecto de inversión para el aumento de la productividad; es necesario emplear índices financieros como el VAN y TIR, los que permitirán saber cuándo un proyecto es viable para su implementación.

CONCLUSIONES GENERALES

Dentro del análisis de los procesos levantados para la producción de la cerradura mecánica de combinación, se ha determinado que requiere un tiempo total de elaboración de 1846.17 seg/cerradura indicado en la *Tabla 4* y *Tabla 5*; de los cuales, el proceso de fabricación del componente Inner Wheel representa un 25.49 % del tiempo, debido a que es el componente que presenta varios procesos y reprocesos para su fabricación.

Al determinar que el Inner Wheel es el componente que más cantidades demanda en la fabricación de la cerradura mecánica; obliga a que se genere una mayor cantidad de inventario, presenta un lead time de 3 semanas conforme se denota en la *Tabla 7* y con base al pronóstico de ventas proyectado para el año 2022 indicada en la *Figura 27*; hace imperativo que el proceso de fabricación actual mejore, ya que de mantenerse solo alcanzaría a suplir un máximo del 87% para el cumplimiento del pronóstico.

Mediante la implementación de una herramienta de evaluación inicial a la situación real de la organización respecto al acatamiento de las 5's, se observa en la *Tabla 15* que alcanza un puntaje del 24 %; pero al plantear la propuesta de mejora implementado las 5's indicado en la *Tabla 16*, se estima que esta valoración fácilmente alcance un 60 % del cumplimiento, lo que de forma general significa un incremento sustancian del 250 %, ocasionando suficiente evidencia que sustenta la aplicación de esta herramienta para el incremento de la producción y cultura organizacional de la compañía.

Como parte de la propuesta para la mejora de la productividad, se considera pertinente implementar de un molde nuevo de inyección para la fabricación de Inner Wheel; con la que se pretende mejorar el acabado del diámetro exterior, evitar la aparición de rebabas en los expulsores y en el agujero interior, ocasionando que el tiempo de producción pase de 117.63 seg/pza a 93.77 seg/pza como se detalla en la *Tabla 13*, representando que el proceso mejoraría en 20.2 % lo que coadyuvará considerablemente a que la producción se más rápida, limpia y que requiera menos actividades en su fabricación.

La eficiencia general de los equipos (OEE) es una guía muy potente que se necesita implementar en esta propuesta de mejora de la productividad, ya que ayudará a valorar las diversas etapas del proceso de producción de cada uno de los componentes de la cerradura, vinculando la disponibilidad, eficiencia y calidad; de ello se desprende en la *Tabla 8* que el proceso actual para la fabricación de Inner Wheel alcanza un 72 %, el cual está catalogado como un proceso regular que indica una baja competitividad y genera pérdidas económicas.

Para analizar la viabilidad del proyecto, se puede estimar que el indicador financiero del Valor Actual Neto es de \$ 45,871.65 y la Tasa Interna de Retorno del 37.7 %, resultando una operación positiva; lo que refleja una ganancia y la empresa está en la posición de evaluar la implementación acorde a sus intereses personales.

RECOMENDACIONES GENERALES

Con base a la investigación desarrollada, se observa que para la implementación de conceptos y principios de manufactura esbelta, se necesita contar con un registro actualizado de los métodos de fabricación para la producción de cerraduras mecánicas de combinación; por lo que se recomienda que el gerente de producción se encargue de establecer un método para levantar esta información de manera constante y permanente.

Para sostener las metodologías de Lean Manufacturing se necesita generar un cambio cultural de toda la organización; por ello, es importante establecer políticas de cambio que mantengan motivado al personal, se tome en cuenta su participación y se sientan involucrarlos en los procesos para que ayuden a establecer propuestas para la mejora.

Optimizar los tiempos de producción, garantizar un adecuado orden en la empresa y generar entornos más seguros; se considera pertinente implementar un programa de evaluaciones permanentes sobre el cumplimiento de las 5's, situación que determinara la madurez de la empresa frente al sostenimiento de herramientas Lean Manufacturing y una inminente incursión ante un Sistema Integrado de Gestión.

Se evidencia que las actuales técnicas de fabricación de los Inner Wheel pueden alcanzar el cumplimiento de la producción para el año 2022 en base al pronóstico de ventas; pero si por algún imprevisto uno de los procesos incrementa su tiempo o la demanda de producto crece, la producción de las cerraduras de combinación se vería comprometida, situación que hace imperativa la adquisición de un nuevo molde de inyección el cual garantice una producción eficiente y eficaz.

Los indicadores de producción (OEE) proyectan una mejora considerable del proceso y los índices financieros (VAN y TIR) manifiestan una rentabilidad adecuada del proyecto, parámetros que viabilizan una mejora inminente del proceso de producción de los Inner Wheel; por lo que se considera oportuno valorar la implementación del proyecto acorde a los intereses empresariales.

REFERENCIAS

- [1] M. Palomino, “Importancia del sector industrial en el desarrollo económico: Una revisión al estado del arte,” *Rev. Estud. Políticas Públicas*, vol. 5, no. 0, pp. 139–156, 2017, doi: 10.5354/0719-6296.2017.46356.
- [2] Banco Central del Ecuador, “Cuentas Nacionales Trimestrales del Ecuador Resultados de las Variables Macroeconómicas, 2020.IV,” *Banco Cent. del Ecuador*, p. 27, 2020, [Online]. Available: <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/cntrimestral/CNTrimestral.jsp>.
- [3] P. Sanguinetti *et al.*, “Emprendimientos en América Latina,” Bogotá, 2013.
- [4] W. Pérez-Oviedo, “Externalidades de la mano de obra calificada y estados estacionarios múltiples en una economía abierta pequeña,” *Trimest. Econ.*, vol. 82, no. 328, pp. 787–806, 2015, doi: 10.20430/ete.v82i328.184.
- [5] T. R. García and F. L. Ascencio, “Selectividad y precariedad laboral en la migración calificada de América Latina y el Caribe, 2000-2010,” *REMHU Rev. Interdiscip. da Mobilidade Humana*, vol. 25, no. 49, pp. 113–134, 2017, doi: 10.1590/1980-85852503880004907.
- [6] L. Jaimes, M. Luzardo, and M. D. Rojas, “Factores Determinantes de la Productividad Laboral en Pequeñas y Medianas Empresas de Confecciones del Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia,” *Inf. tecnológica*, vol. 29, no. 5, pp. 175–186, 2018, doi: 10.4067/s0718-07642018000500175.
- [7] A. Rojas Jauregui and V. Gisbert Soler, “Lean manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas.,” *3C Empres. Investig. y Pensam. crítico.*, vol. Edición Es, no. Diciembre, pp. 116–124, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial>.
- [8] J. C. Hernández and A. Vizán, “Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación,” *EOI*, Fundación EOI, Madrid, pp. 1–178, 2013.
- [9] J. Ibjés and M. Benavides, “Contribution of technology to the productivity of small and medium-sized enterprises in the textile industry in Ecuador,” *Cuad. Econ.*, vol. 41, no. 115, pp. 140–150, 2018, doi: 10.1016/j.cesjef.2017.05.002.

- [10] V. Panchi, I. Armas, and B. Chasi, “Los inventarios y el costo de producción en las empresas industriales,” *Rev. Científico - Educ. la Prov. Granma*, vol. 13, no. 4, pp. 254–264, 2017, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6759713>.
- [11] T. Melton, “The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 83, no. 6, pp. 662–673, 2005, doi: <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>.
- [12] D. F. Pereira, J. F. Oliveira, and M. A. Carravilla, “Tactical sales and operations planning: A holistic framework and a literature review of decision-making models,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 228, no. July 2019, p. 107695, 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107695.
- [13] R. Aiassi, S. M. Sajadi, S. M. Hadji-Molana, and A. Zamani-Babgohari, “Designing a stochastic multi-objective simulation-based optimization model for sales and operations planning in built-to-order environment with uncertain distant outsourcing,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 104, no. May, p. 102103, 2020, doi: 10.1016/j.simpat.2020.102103.
- [14] R. Balamurugan, R. Kirubagharan, and C. Ramesh, “Implementation of lean tools and techniques in a connecting rod manufacturing industry,” *Mater. Today Proc.*, no. 2020, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.702.
- [15] N. Nandakumar, P. G. Saleeshya, and P. Harikumar, “Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology,” in *Materials Today: Proceedings*, 2020, vol. 24, pp. 1217–1224, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.436.
- [16] P. Ribeiro, J. C. Sá, L. P. Ferreira, F. J. G. Silva, M. T. Pereira, and G. Santos, “The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study,” *Procedia Manuf.*, vol. 38, no. 2019, pp. 765–775, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.104.
- [17] S. Kolla, M. Minufekr, and P. Plapper, “Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs,” *Procedia CIRP*, vol. 81, pp. 753–758, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.03.189.
- [18] J. Heizer and B. Render, *Principios de Administración de Operaciones*, Séptima Ed.

- Mexico, 2010.
- [19] AENOR, *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos*, Primera., vol. UNE-EN ISO. Madrid: UNE, 2015.
- [20] R. Chase, R. Jacobs, and N. Aquilano, *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros*, Duodécima., no. April. Mexico: Mc Graw Hill, 2009.
- [21] ISO, *Sistema de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*, Cuarta., vol. 9000:2015. Ginebra: ISO, 2015.
- [22] R. Hanse, *Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits*, First edit. New York, 2001.
- [23] L. Socconini, *Lean Manufacturing Paso a Paso*, Primera. Barcelona: Merge Books, 2019.
- [24] A. Freivalds and B. W. Niebel, *Niebel's Methods, Standards, & Work Design*, Thirteenth. New York: McGraw-Hill, 2014.
- [25] G. Guevara, A. Verdesoto, and N. Castro, "Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)," *Recimundo*, vol. 4, no. 3, pp. 163–173, 2020, doi: 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173.
- [26] R. Hernández-Sampieri and C. P. Mendoza Torres, *Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta*, Primera ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Education, 2018.
- [27] F. Arias, *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científico*, Séptima ed. Caracas: Editorial Episteme, 2016.
- [28] R. Calduch Cervera, "Metodos y tecnicas de investigacion internacional," *Esc. Norm. Super. Argentinos*, vol. 2, p. 180, 2014, [Online]. Available: [https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos y Tecnicas de Investigacion Internacional v2.pdf?fbclid=IwAR2KXBz1RzAkJ45LIQ6lzqqBGK_QTv3CUsmY_T4trbkJc20lLwSPf-yhEvc](https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Tecnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf?fbclid=IwAR2KXBz1RzAkJ45LIQ6lzqqBGK_QTv3CUsmY_T4trbkJc20lLwSPf-yhEvc).
- [29] J. Abreu, "El Método de la Investigación," *Daena Int. J. Good Conscienc.*, vol. 9, no. 3,

- pp. 195–204, 2014, [Online]. Available: [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf).
- [30] M. Torres, “Metodo de recolección de datos de una investigacion,” *Univ. Rafael Landivar*, vol. 27, no. 3, pp. 3–4, 2019, [Online]. Available: <https://n9.cl/x4jv>.
- [31] ISO, *Gestión para el éxito sostenido de una organización - Enfoque de gestión de la calidad*, Tercera., vol. 9004:2009. Ginebra: ISO, 2009.
- [32] E. Espinoza, “Las variables y su operacionalización en la investigación educativa,” *Conrado*, vol. 15, no. Julio, pp. 171–180, 2019, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000400171&nrm=iso.
- [33] T. Otzen and C. Manterola, “Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,” *Int. J. Morphol.*, vol. 35, no. 1, pp. 227–232, 2017, doi: 10.4067/S0717-95022017000100037.
- [34] Arrizabalagauriarte Consulting, “Implementando 5S en tu Organización - Segunda Parte: Seiton,” 2019. <https://arrizabalagauriarte.com/en/implementando-exitosamente-5s-en-tu-organizacion-parte-ii-seiton/> (accessed Mar. 03, 2022).
- [35] INEN-ISO 3864-1:2013, “Parte 1 : Principios de Diseño para señales de seguridad e indicadores de seguridad,” vol. Primera ed.
- [36] Banco Central del Ecuador, “Tasas de Interés Marzo 2022,” 2022. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm> (accessed Mar. 17, 2022).

ANEXOS

Anexo 1. Medición de tiempos fabricación cerradura de combinación

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Fabricación Housing (caja)			Peso: 210 gr			Observaciones: N/A			Fecha: 25/11/2021		
Hora inicio obs.: 09:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s/]						Rsumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s/]
1	Inyección	75.2	77.0	76.1	77.0	76.0	76.8	458.1	76.35	1.18	90.09
2	Desbarbado	59.5	61.0	60.0	60.0	60.0	59.8	360.3	60.05	1.18	70.86
3	Maquinado	65.2	66.1	66.0	66.0	65.5	67.0	395.8	65.97	1.18	77.84
4	Acabado superficial	20.6	22.0	20.9	21.5	20.3	21.0	126.3	21.05	1.18	24.84
223.417										Total	263.632

Jornada laboral [min] 440

Nºunidades [pzs/día] 100

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Fabricación Cover (tapa)			Peso: 100 gr			Observaciones: N/A			Fecha: 25/11/2021		
Hora inicio obs.: 10:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s/]						Rsumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s/]
1	Inyección	59.8	60.2	58.7	58.4	59.6	60.4	357.1	59.5	1.18	70.23
2	Desbarbado	15.0	14.0	14.5	14.0	14.0	15.1	86.6	14.4333	1.18	17.03
3	Maquinado	72.1	72.0	71.0	71.9	71.2	70.0	428.20	71.37	1.18	84.21
4	Acabado superficial	22.0	22.0	21.2	21.0	22.4	21.8	130.4	21.7333	1.18	25.65
167.05										Total	197.12

Jornada laboral [min] 440

Nºunidades [pzs/día] 133

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Fabricación Cam (leva)			Peso: 26 gr			Observaciones: N/A			Fecha: 25/11/2021		
Hora inicio obs.: 11:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s/]						Rsumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s/]
1	Inyección	36.0	37.0	37.0	35.6	36.0	37.0	218.6	36.4	1.18	42.99
2	Desbarbado	41.0	41.0	40.7	40.3	40.4	41.0	244.4	40.7333	1.18	48.07
3	Maquinado	42.0	41.5	43.0	42.0	41.0	41.9	251.40	41.90	1.18	49.44
4	Acabado superficial	32.7	34.0	32.0	32.4	32.6	32.2	195.9	32.65	1.18	38.53
151.717										Total	179.03

Jornada laboral [min] 440

Nºunidades [pzs/día] 147

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Fabricación Lever (palanca)			Peso: 15 gr			Observaciones: N/A			Fecha: 25/11/2021		
Hora inicio obs.: 11:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s/]						Rsumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s/]
1	Inyección	13.0	13.0	13.1	12.8	13.0	13.9	78.8	13.13	1.18	15.50
2	Desbarbado	29.00	29.10	28.90	30.00	30.00	28.70	175.7	29.2833	1.18	34.55
3	Maquinado	45.0	45.8	46.0	45.6	46.2	45.0	273.60	45.60	1.18	53.81
4	Acabado superficial	33.00	34.00	32.80	33.00	32.50	33.10	198.4	33.0667	1.18	39.02
121.083										Total	142.88

Jornada laboral [min] 440

Nºunidades [pzs/día] 184

Anexo 1. (Continuación)

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Fabricación Bolt (pestillo)			Peso: 40 gr			Observaciones: N/A			Fecha: 25/11/2021		
Hora inicio obs.: 13:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s]						Resumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s]
1	Inyección	18.3	19.1	18.0	18.7	18.2	18.4	110.7	18.45	1.18	21.77
2	Maquinado	94.2	94.3	94.3	94.0	94.6	94.4	565.80	94.30	1.18	111.27
3	Acabado superficial	6.20	6.90	6.00	6.60	6.40	6.80	38.9	6.48	1.18	7.65
								119.233	Total		140.70

Jornada laboral [min] 440

Nº unidades [pzs/día] 187

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Fabricación Inner Wheel (ruedas)			Peso: 9 gr			Observaciones: N/A			Fecha: 25/11/2021		
Hora inicio obs.: 11:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s]						Resumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s]
1	Inyección	20.9	20.8	19.6	20.2	19.8	20.4	121.7	20.28	1.18	23.93
2	Desbarbado	28.00	27.00	27.00	27.10	27.50	27.20	163.8	27.3	1.18	32.21
3	Maquinado	18.0	17.5	18.2	18.9	17.8	19.0	109.40	18.23	1.18	21.52
4	Acabado superficial	34.00	33.80	33.50	34.00	33.90	34.00	203.2	33.87	1.18	39.96
								99.6833	Total		117.63

Jornada laboral [min] 440

Nº unidades [pzs/día] 224

Ensamblaje

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Ensamblaje Cerradura Mecánica			Peso: gr			Observaciones: N/A			Fecha: 26/11/2021		
Hora inicio obs.: 09:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s]						Resumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s]
1	Ensamblaje cerradura	277.0	276.5	277.1	278.0	277.4	278.0	1664	277.33	1.18	327.25
								277.333	Total		327.25

Jornada laboral [min] 440

Nº unidades [pzs/día] 80

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Ensamblaje Inner Wheel 3909			Peso: gr			Observaciones: N/A			Fecha: 26/11/2021		
Hora inicio obs.: 09:00		Operario:				Aprobado:				Elaborado: Henry Jiménez	
Descripción de elementos		Ciclos [s]						Resumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s]
1	Preensamble Inner W	15.3	15.1	15.0	15.3	15.1	15.1	90.725	15.12	1.18	17.84
								15.1208	Total		17.84

Jornada laboral [min] 440

Nº unidades [pzs/día] 1479

Anexo 1. (Continuación)

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Ensamblaje Cam 3909			Peso: gr			Observaciones: N/A			Fecha: 26/11/2021		
Hora inicio obs.: 09:00		Operario: .				Aprobado: .			Elaborado: Henry Jiménez		
Descripción de elementos		Ciclos [s]						Rsumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s]
1	Preensamble Cam	15.1	15.5	15.0	15.0	14.8	14.6	90	15.00	1.18	17.70
								15	Total	17.70	

Jornada laboral [min] 440

Nº unidades [pzs/día] 1491

Hoja de observaciones para estudio de tiempo											
Identificación de la operación: Ensamblaje Cover 3909			Peso: gr			Observaciones: N/A			Fecha: 26/11/2021		
Hora inicio obs.: 09:00		Operario: .				Aprobado: .			Elaborado: Henry Jiménez		
Descripción de elementos		Ciclos [s]						Rsumen			
		1	2	3	4	5	6	$\sum T$	\bar{T}	ID	TN [s]
1	Preensamble Cover	30.0	30.2	31.0	31.0	29.8	31.0	183.00	30.50	1.18	35.99
								30.5	Total	35.99	

Jornada laboral [min] 440

Nº unidades [pzs/día] 733

Anexo 2. Plan de requerimiento de materiales para la fabricación de cerradura mecánica.

Cerradura Mecánica de Combinación

Nivel 0	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento								1000
Recepciones programadas						400	400	400
Cantidad disponible						400	800	200
Liberaciones de producción					400	400	400	

Ensamble discos

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					1600	1600	1600	
Recepciones programadas					1850	1850	1850	
Cantidad disponible					250	500	750	750
Liberaciones de producción				1850	1850	1850		

Inner Wheel

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				1850	1850	1850		
Recepciones programadas				1120	1120	1120		
Cantidad disponible		1120	2240	1510	780	50	50	50
Liberaciones de producción	1120	1120	1120	1120	1120			

Gate Wheel

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				1850	1850	1850		
Recepciones programadas				4000		4000		
Cantidad disponible				2150	300	2450	2450	2450
Liberaciones de producción		4000		4000				

Spacer plastic

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					1200	1200	1200	
Recepciones programadas				1500	1500		1500	
Cantidad disponible				1500	1800	600	900	900
Liberaciones de producción			1500	1500		1500		

Shim

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					1000		1000	
Cantidad disponible					600	200	800	800
Liberaciones de producción				1000		1000		

Lever

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					920		920	
Cantidad disponible					520	120	640	640
Liberaciones de producción				920		920		

Ensamble Detent

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					900		900	
Cantidad disponible					500	100	600	600
Liberaciones de producción				900		900		

Detent

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				900		900		
Recepciones programadas				1500		1500		
Cantidad disponible				600	600	1200	1200	1200
Liberaciones de producción			1500		1500			

Spring Detent

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				900		900		
Recepciones programadas				2000				
Cantidad disponible				1100	1100	200	200	200
Liberaciones de producción			2000					

Anexo 2. (Continuación)

Bolt

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					935		935	
Cantidad disponible					535	135	670	670
Liberaciones de producción				935		935		

Ensamble Cover

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					1000		1000	
Cantidad disponible					600	200	800	800
Liberaciones de producción				1000		1000		

Insert key

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				1000		1000		
Recepciones programadas				1500		1500		
Cantidad disponible				500	500	1000	1000	1000
Liberaciones de producción			1500		1500			

Cover

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				1000		1000		
Recepciones programadas			665	665	665	665		
Cantidad disponible			665	330	995	660	660	660
Liberaciones de producción		665	665	665	665			

Cam

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					735	735		
Cantidad disponible					335	670	270	270
Liberaciones de producción				735	735			

Spring cover

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					1000		1000	
Cantidad disponible					600	200	800	800
Liberaciones de producción				1000		1000		

Ensamble Caja

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					800		800	
Cantidad disponible					400	0	400	400
Liberaciones de producción				800		800		

Housing

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				800		800		
Recepciones programadas			500	500	500	500		
Cantidad disponible			500	200	700	400	400	400
Liberaciones de producción		500	500	500	500			

Relocker spring

Nivel 2	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento				800		800		
Recepciones programadas				1200		1200		
Cantidad disponible				400	400	800	800	800
Liberaciones de producción			1200		1200			

Screw cover

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					2000			
Cantidad disponible					1600	1200	800	800
Liberaciones de producción				2000				

Anexo 2. (Continuación)

Screw mounting

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					2000			
Cantidad disponible					1600	1200	800	800
Liberaciones de producción				2000				

Changer key

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					800		800	
Cantidad disponible					400	0	400	400
Liberaciones de producción				800		800		

Tubular key

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					600	600	600	
Cantidad disponible					200	400	600	600
Liberaciones de producción				600	600	600		

Dowel pin

Nivel 1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Requerimiento					400	400	400	
Recepciones programadas					1000		1000	
Cantidad disponible					600	200	800	800
Liberaciones de producción				1000		1000		

Anexo 3. Tabulación de herramienta de autoevaluación elementos clave norma ISO 9004:2009. [31]

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO MADUREZ DEL
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD SEGÚN REQUISITOS
NORMA ISO 9004:2009**

**FABRICACION CERRADURA
MECÁNICA DE COMBINACIÓN**

Apartado	Elemento clave	Niveles Madurez					Evaluación
		1	2	3	4	5	
4.1 Gestión para el éxito sostenido de una organización	El sistema de gestión está orientado funcionalmente y se basa en procedimientos.	x					1
4.2 Éxito sostenido	Hay revisiones periódicas del desempeño en función del plan de negocio.		x				2
4.3 El entorno de la organización	La organización reacciona a los cambios que tienen un impacto en ella.	x					1
4.4 Partes interesadas, necesidades y expectativa	La organización se dirige en función de las necesidades y expectativas de los clientes.		x				2
5.1 Estrategia y política	El proceso de planificación está organizado para casos puntuales. La estrategia, las políticas y los objetivos sólo están definidos parcialmente.	x					1
5.2 Formulación de la estrategia y la política	Los elementos de entrada para la formulación de la política y la estrategia son puntuales, y sólo los aspectos relativos al producto y financieros están formulados.	x					1
5.3 Despliegue de la estrategia y la política	La estrategia y las políticas se traducen en objetivos para diferentes niveles en la organización. Los planes se desarrollan de acuerdo con el equilibrio entre las necesidades y las expectativas de los clientes. La estrategia y las políticas evolucionan; las necesidades de los clientes se despliegan en procesos y objetivos claramente definidos. Son la base para las revisiones del desempeño y las auditorías.		x				2
5.4 Comunicación de la estrategia y de la política	Se define e implementa un proceso para la comunicación externa e interna		x				2
6.1 Gestión de los recursos	Se realiza una revisión periódica de la disponibilidad y de la idoneidad de los recursos. La planificación de los recursos incluye objetivos a corto y largo plazo.			x			3
6.2 Recursos financieros	Se ha implementado un proceso para la predicción, seguimiento y control de los recursos financieros. La gestión financiera se estructura de manera sistemática.			x			3
6.3 Personas en la organización	Las personas se consideran un recurso, pero sólo unos pocos objetivos están relacionados con la estrategia de la organización. La formación se proporciona para casos puntuales, principalmente a petición de empleados individuales. Las revisiones de las competencias se realizan en pocos casos.	x					1
6.4 Proveedores y aliados	Las comunicaciones con el proveedor se limitan a las licitaciones, la emisión de pedidos o a la resolución de problemas.	x					1
6.5 Infraestructura	Se planifica y se gestiona la infraestructura de la organización. Se consideran los requisitos legales y reglamentarios.		x				2
6.6 Ambiente de trabajo	Se ha implementado un proceso para asegurarse de que el ambiente de trabajo cumple con todos los requisitos legales y reglamentarios aplicables.		x				2
6.7 Conocimientos, información y tecnología	Se han implementado enfoques y sistemas básicos ligados a los conocimientos, la información y la tecnología.	x					1
6.8 Recursos naturales	La utilización de los recursos naturales se gestiona de manera muy limitada.	x					1
7.1 Gestión de los procesos	Los procesos se planifican y se gestionan de manera informal y para casos puntuales.	x					1
7.2 Planificación y control de los procesos		x					1
7.3 Responsabilidad y autoridad relativas a los procesos	Se asignan una responsabilidad y autoridad claras para la gestión de los procesos (por ejemplo, a los "dueños del proceso").		x				2
8.1 Seguimiento, medición, análisis y revisión	El seguimiento se realiza de manera esporádica, sin que se hayan implementado procesos. El seguimiento se centra en los productos. Las acciones se desencadenan por problemas en los productos o en la gestión (es decir, situaciones de crisis).	x					1
8.2 Seguimiento	Aunque se recopila información sobre los requisitos legales y reglamentarios aplicables, los cambios en los requisitos sólo se determinan para casos puntuales.	x					1

Anexo 3. (Continuación)

8.3.1 (Medición) Generalidades	Se dispone de un conjunto muy limitado de datos procedentes de mediciones y evaluaciones para apoyar las decisiones de la dirección o para hacer el seguimiento del progreso de las acciones tomadas.	x						1
8.3.2 Indicadores clave de desempeño	Se utilizan indicadores básicos (tales como los criterios financieros, las entregas a tiempo, la cantidad de quejas del cliente, las advertencias legales y las multas). Los datos no siempre son fiables.	x						1
8.3.3 Auditoría interna	Se recopilan algunos datos, pero no se utiliza un enfoque formal. Las auditorías se realizan de manera reactiva, en respuesta a problemas, quejas del cliente, etc.	x						1
8.3.4 Autoevaluación	Los datos recopilados se utilizan principalmente para resolver problemas con los productos.	x						1
8.3.5 Estudios comparativos con las mejores prácticas (benchmarking)	La alta dirección apoya la identificación y la divulgación de las buenas prácticas. Se analizan y comparan algunos productos de los competidores clave.		x					2
8.4 Análisis	Se utilizan ejemplos anecdóticos de análisis de datos. Sólo se han definido objetivos económicos y financieros como referencias para el análisis de datos. Hay un análisis limitado de las quejas del cliente.	x						1
8.5 Revisión de la información obtenida del seguimiento, la medición y análisis	Existe un enfoque para casos puntuales en las revisiones. Cuando se realiza una revisión, a menudo es de manera reactiva.	x						1
9.1 Mejora, innovación y aprendizaje	Se han implementado procesos de mejora básicos, basados en acciones correctivas y preventivas.		x					2
9.2 Mejora	La organización proporciona formación para la mejora continua.		x					2
9.3 Innovación	Las actividades de innovación se basan en los datos relativos a las necesidades y a las expectativas de los clientes.		x					2
9.4 Aprendizaje	El aprendizaje se genera de manera reactiva, a partir del análisis sistemático de los problemas y de otros datos. Existen procesos para compartir la información y el conocimiento.		x					2

Anexo 4. Tabulación de encuesta oportunidades de mejora.

Oportunidades de Mejora para aplicación herramientas Lean Manufacturing			SI	NO
Factor Humano	1. ¿Se aprovecha con frecuencia sus habilidades en el proceso?		5	9
	2. ¿Tiene habilidades necesarias para realizar las tareas solicitadas en todos los procesos?		3	11
	3. ¿Está involucrado en las decisiones que se toman en la mejora los procesos de producción?		4	10
	4. ¿Existe comunicación entre todos los operadores del proceso de producción?		6	8
	5. ¿Existe un plan de capacitación para desarrollar las capacidades y destrezas del personal?		3	11
	6. ¿Está dividido uniformemente la carga laboral entre los trabajadores?		4	10
Organización Puesto de trabajo	7. ¿Su estación de trabajo cuenta con los implementos necesarios para realizar el proceso?		10	4
	8. ¿Los productos o materiales están claramente identificados?		6	8
	9. ¿Las piezas, materiales y componentes son fáciles de alcanzar (coger)?		11	3
	10. ¿Cree que existe movimientos innecesarios?		4	10
	11. ¿La producción mejoraría si aumentaría el grado de limpieza?		3	11
	12. ¿Considera que hay un lugar para cada cosa, y cada cosa está en su lugar?		5	9
Inventarios	13. ¿Se fabrica más componentes o piezas que las solicitadas?		9	5
	14. ¿Los inventarios están claramente marcados e identificados?		3	11
	15. ¿Hay piezas o componentes parcialmente procesados que se encuentran almacenados?		8	6
	16. ¿Existen componentes defectuosos que se han almacenado con el producto procesado?		8	6
Gestión de operaciones	17. ¿Cree que hay operaciones que pueden reducirse o integrarse a un mismo proceso?		9	5
	18. ¿Considera que existe una falta de organización en la planta?		11	3
	19. ¿Piensa que los conocimientos técnicos, son necesarios para solventar los problemas en la producción?		4	10
	20. ¿Cuenta con un programa de producción en cada estación de trabajo?		2	12
	21. ¿Las piezas requieren de personal para transportarlos dentro de planta?		5	9
	22. ¿Hay piezas que necesitan reproceso?		9	5
	23. ¿Existe productos por procesar, debido a la falta de consumibles, maquinas o herramientas?		0	14
Control de resultados	24. ¿Se utilizan indicadores para evaluar la calidad y la eficiencia del proceso?		2	12
	25. ¿Conoce que son los indicadores de gestión?		3	11
	26. ¿Existe un registro fotográfico de la evolución de las mejoras?		2	12
	27. ¿Se lleva un registro de la satisfacción del cliente?		1	13
	28. ¿Se controlan las no conformidades para prevenir la entrega no intencionada?		0	14
Estandarización de procesos	29. ¿Los procesos están documentados?		2	12
	30. ¿Se hacen revisiones al esquema de trabajo implementado?		1	13
	31. ¿Las secciones de trabajo están debidamente identificadas?		9	5
	32. ¿Existe una cultura del mantenimiento preventivo?		3	11
	33. ¿Las decisiones se toman con base en datos corroborados?		4	10
	34. ¿Las ordenes de producción son claras, precisas y a tiempo?		7	7
			166	310

Anexo 5. Tabulación de encuesta problemas de producción.

Problemas de Producción		
	SI	NO
35. ¿Falta de documentación de los procesos?	9	5
36. ¿Existe falencia en la selección del personal?	7	7
37. ¿Hay fallas en los controles internos?	12	2
38. ¿Falta de planes alternativos o planes de contingencia para cumplir la producción?	8	6
39. ¿Existe incapacidad para consultar?	5	9
40. ¿Se presenta excesiva centralización en la toma de decisiones?	5	9
41. ¿Existe falta de comunicación entre todos los operadores del proceso de producción?	6	8
42. ¿Hay graves falencias técnicas a la hora de resolver problemas?	8	6
43. ¿Existe errores de planificación de producción?	7	7
44. ¿Cree que existe maquinaria subutilizada?	6	8
45. ¿Considera que las máquinas han cumplido su vida útil?	6	8
46. ¿Existe fallas de calidad y acabado de las piezas?	9	5
47. ¿Hay altos niveles de desperdicios?	10	4
48. ¿Se generan muchos procesos y reproceso de las piezas?	13	1
49. ¿Los procesos actuales son muy complicados?	4	10
50. ¿Cree que el problema radica en el proceso de inyección?	12	2
51. ¿Considera que existe un exceso de producción para cumplir con el pedido?	10	4
52. ¿Hay piezas defectuosas en la línea de producción?	9	5
53. ¿Existe un mal manejo del inventario?	11	3
54. ¿Los equipos de seguridad industrial (EPP) asignados son insuficientes?	4	10
55. ¿Los implementos (consumibles, máquinas y herramientas) para realizar su trabajo son escasos?	4	10
56. ¿El espacio físico es muy pequeño para realizar su trabajo?	3	11
57. ¿Existe desorganización de la planta?	8	6
58. ¿Existe falta de mantenimiento a las maquinas?	9	5
59. ¿Considera que la falta de indicadores de gestión, ocasionan una disminución de la producción?	8	6
	193	157