



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO
MEDIANTE LA CREACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA
EMPRESA AVÍCOLA SAN PABLO UBICADA EN LA CIUDAD DE
LATACUNGA.**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Autor

Mayorga Garcés Anthony David

Tutor

Mgtr. Ruales Martínez María Belén

AMBATO – ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.**

Yo, Anthony David Mayorga Garcés, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre de “OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO MEDIANTE LA CREACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AVÍCOLA SAN PABLO UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancias de esta autorización, en la ciudad de Ambato, 30 de abril del 2025, firmo conforme:

Firma:

Número de cédula: 1804480299

Dirección: Latacunga, Ecuador

Correo electrónico: amayorga7@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0997930630

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO MEDIANTE LA CREACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AVÍCOLA SAN PABLO UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA” presentado por Mayorga Garces Anthony David, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 30 de abril del 2025

.....
Mgtr. Ruales Martínez María Belén

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de INGENIERO INDUSTRIAL, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 30 de abril del 2025

.....
Mayorga Garcés Anthony David
1804480299

APROBACIÓN DE LECTORES.

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “Optimización de la producción de alimento balanceado mediante la creación de un plan de mantenimiento en la empresa avícola San Pablo ubicada en la ciudad de Latacunga”. previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración

Ambato 30 de abril del 2025

.....

Mgtr. Naranjo Mantilla Olga Marisol

Lectora

.....

Mgtr. Cáceres Miranda Lorena Elizabeth

Lectora

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional, por enseñarme que, con honestidad, dedicación y trabajo duro, todo es posible, por ser mi inspiración.

A mi padre que siempre creyó en mí que con sus valores y su amor he podido llegar a ser quien soy ahora. Aunque físicamente no este conmigo su legado vive en cada paso que doy.

Anthony Mayorga

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía, y camino, por haberme cuidado y haberme permitido este logro.

Agradezco a mis padres, que con su amor, paciencia y sacrificio me han sido parte fundamental en mi educación y mi vida.

A mis hermanas, que han cuidado de mí, me han sabido escuchar comprender y apoyar, lo largo de mi vida.

A la Mgtr. María Belén Ruales Martínez que, gracias a su compromiso, ética y paciencia, me brindó las herramientas necesarias para llevar este acabo este proyecto.

¡Muchas gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción.....	1
Antecedentes.....	4
Justificación	5
Objetivo general	6
Objetivos Específicos	6

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa.	7
Descripción de la empresa.....	7
Información general de la empresa.....	8
Estructura organizacional	9

Mapa de procesos.	10
Diagrama de recorrido.	12
Caracterización del proceso de producción de alimento balaceado	14
Lista de equipos.	18
Análisis de la tasa de fallos.....	19
Confiabilidad actual de los equipos.....	20
Fichas técnicas de máquinas y equipos.	22
Análisis de criticidad.	29
Costos de mantenimiento.....	31
Modelo operativo.....	33
Desarrollo del modelo operativo	33
Determinación y clasificación de fallos funcionales y fallos técnicos.	33
Modos de fallo.	36
Determinación de medidas preventivas.	37
Determinación del repuesto a partir del análisis de fallos	45
Agrupación de las tareas de mantenimiento	47
Procedimientos de realización de las tareas de mantenimiento.....	48

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Logística del mantenimiento	59
Equilibrio de la carga de trabajo.....	60
Resultados esperados	62
Análisis de resultados.	63
Cronograma de actividades	69

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:.....	72
Recomendaciones:	73
Referencias bibliográficas	74
Anexos	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de la empresa avícola San Pablo.....	8
Tabla 2. Producción de la empresa.	8
Tabla 3. Costos actuales de la planta de producción de alimento balanceado.	9
Tabla 4. Etapas del proceso de elaboración de alimento balanceado.....	11
Tabla 5. Análisis de tiempos.....	13
Tabla 6. Caracterización del proceso – recepción de materia prima.	14
Tabla 7. Caracterización del proceso – almacenamiento.....	15
Tabla 8. Caracterización del proceso – molienda.	16
Tabla 9. Caracterización del proceso – mezclado.	17
Tabla 10. Caracterización del proceso – despacho.....	18
Tabla 11. Tabla de tiempos de fallo,.....	19
Tabla 12. Análisis de la tasa de fallos.....	20
Tabla 13. Confiabilidad actual de la maquinaria.	21
Tabla 14. Ficha técnica – Báscula de camiones. 1	22
Tabla 15. Ficha técnica – Elevador 1.....	23
Tabla 16. Ficha técnica – Elevador 2.....	24
Tabla 17. Ficha técnica – Elevador 3.....	25
Tabla 18. Ficha técnica – Mezcladora	26
Tabla 19. Ficha técnica – Molino	27
Tabla 20. Ficha técnica – Tranposrtador 1.	28
Tabla 21. Ficha técnica – Tranposrtador 2.	29
Tabla 22. Análisis de criticidad.	30
Tabla 23. Criterios de evaluación de criticidad.	30
Tabla 24. Costos de mantenimiento.....	31
Tabla 25. Área de estudio.	32
Tabla 26. Niveles de codificación.	35
Tabla 27. Niveles de codificación.	35
Tabla 28. Modos de fallo de la maquinaria.	36
Tabla 29. Medidas preventivas – Báscula	38

Tabla 30. Medidas preventivas – Elevador 1.....	39
Tabla 31. Medidas preventivas – Elevador 2.....	40
Tabla 32. Medidas preventivas – Elevador 3.....	41
Tabla 33. Medidas preventivas – Molino	42
Tabla 34. Medidas preventivas – Mezcladora	43
Tabla 35. Medidas preventivas – Transportador 1	43
Tabla 36. Medidas preventivas – Transportador 2	44
Tabla 37. Clasificación de responsabilidad dentro del equipo.	46
Tabla 38. Clasificación de tipo de repuestos	46
Tabla 39. Tareas de mantenimiento.....	47
Tabla 40. Procedimientos de realización de las tareas de mantenimiento.....	49
Tabla 41. Ficha de revisión de la maquinaria antes de iniciar operación.	55
Tabla 42. Ficha de gama de mantenimiento preventivo.	57
Tabla 43. Plan de mantenimiento.	58
Tabla 44. Logística del mantenimiento.	59
Tabla 45. Equilibrio de carga de trabajo.....	60
Tabla 46. Valoración cargas de trabajo.	61
Tabla 47. Tiempos de fallo esperados.	62
Tabla 48. Confiabilidad esperada	65
Tabla 49. Análisis de tiempos esperado.	66
Tabla 50. Costos esperados de la producción de alimento balanceado.	67
Tabla 51. Cronograma de actividades.	69
Tabla 52. Costos para la implementación de la propuesta.....	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama organizacional de la empresa.....	9
Gráfico 2. Mapa de proceso de la Avícola San Pablo.	10
Gráfico 3. Mapa de recorrido.....	12
Gráfico 4. Gráfica de las cargas de trabajo.....	61
Gráfico 5. Tiempos de reparación actual vs. proyectados.	63
Gráfico 6. Costos de mantenimiento actual vs. proyectados.....	64
Gráfico 7. Confiabilidad actual vs confiabilidad esperada.	65
Gráfico 8. Utilidad actual vs utilidad proyectada.	67
Gráfico 9. Curva “S”.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de conformidad por parte de la empresa.....	76
Anexo 2. Ficha de revisión diaria báscula de camiones.....	77
Anexo 3. Ficha de revisión diaria elevador 1.....	78
Anexo 4. Ficha de revisión diaria mezcladora.....	79
Anexo 5. Ficha de revisión diaria molino.....	80
Anexo 6. Ficha de revisión diaria transportador.....	81

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1. Análisis de la tasa de fallos.....	19
Ecuación 2. Confiabilidad.....	20

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “Optimización de la producción de alimento balanceado mediante la creación de un plan de mantenimiento en la empresa avícola San Pablo ubicada en la ciudad de Latacunga”.

AUTOR: Mayorga Garcés Anthony David

TUTORA: Mgtr. Ruales Martínez María Belén

RESUMEN EJECUTIVO

La Avícola San Pablo es una empresa que se dedica a la crianza de aves de corral y producción de huevos, teniendo una producción mensual de alrededor de 750 ton mensuales. Se ha observado que esta producción muchas veces se ve afectada por paros inesperados en los equipos que intervienen en el proceso productivo, tiempos muertos y desorganización en el flujo de trabajo, lo que provoca un aumento constante tanto en tiempos como en los costos de producción. El desarrollo de este trabajo tiene como objetivo estandarizar las actividades de mantenimiento con la creación de un plan que permita gestionar adecuadamente los equipos y mejorar la confiabilidad de estos. Para alcanzar este objetivo, se utilizó el modelo de mantenimiento RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad), con la identificación de los equipos más críticos dentro del proceso. Se utilizó el análisis de criticidad cualicuantitativo para priorizar la atención de los equipos como mayor tendencia a fallos, además el muestreo de tiempos del proceso, que permitieron identificar paradas por mantenimiento correctivo, lo que afecta directamente en la producción diaria, generando retrasos tanto en la recepción de materia, como el abastecimiento constante hacia las granjas de producción de huevos donde se encuentran las aves. Esta propuesta busca optimizar la gestión de los equipos mejorando el tiempo de mantenimiento correctivo, el cual es de 40.05 horas, con un manejo adecuado de repuestos y mantenimiento preventivo este podría reducirse a 3.6 horas, optimizando los tiempos productivos, con una distribución de tareas de mantenimiento planificadas. Asimismo, la confiabilidad de las máquinas se incrementaría al 98% de disponibilidad operativa. Además, los costos de mantenimiento correctivo disminuirían en un 72.14%. Los resultados esperados buscan demostrar que una gestión eficiente del mantenimiento y la optimización del proceso productivo pueden mejorar significativamente la productividad en la fabricación de alimento balanceado. La creación de un plan de mantenimiento preventivo permitirá priorizar los equipos críticos, reducir costos, minimizar tiempos de inactividad y aumentar la confiabilidad de la maquinaria.

Descriptor: Plan de mantenimiento, confiabilidad de equipos, RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR:MAYORGA GARCES ANTHONY DAVID

TUTOR:MG. RUALES MARTINEZ MARIA BELEN

ABSTRACT

Optimization of Balanced Feed Production through implementing a Maintenance Plan at the "San Pablo" Poultry Company, located in the City of Latacunga.

"San Pablo" Poultry Company is dedicated to raising poultry and producing eggs, with a monthly production of approximately 750 tons. It has been observed that this production is often affected by unexpected equipment shutdowns involved in the production process, idle times, and disorganization in the workflow. These issues lead to a continuous increase in both production time and costs. This study aims to standardize maintenance activities through the creation of a plan that enables proper management of equipment and improves its reliability. To achieve this, the RCM (Reliability-Centered Maintenance) model was applied, identifying the most critical equipment in the process. A qualitative-quantitative criticality analysis was used to prioritize equipment with the highest failure tendency. In addition, time sampling of the process helped identify downtime caused by corrective maintenance, which directly affects daily production by causing delays in both raw material reception and the continuous supply to the egg production farms where the poultry are located. This proposal seeks to optimize equipment management by reducing corrective maintenance time, currently at 40.05 hours, to 3.6 hours through proper spare parts handling and preventive maintenance, thus optimizing productive time with a structured schedule of maintenance tasks. Furthermore, machine reliability is expected to increase to 98% operational availability, and corrective maintenance costs could be reduced by 72.14%. The expected results aim to demonstrate that efficient maintenance management and optimization of the production process can significantly improve productivity in the manufacturing of balanced feed. The implementation of a preventive maintenance plan will allow for the prioritization of critical equipment, cost reduction, minimization of downtime, and increased machinery reliability

KEYWORDS:

Keywords: equipment reliability, maintenance plan, RCM (ReliabilityCentered Maintenance).



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción

La industria de alimentos balanceados forma parte esencial dentro de la cadena productiva agropecuaria, proporcionando insumos para el desarrollo del sector avícola y ganadero en la región. Latinoamérica, reconocida por su rol como productor y exportador de productos agrícolas, Sin embargo, esta actividad enfrenta problemas relacionados con el uso eficiente y eficaz de recursos, la sostenibilidad ambiental y el mantenimiento de las máquinas utilizadas en los procesos productivos. Por esta razón, es necesario estudiar nuevas formas de mejorar las operaciones en las fábricas, logrando un equilibrio entre costos, calidad del producto y cuidado del medio ambiente (Fernández & Segovia, 2023)

El aumento de la demanda de productos de origen animal ha incrementado la demanda sobre los productores de alimento balanceado, quienes deben responder con mayores niveles de eficiencia y calidad, en un contexto donde los recursos son limitados y los costos operativos continúan en aumento.

Según un informe de la (Fao, 2023), la producción de alimentos balanceados en la región ha crecido un 4.5% anual en la última década, pero persisten brechas significativas en términos de adopción tecnológica y optimización de procesos.

El Ecuador es un ejemplo representativo de los retos y oportunidades del sector. Con un enfoque agroexportador y una dependencia significativa del sector avícola, la industria de alimentos balanceados en el país se encuentra en un punto crítico. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Mag, 2023), el 85% del alimento balanceado producido se destina al consumo interno, reflejando la importancia estratégica del sector para la economía nacional. Sin embargo, este mercado enfrenta barreras importantes como el aumento en los costos de materias primas importadas, la ineficiencia en la gestión

operativa y un mantenimiento insuficiente de la maquinaria. Estas problemáticas afectan tanto la capacidad de respuesta ante el aumento de la demanda interna como la competitividad frente a mercados internacionales.

En la provincia de Cotopaxi, el impacto se hace aún más evidente. Empresas como la Avícola San Pablo buscan implementar procesos de optimización y programas de mantenimiento para enfrentar estos desafíos. Según estudios realizados por, estas iniciativas han permitido mejorar la eficiencia operativa, especialmente en áreas fundamentales como el pesaje y transporte de materias primas, resultando en una reducción de costos operativos del 12% en comparación con años anteriores. Sin embargo, persisten dificultades relacionadas con el desgaste acelerado de maquinaria y la falta de capacitación del personal técnico, factores que limitan el potencial de crecimiento sostenible en el sector.

La optimización de procesos surge como una solución para abordar los desafíos de la industria. La implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas automatizados de monitoreo y herramientas de análisis predictivo, ha demostrado ser efectiva para incrementar la productividad y reducir los costos asociados, la industria de alimentos balanceados enfrenta desafíos, como la dependencia de materias primas importadas y los altos costos de producción. Aunque se han propuesto soluciones como la automatización de procesos y la implementación de sistemas de gestión de calidad, su adopción ha sido limitada (Esmeraldas 2019), plantea incrementar la productividad, muchas empresas no cuentan con los recursos financieros ni el personal capacitado para implementar estas tecnologías. El mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria se posiciona como una herramienta indispensable para garantizar la continuidad operativa y evitar pérdidas económicas derivadas de paradas inesperadas.

En la provincia de Cotopaxi, donde las fábricas operan de manera constante, el desgaste de equipos como mezcladoras y sistemas de molienda, es un problema recurrente. El mantenimiento predictivo ha emergido como una estrategia fundamental para garantizar la continuidad operativa, la eficiencia energética y la sostenibilidad en diversos sectores industriales, incluida la producción de alimentos balanceados. Esta técnica se basa en el monitoreo continuo de equipos clave para detectar fallas antes de que ocurran, reduciendo tiempos de inactividad y costos operativos. Según (Crespo Azanza & Arias Reyes, 2024),

el análisis de vibraciones es una herramienta importante en este enfoque, ya que permite identificar patrones y anomalías en componentes rotativos, como motores y mezcladoras, facilitando intervenciones oportunas que minimizan el impacto de las fallas (Crespo Azanza & Arias Reyes, 2024). Desde una perspectiva ambiental, tanto la optimización como el mantenimiento tienen un papel importante en la reducción de la huella ecológica de la industria. El uso eficiente de recursos energéticos y la disminución de desperdicios benefician económicamente a las empresas. Por ejemplo, en Ecuador, la adopción de motores eléctricos de alta eficiencia en las fábricas de alimento balanceado ha reducido el consumo energético en un 18%, según el (Ministerio de energía y minas, 2023).

Este estudio parte de la premisa de que la creación de un plan de mantenimiento adecuado, basado en herramientas de análisis, puede ser un componente importante para la optimización de las áreas de producción en fábricas de alimentos balanceados. Este enfoque no solo busca reducir el desperdicio de recursos y mejorar la productividad, sino también disminuir los costos operativos relacionados con fallas mecánicas y paradas imprevistas. Se desconoce si un plan de mantenimiento diseñado específicamente para fábricas de alimentos balanceados podría también eliminar interrupciones en la producción derivadas de problemas técnicos o falta de planificación en las operaciones.

Este trabajo tiene como objetivo principal desarrollar un plan de mantenimiento que forme parte de una estrategia de optimización de procesos. Este plan estará enfocado en identificar las máquinas y equipos críticos del proceso productivo que presentan mayores riesgos de interrupciones debido a fallas técnicas, desgaste de maquinaria o ineficiencias operativas. A través del diseño de un plan de mantenimiento preventivo, con lo que se busca garantizar un uso más eficiente de los recursos, aumentar la confiabilidad del equipo y reducir los tiempos muertos en las operaciones.

Las investigaciones actuales respaldan la importancia del mantenimiento como eje fundamental de la optimización operativa, sin embargo, uno de los mayores desafíos es la falta de personal técnico capacitado para realizar mantenimientos avanzados, así como la resistencia al cambio en fábricas de tamaño mediano, las empresas que han logrado implementar estrategias de mantenimiento adecuadas experimentan no solo una disminución en costos de reparación, sino también una mayor estabilidad en los indicadores de productividad y calidad del producto. Esto subraya la importancia de

desarrollar planes de mantenimiento específicos que sean accesibles y prácticos para contextos locales, como las fábricas de alimentos balanceados en Ecuador (Martínez & Bustos Jorge, 2021).

Antecedentes.

Según (C. Rodríguez, 2024) La optimización del proceso de elaboración de quesos en la empresa El Cortijo, mediante un plan de mantenimiento basado en tablas, logró mejorar la eficiencia del proceso productivo en un 2,80%. Esta optimización permitió reducir significativamente el tiempo dedicado a las tareas de mantenimiento, pasando de 80 horas a 28 horas. Este cambio demuestra la efectividad del plan de mantenimiento en la mejora de los procesos, destacando su impacto positivo en la eficiencia operativa y en la administración de recursos.

Así también (Parra, 2024) dice que la optimización del proceso de fabricación de balones de fútbol, mediante la implementación de una nueva tecnología basada en el diseño de una máquina automatizada, ha generado una reducción significativa en los costos operativos de la empresa. Esta mejora ha permitido disminuir los costos de unidades defectuosas en \$16,67 por semana y ha mejorado la calidad del producto. Además, ha incrementado la eficiencia operativa al reducir las unidades defectuosas en un 83,33% semanal y ha disminuido el tiempo promedio de pegado de válvulas en 1 minuto, logrando así una mayor consistencia en el producto final.

La implementación de un plan de mantenimiento según (Albán & Jácome, 2008) destacan la importancia del mantenimiento preventivo como herramienta clave para mejorar la disponibilidad y eficiencia operativa de los equipos. En el análisis realizado, las disponibilidades de los equipos pasaron de 42% y 44% a 58% y 61%, mientras que el tiempo entre fallas se incrementó de 8 y 6 horas a 21 y 23 horas, respectivamente. Estos avances no solo garantizan una mayor continuidad en la producción, sino que también reducen los costos asociados a paradas imprevistas y reparaciones de emergencia. Esto evidencia que un plan de mantenimiento efectivo no solo mejora el rendimiento de los equipos, sino que también contribuye directamente al aumento de la competitividad y sostenibilidad de la empresa en el largo plazo.

Justificación

La optimización de la producción de alimento balaceado tendrá un **impacto** directo con la eficiencia operativa de la “Avícola San Pablo”. ya que los equipos al operar en condiciones óptimas permiten un flujo de producción continuo y con menos interrupciones. El principal objetivo del mantenimiento es prevenir fallas tanto técnicas como funcionales que podrían interrumpir por completo la producción. Los paros no planificados generan pérdidas económicas y pueden afectar la confianza en la capacidad operativa de la empresa.

La **importancia** de la optimización influirá directamente en la productividad, y la reducción de costos relacionados con la reparación de quipos, al implementar el plan de mantenimiento podemos garantizar la reducción de fallos y alargar la vida útil de máquinas y equipos lo que se vería reflejado en menos paros de producción, daños y averías en la maquinaria. Además, el mismo permite controlar periódicamente el estado de las máquinas equipos,

Los **beneficiarios** serian directamente el área de producción y quienes la operan ya que al desarrollar de la propuesta planificada se distribuiría de mejor manera el trabajo dentro de la planta, además de mitigar los retrasos productivos por daños en la maquinaria. Lo cual permitirá tener mayor eficiencia y eficacia.

La **factibilidad** de optimizar la producción con un plan de mantenimiento dentro de la empresa avícola San Pablo, es alta gracias a que la empresa cuenta con la infraestructura necesaria para la fabricación del balaceado, priorizando los equipos críticos para evitar fallos inesperados reduciendo los tiempos de producción, optimizando así recursos y aumentado la eficiencia operativa.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Optimizar la producción de alimento balanceado, mediante la creación de un plan de mantenimiento, en la empresa avícola San Pablo.

Objetivos Específicos:

- Analizar el estado actual de los procesos que intervienen en la producción de alimento balanceado.
- Identificar condiciones actuales de las máquinas y equipos, con el levantamiento de información mediante fichas técnicas.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria de la planta de producción.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Descripción de la empresa

La evaluación de la situación inicial de la avícola San Pablo, en la ciudad de Latacunga se realizó mediante visitas e inspecciones de campo, con el objetivo de obtener una visión objetiva de la situación y las oportunidades de mejora dentro de la misma, en la **imagen 1** se muestra la fábrica de producción de alimento balanceado



Imagen 1.

Planta de producción de alimento balanceado.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Información general de la empresa.

Tabla 1.

Información de la empresa avícola San Pablo.

<i>Nombre comercial.</i>	Avícola San Pablo
<i>Dirección.</i>	Vía a Santa Rosa km 2
<i>Sector</i>	Parroquia Belisario Quevedo
<i>Cantón</i>	Latacunga
<i>Provincia.</i>	Cotopaxi
<i>Actividad.</i>	Producción de huevos y aves de corral.
<i>Representante legal</i>	Rosa Garcés

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 2.

Producción de la empresa.

<i>Semana</i>	TON producidas
<i>Semana 1</i>	161.15
<i>Semana 2</i>	138.17
<i>Semana 3</i>	116.49
<i>Semana 4</i>	151.82
<i>Semana 5</i>	162.68
<i>Semana 6</i>	125.01
<i>Semana 7</i>	151.25
<i>Semana 8</i>	164.7
<i>Semana 9</i>	168.79
TOTAL	1340.06

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

De acuerdo con la información recopilada en la **Tabla 2**, en los meses de septiembre y octubre del 2024 se produjeron 1340.06 toneladas de alimento balanceado, información recopilada de registros internos del área de producción, diariamente se producen alrededor de 30 toneladas. La producción puede variar según la cantidad de aves

existentes dentro del plantel avícola, ya que las gallinas al cumplir una edad aproximada de 90 semanas de vida productiva son puestas a la venta, por ende, la demanda interna de balaceado disminuye sin embargo uno de los objetivos es mantener una producción constante a lo largo del año.

Tabla 3.

Costos actuales de la planta de producción de alimento balanceado.

COSTOS			
	Costos de calidad	Costos de no calidad	Utilidades
Materia prima	\$ 798,389.46		\$ 96,975.29
Mano de obra	\$ 2,250.00		
Gastos	\$ 2,860.05		
Mantenimiento		\$ 2,030.00	
Total	\$ 803,499.51	\$ 2,030.00	96975.29

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Estructura organizacional

En la estructura organizacional de la Avícola San Pablo se muestra en el **grafico 1** la estructura jerárquica, liderada por el Gerente, quien tiene la máxima autoridad en la empresa. Directamente bajo su supervisión se encuentran dos áreas principales: el Supervisor de Producción, encargado de coordinar las operaciones en planta, y el Personal Administrativo, responsable del departamento de contabilidad y de talento humano. A su vez, el supervisor de Producción gestiona al operador de planta, los obreros y los técnicos, quienes ejecutan las actividades operativas de producción.

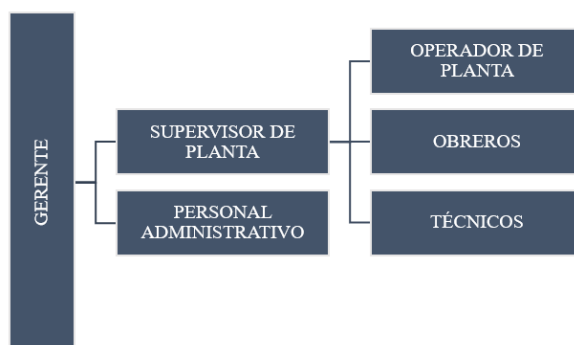


Gráfico 1.

Diagrama organizacional de la empresa.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Mapa de procesos.

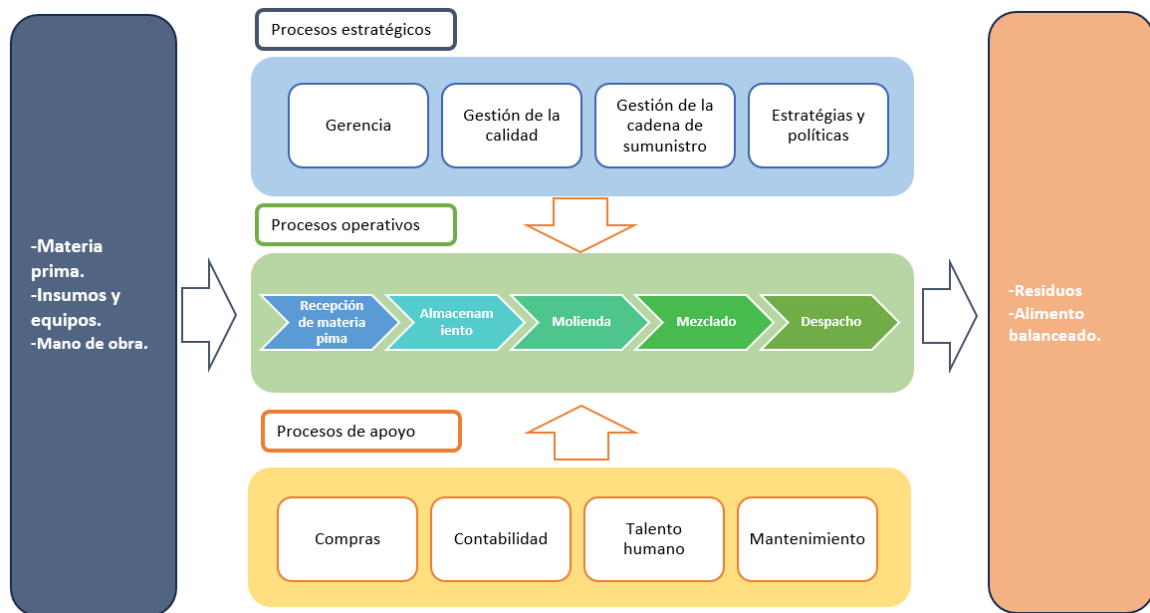


Gráfico 2. Mapa de proceso de la Avícola San Pablo.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Como se muestra en el **Gráfico 2**, mapa de procesos la estructura de una operación de producción de alimento balanceado/o, organizada en tres niveles: los procesos estratégicos (gerencia, gestión de calidad, cadena de suministro, y estrategias), los procesos operativos (recepción de materia prima, almacenamiento, molienda, mezclado y despacho) y los procesos de apoyo (compras, contabilidad, talento humano, mantenimiento y producción). El flujo comienza con la entrada de proveedores de materia prima, insumos, equipos y mano de obra, y culmina en la salida de productos, que incluyen el alimento balanceado y los residuos generados en el proceso.

Tabla 4.

Etapas del proceso de elaboración de alimento balanceado.

<i>Etapas del Proceso</i>	<i>Descripción</i>	<i>Imagen</i>
<i>Recepción de Materia Prima</i>	En este proceso se recibe la materia prima necesaria para la producción (maíz, soya, afrecho, polvillo, carbonato, aceite de palma, vitaminas, trigo, etc.). Se realiza el controles de calidad y cantidad requeridos.	
<i>Almacenamiento</i>	La materia prima se almacena y conserva en silos, tolvas o bodegas en óptimas condiciones tanto de humedad y temperatura para evitar contaminación y el deterioro.	
<i>Molienda</i>	El maíz se tritura utilizando molinos industriales, reduciendo el tamaño del grano según el requerimiento de formulación.	
<i>Mezclado</i>	La materia prima se combina en proporciones específicas en la mezcladora, donde asegura una mezcla homogénea.	
<i>Despacho</i>	El alimento balanceado terminado se envía al silo de para ser despachado en el camión, el cual se encarga de la distribución hacia las granjas.	

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Diagrama de recorrido.

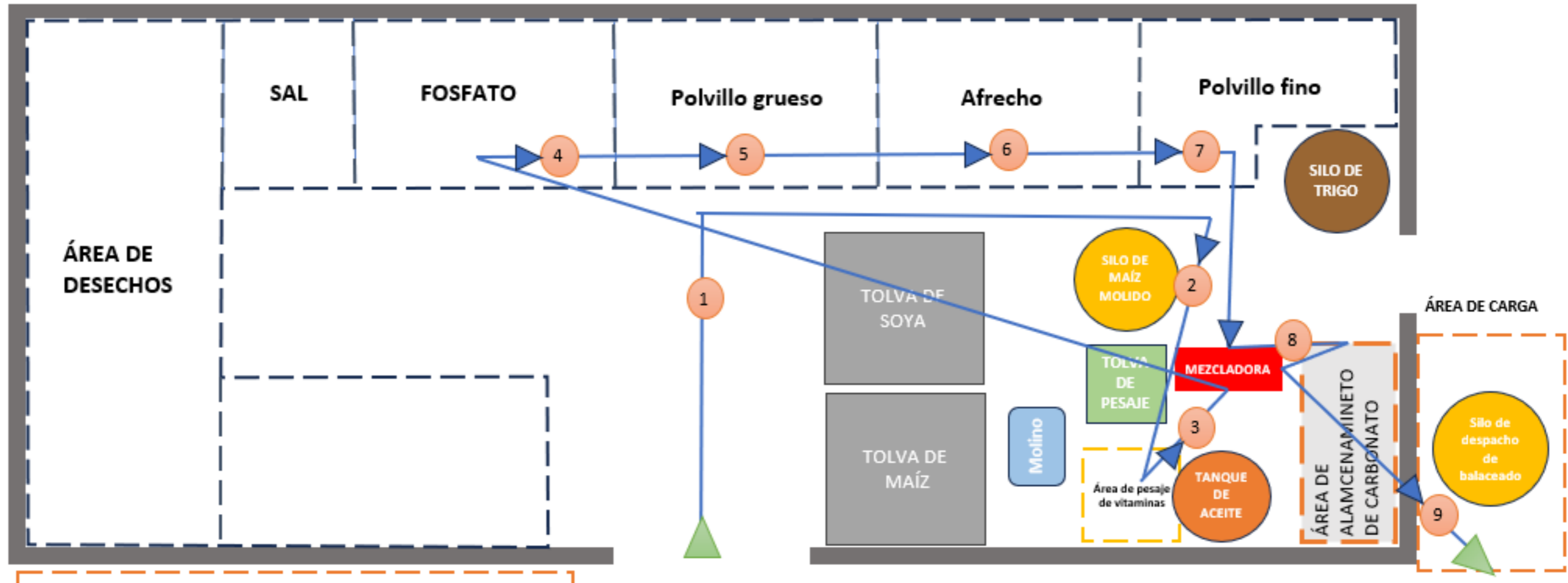


Gráfico 3. Mapa de recorrido.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Como se indica en el **gráfico 3** el diagrama de recorrido comienza con el ingreso de los materiales principales, afrecho, polvillo, carbonato que son apilados y otros materiales como el maíz y la soya, que se almacenan en tolvas. A continuación, el maíz tritura en el molino de maíz para reducir su tamaño y facilitar la mezcla. Una vez molido, el material se traslada a la Tolva de Pesaje, donde se pone la cantidad exacta, necesaria para la formulación del alimento balanceado.

Luego, otros ingredientes adicionales, como el fosfato y el polvillo, afrecho, se almacenan en sacos, los cuáles se trasladan al área de mezclado. El polvillo, junto con el afrecho, carbonato de calcio y el aceite de palma se agregan en secuencia a la mezcladora, donde se combinan todos los ingredientes del alimento balanceado.

Al completar la mezcla se envía al área de despacho, una vez ya en el silo de despacho, el balaceado está listo para ser distribuido.

Tabla 5.

Análisis de tiempos.

<i>TAREA</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>	<i>T7</i>	<i>T8</i>	<i>T9</i>	<i>T10</i>	<i>TIEMPO PROMEDIO (min)</i>	<i>VALORACIÓN</i>	<i>TIEMPO NORMAL (min)</i>	<i>TIEMPO TIPO (min)</i>	<i>TIEMPO TIPO (hr)</i>
PESAJE DE CAMIONES	3.3	4.26	5.31	4.28	5.36	3.39	4.27	2.8	3.4	4.8	4.117	0.9	3.7	4.2	0.07
RECEPCIÓN DE MAIZ	197	45	342	78	93	127	149	206	186	167	159	1	159.0	181.3	3.02
RECEPCIÓN DE SOYA	170	186	196	242	257	234	186	258	196	205	213	1.2	255.6	291.4	4.86
RECEPCION DE AFRECHO	120	145	136	127	148	136	139	145	126	147	136.9	0.8	109.5	109.5	1.83
MOLIENDA	3.5	4.2	5.3	4.7	4.3	3.9	5.5	3.5	3.8	4.6	4.33	1	4.3	4.3	0.07
TRASLADO DE MATERIA PRIMA	0.45	1.7	1.3	0.55	0.6	1.5	1.3	0.32	1.3	1.6	1.062	1	1.1	1.1	0.02
PESAJE	1.8	1.5	1.9	2	2.2	1.7	1.9	1.8	2.3	2.4	1.95	1	2.0	2.0	0.03
MEZCLA	4.3	4.6	5.1	5.2	6.2	4.3	4.8	5.2	5.5	4.6	4.98	0.9	4.5	4.5	0.07
DESPACHO	15	16	14	18	18	20	17	22	35	20	19.5	1	19.5	19.5	0.33
													TIEMPO ESTANDAR	617.7	10.3

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

La **tabla 5**, presenta un análisis de tiempos de diversas tareas dentro del proceso de fabricación del balaceado, mostrando los tiempos registrados en diez mediciones, junto con el tiempo promedio, una valoración de desempeño, el tiempo normal, el tiempo tipo en minutos y su conversión a horas. Entre las actividades evaluadas se encuentran el pesaje de camiones, recepción de materias primas (maíz, soya y afrecho), molienda, traslado de materia prima hacia el área de mezclado, pesaje, mezcla y despacho. Se observa que la recepción de soya es la tarea con mayor tiempo tipo (291.4 minutos o 4.86 horas) debido a problemas con el elevador principal, lo que normalmente tomaría para la descarga de 30 toneladas un tiempo de alrededor 150 minutos o 2.5 horas

Caracterización del proceso de producción de alimento balaceado

Tabla 6.

Caracterización del proceso – recepción de materia prima.

FECHA DE EDICIÓN		CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE RECEPCIÓN			CÓDIGO:
15 DE NOVIEMBRE 2024					VERSIÓN N.- 1
RESPONSABLE DEL PROCESO:		JEFE DE PRODUCCIÓN			
PARTICIPANTES:		OPERADOR DE PLANTA			
OBJETIVO	Controlar la cantidad de materia prima que ingresa a la planta, corroborando los parámetros de calidad y humedad acordados con el proveedor.				
CONTROLES					
INFORMACIÓN DOCUMENTADA: DOCUMENTOS		REGLAS		INFORMACIÓN DOCUMENTADA: REGISTROS	
No posee		Registro de recepción Calidad de la materia prima		Registros	
REQUISITOS DE NORMA				Facturas	
				Guía de remisión	
				-	
ENTRADAS			SALIDAS		
PROVEEDOR	ENTRADAS - INTERACCIÓN	SUBPROCESOS - ACTIVIDADES		SALIDAS	CLIENTE
Proveedores externos	Maíz	Control de calidad		Maíz	Área de almacenamiento
	Soya			Soya	
	Afrecho	Pesaje		Afrecho	
	Polvillo			Polvillo	
	Carbonato	Recepción.		Carbonato	
	Aceite de palma			Aceite de palma	
	Vitaminas			Vitaminas	
	Trigo			Trigo	
RECURSOS					
MÁQUINAS Y EQUIPOS		MATERIALES Y HERRAMIENTAS	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS BÁSICOS	FINANCIERO
Computadora. Báscula de camiones. Medidor de humedad.		Insumos de oficina	Instalaciones de la planta	Agua, luz, internet	-
INDICADORES					
No se ha definido					

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Tabla 7.

Caracterización del proceso – almacenamiento.

FECHA DE EDICIÓN		CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO.			CÓDIGO:
15 DE NOVIEMBRE 2024					VERSIÓN
		RESPONSABLE DEL PROCESO:	JEFE DE PRODUCCIÓN		
		PARTICIPANTES:	OPERADOR DE PLANTA		
OBJETIVO	Gestionar de manera eficiente y segura la materia prima, asegurando su conservación, disponibilidad.				
CONTROLES					
INFORMACIÓN DOCUMENTADA: DOCUMENTOS		REGLAS		INFORMACIÓN DOCUMENTADA: REGISTROS	
No posee		Inspección de calidad desde el ingreso e inspecciones periódicas de verificación del estado.		Registro de pesos.	
REQUISITOS DE NORMA				-	
-				-	
ENTRADAS		SUBPROCESOS - ACTIVIDADES		SALIDAS	
PROVEEDOR	ENTRADAS - INTERACCIÓN			SALIDAS	CLIENTE
Área de pesaje	Maíz	Recepción de materia prima.		Maíz	· Área de molienda · Área de mezclado
	Soya			Soya	
	Afrecho	Control de calidad inicial (humedad, contaminación).		Afrecho	
	Polvillo			Polvillo	
	Carbonato	Almacenamiento según tipo de producto (racks, silos, palets).		Carbonato	
	Aceite de palma			Aceite de palma	
	Vitaminas			Vitaminas	
	Trigo			Trigo	
RECURSOS					
MÁQUINAS Y EQUIPOS		MATERIALES Y HERRAMIENTAS	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS BÁSICOS	FINANCIERO
Elevadores, Silos / Tolvas, Extractores de humedad, Medidor de humedad		Equipos de protección (EEP)	Instalaciones de la planta	Agua, luz, internet	-
INDICADORES					
No se ha definido					

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Tabla 8.
Caracterización del proceso – molienda.

FECHA DE EDICIÓN		CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA		CÓDIGO:	
15 DE NOVIEMBRE 2024				VERSIÓN N.- 1	
		RESPONSABLE DEL PROCESO:		JEFE DE PRODUCCIÓN	
		PARTICIPANTES:		OPERADOR DE PLANTA	
OBJETIVO		Triturar el grano de maíz hasta obtener el volumen y tamaño requerido.			
CONTROLES					
INFORMACIÓN DOCUMENTADA: DOCUMENTOS		REGLAS		INFORMACIÓN DOCUMENTADA: REGISTROS	
-No posee		Registro de recepción Calidad de la materia prima		No posee	
-				-	
-				-	
REQUISITOS DE NORMA				-	
-				-	
ENTRADAS		SUBPROCESOS - ACTIVIDADES		SALIDAS	
PROVEEDOR	ENTRADAS - INTERACCIÓN			SALIDAS	CLIENTE
Área de almacenamiento	Maíz	Alimentación tolva de maíz duro		Maíz molido	Área de Mezclado
		Molido de maíz			
RECURSOS					
MÁQUINAS Y EQUIPOS		MATERIALES Y HERRAMIENTAS	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS BÁSICOS	FINANCIEROS
Molino Tolva		Herramientas (llaves inglesas)	Instalaciones de la planta	Luz	-
INDICADORES					
No se ha definido					

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Tabla 9.*Caracterización del proceso – mezclado.*

FECHA DE EDICIÓN		CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLADO		CÓDIGO:	
15 DE NOVIEMBRE 2024				VERSIÓN N.- 1	
		RESPONSABLE DEL PROCESO:	JEFE DE PRODUCCIÓN		
		PARTICIPANTES:	OPERADOR DE PLANTA		
OBJETIVO	Realizar una mezcla uniforme de la materia prima, asegurando la calidad y homogeneidad del producto.				
CONTROLES					
INFORMACIÓN DOCUMENTADA: DOCUMENTOS		REGLAS		INFORMACIÓN DOCUMENTADA: REGISTROS	
No posee		Verificar la porción exacta la materia prima Esperar el tiempo adecuado para que el alimento balaceado tenga una consistencia uniforme.		No posee	
-				-	
-				-	
REQUISITOS DE NORMA				-	
-				-	
ENTRADAS		SUBPROCESOS - ACTIVIDADES		SALIDAS	
PROVEEDOR	ENTRADAS - INTERACCIÓN			SALIDAS	CLIENTE
-Área de almacenamiento o -Área de molienda	Maíz	Carga de la materia prima según la formulación		Alimento balaceado	Área de despacho
	Soya	Verificación del tiempo de mezclado			
	Afrecho				
	Polvillo	Verificación de la homogeneidad del balaceado			
	Carbonato				
	Aceite de palma				
	Vitaminas				
	Trigo				
RECURSOS					
MÁQUINAS Y EQUIPOS		MATERIALES Y HERRAMIENTAS	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS BÁSICOS	FINANCIEROS
Mezcladora Balanza Elevador vertical		Fórmula del alimento balaceado Equipos de protección personal (EPP)	Instalaciones de la planta	Luz	-
INDICADORES					
No se ha definido					

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Tabla 10.*Caracterización del proceso – despacho.*

FECHA DE EDICIÓN		CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPACHO.			CÓDIGO:	
15 DE NOVIEMBRE 2024					VERSIÓN	
		RESPONSABLE DEL PROCESO:		JEFE DE PRODUCCIÓN		
		PARTICIPANTES:		OPERADOR DE PLANTA		
OBJETIVO		Controlar la cantidad de materia prima que ingresa a la planta, corroborando los parámetros de calidad y humedad acordados con el proveedor.				
CONTROLES						
INFORMACIÓN DOCUMENTADA: DOCUMENTOS			REGLAS		INFORMACIÓN DOCUMENTADA: REGISTROS	
Registros			Verificar la cantidad de producto		No posee	
REQUISITOS DE NORMA			Verificar que el balaceado sea el requerido.		-	
					-	
ENTRADAS			SUBPROCESOS - ACTIVIDADES		SALIDAS	
PROVEEDOR	ENTRADAS - INTERACCIÓN				SALIDAS	CLIENTE
Área de mezclado	Alimento balaceado		Preparación de pedido. Verificación de las condiciones del transporte Carga del balaceado Registro y documentación de la salida del balaceado.		Alimento balaceado	GRANJA
RECURSOS						
MÁQUINAS Y EQUIPOS			MATERIALES Y HERRAMIENTAS	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS BÁSICOS	FINANCIERO
Silo Camiones Báscula de camiones			Insumos de oficina	Instalaciones de la planta	Agua, luz, internet	-
INDICADORES						
No se ha definido						

*Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)***Lista de equipos.**

La avícola actualmente para producción del balaceado cuenta con los siguientes equipos.

1. Báscula de camiones
2. Elevador vertical 1
3. Molino 1
4. Elevador vertical 2
5. Mezcladora.

6. Elevador vertical. 3
7. Transportador tipo tornillo

Tabla 11.

Tabla de tiempos de fallo,

TIPO DE FALLA	CANTIDAD DE FALLAS	1	2	3	4	Tiempo min.	Tiempo total (h)	PORCENTAJE
<i>Sistema eléctrico</i>	2	65	15			80	1.33	3%
<i>Bandas de transmisión</i>	4	50	78	10	120	258	4.30	11%
<i>Rodamientos y chumaceras</i>	3	60	135	45		240	4.00	10%
<i>Cinta transportadora</i>	2	180	150			330	5.50	14%
<i>Motores eléctricos</i>	2	960	35			995	16.58	41%
<i>Piñones</i>	2	100	120	150		370	6.17	15%
<i>Cadenas</i>	2	10	120			130	2.17	5%

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

En la **tabla 11** se recopiló información de los últimos dos meses dentro de la fábrica para poder realizar un análisis de las diferentes fallas en distintos componentes de la máquinas que intervienen en la elaboración del balanceado, identificando su frecuencia, el tiempo requerido para su reparación y su impacto en la operación. A través de esta información, se pueden determinar cuáles fallas generan mayor tiempo de inactividad como lo son las fallas en **motores eléctricos** representan el mayor tiempo de inactividad, con **16.58 horas (41%)**.

Análisis de la tasa de fallos (λ)

El análisis de la tasa de fallos permite detectar posibles problemas en sistemas o procesos, anticipándose a ellos para implementar medidas preventivas y optimizar la confiabilidad. Esta tasa se calcula dividiendo el total de fallos registrados (T_f) por el tiempo total de observación (T_p), que en este caso es de 60 días. Este indicador proporciona un valor numérico que refleja la frecuencia de fallos en un periodo específico. Como se muestra en la **tabla 13**.

$$\lambda = \frac{T_p}{T_f}$$

Ecuación 1. Análisis de la tasa de fallos

Donde:

λ : Lambda

Tp: tiempo total de observación

Tf: total de fallos

Tabla 12.

Análisis de la tasa de fallos

<i>MÁQUINA</i>	<i>FALLO (Tf)</i>	<i>TASA DE FALLOS (λ)</i>
<i>Báscula de camiones</i>	2	0.033
<i>Elevador 1</i>	5	0.083
<i>Elevador 2</i>	3	0.050
<i>Elevador 3</i>	1	0.017
<i>Molino</i>	1	0.017
<i>Mezcladora</i>	1	0.017
<i>Transportador 1</i>	3	0.050
<i>Transportador 2</i>	3	0.050

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Confiabilidad actual de los equipos.

La confiabilidad de equipos es la capacidad de un equipo o sistema para funcionar sin fallos durante un período determinado bajo condiciones específicas, con la siguiente ecuación podemos determinar el valor de la confiabilidad para una de las máquinas.

$$C = e^{(-\lambda t)}$$

Ecuación 2. Confiabilidad

Donde:

C: confiabilidad

e: épsilon

λ : tasa de fallos

t: tiempo

Tabla 13.
Confiabilidad actual de la maquinaria.

MÁQUINA	FALLO (Tf)	TASA DE FALLOS (λ)	CONFIABILIDAD
Báscula de camiones	2	0.033	94%
Elevador 1	5	0.083	66%
Elevador 2	3	0.050	86%
Elevador 3	1	0.017	98%
Molino	1	0.017	98%
Mezcladora	1	0.017	98%
Transportador 1	3	0.050	86%
Transportador 2	3	0.050	86%

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

La **tabla 13** presenta un análisis de fallos en diversas máquinas utilizadas en un proceso industrial. Se incluyen cuatro aspectos: el número de fallos registrados en cada equipo, la tasa de fallos y la confiabilidad del equipo. Esta información permite evaluar el desempeño y la necesidad de mantenimiento de cada máquina.

El equipo con mayor cantidad de fallos es el **Elevador 1**, con un total de cinco fallos y una tasa de fallos de 0.083, lo que resulta en la confiabilidad más baja (66%). Esto indica que es el equipo más propenso a fallar.

Fichas técnicas de máquinas y equipos.

Tabla 14.

Ficha técnica – Báscula de camiones. 1

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Báscula de camiones	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA	Hi weight X6	ÁREA:	Área de pesaje
MODELO:	Elevador vertical de cangilones	DIMENSIONES	Largo * ancho * alto 20 m * 2.5m * 1m
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	110 v / 12 a		
	Cap. máx. 50 ton		
	<p>Una báscula de camiones se utiliza para pesar camiones completos, con y sin carga. Su función principal es verificar el peso total de materia prima que ingresa a la fábrica.</p>		
FRECUENCIA DE DAÑO	1 veces al año		
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO	1 horas		
INTERVALOS DE DESCANSO	Uso continuo según la cantidad de materia prima a recibir		
FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrica		
TIPO DE MATERIAL	Acero		

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Tabla 15.

Ficha técnica – Elevador 1

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Elevador	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de recepción
MODELO:	Elevador vertical de cangilones	DIMENSIONES	Largo * ancho * alto 50 cm * 25 cm * 25m
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	220 / 440 V		
	10 HP		
	1500 RPM		
	Tn / Ta: 20.5 / 47 Nm		
	Fr: 60 Hz		
	FUNCIÓN		
	<p>Un elevador vertical de cangilones es una máquina que transporta la materia prima a granel desde un nivel bajo a uno más alto mediante pequeños recipientes llamados cangilones, que giran en un bucle continuo sujeto a una banda.</p>		
FRECUENCIA DE DAÑO	3 veces el último bimestre		
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO	4 horas		
INTERVALOS DE DESCANSO	Uso continuo según la cantidad de materia prima a recibir		
FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrica		
TIPO DE MATERIAL	Acero		

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

El elevador vertical de cangilones cuenta con una alimentación eléctrica de 110/220 V, una potencia de 5 HP, y opera a una velocidad de 1740 RPM. Su torque nominal y torque aplicado son de 20.5 y 47 Nm, respectivamente, y trabaja a una frecuencia de 60 Hz. Además, está construido con material de acero, diseñado para uso continuo según la cantidad de materia prima a procesar, con un tiempo de operación diario de 3 horas.

Tabla 16.*Ficha técnica – Elevador 2*


FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Elevador	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de molienda
MODELO:	Elevador vertical de cangilones	DIMENSIONES	Largo * ancho * alto 70 cm * 30 cm * 40 m
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	220 / 440 V		
	10 HP		
	1500RPM		
	Tn / Ta: 20.5 / 47 Nm		
	Fr: 60 Hz		
	FUNCIÓN		
	<p>Un elevador vertical de cangilones es una máquina que transporta la materia prima a granel desde un nivel bajo a uno más alto mediante pequeños recipientes llamados cangilones, que giran en un bucle continuo sujeto a una banda.</p>		
FRECUENCIA DE DAÑO	1 vez el último bimestre		
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO	7 horas		
INTERVALOS DE DESCANSO	De 1 pm a 2 pm		
FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrica		
TIPO DE MATERIAL	Acero		

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

El elevador vertical de cangilones, ubicado en el área de molienda, cuenta con alimentación eléctrica de 220/440 V, una potencia de 10 HP, y opera a una velocidad de 1500 RPM. Su torque nominal y torque aplicado son de 20.5 y 47 Nm, respectivamente, y trabaja a una frecuencia de 60 Hz.

Tabla 17.

Ficha técnica – Elevador 3

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Elevador	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de mezclado
MODELO:	Elevador vertical de cangilones	DIMENSIONES	Largo * ancho * alto 60cm * 20 cm * 20 m
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	110 / 220 V		
	5 HP		
	1740 RPM		
	Tn / Ta: 20.5 / 47 Nm		
	Fr: 60 Hz		
	FUNCIÓN		
	<p>Un elevador vertical de cangilones es una máquina que transporta la materia prima a granel desde un nivel bajo a uno más alto mediante pequeños recipientes llamados cangilones, que giran en un bucle continuo sujeto a una banda.</p>		
FRECUENCIA DE DAÑO	2 veces al año		
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO	7 horas		
INTERVALOS DE DESCANSO	De 1 pm a 2 pm		
FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrica		
TIPO DE MATERIAL	Acero		

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2024)

El elevador vertical de cangilones, ubicado en el área de mezclado de la planta de producción, cuenta con las siguientes características técnicas: opera con alimentación eléctrica de 110/220 V, una potencia de 5 HP, una velocidad de 1740 RPM, un torque nominal y aplicado de 20.5 y 47 Nm, respectivamente, y trabaja a una frecuencia de 60 Hz.

Tabla 18.

Ficha técnica – Mezcladora

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Mezcladora horizontal	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de mezclado
MODELO:	Mezcladora de tornillo helicoidal	DIMENSIONES	Largo * ancho * alto 2.40 m * 1.5 m * 2 m
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		220 / 440 V	
		8 HP	
		1000 RPM	
		Tn / Ta: 20.5 / 47 Nm	
		Fr: 60 Hz	
		FUNCIÓN	
		La mezcladora combina y homogeneiza la materia prima utilizando un tornillo helicoidal que gira dentro de un tambor.	
FRECUENCIA DE DAÑO		2 veces al año	
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO		6 horas	
INTERVALOS DE DESCANSO		1 hora (1 pm a 2 pm)	
FUENTE DE ENERGÍA		Eléctrica	
TIPO DE MATERIAL		Acero	

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

La mezcladora horizontal, ubicada en el área de mezclado de la planta de producción, cuenta con energía eléctrica de 220/440 V, una potencia de 8 HP, y opera a una velocidad de 1000 RPM. Está fabricada en acero. Su función principal homogeneizar la materia prima mediante un tornillo helicoidal dentro de un tambor.

Tabla 19.

Ficha técnica – Molino

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Molino	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de molienda
MODELO:	Molino de martillos industrial	DIMENSIONES	Largo * ancho * alto 1.5 m * 1 m * 1m
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		220 / 380 / 440 V	
		3 kW - 20 HP	
		3500 RPM	
		39.9 Nm	
		Fr: 60 Hz	
		FUNCIÓN	
		<p>Reduce el tamaño del maíz duro mediante el impacto de martillos oscilantes que giran a alta velocidad dentro de una cámara cerrada.</p>	
FRECUENCIA DE DAÑO		2 veces al año	
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO		7 horas	
INTERVALOS DE DESCANSO		1 hora (1 pm a 2 pm)	
FUENTE DE ENERGÍA		Eléctrica	
TIPO DE MATERIAL		Acero	

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

El molino de martillos, ubicado en el área de molienda de la planta de producción, opera con energía eléctrica de 220/380/440 V, una potencia de 3 kW - 20 HP y alcanza una velocidad de 3500 RPM. Con un torque de 39.9 Nm y trabajando a una frecuencia de 60 Hz, está fabricado en acero. Su función principal es reducir el tamaño del maíz duro mediante martillos oscilantes que giran a alta velocidad en una cámara cerrada.

Tabla 20.*Ficha técnica – Transportador 1.*

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Transportador helicoidal	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de mezclado.
MODELO:	Transportador de tornillo helicoidal	DIMENSIONES	5 metros
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		220 / 380 / 440 V	
		2.2 Kw - 3 CV	
		3515 RPM	
		5.99 Nm	
		Fr: 60 Hz	
		FUNCIÓN	
		Mueve materiales sólidos como granos, alimento balanceado ya sea en dirección horizontal, inclinada o vertical.	
FRECUENCIA DE DAÑO	1 veces al año		
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO	6 horas		
INTERVALOS DE DESCANSO	4 minutos cada 5 minutos		
FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrica		
TIPO DE MATERIAL	Acero		

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

El transportador helicoidal, ubicado en el área de mezclado de la planta de producción, opera con energía eléctrica de 220/380/440 V, una potencia de 2.2 kW - 3 CV y una velocidad de 3515 RPM. Con un torque de 5.99 Nm y trabajando a una frecuencia de 60 Hz, está construido en acero. Su función principal es mover materiales sólidos como granos y alimento balanceado en direcciones horizontales, inclinadas o verticales.

Tabla 21.*Ficha técnica – Transportador 2.*

FICHA TÉCNICA			
ELABORADO POR:	Anthony Mayorga	FECHA:	22/10/2024
MÁQUINA / EQUIPO	Transportador helicoidal	UBICACIÓN:	Planta de producción
FABRICANTE / MARCA		ÁREA:	Área de mezclado.
MODELO:	Transportador de tornillo helicoidal	DIMENSIONES	6 metros
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FOTO DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	220 / 380 / 440 V		
	2.2 Kw - 3 CV		
	3515 RPM		
	5.99 Nm		
	Fr: 60 Hz		
	FUNCIÓN	Mueve materiales sólidos como granos, alimento balanceado ya sea en dirección horizontal, inclinada o vertical.	
FRECUENCIA DE DAÑO	1 veces al año		
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN			
TIEMPO DE USO DIARIO	8 horas		
INTERVALOS DE DESCANSO	4 minutos cada 5 minutos		
FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrica		
TIPO DE MATERIAL	Acero		

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

El transportador helicoidal, ubicado en el área de mezclado de la planta de producción, opera con energía eléctrica de 220/380/440 V, una potencia de 2.2 kW - 3 CV y una velocidad de 3515 RPM. Con un torque de 5.99 Nm y trabajando a una frecuencia de 60 Hz, está construido en acero. Su función principal es mover materiales sólidos como granos y alimento balanceado en direcciones horizontales, inclinadas o verticales.

Análisis de criticidad.

El análisis de criticidad de equipos permite identificar y clasificar los equipos según su impacto en la seguridad, producción y costos operativos. Ayuda a priorizar el mantenimiento, optimizar recursos y minimizar riesgos de fallos, combinando criterios cualitativos y cuantitativos.

Tabla 22.*Análisis de criticidad.*

ANÁLISIS DE CRITICIDAD CUALICUANTITATIV.									
<i>SISTEMA</i>	<i>CÓDIGO</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>IMPACTO OPERACIONAL</i>	<i>FLEXIBILIDAD</i>	<i>COSTO DE MTO</i>	<i>IMPACTO SEG. Y MA.</i>	<i>CONSECUENCIAS</i>	<i>TOTAL</i>	<i>CRITICIDAD</i>
<i>Báscula de camiones</i>	AS - RC01 - BC1	2	1	4	1	1	6	12	PRESCINDIBLE
<i>Elevador 1</i>	AS - RC01 - ELV1	5	7	4	2	1	31	155	CRÍTICO
<i>Elevador 2</i>	AS - ML03 - ELV2	3	7	4	2	1	31	93	CRÍTICO
<i>Elevador 3</i>	AS - MC04 - ELV3	1	7	4	1	1	30	30	IMPORTANTE
<i>Molino</i>	AS - ML03 - MLN1	1	10	4	1	3	44	44	IMPORTANTE
<i>Mezcladora</i>	AS - MC04 - MCLI1	1	10	4	1	3	44	44	IMPORTANTE
<i>Transportador 1</i>	AS - MC04 - TRP1	3	4	4	1	1	18	54	CRÍTICO
<i>Transportador 2</i>	AS - MC04 - TRP2	3	4	4	1	1	18	54	CRÍTICO

Tabla 23.*Criterios de evaluación de criticidad.*

CRÍTICO	45	MAYOR O IGUAL (>=)
IMPORTANTE	20	MAYOR O IGUAL (>=)
PRESCINDIBLE	20	MENOR O IGUAL (<=)

Con el análisis de criticidad que se muestra en la **tabla 22** se identificaron los equipos críticos representan los elementos con mayor importancia operativa, ya que su falla puede ocasionar retrasos significativos en la producción. En esta categoría se encuentran el Elevador 1, Elevador 2, Transportador 1 y Transportador 2. El Elevador 1 es el más crítico, con 155 puntos, debido a su alta frecuencia de fallas y su fuerte impacto operacional. Su mantenimiento debe ser prioritario para evitar paros no programados así también el elevador 2, Transportador 1 y Transportador 2 también presentan niveles de criticidad altos, por lo que requieren inspecciones y mantenimiento continuo para garantizar su funcionamiento óptimo.

En la categoría de equipos importantes, se encuentran el Elevador 3, Molino y Mezcladora. Aunque no son considerados críticos, estos equipos son importantes en el proceso productivo. El Molino y la Mezcladora presentan un alto impacto operacional, lo que significa que, en caso de falla, generarían afectaciones en la producción.

Por otro lado, los equipos prescindibles son aquellos cuya falla no tiene un impacto significativo en la producción y, por lo tanto, no requieren una alta prioridad en el mantenimiento. En este grupo se encuentra la báscula de camiones, que obtuvo una puntuación total de 12 puntos, con una baja frecuencia de fallas y un impacto operacional mínimo. Su mantenimiento puede realizarse de manera ocasional para evitar deterioros a largo plazo, sin representar una inversión significativa en tiempo y recursos.

Costos de mantenimiento.

En la **tabla 24** se muestran valores relacionados con el mantenimiento tomando en cuenta la cantidad de fallos de las máquinas, con los que no permite identificar de manera clara los equipos a priorizar para evitar gastos excesivos de mantenimiento correctivo.

Tabla 24.

Costos de mantenimiento.

<i>MÁQUINA</i>	<i>FALLA DEL EQUIPO</i>	<i>FRECUENCIA DE FALLA (EL ÚLTIMO BIMESTRE)</i>	<i>CANT.</i>	<i>COSTO UNITARIO</i>	<i>TOTAL</i>
<i>Elevador 1</i>	Cinta transportadora	2 veces	3	\$ 45	\$ 135
	Chumaceras	1 vez	2	\$ 55	\$ 110

MÁQUINA	FALLA DEL EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLA (EL ÚLTIMO BIMESTRE)	CANT.	COSTO UNITARIO	TOTAL
	Piñones	1 vez	2	\$ 110	\$ 220
	Cadena	1 vez	1	\$ 60	\$ 60
Elevador 2	Chumaceras	1 vez	2	\$ 45	\$ 90
	Piñones	1 vez	2	\$ 110	\$ 220
	Cadena	1 vez	1	\$ 60	\$ 60
Elevador 3	Chumaceras	1 vez	2	\$ 45	\$ 90
Molino	Sistema eléctrico	1 vez	1	\$ 30	\$ 30
Mezcladora	Sistema eléctrico	1 vez	1	\$ 45	\$ 45
Transportador 1	Motor	1 vez	1	\$ 150	\$ 150
	Bandas	2 veces	4	\$ 5	\$ 20
Transportador 2	Motor	1 vez	1	\$ 150	\$ 150
	Bandas	2 veces	4	\$ 5	\$ 20
COSTO TOTAL BIMESTRAL					\$ 1,400

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

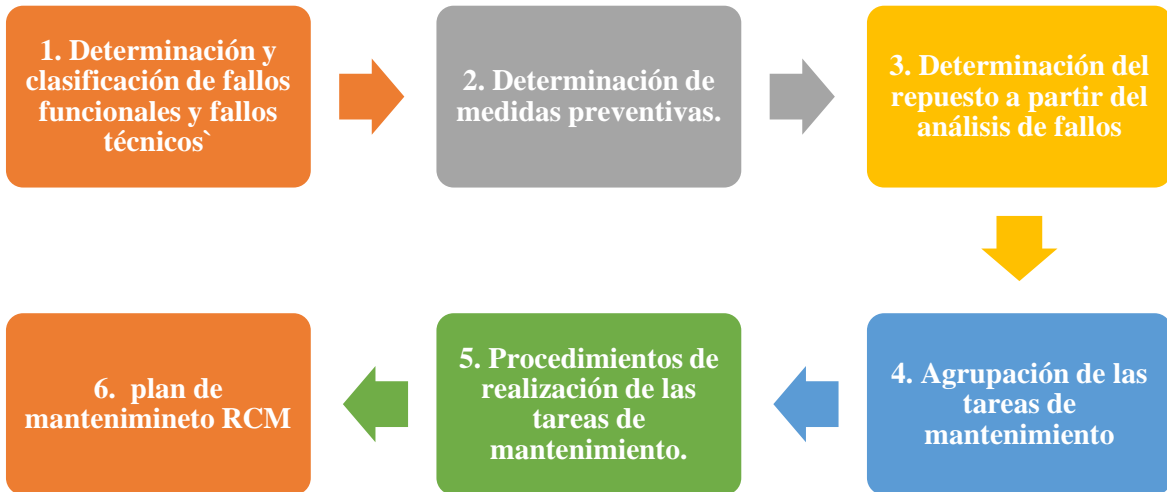
Área de estudio:

Tabla 25.
Área de estudio.

Dominio	Tecnología y sociedad.
Línea de investigación	Sistemas industriales.
Campo	Ingeniería industrial.
Área	Gestión de sistemas productivos.
Aspecto	Mejora de proceso productivo.
Objeto de estudio	Optimización de la producción de alimento balanceado.
Periodo de análisis	Octubre (2024) – Febrero (2025)

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Modelo operativo



Desarrollo del modelo operativo

Determinación y clasificación de fallos funcionales y fallos técnicos.

El análisis del rendimiento de los equipos se basa en la relación entre el tiempo trabajado real y el tiempo potencial de operación durante los períodos en que la planta está funcionando. Si bien el aprovechamiento ideal sería 24 horas al día, 365 días al año, a esta disponibilidad se deben restar los tiempos no laborables, vacaciones y turnos no trabajados. Para minimizar el impacto del mantenimiento en las horas de producción, es importante identificar y determinar fallas de manera sistemática, permitiendo anticiparse a problemas, reducir tiempos de inactividad no programados y optimizar el uso de los equipos, asegurando así su disponibilidad y eficiencia (Boero, 2020).

La determinación y clasificación de fallos se enfoca en identificar las consecuencias de cada uno para decidir la acción más adecuada. Los fallos se clasifican en fallos a evitar, cuando las consecuencias son inadmisibles y requieren ser eliminados, y fallos a amortiguar, donde solo se busca reducir sus efectos al mínimo. Evitar un fallo suele ser más costoso y se reserva para fallos funcionales en equipos con mantenimiento de Alta Disponibilidad o Sistemático, ya que sus consecuencias son graves. En cambio, los fallos

técnicos en estos mismos equipos no necesitan ser evitados, sino solo amortiguados. Esta clasificación simplifica la toma de decisiones en función de la gravedad y las consecuencias de los fallos (García, 2010).

FORMAS DE ACTUACIÓN ANTE UN FALLO

Equipos con modelo de mantenimiento de Alta Disponibilidad

- Fallos funcionales: **A EVITAR**
- Fallos técnicos: **A AMORTIGUAR**

Equipos con modelo de mantenimiento Sistemático

- Fallos funcionales: **A EVITAR**
- Fallos técnicos: **A AMORTIGUAR**

Equipos con modelo de mantenimiento Condicional

- Fallos funcionales: **A AMORTIGUAR**
- Fallos técnicos: **A AMORTIGUAR** (García, 2010)

Niveles de codificación.

La taxonomía según la norma ISO 14224 es una clasificación sistemática de activos en grupos basados en factores comunes como ubicación, uso o subdivisión de equipos. Esta norma organiza los activos en una jerarquía, donde:

- Nivel 1: Representa el tipo de industria.
- Nivel 2: Corresponde a la segmentación industrial o división dentro de la industria.
- Nivel 3: Define la clase de instalación, como plantas industriales o estaciones específicas de producción.

La codificación hasta el nivel 3 permite identificar la industria, su área y el equipo, facilitando la organización de activos y la gestión de datos en inspecciones o análisis de monitoreo de condiciones.

Tabla 26.
Niveles de codificación.

CODIFICACIÓN	
NIVEL 1 - PLANTA	
Avícola	A
San Pablo	S
NIVEL 2 - ÁREA	
Recepción	RC 01
Almacenamiento	AL 02
Molienda	MI 03
Mezclado	MC 04
Despacho	DP 05
NIVEL 3 - EQUIPO	
Elevador 1	ELV 1
Elevador 2	ELV 2
Elevador 3	ELV 3
Molino 1	MLN 1
Mezcladora 1	MCL 1
Transportador 1	TRP 1
Transportador 2	TRP 2

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

La codificación de equipos ayuda a identificar y organizar los equipos de forma sencilla. Esto permite planificar mejor el mantenimiento, tener control sobre los repuestos y evitar demoras al resolver problemas. Además, facilita el seguimiento del historial de cada equipo mejorando la manera en que se toman decisiones para que funcione de forma eficiente.

Tabla 27.
Niveles de codificación.

Codificación de la maquinaria.	
Máquina	Código
Elevador 1	AS - RC01 - ELV1
Elevador 2	AS - ML03 - ELV2
Elevador 3	AS - MC04 - ELV3
Molino 1	AS - ML03 - MLN1
Mezcladora 1	AS - MC04 - MCL1
Transportador 1	AS - MC04 - TRP1
Transportador 2	AS - MC04 - TRP2

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Modos de fallo.

Los modos de fallos se clasifican en fallos técnicos y fallos funcionales. El fallo técnico ocurre por cambios en el tamaño, forma o propiedades mecánicas de una o varias partes de la máquina, pudiendo ser superficial (desgaste, oxidación, corrosión o fatiga superficial) o interno, lo que puede llevar a holguras, pérdida de precisión o rotura. Por otro lado, el fallo funcional se origina cuando los sistemas que evitan fallos técnicos dejan de funcionar correctamente, como fallos en sistemas de lubricación (contacto metal-metal y desgaste), hidráulicos o neumáticos, sobrecarga térmica o por sobrecarga mecánica, cuando la carga supera la capacidad de diseño de la máquina (Sánchez et al., 2013).

Tabla 28.

Modos de fallo de la maquinaria.

<i>TIPO</i>	<i>FUNCIÓN</i>	<i>TIPO DE FALLO</i>	<i>DESCRIPCIÓN DEL FALLO</i>	<i>DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO</i>	<i>CLASIFICACIÓN</i>
Elevador 1	Transporte de material	Funcional	Desgaste en la banda	Rotura de la cinta por fricción	A evitar
	Soporte y giro	Técnico	Recalentamiento por fricción de rodamientos	Falta de lubricación	A evitar
	Transmisión de fuerza	Funcional	Rotura en los engranes del piñón	Sobrecarga en el sistema de transmisión	A evitar
	Tracción de material	Técnico	Deslizamiento por desgaste en la cadena	Insuficiente tensión o lubricación	A amortiguar
Elevador 2	Soporte y giro	Técnico	Recalentamiento por fricción de rodamientos	Falta de lubricación	A evitar
	Transmisión de fuerza	Funcional	Rotura en los engranes del piñón	Sobrecarga en el sistema de transmisión	A evitar
	Tracción de material	Técnico	Deslizamiento por desgaste en la cadena	Insuficiente tensión o lubricación	A amortiguar

TIPO	FUNCIÓN	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN
Elevador 3	Soporte y giro	Técnico	Recalentamiento por fricción de rodamientos	Falta de lubricación	A evitar
Molino	Triturar maíz duro	Técnico	Fallo en el suministro eléctrico	Disparo del interruptor térmico por sobrecarga	A evitar
Mezcladora	Homogenización de materia prima	Funcional	Parada del equipo	Corto circuito en el sistema de control	A evitar
Transportador 1	Movimiento de material	Funcional	Sobrecarga en el motor	Parada del motor por protección térmica	A evitar
	Transporte de material	Funcional	Desgaste acelerado	Desgaste de bandas por sobrecarga	A evitar
Transportador 2	Movimiento de material	Funcional	Sobrecarga en el motor	Parada del motor por protección térmica	A evitar
	Transporte de material	Funcional	Desgaste acelerado	Desgaste de bandas por sobrecarga	A evitar

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Determinación de medidas preventivas.

Una vez identificados los modos de fallo, se implementan medidas preventivas para evitar fallos o reducir sus efectos.

Tareas de mantenimiento: Incluyen inspecciones visuales y lubricación, ambas de bajo costo y alta efectividad, además de verificaciones del funcionamiento con instrumentos propios del equipo o externos, como termómetros, para detectar problemas.

Mejoras: Se pueden realizar cambios en materiales, como tratamientos superficiales, ajustes en el diseño de piezas para reducir tensiones, o instalar sistemas de detección para evitar condiciones dañinas.

Procedimientos de operación: Mejorar cómo opera el personal es una medida económica y eficaz, aunque requiere atención para su implementación debido a la resistencia al cambio.

Procedimientos de mantenimiento: Redactar procedimientos claros y detallados con ajustes y tolerancias específicas asegura intervenciones precisas, evitando fallos por errores en el mantenimiento (García, 2010).

Tabla 29.
Medidas preventivas – Báscula

<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>					
<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
<i>Báscula</i>	Cortes de energía	Revisar las conexiones eléctricas periódicamente. Instalar un sistema de protección contra sobrecargas y picos de corriente. Verificar el estado de los fusibles.	Implementar un sistema UPS para evitar interrupciones. Usar generadores de respaldo para emergencia	Realizar pruebas periódicas en horas no productivas.	Crear un cronograma de mantenimiento preventivo.
	Descalibración	Realizar calibraciones regulares según las especificaciones del fabricante. Limpiar el equipo para evitar acumulación de polvo.	Usar pesos patrón para las calibraciones.	Realizar pruebas con pesos estándar antes de cada jornada.	Realizar pruebas periódicas durante los intervalos de mantenimiento programado. Registrar resultados

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 30.
Medidas preventivas – Elevador 1

<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>					
<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
Elevador 1	Cortes de energía	Revisar conexiones eléctricas y estado de los fusibles. Inspeccionar el sistema de alimentación eléctrica.	Instalar un sistema de respaldo como un UPS. Implementar un generador de emergencia.	Planificar las tareas para minimizar el impacto durante interrupciones.	Realizar inspecciones eléctricas periódicas.
	Desgaste de banda de elevación	Inspeccionar visualmente las bandas periódicamente. Sustituir bandas desgastadas o con fisuras.	Usar bandas de materiales más resistentes. Establecer un inventario de bandas de repuesto.	Verificar el estado de las bandas antes de iniciar operaciones.	Implementar un cronograma de revisión y sustitución de bandas basado en horas de uso.
	Desgaste de chumacera	Lubricar las chumaceras regularmente. Reemplazar chumaceras desgastadas.	Usar chumaceras de mayor durabilidad. Monitorear las vibraciones para detectar desgaste.	Monitorear ruidos o vibraciones anómalas durante el funcionamiento.	Registrar inspecciones de las chumaceras y definir criterios de reemplazo preventivo.
	Rotura de engranes del piñón	Inspeccionar los engranajes para detectar fisuras o dientes dañados. Sustituir piñones desgastados.	Cambiar a engranajes de acero templado o con tratamientos térmicos.	Realizar inspecciones visuales diarias de los engranajes.	Definir un programa de lubricación y monitoreo de desgaste. Mantener un stock de repuestos.
	Deslizamiento por desgaste de cadena	Revisar el tensado y lubricación de la cadena. Sustituir cadenas desgastadas.	Colocar cadenas de calidad.	Verificar el tensado adecuado de la cadena antes de cada turno.	Llevar un registro del tiempo de uso de las cadenas y su estado para prever reemplazos.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 31.
Medidas preventivas – Elevador 2

MEDIDAS PREVENTIVAS					
EQUIPO	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	MEJORAS	PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO
Elevador 2	Cortes de energía	Revisar conexiones eléctricas y estado de los fusibles. Inspeccionar el sistema de alimentación eléctrica.	Instalar un sistema de respaldo como un UPS. Implementar un generador de emergencia.	Planificar las tareas para minimizar el impacto durante interrupciones.	Realizar inspecciones eléctricas periódicas.
	Desgaste de banda de elevación	Inspeccionar visualmente las bandas periódicamente. Sustituir bandas desgastadas o con fisuras.	Usar bandas de materiales más resistentes. Establecer un inventario de bandas de repuesto.	Verificar el estado de las bandas antes de iniciar operaciones.	Implementar un cronograma de revisión y sustitución de bandas basado en horas de uso.
	Desgaste de chumacera	Lubricar las chumaceras regularmente. Reemplazar chumaceras desgastadas.	Usar chumaceras de mayor durabilidad. Monitorear las vibraciones para detectar desgaste.	Monitorear ruidos o vibraciones anómalas durante el funcionamiento.	Registrar inspecciones de las chumaceras y definir criterios de reemplazo preventivo.
	Rotura de engranes del piñón	Inspeccionar los engranajes para detectar fisuras o dientes dañados. Sustituir piñones desgastados.	Cambiar a engranajes de acero templado o con tratamientos térmicos. Ajustar el par de los motores.	Realizar inspecciones visuales diarias de los engranajes.	Definir un programa de lubricación y monitoreo de desgaste. Mantener un stock de repuestos.
	Deslizamiento por desgaste de cadena	Revisar el tensado y lubricación de la cadena. Sustituir cadenas desgastadas.	Colocar cadenas de calidad.	Verificar el tensado adecuado de la cadena antes de cada turno.	Llevar un registro del tiempo de uso de las cadenas y su estado para prever reemplazos.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 32.*Medidas preventivas – Elevador 3*

<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>					
<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
Elevador 3	Cortes de energía	Revisar conexiones eléctricas y estado de los fusibles. Inspeccionar el sistema de alimentación eléctrica.	Instalar un sistema de respaldo como un UPS. Implementar un generador de emergencia.	Planificar las tareas para minimizar el impacto durante interrupciones.	Realizar inspecciones eléctricas periódicas.
	Desgaste de banda de elevación	Inspeccionar visualmente las bandas periódicamente. Sustituir bandas desgastadas o con fisuras.	Usar bandas de materiales más resistentes. Establecer un inventario de bandas de repuesto.	Verificar el estado de las bandas antes de iniciar operaciones.	Implementar un cronograma de revisión y sustitución de bandas basado en horas de uso.
	Desgaste de chumacera	Lubricar las chumaceras regularmente. Reemplazar chumaceras desgastadas.	Usar chumaceras de mayor durabilidad. Monitorear las vibraciones para detectar desgaste.	Monitorear ruidos o vibraciones anómalas durante el funcionamiento.	Registrar inspecciones de las chumaceras y definir criterios de reemplazo preventivo.
	Rotura de engranes del piñón	Inspeccionar los engranajes para detectar fisuras o dientes dañados. Sustituir piñones desgastados.	Cambiar a engranajes de acero templado o con tratamientos térmicos. Ajustar el par de los motores.	Realizar inspecciones visuales diarias de los engranajes.	Definir un programa de lubricación y monitoreo de desgaste. Mantener un stock de repuestos.
	Deslizamiento por desgaste de cadena	Revisar el tensado y lubricación de la cadena. Sustituir cadenas desgastadas.	Colocar cadenas de calidad.	Verificar el tensado adecuado de la cadena antes de cada turno.	Llevar un registro del tiempo de uso de las cadenas y su estado para prever reemplazos.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 33.*Medidas preventivas – Molino*

MEDIDAS PREVENTIVAS					
EQUIPO	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	MEJORAS	PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO
<i>Molino</i>	Desgaste de martillos	Inspeccionar martillos por desgaste o fisuras. Reemplazar si es necesario.	Usar martillos de acero al manganeso con mayor resistencia.	Verificar el tamaño y uniformidad del material procesado para evitar sobrecargas.	Registrar tiempo de operación de los martillos y programar reemplazos preventivos.
	Desgaste de cedazos	Inspeccionar cedazos por perforaciones obstruidas o deformaciones. Reemplazar cedazos dañados.	Usar cedazos de acero inoxidable o aleaciones resistentes a la abrasión.	Evitar introducir materiales extraños al molino.	Mantener un registro del desgaste de cedazos y definir ciclos de reemplazo.
	Fallo en chumaceras	Lubricar chumaceras regularmente. Inspeccionar por ruidos o vibraciones.	Usar chumaceras selladas para mayor protección. Implementar sensores de vibración.	Operar dentro de las especificaciones de carga recomendadas por el fabricante.	Realizar un plan de mantenimiento basado en horas de operación y vibraciones anómalas.
	Desgaste en acoplamientos	Revisar alineación y desgaste de los acoplamientos que unen los ejes. Sustituir si presentan desgaste.	Centrar ejes para evitar vibraciones.	Verificar alineación del sistema de transmisión antes de iniciar operaciones.	Programar inspecciones mensuales para la alineación y el estado de los acoplamientos.
	Fallo en el motor eléctrico	Inspeccionar conexiones eléctricas. Verificar amperaje y temperatura del motor.	Usar motores con protección térmica y monitoreo continuo.	Operar dentro del rango de corriente nominal. Evitar sobrecargas en el equipo.	Programar limpieza y lubricación de partes internas del motor periódicamente.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 34.
Medidas preventivas – Mezcladora

<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>			
		<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
Mezcladora	Fallo en chumaceras	Lubricar chumaceras regularmente. Inspeccionar por ruidos o vibraciones.	Usar chumaceras selladas para mayor protección contra polvo y humedad.	Operar dentro de los límites de carga recomendados para evitar tensiones innecesarias.	Realizar revisiones de juego y vibraciones cada 15 días.
	Desgaste de cadenas	Inspeccionar eslabones de la cadena por desgaste o elongación. Lubricar regularmente.	Usar cadenas reforzadas con tratamiento térmico para mayor resistencia.	Verificar tensión y alineación de la cadena antes de iniciar operaciones.	Programar revisiones mensuales y reemplazar si la elongación supera el 5%.
	Desgaste en piñones	Inspeccionar dientes de los piñones por desgaste o fisuras. Sustituir si están dañados.	Usar piñones de acero templado con mayor resistencia al desgaste.	Mantener alineados los componentes del sistema de transmisión.	Revisar estado de los piñones trimestralmente y ajustar si es necesario.
	Fallo en el motor eléctrico	Inspeccionar conexiones eléctricas. Verificar amperaje y temperatura del motor.	Usar motores con protección térmica y monitoreo continuo.	Operar dentro de los parámetros eléctricos recomendados.	Programar limpieza y lubricación interna del motor cada 6 meses.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 35.
Medidas preventivas – Transportador 1

<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>			
		<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
Transportador tipo tornillo 1	Fallo en chumaceras	Lubricar chumaceras regularmente. Inspeccionar por ruidos o vibraciones.	Usar chumaceras selladas para mayor protección	Evitar cargas desbalanceadas para reducir el desgaste de las chumaceras.	Revisar el juego de las chumaceras periódicamente

<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>					
<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
			contra polvo y humedad.		
	Desgaste en bandas	Inspeccionar bandas por grietas, deformaciones o desgaste. Reemplazar si es necesario.	Usar bandas reforzadas de caucho con mallas internas de nylon o poliéster.	Verificar tensión adecuada de las bandas antes de cada jornada.	Programar inspecciones mensuales y ajustar la tensión de las bandas según sea necesario.
	Desgaste en poleas	Inspeccionar el estado de las poleas por fisuras o deformaciones. Ajustar o reemplazar si es necesario.	Usar poleas de acero o aluminio reforzado con recubrimientos resistentes.	Verificar la alineación entre las poleas y las bandas antes de cada turno.	Revisar estado de las poleas trimestralmente y reemplazar si presentan daños significativos.
	Fallo en el motor eléctrico	Inspeccionar conexiones eléctricas. Verificar amperaje y temperatura del motor.	Usar motores eléctricos con protección térmica y monitoreo continuo.	Operar dentro del rango de corriente nominal del motor.	Programar limpieza y lubricación interna del motor.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 36.
Medidas preventivas – Transportador 2

<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>					
<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
Transportador tipo tornillo 2	Fallo en chumaceras	Lubricar chumaceras regularmente. Inspeccionar por ruidos o vibraciones.	Usar chumaceras selladas para mayor protección contra polvo y humedad.	Evitar cargas desbalanceadas para reducir el desgaste de las chumaceras.	Revisar el juego de las chumaceras periódicamente

<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>					
<i>EQUIPO</i>	<i>MODO DE FALLO</i>	<i>TAREAS DE MANTENIMIENTO</i>	<i>MEJORAS</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN</i>	<i>PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</i>
	Desgaste en bandas	Inspeccionar bandas por grietas, deformaciones o desgaste. Reemplazar si es necesario.	Usar bandas reforzadas de caucho con mallas internas de nylon o poliéster.	Verificar tensión adecuada de las bandas antes de cada jornada.	Programar inspecciones mensuales y ajustar la tensión de las bandas según sea necesario.
	Desgaste en poleas	Inspeccionar el estado de las poleas por fisuras o deformaciones. Ajustar o reemplazar si es necesario.	Usar poleas de acero o aluminio reforzado con recubrimientos resistentes.	Verificar la alineación entre las poleas y las bandas antes de cada turno.	Revisar estado de las poleas trimestralmente y reemplazar si presentan daños significativos.
	Fallo en el motor eléctrico	Inspeccionar conexiones eléctricas. Verificar amperaje y temperatura del motor.	Usar motores eléctricos con protección térmica y monitoreo continuo.	Operar dentro del rango de corriente nominal del motor.	Programar limpieza y lubricación interna del motor.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Determinación del repuesto a partir del análisis de fallos

El Análisis de Fallos ayudara definir el stock de repuestos necesario en la planta. El objetivo es encontrar un equilibrio entre el coste financiero asociado a mantener repuestos y la disponibilidad de los equipos. Al analizar cada fallo, se determina qué repuestos son críticos para evitar paradas prolongadas y garantizar la continuidad operativa, priorizando aquellos que afectan directamente el rendimiento y funcionamiento de los equipos (García, 2010).

Tabla 37.
Clasificación de responsabilidad dentro del equipo.

<i>CLASIFICACIÓN</i>	<i>REPUESTOS</i>
<i>Piezas sometidas a desgaste</i>	Chumaceras tipo cojinete de 3/4 Y 1 in. Chumaceras cuadradas. Poleas de acero de 2 y 6 in. Bandas de transmisión. B57, B56, A44
<i>Consumibles</i>	Lubricantes Grasa para rodamientos L80, W80. filtros de aire y aceite.
<i>Elementos de regulación y mando mecánico</i>	Tensores Tecles
<i>Piezas móviles</i>	Piñones Ejes de transmisión Cadenas (ASA 50) Tornillos sinfín.
<i>Componentes electrónicos</i>	Breakers (20A-50A) Fusibles (NH 16A-32A) Celdas de carga (40t)

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Tabla 38.
Clasificación de tipo de repuestos

<i>CLASIFICACIÓN</i>	<i>REPUESTOS</i>
<i>Repuesto A</i>	Chumaceras Cadenas Bandas de transporte Piñones Breakers Lubricantes Grasa industrial

CLASIFICACIÓN	REPUESTOS
Repuesto B	Motores eléctricos Celdas de carga (40t) Retenes Fusibles
Repuesto C	Ninguno

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Agrupación de las tareas de mantenimiento

La agrupación de tareas en el mantenimiento, conocida como Rutas o Gamas de Mantenimiento, facilita la organización y ejecución eficiente del plan de mantenimiento. Esta agrupación puede realizarse de forma general y práctica, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Por área: Se agrupan tareas que corresponden a una misma zona o sector de la planta.

Por equipo: Se organizan las tareas específicas de cada equipo individual.

Por especialidad: Se clasifican según la profesión requerida, como trabajos eléctricos, mecánicos o de calibración.

Por frecuencia: Se agrupan según la periodicidad con la que deben realizarse, como tareas diarias, semanales o anuales (García, 2010).

Tabla 39.

Tareas de mantenimiento

EQUIPO	CÓDIGO DE TAREAS	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA (DÍAS)
Báscula de camiones	BC-001	Revisar conexiones eléctricas y estado de cables.	30
	BC-002	Limpiar la báscula para evitar acumulación de polvo.	7
	BC-003	Calibrar sensores de peso y celdas de carga.	90
	BC-004	Inspeccionar fusibles.	60
Elevador vertical 1	EV1-001	Revisar tensión y desgaste de la banda de transporte.	60
	EV1-002	Inspeccionar cadenas y lubricar.	30
	EV1-003	Verificar el estado de piñones y chumaceras.	30

EQUIPO	CÓDIGO DE TAREAS	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA (DÍAS)
	EV1-004	Ajustar tensores y revisar ejes.	90
<i>Molino 1</i>	M2-001	Revisar estado de martillos.	30
	M2-002	Lubricar chumaceras con grasa.	30
	M2-003	Verificar motor eléctrico y conexiones.	60
	M2-004	Limpiar componentes internos para evitar obstrucciones.	7
<i>Elevador vertical 2</i>	EV2-001	Revisar tensión y desgaste de la banda de transporte.	60
	EV2-002	Inspeccionar cadenas y lubricar.	30
	EV2-003	Verificar el estado de piñones y chumaceras.	30
<i>Mezcladora</i>	MX-001	Limpiar las paletas mezcladoras.	7
	MX-002	Inspeccionar sellos mecánicos y juntas.	30
	MX-003	Lubricar chumaceras.	45
	MX-004	Verificar el estado del motor eléctrico.	60
<i>Elevador vertical 3</i>	EV3-001	Revisar tensión y desgaste de la banda de transporte.	60
	EV3-002	Inspeccionar cadenas y lubricar.	30
	EV3-003	Verificar el estado de piñones y chumaceras.	30
<i>Transportador tipo tornillo</i>	TT-001	Revisar tornillos sinfín para detectar deformaciones.	60
	TT-002	Lubricar chumaceras.	30
	TT-003	Inspeccionar el estado del motor eléctrico y conexiones.	60
	TT-004	Limpiar conductos y revisar obstrucciones.	60

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Procedimientos de realización de las tareas de mantenimiento.

Una vez definidas y corregidas las rutas y gamas de mantenimiento, es fundamental redactar procedimientos claros que expliquen cómo ejecutar cada tarea. Estos procedimientos deben incluir:

Descripción de la tarea y del elemento: Detallar el equipo o componente al que se refiere.

Métodos de medición: Explicar cómo se realiza la medición y cuáles son los rangos aceptables.

Útiles y materiales necesarios: Indicar las herramientas y materiales que se deben preparar.

Precauciones de montaje: Especificar las medidas de seguridad y las precauciones a tomar.

Valores para respetar en reglajes: Definir los parámetros o ajustes que deben cumplirse (Sánchez et al., 2013).

Tabla 40.

Procedimientos de realización de las tareas de mantenimiento.

CÓDIGO DE TAREAS	DENOMINACIÓN	PASOS	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICOS	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
BC-001	Revisar conexiones eléctricas y estado de cables	1. Desconectar el equipo. 2. Inspeccionar visualmente los cables por daños o desgaste. 3. Comprobar continuidad con multímetro.	Verificar que no existan puntos de calentamiento o conexiones flojas.	Multímetro, destornilladores aislados, guantes dieléctricos.
BC-002	Limpiar la báscula	1. Retirar suciedad superficial con aire comprimido. 2. Limpiar con paño húmedo las superficies.	Utilizar productos no abrasivos para evitar dañar los sensores.	Aire comprimido, paño húmedo, detergente.
BC-003	Calibrar sensores de peso y celdas de carga	1. Colocar pesos estándar en la báscula.	Asegurarse de que la báscula esté nivelada antes de comenzar.	Pesos estándar, nivel de burbuja,

CÓDIGO DE TAREAS	DENOMINACIÓN	PASOS	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICOS	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
		2. Registrar los valores medidos.		software de calibración.
		3. Ajustar calibración según manual del fabricante.		
EVI-001	Revisar tensión y desgaste de la banda de transporte.	1. Apagar el elevador. 2. Inspeccionar visualmente la banda. 3. Medir tensión con dinamómetro. Ajustar si es necesario.	Reemplazar la banda si se observan grietas o deformaciones.	Llave dinamoétrica, linterna, guantes.
EVI-002	Inspeccionar cadenas y lubricar	1. Inspeccionar eslabones por desgaste. 2. Limpiar la cadena. 3. Aplicar lubricante uniforme en toda la longitud de la cadena.	Verificar que no haya exceso de lubricante para evitar acumulación de polvo.	Brocha, trapo, lubricante.
EVI-003	Verificar el estado de piñones y chumaceras	1. Inspeccionar dientes del piñón. 2. Comprobar juego de las chumaceras. 3. Lubricar si es necesario.	Reemplazar chumaceras si presentan juego excesivo o ruido inusual.	Llave ajustable, grasa, extractor de rodamientos.
M2-001	Revisar estado de martillos y cedazo	1. Abrir el molino. 2. Inspeccionar martillos por	Sustituir martillos y cedazos según criterio de desgaste definido.	Llave ajustable, martillos de

CÓDIGO DE TAREAS	DENOMINACIÓN	PASOS	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICOS	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
		desgaste o deformación. 3. Revisar cedazo por perforaciones.		repuesto, cedazo de repuesto.
M2-002	Lubricar chumaceras	1. Limpiar el área alrededor de las chumaceras. 2. Aplicar la cantidad adecuada de grasa industrial.	Evitar sobre lubricación para prevenir acumulación de polvo.	Pistola de grasa, grasa.
M2-003	Verificar motor eléctrico	1. Inspeccionar conexiones eléctricas. 2. Escuchar ruidos anómalos durante el funcionamiento.	Realizar pruebas de resistencia del motor si es necesario.	Multímetro, herramienta de prueba de aislamiento.
M2-004	Limpiar componentes internos	1. Abrir el equipo. 2. Retirar acumulaciones de material.	Evitar dañar componentes sensibles con aire comprimido directo.	Llave ajustable.
MX-001	Limpiar las paletas mezcladoras	1. Detener el equipo y desconectarlo. 2. Retirar restos de material adherido.	Evitar el uso de elementos abrasivos que puedan dañar las superficies.	Cepillo, escoba.
MX-002	Inspeccionar sellos mecánicos y juntas	1. Desmontar los sellos con cuidado. 2. Revisar desgaste o daños. 3. Sustituir si es necesario.	Garantizar que las juntas sean compatibles con el material manejado por la mezcladora.	Llave ajustable, sellos y juntas de repuesto.
MX-003	Lubricar chumaceras	1. Limpiar la superficie externa de las chumaceras.	Verificar que no haya fugas de lubricante	Pistola de grasa, grasa.

CÓDIGO DE TAREAS	DENOMINACIÓN	PASOS	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICOS	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
		2. Aplicar lubricante con una pistola de grasa en los puntos indicados.	después de la aplicación.	
MX-004	Verificar el estado del motor eléctrico	1. Inspeccionar visualmente el motor. 2. Realizar pruebas de aislamiento y resistencia eléctrica.	Registrar las lecturas en un formato para seguimiento.	Multímetro, herramienta de prueba de aislamiento, linterna.
EV2-001	Revisar tensión y desgaste de bandas	1. Inspeccionar visualmente la banda. 2. Verificar tensión con un medidor de tensión. 3. Ajustar si es necesario.	Revisar signos de desgaste o fisuras en las bandas.	Medidor de tensión, llave ajustable.
EV2-002	Lubricar cadenas	1. Limpiar la cadena. 2. Aplicar lubricante de forma uniforme.	Verificar que no haya exceso de lubricante para evitar acumulación de polvo.	Trapo, lubricante.
EV2-003	Verificar el estado de piñones y chumaceras	1. Retirar las tapas de protección. 2. Inspeccionar visualmente dientes del piñón y chumaceras. 3. Sustituir si están dañados.	Confirmar que los dientes de los piñones estén íntegros.	Llave inglesa, extractor de chumaceras, linterna.

CÓDIGO DE TAREAS	DENOMINACIÓN	PASOS	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICOS	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
EV3-001	Revisar tensión y desgaste de bandas	1. Inspeccionar visualmente la banda. 2. Verificar tensión con un medidor de tensión. 3. Ajustar si es necesario.	Revisar signos de desgaste o fisuras en las bandas.	Medidor de tensión, llave ajustable.
EV3-002	Lubricar cadenas	1. Limpiar la cadena con un trapo seco. 2. Aplicar lubricante adecuado de forma uniforme.	Verificar que no haya exceso de lubricante para evitar acumulación de polvo.	Trapo seco, lubricante.
EV3-003	Verificar el estado de piñones y chumaceras	1. Retirar las tapas de protección. 2. Inspeccionar visualmente dientes del piñón y chumaceras. 3. Sustituir si están dañados.	Confirmar que los dientes de los piñones estén íntegros.	Llave inglesa, linterna.

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS



Con la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), se busca identificar y priorizar las necesidades de mantenimiento de los equipos que intervienen directamente en el proceso de fabricación de alimento balanceado en la Avícola San Pablo. El objetivo principal es mantener en óptimas condiciones las diversas máquinas y equipos, garantizando su funcionamiento eficiente y prolongando su vida útil.

La implementación del plan de mantenimiento en la fábrica de balanceado permitirá no solo garantizar la continuidad operativa, sino también mejorar significativamente la confiabilidad de los equipos críticos. Esto contribuirá a optimizar los tiempos de producción, reducir los costos asociados con fallos inesperados y mejorar la gestión eficiente y sostenible de los recursos dentro de la empresa.

Además, es fundamental complementar la implementación del plan con fichas de actividades específicas organizadas por frecuencia (diarias, semanales, mensuales, entre otras). Estas fichas permitirán llevar un control detallado y sistemático del estado de los equipos, facilitando la planificación y el seguimiento de las tareas de mantenimiento.

Tabla 41.

Ficha de revisión de la maquinaria antes de iniciar operación.

	REVISIÓN DE LA MAQUINARIA ANTES DE INICIAR LA OPERCIÓN																CÓDIGO:																	
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO																VERSIÓN:		1															
																	FECHA DE EMISIÓN:		6/1/2025															
ÁREA DE PESAJE	CHEQUEO VISUAL	INSTRUCCIONES: En los recuadros de cada semana marcar con un visto (✓) si cumple con las cpndiciones, lo contrario marca con una (X) y explicar las razones en OBSERVACIONES, si considera que la maquina no presta garantías hacia la integridad de las personas, y comunique de inmediato.																																
ENERO 2025	N.	MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
FOTO		BÁSCULA DE CAMIONES	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	
	1	Interruptor ON-OFF acciona correctamente																																
	2	Limpiar residuos de polvo y suciedad acumulados																																
	3	Revisar cables y conexiones eléctricas																																
	4																																	
	5																																	
	6																																	
OBSERVACIONES																																		
RESPONSABLE DE EJECUCIÓN																																		
APROBADO POR																																		

Como se muestra en la **tabla 41** se presenta el ejemplo del formato con el que se establecerá y se documentará estado operativo de máquinas dentro de la fábrica de alimento balanceado de la Avícola San Pablo antes de iniciar las operaciones diarias. Esto se realiza con un chequeo visual regular de aspectos fundamentales para su funcionamiento.

El formato permite:


- Asegurar la seguridad y confiabilidad del equipo, evitando riesgos para los operadores de mantener la integridad del equipo.
- Detectar fallas o daños de manera temprana, con un control periódico.
- Garantizar de las operaciones diarias, reduciendo tiempos de inactividad por fallos técnicos.

La agrupación de tareas de mantenimiento, conocida como rutas o gamas, son documentos técnicos que describen las actividades necesarias para realizar tareas de mantenimiento en equipos o instalaciones, de manera ordenada. Este método clasifica las tareas en función de las áreas, equipos, técnicas o frecuencias de realización, facilitando la asignación de recursos y optimizando los tiempos de trabajo, lo que permite que las actividades se realicen de manera eficiente.

Una de las formas más efectivas de agrupación es por frecuencia, lo que incluye rutas diarias, semanales, mensuales o anuales, como se muestra en la **tabla 42** las gamas de mantenimiento.

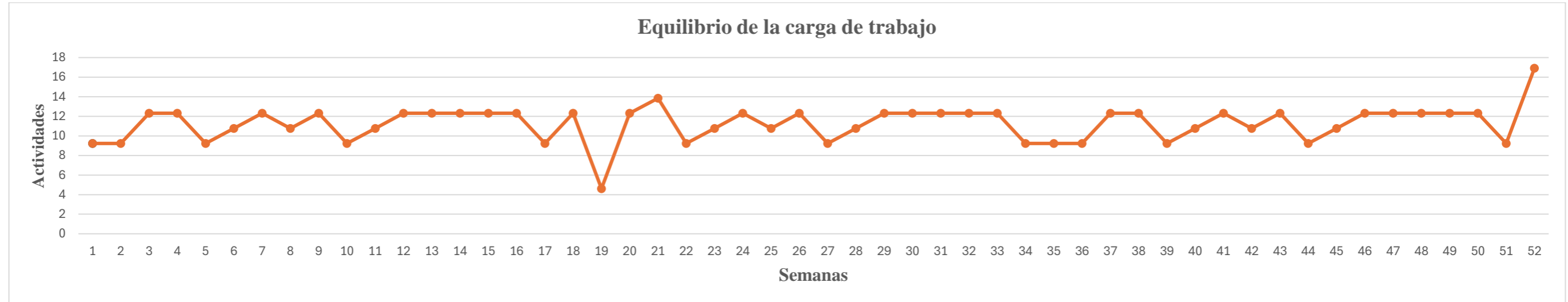
Tabla 42.

Ficha de gama de mantenimiento preventivo.

	GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		FRECUENCIA	CÓDIGO
	INSPECCIÓN GENERAL DIARIA		EDICIÓN: 1 FECHA:	MAN: PREV HOJA:
INSTALACIÓN O ÁREA PARA INSPECCIONAR				
OPERARIO: jefe de producción			1/7/2024	
HORA INICIO: 7:00 am		HORA FINAL: 5:00 pm	T. NORMAL:	
HERRAMIENTAS			EQUIPO DE PROTECCIÓN	
Multímetro, Juego de llaves inglesa, Destornilladores, Alicata			Guantes, Gafas de seguridad, Mascarilla, Arnés, Calzado de seguridad.	
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS:				
Riesgo eléctrico: Desconectar los equipos antes de manipularlos.				
Caída de herramientas o piezas: Uso de guantes y calzado de seguridad.				
Inhalación de polvo acumulado: Uso de mascarillas				
MATERIALES			CÓDIGO DE MATERIALES	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN		RESULTADO	RANGO NORMAL
BÁSCULA DE CAMIONES	Revisar conexiones eléctricas y estado de cables.			
	Limpiar la báscula para evitar acumulación de polvo.			
	Calibrar sensores de peso y celdas de carga.			
	Inspeccionar fusibles.			
ELEVADOR 1, 2 y 3	Revisar tensión y desgaste de la banda de transporte.			
	Verificar el estado de piñones y chumaceras.			
	Ajustar tensores y revisar ejes.			
MOLINO	Revisar estado de martillos.			
	Lubricar chumaceras con grasa.			
	Verificar motor eléctrico y conexiones.			
	Limpiar componentes internos para evitar obstrucciones.			
MEZCLADORA	Limpiar las paletas mezcladoras.			
	Inspeccionar sellos mecánicos y juntas.			
	Lubricar chumaceras.			
	Verificar el estado del motor eléctrico.			
TRANSPORTADOR 1 Y 2	Revisar tornillos sinfín para detectar deformaciones.			
	Lubricar chumaceras.			
	Inspeccionar el estado del motor eléctrico y conexiones.			
OBSERVACIONES				

Como se muestra a continuación en el **gráfico 4**, donde en el plano Y se ubican el número de actividades a realizar semanalmente, y el eje X las semanas de año, distribuidas de manera ordenada.

Gráfico 4.
Gráfica de las cargas de trabajo.



Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Tabla 46.
Valoración cargas de trabajo.

- La jornada laboral por semana	40
- La efectividad corresponde a un técnico:	75%
- Las horas efectivas semanales son:	30 HHS
- Relación Correctivo-Preventivo	35%

NÚMERO DE TÉCNICOS 1

Como se muestra en la **tabla 46**, se resume la división de trabajo dentro de la planta de producción de balanceado, donde se requiere al menos un técnico para realizar las tareas de mantenimiento y puedan seguir en funcionamiento las diferentes máquinas y equipos. La jornada semanal establecida es de 5 días a la semana, sumando un total de 40 horas, donde únicamente se toma en cuenta que el 75% del tiempo es donde el técnico es realmente efectivo con sus tareas diarias, lo que nos da como resultado que 30 horas a la semana son efectivas, donde de estas mismas 30 horas el 35% está relacionado con el mantenimiento correctivo-preventivo que se refiere a la reparaciones y acciones tomadas cuando ya ha ocurrido una falla, mientras que el porcentaje restante que sería del 65% corresponde a las actividades programadas para evitar fallos, prolongar la vida útil de la maquinaria y aumentar la disponibilidad de los mismo, este porcentaje al ser mayor indica que un enfoque al mantenimiento preventivo

Resultados esperados

Con la creación del plan de mantenimiento preventivo en la fábrica de balanceado se pretende mejorar la confiabilidad de los equipos y la eficiencia operativa como se muestra en la **tabla 47**, antes de su aplicación, el tiempo total perdido por fallas era de 40.05 horas, mientras con la implantación del plan de mantenimiento busca reducir los tiempos de inactividad de la maquinaria a 3.6 horas, lo que representa una mejora general del 91%, refleja una disminución notable de las interrupciones en el proceso productivo, obteniendo una mejor continuidad operativa.

Tabla 47.
Tiempos de fallo esperados.

TIPO DE FALLA	Fallos	Tiempo min.	Tiempo total (h)	TIEMPO REDUCIDO (h)	% DE MEJORA
Sistema eléctrico	0	0	0.0	1.33	100%
Bandas de transmisión	2	10	0.3	3.97	92%
Rodamientos y chumaceras	1	35	0.6	3.42	85%
Cinta transportadora	0	0	0.0	5.50	100%
Motores eléctricos	1	60	1.0	15.58	94%
Piñones	2	45	1.5	4.67	76%
Cadenas	2	5	0.2	2.00	92%
		155	3.6	36.47	91%

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Los componentes esenciales de la fábrica tendrán una atención prioritaria para reducir los tiempos de mantenimiento correctivo. Por ejemplo, las fallas en el sistema eléctrico fueron completamente eliminadas, alcanzando un 100% de mejora. Las bandas de transmisión, con una mejora del 92%, y los rodamientos y chumaceras, con un 85%, también mostraron reducciones significativas en tiempos de inactividad. Además, la cinta transportadora y los motores eléctricos se lograron mejoras del 100% y 94%, respectivamente, lo que genera una confiabilidad mucho mayor a la actual.

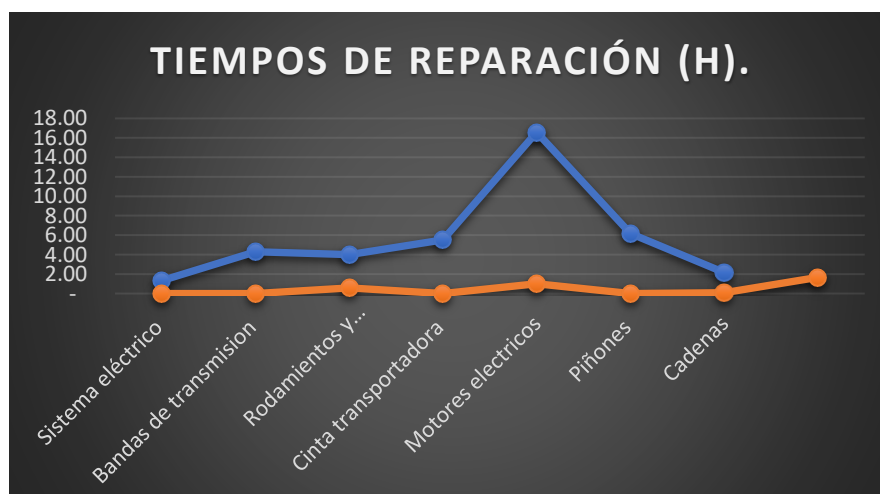
Otro componente importante son los piñones, que, aunque presentan una mejora más moderada del 76%, han reducido el tiempo perdido en 4.67 horas, las cadenas, con una mejora del 92%. Todas estas mejoras, incrementan la disponibilidad de los equipos, reducen el riesgo de fallas inesperadas además de generar beneficios económicos y operativos, con la reducción de fallas y tiempos de inactividad, los costos asociados a reparaciones correctivas disminuirán considerablemente. Este plan tiene como objetivo contribuir a prolongar la vida útil de los equipos, reduciendo la necesidad de reemplazos en casos inesperada.

Análisis de resultados.

Con el plan de mantenimiento y con la gestión de repuestos adecuada se reducirían notablemente los tiempos tanto de espera y reparación de las máquinas, como se muestra en el **gráfico 5** se muestra la línea azul, que representa los tiempos de reparación antes del plan de mantenimiento, tiene picos elevados, especialmente en motores eléctricos, donde el tiempo de reparación alcanzaba más de 16 horas, generando problemas en la producción, con paros operativos muy prolongados. La línea naranja, que representa los tiempos con el plan de mantenimiento, muestra una reducción significativa en casi todos los componentes.

Gráfico 5.

Tiempos de reparación actual vs. proyectados.

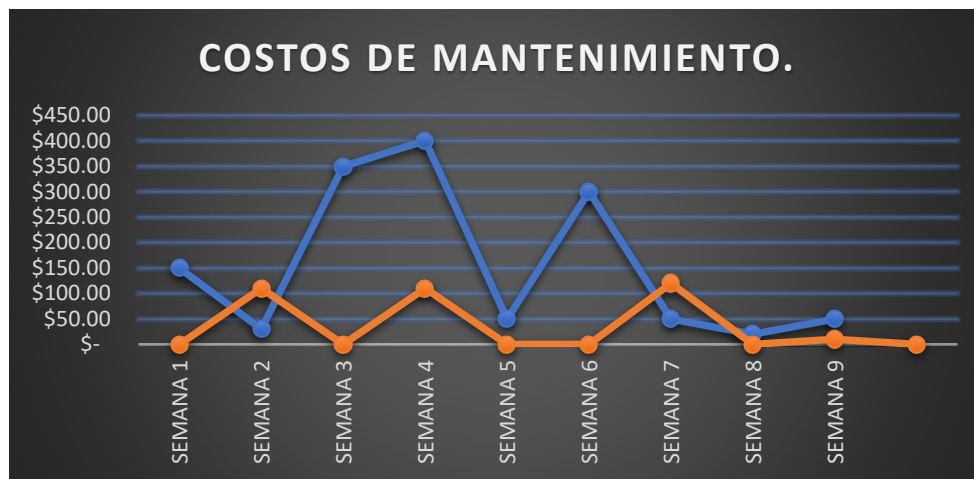


Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

El **gráfico 6** se muestra una disminución en los costos de mantenimiento a lo largo de nueve semanas. Inicialmente, los costos correctivos (línea azul) eran altos e inestables, alcanzando valores superiores a \$400 como en la Semana 4. Sin embargo, a medida que se el plan mantenimiento preventivo se ejecute (línea naranja), los costos por mantenimiento tienen una disminución considerable, estabilizándose en niveles bajos a partir de la Semana 7.

Esta reducción es el resultado de la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, evitando fallos graves y disminuyendo la frecuencia de reparaciones costosas.

Gráfico 6. *Costos de mantenimiento actual vs. proyectados.*



Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

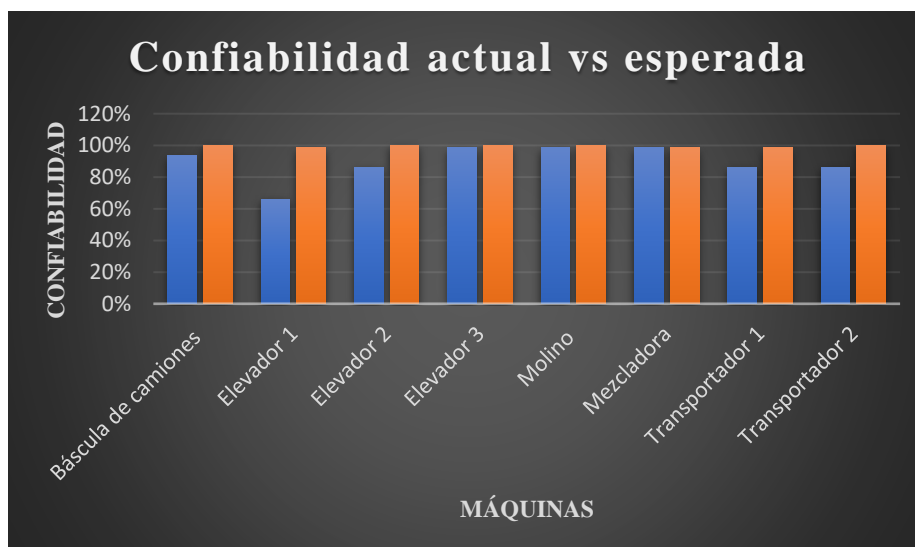
Con la reducción de los fallos técnicos y funcionales estimados en la **tabla 48**, se busca que disminuya la tasa de fallos influyendo directamente en el aumento de la eficiencia operativa, junto con la disponibilidad, reduciendo los costos por mantenimiento correctivo. Actualmente, el Elevador 1, la Mezcladora y el Transportador 1 presentan fallas con una tasa de fallos de 0.017 y una confiabilidad del 98%, lo que indica que estos equipos tienen una probabilidad baja de fallar, pero aún generan interrupciones en el proceso. Al reducir la tasa de fallos, se optimizaría la continuidad operativa, minimizando tiempos de inactividad y evitando retrasos en la producción.

Tabla 48.
Confiabilidad esperada

MÁQUINA	FALLO (Tf)	TASA DE FALLOS (λ)	CONFIABILIDAD
Báscula de camiones	0	0.000	100%
Elevador 1	1	0.017	98%
Elevador 2	0	0.000	100%
Elevador 3	0	0.000	100%
Molino	0	0.000	100%
Mezcladora	1	0.017	98%
Transportador 1	1	0.017	98%
Transportador 2	0	0.000	100%

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Gráfico 7. *Confiabilidad actual vs confiabilidad esperada.*



Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

Al analizar el **gráfico 7**, observamos una comparación en donde la confiabilidad actual es menor a la deseada tanto en elevadores y transportadores, lo que provocaría fallas operativas, con necesidades de mejora, al incrementar la confiabilidad de las maquinas, pero con la reducción de los fallos aumentaría la confiabilidad mejorando tanto la vida útil de la maquinaria.

Tabla 49.
Análisis de tiempos esperado.

<i>TAREA</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>	<i>T7</i>	<i>T8</i>	<i>T9</i>	<i>T10</i>	<i>TIEMPO PROMEDIO (min)</i>	<i>VALORACIÓN</i>	<i>TIEMPO NORMAL (min)</i>	<i>TIEMPO TIPO (min)</i>	<i>TIEMPO TIPO (hr)</i>
<i>PESAJE DE CAMIONES</i>	2	3	2.5	3.8	2	3.2	4.2	2	1.5	3	2.72	1	2.7	3.1	0.05
<i>RECEPCIÓN DE MAIZ</i>	150	160	145	180	160	150	120	150	130	125	147	1	147.0	167.6	2.79
<i>RECEPCIÓN DE SOYA</i>	170	160	150	145	160	156	120	130	160	170	152.1	1	152.1	173.4	2.89
<i>RECEPCION DE AFRECHO</i>	120	145	136	127	148	136	139	145	126	147	136.9	1	136.9	156.1	2.60
<i>MOLIENDA</i>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	1	3.5	4.0	0.07
<i>TRASLADO DE MATERIA PRIMA</i>	0.45	1.7	1.3	0.55	0.6	1.5	1.3	0.32	1.3	1.6	1.062	1	1.1	1.2	0.02
<i>PESAJE</i>	1.8	1.5	1.9	2	2.2	1.7	1.9	1.8	2.3	2.4	1.95	1	2.0	2.2	0.04
<i>MEZCLA</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4.0	4.6	0.08
<i>DESPACHO</i>	15	16	14	18	18	20	17	22	35	20	19.5	1	19.5	22.2	0.37
TIEMPO ESTANDAR														534.4	8.9

Tabla 50.

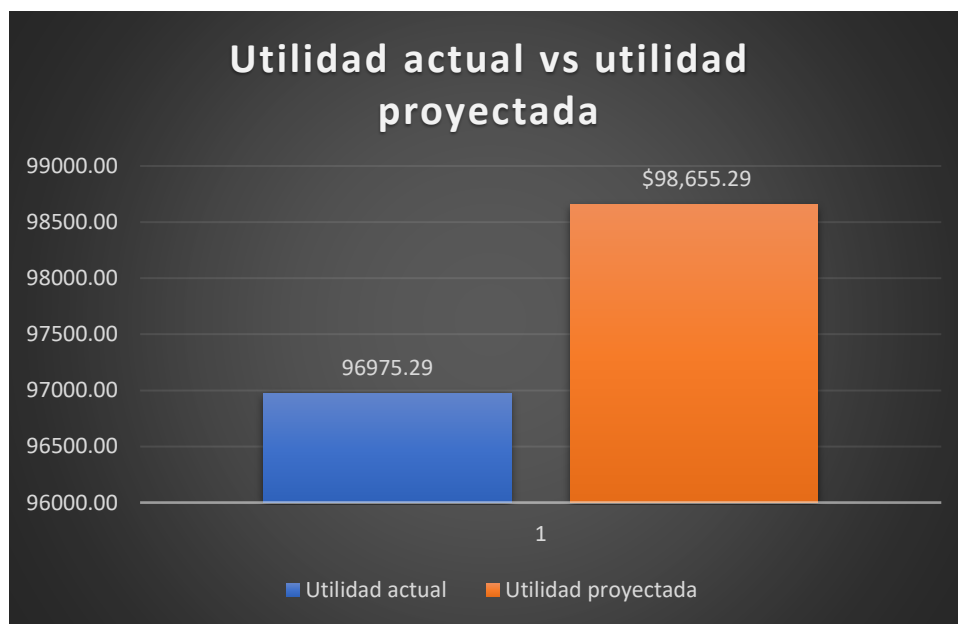
Costos esperados de la producción de alimento balanceado.

	Costos de calidad	Costos de no calidad	Utilidades
Materia prima	\$ 798,389.46		\$ 96,975.29
Mano de obra	\$ 2,250.00		
Gastos	\$ 2,860.05		
Mantenimiento		\$ 350.00	\$ 1,680.00
Total	\$ 803,499.51	\$ 350.00	\$ 98,655.29

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025)

En la **gráfica 8** se ve la diferencia en la utilidad actual y la utilidad proyectada habría una mejora del 1.7%, se indica en la gráfica con una reducción de los costos de no calidad de \$ 1680, que serían los costos asociados directamente al mantenimiento.

Gráfico 8. *Utilidad actual vs utilidad proyectada.*



Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Con la implementación del plan de mantenimiento en la Avícola San Pablo se busca una gestión eficiente de los recursos y una optimización de los procesos operativos. A través de la planificación y asignación de recursos, se establecerán prioridades para la ejecución del mantenimiento en las áreas y equipos críticos, generando así una mayor confiabilidad

y continuidad en la producción. La capacitación periódica del personal en procedimientos de mantenimiento y el uso adecuado de formatos de registro permitirán estandarizar las actividades y mejorar el control sobre el estado de los equipos.

Además, la adquisición de herramientas, repuestos y materiales facilitará la ejecución del plan sin interrupciones, evitando retrasos, será posible analizar patrones de deterioro y optimizar los procedimientos de mantenimiento en función de los resultados obtenidos.

Este permitirá la evaluación continua de los indicadores de desempeño, teniendo mejoras progresivas y ajustes que aumenten la vida útil de las máquinas. La estandarización del mantenimiento no solo reducirá costos operativos, sino una mayor autonomía dentro de la empresa.

Tabla 51.

Cronograma de actividades.

Cronograma de actividades

Cronograma de actividades para la creación del plan de mantenimiento para la planta de producción de alimento balanceado de la avícola San Pablo.						SEMANAS																
						MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				
No.	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	INDICADORES	INICIO	FIN	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Planificación y asignación de recursos para la implementación del mantenimiento.	Jefe de Mantenimiento	% de cumplimiento del plan de recursos asignados.	4/11/2024	11/11/2024	■																
2	Identificación de áreas y equipos prioritarios para la ejecución del plan.	Ingeniero industrial	% de equipos críticos identificados vs. total de equipos.	11/11/2024	18/11/2024		■															
3	Capacitación del personal en procedimientos de mantenimiento.	Recursos Humanos Ingeniero industrial	% de personal capacitado sobre el total programado.	18/11/2024	2/12/2024			■	■													
4	Charlas de instrucción sobre los formatos para registros de mantenimiento.	Área administrativa	Número de charlas impartidas / % de asistencia del personal.	2/12/2024	9/12/2024					■												
5	Adquisición de herramientas, repuestos y materiales necesarios para la ejecución del plan.	Ingeniero industrial	% de insumos adquiridos respecto a lo planificado.	9/12/2024	23/12/2024						■	■										
6	Implementación de inspecciones preventivas en equipos críticos.	Ingeniero industrial	% de inspecciones realizadas sobre el total programado.	23/12/2024	3/1/2025								■	■								
7	Registro y análisis de fallas detectadas en el proceso inicial.	Ingeniero industrial jefe de planta	Número de fallas detectadas y clasificadas.	3/1/2025	20/01/2025											■	■	■				
8	Optimización de los procedimientos de mantenimiento basado en los primeros resultados obtenidos.	Ingeniero industrial	% de procedimientos ajustados según hallazgos.	20/01/2025	3/2/2025														■	■		
9	Evaluación de indicadores de desempeño y ajuste del plan de mantenimiento.	Ingeniero industrial	% de cumplimiento de objetivos del mantenimiento.	3/2/2025	15/02/2024																■	■

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Análisis de costos.

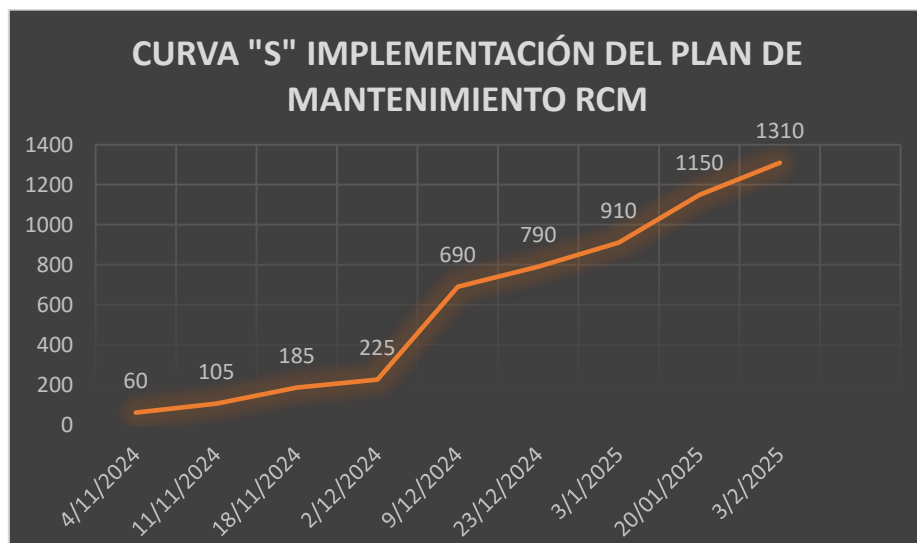
Tabla 52.

Costos para la implementación de la propuesta

N°	ACTIVIDADES	FECHA	CANTIDAD (horas)	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
1	Planificación y asignación de recursos para la implementación del mantenimiento.	4/11/2024	6	10	60
2	Identificación de áreas y equipos prioritarios para la ejecución del plan.	11/11/2024	3	15	45
3	Capacitación del personal en procedimientos de mantenimiento.	18/11/2024	8	10	80
4	Charlas de instrucción sobre los formatos para registros de mantenimiento.	2/12/2024	2	20	40
5	Adquisición de herramientas, repuestos y materiales necesarios para la ejecución del plan.	9/12/2024	1	465	465
6	Implementación de inspecciones preventivas en equipos críticos.	23/12/2024	5	20	100
7	Registro y análisis de fallas detectadas en el proceso inicial.	3/1/2025	8	15	120
8	Mejora de los procedimientos de mantenimiento con los primeros resultados obtenidos.	20/01/2025	12	20	240
9	Evaluación de indicadores de desempeño y ajuste del plan de mantenimiento.	3/2/2025	8	20	160
TOTAL					1310

Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

Gráfico 9. Curva "S"



Elaborado por: Mayorga, Anthony (2025).

La implementación del Plan de Mantenimiento RCM como se muestra en la Curva "S", muestra la evolución progresiva de cronograma.

En la fase inicial, el proceso comienza con un crecimiento lento, registrando un valor de \$ 60 el 4 de noviembre de 2024. Durante este período inicial, se realizan actividades como la planificación y asignación de recursos para la implementación del mantenimiento.

La siguiente fase, de crecimiento acelerado, se refleja en el significativo aumento hasta los \$ 690 el 9 de diciembre de 2024 con la adquisición de herramientas, repuestos y materiales necesarios para la ejecución del plan. Este periodo representa el momento de mayor avance, donde las mejoras comienzan a ser evidentes y el impacto en la operación es más notorio.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones:

- Resultado del diagnóstico de la situación actual, se identificaron y analizaron los factores que afectan la producción de alimento balanceado dentro de la planta de fabricación de la **Avícola San Pablo** como los paros inesperados, altos costos de mantenimiento correctivo, baja productividad, además se evidenciaron ineficiencias en etapas del proceso productivo, incluyendo problemas de planificación y confiabilidad de las máquinas, lo que generó retrasos e interrupciones lo que también genera reprocesos en la producción diaria.
- El análisis del estado de las máquinas y equipos que intervienen en el proceso de fabricación del alimento balanceado, gracias a las fichas técnicas se obtuvo que hay desgaste de la maquinaria, debido a la falta de mantenimiento, la sobrecarga y el uso inadecuado de los equipos, lo que ocasiona fallos que generan gastos adicionales y afectan la eficiencia y eficacia del proceso productivo. Además de establecer la criticidad de la maquinas permitiendo priorizar aquellas con mayor impacto dentro del proceso.
- Con la creación de el plan de mantenimiento, con la proyección de implementación. Se mejorará la gestión de los equipos. El tiempo de mantenimiento correctivo, que inicialmente era de 40.05 horas, se pretende reducir a 3.6 horas, representando una mejora del 96% en los tiempos de reparación. Además, la confiabilidad de las máquinas aumentará por encima del 98%. También se busca reducir los costos de mantenimiento correctivo, pasando de 1,400 USD a 390 USD, lo que representa una mejora del 72.14%. Adicionalmente, la optimización del proceso contribuiría a una disminución de los costos de no calidad en un 1.6%, donde se mejorará la rentabilidad de la empresa

Recomendaciones:

- El monitoreo continuo de los indicadores de desempeño (KPIs) para evaluar la efectividad del mantenimiento en la planta de producción. Se recomienda medir variables como el tiempo medio entre fallos (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR), costos de mantenimiento y porcentaje de disponibilidad de equipos. La recopilación y análisis de estos datos permitirán identificar áreas de mejora y optimizar la gestión de recursos, asegurando una mayor eficiencia operativa y una reducción en costos de mantenimiento.
- Se recomienda la optimización y actualización constante del plan de mantenimiento, incorporando nuevas tecnologías como sensores de monitoreo de vibraciones y sistemas de alerta temprana para detectar posibles fallas en los equipos.
- Capacitación del personal técnico, para que cuenten con el conocimiento y las herramientas necesarias para realizar un mantenimiento adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBÁN, C., & JÁCOME, O. (2008). Escuela Politécnica Nacional escuela de ingeniería elaboración del manual de mantenimiento para la empresa sedemi s.c.c. proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). libro-administracion-de-operaciones-produccion-y-cadena-de-suministro-chase-aquilano.
- Crespo Azanza, H. E., & Arias Reyes, C. P. (2024). Evolución del Análisis de Vibraciones en Mantenimiento Predictivo, en Relación a los Patrones de Vibración en Elementos Mecánicos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 2444–2452. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12488
- Esmeraldas, Y. (2019). T-ESPE-039712. Universidad de las fuerzas armadas.
- FAO. (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook. In *OECD Agriculture Statistics*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Fernández, V., & Segovia, J. (2023). Maestría en Opción de Titulación: Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas Verónica Fernández Castillo José Segovia Chalén.
- Kanawaty. g. (1996). *introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit* (Vol. 4).
- MAG. (2023). Ministerio de agricultura y ganadería informe ejecutivo de rendición de cuentas periodo: enero-diciembre 2023.
- Martínez, M., & Bustos Jorge. (2021). Universidad técnica de Cotopaxi facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas Autores: Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de ingeniero Industrial.
- Ministerio de energía y minas. (2023). *Energía, sociedad y ambiente*.
- Parra, V. (2024). Universidad tecnológica Indoamérica facultad de ingeniería, industria y producción.
- Rodríguez, C. (2024). Universidad tecnológica Indoamérica facultad de ingeniería, industria y producción.
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento Industrial*.
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*.

Gómez de León, F. C. (1998). Tecnología del mantenimiento industrial.

Olearte, W., Botero, M., & Cañon, B. (s/f). La productividad en el mantenimiento industrial. 2010. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>

Sánchez, F., González, A., Sancho, J., & Rodríguez, P. (2013). Mantenimiento mecánico de máquinas.

Villanueva, E. (2014). La productividad en el mantenimiento industrial (Primera). Grupo Editorial Patria.

ANEXOS

Anexo 1.

Certificado de conformidad por parte de la empresa.



CERTIFICADO

Latacunga, 25 de febrero del 2025

Yo, **Garcés Portero Rosa Iralda**, portadora de la cédula de identidad **1802497089**, en calidad de **Gerente** de la **Avícola San Pablo**, certifico que el Sr. **Mayorga Garcés Anthony David**, con cédula de identidad **1804480299**, estudiante de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la **Universidad Tecnológica Indoamérica**, realizó su trabajo de titulación con el tema:

“Optimización de la producción de alimento balanceado mediante la creación de un plan de mantenimiento en la empresa Avícola San Pablo, ubicada en la ciudad de Latacunga.”

Habiendo revisado el trabajo desarrollado, puedo afirmar que tal propuesta servirá para incrementar la productividad, reduciendo los tiempos de producción, los costos por mantenimiento correctivo y alargando la vida útil de las diferentes máquinas y equipos.

Por lo tanto, puedo certificar que el Sr. **Mayorga Garcés Anthony David** ha demostrado **responsabilidad, compromiso y un alto nivel de competencia** en el cumplimiento de este proyecto, cumpliendo con los objetivos planteados desde un inicio.



Atentamente:



Garcés Portero Rosa Iralda

CI: 1802497089

0997930435

Anexo 2.

Ficha de revisión diaria báscula de camiones.

	REVISIÓN DE LA MAQUINARIA ANTES DE INICIAR LA OPERCIÓN														CÓDIGO:																				
															VERSIÓN:		1																		
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO														FECHA DE EMISIÓN:		1/6/2025																		
ÁREA DE PESAJE	CHEQUEO VISUAL	INSTRUCCIONES: En los recuadros de cada semana marcar con un visto (✓) si cumple con las cpndiciones, lo contrario marca con una (X) y explicar las razones en OBSERVACIONES, si considera que la maquina no presta garantías hacia la integridad de las personas, y comuniquede inmediato.																																	
ENERO 2025	N.	MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
FOTO		BÁSCULA DE CAMIONES	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V		
	1	Interruptor ON-OFF acciona correctamente																																	
	2	Limpiar residuos de polvo y suciedad acumulados																																	
	3	Revisar cables y conexiones eléctricas																																	
	4																																		
	5																																		
	6																																		
Observaciones																																			
Responsable de ejecución																																			
Técnico responsable																																			
Fecha de validación																																			



Anexo 3.

Ficha de revisión diaria elevador 1.

	REVISIÓN DE LA MAQUINARIA ANTES DE INICIAR LA OPERCIÓN																CÓDIGO:																	
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO																VERSIÓN:		1															
																	FECHA DE EMISIÓN:		1/6/2025															
ÁREA DE RECEPCIÓN	CHEQUEO VISUAL	INSTRUCCIONES: En los recuadros de cada semana marcar con un visto (✓) si cumple con las cpndiciones, lo contrario marca con una (X) y explicar las razones en OBSERVACIONES, si considera que la maquina no presta garantías hacia la integridad de las personas, y comunique de inmediato.																																
ENERO 2025	N.	MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
FOTO		ELEVADOR	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	
	1	Interruptor ON-OFF acciona correctamente																																
	2	Revisión de conexiones																																
	3	Revisar lubricación de chumaceras																																
	4	Inspección del estado de las cadenas																																
	5	Inspeccionar temperatura y vibraciones del motor																																
	6																																	
Observaciones																																		
Responsable de ejecución																																		
Técnico responsable																																		
Fecha de validación																																		



Anexo 4.

Ficha de revisión diaria mezcladora.

	REVISIÓN DE LA MAQUINARIA ANTES DE INICIAR LA OPERCIÓN														CÓDIGO:																			
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO														VERSIÓN:		1																	
														FECHA DE EMISIÓN:		1/6/2025																		
ÁREA DE MEZCLADO	CHEQUEO VISUAL	INSTRUCCIONES: En los recuadros de cada semana marcar con un visto (✓) si cumple con las cpndiciones, lo contrario marca con una (X) y explicar las razones en OBSERVACIONES, si considera que la maquina no presta garantías hacia la integridad de las personas, y comunique de inmediato.																																
ENERO 2025	N.	MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
FOTO		MEZCLADORA	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	
	1	Interruptor ON-OFF acciona correctamente																																
	2	Revisar conexiones eléctricas																																
	3	Lubricar rodamientos y chumaceras																																
	4	Revisar el estado de la cadena																																
	5	Inspeccionar temperatura y vibraciones del motor																																
	6																																	
Observaciones																																		
Responsable de ejecución																																		
Técnico responsable																																		
Fecha de validación																																		



Anexo 5.

Ficha de revisión diaria molino.

	REVISIÓN DE LA MAQUINARIA ANTES DE INICIAR LA OPERCIÓN															CÓDIGO:																		
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO															VERSIÓN:		1																
																FECHA DE EMISIÓN:		1/6/2025																
ÁREA DE MOLIENDA	CHEQUEO VISUAL	INSTRUCCIONES: En los recuadros de cada semana marcar con un visto (✓) si cumple con las cpndiciones, lo contrario marca con una (X) y explicar las razones en OBSERVACIONES, si considera que la maquina no presta garantías hacia la integridad de las personas, y comunique de inmediato.																																
ENERO 2025	N.	MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
FOTO		MOLINO	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	
	1	Interruptor ON-OFF acciona correctamente																																
	2	Lubricar rodamientos																																
	3	Revisar el cedazo y martillos																																
	4	Inspeccionar temperatura y vibraciones del motor																																
	5																																	
	6																																	
Observaciones																																		
Responsable de ejecución																																		
Técnico responsable																																		
Fecha de validación																																		

Anexo 6.

Ficha de revisión diaria transportador.

	REVISIÓN DE LA MAQUINARIA ANTES DE INICIAR LA OPERCIÓN											CÓDIGO:																				
	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO											VERSIÓN:		1																		
		FECHA DE EMISIÓN:											1/6/2025																			
ÁREA DE MEZCLADO	CHEQUEO VISUAL	INSTRUCCIONES: En los recuadros de cada semana marcar con un visto (✓) si cumple con las cpndiciones, lo contrario marca con una (X) y explicar las razones en OBSERVACIONES, si considera que la maquina no presta garantías hacia la integridad de las personas, y comuniquede inmediato.																														
ENERO 2025	N. MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
FOTO	TRANSPORTADOR	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
	1	Interruptor ON-OFF acciona correctamente																														
	2	Revisar conexiones eléctricas																														
	3	Lubricar rodamientos y chumaceras																														
	4	Revisar el estado de la bandas																														
	5	Inspeccionar temperatura y vibraciones del motor																														
	6																															
Observaciones																																
Responsable de ejecución																																
Técnico responsable																																
Fecha de validación																																