



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE ENSAMBLE DE MAQUINARIAS AGRÍCOLAS
EN LA EMPRESA IMPORTADORA ILGA C. LTDA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Industrial

AUTOR: Kelvin José Parrales Muñoz

TUTOR: Ing. Armando Fabrizzio López Vargas, Ph. D

Guayaquil-Ecuador

2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Kelvin José Parrales Muñoz con documento de identificación N° 0941475527 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 03 de febrero del año 2026

Atentamente,



Kelvin José Parrales Muñoz
0941475527

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Kelvin José Parrales Muñoz con documento de identificación No. 0941475527, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Optimización de procesos de ensamble de maquinarias agrícolas en la empresa Importadora ILGA C. Ltda.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de febrero del año 2026

Atentamente,



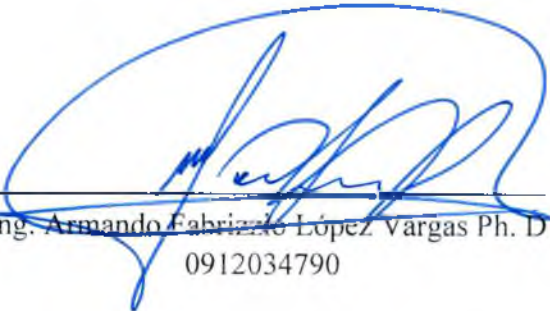
Kelvin José Parrales Muñoz
0941475527

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Armando Fabrizzio López Vargas con documento de identificación N° 0912034790, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE ENSAMBLE DE MAQUINARIAS AGRÍCOLAS EN LA EMPRESA IMPORTADORA ILGA C. LTDA", realizado por Kelvin José PARRALES MUÑOZ con documento de identificación N° 0941475527, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de febrero del año 2026

Atentamente,



Ing. Armando Fabrizzio López Vargas Ph. D
0912034790

DEDICATORIA

Este trabajo nace del esfuerzo, la constancia. Por ello dedico esta tesis, con mucho amor y gratitud a mi madre Elizabeth Muñoz, quien ha sido mi refugio en los momentos de cansancio, mi fuerza cuando quise redimirme y mi mayor inspiración para seguir adelante. Gracias por tu amor incondicional, por tus sacrificios silenciosos y por creer en mi incluso cuando el camino parecía imposible.

A mi padre José Luis Parrales, por enseñarme que la perseverancia y el trabajo honesto siempre dan frutos. Gracias por tu apoyo firme, por tus consejos y por ser un ejemplo de responsabilidad y esfuerzo que ha marcado mi vida.

A mis hermanos Kevin, Kennig y Keyla por ser parte esencial de esta historia, por su compañía, sus palabras de ánimo y por recordarme siempre el valor de la unión familiar, cada uno de ustedes ha sido un gran impulso para este logro.

Y de manera muy especial, dedico este logro a mi prometida Susana Pincay, por siempre brindarme un amor sincero, su paciencia infinita y por estar a mi lado en cada desvelo, cada duda y en cada sacrificio. Gracias por sostenerme cuando no tenía más fuerzas, por confiar en mí y por nunca soltar mi mano incluso cuando las situaciones se pusieron verdaderamente difíciles. Siempre estaré agradecido por ese apoyo incondicional que me brindaste y por compartir este sueño como si fuera el tuyo. Este logro también te pertenece.

Esta tesis no solo simboliza la culminación de mi formación como ingeniero industrial, sino también el resultado del amor, el apoyo y la fe de las personas que caminaron conmigo en este proceso. Infinitas gracias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada obstáculo presentado a lo largo de mi formación académica y durante el desarrollo de mi tesis.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres Elizabeth Muñoz y José Luis Parrales, por su apoyo incondicional, sus consejos y sacrificios constantes. Gracias por ser mi fuerte de motivación y por acompañarme en cada paso de este camino profesional, incluso en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Kevin, Kennig y Keyla, por su comprensión, ánimo y apoyo permanente, los cuales fueron fundamentales para mantenerme firme en el cumplimiento de este objetivo.

De manera muy especial, agradezco a mi prometida Susana Pincay, por su amor infinito y comprensión durante todo este proceso, gracias por ser mi pilar fundamental y no soltarme nunca y por creer en mí, en todo momento.

De la misma manera expresar mi gratitud a mi tutor de tesis el Ing. Armando López, quien con su guía, conocimiento, apoyo y valiosas observaciones fueron guía para el desarrollo de este trabajo

RESUMEN

Mediante este proyecto técnico se elaboró una serie de análisis y se realizó una estructura de línea de ensamble, coordinación de servicio técnico y plan de mantenimiento para el taller y personal técnico de domicilio de la Importadora ILGA C. Ltda. planta Chongon para poder llevar a cabo el registro de las siguientes actividades que se realizan de manera diaria dentro del taller dirigido principalmente a los mecánicos y auxiliares, además de llevar un mejor control de calidad al entregar la maquina al departamento logístico.

En importadora ILGA C. Ltda. se contaba con un esquema no tan elaborado, lo cual, con el paso de los años no ha permitido tomar con exactitud el tiempo que tardarían los operarios al ensamblar las maquinarias, de la misma forma se encontró una capacidad de respuesta un poco limitada en el departamento de servicio técnico (tiempos de respuesta tardíos, reproceso de órdenes de trabajo, y una alta demanda de garantías según la data) y mejorar el plan de mantenimientos preventivos para los distintos tipos de maquinarias.

Con base en este diagnóstico, se está presentando una propuesta de mejora que incluye: reducción de tiempo en la línea de ensamble de máquinas, mejorar el control de calidad de la entrega de las maquinarias al departamento logístico, desarrollar protocolos estandarizados para el departamento de servicio técnico, un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, indicadores claves KPIs, además de mecanismos de capacitación para ambos departamentos coordinación de servicio y técnicos de domicilio.

Los resultados esperados incluyen una reducción de tiempos de ciclo de preparaciones, disminuciones de retrabajo, incremento de disponibilidad de los equipos al departamento logístico, mejorar la satisfacción al cliente con el producto final, reducir los tiempos de respuestas de los técnicos de domicilio y fortalecer la competitividad de Importadora ILGA en el sector agroindustrial ecuatoriano.

Palabras clave: Optimización, Ensamble, Lean Manufacturing, Calidad, Mantenimiento Industrial, Servicio Técnico.

ABSTRACT

Through this technical project, a series of analyses were prepared and an assembly line structure, technical service coordination and maintenance plan was carried out for the workshop and home technical personnel of the Importer ILGA C. Ltda. Chongon plant in order to carry out the registration of the following activities that are carried out on a daily basis within the workshop aimed mainly at mechanics and auxiliaries, in addition to carrying out better quality control when delivering the machine to the logistics department.

In Importadora ILGA C. Ltda. there was a not so elaborate scheme, which, over the years has not allowed to take exactly the time that the operators would take to assemble the machinery, in the same way a somewhat limited response capacity was found in the technical service department (late response times, reprocessing of work orders, and a high demand for warranties according to the data) and improve the preventive maintenance plan for the different types of machinery.

Based on this diagnosis, an improvement proposal is being presented that includes reduction of time on the machine assembly line, improvement of quality control of the delivery of machinery to the logistics department, development of standardized protocols for the technical service department, a preventive and corrective maintenance plan, key KPI indicators, in addition to training mechanisms for both departments, service coordination and technicians.

The expected results include a reduction in preparation cycle times, decreases in rework, increased availability of equipment to the logistics department, improved customer satisfaction and strengthening of Importadora ILGA competitiveness in the Ecuadorian agro-industrial sector.

Keywords: Optimization, Assembly, Lean Manufacturing, Quality, Industrial Maintenance, Technical Service.

ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	I
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
Introducción.....	1
Capítulo I	3
1. Problemática	3
1.1. Descripción del Problema.....	3
1.2. Justificación	3
1.3. Grupo Objetivo Beneficiario.....	4
1.4. Objetivo General.....	4
1.5. Objetivos Específicos.....	4

Capitulo II.....	6
2. Marco Teórico.....	6
2.1. Línea de Ensamble.....	6
2.1.1. Mejora de Procesos Industriales	7
2.1.2. Análisis de Tiempos y Movimientos	8
2.1.3. Identificación de Cuellos de Botella y Desperdicios	9
2.1.4. Mapeo de Cadena de Valor (VSM)	9
2.2. Servicio Técnico Postventa.....	10
2.2.1. Análisis de Fallos Postventa	11
2.2.2. Gestión de Servicios Técnicos	11
2.3. Control de Calidad	12
2.3.1. Gestión de No Conformidades.....	12
2.3.2. Procedimiento de Inspección y Control.....	15
2.3.3. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001	16
2.4. Gestión del Mantenimiento Industrial	17
2.4.1. Mantenimiento Preventivo y Predictivo	17
2.4.2. Mantenimiento Correctivo	18
2.4.3. Gestión de Activos y Confiabilidad Operacional	18
2.5. Indicadores Clave de Desempeño KPI's.....	18
2.5.1. KPI'S en la Lines de Ensamble	19
2.5.2. KPI'S en Servicio Técnico Postventa	19
2.5.3. KPI'S en Control de Calidad	20
2.5.4. KPI'S en Gestión de Mantenimientos.....	21
2.6.5. KPI'S y Cultura de Mejora Continua.....	22

Capítulo III.....	23
3. Marco Metodológico.....	23
3.1. Enfoque de la Investigación.....	23
3.2. Tipos de Nivel de Investigación	23
3.3. Diseño de Investigación.....	24
3.4. Población y Muestra	24
3.5. Técnicas de Recolección de Datos.....	25
3.6. Tratamiento y Análisis de los Datos	26
3.7. Metodología Operativa del Estudio	26
3.8. Situación Actual de la Empresa	29
3.8.1. Descripción General de la Empresa.....	29
3.8.2. Diagnóstico del Proceso de Ensamble de Maquinaria.....	33
3.8.3. Evaluación del Servicio Postventa y Satisfacción del Cliente.....	34
3.8.3. Evaluación de la Gestión de Calidad ISO 9001	34
3.8.4. Evaluación de la Gestión del Mantenimiento Industrial.....	36
Capitulo IV.....	39
4. Resultados y Propuesta de Mejora.....	39
4.1. Resultados y Propuesta de Mejora de la Línea de Ensamble.....	39
4.2. Resultados y Propuesta de Mejora del Sistema de Servicio Técnico Postventa.....	47
4.3. Evaluación de la eficacia del Sistema de Calidad basado en Estándares Internacionales (ISO)	50
4.4. Diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo Programado	58
4.5. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) y Evaluación Comparativa.....	65
Cronograma del Proyecto Técnico.....	68
Presupuesto	69

Conclusiones	74
Recomendaciones	76
Referencias Bibliográficas	77
Anexos	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la línea de ensamble de maquinaria agrícola	6
Figura 2. Los 8 desperdicios de lean manufacturing	9
Figura 3. Mapa de Cadena de Valor (VSM)	10
Figura 4. Estructura de una matriz de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)	11
Figura 5. Matriz de la Técnica de los 5 Porqués.....	13
Figura 6. Diagrama de Causa – Efecto	14
Figura 7. Diagrama de Pareto	15
Figura 8. Gráfico de Control Estadístico de Procesos	16
Figura 9. Estructura del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001	16
Figura 10. Ubicación de la empresa.....	29
Figura 11. Organigrama jerárquica de la empresa.....	31
Figura 12. Descripción del proceso de ensamble de las maquinarias.....	32
Figura 13. Diagrama de Pareto de las fallas de la línea de ensamble	36
Figura 14. VSM actual de la línea de ensamble	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales métodos de mejora de procesos industriales	8
Tabla 2. Variables de medición, impactos y beneficios de la optimización operativa	8
Tabla 3. Dimensiones de los Servicios Técnicos Postventa	10
Tabla 4. Relación entre control y aseguramiento de calidad y resultados operativos	12
Tabla 5. Características de los tipos de mantenimiento industrial	17
Tabla 6. Indicadores clave de desempeño (KPI) en procesos industriales	18
Tabla 7. Indicadores clave de desempeño aplicables a líneas de ensamble.....	19
Tabla 8. Indicadores de Servicio Técnico Postventa	20
Tabla 9. Indicadores esenciales empleados en el control de calidad	21
Tabla 10. Indicadores fundamentales usados en el mantenimiento industrial	22
Tabla 11. Secuencia de la Metodología Operativa del Estudio	28
Tabla 12. Misión y Visión de la Empresa.....	30
Tabla 13. Base de datos para Diagrama de Pareto de no conformidades periodo mensual....	35
Tabla 14. Diagnóstico de la eficacia del proceso de gestión de no conformidades	52
Tabla 15. Matriz de evaluación de la eficacia del sistema de registro y análisis de fallas	53
Tabla 16. Tablero de control de indicadores de calidad (KPI's)	56
Tabla 17. Cronograma de implementación del Sistema de Aseguramiento de la Calidad	57
Tabla 18. Matriz de Inventario y Priorización de Activos por Criticidad.....	60

Tabla 19. Tareas de Mantenimiento Preventivo para Equipos de Alta Criticidad.....	62
Tabla 20. Cronograma Anual de Mantenimiento Preventivo y Correctivo Programado.....	63
Tabla 21. Horario de Programación Semanal de Mantenimiento Preventivo.....	64
Tabla 22. Plan de Mantenimiento Correctivo Programado.....	65
Tabla 23. Comparación de indicadores clave de desempeño – Antes vs Después	67
Tabla 24. Costos de capacitación y formación	69
Tabla 25. Costos de consultoría y soporte técnico.....	69
Tabla 26. Costos de implementación operativa	70
Tabla 27. Costos de sistemas, registros y control	70
Tabla 28. Costos de auditoría y seguimiento	70
Tabla 29. Costo reserva para contingencias.....	71
Tabla 30. Costo total del presupuesto	71
Tabla 31. Costos mensuales asociados a las problemáticas actuales	72
Tabla 32. Costos mensuales proyectados con la propuesta	72
Tabla 33. Relación beneficio - costo del proyecto.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo 79

Anexos 2. Auditoría de las 5S 80

Anexos 3. Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) basado en la ISO 9001 81

Anexos 4. Indicadores Claves de Desempeño (KPI'S) 82

Introducción

La presente investigación trata de la optimización en eficiencia operativa y calidad del producto en la línea de ensambles de maquinarias agrícolas de la empresa Importadora Lino Gamboa Cía. Ltda. ILGA. La compañía actualmente presenta varias deficiencias tales como frecuentes reprocesos por defectos, tiempos improductivos, mantenimiento mayormente correctivo que preventivo, y demoras en el servicio postventas.

En consecuencia, esta problemática ocasiona bajos niveles de rendimiento en las operaciones de la planta, incrementa los costos operativos y repercute de manera negativa en la satisfacción del cliente. También, la inexistencia de indicadores dificulta identificar cuellos de botellas, así como además de tomar decisiones en subjetividades y no basada en datos. Por lo tanto, es necesario implementar propuestas de mejoras enfocadas en optimizar los procesos de línea de ensamble además del servicio técnico postventas, control de calidad y gestión de mantenimiento.

De ahí que, el estudio se justifica por la necesidad de aplicar metodologías de ingeniería industrial que permitan mejorar la eficiencia y productividad de la empresa fortaleciendo su competitividad en el sector agroindustrial. Asimismo, el proyecto de investigación es relevante desde el punto de vista económico, dado que al reducir los tiempos de esperas y otros desperdicios de lean manufacturing se consigue a su vez disminuir los costos operativos, además de mejorar el producto y el servicio postventa. De igual manera, se fundamenta el estudio académicamente al validar la utilización de metodologías propias de ingeniería industrial como lean manufacturing, gestión de calidad y mantenimiento preventivo, las cuales logran mejorar el entorno operativo de las actividades de ensamble de maquinarias agrícolas.

Del mismo modo, permite validar herramientas de análisis de procesos fomentando la formación de profesionales capacitados que den soluciones a problemas complejos en el sector productivo nacional. Incluso, la investigación tiene importancia significativa a nivel social porque al proporcionar maquinarias agrícolas más eficientes y fiables, contribuyen directamente en el fortalecimiento de las infraestructuras tecnológicas del sector agrario ecuatoriano, promoviendo de esta manera al crecimiento productivo del campo al mejorar las actividades en la siembra, cosecha y distribución, actuando como motor de generación de fuentes de trabajo impulsando así la economía del país.

Por consiguiente, el objetivo general del proyecto es incrementar la eficiencia operativa, reducir los reprocesos y elevar la satisfacción del cliente, mediante el diseño de una propuesta que permita optimizar el proceso de ensamblado en la empresa. Por ello, entre sus objetivos específicos incluye el análisis de la línea de ensamble e identificación de desperdicios y cuellos de botella. Esto se complementa con optimizar el control de calidad, implementar un mantenimiento preventivo y definir un conjunto de indicadores claves de desempeño que permita el monitoreo y mejora continua.

En cuanto a la metodología, se utiliza un enfoque cuantitativo y nivel descriptivo. En tanto que, el diseño de la investigación es de tipo no experimental, transeccional y de campo. En lo que refiere a la población y muestra, se selecciona al personal directamente involucrado en las áreas de ensamble, calidad, mantenimiento y servicio postventa. Con respecto a las técnicas de recolección de datos, se emplea la observación directa sistemática y la revisión documental. En relación con el tratamiento y análisis de la información se utilizan herramientas de ingeniería industrial que permiten identificar las causas de los problemas detectados y determinar la situación actual de la empresa.

Por esta razón, la propuesta incluye la metodología lean manufacturing, modelo mejorado de servicio postventa, sistema de aseguramiento de calidad, mantenimiento preventivo y correctivo planificado e indicadores clave de desempeño (KPIs) para cada una de las áreas involucradas. La propuesta se desarrolla en un periodo de seis meses, segmentados en las fases de diagnóstico, implementación, monitoreo y validación. Mientras, la inversión incluye aspectos tales como capacitación, herramientas, asesoría y contingencias.

Finalmente, en las conclusiones se resume los hallazgos relevantes de la investigación, comprobando la efectividad de las metodologías utilizadas alineadas a los objetivos planteados. En cuanto a las recomendaciones, se proponen sugerencias prácticas para mejorar los procesos de ensamble, calidad, mantenimiento y postventas.

Capítulo I

1. Problemática

1.1. Descripción del Problema

La empresa Importadora ILGA C. Ltda., dedicada al ensamble, preparación y comercialización de maquinarias agrícolas, enfrenta actualmente una serie de desafíos en su planta industrial que impactan negativamente en su eficiencia operativa, calidad del producto final y nivel de servicio postventa. A pesar de contar con una estructura productiva consolidada, se han identificado deficiencias en la línea de ensamble, procesos inconsistentes en el control de calidad, un servicio técnico con capacidad de respuesta limitada, y una gestión de mantenimiento que tiende a ser reactiva en lugar de preventiva.

Estas falencias generan consecuencias directas como retrasos en la entrega de productos terminados, aumento de retrabajos por defectos detectados tardíamente, mayores costos operativos y una experiencia postventa deficiente para el cliente final. Adicionalmente, la falta de estandarización y monitoreo mediante indicadores dificulta la detección oportuna de cuellos de botella y la toma de decisiones basadas en datos.

En un entorno agrícola competitivo y con una creciente demanda de soluciones mecánicas de alto rendimiento, ILGA necesita adaptar sus procesos productivos y de soporte a metodologías que aseguren una producción ágil, eficiente y con estándares de calidad elevados. Por tanto, surge la necesidad de desarrollar una propuesta de mejora orientada a optimizar los procesos claves de la planta industrial, abordando no solo la línea de ensamble, sino también el servicio técnico, el control de calidad y la gestión de mantenimiento.

1.2. Justificación

La mejora de procesos industriales no solo representa una necesidad operativa, sino una estrategia vital para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento competitivo de empresas como ILGA en el sector agroindustrial. Desde el punto de vista empresarial, permitirá reducir tiempos y costos de producción, aumentar la confiabilidad del producto y mejorar el servicio postventa. Finalmente, a nivel social, fortalece la capacidad tecnológica del sector agrícola nacional.

Desde una perspectiva académica, la investigación proporciona una aplicación práctica de metodologías modernas de ingeniería industrial, como Lean Manufacturing, keizen, control de calidad total y gestión del mantenimiento, en el contexto de una planta de ensamble de maquinarias agrícolas.

Además, permite validar herramientas de análisis y diseño de procesos, promoviendo la formación de profesionales capacitados para abordar problemáticas complejas del sector productivo nacional.

Finalmente, esta propuesta adquiere relevancia social al fortalecer la capacidad tecnológica del sector agrícola mediante maquinarias más eficientes y confiables, contribuyendo directamente al desarrollo de la productividad del campo y del país.

1.3. Grupo Objetivo Beneficiario

- **Trabajadores de la planta Chongón:** que contarán con procesos más organizados, seguros y eficientes.
- **Clientes externos:** que recibirán maquinarias confiables y con menor índice de fallos y así ser beneficiarios de su producto final, sin tener pérdidas.
- **La empresa ILGA:** que reducirá costos, mejorará tiempos de entrega y fortalecerá su competitividad en el mercado agroindustrial nacional.
- **Impacto esperado:** incremento de la satisfacción del cliente, mejora de la productividad y fortalecimiento de la posición de ILGA en el sector agrícola.

1.4. Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejora para los procesos de ensamble de maquinarias agrícolas en la empresa importadora ILGA C. Ltda. Planta Chongon, con el fin de elevar la eficiencia operativa y aumentar la satisfacción del cliente.

1.5. Objetivos Específicos

1. Analizar de forma sistemática el estado actual de la línea de ensamble, identificando cuellos de botella, desperdicios operativos y oportunidades de mejora mediante técnicas de diagnóstico industrial como el mapeo de procesos (VSM) y el análisis de tiempos y movimientos.

2. Detectar debilidades estructurales y funcionales en el sistema de servicio técnico, considerando variables como tiempos de respuesta, frecuencia de fallos postventa y nivel de satisfacción del cliente, con el propósito de proponer un modelo de atención eficiente y sostenible.
3. Evaluar la eficacia de los procesos actuales de control de calidad a través del estudio de no conformidades, procedimientos de inspección, y registros de fallas, para luego establecer un sistema de aseguramiento de calidad basado en estándares internacionales (ISO).
4. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que permita maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales, reduciendo los costos asociados al mantenimiento reactivo y prolongando la vida útil de los activos.
5. Definir un conjunto de indicadores clave de desempeño (KPIs) para cada una de las áreas intervenidas, permitiendo el monitoreo continuo, la toma de decisiones basada en datos y la consolidación de una cultura de mejora continua en la organización.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Línea de Ensamble

La línea de ensamble es un sistema productivo secuencial en el cual cada estación de trabajo realiza una operación específica, contribuyendo al ensamblaje final del producto. La eficiencia de este sistema depende del equilibrio entre las estaciones, la correcta asignación de tareas, la disponibilidad de recursos y la sincronización del flujo de materiales, se representa en la siguiente figura.

Figura 1.

Proceso de la línea de ensamble de maquinaria agrícola



Fuente: Imagen tomada del Portal Web Tecnología para la Agricultura.

Groover (2015) señala que una línea de ensamble mal balanceada genera pérdidas operativas tales como tiempos muertos, acumulación de inventarios en proceso y disminución de la productividad. De igual forma, Niebel y Freivalds (2009) indican que el análisis sistemático de

la línea permite identificar actividades que no agregan valor y establecer mejoras orientadas a la estandarización del trabajo.

El análisis de la línea de ensamble resulta fundamental para esta investigación, ya que permite diagnosticar el estado actual del proceso productivo de ILGA y sentar las bases para su optimización. La evaluación sistemática del estado actual del ensamble permite detectar de manera precisa los cuellos de botella, actividades que no agregan valor y desperdicios operativos, ofreciendo una base objetiva para la toma de decisiones y un diseño de propuesta de mejora.

Para mejorar los procesos industriales de ensambles de maquinaria se debe realizar un análisis de tiempos y movimientos en la línea de producción aplicando herramientas de lean manufacturing que permita identificar cuello de botellas y desperdicios en los procesos, para lo cual se presenta a continuación la definición de estos y la descripción de la herramienta de mapa de flujo de valor.

2.1.1. Mejora de Procesos Industriales

La mejora de procesos industriales se define como un conjunto sistemático de acciones orientadas a incrementar la eficiencia operativa, reducir desperdicios, optimizar el uso de recursos y garantizar la calidad de los productos y servicios. En el ámbito manufacturero, la mejora de procesos constituye un elemento estratégico para elevar la competitividad organizacional y responder a entornos de mercado cada vez más exigentes.

Autores como Slack, Chambers y Johnston (2010) señalan que la gestión eficaz de procesos permite alinear la capacidad productiva con la demanda del mercado, reduciendo costos y mejorando el desempeño global de la organización. De igual manera, Juran y Godfrey (1999) destacan que la mejora continua de los procesos es esencial para asegurar la calidad y la satisfacción del cliente.

En este contexto, la mejora de procesos industriales se apoya en enfoques como Lean Manufacturing, la gestión de la calidad total y la gestión del mantenimiento, los cuales proporcionan herramientas estructuradas para identificar problemas, analizarlos y proponer soluciones sostenibles. A continuación, basada en el Lean Six Sigma Institute (2022), se presentan los principales métodos de mejora en los procesos industriales en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Principales métodos de mejora de procesos industriales

Método	Objetivo
Lean Manufacturing	Elimina desperdicios
Calidad Total	Asegura cumplimiento
Mantenimiento Productivo Total	Garantiza disponibilidad

Fuente: Información adaptada de Lean Six Sigma Institute.**2.1.2. Análisis de Tiempos y Movimientos**

El análisis de tiempos y movimientos es una técnica desarrollada inicialmente por Frederick Taylor y perfeccionada por Frank y Lillian Gilbreth, cuyo objetivo es determinar el método más eficiente para ejecutar una tarea. Esta herramienta se basa en la observación directa y la medición precisa del tiempo requerido para cada operación. De acuerdo con la Escuela de Organización Industrial (2022), tal como se visualiza en la siguiente tabla, las variables de medición de tiempos y movimientos junto con su impacto operacional y beneficios.

Tabla 2.

Variables de medición, impactos y beneficios de la optimización operativa

Variable medida	Impacto operacional	Beneficio esperado
Tiempo de ciclo	Mejora el flujo reduciendo esperas	Aumenta la capacidad de producción
Movimientos del operario	Reduce esfuerzo y desplazamiento	Mejora ergonomía y disminuye fatiga
Tiempo improductivo	Identifica desperdicios Lean	Eliminación de actividades sin valor
Ritmo de trabajo	Ajusta cargas laborales	Balanceo de línea
Desempeño individual y grupal	Permite evaluar eficiencia	Optimiza asignación de personal
Interacción hombre-máquina	Minimiza interrupciones	Mejora continuidad operativa

Fuente: Información adaptada de Escuela de Organización Industrial (EOI).

Niebel y Freivalds (2009) destacan que el estudio de tiempos y movimientos contribuye a la estandarización del trabajo, la reducción de variabilidad y el incremento de la productividad. En el caso de ILGA, esta técnica resulta clave para establecer tiempos estándar de ensamble y mejorar la planificación de la producción.

2.1.3. Identificación de Cuellos de Botella y Desperdicios

La Teoría de las Restricciones establece que el desempeño global de un sistema está determinado por su restricción más crítica (Goldratt & Cox, 2024). Identificar y gestionar adecuadamente estos cuellos de botella permite mejorar el flujo productivo y aumentar la capacidad del sistema, tal como se lo muestra en la siguiente figura.

Figura 2.

Los 8 desperdicios de lean manufacturing



Fuente: Imagen tomada del Portal Web SPC Consulting Group.

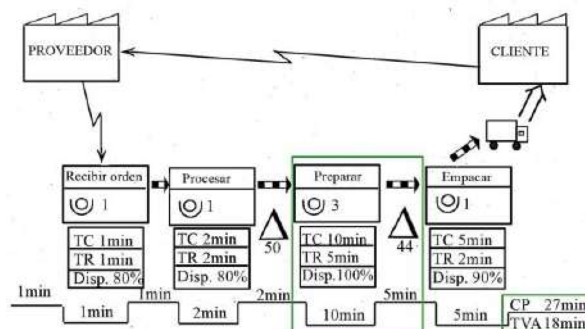
Por su parte, Lean Manufacturing identifica siete tipos de desperdicios (muda) que no agregan valor al proceso, tales como sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario y reprocesos (Ohno, 1988). La eliminación sistemática de estos desperdicios contribuye significativamente a la eficiencia de la línea de ensamble.

2.1.4. Mapeo de Cadena de Valor (VSM)

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta visual que permite representar de manera integral el flujo de materiales y de información a lo largo del proceso productivo. Según Rother y Shook (2003), el VSM facilita la identificación de actividades que agregan valor y de aquellas que generan desperdicio, así se muestra en la siguiente tabla.

Figura 3.

Mapa de Cadena de Valor (VSM)

**Fuente:** Imagen tomada del Blog HubSpot.

2.2. Servicio Técnico Postventa

El servicio técnico y la atención postventa constituyen un componente estratégico para las empresas dedicadas a la comercialización de maquinarias agrícolas, ya que influyen directamente en la satisfacción, fidelización y percepción de calidad por parte del cliente. Conforme con Parasuraman, Zeithaml & Berry (2020), se indica las dimensiones de los servicios técnicos postventas, así tal cual se representa en la tabla 3.

Tabla 3.

Dimensiones de los Servicios Técnicos Postventa

Dimensión	Elementos Clave	Impacto Directo	Resultado
Calidad del servicio técnico	Profesionalismo del personal, y precisión del diagnóstico	Reducción de fallas recurrentes	Percepción de calidad
Tiempo de respuesta	Rapidez de atención y eficientes órdenes de trabajo	Reducción de tiempos inactivos	Incremento de satisfacción
Efectividad de la reparación	Resolución en primera intervención, disminución de retrabajos	Disminución de reclamaciones	Mayor credibilidad del servicio
Comunicación y atención al cliente	Información clara y trato profesional	Mejor experiencia del usuario	Mejor percepción de servicio
Gestión postventa y soporte continuo	Garantías de asesoría técnica	Valor agregado y continuidad operativa	Fidelización y lealtad

Fuente: Información tomada del Artículo Científico: “Fundamentos de la calidad de servicio el modelo SERVQUAL”. Elaborado por Parasuraman, Zeithaml & Berry,

2.2.1. Análisis de Fallos Postventa

El análisis de fallos postventa permite identificar las causas más frecuentes de fallas en los equipos entregados al cliente. Herramientas como el Análisis de Modos y Efectos de Fallo (FMEA) facilitan la priorización de riesgos en función de su severidad, ocurrencia y capacidad de detección (Stamatis, 2003). Este enfoque proporciona información para implementar acciones preventivas y correctivas que reduzcan la recurrencia de fallas y los costos asociados, como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Estructura de una matriz de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

Logo de la Empresa		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)							Código:
									Edición:
									Fecha:
Cliente:		Producto:						Preparado por:	
Área:		Referencia:						Revisado por:	
Proveedor:		Modificaciones:						Aprobado por:	
Proceso	Falla	Efecto	Causa	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones de Mejora	Responsable
A									
B									
C									

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Gestión de Servicios Técnicos

Las buenas prácticas en la gestión de servicios técnicos se apoyan en marcos de referencia como ITIL, los cuales establecen lineamientos para la gestión eficiente de incidentes, solicitudes y problemas (Axelos, 2019). La aplicación de estos principios permite mejorar la trazabilidad de las órdenes de trabajo, optimizar los tiempos de atención y elevar la calidad del servicio.

2.3. Control de Calidad

El control de calidad tiene como finalidad asegurar que los productos cumplan con los requisitos técnicos y las expectativas del cliente. En el caso de las maquinarias agrícolas, este proceso resulta crítico debido a las condiciones exigentes de operación a las que son sometidas.

2.3.1. Gestión de No Conformidades

Las no conformidades representan desviaciones respecto a los estándares establecidos. Herramientas como el diagrama de causa-efecto, el análisis de Pareto y la técnica de los cinco porqués permiten identificar las causas raíz de los problemas de calidad (Ishikawa, 1985). De conformidad con Joseph M. Juran (2005), se presenta a continuación la relación entre control y gestión de la calidad, ver tabla# 4

Tabla 4.

Relación entre control y aseguramiento de calidad y resultados operativos

Elemento	Control de Calidad (QC)	Aseguramiento de Calidad (QA)	Impacto en Resultados
Enfoque	Producto terminado	Sistema de gestión de procesos	Mejora integral del desempeño
Naturaleza	Reactiva: detecta errores	Preventiva: evita errores	Reducción de fallos recurrentes
Actividades típicas	Inspección, pruebas, revisión de conformidad	Auditorías, estandarización, documentación, capacitación	Procesos robustos y estables
Responsabilidad	Área de control de calidad	Toda la organización	Cultura de calidad
Herramientas	Checklists, inspección visual, pruebas funcionales, muestreo	ISO 9001, TQM, Six Sigma, diagramas de proceso, manuales	Mejora de productividad y confiabilidad
Impacto económico	Reduce retrabajos y devoluciones	Reduce costos globales de no calidad	Mayor rentabilidad
Relación con cliente	Reduce probabilidad de entregar productos defectuosos	Aumenta confianza y satisfacción sostenida	Fidelización del cliente

Fuente: Información adaptada del Manual de Calidad de Juran.

a. Técnica de los 5 Porqués

La metodología de los “5 ¿Por qué?” tiene como fin hallar la causa raíz de un problema determinado a través de un procedimiento repetitivo, debido al que se realiza de modo sistemático la pregunta ¿por qué? sobre algo específico, siendo la respuesta anterior el nuevo problema al cual se vuelve a preguntar el ¿por qué? hasta identificar la causa que lo provoca. Así como se visualiza en la figura 5, el proceso se lo aplica en un promedio aproximado de cinco veces, facilitando la detección de los motivos de las fallas (Cárdenas, 2024).

Figura 5.

Matriz de la Técnica de los 5 Porqués

Problemática	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Soluciones
	Razón 1	Razón 1	Razón 1	Razón 1	Razón 1	Solución 1
	Razón 2	Razón 2	Razón 2	Razón 2	Razón 2	Solución 2
	Razón 3	Razón 3	Razón 3	Razón 3	Razón 3	Solución 3

Fuente: Elaboración propia.

b. Diagrama de Causa - Efecto

El diagrama de causa y efecto, también llamado gráfico de Ishikawa en honor a su autor o espina de pescado debido a su forma es una herramienta que analiza un problema determinado ubicado en la cabeza del pescado. En tanto las espinas mayores que salen de la columna vertebral representan las causas las cuales están clasificadas y organizadas en categorías. Y las espinas menores describen de forma detallada las sub-causas del problema. Este diagrama, permite una mejor comprensión visual de las causas raíz del problema que se analiza (Vivas, 2025).

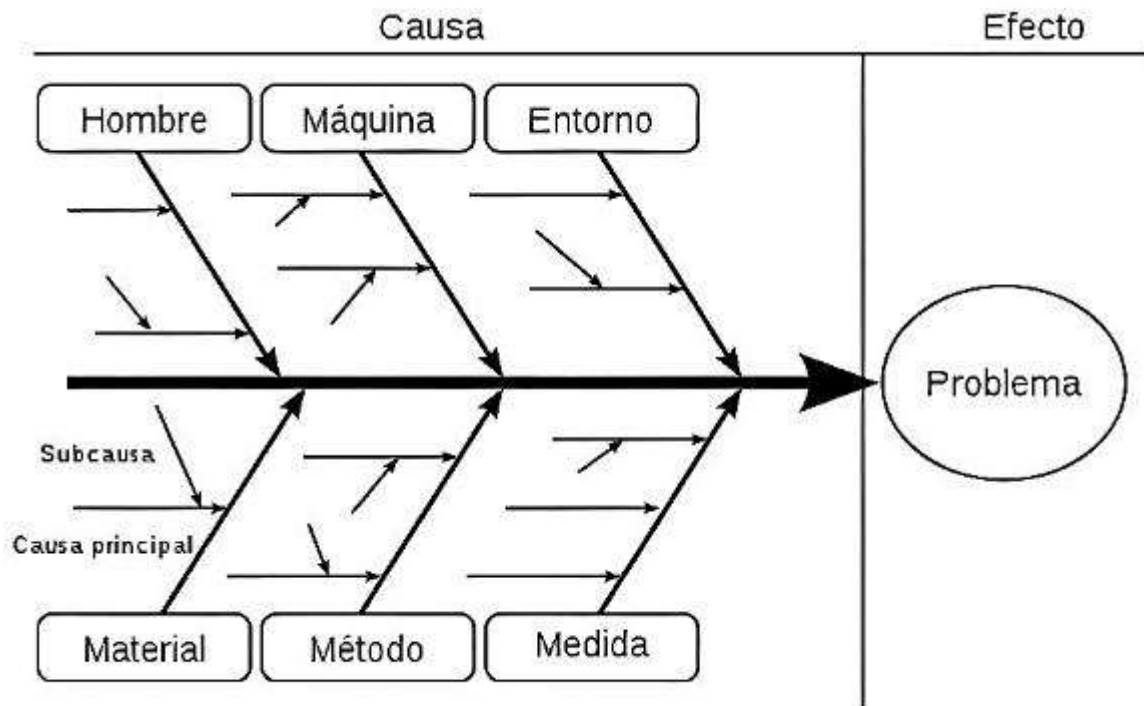
En la figura 6 se está representada la clasificación de las categorías del diagrama de causa y efecto o Ishikawa, son llamadas también las 6M y son las siguientes:

- Materiales
- Mano de obra
- Maquinarias
- Métodos

- Medioambiente
- Medición

Figura 6.

Diagrama de Causa – Efecto



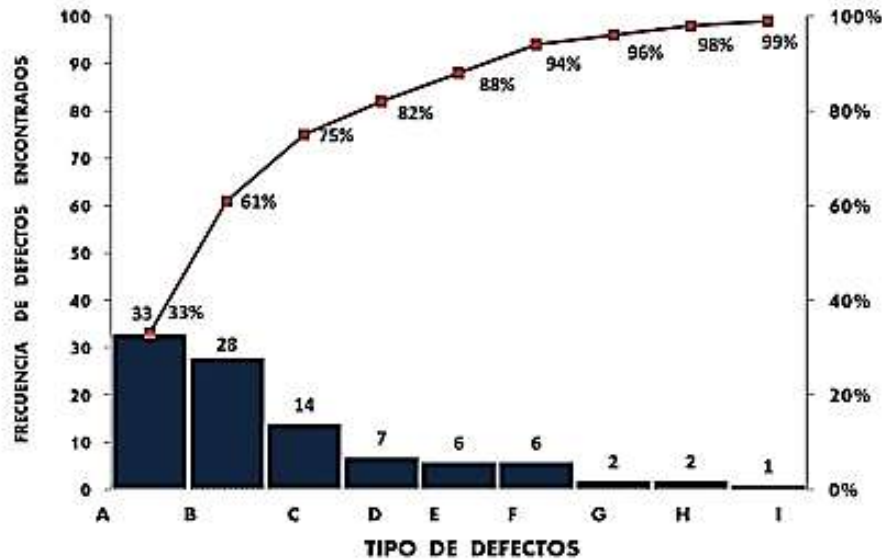
Fuente: Imagen tomada del Portal Web Production Tools.

c. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta que prioriza las causas de un problema basado en el principio de 80/20, el cual permite ordenar datos de forma decreciente representada por barras que determinan su frecuencia o impacto, detectando los factores principales que causan los problemas analizados los cuales son simbolizados mediante una curva acumulativa. Esto permite centrar las tomas de decisiones de mejoras en el 20% de aspectos que generan el 80% de la problemática, para luego aplicar acciones correctivas y preventivas más eficientes (Velázquez, 2020), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 7.

Diagrama de Pareto



Fuente: Imagen tomada del Portal Web Lean Construction.

Esta herramienta sirve para analizar fallas en el control de calidad ya que facilita la identificación de las causas principales, lo que permite tomar mejores decisiones optimizando recursos. Se lo aplica en la industria para hallar defectos, en los negocios para detectar los productos más rentables y clientes claves, también en la seguridad industrial ya que determina los accidentes de trabajo más frecuentes que afecta a una empresa.

2.3.2. Procedimiento de Inspección y Control

El Control Estadístico de Procesos (SPC) permite monitorear la variabilidad del proceso mediante gráficos de control, contribuyendo a la detección temprana de desviaciones (Montgomery, 2019). Asimismo, los planes de muestreo establecidos en la norma ISO 2859 proporcionan criterios estadísticos confiables para la inspección de productos, ver la representación en la figura 8.

Figura 8.

Gráfico de Control Estadístico de Procesos



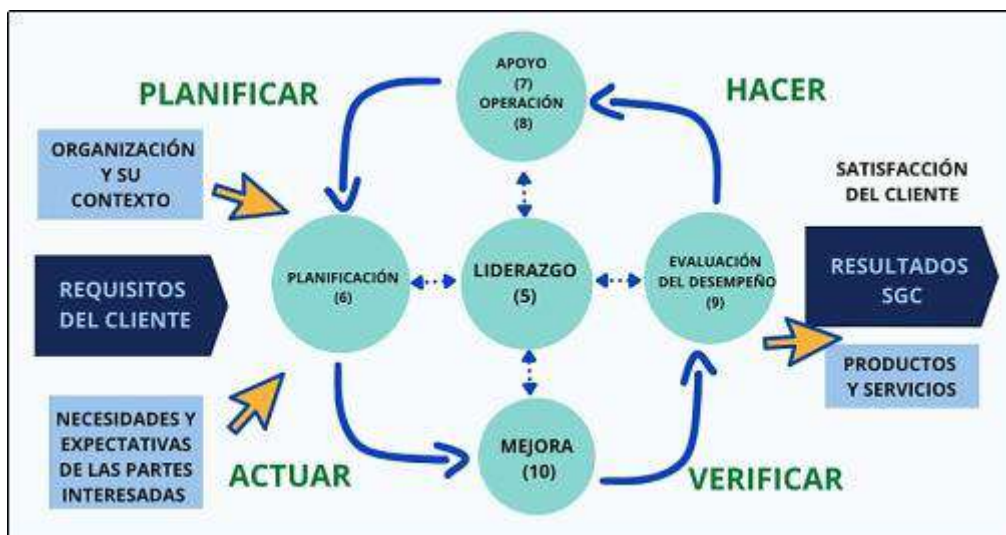
Fuente: Imagen tomada del Portal Web Ingenio Empresa.

2.3.3. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001

La norma ISO 9001:2015 establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad basado en el enfoque por procesos, el liderazgo y la mejora continua. Su implementación permite estandarizar procedimientos, reducir la variabilidad y aumentar la confiabilidad operativa de la organización, esta estructura está indicada en la siguiente figura.

Figura 9.

Estructura del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001



Fuente: Imagen tomada del Portal Web SGM Consultores.

2.4. Gestión del Mantenimiento Industrial

La gestión del mantenimiento industrial tiene como objetivo asegurar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los equipos productivos, minimizando los costos asociados a fallas inesperadas. Los mantenimientos industriales se clasifican en correctivo, preventivo y predictivo. De acuerdo con García P. (2010), se muestra en la tabla #5 las características de los tipos de mantenimiento industrial.

Tabla 5.

Características de los tipos de mantenimiento industrial

Tipo de Mantenimiento	Enfoque Principal	Herramientas / Técnicas	Ventajas Principales	Limitaciones
Correctivo	Reparar fallas cuando ocurren	Intervención directa, repuestos inmediatos	Bajo costo inicial, sencillo de implementar	Altos costos operativos y paradas imprevistas
Preventivo	Evitar fallas mediante planificación	Cronogramas, checklists, mantenimiento calendarizado	Reduce fallas, mejora disponibilidad	Puede generar intervenciones innecesarias si no se gestiona adecuadamente
Predictivo	Anticipar fallas mediante monitoreo de condición	Análisis de vibración, termografía, ultrasonido, monitoreo en línea	Alta confiabilidad, minimiza paradas no programadas, optimiza costos	Requiere inversión tecnológica y personal capacitado

Fuente: Información adaptada del libro “Gestión de Mantenimiento Industrial” de García P.

2.4.1. Mantenimiento Preventivo y Predictivo

El mantenimiento preventivo se basa en actividades programadas para evitar fallas, mientras que el mantenimiento predictivo utiliza técnicas como el análisis de vibraciones y la termografía para anticipar fallos antes de que ocurran (Moblely, 2002).

2.4.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se realiza después de que ocurre una falla y suele generar altos costos operativos. Kelly (2006) señala que la gestión moderna busca reducir su incidencia mediante estrategias integradas de mantenimiento.

2.4.3. Gestión de Activos y Confiabilidad Operacional

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) permite definir políticas de mantenimiento en función de la criticidad y función de los equipos (Moubray, 1997). Asimismo, la norma ISO 55000 proporciona directrices para una gestión integral de los activos físicos.

2.5. Indicadores Clave de Desempeño KPIs

Los indicadores clave de desempeño (KPI'S) permiten medir, controlar y mejorar el desempeño de los procesos productivos y de soporte. Un KPI eficaz debe ser específico, medible, alcanzable, relevante y temporal (SMART). Con base en lo expresado de Beltrán (2010), se detalla en la tabla #6 los principales indicadores claves de desempeño de una empresa.

Tabla 6.

Indicadores clave de desempeño (KPI) en procesos industriales

Áreas	Indicador (KPI)	Objetivo	Beneficios
Producción / Ensamble	Tasa de producción	Medir ritmo productivo real	Evalúa capacidad y cumplimiento de demanda
Calidad	Tasa de defectos	Identificar nivel de productos no conformes	Mejora estabilidad del proceso
Mantenimiento	Cumplimiento del plan preventivo	Evaluar disciplina de mantenimiento	Reduce fallas inesperadas
Servicio Técnico / Postventa	Nivel de satisfacción del cliente	Medir percepción del servicio recibido	Fortalece fidelización

Fuente: Información adaptada del libro “Indicadores de Gestión” de Beltrán.

2.5.1. KPI'S en la Línea de Ensamble

Los procesos de ensamble requieren indicadores que midan la fluidez del trabajo, el uso eficiente de recursos y la estabilidad de la producción. Entre los KPI's más utilizados se encuentran:

- Tiempo de clico (Cycle time)
- Tasa de producción
- Balanceo de la línea
- Nivel de desperdicios

Según Womack & Jones (2003), indicadores como OEE permiten visibilizar pérdidas en disponibilidad, rendimiento y calidad, facilitando la gestión Lean Manufacturing. De acuerdo con Cruz L. (2002), se presentan los indicadores apropiados para una línea de ensamble, ver tabla 7.

Tabla 7.

Indicadores clave de desempeño aplicables a líneas de ensamble

Indicador	Descripción	Fórmula / Unidad
Tiempo de Ciclo (Cycle Time)	Tiempo promedio requerido para producir una unidad	Segundos / unidad
Tasa de Producción	Cantidad de unidades producidas en un periodo	Unidades / hora
Balanceo de Línea	Mide la uniformidad en distribución de cargas de trabajo	Índice de balanceo (%)
Nivel de Desperdicios	Proporción de recursos no aprovechados o defectuosos	% de scrap / reprocesos

Fuente: Información adaptada del libro “Los Indicadores de Gestión” de Cruz L.

2.5.2. KPI'S en Servicio Técnico Postventa

En el servicio técnico debe reflejar tanto la capacidad operativa como la calidad de atención percibida por el cliente (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2011). Entre ellos incluyen:

- Tiempo promedio de respuesta
- Tasa de resolución en primera visita

- Frecuencia de fallos postventas
- Nivel de satisfacción del cliente

Estos indicadores permiten evaluar la efectividad del soporte postventa y su alineación con los estándares de servicio esperados. Citando nuevamente a Beltrán (2010), se ilustran en la tabla #8 los indicadores del servicio postventa.

Tabla 8.

Indicadores de Servicio Técnico Postventa

Indicador	Descripción	Unidad / Medición
Tiempo promedio de respuesta	Tiempo transcurrido desde el reporte hasta la atención inicial	Horas / días
Tasa de resolución en primera visita	Casos resueltos sin requerir intervención posterior	% de casos resueltos
Frecuencia de fallos postventa	Número de fallas recurrentes después del servicio	Nº de incidencias / periodo
Nivel de satisfacción del cliente	Percepción del usuario sobre el servicio recibido	Encuesta / índice (%)

Fuente: Información adaptada del libro “Indicadores de Gestión” de Beltrán.

2.5.3. KPI'S en Control de Calidad

Para que un sistema de calidad funcione bajo estándares internacionales (como ISO 9001), se deben medir resultados del proceso y producto (Montgomery,2012). Los indicadores más utilizados incluyen:

- Tasa de no conformidades
- Porcentaje de retrabajos
- Costo de la no calidad
- Efectividad en las inspecciones

Estos KPIs permiten monitorear desviaciones, medir la estabilidad del proceso y orientar acciones preventivas. Luego, basado en el texto de Cruz L. (2002), se presentan los indicadores de control de calidad en la tabla siguiente.

Tabla 9.

Indicadores esenciales empleados en el control de calidad

Indicador	Descripción	Unidad / Medición
Tasa de no conformidades	Proporción de productos o procesos que no cumplen especificaciones	% de NC / total producido
Porcentaje de retrabajos	Productos que requieren corrección antes de ser liberados	% de retrabajos
Costo de la no calidad	Costos derivados de fallas internas y externas	USD o % de ventas
Efectividad en las inspecciones	Capacidad del sistema de inspección para detectar fallas	% de detección efectiva

Fuente: Información adaptada del libro “Los Indicadores de Gestión” de Cruz L.

2.5.4. KPI'S en Gestión de Mantenimientos

La gestión de activos requiere indicadores que midan la confiabilidad, disponibilidad y costo del mantenimiento (Mobley, 2011). Entre los más relevantes se encuentran:

- Disponibilidad operacional
- Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo
- Costo de mantenimiento por unidad producida

Normas como ISO 55000 y 14224 establecen lineamientos para la gestión de estandarización de estos indicadores para el mantenimiento industrial así como se representa en la siguiente tabla.

Tabla 10.

Indicadores fundamentales usados en el mantenimiento industrial

Indicador	Descripción	Unidad / Medición
Disponibilidad operacional	Porcentaje de tiempo en que el equipo se encuentra operativo	% de disponibilidad
Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	Grado en que se ejecutan las actividades de mantenimiento	% de cumplimiento
Costo de mantenimiento por unidad producida	Relación entre el costo del mantenimiento y la producción	USD/unidad producida o %

Fuente: Información adaptada del libro “Gestión de Mantenimiento Industrial” de García P.

2.6.5. KPI'S y Cultura de Mejora Continua

La mejora continua, inspirada en el ciclo PDCA de Deming, depende de la medición permanente del desempeño. Según Imai (1986), las organizaciones solo pueden mejorar aquello que pueden observar y medir sistemáticamente. Los KP'S fundamentales son:

- Mantener la disciplina operativa
- Visibilizar problemas crónicos
- Impulsar la estandarización
- Aumentar la participación del personal en la mejora
- Generar retroalimentación inmediata sobre los procesos

Asimismo, el uso de KP'S favorece la adopción de metodologías como Lean Manufacturing, Seis Sigma y TPM (Total Productive Maintenance), los cuales requieren una sólida base de datos.

Capítulo III

3. Marco Metodológico

3.1. Enfoque de la Investigación

El enfoque del proyecto de investigación es cuantitativo porque se enfoca en analizar los procesos actuales de la empresa a través de la medición de las variables claves de desempeño de las áreas de operaciones, servicio técnico postventas, control de calidad y mantenimiento industrial. Esto permite obtener datos numéricos para posteriormente analizarlos y presentar resultados fundamentados estadísticamente. El enfoque cuantitativo tal como lo expresa Hernández, Fernández y Baptista (2020), se caracteriza por la manera de abordar los fenómenos objeto de estudio por intermedio de mediciones y estudios estadísticos. Además, este enfoque de carácter numérico es adecuado debido a que se requiere utilizar indicadores cuyas evaluaciones facilitan el análisis de la situación actual de la empresa, constatando de manera cuantificable las falencias de productividad, calidad, gestión y costos.

3.2. Tipos de Nivel de Investigación

El tipo de estudio es aplicado porque su fin es mejorar los procesos operativos de la empresa mediante el empleo de herramientas y metodologías de ingeniería industrial. Este enfoque es apropiado para investigaciones de índole técnico e ingenieril dado a que se aplica los conocimientos teóricos en producción, calidad y mantenimiento para analizar los datos e información recopilada para posteriormente elaborar acciones concretas centradas en la optimización de la línea de ensamble de la empresa.

Respecto al nivel de la investigación, es de carácter descriptiva puesto que se orienta a pormenorizar de manera minuciosa la situación actual de los procesos misionales de la empresa, además de detallar los indicadores claves de desempeño y caracterizar los resultados obtenidos. Asimismo, describe las causas de los problemas detectados en los aspectos productividad, eficiencia, confiabilidad operacional, calidad y gestión de mantenimiento.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental porque solo se obtiene información de la empresa mediante observar los procesos operativos actuales, sin que en ningún momento se manipule las variables de investigación. También, es transeccional puesto que se recopila los datos de la situación actual de la empresa y la información de los KPI'S en un momento específico determinado.

De la misma manera, importante hay que señalar que el diseño de la investigación se respalda de forma documental basado en la información histórica de las operaciones de la empresa a través de los registros operativos de la línea de ensamble, así como también de los resultados de calidad y servicios postventas junto con los reportes de mantenimientos. Además, los datos conseguidos provienen de fuentes primarias ya que se obtienen por investigación de campo directamente del entorno operacional de la empresa.

3.4. Población y Muestra

La población de estudio está conformada por los trabajadores que intervienen directamente en la línea de ensamble, mantenimiento y servicio técnico de maquinaria agrícola de la empresa. En este sentido, la población incluye a los 12 operarios del área de ensamble, los 4 técnicos de mantenimiento, los 4 técnicos fijos y 2 auxiliares asignados al servicio postventa, así como a los responsables de supervisión operativa y al personal administrativo vinculado con la gestión de calidad y la planificación.

Dado que la población del estudio está constituida por un número reducido de elementos, esta resulta pequeña, accesible y totalmente manejable; por ello, se decidió incluir a todos sus integrantes dentro del proceso de análisis. En consecuencia, la muestra coincide con la población, sin necesidad de aplicar técnicas de selección muestral. Trabajar con la totalidad de los elementos permite obtener información completa, reducir el riesgo de sesgos, eliminar el error muestral y asegurar mayor precisión, confiabilidad y validez en los resultados obtenidos.

En este sentido, la muestra estuvo integrada por los operarios del área de ensamble, debido a su participación directa en el armado de la maquinaria; los técnicos de mantenimiento, responsables de la atención y corrección de fallas; y el personal de servicio técnico postventa,

cuya experiencia resulta fundamental para la identificación de incidentes operativos reportados por los clientes.

La selección de esta muestra equivalente a la población permite obtener información objetiva, pertinente y suficiente para describir la situación actual, identificar los problemas presentes en el proceso, determinar las causas fundamentales de ineficiencia y sustentar técnicamente las propuestas de mejora. De esta manera, se garantiza que los datos recopilados respondan de manera directa a los objetivos del estudio, proporcionando evidencia válida para el diagnóstico, análisis e intervención metodológica posterior.

3.5. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos empleados en el proyecto de investigación son la observación directa sistemática y la revisión documental de las órdenes y reportes de producción, registros de control de calidad, informe de averías y registros de no conformidades y quejas. La observación directa permite mediante la visualización comprender el contexto operativo de las actividades que se realizan en la línea de ensambles de maquinarias agrícolas, las mismas que abarcan tiempos de operación, flujos y movimientos de trabajo, interacción hombre máquina entre otras, las cuales son fundamentales para poder medir la eficiencia y el balanceo de línea, además de hallar las causas de los retrasos y reprocesos, identificando desperdicios, cuello de botellas, las fallas de calidad en los servicios postventas y averías en las maquinarias.

Por lo que refiere a la técnica de la revisión documental, esta se complementa con la observación de campo. Ahora, si bien la empresa no posee actualmente una gestión documental integral existe registros de los tiempos de operación de ensamble y entregas, reportes de servicio técnico del funcionamiento de máquinas postventa, documentos con información de historial de fallas y correcciones, entre otros. En síntesis, la observación directa y la revisión documental recopila información con evidencia empírica garantizando la validez y confiabilidad de esta, la cual sirve como base de datos para su posterior análisis y presentación de resultados.

3.6. Tratamiento y Análisis de los Datos

El tratamiento y análisis de la información se lo realiza forma secuencial y estructurado asegurando la calidad metodológica de los resultados conseguidos. En primer lugar, los datos recopilados a través de la observación sistemática y la revisión documental son organizados y clasificados en categorías basadas en las áreas de extracción de los datos las cuales son: producción, calidad, mantenimiento y servicio técnico postventa.

Posteriormente, la información es procesada empleando de hojas de cálculo del software Microsoft Excel, lo que facilita la creación de una base de datos robusta. Luego, se los agrupa en función de los indicadores claves de desempeño tales como eficiencia operativa, tiempos productivos, cantidad de retrabajo, disponibilidad de mano de obra y equipos, confiabilidad operacional, tiempo de reparación de maquinarias y eficacia del servicio técnico postventa.

Después, se procede con el análisis estadístico descriptivo enfocado en interpretar de manera cuantitativa las tendencias y patrones del proceso de ensamble de maquinarias. Para este fin, se utiliza medidas de tendencia central, porcentajes, comparaciones de desempeño, análisis de variaciones y desviaciones. Esto permite comprender el comportamiento real de la línea de ensamble y a partir de ahí establecer propuestas de mejora.

Por último, se presentan los resultados a través de resúmenes de textos analíticos, tablas comparativas y gráficos estadísticos con el propósito que facilite la comprensión de la situación actual de la empresa. De igual manera, se realiza un análisis causal de las problemáticas previamente descritas orientadas en determinar las causas raíz, brindando evidencia objetiva y verificable que facilite tomar mejores decisiones.

3.7. Metodología Operativa del Estudio

La metodología operativa del presente estudio tiene como fin determinar las causas de la problemática antes descrita y de sus repercusiones para a partir de ahí proponer mejoras en la optimización de la línea de ensamble de maquinaria agrícola. Esto alineado al diseño metodológico de la investigación cuantitativo y descriptivo, junto con las herramientas de lean manufacturing, gestión de la calidad y mantenimiento preventivo. Estas combinaciones metodológicas facilitan el análisis de áreas objeto de estudio, identificar las causas raíz de la

problemática, determinar el nivel de eficiencia, no conformidades, confiabilidad en los equipos y satisfacción de los clientes.

La primera fase, es elaborar el diagnóstico de la línea de ensamble utilizando como herramientas organigramas, diagramas de proceso y mapa de flujo de valor (VSM). El organigrama de tipo jerárquico brinda información integral de la estructura organizacional de la empresa teniendo una visión global de las áreas de la empresa y de cómo se relacionan. Por otra parte, el diagrama de bloque de proceso sirve para describir las etapas de ensamblado de maquinarias agrícolas facilitando el entendimiento de su funcionamiento.

Por último, el mapa de flujo de valor (VSM), es una herramienta de análisis de la metodología de lean manufacturing la cual caracteriza el flujo y movimiento de los materiales desde los proveedores hasta los clientes, teniendo como propósito la identificación de desperdicios tales como tiempos improductivos, esperas y reprocesos.

Posteriormente, se realiza un análisis causal de los problemas identificados, para ello, se aplica un conjunto de herramientas de ingeniería industrial que busca priorizar los cuellos de botella y desperdicios, para luego hallar sus causas raíz y finalmente medir sus riesgos. Las herramientas que se emplean son el Diagrama de Pareto para determinar el 20% de las fallas que ocasionan el 80% de los defectos que principalmente afectan en la productividad de la empresa. De manera consecutiva, se emplean el Diagrama de Ishikawa y las 6M, complementando con la metodología de los 5 Porqués para detectar el origen de los problemas de mayor impacto, De forma paralela, se aplica la herramienta de Análisis de Modos y Efectos de Fallo (AMEF) para evaluar riesgos futuros determinados por su nivel de criticidad.

En este contexto, las herramientas de lean manufacturing se aplican con el objetivo de optimizar la línea de ensamble, las cuales se emplean para este proyecto de investigación las 5s, kaizen, estandarización de procesos y balanceo de línea. a esto se agrega tres pilares estratégicos, que son la gestión de la calidad basado en norma ISO 9001, el mantenimiento preventivo total e indicadores claves de desempeño (KPIs). de ahí que, las métricas que se aplican en producción son el tiempo de ciclo y la productividad; en calidad la tasa de no conformidades y el índice de reprocesos; en mantenimiento el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio de reparación; y en el servicio técnico postventa el tiempo de entrega y el tiempo medio de resolución, tal como lo indica en la tabla 11.

Tabla 11.

Secuencia de la Metodología Operativa del Estudio

Fase	Herramientas Aplicadas	Objetivo de la Fase	Resultados Esperados
Diagnóstico Inicial del Proceso	Observación directa, revisión documental, organigramas, diagramas de proceso	Caracterizar el proceso y comprender su funcionamiento real	Mapa del proceso, identificación preliminar de problemas
Análisis del Flujo y Desperdicios	Value Stream Mapping (VSM), y balanceo de línea	Identificar cuellos de botella y desperdicios operativos	VSM actual, tiempos reales, puntos críticos
Identificación de Causas	Diagrama de Pareto, Diagrama Causa-Efecto, 5 Porqués, FMEA	Determinar causas raíz y priorizar problemas	Clasificación de fallas críticas y causas principales
Intervención Lean	5S, Kaizen, Poka Yoke	Reducir desperdicios y mejorar la eficiencia del proceso	Propuestas técnicas de mejora implementables
Gestión de Calidad y Mantenimiento	Mantenimiento preventivo y predictivo	Garantizar confiabilidad operacional	Procedimientos estandarizados y plan de mantenimiento
Evaluación del Desempeño	KPI de Producción, Calidad, Mantenimiento y Servicio Técnico	Medir impacto del desempeño del sistema	Indicadores antes y después y análisis comparativo

Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, la metodología operativa tiene como finalidad establecer un modelo de gestión integral que incluya desde el diagnóstico hasta propuestas de solución que incremente el desempeño de la línea de ensamble y la competitividad general de la empresa. Debe aplicarse de forma secuencial y estructurada alineada de cuatro parámetros elementales que son: eficiencia, eficiencia, productividad y sostenibilidad.

3.8. Situación Actual de la Empresa

3.8.1. Descripción General de la Empresa

La empresa Importadora Lino Gamboa Cía. Ltda. (ILGA) inicia sus operaciones el 10 de octubre de 1985, consolidándose de manera progresiva en el sector de ventas de maquinarias agrícolas. Desde su fundación hasta la actualidad la compañía ha consolidado su capacidad comercial, diversificando su línea de cartera de productos extendiendo su cobertura en todo el país. Además, ha agregado en sus operaciones procesos de ensambles de máquinas y servicios técnicos lo que forma parte de su crecimiento empresarial.

La empresa cuenta con una matriz ubicada en la ciudad de Guayaquil siendo su sede principal. También, está estructurada por una red de sucursales distribuidas en diversas ciudades a nivel nacional. De esta manera, los clientes del sector agrícola y agroindustrial son atendidos de manera eficiente debido a la distribución estratégica de la compañía. El presente proyecto se centra en la sucursal de Chongón, lo que delimita el estudio y facilita su investigación ver figura 10.

Figura 10.

Ubicación de la empresa



Fuente: Imagen tomada de Google Map.

La compañía se destaca por su alcance comercial posicionándose en su sector económico, siendo categorizada según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme como IIU G4653.01 “Venta al por mayor de maquinaria y equipo agropecuarios”. De ahí que, la empresa se destaca por su alcance comercial que permite atender a sus clientes y además de poseer una estructura organizacional con personal altamente calificado.

La filosofía de la empresa está determinada tanto por su misión y visión alineada a sus fines estratégicos, los cuales se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 12.

Misión y Visión de la Empresa

Elemento	Descripción
Misión	Proveer maquinaria agrícola y agroindustrial de alta calidad, contribuyendo al desarrollo del sector productivo mediante soluciones tecnológicas eficientes, confiables y respaldadas por un servicio técnico oportuno.
Visión	Mantener el liderazgo en el mercado nacional, fortaleciendo la expansión hacia nuevas regiones y países del bloque andino, ampliando líneas de productos, consolidando alianzas estratégicas de importación y potenciando el ensamblaje local de equipos.

Fuente: Información tomada de la empresa.

La estructura organizacional de la empresa se caracteriza por ser jerárquica y formada por áreas funcionales, con roles y responsabilidades claramente definidos y tareas ejecutadas por un personal calificado y especializado, lo que garantiza la operatividad de la compañía. La empresa tiene su estructura orgánica formada por la alta dirección que incluye Presidencia, Junta de Accionista y Gerencia General y lo complementan Operaciones encargada de Producción, Calidad, Mantenimiento y el Servicio Técnico Postventa; además de Finanzas que controla a Ventas, Compras y Contabilidad; y finalmente Administración encargada de Talento Humano y Servicios Varios, el organigrama se representa en la siguiente figura.

Figura 11.

Organigrama jerárquica de la empresa



Fuente: Información proporcionada por la empresa. Gráfico elaborado por el autor.

ILGA es una empresa que posee una variedad de gama de productos de maquinarias dirigidos para el sector agrícola, agroindustrial, de pesca y camaronera, además de ventas de repuestos y brindar servicio técnico especializado. El portafolio incluye maquinarias agrícolas tales como tractores, cosechadoras, motocultores y sembradoras. También, equipos pecuarios que engloba maquinaria de ordeño y picadoras de forraje; agroindustriales que comprende motores, generadores y equipos de riego; y equipos de pesca y camaronera.

El proceso de ensamble de las maquinarias agrícolas está formado por varias etapas iniciando con la recepción de componentes y accesorios, en la cual se controla especificaciones técnicas, inspección de condiciones físicas y verificación de las cantidades. Luego, los componentes pasan al área de ensamble estructural en donde se arma el bastidor y la base de la maquinaria asegurando la resistencia mecánica y ajustando su alineación.

Después, se procede al ensamble mecánico en el que se acopla el motor con el sistema de transmisión de engranajes o correas. Posteriormente, se realiza la instalación del sistema hidráulico que consiste en conectar las bombas, filtros, válvulas, cilindros y mangueras.

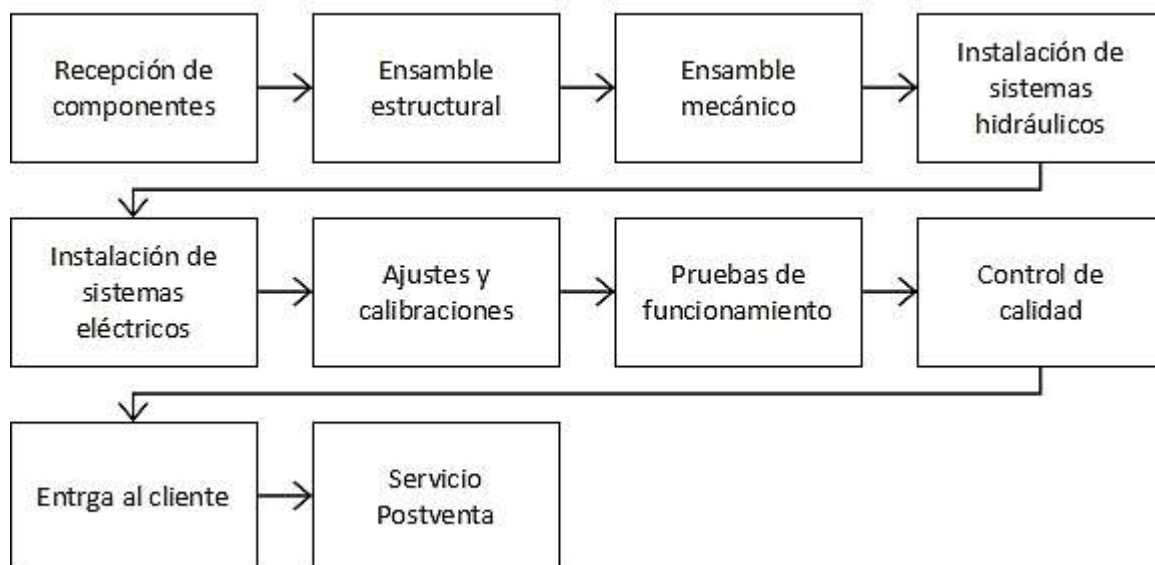
Seguidamente, se desarrolla la instalación del sistema eléctrico en que se conectan la carga, acumulador, sistema de arranque, sistema de control, luminarias y cables.

A continuación, se aplican ajustes y calibraciones con el propósito de garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos. Luego, se procede con las pruebas de funcionamiento de la máquina basado en las especificaciones técnicas tales como rendimiento con carga y vacío, arranque de los equipos, potencia del motor, consumo de combustibles, entre otras.

Posteriormente, el producto una vez ensamblado pasa por el control de calidad en donde se inspeccionan tanto aspectos funcionales como estéticos. Por último, es la entrega del cliente y activación del servicio técnico postventa que incluye el soporte, mantenimiento y garantías de 3, 6 o 12 meses dependiendo de las características de la maquinaria, tal descripción se la representa en la siguiente figura.

Figura 12.

Descripción del proceso de ensamble de las maquinarias



Fuente: Información proporcionada por la empresa. Gráfico elaborado por el autor.

3.8.2. Diagnóstico del Proceso de Ensamble de Maquinaria

La empresa se dedica al ensamble y preparación de maquinaria agrícola, resaltando equipos como cosechadoras de arroz, cosechadoras de maíz, tractores de oruga y rotavatores. La capacidad productiva mensual depende de la demanda del servicio técnico postventa. En temporadas altas cuando los técnicos deben dirigirse a campo y necesitan personal de apoyo, la capacidad de ensamble disminuye en promedio a 16 máquinas mensuales. Por el contrario, en temporadas bajas es cuando el personal de servicio técnico permanece en taller y se unen al proceso de preparación logrando que la capacidad aumente hasta 25 máquinas al mes.

La operación del proceso de ensamble lo realizan 4 o 6 trabajadores por máquina trabajando en un solo turno de 08h00 a 17h00 empleando un total de 12 operarios activos. En el área de mantenimiento la empresa tiene 4 técnicos especializados, y para el servicio postventa 4 técnicos y 2 auxiliares. Esta estructura si bien logra permitir el sostenimiento de las actividades de campo, ocasiona redistribuciones del personal que afectan la capacidad operativa del taller en especial énfasis en temporadas de alta demanda.

Las principales fallas identificadas en el proceso de ensamble son debidas a problemas como abolladuras, rayaduras, golpes y fisuras en las superficies metálicas de las máquinas, lo cual ocasiona retrasos dado a los trabajos correctivos adicionales. También, se muestra una alta frecuencia en la falla de retenes en mal estado, generando fugas de aceite, siendo uno de los defectos técnicos más recurrentes.

Las principales causas de retraso en el proceso son las actividades correctivas por daños estéticos y estructurales que conlleva a enderezados de latas y tubos metálicos, así como retrabajos antes de la entrega del producto. Esto afecta en el incumplimiento de los tiempos de entrega, específicamente en las temporadas altas, donde la empresa no logra satisfacer totalmente los plazos establecidos.

En cuanto a la capacitación del personal, es notable que los operarios poseen un alto dominio operativo en las tareas de ensamble, pero el conocimiento enfocado en comprender el porqué de cada actividad relacionado con criterios técnicos y normativos refleja una brecha formativa que influye en el control del proceso.

3.8.3. Evaluación del Servicio Postventa y Satisfacción del Cliente

En la fase de entrega, el cliente realiza una verificación directa del equipo, evaluando su funcionamiento y cumplimiento de expectativas. Los aspectos de revisión incluyen:

- **Cosechadoras de arroz:** funcionamiento adecuado sin pérdida de grano.
- **Cosechadoras de maíz:** operatividad eficiente sin botar producto.
- **Tractores de oruga:** tracción correcta sin daño significativo al terreno.
- **Rotavatores:** desempeño efectivo en labores de labranza sin afectar el suelo.

Si bien este proceso logra una validación del cliente se nota la carencia de mecanismos de control de calidad interno y de herramientas de ingeniería que permitan medir la satisfacción del cliente y la retroalimentación del proceso.

3.8.3. Evaluación de la Gestión de Calidad ISO 9001

Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema de gestión de calidad basado con ISO 9001. Carecen de procedimientos documentados en las tareas de ensamble, inspección o entrega de producto, lo cual dificulta la estandarización y control de los procesos.

También, no se ejecutan controles de calidad en proceso ni registros técnicos de fallas y no conformidades, lo que no se puede ejecutar análisis estadísticos, evaluar tendencias y elaborar planes de mejora continua. Además, no existen indicadores de calidad (KPI's) ni auditorías internas. Sin embargo, tienen implementación de checklists de preparación y esquemas de flujo que facilitan asignar responsables por estaciones de trabajo para realizar el control del proceso.

El tiempo promedio dedicado a las inspecciones es de 60 minutos por unidad, lo que representa el 12,4% del tiempo total del ciclo, sin que este esfuerzo se traduzca en una reducción proporcional de no conformidades, evidenciando una baja eficacia del sistema de inspección actual.

El análisis de no conformidades se basa en los registros de inspección del proceso productivo y en los reportes de reclamos postventa. Los resultados evidencian que, de un total de 25 unidades ensambladas mensualmente, 9 unidades presentan al menos una no conformidad, lo que representa el 36% del total de producción.

Del total de no conformidades identificadas, el 64% corresponde a no conformidades internas, detectadas durante las etapas de ajustes, calibraciones e inspección final, mientras que el 36% restante corresponde a no conformidades externas, identificadas posterior a la entrega del producto, a través del sistema postventa. Esta distribución refleja una limitada capacidad del sistema de control de calidad para detectar defectos en etapas tempranas del proceso, estos datos están representados en la siguiente tabla y figura.

Tabla 13.

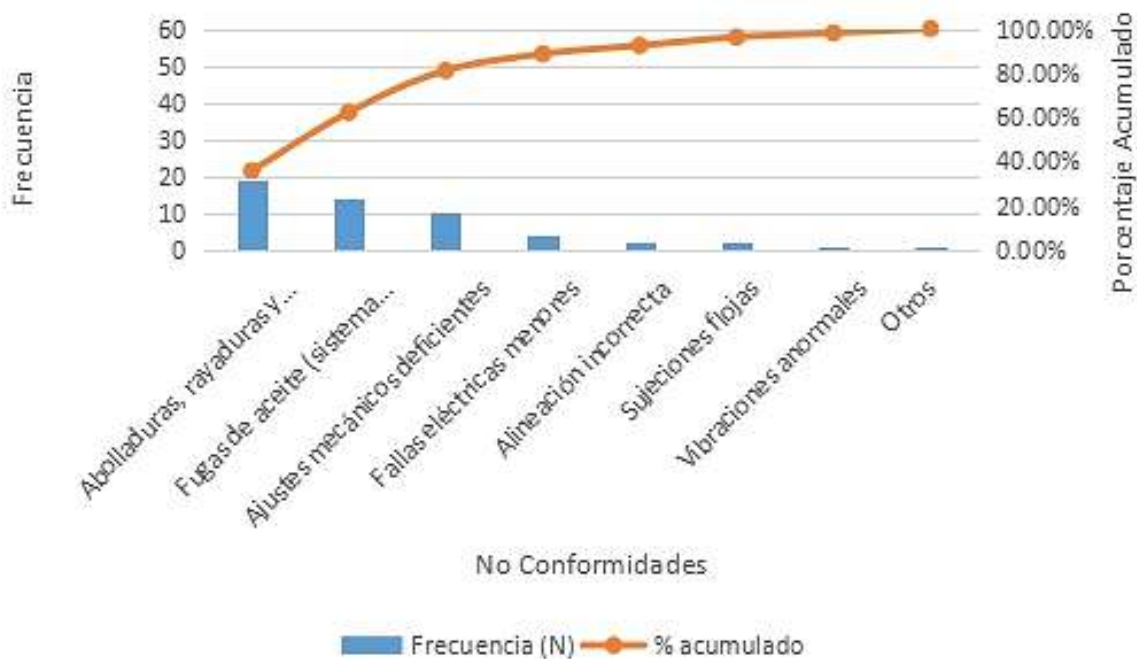
Base de datos para Diagrama de Pareto de no conformidades periodo mensual

Tipo de no conformidad	Frecuencia (N)	Frecuencia acumulada	% individual	% acumulado
Abolladuras, rayaduras y golpes	19	19	35,8 %	35,8 %
Fugas de aceite (sistema hidráulico)	14	33	26,4 %	62,2 %
Ajustes mecánicos deficientes	10	43	18,9 %	81,1 %
Fallas eléctricas menores	4	47	7,5 %	88,6 %
Alineación incorrecta	2	49	3,8 %	92,4 %
Sujeciones flojas	2	51	3,8 %	96,2 %
Vibraciones anormales	1	52	1,9 %	98,1 %
Otros	1	53	1,9 %	100 %
Total	53	—	100 %	—

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13.

Diagrama de Pareto de las fallas de la línea de ensamble



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de Pareto indica que el 81,1% de las no conformidades se concentra en fallas estéticas, hidráulicas y ajustes mecánicos, coincidiendo con las etapas del proceso que presentan mayores tiempos de ciclo y menor disponibilidad operativa según el VSM. Esta concentración evidencia una debilidad estructural del sistema de control de calidad en las fases críticas del ensamble.

3.8.4. Evaluación de la Gestión del Mantenimiento Industrial

En la situación actual del mantenimiento presenta limitaciones, porque la empresa solo realiza mantenimiento correctivo, interviniendo los equipos únicamente cuando están con fallas o averías. Esto produce tiempos muertos, aumentando costos operativos, y afectando el tiempo de pedido de los clientes.

No existe un plan de mantenimiento preventivo que realice inspecciones programadas, reemplazo con tiempo de repuestos, ni control del desgaste. Tampoco, la empresa no posee un plan de mantenimiento predictivo, ya que no aplican técnicas de diagnóstico enfocadas en las

condiciones de las maquinarias, análisis de vibraciones, monitoreo de aceite y otras herramientas de predicción de fallos.

La ausencia de estos tipos de mantenimiento preventivo y predictivo limita la capacidad para garantizar la disponibilidad operativa y extender la vida útil de los equipos, y reducir costos. Esto demuestra la necesidad de un plan de gestión del mantenimiento alineado y soportado en procedimientos documentados, registros técnicos y planificación estratégica.

El análisis de los registros históricos de mantenimiento evidencia una alta dependencia del mantenimiento correctivo, el cual representa el 68 % del total de las intervenciones realizadas, ante un 32 % que representa al mantenimiento preventivo básicos de actividades como limpieza, ajustes y lubricación. Esta muestra un proceso mayormente reactivo caracterizado por la reparación de fallas una vez que estas ya han ocasionado paradas en las operaciones de ensamble.

En promedio, se registran 14 fallas mensuales, de las cuales el 72 % ocurre durante las tareas cotidianas de producción provocando interrupciones imprevistas. El tiempo promedio de reparación es de 3,6 horas lo que afecta de modo negativo en la capacidad de producción.

La identificación de equipos críticos se realizó considerando criterios de frecuencia de fallas, impacto en la producción, tiempo de reparación y consecuencias sobre la calidad del producto. Como resultado, se determina que aproximadamente el 30 % de los equipos concentra el 65 % de las fallas registradas.

Los equipos más críticos corresponden a:

- Sistemas de ensamblaje mecánico (38 % de las fallas).
- Equipos hidráulicos de prueba y ajuste (17 %).
- Sistemas eléctricos de control y verificación final (10 %).

Estos equipos, al presentar fallas, generan paradas completas de la línea o retrabajos posteriores, afectando directamente los tiempos de ciclo y el flujo continuo del proceso productivo.

Los análisis de indicadores determinaron que la disponibilidad operativa promedio de la línea es del 82 %, valor inferior al estándar recomendado para procesos de ensamble industrial, que

se sitúa por encima del 90 %. Esta brecha del 8 % se atribuye principalmente a paradas no programadas derivadas del mantenimiento correctivo.

En términos de confiabilidad el tiempo medio entre fallas se estima en 46 horas de operación, reflejando una baja estabilidad operativa. Esta situación incide directamente en la productividad mensual, generando pérdidas estimadas del 12 % de la capacidad productiva efectiva, lo que dificulta el cumplimiento de la demanda planificada.

Adicionalmente, se identifica una relación directa entre fallas de equipos y defectos de producto, ya que el 22 % de las no conformidades internas se asocia a condiciones inadecuadas de maquinaria durante el proceso de ensamble.

Capítulo IV

4. Resultados y Propuesta de Mejora

4.1. Resultados y Propuesta de Mejora de la Línea de Ensamble

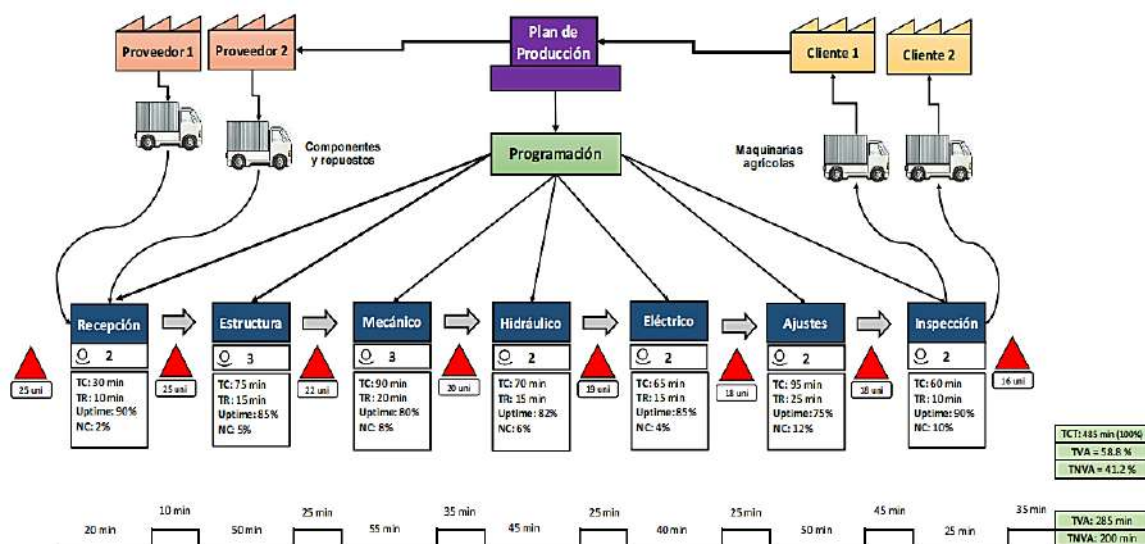
Análisis del Estado Actual de la Línea de Ensamble

El análisis sistemático del estado actual de la línea de ensamble se lo realiza para comprender su desempeño presente, para ello, se detectan los cuellos de botellas y desperdicios de la planta derivados de actividades que no agregan valor. Para este fin, se utiliza la herramienta de Lean Manufacturing Mapa de Flujo de Valor (VSM), que facilita visualizar de manera integral del proceso actual de ensamblado de maquinarias agrícolas, desde la recepción de los componentes hasta la inspección del producto previo a la entrega del cliente, identificando tiempos improductivos y de movimientos innecesarios.

El análisis de tiempos y movimientos tiene como objetivo el medir con precisión el tiempo improductivo. Esto se logra mediante la observación directa y el cronometraje sistemático de las operaciones, cuyos datos se validan cruzando registros del VSM y reportes de producción para asegurar objetividad, ver la siguiente figura.

Figura 14.

VSM actual de la línea de ensamble



Fuente: Elaboración propia.

La evaluación del estado actual de la línea de ensamble presenta cuellos de botella estructurales, donde fallas operativas y defectos en componentes generan pérdidas críticas de tiempo. Para diagnosticar estas ineficiencias, se propone implementar el Análisis de Tiempos y Movimientos, metodología que permite medir y cuantificar con precisión el tiempo de valor no agregado dedicado a actividades improductivas. Esta herramienta, aplicada mediante observación directa y cronometraje sistemático, identifica y cuantifica actividades como búsqueda de herramientas (6,5 min/componente) o verificación repetida de defectos (3,2 min/componente), cuyos datos se integran con el VSM para priorizar intervenciones correctivas basadas en evidencia cuantitativa.

Además, los ensambladores pierden 62 minutos por unidad en actividades que no agregan valor, lo que representa el 12.8% del tiempo total de ciclo (485 minutos). Este dato se origina del análisis de tiempos y movimientos, realizado mediante observación directa y cronometraje de ciclos completos. La cifra de 31% del tiempo no agregado total corresponde al cálculo interno del Value Stream Mapping (VSM), que clasificó y cuantificó todas las actividades del proceso. Los cuellos de botella en ensamble estructural y mecánico se identificaron cruzando estos datos con los registros de paradas e inventario en proceso de cada estación.

El Mapa de Flujo de Valor (VSM), determinó en cada etapa del proceso de ensamble los tiempos de ciclo, tiempos de espera, porcentaje de funcionamiento de las maquinarias, el índice de no conformidades y los niveles de inventario. Los resultados del tiempo total del ciclo y el porcentaje de las actividades que agregan valor y las que no agregan valor, evidencian una deficiente coordinación entre las etapas del proceso y elevados niveles de inventarios intermedios.

El análisis del VSM, halló los cuellos de botellas y desperdicios que generan el bajo nivel de desempeño de la línea de ensamble, ineficiencias e interrupciones en las operaciones. Los resultados del mapa flujo de valor identificó que las secciones de ensamble mecánico, ajustes y calibraciones son las que presentan mayor reprocesos y tiempos de ciclos, además de la menor disponibilidad operativa. Los desperdicios detectados ocasionan paralizaciones en la planta y acumulación de inventario lo que conlleva a la disminución del rendimiento de la línea, incremento de costos operativos y retrasos en los plazos de entrega.

En cuanto al análisis de tiempos y movimientos se demuestra que un significativo tiempo del total del ciclo que es de 485 minutos por cada unidad, está formada por actividades no

productivas demostrando la baja eficiencia operativa. Se determinó halló desplazamientos innecesarios por búsqueda de componentes o herramientas, frecuentes ajustes correctivos y espera por disponibilidad de mano de obra técnica. De igual manera, los resultados del VSM constata que el 58,8% corresponde al tiempo de las actividades que agregan valor al cliente, y que, por otra parte, el 42,2% pertenece a las tareas que no agregan valor, lo que refleja una oportunidad de mejora.

También, revela que 9 de cada 25 unidades es decir el 36% del total requiere de correcciones a causa de fallas estéticas y funcionales lo que provoca retrabajos que impacta en la productividad debido al incremento del tiempo de ciclo efectivo. Asimismo, ocasiona en los puestos de trabajo sobrecarga laboral y la fluidez del flujo de ensamble. Esto además eleva los costos operacionales dado al uso ineficiente de materiales, equipos y mano de obra. En síntesis, los tiempos improductivos y esperas son los principales desperdicios detectados que afectan la eficiencia y capacidad de la línea de ensamble y por lo tanto se requiere aplicar herramientas de mejora.

Propuesta de Optimización de la Línea de Ensamble

En base de los resultados del análisis y diagnóstico del Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado actual, se plantea una propuesta de optimización de la línea de ensamble de las maquinarias agrícolas se fundamenta en la metodología de Lean Manufacturing. La propuesta incluye la estandarización de operaciones, balanceo de línea y las 5S, las cuales tienen la finalidad mejorar la eficiencia y el flujo continuo de las operaciones.

a. Balanceo de Línea

Con el propósito de minimizar tiempos improductivos y eliminar cuellos de botella se aplica en el área de ensamble el balanceo de línea con lo cual se busca distribuir de manera equitativa las actividades de las estaciones de trabajo y a su vez optimizar la productividad y eficiencia de la planta. A continuación, se describe la aplicación de esta herramienta de lean manufacturing.

Paso 1: Cálculo del Takt Time

El Takt Time da a conocer la tasa que se debe producir en la línea de ensamble con la finalidad de satisfacer la demanda del cliente, sin sobreproducción y esperas innecesarias, lo cual es la base para el balanceo de línea.

Tiempo Disponible

- Días laborables al mes: 22 días
- Jornada diaria: 8 horas
- Tiempo por hora: 60 minutos

Tiempo disponible mensual = $22 \times 8 \times 60 = 10560$ minutos/mes

Demanda mensual

En base a lo determinado en el diagnóstico la demanda mensual es de 25 maquinarias ensambladas.

Fórmula:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda mensual}} = \frac{10560 \text{ minutos}}{25 \text{ maquinarias}} = 422,4 \text{ minutos/maquinaria}$$

Paso 2: Identificación de tareas, tiempos y precedencias

Paso 3. Cálculo del número teórico de estaciones de trabajo balanceadas

$$N_e = \frac{\sum t_i}{\text{Takt Time}} = \frac{485 \text{ min/uni}}{422,4 \text{ min/uni}} = 1,148 \approx 2 \text{ estaciones de trabajo balanceada}$$

Paso 4. Asignación de tareas a cada estación de trabajo

Se asigna tareas basado en la secuencia del proceso así como las precedencias para balancear la línea de ensamble con el objetivo de distribuir la carga de forma equilibrada en las 2 estaciones de trabajo, orientado en que el tiempo total no sea mayor al takt time.

Paso 5. Cálculo de la eficiencia del balance de línea

El cálculo de la eficiencia del balance de la línea de ensamble logra medir el nivel de la manera de aprovechar el tiempo disponible de las tareas en las estaciones de trabajo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum T_i}{N \times CT} \times 100$$

En donde:

$\sum T_i$ = Tiempo total de tareas expresada en minutos

Ne = Número de estaciones de trabajo balanceada

CT = Tiempo de ciclo del sistema (Takt Time)

$$\text{Eficiencia} = \frac{485}{2 \times 422,4} \times 100 = 57,4\%$$

b. Estandarización de operaciones de la línea de ensamble

La estandarización de operaciones en el proceso de optimización de la línea de ensamble basado en el diagnóstico del estado actual mediante el Mapa de Flujo de Valor (VSM) así como también el balanceo de línea muestra dependencia del personal, dispersión en las tareas, muchos reprocesos e inexistencia de métodos operativos eficientes en las estaciones de trabajo.

Esta herramienta de Lean Manufacturing está compuesta de cuatro componentes que son secuencia estándar de trabajo, tiempos estándar, métodos operativos estandarizados y documentación técnica del proceso.

Paso 1: Secuencia estándar de trabajo

Se establece una secuencia de operaciones para cada estación de trabajo respetando las precedencias definidas en el balanceo de línea, y evitando variaciones en el orden de ejecución. Esta secuencia permite garantizar la continuidad del flujo productivo y evitar interrupciones por retrabajos o correcciones posteriores.

La secuencia estándar por estación se define de la siguiente manera:

Estación 1:

Recepción de componentes → Inspección y liberación → Ensamble estructural → Ajustes preliminares → Ensamble mecánico → Ajustes mecánicos correctivos.

Estación 2:

Ensamble hidráulico → Correcciones hidráulicas → Ensamble eléctrico → Correcciones eléctricas → Ajustes y calibraciones → Inspección final → Liberación del producto

Esta secuencia elimina la improvisación operativa y asegura que cada actividad se ejecute únicamente cuando la anterior ha sido correctamente completada y verificada.

Paso 2: Establecimiento de tiempos estándar por operación

Con base en el análisis de tiempos del VSM y del balanceo de línea se definen tiempos estándar de ejecución para cada tarea, para los cuales se representan el tiempo objetivo que debe emplearse en condiciones normales de operación, sin interrupciones ni reprocesos.

Estos tiempos permiten:

- Controlar el desempeño operativo
- Detectar desviaciones del proceso
- Identificar ineficiencias
- Evaluar la productividad real por estación

La estandarización de tiempos se alinea al Tiempo Takt del sistema (422,4 min/unidad), garantizando que ninguna estación supere el ritmo requerido por la demanda mensual, lo cual permite mantener la estabilidad del flujo productivo.

Paso 3: Métodos operativos estandarizados

Cada operación es definida mediante un método único de ejecución, que incluye:

- Herramientas específicas autorizadas
- Secuencia de movimientos del operario
- Parámetros técnicos de montaje
- Puntos de control de calidad
- Condiciones de seguridad
- Criterios de aceptación del proceso

Esto permite eliminar variaciones entre operarios, reducir errores humanos, disminuir reprocesos y asegurar uniformidad en la calidad del producto ensamblado.

Los métodos estandarizados incorporan principios de ergonomía, seguridad industrial y eficiencia operativa, reduciendo desplazamientos innecesarios, movimientos improductivos y sobreesfuerzos físicos.

Paso 4: Documentación técnica del proceso

La estandarización se formaliza mediante la elaboración de documentación técnica operativa, que incluye:

- Instrucciones de trabajo estandarizadas (IT)
- Procedimientos operativos estándar (POE)
- Hojas de proceso por estación
- Listas de verificación de calidad
- Diagramas de secuencia operativa
- Formatos de control de tiempos y desempeño

Esta documentación garantiza la transferencia del conocimiento organizacional, reduce la dependencia del personal clave y facilita los procesos de capacitación, inducción y evaluación del desempeño.

c. Metodología 5S en la línea de ensamble

La metodología 5S es una herramienta de Lean Manufacturing enfocada en la organización, orden y limpieza en los puestos de trabajo, creando entornos productivos seguros, eficientes y visualmente controlados. En la línea de ensamble de maquinarias agrícolas, la aplicación de las 5S resulta estratégica al uso intensivo de herramientas, componentes grandes y el manejo de equipos.

El diagnóstico realizado mediante el Mapa de Flujo de Valor (VSM) evidencia desplazamientos innecesarios, tiempos improductivos por búsqueda de herramientas, desorden en áreas de trabajo y acumulación de inventario en proceso, factores que inciden directamente en el incremento del tiempo no valor agregado y en la generación de reprocesos. En por eso que la implementación de la metodología 5S se plantea como esencial para la estandarización de operaciones, el cumplimiento del Tiempo Takt Time y la mejora del rendimiento de la línea de ensamble.

1. Seiri (Clasificar)

La primera etapa consiste en separar lo necesario de lo innecesario en cada estación de trabajo. En la línea de ensamble se identificó la presencia de herramientas duplicadas, componentes

obsoletos, materiales fuera de uso y residuos metálicos acumulados que generaban obstrucciones y riesgos operativos.

Acciones propuestas:

- Identificación y etiquetado de herramientas y materiales innecesarios.
- Retiro de piezas defectuosas o fuera de especificación del área productiva.
- Definición de cantidades mínimas necesarias por estación.
- Creación de áreas delimitadas para materiales en espera.

2. Seiton (Ordenar)

Esta etapa busca organizar los elementos necesarios de manera que puedan ser fácilmente localizados y utilizados. El diagnóstico evidenció que la falta de orden provocaba esperas prolongadas por herramientas compartidas y errores en el picking de componentes.

Acciones propuestas:

- Diseño de layout funcional por estación de trabajo.
- Señalización visual de ubicaciones de herramientas y equipos.
- Uso de tableros de herramientas con siluetas (shadow boards).
- Etiquetado de componentes hidráulicos y eléctricos.

3. Seiso (Limpiar)

La limpieza sistemática permite identificar anomalías, prevenir fallas y mejorar la calidad del producto final. En el proceso de ensamble se detectaron residuos de aceite, polvo metálico y suciedad que dificultaban la detección temprana de defectos.

Acciones propuestas:

- Limpieza diaria de estaciones al cierre de turno.
- Asignación de responsables por estación.
- Implementación de rutinas de inspección visual.
- Integración de limpieza con mantenimiento autónomo básico.

4. Seiketsu (Estandarizar)

Esta etapa consolida las tres primeras S mediante procedimientos visuales y documentados, asegurando la continuidad de las mejoras logradas.

Acciones propuestas:

- Elaboración de **instrucciones visuales estandarizadas**.
- Checklists de orden y limpieza por estación.
- Auditorías internas periódicas de cumplimiento 5S.
- Integración de 5S con los Procedimientos Operativos Estandarizados (POE).

5. Shitsuke (Disciplina)

La disciplina garantiza la permanencia de la cultura 5S en el tiempo. Sin este componente, las mejoras tienden a perderse progresivamente.

Acciones propuestas:

- Capacitación continua del personal.
- Establecimiento de indicadores de cumplimiento 5S.
- Reconocimiento al desempeño sobresaliente.
- Inclusión de 5S en evaluaciones de desempeño.

4.2. Resultados y Propuesta de Mejora del Sistema de Servicio Técnico Postventa

El tiempo de respuesta del servicio técnico constituye una variable crítica en la percepción de calidad del cliente y en la contención de fallas de fábrica en campo. A partir del resumen de órdenes de trabajo de los años 2024, 2025 y 2026, se evidencia una reducción progresiva del tiempo promedio de atención, lo cual refleja una mejora estructural en la capacidad de respuesta operativa del sistema de postventa.

El tiempo promedio global de atención pasó de 2,29 días en 2024 a 1,41 días en 2025, y ahora a 0,84 días en 2026, lo que representa una reducción acumulada significativa:

$$\text{Reducción porcentual 2024–2026} = [(2,29 - 0,84) / 2,29] \times 100 = 63,3\%$$

Esta disminución del tiempo de respuesta responde a mejoras estructurales en la organización del servicio técnico, tales como optimización de rutas, estandarización de procesos de atención, priorización de fallas críticas y fortalecimiento del sistema de programación de órdenes de trabajo.

Relación entre tiempo de respuesta y frecuencia de fallas en campo

La reducción del tiempo de respuesta influye directamente en la frecuencia de fallas recurrentes en campo, particularmente en las fallas de fábrica que no fueron detectadas en inspección final. A menor tiempo de respuesta, menor probabilidad de que una falla menor evolucione hacia un daño mayor por operación prolongada del equipo defectuoso.

Conceptualmente, la relación se expresa como:

$$Ff = f(Tr)$$

Donde:

- Ff = Frecuencia de fallas recurrentes en campo
- Tr = Tiempo de respuesta del servicio técnico

Bajo este enfoque, la disminución de Tr conlleva una reducción esperada de Ff, debido a:

- Intervenciones más tempranas.
- Menor tiempo de operación del equipo en condición defectuosa.
- Correcciones oportunas que evitan fallas encadenadas.

Impacto del tiempo de respuesta en charlas de entrega y mantenimientos

Las charlas de entrega técnica y los mantenimientos preventivos constituyen mecanismos clave para reducir fallas operativas atribuibles al mal uso del equipo. La reducción del tiempo de respuesta permite:

- Incrementar la frecuencia de visitas técnicas preventivas.
- Ejecutar charlas de entrega en plazos más cortos postventa.
- Reforzar la capacitación del usuario final antes de que se presenten fallas por uso inadecuado.

Se propone medir el impacto mediante el siguiente indicador:

$$\text{Cobertura de charlas técnicas (\%)} = (\text{Clientes capacitados} / \text{Total de clientes atendidos}) \times 100$$

La mejora del tiempo de respuesta facilita el incremento de este indicador, impactando positivamente en la reducción de fallas por operación incorrecta.

Relación entre tiempo de respuesta y satisfacción del cliente

La satisfacción del cliente presenta una relación inversa con el tiempo de respuesta del servicio técnico. A menor tiempo de atención, mayor percepción de confiabilidad, compromiso y calidad del servicio.

$$Sc = f(1/Tr)$$

Donde:

- Sc = Satisfacción del cliente
- Tr = Tiempo de respuesta

Se propone evaluar esta relación mediante encuestas de satisfacción post-servicio, incorporando el indicador:

$$\text{Índice de satisfacción (\%)} = (\text{Clientes satisfechos} / \text{Total de clientes encuestados}) \times 100$$

La reducción estructural del tiempo promedio de atención por debajo de 1 día en 2026 constituye un factor determinante para mejorar la percepción de calidad del servicio postventa.

Propuesta de modelo de atención técnica eficiente y sostenible

Con base en los resultados obtenidos, se propone un Modelo de Atención Técnica Eficiente y Sostenible, estructurado en cuatro ejes:

a) Estandarización del proceso postventa

- Flujo único de atención desde el registro de la orden hasta el cierre.
- Clasificación de órdenes por criticidad (alta, media, baja).
- Tiempos estándar máximos de atención:
 - Fallas críticas: ≤ 24 horas
 - Fallas medias: ≤ 48 horas
 - Mantenimientos programados: ≤ 72 horas

b) Gestión proactiva de fallas en campo

- Análisis mensual de recurrencia de fallas.
- Retroalimentación sistemática hacia producción y calidad.
- Actualización de instructivos de ensamble según fallas recurrentes.

c) Enfoque preventivo en charlas de entrega y mantenimiento

- Protocolos de entrega técnica estandarizados.
- Calendario de mantenimientos preventivos basado en horas de operación.
- Registro histórico de intervenciones por equipo.

d) Sostenibilidad operativa del servicio técnico

- Optimización de rutas técnicas para reducción de tiempos muertos.
- Digitalización del sistema de órdenes de trabajo.
- Capacitación continua del personal técnico.

4.3. Evaluación de la eficacia del Sistema de Calidad basado en Estándares Internacionales (ISO)

La evaluación de la eficacia de los procesos actuales de control de calidad en la empresa Importadora ILGA C. Ltda. se desarrolló mediante el análisis cuantitativo y cualitativo del estudio de no conformidades, los procedimientos de inspección y los registros de fallas del proceso de ensamble de maquinaria agrícola. El diagnóstico se fundamenta en indicadores básicos de desempeño de la calidad, alineados con criterios de la norma ISO 9001:2015 (enfoque a procesos, control operacional y mejora continua).

Tasa de unidades no conformes (TUNC)

Durante el periodo de análisis mensual se registró una producción total de 25 unidades, de las cuales 9 presentaron al menos una no conformidad.

$$\text{TUNC (\%)} = (\text{UT} / \text{UNC}) \times 100$$

$$\text{TUNC (\%)} = (9 / 25) \times 100$$

$$\text{TUNC (\%)} = 36\%$$

Dónde:

- **UNC** = 9 unidades con no conformidades
- **UT** = 25 unidades producidas

Este valor evidencia una alta incidencia de defectos respecto a estándares industriales aceptables que son < 10%.

Evaluación del procedimiento de inspección

El tiempo promedio de inspección por unidad es de 60 minutos, equivalente al 12,4% del tiempo total de ciclo.

$$\text{Peso de inspección (\%)} = (\text{Tciclo} / \text{Tinsp}) \times 100$$

$$\text{Tciclo} = \text{Tinsp} / \text{Peso de inspección}$$

$$\text{Tciclo} = 60 / 0,124$$

$$\text{Tciclo} = 483.87 \text{ min/unidad}$$

Esto indica que una porción significativa del tiempo productivo se destina a inspección sin un impacto proporcional en la reducción de defectos.

Eficacia de la inspección

- **NCi**: Número de no conformidades detectadas internamente durante el proceso productivo (ajustes, calibraciones, inspección final).
- **NCT**: Número total de no conformidades registradas en el periodo de análisis (internas + externas).

$$\text{Eficacia de inspección (\%)} = (\text{NCi} / \text{NCT}) \times 100$$

$$\text{Eficacia de inspección (\%)} = (64 / 100) \times 100$$

$$\text{Eficacia de inspección (\%)} = 64\%$$

Un sistema de inspección eficaz debería presentar valores superiores al 85% de detección interna.

Tabla 14.

Diagnóstico de la eficacia del proceso de gestión de no conformidades

Criterio de evaluación	Puntuación obtenida	Puntuación máxima	Deficiencias principales	Observación
Existencia de proceso formal	5/20	20	No existe un procedimiento documentado; únicamente se realiza recopilación básica de datos	Requisito ISO 9001:2015, cláusula 8.7, no cumplido
Análisis de causa raíz	3/20	20	Solo se registra la frecuencia de fallas; no se aplican metodologías estructuradas (5 Porqués, Ishikawa)	Alta recurrencia de problemas (abolladuras 35,8%)
Acciones correctivas sistemáticas	4/20	20	No se evidencian planes de acción formales, responsables asignados ni seguimiento	Incumple ISO 9001:2015, cláusula 10.2
Enfoque preventivo	3/20	20	Enfoque predominantemente reactivo; el 36% de las no conformidades se detecta en el cliente; no se gestiona el riesgo	La detección tardía incrementa costos de no calidad
Seguimiento y mejora continua	5/20	20	Se mantienen registros históricos, pero no se realizan análisis de tendencias ni se emplean indicadores	No se mide la efectividad de las acciones ni se cierra el ciclo de mejora
Puntuación total	20/100	100	Sistema con deficiencias estructurales en la gestión de no conformidades	Requiere implementación de un sistema formal basado en ISO 9001

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo y manera se presenta la evaluación de la eficacia del sistema de registro y análisis de fallas.

Tabla 15.

Matriz de evaluación de la eficacia del sistema de registro y análisis de fallas

Criterio de evaluación	Puntuación obtenida	Puntuación máxima	Deficiencias principales	Observación
Análisis estadístico aplicado	5/20	20	No se aplican métodos estadísticos a las no conformidades registradas	Incumple el enfoque de análisis de datos de ISO 9001:2015 (cláusula 9.1)
Uso de herramientas gráficas/analíticas	3/20	20	No se emplean herramientas de análisis visual (gráficos de control, histogramas, tendencias)	Limitada capacidad de interpretación del comportamiento del proceso
Integración con otros sistemas	4/20	20	Los registros de fallas no están integrados con producción, mantenimiento ni costos	Se dificulta el análisis sistémico de causas y efectos
Nivel de trazabilidad	5/20	20	Trazabilidad menor al 10%: no se vinculan fallas con estación, responsable o componente	Limita la identificación precisa del origen de las fallas
Indicadores de calidad derivados	8/20	20	No se generan KPIs de calidad a partir de los registros; ausencia de métricas de desempeño	No se dispone de información para la toma de decisiones basada en datos
Puntuación total	25/100	100	Sistema de registro de fallas con bajo nivel de madurez analítica y de integración	Requiere implementación de herramientas de análisis y gestión de indicadores

Fuente: Elaboración propia.

Sistema de Aseguramiento de la Calidad basado en Normas ISO

El Sistema de Aseguramiento de la Calidad (SAC) propuesto tiene como objetivo fortalecer el control de los procesos productivos, reducir la incidencia de no conformidades, incrementar la efectividad de la inspección y establecer un sistema sistemático de análisis de fallas que permita la toma de decisiones basada en datos. El diseño del sistema se fundamenta en los principios de la norma ISO 9001:2015, particularmente en el enfoque por procesos, pensamiento basado en riesgos, mejora continua y gestión de la información documentada.

FASE 1: Estructura del Sistema

Se establece una estructura documental jerárquica que garantice la estandarización, control y trazabilidad de los procesos críticos del sistema de calidad:

Manual de Calidad

Define la política de calidad, los objetivos estratégicos del sistema, el alcance del SAC y la interacción de los procesos. Este documento alinea la gestión de la calidad con la estrategia organizacional.

Procedimientos documentados obligatorios:

- **Control de Producto No Conforme** (ISO 9001:2015, 8.7): Define el tratamiento, segregación, disposición y registro del producto que no cumple requisitos.
- **Acciones Correctivas** (10.2): Establece el método formal para la eliminación de causas de no conformidades reales.
- **Control de la Información Documentada** (7.5): Regula la elaboración, aprobación, distribución, revisión y control de versiones de documentos.
- **Auditorías Internas** (9.2): Define la planificación, ejecución y seguimiento de auditorías.
- **Control de Equipos de Medición** (7.1.5): Asegura la confiabilidad metrológica de los instrumentos de inspección.

Se documentan los procesos críticos del sistema productivo mediante procedimientos e instrucciones de trabajo:

- **Proceso de ensamble:** Instrucciones estandarizadas por estación de trabajo, definiendo secuencia operativa, parámetros técnicos y criterios de aceptación.
- **Inspección y pruebas:** Plan de inspección por etapas del proceso (recepción, proceso, final).
- **Gestión de no conformidades:** Flujo estructurado desde la detección hasta el cierre documentado.
- **Servicio postventa:** Procedimiento para la gestión de reclamos, retroalimentación técnica y transferencia de información hacia producción y calidad.

FASE 2: Implementación de mecanismos de control

Se implementa un sistema de inspección en proceso, enfocado en puntos críticos identificados mediante análisis de Pareto:

Puntos de control críticos:

- Después del montaje hidráulico (control de fugas de aceite).
- Después de ajustes mecánicos (alineaciones, holguras).
- Antes de pintura y manipulación final (abolladuras y rayaduras).

La reducción del tiempo de inspección se logrará mediante:

- Checklists específicos por punto de control.
- Capacitación en autocontrol del operador.
- Aplicación de muestreo estadístico para inspección por atributos.

Se establece un procedimiento formal con las siguientes etapas:

1. **Identificación y registro:** Formato único de NC con codificación estandarizada.
2. **Contención:** Aislamiento físico del producto no conforme.
3. **Análisis de causa raíz:** Aplicación del método de los 5 porqués o diagrama de Ishikawa.
4. **Acción correctiva:** Definición de responsables, plazos y recursos.
5. **Verificación de efectividad:** Seguimiento a 30, 60 y 90 días.

6.Cierre documentado: Validación por el responsable de calidad.

Se diseña una base de datos centralizada que permita análisis cuantitativo:

Campos mínimos del registro:

- Código de falla.
- Proceso/origen.
- Costo asociado.
- Tiempo de ocurrencia vs. tiempo de detección.
- Acción aplicada.

Análisis mensual:

- Tendencias por tipo de falla.
- Costo de la calidad
- Evaluación de efectividad de acciones correctivas.

FASE 3: Indicadores y seguimiento (ISO 9001:2015, 9.1)

Tabla 16.

Tablero de control de indicadores de calidad (KPI's)

Indicador	Fórmula	Meta	Frecuencia
Tasa de no conformidades	$(\text{Unidades con NC} / \text{Total de unidades}) \times 100$	< 10 %	Mensual
Efectividad de inspección	$(\text{NC internas} / \text{Total NC}) \times 100$	> 85 %	Mensual
Costo de calidad	$(\text{Costo de fallas} + \text{inspección}) / \text{Ventas}$	< 5 %	Trimestral
Tiempo de respuesta a NC	Días desde detección hasta acción correctiva	< 3 días	Mensual
Recurrencia de fallas	$(\text{NC por causas repetidas} / \text{Total NC}) \times 100$	< 15 %	Mensual

Fuente: Elaboración propia.

Programa de auditorías internas (ISO 9001:2015, 9.2)

- Cronograma anual de auditorías por procesos.
- Auditores internos capacitados.

- Plan de seguimiento a hallazgos.
- Revisión por la Dirección de manera trimestral.

FASE 4: Mejora continua (ISO 9001:2015, 10)

Se priorizan las principales causas de no conformidad mediante análisis de Pareto:

- **Abolladuras y rayaduras (35,8 %):** Protección de manejo de materiales, demarcación de áreas y capacitación en manipulación.
- **Fugas de aceite (26,4 %):** Estandarización del montaje hidráulico, pruebas de presión y kits específicos.
- **Ajustes mecánicos deficientes (18,9 %):** Dispositivos de verificación, tolerancias visibles y certificación de competencias.

Se implementan programas de mejora continua:

- Círculos de calidad.
- Proyectos Kaizen.
- Benchmarking sectorial.

FASE 5: Plan de implementación

Tabla 17.

Cronograma de implementación del Sistema de Aseguramiento de la Calidad

Mes	Actividad	Responsable
1–2	Diagnóstico detallado y planificación	Gerente de Calidad
2–3	Desarrollo de documentación	Comité ISO
3–4	Capacitación general	RRHH
4–6	Implementación piloto en línea crítica	Gerente de Producción
6–8	Implementación total	Todas las áreas
9–10	Auditorías internas y ajustes	Audidores internos
11–12	Certificación ISO 9001	Consultor externo

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo Programado

Objetivo General

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo programado que permita incrementar la disponibilidad operativa y la confiabilidad de los equipos industriales empleados en el proceso de ensamble de maquinaria agrícola.

Objetivos Específicos

- Incrementar la disponibilidad operativa de los equipos críticos del 82% al $\geq 90\%$ en un horizonte de 12 meses.
- Incrementar el MTBF mediante la reducción de la frecuencia de fallas funcionales en equipos de alta criticidad.
- Reducir el MTTR a través de la estandarización de procedimientos de intervención, mejora de la logística de repuestos y capacitación técnica.
- Disminuir la incidencia de fallas repetitivas mediante la aplicación sistemática de análisis de causa raíz en fallas recurrentes.
- Optimizar el costo total de mantenimiento, reduciendo la proporción de mantenimiento correctivo no planificado.

Inventario y Priorización de Activos por Criticidad

Para el cálculo de la criticidad se consideraron cuatro criterios fundamentales, alineados con los objetivos de productividad, confiabilidad operativa, control de costos y continuidad del proceso:

- **Impacto en la producción (IP):** Mide el grado en que la indisponibilidad del equipo afecta la capacidad productiva, el cumplimiento del plan de producción y los tiempos de entrega. Un valor alto indica que la falla del equipo provoca paradas totales o cuellos de botella críticos en la línea.
- **Frecuencia de fallas (FF):** Representa la recurrencia histórica o esperada de fallas del equipo en un periodo determinado. Equipos con historial de fallas repetitivas o con alta tasa de intervención correctiva obtienen valores superiores.

- **Tiempo medio de reparación (TMR):** Corresponde al tiempo requerido para restituir el equipo a condiciones operativas tras una falla. Este parámetro refleja la complejidad técnica del equipo, la disponibilidad de repuestos, la accesibilidad para mantenimiento y la necesidad de personal especializado.
- **Costo de reparación (CR):** Considera los costos directos e indirectos asociados a la intervención correctiva, incluyendo mano de obra, repuestos, servicios externos y pérdidas económicas por indisponibilidad del equipo.

Cada criterio se valora en una escala ordinal de 1 a 10, donde:

- **1–3:** Impacto bajo
- **4–6:** Impacto medio
- **7–8:** Impacto alto
- **9–10:** Impacto muy alto o crítico

Con el fin de reflejar la importancia relativa de cada criterio en el contexto productivo analizado, se asignaron los siguientes pesos de ponderación, cuya suma es igual a 1:

- Impacto en la producción (IP): 0,40
- Frecuencia de fallas (FF): 0,30
- Tiempo medio de reparación (TMR): 0,20
- Costo de reparación (CR): 0,10

La mayor ponderación asignada al impacto en producción responde a que la continuidad operativa constituye el principal objetivo estratégico del sistema productivo evaluado, mientras que el costo de reparación, aunque relevante, presenta menor influencia relativa frente a los efectos de la indisponibilidad del equipo.

El valor obtenido se interpreta según rangos de clasificación operativa:

- **Criticidad $\geq 8,5$:** Equipos altamente críticos (Categoría A)
- **Criticidad entre 6,5 y 8,4:** Equipos de criticidad media (Categoría B)
- **Criticidad $\leq 6,4$:** Equipos de baja criticidad (Categoría C)

El índice de criticidad (IC) de cada activo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{Críticidad} = (\text{IP} \times 0,40) + (\text{FF} \times 0,30) + (\text{TMR} \times 0,20) + (\text{CR} \times 0,10)$$

El resultado es un valor continuo entre 1 y 10, el cual representa el grado de prioridad técnica del equipo dentro del sistema de gestión de activos.

Tabla 18.

Matriz de Inventario y Priorización de Activos por Críticidad

Categoría	Equipo	Código	Ubicación	Función	Uso referencial (h/año)	Nivel de críticidad (1–10)
A	Tablero de control principal	TCP-04	Sala eléctrica	Control, monitoreo y automatización de la línea de ensamble	4.200	9,1 Alto
A	Bancada de ensamble mecánico	BEM-02	Área de ensamble mecánico	Acople de motor y sistema de transmisión	3.450	8,9 Alto
A	Compresor de aire 100 HP	CA-100-05	Sala de compresores	Suministro de aire comprimido para herramientas neumáticas	2.800	8,3 Alto
A	Prensa hidráulica 50T	PH-50T-01	Área de ensamble estructural	Formado de bastidores y componentes estructurales	2.150	9,2 Alto
A	Puente grúa 5T	PG-5T-06	Área general	Manipulación y traslado de componentes de gran tonelaje	1.950	8,5 Alto
A	Estación de pruebas hidráulicas	EPH-03	Área de pruebas	Verificación funcional de sistemas hidráulicos	1.890	8,7 Alto
B	Equipos de soldadura MIG/MAG	SM-01...n	Área de soldadura	Unión estructural de componentes metálicos	1.650	7,2 Medio

B	Sistemas de transmisión de potencia	STP-01...n	Varias áreas	Transmisión de potencia mecánica entre subconjuntos	1.480	7,0 Medio
B	Bancos de pruebas eléctricas	BPE-01...n	Área de pruebas eléctricas	Verificación funcional de circuitos y componentes eléctricos	1.320	6,8 Medio
B	Mesas de medición dimensional	MMD-01...n	Control de calidad	Verificación dimensional y control metrológico de piezas	1.150	6,5 Medio
C	Sistemas de iluminación	SI-01...n	Todas las áreas	Iluminación de puestos de trabajo y áreas operativas	4.000	5,5 Bajo
C	Herramientas eléctricas portátiles	HEP-01...n	Taller general	Apoyo operativo en tareas de ensamble y ajustes menores	2.200	5,2 Bajo
C	Equipos de oficina técnica	EOT-01...n	Oficina técnica	Soporte administrativo y técnico para la gestión del proceso productivo	1.900	4,2 Bajo
C	Mobiliario industrial	MI-01...n	Áreas operativas	Soporte ergonómico para puestos de trabajo	1.800	3,8 Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Tareas y frecuencia de mantenimiento de los equipos de Categoría A

La definición de tareas y frecuencias de mantenimiento para los equipos de alta criticidad se fundamenta en su impacto directo sobre la continuidad operativa, la calidad del producto y la seguridad industrial. Los activos clasificados en Categoría A concentran el mayor riesgo técnico ante fallas, por lo que requieren un esquema de mantenimiento preventivo estructurado, basado en criterios de confiabilidad y criticidad, que permita reducir paradas no planificadas y

asegurar niveles adecuados de disponibilidad operativa. En la siguiente tabla se presentan las actividades técnicas y su periodicidad para los equipos críticos del sistema productivo.

Tabla 19.

Tareas de Mantenimiento Preventivo para Equipos de Alta Criticidad

Equipo (Código)	Tareas diarias	Tareas semanales	Tareas mensuales	Tareas trimestrales	Tareas anuales
Prensa hidráulica	Verificar fugas y nivel de aceite	Verificar presión de trabajo	Análisis básico de aceite y holguras	Calibrar sensores e inspeccionar sellos	Cambio total de aceite y filtros
Tablero de control principal	Revisar alarmas y estados PLC/HMI	Inspección térmica y ventilación	Pruebas de E/S y reapriete de bornes	Respaldo PLC y verificación de protecciones	Limpieza interna y reemplazo de ventiladores
Bancada de ensamble mecánico	Verificar sujeciones y alineación visual	Lubricar guías y husillos	Verificar paralelismo y nivelación	Calibrar dispositivos de posicionamiento	Reacondicionamiento mecánico general
Compresor de aire 100 HP	Drenar condensados y verificar presión	Inspección de correas y admisión	Verificar aceite y válvulas de seguridad	Cambio de filtros y detección de fugas	Mantenimiento mayor del compresor
Puente grúa 5T	Inspeccionar cables, ganchos y frenos	Lubricar poleas y revisar finales de carrera	Inspección de rieles y estructura	Pruebas de carga parcial y frenos	Ensayo de carga nominal y auditoría estructural
Estación de pruebas hidráulicas	Inspeccionar mangueras y lecturas	Purga de líneas	Calibrar manómetros y revisar fluido	Pruebas de estanqueidad y sellos	Certificación metrológica y mantenimiento mayor

Fuente: Elaboración propia.

Cronograma Anual de Mantenimiento Preventivo

El cronograma anual de mantenimiento se estructura como una herramienta de planificación operativa que permite distribuir de manera sistemática las intervenciones preventivas y correctivas programadas a lo largo del año calendario, con el fin de minimizar paradas no

planificadas, optimizar el uso de recursos técnicos y garantizar la disponibilidad de los activos críticos del sistema de ensamble de maquinaria agrícola. La programación mensual se define en función de la criticidad de los equipos, la estacionalidad de la demanda operativa, las recomendaciones técnicas de fabricantes y la capacidad instalada del área de mantenimiento.

Tabla 20.

Cronograma Anual de Mantenimiento Preventivo y Correctivo Programado

Mes	Actividades principales	Equipos involucrados	Duración estimada
Enero	Revisión general de sistemas hidráulicos (inspección, sellos, niveles, estanqueidad)	Prensa hidráulica PH-50T-01, Estación de pruebas EPH-03	40 horas
Febrero	Mantenimiento integral programado de equipos críticos (inspección general, ajustes, correctivos menores)	Todos los equipos Categoría A	60 horas
Marzo	Cambios programados de aceite y lubricantes en sistemas de transmisión y componentes mecánicos	Bancada BEM-02, reductores asociados	24 horas
Abril	Calibración de instrumentación y verificación funcional de sistemas de control	EPH-03, Tablero TCP-04	16 horas
Mayo	Mantenimiento mayor programado del sistema de aire comprimido	Compresor CA-100-05	32 horas
Junio	Revisión y mantenimiento preventivo de sistemas eléctricos y de potencia	Tableros eléctricos, motores de línea	40 horas
Julio	Mantenimiento estructural y mecánico del sistema de izaje	Puente grúa PG-5T-06	24 horas
Agosto	Inspección térmica general de tableros y motores (detección de sobrecalentamientos)	Equipos eléctricos de Categoría A	20 horas
Septiembre	Reemplazo programado de filtros de aire, aceite e hidráulicos	Todos los sistemas críticos	28 horas
Octubre	Pruebas de integridad y estanqueidad en tanques y recipientes de presión	Tanques de aire y circuitos hidráulicos	16 horas
Noviembre	Acondicionamiento técnico previo a periodo de alta demanda productiva	Equipos críticos Categoría A	36 horas
Diciembre	Auditoría técnica anual del sistema de mantenimiento y revisión de cumplimiento del plan	Todos los activos	40 horas

Fuente: Elaboración propia.

Programación Semanal Estándar de Mantenimiento

La programación semanal estándar del mantenimiento permite organizar de manera sistemática las actividades preventivas y correctivas programadas, asegurando la ejecución oportuna de inspecciones, lubricación, calibraciones y reparaciones en los equipos críticos. Esta planificación optimiza la asignación de recursos humanos, reduce interferencias con la operación productiva y facilita el control del cumplimiento del plan de mantenimiento.

Tabla 21.

Horario de Programación Semanal de Mantenimiento Preventivo

Día	Horario	Actividad principal	Equipos/Alcance
Lunes	08:00–08:30	Inspecciones operativas diarias	Todos los equipos en operación
	09:00–12:00	Mantenimiento preventivo programado	Bancada de ensamble mecánico (BEM-02)
	14:00–17:00	Revisión de lubricantes y condición de aceite	Sistemas hidráulicos y mecánicos críticos
Martes	08:00–12:00	Inspección técnica de condición mecánica (vibración/ruido)	Motores, bombas y compresores críticos
	14:00–17:00	Calibración funcional de instrumentación	Estación de pruebas (EPH-03) y tablero de control (TCP-04)
Miércoles	08:00–12:00	Lubricación general programada	Equipos mecánicos Categoría A
	14:00–17:00	Capacitación técnica interna	Personal de mantenimiento
Jueves	08:00–12:00	Mantenimiento preventivo programado	Compresor de aire CA-100-05
	14:00–17:00	Ejecución de correctivos programados	Equipos con OT pendientes
Viernes	08:00–12:00	Limpieza técnica y orden 5S de equipos	Equipos críticos y áreas de trabajo
	14:00–16:00	Revisión de indicadores de mantenimiento	KPIs (Disponibilidad, MTBF, MTTR, PM compliance)
	16:00–17:00	Reunión de planificación semanal	Programación de la semana siguiente

Fuente: Elaboración propia.

Sistema de Mantenimiento Correctivo Gestionado

El mantenimiento correctivo programado se establece como un proceso técnico sistemático orientado a la atención estructurada de fallas, priorizando la seguridad, la continuidad operativa

y la reducción de reincidencias. Este plan integra la detección temprana de anomalías, la evaluación de criticidad, la programación de intervenciones según nivel de severidad y el análisis de causa raíz, con el propósito de transformar las fallas en oportunidades de mejora del sistema de mantenimiento y de los procedimientos operativos.

Tabla 22.

Plan de Mantenimiento Correctivo Programado

Etapas del proceso	Actividad técnica	Descripción operativa	Tiempo de respuesta	Responsable
Detección y reporte	Identificación de anomalía	El operario detecta ruidos, vibraciones, y fugas	Inmediato (<5 min)	Operario de línea
	Evaluación de criticidad	Clasificación técnica de la falla	≤15 min	Técnico de guardia
Intervención inicial	Atención de fallas críticas	Ejecución inmediata de acciones correctivas	<15 min	Equipo de mantenimiento
	Programación de fallas moderadas	Intervención técnica planificada para fallas	≤4 horas	Planificador de mantenimiento
	Reprogramación de fallas menores	Inclusión de fallas en el próximo mantenimiento preventivo	≤7 días	Planificador de mantenimiento
Análisis de causa raíz (ACR)	Investigación técnica de la falla	Aplicación de metodología 5 Porqués y diagrama de Ishikawa para fallas recurrentes	≤72 horas post-reparación	Jefe de mantenimiento + técnicos
Actualización de planes	Ajuste del plan de mantenimiento	Modificación de frecuencias de PM	≤1 semana	Jefe de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) y Evaluación Comparativa

La definición y aplicación de indicadores clave de desempeño (KPIs) constituye una herramienta fundamental para evaluar de manera objetiva el impacto de las propuestas de mejora implementadas en la línea de ensamble, el sistema de calidad, el mantenimiento industrial y el servicio postventa. Estos indicadores permiten medir el desempeño actual, proyectar escenarios futuros y sustentar la toma de decisiones basada en datos, consolidando una cultura de mejora continua en la organización.

Los KPIs se definieron considerando criterios de relevancia operativa, facilidad de medición y alineación con los objetivos estratégicos de la empresa.

a. KPIs de Ensamble

Los indicadores definidos para el área de ensamble permiten evaluar la eficiencia del flujo productivo y el aprovechamiento de los recursos:

- Tiempo de ciclo total (min/unidad)
- Eficiencia de la línea (%)
- Cumplimiento del plan de producción (%)
- Nivel de inventario en proceso (WIP)

b. KPIs de Calidad

Los KPIs de calidad están orientados a medir la eficacia del control y aseguramiento de la calidad:

- Porcentaje de no conformidades internas (%)
- Porcentaje de no conformidades externas (%)
- Costo de la no calidad (% del costo operativo)

c. KPIs de Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento permiten evaluar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos:

- Disponibilidad operativa (%).
- MTBF (Tiempo medio entre fallas) [h].
- MTTR (Tiempo medio de reparación) [h].
- Porcentaje de mantenimiento correctivo (%).

d. KPIs de Servicio Postventa

Los KPIs de postventa se enfocan en la experiencia del cliente y la capacidad de respuesta técnica:

- Tiempo promedio de respuesta (h).
- Frecuencia de fallas postventa (%).

- Nivel de satisfacción del cliente (%).
- Tasa de reclamos resueltos en el primer contacto (%).

Con el propósito de evaluar de manera objetiva el impacto de las propuestas de mejora implementadas en la línea de ensamble, el sistema de calidad, el mantenimiento industrial y el servicio postventa, se realizó una comparación de los indicadores clave de desempeño (KPIs) en dos escenarios: la situación actual (Antes) y la situación proyectada (Después). Esta evaluación comparativa permite cuantificar las mejoras alcanzadas en términos de productividad, reducción de fallas, disponibilidad operativa y satisfacción del cliente, evidenciando la efectividad de las herramientas de mejora aplicadas.

Tabla 23.

Comparación de indicadores clave de desempeño – Antes vs Después

Área	Indicador	Antes	Después	Mejora
Ensamble	Tiempo de ciclo total (min/unidad)	485	390	↓ 19,6 %
Ensamble	Eficiencia de la línea (%)	58,8 %	75 %	↑ 16,2 pp
Calidad	No conformidades internas (%)	22 %	15 %	↓ 31,8 %
Calidad	No conformidades externas (%)	18 %	12 %	↓ 33,3 %
Mantenimiento	Disponibilidad operativa (%)	82 %	92 %	↑ 10 pp
Mantenimiento	MTBF (h)	46	58	↑ 26,1 %
Mantenimiento	MTTR (h)	3,6	2,4	↓ 33,3 %
Postventa	Tiempo de respuesta (h)	72	48	↓ 33,3 %
Postventa	Satisfacción del cliente (%)	68 %	85 %	↑ 17 pp

Fuente: Elaboración propia.

Cronograma del Proyecto Técnico

Fase	Actividad principal	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
1	Capacitación Lean	✓					
2	Conformación del equipo Lean	✓					
3	Definición de metas	✓					
4	Implementación metodología 5S		✓				
5	Limpieza, señalización y estandarización		✓				
6	Auditoría interna 5S		✓				
7	Diseño de procedimientos estandarizados			✓			
8	Balanceo de línea y asignación de cargas			✓			
9	Implementación de controles en proceso				✓		
10	Eventos Kaizen focalizados				✓		
11	Elaboración del VSM estado futuro					✓	
12	Optimización del flujo de proceso					✓	
13	Integración con mantenimiento preventivo						✓
14	Integración con servicio técnico postventa						✓
15	Seguimiento de KPI's						✓

Presupuesto

A continuación, se detallan los rubros del presupuesto para la implementación de la propuesta desglosada en capacitación, consultoría, implementación operativa, elaboración de registros y controles, auditorías y contingencias. Luego, se analiza la relación de beneficio con el costo de antes y después de la propuesta.

Tabla 24.

Costos de capacitación y formación

Concepto	Cantidad	Costo unitario USD	Costo total USD
Capacitación Lean Manufacturing	1	1.200	1.200
Capacitación en calidad ISO 9001	1	900	900
Capacitación en mantenimiento y postventa	1	800	800
Total de capacitación		\$ 2.900	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25.

Costos de consultoría y soporte técnico

Concepto	Duración	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Consultor Lean Manufacturing	6 meses	600 / mes	3.600
Consultor calidad ISO 9001	3 meses	500 / mes	1.500
Total consultoría		\$ 5.100	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 26.

Costos de implementación operativa

Concepto	Cantidad (lote)	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Señalización y material visual 5S	1	700	700
Implementación Poka-Yoke	1	600	600
Herramientas de medición y control	1	1.200	1.200
Total implementación		\$ 2.500	

*Nota. Elaboración propia.***Tabla 27.**

Costos de sistemas, registros y control

Concepto	Cantidad (paquete)	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Desarrollo de formatos y registros	1	500	500
Diseño y seguimiento de KPI's	1	600	600
Total sistemas y control		\$ 1.100	

*Nota. Elaboración propia.***Tabla 28.**

Costos de auditoría y seguimiento

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Auditoría interna Lean – Calidad	1	800	800
Reuniones de seguimiento y mejora continua	1	500	500
Total auditoría		\$ 1.300	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 29.

Costo reserva para contingencias

Concepto	% aplicado	Costo (USD)
Contingencias del proyecto (Ajustes e imprevistos operativos)	10 %	\$ 1.090

*Nota. Elaboración propia.***Tabla 30.**

Costo total del presupuesto

Rubro	Costo total (USD)
Capacitación	2.900
Consultoría	5.100
Implementación operativa	2.500
Sistemas y control	1.100
Auditoría y seguimiento	1.300
Contingencias	1.090
Inversión Total	\$ 14.000

Nota. Elaboración propia.

Relación de costos antes y después de la propuesta

Tabla 31.

Costos mensuales asociados a las problemáticas actuales

Concepto de costo	Base de cálculo	Costo unitario estimado	Costo mensual (USD)
Reprocesos en ensamble	6,5 reprocesos × 16 máquinas	45 por reproceso	4.680
Horas improductivas mecánicos	1,6 h/día × 22 días × 6 mecánicos	10 / h	2.112
Intervenciones postventa	10 intervenciones / mes	180 por intervención	1.800
Retrasos en entregas	Penalizaciones / horas extra	—	1.200
Pérdida por insatisfacción del cliente	Reclamos, ajustes comerciales	—	900
Costo mensual estimado		\$ 10.692	
Costo anual estimado		\$ 10.692 x 12 = \$ 128.304	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 32.

Costos mensuales proyectados con la propuesta

Concepto de costo	Base de cálculo mejorada	Costo mensual (USD)
Reprocesos en ensamble	3 reprocesos × 16 máquinas × 45	2.160
Horas improductivas mecánicos	0,6 h/día × 22 días × 6 mecánicos × 10	792
Intervenciones postventa	4 × 180	720
Retrasos en entregas	Casos aislados	300
Pérdidas por insatisfacción	Nivel controlado	200
Costo mensual optimizado		\$ 4.172

Nota. Elaboración propia.

Tabla 33.

Relación beneficio - costo del proyecto

Escenario	Costo Anual (USD)
Situación actual (sin mejoras)	128.304
Con propuesta Lean implementada	50.064
Beneficio Ahorro anual estimado	78.240
Inversión del Proyecto	14.000
Coefficiente beneficio – costo (Beneficio/Inversión)	5,59

Nota. Elaboración propia.

El resultado del coeficiente beneficio – costo que es obtenido del cociente del beneficio ahorrado con la inversión del proyecto dando un valor de 5,59 lo que significa que por cada dólar que se invierta en el proyecto se obtiene una ganancia de \$ 4,59 USD.

Conclusiones

El diagnóstico de la línea de ensamble con el mapa de flujo de valor VSM muestra que hay muchas actividades que no agregan valor y que es del 41,2% del tiempo total del ciclo y los desperdicios que más se repiten son las esperas y los reprocesos y eso hace que la línea de producción sea lenta. También se encontró que las fases de ensamble mecánico los ajustes y las calibraciones son las que más tiempo se demoran en todo el proceso y a la vez son donde hay menos disponibilidad operativa y más productos con no conformidades evidenciando que ahí se concentran varios problemas. Además, se halló que no hay una eficaz sincronización en las actividades del flujo productivo y eso causa desorden en el lugar de trabajo.

En la evaluación del sistema actual de servicio técnico postventa se pudo hallar que el 36% de las unidades que se ensamblan necesitan correcciones y que los tiempos de respuesta son en promedio de 72 horas lo cual afecta el nivel de satisfacción del cliente siendo del 68% cuando se realizó el estudio. También se evidenció que el personal técnico no se da abasto en temporadas altas por lo cual la atención termina siendo reactiva es decir solo cuando se presenta el problema y no existe una estandarización y procedimientos claros.

Sobre los procesos de control de calidad se identificó que no son tan eficaces porque la mayoría de veces se actúa de forma correctiva y reactiva siendo que los resultados indican que el 81,1% de las no conformidades se concentra en fallas estéticas, hidráulicas y ajustes mecánicos. Entonces esto indica que hace falta implementar mejor un sistema de aseguramiento de la calidad como el de la norma ISO 9001 que se enfoca más en prevenir los problemas y así reducir la cantidad de fallas.

En el análisis de las actividades de mantenimiento se detectó que hay una dependencia muy alta de las tareas correctivas en un 68% y eso afecta la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos. Por ello se propone un plan de mantenimiento preventivo enfocado en los activos críticos con el cual se proyecta disminuir las actividades correctivas hasta un 30% y reducir el tiempo medio de reparación de 3,6 horas. El plan de mantenimiento preventivo también aumenta la disponibilidad operativa de 82% a 90% lo cual sería un cambio importante en la gestión de activos.

Por otra parte, la puesta en marcha de indicadores claves de gestión en las áreas de ensamble, servicio postventa, calidad y mantenimiento ayudó a generar una base de datos para poder controlar mejor el rendimiento de la organización. Los indicadores propuestos facilitan el monitoreo de cómo van mejorando el proceso y además permite tomar decisiones basadas en datos cuantificables.

Recomendaciones

En base en la conclusión se recomienda mantener la reconfiguración de la línea de ensamble, mediante el Value Stream Mapping (VSM) que es una herramienta de Lean Manufacturing, ya que esta se alinea a la propuesta del objetivo específico de analizar la línea de ensamble e identificar cuellos de botella y pérdidas de tiempos, el cual nos permitirá alcanzar los resultados de reducir nuestros tiempos de ciclo, disminuir los reprocesos y aumentar la eficiencia de la línea de ensamble.

Se recomienda rediseñar el sistema de servicio técnico postventa integrándolo formalmente al proceso productivo, ya que esto nos ayuda a complementar la estandarización de procedimientos técnicos, la clasificación de fallas por criticidad y origen, esta implementación nos permitirá mejorar los tiempos de respuesta de 72 horas (2.29 días promedio en 2024) a 24 horas (1.41 días promedio en 2025) aumentando la satisfacción del cliente.

En cuanto a los procesos de control de calidad se recomienda implementar un sistema de aseguramiento basado en la norma ISO 9001, mediante el fortalecimiento de los controles preventivos en los procesos de línea de ensamble, ajustes mecánicos, fugas en el sistema hidráulico y acabados estéticos del producto final, así como los procedimientos estandarizados, registro de control y capacitación del personal, lo que nos permite reducir la recurrencia de no conformidades, disminuir las fallas y mejorar la calidad del producto final.

En base a la conclusión y a la evidencia se sugiere consolidar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo para definir tareas basadas en modo falla y condición del equipo, además se recomienda dar un seguimiento continuo mediante charlas y capacitaciones a operarios y/o técnicos, y así evitar paradas no programadas y así prolongar la vida útil de los activos.

En cuanto a la implementación de KPIs, se recomienda institucionalizar los indicadores en las áreas de ensamble, servicio técnico postventa, control de calidad y mantenimiento, para ello se deberá definir metas técnicas cuantificables, frecuencias de medición y responsable, esto permitirá mejorar el control de rendimiento organizacional, la toma de decisiones basada en datos y realizar evaluaciones comparativas del antes y después de las mejoras aplicadas.

Referencias Bibliográficas

- Anderson, J. C., Rungtusanatham, M., & Schroeder, R. G. (1994). A theory of quality management underlying the Deming management method. *Academy of Management Review*.
- Beltrán, J. (2010). *Indicadores de gestión: Herramientas para lograr la competitividad*. Bogotá, Colombia: 3R Editores.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The Lean Toolbox*. Picsie Books.
- Cárdenas, F. (16 de febrero de 2024). 5 porqués (5 whys): qué es, metodología y ejemplos. Obtenido de Hubspot: <https://blog.hubspot.es/sales/5-porques>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, planning, and operation*. Pearson.
- Cruz, L. (2002). *Indicadores de desempeño para procesos productivos y líneas de ensamble*. México D. F., México: McGraw-Hill.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.
- Escuela de Organización Industrial – EOI. (2022). *Estudio de tiempos y movimientos: Variables de medición e impacto operacional*. Madrid, España: EOI.
- García, P. (2010). *Mantenimiento industrial: Tipos, características y gestión estratégica*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Garvin, D. A. (1984). What does product quality really mean? *Sloan Management Review*.
- Hammer, M., & Stanton, S. (1999). How process enterprises really work. *Harvard Business Review*.
- Harrington, H. J. (1991). *Business process improvement*. McGraw-Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2020). *Metodología de la Investigación*. Madrid: Mc Graw Hill.
- ISO (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems*. International Organization for Standardization.
- Juran, J. M. (1990). *Juran on quality by design*. Free Press.

- Juran, J. M. (2005). *Juran's Quality Handbook* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Kumar, S., Singh, R., & Sharma, A. (2019). Integration of lean and TPM in manufacturing: A case study. *International Journal of Production Research*.
- Lean Six Sigma Institute. (2022). *Lean Six Sigma: Metodologías de mejora de procesos industriales*. Recuperado de publicaciones institucionales del Lean Six Sigma Institute.
- López, P. (2020). Aplicación de Lean Manufacturing en procesos agrícolas. *Revista Ingeniería Industrial*.
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12–40.
- Rodríguez, M. (2021). *Optimización de procesos en la industria agroindustrial*. Editorial UTM.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source inspection and the poka-yoke system*. Productivity Press.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2020). *Operations Management*. Pearson.
- Snee, R. D., & Hoerl, R. W. (2003). *Leading Six Sigma*. FT Press.
- Taguchi, G. (1987). *System of experimental design*. UNIPUB.
- Velázquez, A. (2020). ¿Qué es el diagrama de Pareto? Obtenido de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>
- Vivas, J. D. (06 de enero de 2025). Diagrama de Ishikawa: qué es y cómo aplicarlo en gestión de riesgos. Obtenido de Piranirisk: <https://www.piranirisk.com/es/blog/diagrama-de-ishikawa-clave-en-gestion-de-riesgos>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. Simon & Schuster.

Anexos

Anexos 1. Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo

Empresa:			
Área/Departamento:		Fecha: [dd/mm/aaaa]	
N° OT:		Prioridad: [baja/media/alta]	
Datos del Equipo			
Nombre de máquina:		Ubicación:	
Código:		Marca/Modelo:	
Descripción:		Horas de uso:	
Actividades Programadas			
Tipo de Mantenimiento:		Técnico asignado:	
Frecuencia:		Fecha programada:	
Hora inicio:		Hora fin:	
Checklist de actividades			
Actividad	Procedimiento	Cumplimiento	Observaciones
Limpieza general de superficies y componentes	Retirar polvo, grasa y residuos	Si/No	
Verificación de nivel de aceite hidráulico	Nivel entre MIN y MAX	Si/No	
Ajuste de bandas o correas de transmisión	Tensión según manual	Si/No	
Lubricación de rodamientos y guías lineales	Aplicar grasa	Si/No	
Verificación de apriete de tornillería crítica	Torque 20 Nm según plano	Si/No	
Revisión de sistemas eléctricos	Funcionamiento y alineación	Si/No	
Registro de recursos utilizados			
Insumo/Repuesto	Código	Cantidad	Costo
Observaciones/Hallazgo			

Anexos 2. Auditoría de las 5S

Información general				
Campo		Detalle		
Área:				
Fecha:				
Responsable:				
Evaluación por criterio 5S				
Criterio	Ítem evaluado	Puntuación (1-5)	Observaciones	Foto N.º
Clasificar	Solo hay elementos necesarios para el trabajo			
	Herramientas innecesarias identificadas			
Ordenar	Todo tiene un lugar designado y etiquetado			
	Tablero de siluetas			
Limpiar	Área libre de polvo, grasa y residuos			
	Responsables de limpieza definidos			
Estandarizar	Procedimientos visuales disponibles			
	Colores y señalización estandarizados			
Sostener	Auditorías 5S programadas			
	Cumplimiento de estándares por operarios			
Resumen				
Puntuación				/25
Nivel de Cumplimiento				
0 -10		Área crítica		
11 - 19		Área en mejora		
20 - 25		Área modelo		
Acciones inmediatas propuestas				
N.º	Acción			
1				
2				
3				
Firma de responsable				

Anexos 3. Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) basado en la ISO 9001

Documentos Clave del Sistema de Gestión de la Calidad			
Documento / Registro	Propósito principal en el proceso de ensamble		Cláusula ISO 9001:2015
Alcance del SGC	Define los límites y aplicabilidad del SGC (ej. procesos de ensamble de productos X en la planta Y).		4.3
Política de Calidad	Establece el compromiso de la alta dirección con la calidad y la mejora continua; debe ser comunicada y entendida por el personal.		5.2
Objetivos de Calidad	Define metas medibles para procesos críticos (ej. reducir defectos de ensamble en la Línea A a < 0.5%).		6.2
Mapa de Procesos	Representa la interacción entre procesos clave (compras, ensamble, control de calidad, logística).		4.4
Procedimientos Documentados	Instrucciones estandarizadas para actividades críticas; recomendados para control documental, auditorías, NC y acciones correctivas.		7.5.1
Registros Obligatorios	Evidencias objetivas de la operación y control del SGC (proveedores, trazabilidad, calibración, competencias, auditorías, NC).		Varias
Formato: Registro y Análisis de No Conformidad (NC)			
Campo	Descripción	Campo	Descripción
Número de NC		Análisis de causa raíz	
Fecha de detección		Acción correctiva	
Proceso / Área		Fecha inicio/Fecha fin	
Producto / Lote		Responsable de acción correctiva	
Descripción de la No Conformidad		Auditor	
Reporte de Auditoría Interna			
Elemento	Detalle	Elemento	Detalle
Código del reporte		Auditor	
Proceso auditado		Objetivo de la auditoría	
Fecha de auditoría		Criterios de auditoría	
Hallazgos de Auditoría			
Tipo de Hallazgo		Descripción	
Fortaleza			
No conformidad			
Observación / Oportunidad de mejora			
Conclusiones y recomendaciones			

Anexos 4. Indicadores Claves de Desempeño (KPI'S)

Área de Producción		
Atributo	Eficiencia General del Proceso	Tasa de Reprocesos por Unidad
Objetivo	Medir el porcentaje de tiempo que agrega valor en el ensamble	Reducir el desperdicio generado por retrabajos en la línea
Fórmula / Cálculo	$(\text{Tiempo de Valor Agregado} / \text{Tiempo Total del Ciclo}) \times 100$	$\text{N}^\circ \text{ Total de Reprocesos} / \text{N}^\circ \text{ Total de Máquinas Ensambladas}$
Meta	$\geq 65 \%$	≤ 3.0
Unidad	Porcentaje (%)	N.º eventos por máquina
Frecuencia	Semanal	Semanal
Área de Calidad		
Atributo	Tasa de Defectos Físicos	Tasa de Defectos por Fugas
Objetivo	Reducir no conformidades físicas detectadas en inspección	Disminuir defectos críticos asociados a fugas.
Fórmula / Cálculo	$(\text{N}^\circ \text{ de Unidades con Defecto Físico} / \text{N}^\circ \text{ Total Inspeccionado}) \times 100$	$(\text{N}^\circ \text{ de Unidades con Defecto por Fuga} / \text{N}^\circ \text{ Total Inspeccionado}) \times 100$
Meta	$< 3 \%$	$< 3 \%$
Unidad	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Frecuencia	Diaria / Semanal	Diaria / Semanal
Área de Mantenimiento		
Atributo	% Mantenimiento Preventivo vs. Correctivo	Disponibilidad Operativa de Equipos
Objetivo	Migrar de un enfoque reactivo a preventivo.	Incrementar el tiempo efectivo de disponibilidad de equipos
Fórmula / Cálculo	$(\text{Horas de Mant. Preventivo} / \text{Horas Totales de Mant.}) \times 100$	$(\text{Tiempo Total} - \text{Tiempo de Parada}) / \text{Tiempo Total} \times 100$
Meta	$\geq 50 \%$	$\geq 90 \%$
Unidad	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Frecuencia	Mensual	Semanal
Área de Servicio Postventa		
Atributo	Tiempo Medio de Respuesta Postventa	Tasa de Intervenciones en Garantía
Objetivo	Mejorar la rapidez en la atención al cliente	Reducir fallas que se manifiestan en el cliente final
Fórmula / Cálculo	$(\text{Hora Llegada} - \text{Hora Recepción Solicitud}) / \text{N}^\circ \text{ Servicios}$	$\text{N}^\circ \text{ Máquinas con Intervención en Garantía} / \text{N}^\circ \text{ Máquinas Entregadas}$
Meta	$\leq 36 \text{ h}$	≤ 0.8
Unidad	Horas (h)	N.º eventos por máquina
Frecuencia	Mensual	Trimestral