

Plan de mantenimiento preventivo para la empresa avícola “AVIMOL S.A.S.” basado en
los pilares del mantenimiento productivo total (TPM)

Daniela Jaimes Carvajal y Jhair Fernando Claro Candela

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingenieros Mecánicos

Director

Carlos Borrás Pinilla

PhD, MSc, Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Ingeniería Mecánica
Bucaramanga
2025

Dedicatoria

A Dios. En él puse mi vida y mi carrera para alcanzar hoy mi sueño profesional.

*A mi familia. Mis padres **ALEXANDRA CANDELA SANDOVAL** y **ALVEIRO CLARO BAYONA**, a mi hermano **BRAYANN ALVEIRO CLARO** quienes con su apoyo incondicional amor y paciencia han llenado mi camino de inspiración y alegría.*

JHAIR FERNANDO CLARO CANDELA

*A Dios, por brindarme las oportunidades más valiosas en los momentos precisos y por guiar cada una de mis decisiones con sabiduría. A mi padre, **CLEMENTE JAIMES**, por caminar siempre a mi lado, por creer firmemente en mí, y por sus enseñanzas y amor. A mi madre, **GLADYS CARVAJAL**, por su compañía en cada madrugada, por su apoyo incansable, su paciencia infinita y el amor incondicional. A mi hermano, **DIEGO JAIMES**, por ser un pilar de inspiración, por su ejemplo de esfuerzo y superación, y por brindarme siempre lo mejor e impulsarme a alcanzar mi mejor versión. A mi fiel compañero de cuatro patas, **ALAN**, por estar presente en cada desvelo, en las largas noches de estudio, regalándome su silenciosa pero invaluable compañía. Este logro no es únicamente mío; es el reflejo del amor, la entrega y la dedicación de todos ustedes. Gracias, de corazón, por ser la razón y la fuerza detrás de este sueño cumplido.*

DANIELA JAIMES CARVAJAL

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica y a todos los profesores, por la formación recibida durante la carrera universitaria, que constituyó la base para mi desarrollo académico y profesional.

A la empresa Avimol S.A.S. y a todo su personal, por el apoyo y la colaboración en el desarrollo de este proyecto de grado.

A mi compañera de tesis, Daniela Jaimes, por su dedicación, amistad, compromiso y por compartir conmigo cada desafío y logro en esta etapa tan significativa.

A todas las personas que, de una u otra manera, hicieron posible la elaboración de este trabajo.

A todos ustedes, mi más sincero reconocimiento y gratitud.

JHAIR FERNANDO CALRO CANDELA

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por su entrega a la enseñanza y a mi formación profesional. Al ingeniero Carlos Borrás Pinilla, director de este proyecto, por su colaboración y asesoría brindada durante todo el proceso. A la empresa Avimol S.A.S., por la oportunidad de desarrollar este proyecto en un ambiente de aprendizaje práctico. A sus trabajadores por su disposición, asesoría y orientación en el desarrollo. A mis amigos y compañeros de universidad, gracias por cada momento de estudio compartido, por las risas en medio del cansancio y por ser parte esencial de esta etapa de mi vida. En especial, a mi mejor amigo Fabián Díaz, por su lealtad, apoyo incondicional y por celebrar conmigo cada logro. Finalmente, a mi compañero de tesis, Jhair Claro, por su dedicación, compañerismo y complicidad en cada etapa de este proyecto. Gracias por el trabajo en equipo, la perseverancia, la compañía y el esfuerzo compartido durante estos años.

DANIELA JAIMES CARVAJAL

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Planteamiento del problema.....	17
1.1 Identificación del problema	17
1.2 Justificación del problema	17
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo General.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3. Marco Teórico.....	20
3.1 Antecedentes	20
3.1.1 Antecedentes Internacionales.....	20
3.1.2 Antecedentes Nacionales.	20
3.2 Referentes teóricos.....	21
3.2.1 Mantenimiento Productivo Total	21
3.2.2 Normativa para la gestión del mantenimiento	23
4. Empresa Avícola Avimol S.A.S.	24
4.1 Generalidades.....	24
4.2 Filosofía Empresarial	25
4.2.1 Misión	25
4.2.2 Visión.....	25
4.3 Estructura Organizacional.....	25
4.3.1 Estructura organizacional del mantenimiento.....	26

4.4 Productos.....	26
4.4.1 Alimento en harinas	27
4.4.2 Alimento peletizado	27
4.5 Proceso de producción	28
5. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento Actual	31
5.1 Administración del mantenimiento.....	32
5.2 Planeación y programación del mantenimiento	32
5.3 Documentación técnica.....	33
5.4 Apoyo informático	34
5.5 Costos de mantenimiento.....	34
5.6 Gestión y almacenamiento de repuestos	35
5.7 Diagnóstico del estado de los equipos	35
5.8 Determinación de la problemática	35
5.8.1 Problemática A.....	35
5.8.2 Problemática B.....	37
6. Estructuración de la Gestión del Mantenimiento.....	38
6.1 Reconocimiento y clasificación de equipos.....	39
6.1.1 Sistema de recepción y almacenamiento	39
6.1.2 Sistema de transporte	39
6.1.3 Sistema de dosificación.....	39
6.1.4 Sistema de molienda	40
6.1.5 Sistema de peletización.....	40
6.1.6 Sistema de generación de fluidos.....	40

6.1.7 Sistema de ensacado	40
6.1.8 Sistema de mezclado.....	40
6.1.9 Sistema de control y automatización	41
6.2 Taxonomía según la norma ISO 14224	41
6.2.1 Datos de uso/ubicación	42
6.2.2 Subdivisión de equipos	43
6.2.3 Sistema de codificación final	44
6.3 Documentación para la gestión del mantenimiento	45
6.3.1 Fichas técnicas	45
6.3.2 Hojas de vida.....	46
6.3.3 Instructivos de uso y manuales de operación.....	47
6.3.4 Registros de calibración.....	48
7. Análisis de criticidad.....	49
7.1 Criterios de evaluación	50
7.1.1 Frecuencia de fallas.....	51
7.1.2 Impacto operacional.....	51
7.1.3 Flexibilidad operacional.....	52
7.1.4 Costos de mantenimiento.....	52
7.1.5 Impacto en la seguridad, ambiente e higiene	53
7.2 Asignación de valores	54
7.3 Matrices de criticidad.....	55
7.4 Clasificación de equipos	56
7.4.1 Altamente crítico.....	56

7.4.2 Medianamente crítico.....	57
7.4.3 Baja criticidad o nula	58
7.5 Interpretación de resultados	60
8. Planeación y programación del mantenimiento	61
8.1 Formato de intervención del mantenimiento para equipos críticos	61
8.2 Cronograma Anual.....	62
9. Incorporación de los pilares del mantenimiento productivo total.....	63
9.1 Mantenimiento autónomo	63
9.2 Mantenimiento planificado	64
9.3 Metodología de las 5S's.....	65
9.3.1 SEIRI (Clasificar)	65
9.3.2 SEITON (Ordenar).....	67
9.3.3 SEISO (Limpiar).....	70
9.3.4 SEIKETSU (Estandarizar).....	71
9.3.5 SHITSUKE (Disciplinar).....	71
10. Sistema de información para la información del mantenimiento “AVIMANT”	73
10.1 Alcance del sistema.....	73
10.2 Estructuración del sistema	73
10.2.1 Diagrama Lógico	74
10.2.2 Variables de entrada y salida	75
10.2.3 Módulos del sistema	75
10.2.4 Base de datos.....	80
10.3 Requisitos técnicos.....	81

10.4 Funcionamiento.....	81
10.4.1 Manual de usuario.....	81
11. Indicadores	82
11.1 Indicadores de ejecución del plan.....	82
11.2 Indicador de gestión del mantenimiento	83
11.2.1 Disponibilidad.....	84
11.2.2 Confiabilidad.....	85
11.2.3 Mantenibilidad.....	86
11.2.4 Análisis comparativo de los indicadores de mantenimiento pre y post a la implementación del plan.....	86
11.3 Resultados Indicadores	89
12. Conclusiones	90
13. Recomendaciones	92
Referencias Bibliográficas	94
Apéndices.....	96

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Alimento para cerdos	26
Tabla 2 Alimento para Aves	27
Tabla 3 Tabla de criterios del radar de diagnóstico	31
Tabla 4 Identificación de criterios taxonómicos	43
Tabla 5 Taxonomía por sistemas	44
Tabla 6 Criterios de frecuencia de fallas.....	51
Tabla 7 Criterios de impacto operacional	52
Tabla 8 Criterios de flexibilidad operacional.....	52
Tabla 9 Criterios de costos de mantenimiento	53
Tabla 10 Criterios de impacto en la seguridad, ambiente e higiene	53
Tabla 11 Ejemplo tabla de criterios de criticidad del sistema de molienda.....	54
Tabla 12 Equipos altamente críticos	57
Tabla 13 Equipos medianamente críticos	58
Tabla 14 Equipos de baja o nula criticidad	59
Tabla 15 Tiempos de jornada laboral.....	84
Tabla 16 Tiempos de operación por equipo.....	84
Tabla 17 Datos de marzo	87
Tabla 18 Indicadores de marzo	88
Tabla 19 Datos de Julio.....	88
Tabla 20 Indicadores Julio	89
Tabla 21 Comparación pre y post implementación	90

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Pilares del TPM.....	22
Figura 2 Pirámide Taxonómica NORMA ISO 14224	23
Figura 3 Planta de Alimentos Balanceados AVIMOL S.A.S.....	24
Figura 4 Estructura organizacional AVIMOL S.A.S.....	25
Figura 5 Modalidades de distribución del producto final	28
Figura 6 Proceso productivo de la planta de alimentos balanceados AVIMOL S.A.S. ..	28
Figura 7 Almacenamiento de materias primas	29
Figura 8 Sistema de llenado de silos.....	29
Figura 9 Micromezcladora.....	30
Figura 10 Peletizadora	30
Figura 11 Cuarto de control PLC.....	31
Figura 12 Radar de diagnóstico de la gestión del mantenimiento actual.....	32
Figura 13 Registro antiguo de mantenimiento.....	33
Figura 14 Formato anterior de mantenimiento	34
Figura 15 Registro de ordenes de producción altas	36
Figura 16 Registro de ordenes de producción bajas	37
Figura 17 Registro de producción del día 24 abril.....	37
Figura 18 Diagrama de flujo del proceso de gestión del mantenimiento	38
Figura 19 Asignación de criterios pirámide taxonómica	42
Figura 20 Formato fichas técnicas	46
Figura 21 Formato hojas de vida	47

Figura 22	Formatos instructivos de uso y manuales de operación	48
Figura 23	Formato registros de calibración	49
Figura 24	Ejemplo matriz de criticidad sistema de molienda.....	56
Figura 25	Distribución porcentual de equipos por criticidad	60
Figura 26	Formato de intervención del mantenimiento para equipos críticos.....	62
Figura 27	Ejemplo cronograma anual de mantenimiento	63
Figura 28	Formato de guía de verificación del funcionamiento de los equipos	64
Figura 29	Ejemplo de etiquetado de los equipos y repuestos	66
Figura 30	Ejemplo de etiquetado de equipos por útil, reparable y obsoleto.....	67
Figura 31	Tablero porta herramientas para el taller mecánico	67
Figura 32	Organización y limpieza del tablero de la ensacadora (antes y después).....	68
Figura 33	Etiquetado de pulsadores y botones del PLC	69
Figura 34	Etiquetas de codificación de equipos según la norma ISO 14224.	69
Figura 35	Demarcación visual de áreas de trabajo y circulación en la planta.	70
Figura 36	Implementación de jornadas de aseo.....	71
Figura 37	Capacitación del personal en conceptos de mantenimiento y TPM.....	72
Figura 38	Evidencia de asistencia del personal	72
Figura 39	Estructuración del sistema de mantenimiento AVIMANT	74
Figura 40	Diagrama lógico AVIMANT	74
Figura 41	Variables de entrada y salida AVIMANT.....	75
Figura 42	Interfaz de inicio AVIMANT.....	76
Figura 43	Módulo de fichas técnicas	76
Figura 44	Módulo de hojas de vida AVIMANT.....	77

Figura 45 Módulo de instructivos de uso AVIMANT.....	78
Figura 46 Módulo de registro de calibración AVIMANT.....	78
Figura 47 Módulo de planeación cronológica del mantenimiento	79
Figura 48 Módulo de inventario de equipos AVIMANT	80
Figura 49 Indicador de ejecución del plan.....	82

Lista de Apéndices

Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional

Apéndice A. Taxonomía NORMA ISO 14224

Apéndice B. Fichas técnicas

Apéndice C. Hojas de vida

Apéndice D. Instructivos de uso y manuales de operación

Apéndice E. Registros de calibración

Apéndice F. Análisis de criticidad

Apéndice G. Formatos de intervención del mantenimiento para equipos críticos

Apéndice H. Guías de verificación del funcionamiento del equipo

Apéndice I. Manual de AVIMANT

Apéndice J. Software AVIMANT

Apéndice K. Carta de asistencia de capacitación

Resumen

Título: Plan de mantenimiento preventivo para la empresa avícola “Avimol S.A.S.” basado en los pilares del mantenimiento productivo total *

Autor: Daniela Jaimes Carvajal y Jhair Fernando Claro Candela **

Palabras Clave: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Productivo Total, Industria Avícola

Descripción: En el marco de la necesidad de fortalecer la gestión y administración del mantenimiento en la planta de producción de alimentos balanceados de la empresa avícola Avimol S.A.S., se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo fundamentado en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), con énfasis en los pilares de mantenimiento autónomo y la metodología de las 5S. El proyecto inicio con la aplicación de la taxonomía establecida en la norma ISO 14224 para mejorar la trazabilidad de los equipos, seguida de un análisis de criticidad el cual permitió priorizar los equipos estratégicos y orientar el enfoque del plan propuesto en aquellos de mayor impacto. Se diseñaron distintos formatos de mantenimiento que facilitan la identificación, registro, consulta y actualización continua de la información, además de promover la participación del personal operativo y técnico en el cuidado y preservación de los equipos. Finalmente, se desarrolló un sistema de gestión en Excel para la organización y sistematización de la información, integrando la planeación y seguimiento de las tareas, con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los equipos y, a su vez, fortalecer una cultura orientada al mantenimiento preventivo dentro de la empresa.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás Pinilla, PhD. Ingeniería Mecánica.

Abstract

Title: Preventive maintenance plan for the poultry company “Avimol S.A.S.” based on the pillars of total productive maintenance*

Author: Daniela Jaimes Carvajal y Jhair Fernando Claro Candela**

Key Words: Preventive Maintenance, Total Productive Maintenance, Poultry Industry.

Description: In order to strengthen maintenance management and administration at the feed production plant of poultry company Avimol S.A.S., a preventive maintenance plan was developed based on the Total Productive Maintenance (TPM) philosophy, with an emphasis on the pillars of autonomous maintenance and the 5S methodology. The project began with the application of the taxonomy established in the ISO 14224 standard to improve asset equipment, followed by a criticality analysis that allowed for the prioritization of strategic equipment and the focus of the proposed plan on those with the greatest impact. Different maintenance formats were designed to facilitate the identification, recording, consultation, and continuous updating of information, as well as to promote the participation of operational and technical personnel in the care and preservation of equipment. Finally, an Excel management system was developed for the organization and systematization of information, integrating task planning and monitoring, with the aim of improving equipment availability and, in turn, strengthening a preventive maintenance-oriented organizational culture within the company.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Carlos Borrás Pinilla, PhD. Mechanical Engineer.

Introducción

En medio de la presente búsqueda de la mejora continua en los procesos productivos del sector avícola, la adecuada gestión del mantenimiento constituye un factor determinante para garantizar la continuidad operativa y la calidad de la producción. Sin embargo, en este sector es frecuente encontrar deficiencias en la implementación de estrategias de mantenimiento, con un enfoque predominante en acciones correctivas. Esta práctica genera costos elevados asociados a fallas graves y paradas prolongadas e inesperadas las cuales podrían evitarse mediante la aplicación de un mantenimiento preventivo eficiente.

Avimol S.A.S. es una empresa del sector avícola, la cual cuenta con una planta procesadora de alimentos balanceados que le permite elaborar internamente el alimento requerido para el sostenimiento y crecimiento de sus animales. No obstante, carece de una estructura formal para la planeación, ejecución y control del mantenimiento, dependiendo en gran medida de servicios tercerizados y de intervenciones correctivas.

La antigüedad de los equipos, con más de veinte años de operación, sumada al escaso mantenimiento preventivo realizado, ha incrementado la probabilidad de fallas críticas y reacondicionamientos frecuentes, afectando la disponibilidad operativa y el suministro continuo de alimento a las granjas.

En este contexto, el enfoque de este proyecto tiene como objetivo estructurar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Avimol S.A.S. bajo la filosofía del mantenimiento productivo total con sus pilares de mantenimiento autónomo y uso de las buenas prácticas de las 5S'S. El cual integre herramientas esenciales de mantenimiento orientadas a fortalecer la producción, evitar paradas no programadas y prolongar la vida útil de los equipos.

1.Planteamiento del problema

1.1 Identificación del problema

La planta procesadora de alimentos de la empresa “Avimol S.A.S.” carece de una planeación y organización en mantenimiento. Las actividades se centran en el mantenimiento correctivo, lo que genera paradas imprevistas y prolongadas en las líneas de producción, así como también pérdidas económicas debidas a los altos gastos de dinero en sus reparaciones. Como consecuencia, se ve afectada la productividad de la empresa, razón por la cual se plantea la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo que aporte al fortalecimiento del funcionamiento de los equipos y a la disminución de paradas debidas a fallas inesperadas.

Cualquier parada en la línea de producción tiene un impacto fuerte en la empresa para cumplir con sus obligaciones y pone en riesgo la alimentación de las aves y cerdos al impedirse el suministro continuo que las granjas necesitan diariamente. Lo que los vería en la obligación de adquirir alimentos a otra empresa procesadora de alimentos de una forma improvisada, generando sobrecostos y desajustes logísticos.

1.2 Justificación del problema

Particularmente en esta planta, no existe actualmente un departamento especializado en la planeación, ejecución y supervisión del mantenimiento de los equipos existentes. Las labores de mantenimiento se realizan al presentarse la falla y mediante servicios tercerizados. Solo se cuenta con un técnico de mantenimiento que, en conjunto con los operarios, se encarga de atender los equipos, sin una estructura formal que garantice una gestión eficiente y sistemática del mantenimiento.

Esta falta de planeación ha generado múltiples interrupciones operativas. Muchos de los equipos de la empresa llevan un largo periodo de vida en operación, haciendo que estos se acerquen

a la fase de envejecimiento según la curva de ciclo de vida. Esta condición aumenta las probabilidades de ocurrencia de fallas inesperadas, la necesidad de reacondicionamientos frecuentes y el riesgo de fallos catastróficos que podrían afectar tanto los otros equipos como al personal o la infraestructura de la planta. Un enfoque preventivo, respaldado por técnicas modernas de gestión, facilitaría la identificación temprana de problemas, evitando momentos críticos que comprometan la continuidad de la producción.

Por otro lado, el entorno colaborativo que caracteriza a la empresa permite una favorable adopción del mantenimiento productivo total TPM. Esta metodología propone un enfoque integral en el que toda la organización, desde los operarios hasta los directivos, participa activamente en la gestión del mantenimiento. El TPM no solo busca mejorar la disponibilidad de los equipos, sino también fomentar la responsabilidad compartida, logrando identificar y solucionar inconvenientes antes de que escalen a problemas mayores.

Aunque la implementación del TPM requiere una inversión inicial en tiempo y recursos, sus beneficios son sostenibles a largo plazo, contribuyendo a una mayor continuidad operativa, incrementando la producción. Por consiguiente, la propuesta de trabajo de grado se enfoca en la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción de alimentos balanceados en la empresa avícola, AVIMOL S.A.S enfocado en los pilares fundamentales del mantenimiento productivo total (TPM).

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Avícola “AVIMOL S.A.S” basado en los pilares del mantenimiento productivo total (TPM) en búsqueda de una mejora de su productividad.

2.2 Objetivos Específicos

Estructurar un sistema de codificación de los equipos de la planta de alimentos balanceados de la empresa Avimol S.A.S., conforme a la taxonomía de la norma ISO 14224, abordada hasta el nivel 6 que permita la identificación, clasificación y organización de la información.

Realizar un análisis de criticidad de los equipos a través de una matriz de riesgo, empleando criterios definidos según las necesidades de la empresa.

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos basado en los principios del mantenimiento autónomo y uso de las buenas prácticas de las 5S'S del Mantenimiento Productivo Total.

Desarrollar un sistema de gestión de la información del mantenimiento en Excel, incorporando macros, tablas dinámicas, formularios interactivos y funciones automatizadas, que permita el acceso, actualización y análisis de la información para respaldar la trazabilidad de las intervenciones del mantenimiento.

3. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

Con el propósito de fortalecer el enfoque metodológico del presente proyecto y validar la viabilidad técnica de la estrategia planteada, se han considerado como referencia diversos proyectos de grado y estudios tanto a nivel nacional como internacional.

3.1.1 Antecedentes Internacionales.

La tesis titulada “Propuesta de mejora de la gestión del plan de mantenimiento de la maquinaria de una planta productora de harina de pescado basado en la implementación del Mantenimiento Productivo Total” (Bueno & Ybarra, 2020). En la cual se implementó un sistema de gestión de mantenimiento basado en el TPM, con el fin de enfrentar problemas como la acumulación de órdenes de trabajo y sobrecostos en el área. La propuesta contempló una estrategia de 12 pasos sustentada en los 8 pilares del TPM, incluyendo capacitación al personal y aplicación del mantenimiento autónomo. Gracias a estas acciones, se logró reducir en un 61% el presupuesto anual de mantenimiento, capacitar al 100% del personal operativo y mejorar en un 4% el OEE de la planta.

3.1.2 Antecedentes Nacionales.

En la tesis “*Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Alcaldía del municipio de La Esperanza*” (Jaimes, 2021). Fue desarrollada en la Universidad Industrial de Santander, en ella se diagnosticó el área de mantenimiento como base para formular un plan, estandarizando la documentación técnica bajo la norma ISO 14224, implementando un sistema de codificación y diseñando formatos operativos para órdenes de trabajo, inventarios y registros de mantenimiento. Esto mejoró la disponibilidad y eficiencia de los equipos, demostrando viabilidad técnica y económica.

Por su parte, la tesis “Plan de mantenimiento para la empresa de alimentos concentrados Itacol de Occidente Ltda. empleando los conceptos básicos del TPM” (Angulo, 2009). Inicio por un diagnóstico productivo y de la maquinaria, con inventario, codificación y análisis de criticidad de los equipos. Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo basado en TPM con participación de los operarios, junto a formatos para registrar actividades, protocolos y programación de tareas.

3.2 Referentes teóricos

En este apartado se contextualizará los conceptos teóricos necesarios para lograr el desarrollo del proyecto.

3.2.1 Mantenimiento Productivo Total

Es un concepto que se integra como una estrategia del mantenimiento preventivo, la cual se distingue por promover la colaboración de todos los integrantes de la organización para lograr la mejora continua de los procesos y garantizar una mejor eficiencia operativa (Santos, 2024). Su principal enfoque es el de la creación de una cultura organizacional y autónoma, en la cual el trabajador asuma un rol proactivo en el cuidado y mantenimiento de los activos (Rey, 2001).

3.2.1.1 Pilares del TPM. Esta estrategia se sustenta en ocho pilares fundamentales que constituyen la base de la metodología, de los cuales se aplicaron en el proyecto principalmente el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado. En conjunto, estos pilares integran y vinculan todas las áreas de la empresa, abarcando desde la gestión financiera hasta las operaciones y el mantenimiento.

Figura 1

Pilares del TPM



Nota. La infografía representa los 8 pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Tomado de Los 8 pilares del TPM, por Lean Construction México, 2023, Lean Construction México. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/los-8-pilares-del-tpm>.

3.2.1.2 Metodología de las 5S'S. Para este proyecto, la metodología de las 5S se aplica como un pilar fundamental para asegurar un entorno de trabajo ordenado, seguro y eficiente. Sus cinco principios son clasificar (Seiri), para retirar lo que no aporta valor; ordenar (Seiton), ubicando cada elemento en un lugar definido y accesible; limpiar (Seiso), manteniendo las áreas libres de suciedad y facilitando la detección de irregularidades; estandarizar (Seiketsu), estableciendo normas claras para conservar el orden y la limpieza; y disciplinar (Shitsuke), promoviendo la constancia y el compromiso. Dentro del TPM, estas prácticas facilitan la detección temprana de problemas, ayudan a prevenir fallas y fomentan la participación activa de todo el personal en la mejora continua.

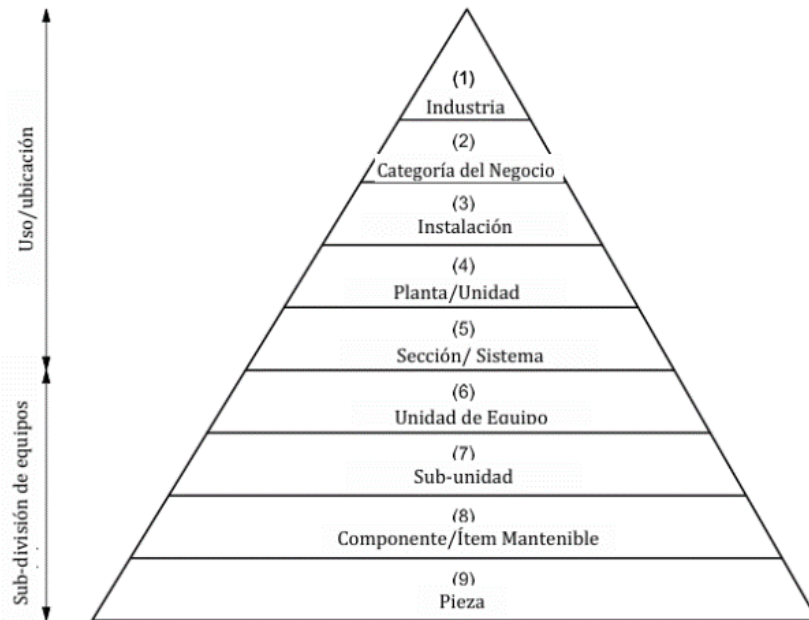
3.2.2 Normativa para la gestión del mantenimiento

La aplicación de normativas técnicas es fundamental para garantizar la eficiencia, seguridad y la confiabilidad de los procesos del mantenimiento. Estas proporcionan un marco estructurado que permite estandarizar, clasificar y establecer criterios para la toma de decisiones.

3.2.2.1 Norma ISO 14224. La norma ISO 14224 establece una base sólida para la recolección y organización de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos industriales, esenciales para la gestión de activos a lo largo de su ciclo de vida. Su enfoque en equipos comunes permite adaptarla fácilmente a cualquier industria con activos físicos, incluida una planta avícola (Campos et al., 2019).

Figura 2

Pirámide Taxonómica NORMA ISO 14224



Nota. La figura muestra la jerarquía de subdivisión de equipos y su uso/ubicación. Tomado de Norma ISO 14224: Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural — Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos (ISO, 2016).

4. Empresa Avícola Avimol S.A.S.

4.1 Generalidades

Avimol S.A.S. es una empresa colombiana del sector agroindustrial, fundada en 1973. La empresa se especializa en la producción de huevo comercial, gallinas, cerdos y ganado de alta calidad, así como en la fabricación de alimentos balanceados para sus animales en el sector agropecuario nacional (Ferreira, 2021). Uno de sus aspectos a destacar es su organización con integración vertical en sus procesos, es decir, que abarca todo el ciclo productivo permitiendo así el control y la optimización desde la formulación del alimento balanceado hasta la entrega del producto final al consumidor.

La planta de producción de alimentos balanceados representa un pilar importante en la empresa, al ser la encargada del suministro y abastecimiento del alimento para las aves y cerdos, ajustado a los requerimientos nutricionales específicos de cada etapa del crecimiento animal. Esta planta produce alrededor de 75 toneladas diarias para abastecer las 10 granjas.

Figura 3

Planta de Alimentos Balanceados AVIMOL S.A.S.



4.2 Filosofía Empresarial

4.2.1 Misión

Somos una empresa colombiana productora de huevo comercial, gallinas, cerdos y ganado de alta calidad y cuidado el medio ambiente. Satisfacemos a nuestros clientes con productos frescos y nutritivos, junto con un equipo de trabajo altamente calificado y comprometido con la excelencia. Nuestra empresa está comprometida con el desarrollo sostenible de las comunidades donde operamos y económico para nuestros accionistas.

4.2.2 Visión

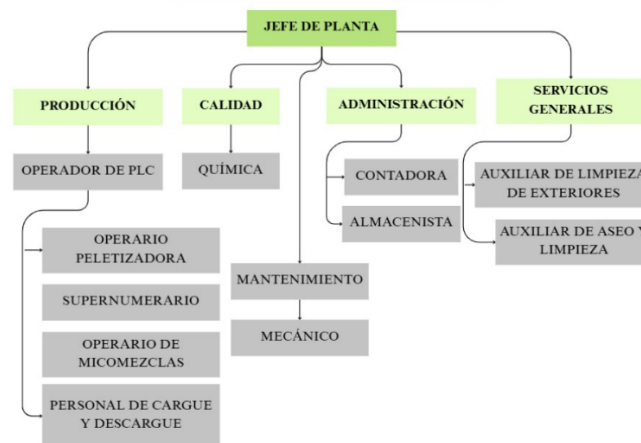
Trabajamos para ser una empresa líder en el mercado regional y nacional en todas nuestras líneas de negocio. Queremos ser reconocidos por la calidad de nuestros productos y procesos sostenibles.

4.3 Estructura Organizacional

La estructura organizacional de la planta de alimentos balanceados de la empresa AVIMOL S.A.S. se presenta en la figura 4, la cual muestra un esquema general de su organización interna.

Figura 4

Estructura organizacional AVIMOL S.A.S.



4.3.1 Estructura organizacional del mantenimiento

La planta de alimentos balanceados no cuenta con una estructura organizativa formal en el área de mantenimiento. Actualmente, no existen responsables designados específicamente para la planeación, ejecución y toma de decisiones relacionadas con las actividades de mantenimiento. Estas funciones recaen en un único mecánico, quien se encarga del funcionamiento general de los equipos y de reportar cualquier falla, error o parada la jefa de producción de planta. A su vez, es la jefa de producción quien toma las decisiones correspondientes a la adquisición de repuestos, contratación de servicios externos (outsourcing) y reemplazo de maquinaria.

4.4 Productos

La planta de producción de alimentos procesados está orientada exclusivamente al autoconsumo interno, lo que quiere decir que no comercializa estos productos al público. Los productos son formulados con las necesidades específicas de cada etapa en el desarrollo y crecimiento de aves y cerdos. En las tablas 1 y 2 se observan los diferentes tipos de alimentos con su respectivo nombre, etapa y descripción.

Tabla 1

Alimento para cerdos

Etapa	Nombre Producto	Descripción
Reproducción	Cerda Gestación	Cerdas en estado de gestación
	Cerdo Lactancia	Cerdas en estado lactante
Lechones	Pre-iniciador	Inicial de alta digestibilidad que se da al lechón destetado
	Iniciador	Después del preiniciador, aún en transición del destete
	Multietapa	Fórmula intermedia usada para unificar etapa de inicio y levante
Crecimiento y engorde	Levante	Promueve el crecimiento muscular
	Engorde	Aumenta el peso de forma intensiva
	Finalizador	Fase final antes del sacrificio, busca buen acabado de peso y calidad

Tabla 2*Alimento para Aves*

Etapa	Nombre Producto	Descripción
Etapas iniciales	Preiniciación pollita	Desde el primer día de vida hasta la semana 1 o 2
	Iniciación pollita	Etapa siguiente, hasta la semana 5
	Pollita inilevante	Transición entre iniciación y levante
	Polla crecimiento	Alimento para pollitas entre semana 6 a 10
	Polla desarrollo	Alimento para pollitas hasta la semana 14
Transición a postura	Prepostura	Transición antes de que la gallina comience a poner huevos. Semana 14-17
	Prepico inicio/especial	Pollitas antes del pico de postura
Producción	Ponedora	Gallinas ya en producción de huevos

La planta procesa dos principales formas físicas de productos: alimento en harina y alimento peletizado.

4.4.1 Alimento en harinas

Este tipo de alimento se compone de ingredientes molidos finamente hasta alcanzar una granulometría homogénea, sin ningún tipo de compresión o compactación.

4.4.2 Alimento peletizado

Este alimento es una versión compactada de la mezcla de ingredientes. Se produce mediante una peletizadora que somete la mezcla previamente a una presión, fricción y temperatura, obligándola a pasar por unas matrices hasta darle la forma cilíndrica de pellets.

Por otro lado, la planta cuenta con dos métodos de empaque para la distribución de sus productos: ensacado en bultos y despacho a granel mediante carros graneleros. La elección del tipo de empaque depende tanto del producto como de los requerimientos específicos de cada granja, según si cuentan con silos o bodegas para el almacenamiento.

Figura 5

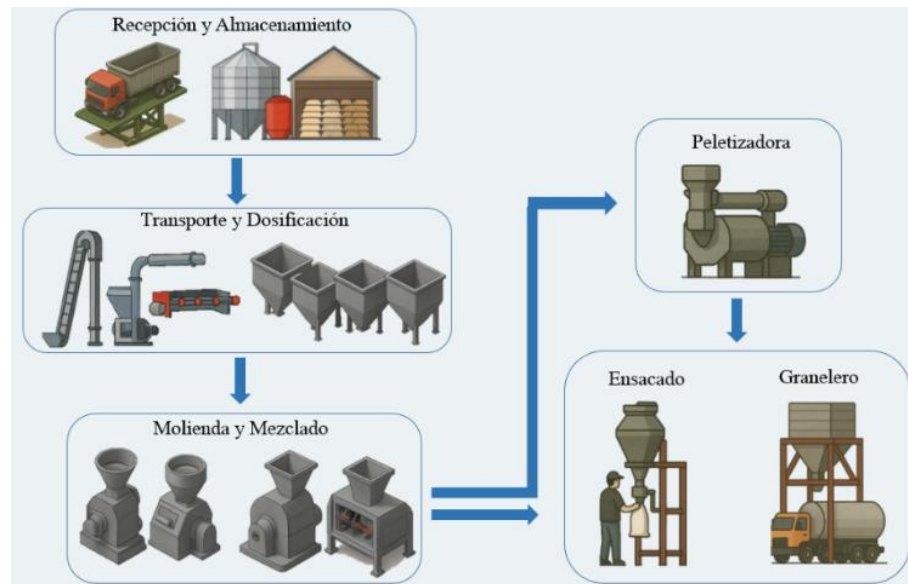
Modalidades de distribución del producto final



4.5 Proceso de producción

Figura 6

Proceso productivo de la planta de alimentos balanceados AVIMOL S.A.S.



El proceso productivo inicia con la recepción y almacenamiento de materias primas de distintos proveedores nacionales. Una vez llegan a la planta, todas son pesadas en la báscula, lo que les permite el control riguroso sobre las cantidades ingresadas y el fácil registro en el

inventario. El maíz y la torta de soya se almacenan en los silos mientras que el afrecho, mogolla, harina de tercera, los núcleos vitamínicos, medicinas y minerales se almacenan en bultos en la bodega. Las materias primas líquidas, como aceite y Luprosil, se almacenan en tanques.

Figura 7

Almacenamiento de materias primas



Todas estas materias primas son transportadas internamente mediante un sistema automatizado que incluye elevadores de cangilones, transportadores de tornillo sin fin y transportadores de paletas, los cuales conducen las materias hasta las distintas tolvas de dosificación de cada subproceso. En el caso particular del maíz es transportado hasta los molinos de martillos, donde es molido finamente para ser incorporado a las distintas mezclas de alimentos.

Figura 8

Sistema de llenado de silos



Por otro lado, el sistema de mezclado se encuentra dividido en dos etapas. La primera parte del mezclado de micro mezclas donde se integran los medicamentos y vitaminas necesarios, asegurando su distribución homogénea. La segunda parte corresponde a la incorporación de los macros de materia primas en la mezcladora de paletas, donde ingresan las micros y las macros para obtener el alimento procesado final.

Figura 9

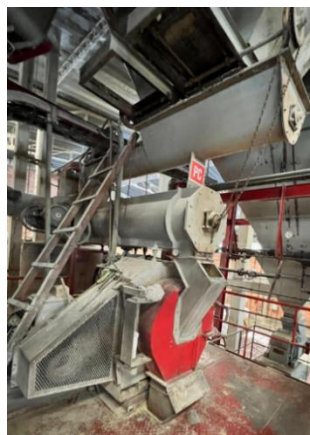
Micromezcladora



En esta etapa del proceso, el alimento puede presentarse de dos formas distintas: harinas y pellets. En el caso de las harinas, el alimento sale directamente de la mezcladora y se dirige hacia las ensacadoras para su respectivo empaquetado y sellado, o bien, puede ser enviado a granel para ser transportado por los graneleros hasta las granjas. Por otro lado, si la presentación requerida es en pellets, el alimento es conducido primero a la peletizadora.

Figura 10

Peletizadora



La realización de todas estas mezclas se lleva a cabo mediante un sistema automatizado controlado por un PLC (Controlador Lógico Programable). Este sistema se encarga de dirigir los recorridos del material y de seleccionar con precisión las cantidades de cada uno de los componentes que conforman las mezclas.

Figura 11

Cuarto de control PLC



5. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento Actual

Inicialmente se llevó a cabo una auditoría diagnóstica de carácter preliminar, en la cual se indagó sobre los principales aspectos de la gestión de mantenimiento vigente. Para ello se realizaron entrevistas al personal clave incluyendo operarios, el mecánico responsable y la jefe de planta y se recolectó información. Cada aspecto evaluado fue calificado bajo una escala de puntuación previamente definida, lo que permitió asignar un valor objetivo a cada indicador.

Tabla 3

Tabla de criterios del radar de diagnóstico

ÍTEM EVALUADO	1	2	3	4	5
	Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Administración del mantenimiento	No existe estructura ni personal designado	Existe un responsable pero sin funciones, lineamientos y controles claros	Existen roles informales sin division clara de responsabilidades ni control	Existe un encargado formalmente designado con procedimientos básicos y cierto nivel de supervisión	Administración sólida, alineada con objetivos estratégicos y KPIS
Planeación y programación del mantenimiento	No se planifican actividades, todo es correctivo	Se planifica de forma esporádica, sin seguimiento.	Existe un plan, pero bajo cumplimiento (<50%).	Planificación con cumplimiento aceptable (70–80%), seguimiento parcial.	Planificación óptima, cumplimiento >90%, totalmente controlado y documentado.
Documentación técnica	No existen manuales ni hojas de vida de equipos	Documentación parcial, incompleta o desactualizada.	Documentación básica disponible, pero no toda actualizada.	Documentación organizada y mayormente actualizada.	Documentación completa, actualizada y accesible para todo el personal.
Apoyo informatico	No existe software ni digitalización de datos	Uso limitado de hojas de cálculo sin estructura.	Herramientas básicas de software, sin integración.	Software de mantenimiento implementado, uso parcial.	Sistema de gestión de mantenimiento informatizado (CMMS) en pleno funcionamiento e integrado.
Costos de mantenimiento	No se registran ni controlan costos.	Registros parciales sin análisis.	Registro básico de costos, análisis limitado.	Control y análisis periódico de costos, informes útiles.	Costos controlados, analizados en detalle y usados para decisiones estratégicas.
Gestión y almacenamiento de repuesto	No hay inventario ni control.	Inventario manual desactualizado.	Inventario básico con controles mínimos	Inventario organizado con software parcial, rotación aceptable.	Gestión de repuestos optimizada, inventario informatizado, indicadores de rotación y disponibilidad.

Los resultados se consolidaron y representaron gráficamente mediante un radar de análisis, con el fin de identificar de manera visual las fortalezas y debilidades del sistema de mantenimiento de la empresa, teniendo como resultado que los aspectos más débiles son el apoyo informático, la planeación y programación, y la documentación técnica.

Figura 12

Radar de diagnóstico de la gestión del mantenimiento actual



5.1 Administración del mantenimiento

La planta cuenta con una jefa que coordina la producción, supervisa el proceso y asigna verbalmente las tareas de mantenimiento, sin registros formales. Un mecánico realiza labores de limpieza, reparaciones y ajustes, aunque la gestión es principalmente correctiva y, en varios casos, se recurre a empresas externas.

5.2 Planeación y programación del mantenimiento

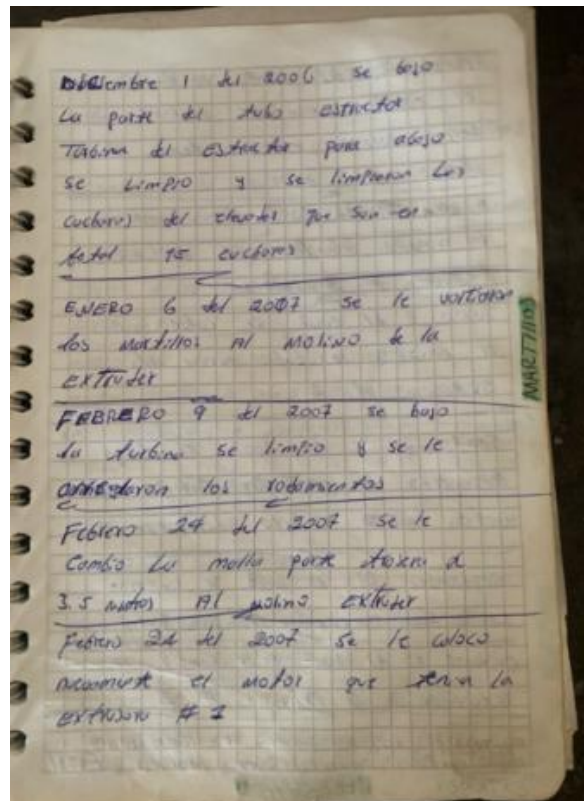
Actualmente, la planta no cuenta con una planificación formal para las labores de mantenimiento. Las intervenciones se realizan principalmente cuando ocurre una falla, sin una evaluación previa del estado de los equipos. No se aplican rutinas de mantenimiento preventivo, salvo por labores ocasionales de lubricación, sin embargo, no hay una frecuencia definida.

5.3 Documentación técnica

Desde 2005, la planta cuenta con información técnica y registros de equipos limitados, incompletos o desorganizados, muchos de ellos manuscritos y sin formato definido, bajo un cuaderno de apuntes normal.

Figura 13

Registro antiguo de mantenimiento



Actualmente, se emplea un formato general de mantenimiento que resulta poco práctico y complejo de diligenciar, en el cual el mecánico registra las intervenciones realizadas, como se observa en la figura 13. Esta falta de datos estructurados y trazabilidad documental representa una dificultad significativa, ya que retrasa los procesos correctivos y preventivos al requerir tiempo adicional para recopilar o deducir información técnica esencial durante las reparaciones.

Figura 14

Formato anterior de mantenimiento

REGISTRO DE MANTENIMIENTO				Código: MM-50-55701
				Versión: 03
Área: <u>Planta concentradas</u>				
TRABAJOS REALIZADOS MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
FECHA DE MANTENIMIENTO	NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	COLABORADORES ENCARGADOS	
23 04 2020	Mezcladora	se engrasó mezcladora y se lubricó cadenas	Mecánico Avimol. Planta.	
08 06 2020	Basculas Micromezclas	se hizo revisión general, se cambió conector, comprobación y ajuste de peso a 3 basculas de 150kg y 1300kg, 50 kg.	Basculas Industriales del oriente	
02 05 2020	Basculas Micromezclas	Revisión general, limpieza interna del indicador, cambio batería, comprobación parámetro y peso, ajuste de 0,01mm, limpieza comprobación ajuste peso bascula 300 kg.	Basculas Industriales del oriente	
TRABAJOS REALIZADOS MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
FECHA DE MANTENIMIENTO	NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	COLABORADORES ENCARGADOS	

ENCARGADO MANTENIMIENTO: Wilson Tolosa JEFE INMEDIATO: Clinty Lamota Senano

FIRMA: [Firma] FIRMA: [Firma]

5.4 Apoyo informático

El área de mantenimiento no dispone de herramientas informáticas ni sistemas especializados que faciliten la gestión de las labores técnicas. No se cuenta con una base de datos ni con software que permita organizar la información de los equipos o programar los intervalos de mantenimiento de manera adecuada.

5.5 Costos de mantenimiento

En el área de mantenimiento no existe un control activo de costos, ya que no se registran de forma detallada los gastos por reparaciones, incluyendo mano de obra, repuestos, materiales o pérdidas ocasionadas por paradas no programadas.

5.6 Gestión y almacenamiento de repuestos

La empresa cuenta con un taller con repuestos y herramientas, pero sin control de inventario; el seguimiento es visual y solo se repone cuando falta un repuesto crítico. No se lleva un registro detallado de las existencias ni de las cantidades utilizadas o disponibles.

5.7 Diagnóstico del estado de los equipos

La mayoría de los equipos, según la información disponible, fueron adquiridos al momento de la creación de la planta, hace aproximadamente 20 años. A lo largo del tiempo, muchos de estos han sido objeto de modificaciones y sustituciones de componentes como resultado de fallas. Algunos han sido clasificados como inoperativos, permaneciendo fuera de servicio. Esta situación evidencia que gran parte de los equipos se encuentra en una etapa avanzada de su ciclo de vida, lo que los hace más propensos a presentar fallas y requerir reacondicionamientos para seguir operando. Solo una mínima parte de los equipos podría considerarse en buen estado, principalmente aquellos que han recibido mantenimiento continuo por parte del proveedor, con controles basados en las horas de uso y procedimientos técnicos adecuados.

5.8 Determinación de la problemática

Para el diagnóstico del estado actual de la planta de producción de alimentos balanceados, se han identificado diversos factores que afectan negativamente la operación, el rendimiento y los costos del proceso productivo. A continuación, se detallan los principales problemas.

5.8.1 Problemática A

La producción diaria de baches, aunque aún se encuentra dentro del rango promedio esperado, ha venido disminuyendo progresivamente. Esta baja en el rendimiento está directamente relacionada con el deterioro de los equipos, generando restricciones en la capacidad de producción.

Como consecuencia, la planta se ha visto obligada a operar durante seis días a la semana, con el fin de cumplir con los volúmenes de producción requeridos.

En condiciones óptimas de funcionamiento, con alta demanda y eficiencia en la producción, se alcanzan en promedio 75 baches por día, como se muestra en la figura 15. En un día de operación normal, con un rendimiento estable, la producción diaria promedio se sitúa entre 55 y 60 baches.

Figura 15

Registro de ordenes de producción altas

CONTROL PESAJE		PLANTA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES			AVIMOL S.A.	
FECHA	CONSOLA	TURNO		PRODUCC		
PRODUCTO	BACHES	A TOLVA	O PRODUC	HR INICIO	HR TERM	OBSERVACIONES
Iniciación pellets Nutrexal	3	P2	58143 06 - 111	7:37	7:37	
Polla tratamiento Nutrexal	5	P1	58148 06 - 112	7:44	8:10	
Preparo inicio especial Proxima	16	4y1	58146 06 - 113	8:20	10:10	
Preparo inicio especial Proxima	16	3y1	58149 06 - 114	10:07	11:32	
Preparo inicio farina	7	6y6	58250 06 - 115	11:11	1:50	
Preparo inicio especial Proxima	16	5y6	58151 06 - 116	1:55	3:22	
Preparación farina	7	3	58252 06 - 117	3:26	4:03	
Cada inodoro med Proxima	2	P2	58254 06 - 118	4:12	4:27	
Cada lactosa Proxima	2	P1	58255 06 - 119	4:26	4:10	

No obstante, se han presentado jornadas en las que la cantidad de baches producidos ha disminuido a 20 – 30 baches debido a fallas operativas, tales como averías en el motor del ventilador de la caldera, atascamientos en los elevadores, bandas transportadoras quemadas, entre otros eventos que afectan directamente la continuidad del proceso productivo.

Figura 16

Registro de ordenes de producción bajas

CONTROL PESAJE PLANTA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES AVIMOL S.A.						
FECHA	CONSOLA		TURNO			PRODUCC.
PRODUCTO	BACHES	A TOLVA	O.PRODUC	HR.INICIO	HR.TERM	OBSERVACIONES
Prepko nuevo farras	16	3y	S8020 04-017	7:40		
Pre inicio palito nutresol	2	P1	S8025 04-020	8:40	9:00	
Polla desarrollo premen	8	E1y2	S8028 04-021	10:13	11:22	

5.8.2 Problemática B

Otro problema recurrente son las interrupciones prolongadas en la operación, causadas por la falta de repuestos y de personal capacitado para realizar reparaciones especializadas. La demora en la adquisición de repuestos, junto con los tiempos requeridos para la aprobación de pagos, ha generado tiempos muertos considerables que afectan directamente la productividad y los niveles de entrega comprometidos. Se cuenta con evidencia de paradas operativas que han afectado significativamente la producción, llegando incluso a interrumpir la jornada durante casi medio día, como resultado de fallas inesperadas en equipos críticos. El jueves 24 de abril, se registró una parada de producción desde las 8:15 a. m., que se extendió hasta el mediodía del viernes 25 de abril, ocasionada por una falla en el PLC, considerado el componente más importante del sistema, ya que controla todos los procesos de la planta.

Figura 17

Registro de producción del día 24 abril

CONTROL PESAJE PLANTA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES AVIMOL S.A.						
FECHA	CONSOLA		TURNO			PRODUCC.
PRODUCTO	BACHES	A TOLVA	O.PRODUC	HR.INICIO	HR.TERM	OBSERVACIONES
Prepko nuevo especial	16	6y4	S8102 04-097	7:44	7:55	
Provinci					9:57	
Caso primavera med Prax	1	P2	S8104 04-098	8:00	8:15	

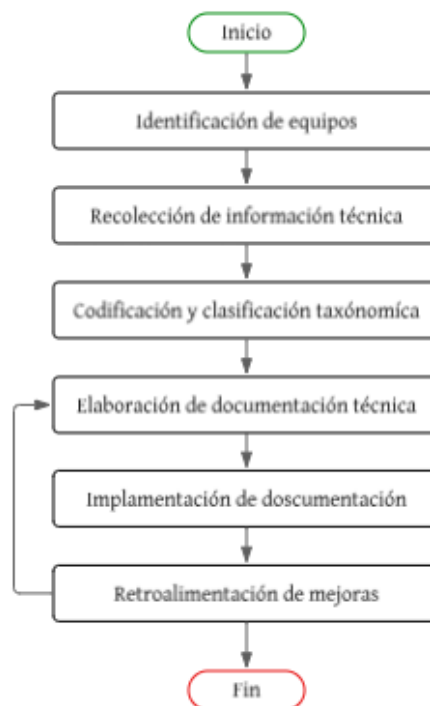
La falla se originó específicamente en el arrancador suave y el totalizador del PLC, los cuales presentaban un evidente deterioro por falta de limpieza y mantenimiento preventivo. El mal estado de estos dispositivos, sumado a la acumulación de polvo y suciedad y a una ventilación deficiente, provocó un sobrecalentamiento que derivó en un fallo eléctrico general, obligando a detener la operación hasta que se solucionara la avería.

6. Estructuración de la Gestión del Mantenimiento

La estructuración de la gestión del mantenimiento exige un enfoque sistemático, documentado y ajustado a las condiciones operativas reales de la organización. Este enfoque debe permitir la formulación, implementación y mejora continua de las actividades planificadas, tal como se presenta en el flujograma a continuación.

Figura 18

Diagrama de flujo del proceso de gestión del mantenimiento



6.1 Reconocimiento y clasificación de equipos

En esta fase se busca implementar un control estructurado del proceso operativo mediante el registro de la maquinaria de la planta de alimentos balanceados de AVIMOL S.A.S. Se identificaron los equipos y, según su función en la producción, se clasificaron en nueve sistemas. A continuación, se describen cada uno de estos sistemas junto con los equipos que los conforman. Es importante señalar que dicha clasificación responde al papel funcional que cumplen dentro del ciclo productivo.

6.1.1 Sistema de recepción y almacenamiento

Este sistema agrupa los equipos responsables de la primera fase del ciclo productivo, es decir, aquellos encargados de recibir y almacenar las materias primas necesarias para el desarrollo de los productos. Está conformado por la báscula, la plataforma volcadora hidráulica, el filtro de mangas, los silos de almacenamiento cónico y plano, la barredora de silos planos, los tanques de aceite y la tolva de recibo.

6.1.2 Sistema de transporte

Este sistema lo conforman todas las máquinas encargadas de transportar las materias primas y productos entre las diferentes etapas del proceso productivo. Está conformado por transportadores de paletas, elevadores de cangilones y transportadores de tornillo sin fin.

6.1.3 Sistema de dosificación

Este sistema integra todos aquellos equipos encargados de dosificar y distribuir ingredientes en las cantidades exactas a las diferentes líneas de proceso para la producción de los alimentos balanceados. Está conformado por tolvas de dosificación, tolva báscula y tolvas de distribución a granelero.

6.1.4 Sistema de molienda

Este sistema reúne los equipos presentes en el proceso de la molienda, es decir, la reducción del tamaño de partícula de los granos de maíz para adecuarlos a los requerimientos de las mezclas de los productos. Está conformado por molinos de martillos y tolvas de molienda.

6.1.5 Sistema de peletización

El sistema de peletización cumple un papel clave en la producción de alimento balanceado, ya que permite transformar la mezcla de materias primas en pellets compactos y uniformes. Esta presentación facilita su almacenamiento, transporte y consumo, además de mejorar la digestibilidad del alimento por parte de los animales. Está conformado por la peletizadora, la limpiadora, las tolvas de peletización, la enfriadora, el quebrantador, el ciclón y la zaranda vibratoria.

6.1.6 Sistema de generación de fluidos

El sistema de generación de fluidos suministra los recursos necesarios para los distintos procesos de la producción del alimento, está conformado por una caldera para producir vapor en la peletización y un compresor que genera aire comprimido para operar los equipos neumáticos.

6.1.7 Sistema de ensacado

El sistema de ensacado permite empacar el alimento balanceado, ya sea en forma de harina o pellet, para su almacenamiento. Está compuesto por una báscula ensacadora, una tolva de ensacado que trabajan de forma coordinada para asegurar un llenado controlado, continuo y ordenado de los sacos.

6.1.8 Sistema de mezclado

El sistema de mezclado está conformado por equipos que permiten integrar ingredientes en la producción. Está conformado por la mezcladora de micromezclas, la mezcladora de paletas,

el elevador de micromezclas, la tolva de alivio y el elevador de micromezclas. Cada uno de estos equipos es importante para garantizar una mezcla homogénea de los ingredientes, con el objetivo de obtener un producto final conforme a los estándares nutricionales establecidos para cada etapa de producción animal.

6.1.9 Sistema de control y automatización

El sistema de control y automatización de Avimol S.A.S. coordina y supervisa el funcionamiento de los equipos de la línea de producción a través de un cuarto de control, permitiendo una gestión precisa, segura y ordenada de las operaciones eléctricas y mecánicas. Su componente principal, el PLC, controla y sincroniza procesos como el manejo de compuertas, motores, transportadores, elevadores y tolvas, además de monitorear alarmas y niveles para evitar condiciones de trabajo inadecuadas. Este sistema también regula la secuencia y tiempos de producción, la dosificación de ingredientes y el seguimiento en tiempo real de cada etapa, desde la recepción de materias primas hasta el ensacado, a través de una interfaz que facilita al operario la visualización, ajuste y control de los parámetros de operación.

6.2 Taxonomía según la norma ISO 14224

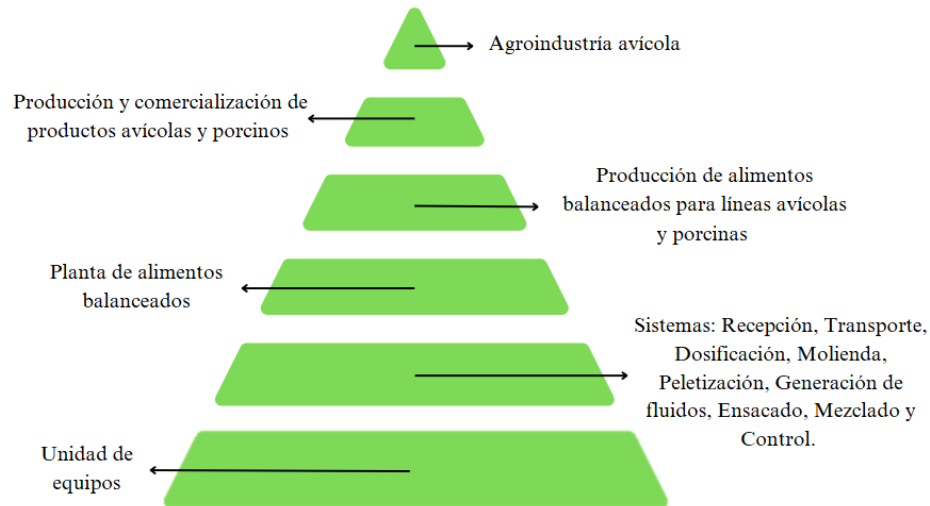
Esta codificación se elaboró tomando como referencia la estructura taxonómica establecida por la norma ISO 14224, la cual ofrece lineamientos internacionales para la recopilación de datos siguiendo niveles taxonómicos. Esto permitió una estructuración más ordenada y funcional de la información recolectada, la cual servirá como base para el sistema de gestión de mantenimiento de la planta.

La codificación de los equipos en la planta fue establecida mediante la combinación de distintos elementos que agilizan el proceso de identificación y ubicación en la planta. Se definieron

con base en criterios como la sección, el sistema productivo y el tipo de equipo, conforme a la adaptación en la empresa de la norma ISO 14224, como se muestra en la figura 18.

Figura 19

Asignación de criterios pirámide taxonómica



6.2.1 Datos de uso/ubicación

Los niveles del 1 al 5 definido por la norma ISO 14224 representan una estructura jerárquica de categorización de alto nivel, orientada a la aplicación industrial sin depender de un tipo específico de equipo. En el marco de nuestro proyecto, se ha hecho énfasis en estos niveles, como se ilustra en la figura, dado que el alcance está delimitado exclusivamente a la planta de alimentos balanceados.

Tabla 4
Identificación de criterios taxonómicos

Categoría Principal	Nivel Taxonómico	Jerarquía de Taxonomía	Descripción
Datos de uso y ubicación	1	Industria	Agroindustria Avícola
	2	Categoría del Negocio	Producción y comercialización de productos avícolas y porcinos
	3	Categoría de Instalación	Producción de alimentos balanceados para líneas avícola y porcina
	4	Categoría de Planta / Unidad	Planta de alimentos balanceados
	5	Sección / Sistema	Sistema de recepción y almacenamiento
	5	Sección / Sistema	Sistema de transporte
	5	Sección / Sistema	Sistema de dosificación
	5	Sección / Sistema	Sistema de molienda
	5	Sección / Sistema	Sistema de peletización
	5	Sección / Sistema	Sistema de generación de fluidos
	5	Sección / Sistema	Sistema de ensacado
	5	Sección / Sistema	Sistema de mezclado
	5	Sección / Sistema	Sistema de control y automatización

6.2.2 Subdivisión de equipos

En cuanto a los niveles jerárquicos del 6 al 9 establecidos por la norma ISO 14224, estos se relacionan directamente con el inventario de equipos, estructurados en una jerarquía de tipo padre-hijo que permite descomponer cada activo en sus componentes y subcomponentes.

No obstante, considerando las limitaciones de tiempo y el alcance definido para el proyecto, así como el enfoque específico en Mantenimiento Productivo Total (TPM) se decidió

restringir la estructuración taxonómica hasta el nivel de unidad de equipo (nivel 6). Cabe destacar que los datos a nivel de unidad de equipo (nivel 6) suelen ser suficientes. En cambio, estudios más detallados como el análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) o la investigación de causa raíz podrían requerir información a niveles inferiores, específicamente sobre componentes mantenibles o mecanismos de falla (niveles 7 a 9).

6.2.3 Sistema de codificación final

La codificación de los equipos se inició a partir del **nivel jerárquico 4 (Planta)**, omitiendo los niveles superiores (1 a 3), ya que el alcance del proyecto se centró exclusivamente en la planta de producción, sin presentar variaciones en dichos niveles previos. Esta decisión permitió enfocar los esfuerzos en la estructura funcional interna de la planta, alineada con los objetivos específicos del proyecto.

AAA – BBB – CCC – DD

AAA - Nivel 4: Categoría de planta / unidad: Planta de alimentos balanceados (PAB)

BBB - Nivel 5: Sección / Sistema principal de la planta:

Tabla 5

Taxonomía por sistemas

Sistema	Código
Sistema de recepción	REC
Sistema de transporte	TRA
Sistema de dosificación	DOS
Sistema de molienda	MOL
Sistema de peletización	PEL
Sistema de generación de fluidos	GDF
Sistema de ensacado	ENS
Sistema de mezclado	MEZ
Sistema de control y automatización	AUT

CCC – Nivel 6: Clase de equipo / unidad: Cada equipo cuenta con una abreviatura compuesta a partir de las iniciales de su descripción, lo que permite una identificación rápida y estandarizada dentro del sistema de codificación. En la tabla xxx. se enlistan los equipos con su respectiva codificación.

DD – Cantidad total de unidades instaladas por tipo de equipo: En el apéndice A se encuentra la lista completa de los equipos con su respectiva codificación taxonómica.

6.3 Documentación para la gestión del mantenimiento



Para una gestión de mantenimiento organizada y trazable, es clave contar con registros que respalden la información de los equipos y el control de las actividades. Estos documentos permiten registrar el historial, detectar tendencias y tomar decisiones basadas en datos confiables, cumpliendo funciones específicas dentro del sistema de gestión.

6.3.1 Fichas técnicas

Se realizaron fichas técnicas para todos los equipos de la planta de alimentos balanceados de Avimol S.A.S. La elaboración de estas fichas responde a la necesidad de identificar, describir y documentar las características físicas, técnicas y operativas de la maquinaria, lo que permite una mejor gestión de los activos de la empresa. Cabe resaltar que las fichas técnicas son un registro permanente que contiene datos fundamentales como la ubicación del equipo, fabricante, dimensiones, capacidad, recomendaciones de uso, mantenimiento y repuestos críticos.

Figura 20

Formato fichas técnicas

	AVIMOL S.A.S	CÓDIGO: PM-PTE-00
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS	VERSIÓN: 01 FECHA: 07/03/2025
TAXONOMÍA INDUSTRIA SISTEMA EQUIPO CODIFICACIÓN		REGISTRO FOTOGRÁFICO 
CARACTERÍSTICAS GENERALES MÁQUINA/EQUIPO FABRICANTE/MARCA MODELO FECHA DE COMPRA		
DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA _____ _____ _____		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DIMENSIONES PESO MATERIALES CAPACIDAD MÍNIMA CAPACIDAD MÁXIMA TIPO DE ENERGÍA MOTOR TIEMPO PRESIÓN, TEMPERATURA, CAUDAL		RECOMENDACIONES Y PRECAUCIONES _____ _____ _____
CANTIDAD _____		ESPECIFICACIÓN _____ _____
ADICIONALES _____ _____		
MANTENIMIENTO ÍTEM MANTENIBLE MANTENIMIENTO		
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO _____		

Se registra la información que permite identificar el equipo dentro de la empresa, incluyendo su ubicación en el proceso, nombre, y código asignado.

En esta sección se registran los datos básicos del equipo, como el nombre de la máquina, el fabricante, la marca, el modelo y la fecha de compra, con el fin de identificar sus características principales y su origen.

En esta sección se colocan las características técnicas del equipo que permiten conocer sus condiciones de funcionamiento y requerimientos operativos.

En esta sección se indica cuántas unidades del equipo hay instaladas, y en la especificación se detallan sus capacidades o características.

En esta sección se registran datos complementarios del equipo que no estén contemplados en los campos anteriores, como accesorios, componentes especiales o información relevante para su operación o mantenimiento.

En esta sección se registra el componente o repuesto que presenta mayor frecuencia de falla o desgaste y que requiere contar con stock disponible para su reemplazo oportuno.

Imagen clara del equipo para mejorar y facilitar su identificación.

En esta sección se debe describir la máquina, especificando la función que desempeña dentro de la empresa.

En esta parte se deben incluir las indicaciones para el uso seguro del equipo, así como las medidas preventivas para evitar daños, accidentes o fallas durante su operación.

En esta parte se debe registrar el promedio de horas diarias que el equipo permanece en operación.

6.3.2 Hojas de vida

Se elaboró una hoja de vida para cada uno de los equipos de la planta de alimentos balanceados. Para su elaboración, se recurrió a registros anteriores sobre fallas y mantenimientos realizados, junto con los datos técnicos disponibles, lo que permitió construir un historial de cada equipo. Este formato incluye datos de identificación, especificaciones básicas, fotografía del equipo y un control de actividades donde se registran los tipos de intervención realizados, ya sea calibración, verificación, mantenimiento preventivo o correctivo. La hoja de vida de los equipos representa una herramienta clave para la empresa, ya que permite llevar un seguimiento organizado del estado y funcionamiento de la maquinaria.

Figura 21

Formato hojas de vida

Se registra la información que permite identificar el equipo dentro de la empresa, incluyendo su ubicación en el proceso, nombre, y código asignado.

En esta sección se registran los datos básicos del equipo, como el nombre de la máquina, el fabricante, la marca, el modelo y la fecha de compra, con el fin de identificar sus características principales y su origen.

Se registra el día en que se efectuó el mantenimiento del equipo.

Imagen clara del equipo para mejorar y facilitar su identificación.

Cargo o área encargada del manejo, operación o supervisión del equipo

Según el tipo de mantenimiento realizado, se debe marcar con una "X" la opción correspondiente y registrar en la sección de descripción las actividades realizadas durante la intervención.

AVIMOL S.A.S		CÓDIGO: PM-HDV-00	
HOJA DE VIDA DE EQUIPOS		VERSION: 01	
TAXONOMÍA		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
INDUSTRIA			
SISTEMA			
EQUIPO			
CODIFICACIÓN			
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES			
MÁQUINA / EQUIPO			
FABRICANTE / MARCA			
MODELO			
SERIE			
CONTROL DE ACTIVIDADES			
C: CALIBRACIÓN - V: VERIFICACIÓN - M: MANTENIMIENTO P: PREVENTIVO C: CORRECTIVO			
FECHA DE MANTENIMIENTO		DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
	C		
	V		
	M		
	P		
	C		
	V		
	M		
	P		
	C		
	V		
	M		
	P		
	C		
	V		
	M		
	P		
	C		

6.3.3 Instructivos de uso y manuales de operación

Con el fin de estandarizar los procedimientos operativos dentro de la planta, se elaboraron instructivos de uso para los equipos más relevantes en los procesos productivos. Estos documentos tienen como propósito principal guiar al personal operativo en el uso correcto de los equipos, garantizando la seguridad, el orden en la puesta en marcha y el cumplimiento de las condiciones necesarias para su funcionamiento óptimo.

Figura 22

Formatos instructivos de uso y manuales de operación

	AVIMOL S.A.S.		CÓDIGO:
	INSTRUCTIVO DE USO DE EQUIPOS		VERSIÓN:
TAXONOMÍA			
PROCESO	PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS		
INDUSTRIA			
SETEMA			
EQUIPOS Y CODIFICACIÓN			
RESPONSABLE			
MEDIDAS DE SEGURIDAD			
		Botas de seguridad	Guantes
		Uniforme	Casco
		Audífonos	Tapabocas
		Gafas	Ames
ENCENDIDO DE LOS BREAKERS			

Sistema específico al que pertenece el equipo dentro del proceso general.

Proceso principal al que pertenece el equipo (ej. molienda, peletizado, mezclado, etc.)

Nombre del equipo y su respectiva codificación interna para su identificación.

Cargo o área encargada del manejo, operación o supervisión del equipo.

Medidas de seguridad requeridas para la operación del equipo, según los riesgos identificados y el entorno de trabajo.

Secuencia operativa de encendido del equipo (con representación visual de cada paso)

Cada instructivo fue diseñado bajo un formato unificado que incluye información técnica del equipo, medidas de seguridad, secuencia de encendido del equipo, componentes o sistemas auxiliares con sus respectivas imágenes ilustrativas. Este formato facilita la comprensión de las tareas operativas y reduce la posibilidad de errores durante su ejecución.

6.3.4 Registros de calibración

Se realizó un formato de registro de calibración para llevar control de las calibraciones efectuadas a los equipos que lo requieran. En él se anotan datos como el sistema, equipo, codificación, fechas de calibración, número de certificado, laboratorio responsable, personal encargado, resultado de la calibración, próxima fecha programada y observaciones. Este formato permite mantener un historial organizado para verificar el cumplimiento de las calibraciones.

fallas) y el impacto generado por dichas fallas (consecuencias). La fórmula utilizada para la jerarquización son las siguientes:

$$\textit{Criticidad total} = \textit{Frecuencia de fallas} \times \textit{Consecuencias de fallas} \quad (1)$$

Donde frecuencia de fallas, es la que representa la tasa de ocurrencia de fallas en un período anual, asignada a través de una escala de rangos basada en registros históricos o criterios técnicos.

Y por otro lado las consecuencias de fallas se calculan en base a la siguiente ecuación (Ec.2).

$$\textit{Consecuencias} = ((\textit{Imp. Operacional} \times \textit{Flexibilidad}) + \textit{Costos de mtto} + \textit{Imp. de Seguridad y Ambiente.}) \quad (2)$$

7.1 Criterios de evaluación

La definición de los criterios de evaluación es un componente clave en la aplicación del análisis de criticidad, ya que determina cómo se mide y categoriza el nivel de riesgo asociado a cada equipo. Estos criterios deben ser pertinentes, cuantificables y adaptados a la realidad operativa de la empresa. En el caso de AVIMOL S.A.S., se seleccionaron cinco criterios principales, diseñados para evaluar de forma integral las consecuencias de una posible falla en los activos. Los criterios establecidos integran variables operativas, técnicas, económicas y de seguridad, lo que permite obtener una perspectiva global y objetiva sobre la importancia de cada equipo dentro del proceso productivo.

Para la asignación de valores numéricos a cada criterio, se establecieron ponderaciones que reflejan la prioridad estratégica de AVIMOL S.A.S., enfocada en mantener una alta productividad. En este sentido, los criterios con mayor peso fueron el *impacto operacional* y la *frecuencia de fallas*, ya que ambos están directamente relacionados con la continuidad y volumen de la producción, aspecto crítico para la empresa.

7.1.1 Frecuencia de fallas

Este criterio evalúa la frecuencia con la que un equipo presenta fallas durante un período anual. Su análisis se basa en el historial de mantenimiento disponible, permitiendo estimar la recurrencia de fallos a lo largo del tiempo. En la tabla correspondiente se establecen los niveles de calificación, los cuales van desde una ocurrencia improbable hasta fallas continuas y un rango de calificación de 1 a 5.

Tabla 6

Criterios de frecuencia de fallas

Frecuencia de fallas	Calificación
Falla continua: Más de 10 fallas / año	5
Falla recurrente: 8 - 10 fallas / año	4
Falla moderadamente frecuente: 5 - 7 fallas / año	3
Falla ocasional: 2 - 4 fallas al año	2
Falla rara o improbable: \leq 1 falla al año	1

7.1.2 Impacto operacional

Este criterio evalúa el grado de afectación que genera la falla del equipo en el proceso productivo y la continuidad operativa. Considerando aspectos como la detección total o parcial de las operaciones, la reducción de la velocidad y/o la afectación en una etapa productiva. Dado que en AVIMOL S.A.S. la disponibilidad operativa y el cumplimiento de la productividad son prioridades estratégicas, este criterio se convierte en uno de los más relevantes dentro del análisis. Por esta razón, se le asigna el mayor rango de ponderación en la escala de criticidad, con puntuaciones que oscilan entre 1 y 10 según la magnitud del impacto operacional de la falla.

Tabla 7*Criterios de impacto operacional*

Impacto Operacional	Calificación
Paraliza completamente la operación durante un día o más	10
Interrumpe la operación por varias horas	6
Reduce significativamente la velocidad de la operación	4
Afecta parcialmente una línea o etapa sin detener el sistema	2
No afecta la funcionalidad general del proceso	1

7.1.3 Flexibilidad operacional

Este criterio evalúa la capacidad del sistema de continuar operando, aunque de forma parcial o adaptada, cuando ocurre la falla del equipo. Se debe considerar la disponibilidad de equipos alternos o repuestos, rutas de proceso redundantes o posibilidades de reemplazo temporal que permitan la continuidad de la operación.

Tabla 8*Criterios de flexibilidad operacional*

Flexibilidad Operacional	Calificación
No existe opción de operación alternativa ni repuesto disponible	3
Existe repuesto en almacén o posibilidad de compartir con otro equipo similar	2
Hay función de repuesto inmediata y disponible	1

7.1.4 Costos de mantenimiento

Este criterio evalúa la magnitud de los recursos económicos necesarios para atender las fallas presentadas en el equipo, incluyendo los costos directos asociados a la reparación tales como mano de obra, repuestos y materiales. El rango de valores va desde 1 millón de pesos colombianos

hasta más de 5 millones de pesos colombianos. Esta valoración se realiza considerando el historial del mantenimiento, cotizaciones de proveedores y conversaciones con los técnicos e ingenieros.

Tabla 9

Criterios de costos de mantenimiento

Costos de mantenimiento	Calificación
Mayor o igual a \$5M	4
Mayor a \$3M e inferior a \$5M	3
Mayor a \$1M e inferior a \$3M	2
Menor a \$1M	1

7.1.5 Impacto en la seguridad, ambiente e higiene

Este criterio analiza el impacto que puede generar la falla de un equipo sobre la seguridad de los trabajadores, el entorno ambiental y las condiciones de higiene dentro de las instalaciones. Se consideran aspectos como la exposición a riesgos físicos, químicos o biológicos, la generación de residuos o emisiones contaminantes, y la alteración de condiciones sanitarias mínimas requeridas para un entorno productivo seguro. Su inclusión trasciende el ámbito meramente productivo, ya que abarca dimensiones asociadas a la responsabilidad legal, social y ética de la empresa.

Tabla 10

Criterios de impacto en la seguridad, ambiente e higiene

Impacto en la seguridad, ambiente e higiene	Calificación
Afecta gravemente a personas, infraestructura o medio ambiente con necesidad de notificación externa	4
Daños severos a personas, infraestructura o medio ambiente sin necesidad de notificación externa	3
Daños menores en personas, instalaciones o el ambiente sin consecuencias mayores ni notificación	2
No hay impacto en personas, instalaciones o el ambiente	1

7.2 Asignación de valores

Se llevó a cabo la aplicación del análisis de criticidad evaluando cada equipo dentro de su respectivo sistema. Esta segmentación permitió un análisis más contextualizado, considerando las particularidades de cada etapa del proceso y la identificación de las líneas de funcionalidad más críticas.

Para ejemplificar la aplicación del análisis de criticidad, se seleccionó el sistema de molienda. En este sistema, se presentan los equipos que los componen y la valoración de criticidad asignada a cada uno, así como también, se implementó la metodología semicuantitativa basada en la multiplicación entre la frecuencia de fallas y las consecuencias asociadas.

Tabla 11

Ejemplo tabla de criterios de criticidad del sistema de molienda

SISTEMA DE MOLIENDA			
Tabla de criterios	Punt	1. Molino de martillos	2. Tolva de molienda
FRECUENCIA DE FALLAS			
Falla continua: Más de 10 fallas / año	5		
Falla recurrente: 8 - 10 fallas / año	4		
Falla moderadamente frecuente: 5 - 7 fallas / año	3	3	1
Falla ocasional: 2 - 4 fallas al año	2		
Falla rara o improbable: ≤ 1 falla al año	1		
IMPACTO OPERACIONAL			
Paraliza completamente la operación durante un día o más	10		
Interrumpe la operación por varias horas	6		
Reduce significativamente la velocidad de la operación	4	6	2
Afecta parcialmente una línea o etapa sin detener el sistema	2		
No afecta la funcionalidad general del proceso	1		
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
No existe opción de operación alternativa ni repuesto disponible	3		
Existe repuesto en almacén o posibilidad de compartir con otro equipo similar	2	3	1
Hay función de repuesto inmediata y disponible	1		
COSTO DE MANTENIMIENTO			

Mayor o igual a \$5M	4		
Mayor a \$3M e inferior a \$5M	3		
Mayor a \$1M e inferior a \$3M	2	2	2
Menor a \$1M	1		
IMPACTO EN LA SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE			
Afecta gravemente a personas, infraestructura o medio ambiente con necesidad de notificación externa	4		
Daños severos a personas, infraestructura o medio ambiente sin necesidad de notificación externa	3	1	1
Daños menores en personas, instalaciones o el ambiente sin consecuencias mayores ni notificación	2		
No hay impacto en personas, instalaciones o el ambiente	1		
SISTEMA DE MOLIENDA			
EQUIPOS		1. Molino de martillos	2. Tolva de molienda
Frecuencia de la falla		3	1
Consecuencia de la falla		21	5
Criticidad total		63	5

7.3 Matrices de criticidad

Con el objetivo de representar de manera clara y organizada los resultados del análisis de criticidad, se diseñaron matrices que sintetizan la evaluación realizada para cada sistema y sus equipos asociados. Estas matrices permiten ubicar gráficamente cada equipo en una escala de criticidad mediante una codificación por colores: rojo para equipos de alta criticidad, amarillo para criticidad media y verde para criticidad baja.

La estructura de la matriz se basa en un plano donde el eje horizontal representa la frecuencia de fallas y el eje vertical las consecuencias. Esta disposición facilita la interpretación visual del riesgo asociado a cada activo, permitiendo priorizar intervenciones de mantenimiento de forma estratégica, según el nivel de exposición y el impacto potencial que representa cada equipo dentro del proceso productivo.

Figura 24

Ejemplo matriz de criticidad sistema de molienda

SISTEMA DE MOLIENDA				
5				
4				
3				1. Molino de martillos
2				
1	2. Tolva de molienda			
	6	12	18	24

7.4 Clasificación de equipos

Como resultado del análisis de criticidad realizado, los equipos fueron clasificados en tres categorías: alta, media y baja (o nula) criticidad, según el valor obtenido en la evaluación semicuantitativa. Esta clasificación se fundamenta en el resultado de la criticidad total. Dicha agrupación permite priorizar las acciones de mantenimiento conforme al impacto real que cada equipo representa para el sistema productivo.

7.4.1 Altamente crítico

Este grupo está conformado por los equipos que obtuvieron los valores más altos en el análisis de criticidad total, resultado de una alta frecuencia de fallas combinada con consecuencias severas para la operación. Son considerados activos esenciales, cuya falla representa una amenaza directa a la continuidad del proceso productivo, pudiendo generar paradas completas o prolongadas, pérdidas significativas de producción, aumento en los costos operativos y riesgos para la seguridad o el medio ambiente.

Tabla 12

Equipos altamente críticos

Altamente Críticos	
Transportadora de paletas	Mantenimiento Preventivo con Alta Frecuencia
Elevador de cangilones	
Molino de martillos	
Peletizadora	
PLC	

Dado su nivel de criticidad estos equipos deben ser tratados con la máxima prioridad dentro del plan de mantenimiento, asegurando su disponibilidad y funcionamiento confiable en todo momento. Se recomienda aplicar un mantenimiento preventivo frecuente y estructurado, acompañado de estrategias de mantenimiento autónomo por parte del personal operativo, como inspecciones de rutina, chequeos funcionales y monitoreo visual.

7.4.2 Medianamente crítico

Este grupo está conformado por los equipos que obtuvieron los valores intermedios de criticidad total. Aunque la falla de estos equipos no representa una amenaza inmediata de parada total, sí puede provocar afectaciones parciales, tales como la interrupción de una etapa específica del proceso, disminución de la eficiencia operativa, retrasos en la producción o incremento en los tiempos de ciclo.

Aunque son activos relevantes para el funcionamiento general de la planta, su impacto negativo suele estar mitigado por la existencia de equipos redundantes, la posibilidad de reubicar cargas de trabajo, aplicar acciones correctivas rápidas o gestionar tiempos de espera controlados sin comprometer de forma crítica la operación global.

Tabla 13

Equipos medianamente críticos

Medianamente Críticos	
Plataforma volcadora hidráulica	Mantenimiento Preventivo Periódico
Silos de almacenamiento cónico	
Silos de almacenamiento plano	
Tanques de aceite	
Tolva báscula	
Caldera	
Ensacadora	
Compresor	
Mezcladora de micromezclas	
Mezcladora de paletas	

Para estos equipos se recomienda aplicar un mantenimiento preventivo con una frecuencia moderada y estructurado, y acciones de inspección rutinaria por parte del personal operativo. Esta categoría permite cierta flexibilidad operativa, aunque su adecuada gestión es clave para evitar que escalen a situaciones de mayor severidad. Asimismo, es importante establecer un seguimiento continuo del historial de fallas, con el fin de identificar patrones recurrentes y anticipar posibles intervenciones antes de que se materialicen fallos críticos.

7.4.3 Baja criticidad o nula

Este grupo está conformado por los equipos que obtuvieron los valores más bajos en criticidad total. Estos equipos presentan una baja frecuencia de falla o consecuencias muy mínimas en caso de que ocurran. No comprometen la continuidad del proceso en caso de falla, ya sea porque su función es complementaria, existe redundancia funcional o pueden ser fácilmente reemplazados o reparados.

Tabla 14

Equipos de baja o nula criticidad

Baja o nula criticidad	
Báscula	Mantenimiento Correctivo Planificado
Filtro de mangas	
Tolva de recibo	
Barredora de silos	
Transportadores tornillo sin fin	
Tolva dosificación	
Tolva de distribución a granelero	
Tolva de molienda	
Limpiadora	
Tolvas de peletización	
Enfriadora	
Quebrantador	
Ciclón	
Zaranda	
Tolvas de ensacadora	
Cintas transportadoras	
Elevador de micromezclas	
Tolva de alivio	

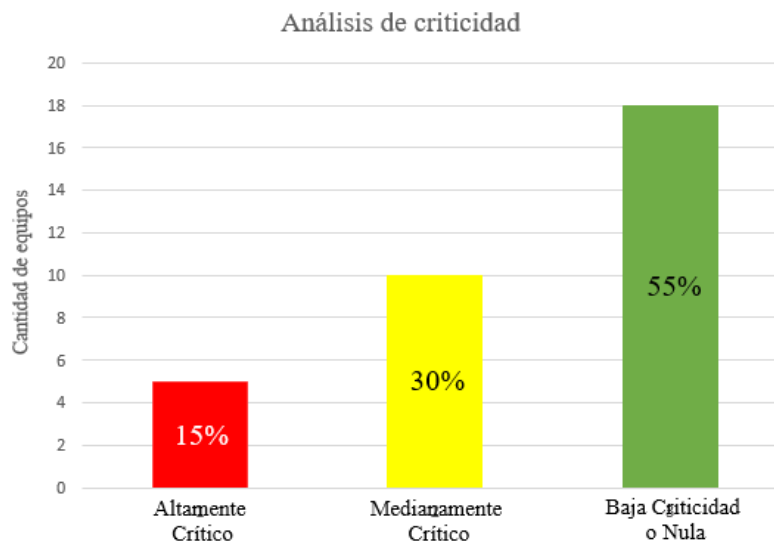
Para estos activos, se sugiere la aplicación de mantenimiento correctivo planificado, es decir, actuar una vez se presente la falla, siempre que no represente riesgos importantes. Sin embargo, se recomienda mantener un seguimiento mínimo mediante inspecciones visuales periódicas y una gestión básica del historial de mantenimiento, para evitar acumulación de fallos menores que puedan escalar con el tiempo. Asimismo, se implementará un mantenimiento autónomo básico por parte del personal operativo, enfocado en limpieza, lubricación y revisión de condiciones externas, lo cual permite prolongar la vida útil sin una inversión significativa de recursos técnicos o económicos.

7.5 Interpretación de resultados

A través del análisis de criticidad se determinó que la mayoría de los equipos de la empresa se encuentran clasificados como de baja o nula criticidad. No obstante, casi la mitad de los equipos se ubican en niveles de criticidad media o alta. Es importante destacar que el 15 % de los equipos han sido clasificados como altamente críticos, lo cual es un resultado esperado y coherente con el principio de Pareto, según el cual aproximadamente el 20 % de los activos suelen concentrar el mayor impacto en los procesos productivos. Esto indica que la proporción de equipos críticos se encuentra dentro del rango considerado como normal en la gestión de mantenimiento industrial.

Figura 25

Distribución porcentual de equipos por criticidad



Los equipos clasificados como altamente críticos son esenciales para el funcionamiento continuo de la planta. Estos equipos deben ser tratados con prioridad dentro del plan de mantenimiento, asegurando una atención especializada, mayor frecuencia de inspección y estrategias de mantenimiento preventivo más rigurosas.

8. Planeación y programación del mantenimiento

Teniendo en cuenta la clasificación de criticidad previamente establecida, se diseñó un plan de mantenimiento diferenciado según el nivel de importancia de los equipos. Para los equipos críticos, se definieron actividades de mantenimiento de alta frecuencia y relevancia, enfocadas en preservar su disponibilidad y prevenir fallas. Los equipos de criticidad media cuentan con un plan de mantenimiento preventivo regular, ajustado a sus condiciones operativas. En el caso de los equipos de baja o nula criticidad, se contemplaron intervenciones correctivas y algunas tareas básicas de inspección y verificación para monitorear su estado general.

Las actividades incluidas en este plan se definieron a partir de entrevistas con operarios de las máquinas y con el mecánico de mantenimiento, revisión de manuales técnicos de los fabricantes y consultas a planes de mantenimiento de referencia. Estas tareas se clasifican en categorías implícitas como: inspecciones visuales, verificaciones funcionales, lubricación, ajustes, reemplazo de componentes y acciones correctivas menores, entre otras.


8.1 Formato de intervención del mantenimiento para equipos críticos

Reconociendo la importancia de planificar adecuadamente las actividades de mantenimiento en los equipos críticos, se implementaron diversas acciones de mantenimiento preventivo, fundamentadas en proyectos previos de planes de mantenimiento y en los manuales técnicos de los equipos. Para estos equipos se diseñó un formato específico que detalla de manera clara y organizada toda la información relacionada con su mantenimiento. En este formato se incluyen las tareas a realizar, las herramientas requeridas, la frecuencia de intervención, los responsables, la condición que activa la intervención y el tiempo estimado de ejecución. Todo esto con el objetivo de priorizar estas actividades y asegurar una intervención oportuna, estructurada y efectiva.

La siguiente tabla presenta la planificación de mantenimiento correspondiente a los transportadores de paletas, considerados como uno de los equipos críticos de la planta. La planeación del mantenimiento de los demás equipos críticos se encuentra disponible en los anexos.

Figura 26

Formato de intervención del mantenimiento para equipos críticos

COMONENTE		TIPO	TAREA	FRECUENCIA	HERRAMIENTAS	RESPONSABLE	CONDICIÓN DE MÁQUINA	TIEMPO DE EJECUCIÓN (HORAS)
		AVIMOL S.A.S.			CÓDIGO:	PM-FIM-01		
		FORMATO DE INTERVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS CRÍTICOS			VERSIÓN:	01		
		TRANSPORTADORES DE PALETAS			FECHA:	6/5/2025		
		PAB-TRA-TDP- (1 - 2 - 3 ... - 11)						
Bastidor	Preventivo	Limpeza general y remoción de acumulaciones o residuos	Quincenal	Cepillo cerdas metálicas	M e c á n i c o P l a n t a	Parada	1	
		Verificación de posibles fugas de material	Quincenal	-		En marcha	0.2	
		Aplicación de pintura anticorrosiva en puntos oxidados	Anual	Pintura anticorrosiva		Parada	1	
		Reajuste de pernos y tornillos de estructura	Mensual	Llave 9/16"		Parada	0.5	
Motorreductor	Preventivo	Verificación del nivel y estado del aceite lubricante del reductor	Mensual	Llave Brington Aceite Meropa 220		Parada	0.4	
		Verificación de acoplamiento y alineación entre el eje del reductor y el motor	Semestral	-		Parada	0.2	
		Revisión y limpieza de los terminales eléctricos del motor	Mensual	Limpiador Electrónico crc		Parada	0.4	
Sistema de Transmisión	Preventivo	Revisión del desgaste de la cadena y los sprockets	Trimestral	-		Parada	0.1	
		Tensión y alineación de la cadena de transmisión	Mensual	Llave 3/4" Llave expansiva		Parada	0.8	
	Correctivo	Lubricación de la cadena de transmisión	Mensual	Aceite reuso meropa 220		En marcha	0.1	
		Cambio de la cadena de transmisión	Bianual	Cadena paso 80		Parada	1.5	
Paletas	Preventivo	Inspección visual del estado de las paletas	Semestral	-		Parada	0.4	
	Correctivo	Sustitución de paletas deformadas, agrietadas o rotas	Semestral	Paletas paso 100/125 Llave 11/16"	Parada	2.5		
Rodamientos y chumaceras	Preventivo	Engrase de rodamientos y chumaceras	Trimestral	Grasa de alta temperatura	Parada	0.5		
	Correctivo	Sustitución de rodamientos y chumaceras	Anual	Chumacera F209 Rodamiento 45 cm	Parada	3		

8.2 Cronograma Anual

Se realizó una planeación detallada de las actividades de mantenimiento, limpieza y lubricación para los equipos, organizada a lo largo de todo el año. Esta programación se visualiza a través de un cronograma anual interactivo integrado en el software de mantenimiento desarrollado en Excel, el cual permite controlar, editar y hacer seguimiento semanal a las tareas programadas.

Figura 27

Ejemplo cronograma anual de mantenimiento

ID	CODIFICACIÓN	SISTEMA	EQUIPO	EQUIPO ESPECÍFICO	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	FRECUENCIA (DÍAS)
1	PAB-REC-BAS-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Báscula	Báscula	Inspección de elementos estructurales para detectar grietas	Quincenal	15
2	PAB-REC-BAS-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Báscula	Báscula	Limpieza de la estructura	Quincenal	15
3	PAB-REC-BAS-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Báscula	Báscula	Hacer pruebas de pesaje por triplicado de un peso estándar para verificar precisión	Mensual	30
4	PAB-REC-BAS-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Báscula	Báscula	Inspección de caja de conexiones, celdas eléctricas y tarjetas eléctricas	Anual	365
5	PAB-REC-BAS-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Báscula	Báscula	Calibración y mantenimiento con proveedores	Anual	365
6	PAB-REC-BAS-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Báscula	Báscula	Pintada de las líneas de demarcación de espacios	Bianual	730
7	PAB-REC-PVH-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Plataforma voladora hidráulica	Plataforma voladora hidráulica	Verificación del estado de los sellos de los pistones hidráulicos	Quincenal	15
8	PAB-REC-PVH-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Plataforma voladora hidráulica	Plataforma voladora hidráulica	Revisión del estado de las válvulas de control y conexiones	Quincenal	15
9	PAB-REC-PVH-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Plataforma voladora hidráulica	Plataforma voladora hidráulica	Revisión de partes eléctricas del sistema de control, finales de carrera	Quincenal	15
10	PAB-REC-PVH-1	SISTEMA DE RECEPCIÓN	Plataforma voladora hidráulica	Plataforma voladora hidráulica	Revisión de partes hidráulicas del sistema de control	Quincenal	15

9. Incorporación de los pilares del mantenimiento productivo total

Se plantea la implementación de algunos pilares fundamentales del Mantenimiento Productivo Total (TPM), reconociendo la relevancia de todos ellos, pero enfocándose especialmente en tres componentes clave: el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado y la metodología de las 5S. Esta estrategia tiene como objetivo involucrar activamente a todos los trabajadores de la empresa en las labores de mantenimiento y conservación de los equipos, promoviendo la toma de decisiones conjunta y la generación de ideas orientadas a la mejora continua y sostenibilidad operativa.

9.1 Mantenimiento autónomo


Para la implementación de este pilar se desarrolló un formato de guía de verificación de equipos, el cual permitió organizar y planificar las actividades de revisión y chequeo básico de los equipos por parte de los mismos operarios. A través de esta guía, se definieron tareas específicas para cada operario, relacionadas con el estado y funcionamiento del equipo que utilizan diariamente.

De esta manera, se fomenta la participación activa del personal operativo en el mantenimiento y la conservación de los equipos, promoviendo una cultura de mantenimiento autónomo. Esto no solo fortalece el sentido de pertenencia y responsabilidad sobre los equipos, sino que también permite a los operarios identificar tempranamente posibles fallas, proponer mejoras y contribuir al buen funcionamiento del proceso.

La siguiente figura corresponde al formato de guía de verificación del funcionamiento de los equipos, en este caso, para el sistema de generación de fluidos, en el cual se incluyen todos los equipos involucrados en dicho proceso.

Figura 28

Formato de guía de verificación del funcionamiento de los equipos

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4	
			DÍA	ESTADO	DÍA	ESTADO	DÍA	ESTADO	DÍA	ESTADO
			 AVIMOL S.A.S. GUÍA DE CHEQUEO OPERACIONAL SISTEMA DE GENERACIÓN DE FLUIDOS			CÓDIGO: PM-GCO-06		VERSIÓN: 01		FECHA: 15/04/2025
Caldera	Revisión del estado de la bomba	Quincenal								
PAC - GDF - CLD - 1	Revisión del estado del ventilador	Quincenal								
	Inspección del estado de las válvulas	Quincenal								
Compresor	Revisión de fugas en el sistema	Quincenal								
	Revisión de las conexiones eléctricas	Quincenal								
	Inspección del estado de las válvulas de seguridad	Quincenal								
PAC - GDF - CMP - 1	Verificación de fugas de aceite y aire	Quincenal								
	Registro de datos arrojados por el compresor	Quincenal	Temperatura		Temperatura					
			Presión		Presión					
			Horas		Horas					
ESTADO	Actividad realizada y equipo en óptimo estado									RO
	Actividad realizada y equipo en condición crítica, necesidad de reparación y/o mantenimiento.									RM
	Actividad no realizada, en espera de intervención									NR
RESPONSABLE:		FIRMA:								
JEFE INMEDIATO:		FIRMA:								

9.2 Mantenimiento planificado

Este pilar se ve reflejado en diversas actividades del sistema de mantenimiento, como en el caso de las guías de verificación diaria mencionadas anteriormente, ya que en ellas se establecen frecuencias definidas para las inspecciones básicas por parte de los operarios. Sin embargo, el

documento que más representa este pilar de forma estructurada es la planeación cronológica de las actividades de mantenimiento para todos los equipos, como se detalla en el numeral 8.2.

Adicionalmente, se implementó un sistema de seguimiento para las calibraciones de los equipos que requieren este tipo de intervención en fechas específicas, garantizando así el cumplimiento oportuno y el control sobre estos procesos técnicos.

La importancia de este pilar radica en que permite contar con una planificación rigurosa y anticipada de las tareas de mantenimiento, lo que facilita la vigilancia constante del estado de cada equipo, previniendo fallas que puedan ocasionar paradas imprevistas en la producción. Además, una planificación adecuada permite coordinar las intervenciones sin afectar la operación del área de producción, logrando una convivencia armónica entre el mantenimiento y la continuidad del proceso productivo.

9.3 Metodología de las 5S's

La metodología de las 5S es una herramienta de gestión originada en Japón que busca crear y mantener espacios de trabajo limpios, organizados, seguros y eficientes. Su nombre proviene de cinco palabras japonesas que inician con “S” y representan los pasos para alcanzar un entorno laboral más ordenado y productivo que se busca integrar en la empresa.

9.3.1 SEIRI (Clasificar)

El objetivo es identificar, separar y eliminar del área de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios, conservando únicamente los objetos que resultan realmente útiles y esenciales para las operaciones diarias. Este proceso no solo permite mejorar el orden y la organización, sino que también contribuye a reducir el desperdicio, optimizar el uso del espacio disponible, facilitar la limpieza, minimizar los riesgos de accidentes.

9.3.1.1 Clasificación de los equipos y repuesto: Como parte de la implementación de las 5S, se implementó una clasificación de los equipos, herramientas y repuestos almacenados en el taller del mecánico. Esta actividad consistió en identificar y etiquetar de manera visible y ordenada cada grupo de elementos, tales como motores, herramientas, bandas, tornillos, tuercas, repuestos, aceites, sensores, entre otros.

Figura 29

Ejemplo de etiquetado de los equipos y repuestos



El propósito principal de esta clasificación fue dar un mayor orden del entorno de trabajo y facilitar la identificación rápida de los elementos existentes para las labores de mantenimiento, reduciendo los tiempos de búsqueda durante las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, y previniendo errores asociados al uso de repuestos inadecuados o herramientas mal ubicadas.

9.3.1.2 Clasificación por útil, reparable y obsoleto: En esta actividad se aplicó de forma directa el criterio de utilidad, con el propósito de clasificar los objetos y elementos presentes en el taller, la planta y la bodega, según su estado funcional. Esta clasificación se realizó bajo tres categorías definidas, orientadas a optimizar el uso de recursos y liberar espacio innecesariamente ocupado.

Figura 30

Ejemplo de etiquetado de equipos por útil, reparable y obsoleto



9.3.2 SEITON (Ordenar)

Una vez realizada la clasificación, se procedió a la fase de organización del espacio de trabajo, con el objetivo de ordenar de manera lógica y sistemática los elementos esenciales, priorizando aquellos que son de uso frecuente o que se requieren con mayor regularidad en las actividades operativas.

9.3.2.1 Tablero de herramientas: Se diseñó e instaló un tablero porta herramientas en el taller del mecánico, con el objetivo de organizar e identificar visualmente las herramientas utilizadas en planta. Este sistema facilita su localización, uso y retorno, mejorando el orden del área de trabajo y reduciendo tiempos improductivos.

Figura 31

Tablero porta herramientas para el taller mecánico

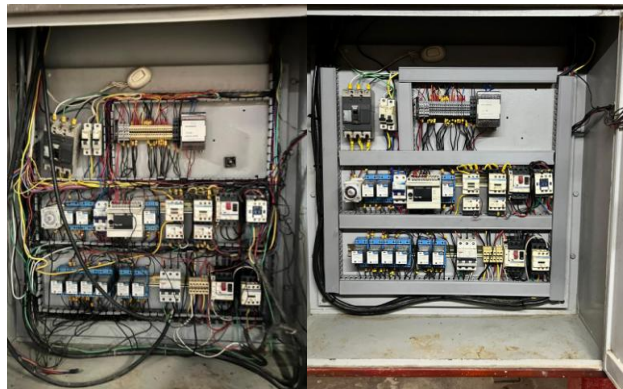


Cada herramienta tiene una ubicación definida y un rotulado, lo que agiliza su identificación y garantiza su correcta ubicación. Además, permite detectar fácilmente la ausencia o mal uso de una herramienta, contribuyendo al mantenimiento autónomo y fomentando una gestión visual y disciplinada del entorno.

9.3.2.2 Tablero de ensacadora: Se realizó la organización y limpieza del tablero de control de la ensacadora la cual presentaba inicialmente cables expuestos, acumulación de suciedad, desorden interno y varios componentes en estado obsoleto o próximos al final de su vida útil. Como parte del proceso de mejora, se instalaron canaletas, divisiones y sistemas de sujeción para ordenar el cableado y facilitar su identificación. Adicionalmente, se realizó el reemplazo de componentes deteriorados por unidades nuevas, garantizando un funcionamiento más seguro y confiable del sistema eléctrico.

Figura 32

Organización y limpieza del tablero de la ensacadora (antes y después)



9.3.2.3 Etiquetas de PLC: Se etiquetaron los pulsadores, manivelas y botones del PLC para identificar su función y la máquina que controlan, facilitando la comprensión del sistema y del manual por parte de cualquier operador. Esto mejora la seguridad, el orden y la estandarización, reduce errores de manipulación, agiliza la capacitación e

intervenciones en fallas y se ajusta a los principios de mantenimiento autónomo y orden visual.

Figura 33

Etiquetado de pulsadores y botones del PLC



9.3.3 SEISO (Limpiar)

Este pilar se centra en mantener limpio el lugar de trabajo, no solo como una práctica estética, sino como una estrategia para detectar anomalías, prevenir fallos, eliminar riesgos y fortalecer la cultura de orden y responsabilidad.

9.3.3.1 Pintada de las demarcaciones de espacios de la planta: Se pintaron las líneas de demarcación en el piso de la planta, delimitando nuevamente las distintas áreas operativas, tales como la zona de almacenamiento de materia prima, el área de empaque y el almacenamiento de producto final. También se marcaron los pasillos de circulación y las zonas de seguridad, con el objetivo de establecer un orden visual claro en toda la instalación.

Figura 35

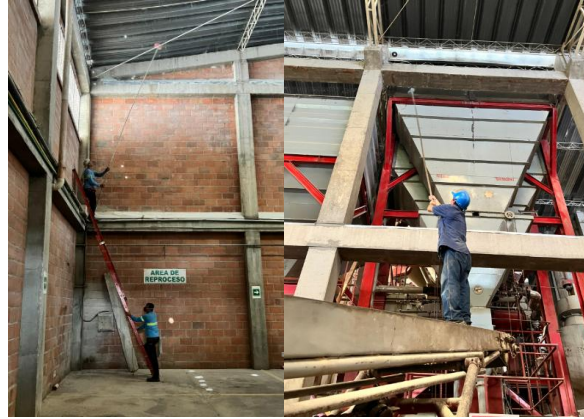
Demarcación visual de áreas de trabajo y circulación en la planta.



9.3.3.2 Implementación de jornadas de aseo: Se implementó un sistema de asignación de responsabilidades mediante tareas registradas en la guía de verificación de equipos, incluyendo actividades de limpieza para el cuidado de los equipos y el entorno. Esto fomenta orden, facilita la detección temprana de fallas y mejora la seguridad.

Figura 36

Implementación de jornadas de aseo



9.3.4 SEIKETSU (Estandarizar)

Esta “S” tiene como objetivo establecer normas, procedimientos y buenas prácticas que permitan mantener de forma sostenida las tres primeras “S”. Esta estandarización asegura que las mejoras implementadas no se pierdan con el tiempo, y facilita al personal seguir lineamientos claros para garantizar la continuidad, disciplina y estabilidad en los procesos operativos.

9.3.4.1 Instructivos de uso: Se diseñaron e implementaron instructivos de uso para diversos equipos de planta. El objetivo principal de esta actividad fue uniformar los procedimientos de encendido, operación y apagado de los equipos críticos, garantizando así una ejecución segura, confiable y repetible por parte del personal. En el apéndice D se encuentran los instructivos.

9.3.5 SHITSUKE (Disciplinar)

Se llevó a cabo una jornada de capacitación dirigida a los operarios y al personal de mantenimiento, en la cual se abordaron conceptos fundamentales como mantenimiento, TPM (Mantenimiento Productivo Total) y la metodología de las 5S. Durante la sesión, se explicó de manera detallada el significado de cada uno de estos términos, así como su importancia y

aplicación práctica dentro del entorno productivo de la empresa. Además, se socializó cómo estas herramientas se integrarían en los procesos operativos, con el objetivo de mejorar progresivamente la gestión del mantenimiento, aumentar la eficiencia de los equipos y fomentar una cultura de orden, limpieza y responsabilidad compartida.

Figura 37


Capacitación del personal en conceptos de mantenimiento y TPM



Adicionalmente, se presentó a los participantes el nuevo conjunto de formatos técnicos diseñados para registrar las actividades de mantenimiento. Se explicó de forma clara el uso adecuado de cada formato, su contenido, frecuencia de diligenciamiento y los responsables de su gestión. Esta socialización permitió que tanto los operarios como el mecánico comprendieran la utilidad de estos instrumentos para garantizar el seguimiento, trazabilidad y control de las labores realizadas, consolidando así una estructura documental alineada con los principios del TPM.

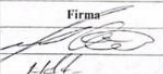


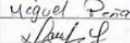

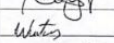

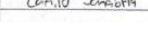
Figura 38

Evidencia de asistencia del personal

 **AVIMOL S.A.S.**

CAPACITACIÓN ENTREGA FINAL

Empresa: AVIMOL S.A.S.
 Tema de la Capacitación: Socialización y entrega final del plan de mantenimiento
 Fecha: 23/06/25
 Hora: 8:00 am
 Encargados: Daniela Jaimes Carvajal – Jhair Fernando Claro Candela

Nombre y Apellidos	Cargo	Firma
Miguel Orsua	Puntar Orsua	
Humberto Carr	operario	
Josabel Pinzon Sarmiento	señal de calidad	
Miguel Angel Pezo	micromecelador	
Marisol Quintana D	Aux. Contable	
Diana Camila Villanilo	Ing. Plant	
Wilson Tejada Silva	mecanico	
Carlo Jacobus	Operario PIC	

También, se aplicó una evaluación a los asistentes con el fin de medir el nivel de comprensión de los temas abordados y verificar el cumplimiento del objetivo formativo. Esta evaluación sirvió como retroalimentación para ajustar futuras capacitaciones y garantizar que los conocimientos impartidos estén siendo correctamente asimilados y aplicados en el entorno laboral.

10.Sistema de información para la información del mantenimiento “AVIMANT”

Se optó por desarrollar una herramienta en Excel para centralizar, visualizar y actualizar la información del mantenimiento preventivo de forma ordenada. Esta decisión respondió a la necesidad de facilitar el acceso a los datos, mejorar la trazabilidad de los equipos críticos y asegurar la comprensión por parte de operarios e ingenieros. Excel fue elegido por su facilidad de uso, versatilidad y porque es una plataforma conocida por el personal, lo que permitió estructurar módulos funcionales que automatizan procesos y estandarizan el control del mantenimiento.

10.1 Alcance del sistema

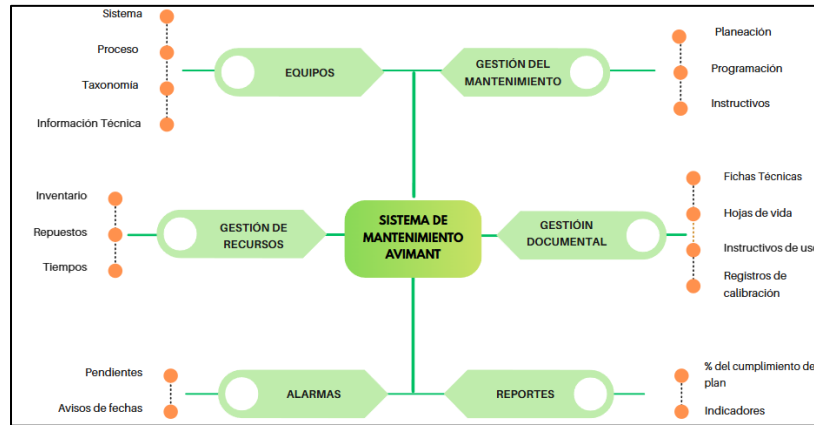
El sistema permite consultar información técnica relevante de los equipos, gestionar sus hojas de vida, registrar de forma ordenada las actividades de mantenimiento realizadas y acceder a instructivos de uso que orientan la correcta operación de cada activo. Asimismo, facilita la visualización y programación de tareas pendientes mediante una planificación periódica, incorpora un inventario estructurado que permite conocer la taxonomía de los equipos, y centraliza toda la documentación relacionada para generar una trazabilidad completa del historial de mantenimiento.

10.2 Estructuración del sistema

La estructura general del sistema está conformada por componentes interconectados que facilitan la gestión centralizada del mantenimiento preventivo de los activos. Esta organización incluye la lógica de funcionamiento, las variables clave y los módulos que integran el sistema.

Figura 39

Estructuración del sistema de mantenimiento AVIMANT

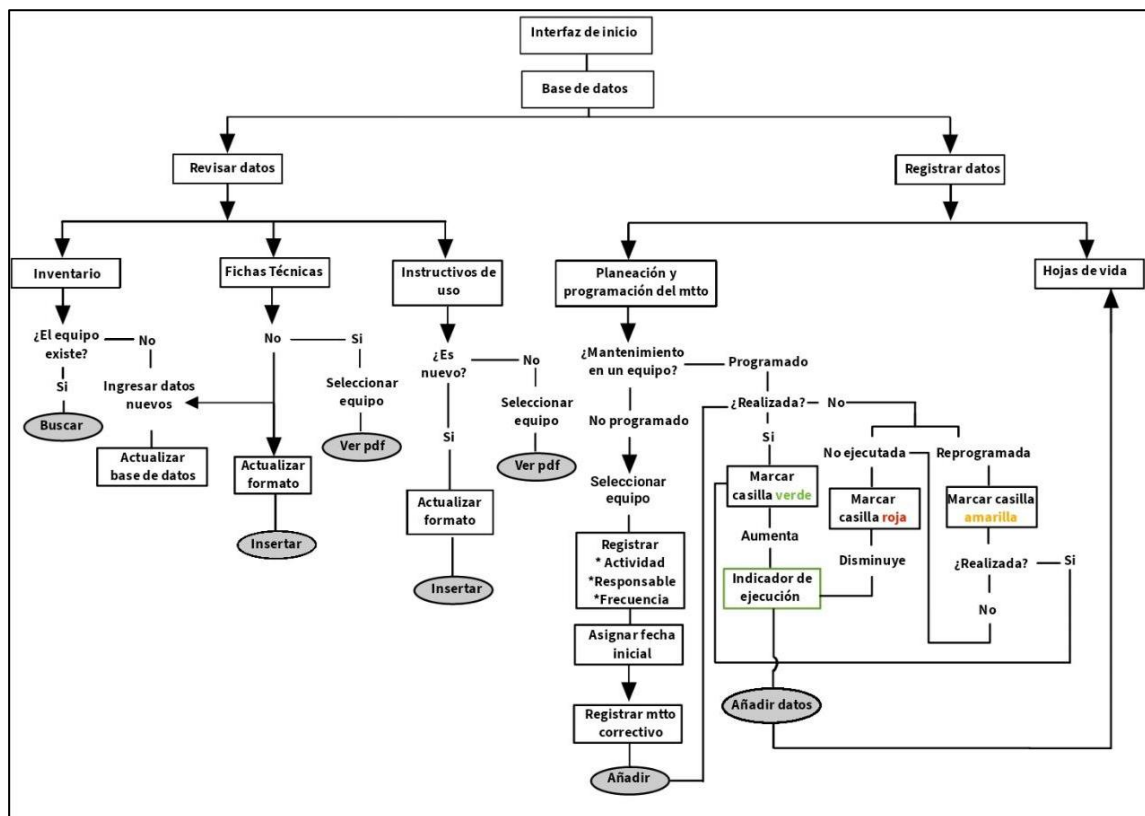


10.2.1 Diagrama Lógico

El diagrama a continuación muestra de manera estructurada cómo se organiza el flujo de información dentro del sistema, así como las interacciones funcionales entre sus diferentes módulos.

Figura 40

Diagrama lógico AVIMANT



10.2.2 Variables de entrada y salida

Las variables de entrada son los datos e identificadores que alimentan la base del sistema, mientras que las variables de salida representan los resultados generados tras su procesamiento, como alertas, reportes o indicadores. De este modo, AVIMANT no solo actúa como un sistema de registro, sino como una herramienta inteligente para la toma de decisiones y la mejora continua del mantenimiento.

Figura 41

Variables de entrada y salida AVIMANT



10.2.3 Módulos del sistema

Avimant está compuesto por seis módulos principales, diseñados para organizar, consultar, registrar y controlar la información técnica y operativa relacionada con los activos de la planta. Cada módulo cuenta con una interfaz propia, estructurada para facilitar la navegación y permitir la ejecución de distintas operaciones específicas según la función de cada uno.

10.2.3.1 Inicio/Interfaz de usuario: En esta interfaz principal se representan gráficamente los siete módulos disponibles, correspondientes a los distintos formatos del sistema. Desde esta vista, el usuario puede acceder directamente a la interfaz específica de cada

módulo. Además, se incluye un calendario automático que indica la fecha actual y un acceso directo a la página web de la empresa con un solo clic.

Figura 42

Interfaz de inicio AVIMANT



10.2.3.2 Fichas técnicas: En este módulo se encuentra el listado de los equipos junto con sus respectivas fichas técnicas en formato PDF, disponibles para su visualización. Adicionalmente, se incluye un archivo editable en Excel que reúne todas las fichas, permitiendo realizar modificaciones cuando sea necesario. También se proporciona un formato base en blanco para registrar la información de nuevos equipos.

Figura 43

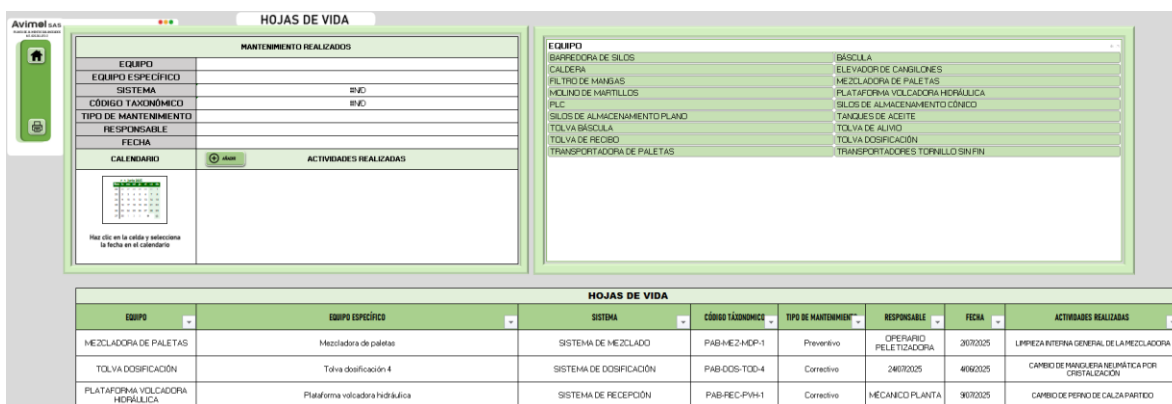
Módulo de fichas técnicas



10.2.3.3 Hojas de vida: La interfaz del módulo de hojas de vida está dividida en dos secciones principales. La primera corresponde a un formulario para el registro de las actividades de mantenimiento realizadas, donde se selecciona el equipo específico, se consulta su información técnica y se ingresan la fecha y la descripción de la intervención, alimentando automáticamente la base de datos. La segunda sección presenta un listado de los equipos disponibles, con una función de filtrado que permite visualizar únicamente las actividades asociadas a cada uno, facilitando el seguimiento histórico de todas las intervenciones registradas.

Figura 44

Módulo de hojas de vida AVIMANT



10.2.3.4 Instructivos de uso: Esta interfaz presenta una tabla organizada con los nombres de los instructivos de uso, clasificados según la etapa del proceso productivo a la que pertenecen. Cada instructivo está vinculado a los equipos que describe, facilitando su identificación y manejo. Además, se incluye la opción de visualizar cada documento en formato PDF para su consulta directa.

Figura 45

Módulo de instructivos de uso AVIMANT

INSTRUCTIVO	EQUIPOS	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO DE RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS	BÁSCULA - PLATAFORMA VOLCADO HIDRÁULICA - TANQUES DE ACEITE	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO PROCESO DE MEZCLADO	MEZCLADORA DE MICROMEZCLAS - ELEVADOR DE MICROMEZCLAS - MEZCLADORA DE PALETAS	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO DE PROCESO DE MOLIENDA	MOLINO DE MARTILLOS - TOLVAS DE MOLIENDA	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO DE PROCESO DE PELETIZADO	PELETIZADORA - TOLVA DE PELETIZACIÓN	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO DE PROCESO DE ENSACADO	ENSACADORA - CINTA TRANSPORTADORA	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO CALDERA	CALDERA	DOCUMENTO PDF
INSTRUCTIVO SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	PLC	DOCUMENTO PDF

10.2.3.5 Registros de calibración: Esta interfaz permite registrar de forma sistematizada las actividades de calibración realizadas a los equipos que lo requieren, diferenciándose del módulo de hojas de vida por estar dedicada exclusivamente a calibraciones periódicas validadas por entidades externas. La herramienta permite actualizar la información y filtrar por equipo, facilitando así la revisión específica del historial de calibraciones realizadas.

Figura 46

Módulo de registro de calibración AVIMANT

EQUIPO	SISTEMA	CÓDIGO TAXINÓMICO	FECHA	N° CERTIFICADO	PROVEEDOR	RESPONSABLE	ACTIVIDADES REALIZADAS / OBSERVACIONES
MEZCLADORA DE MICROMEZCLAS	SISTEMA DE MEZCLADO	PAB-MEZ-MRR-1	7/07/2021		Básculas Industriales del oriente		
MEZCLADORA DE MICROMEZCLAS	SISTEMA DE MEZCLADO	PAB-MEZ-MRR-1	20/10/2020		Básculas Industriales del oriente		
BÁSCULA	SISTEMA DE RECEPCIÓN	PAB-REC-BAS-1	19/04/2025	28193	Promerlaboos	Hernán Gil	Se realizó la búsqueda utilizando pesas estándar para garantizar la precisión en la toma de datos.
BÁSCULA	SISTEMA DE RECEPCIÓN	PAB-REC-BAS-1	20/03/2024	26600	Promerlaboos	Hernán Gil	Se hizo la calibración de la báscula con pesas estándar para garantizar que las mediciones sean precisas.

10.2.3.6 Planeación cronológica del mantenimiento: Esta sección del sistema integra diversas herramientas para planificar, visualizar y hacer seguimiento al mantenimiento preventivo. La Sábana de Mantenimiento permite registrar actividades por equipo, con fechas automáticas según frecuencia y responsables asignados. La sección de Condición Actual muestra el estado de cada actividad (programada, ejecutada, pendiente o no ejecutada), tanto de forma general como por sistema.

Figura 47

Módulo de planeación cronológica del mantenimiento



Los indicadores visuales evalúan el cumplimiento del plan, usando gráficos tipo torta y termómetro con alertas de color. El cronograma anual muestra en un calendario las actividades semanales programadas y permite actualizar su estado.

Además, hay filtros por equipo específico, gráficos que muestran la distribución de equipos por subsistema y el número de actividades por sistema, lo que facilita la toma de decisiones, priorización de tareas y control eficiente del mantenimiento.

10.2.3.7 Inventario: Este módulo permite visualizar la información técnica más relevante de cada equipo. Al seleccionar un equipo, se despliega automáticamente su información junto con una imagen representativa que facilita su reconocimiento. Además, se incluye

un listado organizado por sistemas, donde se agrupan los equipos y se indica la cantidad de unidades existentes por tipo.

Figura 48

Módulo de inventario de equipos AVIMANT



10.2.4 Base de datos

El sistema cuenta con una hoja oculta que funciona como la base de datos central, la cual es indispensable para el funcionamiento de todos los módulos. En esta hoja se encuentran organizadas diversas tablas que contienen las variables de entrada y salida utilizadas en cada uno de los procesos del sistema. Esta estructura permite que las interfaces operen de manera automática y eficiente, alimentándose y actualizándose conforme se registran nuevas actividades. La base de datos puede ser editada según sea necesario, permitiendo la incorporación de nuevos parámetros, equipos o actividades, así como la modificación de la información existente, garantizando así la flexibilidad y adaptabilidad del sistema a futuras necesidades operativas.

10.3 Requisitos técnicos

- Procesador mínimo: Intel Core i3 o equivalente AMD.
- Memoria RAM: 4 GB.
- Espacio de almacenamiento libre: 500 Mb.
- Versión de Microsoft Excel: Office 2021 o Microsoft 365 con soporte para macros habilitadas.
- Sistema Operativo: Windows 10 (64 bits) o superior.

10.4 Funcionamiento

El usuario inicia el sistema desde la hoja "Inicio o Interfaz de Usuario", donde puede seleccionar el módulo deseado y acceder, con un solo clic, a las fichas técnicas, hojas de vida o la planeación cronológica del mantenimiento correspondientes. Las actualizaciones de la información se realizan a través de formularios integrados en cada una de las interfaces de los distintos módulos. El sistema genera de forma automática los historiales de mantenimiento, los planes de trabajo y los reportes de seguimiento, proporcionando una visualización clara y ordenada de las tareas ejecutadas y pendientes. Todo esto es posible gracias a la base de datos previamente estructurada y alimentada.

10.4.1 Manual de usuario

El manual de usuario ha sido elaborado con el propósito de servir como guía práctica para operarios, mecánicos, supervisores y personal administrativo de la empresa. Su contenido proporciona instrucciones claras, paso a paso, sobre el uso adecuado del Sistema de Gestión del Mantenimiento Preventivo, facilitando así la navegación por sus módulos, el ingreso correcto de información y la interpretación de los datos registrados.

Para una explicación detallada del funcionamiento de cada módulo y del uso del sistema, consulte el Manual de Usuario disponible en el Apéndice I.

11.Indicadores

11.1 Indicadores de ejecución del plan

Dentro del sistema de gestión de mantenimiento desarrollado, en el módulo de planeación cronológica, uno de los indicadores fundamentales corresponde al cumplimiento de actividades programadas, el cual mide el porcentaje de tareas ejecutadas frente al total de actividades planificadas en un período determinado. Un valor cercano al 100 % refleja un alto nivel de control y ejecución del plan, mientras que porcentajes bajos evidencian retrasos o incumplimientos que pueden comprometer la disponibilidad de los equipos.

Para la práctica se diseñó una planeación cronológica con un horizonte de seis meses, comprendidos entre febrero y agosto. Durante este período se logró un porcentaje de ejecución del 77%, resultado obtenido a partir de los registros de los formatos de mantenimiento y la verificación con los técnicos de planta.

Figura 49

Indicador de ejecución del plan



Este valor se considera aceptable, dado que parte de las actividades pendientes corresponden a intervenciones con una frecuencia superior a un año, las cuales no estaban contempladas dentro de la ventana de análisis de seis meses. El restante de actividades no ejecutadas estuvo asociado principalmente a la falta de herramientas y repuestos necesarios para llevar a cabo las intervenciones programadas.

11.2 Indicador de gestión del mantenimiento

En la gestión del mantenimiento se busca evaluar indicadores cuantitativos con el fin de conocer el desempeño de los equipos críticos de la planta de alimentos balanceados. En este estudio se analizarán la disponibilidad, la confiabilidad y la mantenibilidad, reconocidos por la norma ISO 14224 como métricas clave para la toma de decisiones en productividad y gestión de activos. Estos indicadores se evaluarán tanto antes como después de la implementación del plan de mantenimiento, con el propósito de evidenciar el impacto de las acciones aplicadas en la mejora del desempeño de los equipos.

El análisis comparativo de la implementación del plan de mantenimiento requiere tomar como referencia los tiempos de producción teóricos de los equipos críticos. Estos se determinan en función de los días hábiles disponibles y de la duración de la jornada laboral, constituyendo la base para estimar la capacidad productiva mensual y contrastar los resultados obtenidos en dos momentos clave: el mes de marzo, correspondiente al periodo previo a la implementación, y el mes de julio, que refleja el escenario posterior a la aplicación del plan.

Tabla 15

Tiempos de jornada laboral

MARZO	Tiempo total de producción			
	Días laborados	Cantidad de días	Tiempo de turno (h)	Duración total (h)
	Entre semana	21	8	168
	Sábados	5	4	20
Total de días	26	Total horas mensuales	188	
JULIO	Tiempo total de producción			
	Días laborados	Cantidad de días	Tiempo de turno (h)	Duración total (h)
	Entre semana	23	8	184
	Sábados	4	4	16
Total de días	27	Total horas mensuales	200	

Para el desarrollo de la práctica se seleccionaron cuatro equipos considerados críticos según el análisis de criticidad: los elevadores de cangilones, los transportadores de paletas, los molinos y la peletizadora. A cada uno de estos equipos se le asignó un tiempo de operación teórico diario, definido con base en su capacidad y en las condiciones de trabajo de la planta.

Tabla 16

Tiempos de operación por equipo

Equipo	Teórico	Marzo	Julio
	Tiempo Operativo Teórico (h)	Tiempo Operativo Teórico (h)	Tiempo Operativo Teórico (h)
	Diario	Mensual	Mensual
Transportadoras de paletas	6	156	162
Elevadores de cangilones	6	156	162
Molino de martillos	5	130	135
Peletizadora	4	104	108

11.2.1 Disponibilidad

La disponibilidad se evaluó mediante dos enfoques complementarios. El primero corresponde a la disponibilidad intrínseca, calculada a partir de la metodología establecida en la

norma ISO 14224, la cual relaciona el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), según la siguiente expresión:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (3)$$

MTBF = Tiempo medio entre fallas

MTTR = Tiempo medio de reparaciones

El segundo enfoque se basó en la comparación entre el tiempo de operación real (TOR) de cada equipo y su tiempo de operación teórico (TOT), de acuerdo con la fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{TOR}{TOT} \quad (4)$$

Este doble análisis permitió contrastar los resultados desde una perspectiva normativa y práctica, vinculando los datos históricos de fallas y reparaciones con la capacidad real de operación de los equipos críticos.

11.2.2 Confiabilidad

La confiabilidad de los equipos se determinó con base en el modelo exponencial, el cual permite cuantificar la probabilidad de que un activo opere de manera continua y sin fallas durante un intervalo de tiempo definido. En este caso, se evaluó la confiabilidad considerando el tiempo de operación diario asignado a cada equipo crítico, de modo que la métrica refleja la probabilidad de que dichos equipos cumplan su jornada de trabajo sin interrupciones.

La función de confiabilidad se expresa como:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}} \quad (5)$$

Donde t es el tiempo de operación asignado a cada equipo crítico y MTBF representa el tiempo medio entre fallas, calculado como el cociente entre el tiempo de operación real durante el periodo de análisis y el número de fallas correctivas.

11.2.3 Mantenibilidad

En este indicador se utilizó la función de distribución exponencial, dado que la mantenibilidad permite medir la probabilidad de que un equipo se repare dentro de un tiempo específico. Para el presente estudio se consideró un tiempo de referencia de una hora, con el objetivo de evaluar la eficiencia y rapidez de las intervenciones, asegurando que los equipos críticos puedan ser restablecidos con mínima afectación al ciclo productivo.

El cálculo de a mantenibilidad se basa en la siguiente función:

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}} \quad (6)$$

Donde t es el tiempo asignado para la reparación o intervención de mantenimiento y el MTTR es el tiempo medio de reparación, calculado como el cociente entre el tiempo total de reparación y el número de fallas registradas.

11.2.4 Análisis comparativo de los indicadores de mantenimiento pre y post a la implementación del plan

Para determinar el impacto de la implementación del plan de mantenimiento sobre los indicadores de gestión de los equipos críticos, se seleccionaron dos meses de análisis: marzo, al inicio de la práctica, y julio, hacia su finalización. En estos periodos se recopilieron los datos correspondientes a las intervenciones de mantenimiento, lo que permitió evaluar de manera comparativa la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

11.2.4.1 Marzo (Pre-implementación del plan). Para el mes de marzo se recopilaron los datos correspondientes a las intervenciones de mantenimiento, tanto preventivas como correctivas, incluyendo los tiempos asociados a cada actividad de mantenimiento.

Tabla 17

Datos de marzo

Equipo	Número de paradas correctivas	Tiempos de paradas correctivas	Número de paradas preventivas	Tiempos de paradas preventivas programadas	Número de paradas totales	Tiempo total de paradas por fallas (h)
	NPC	TPC	NPP	TPP	NPT	TTP
Transportadoras de paletas	42	48.3	10	1.5	52	49.8
Elevadores de cangilones	47	37.6	9	2.2	56	39.8
Molino de martillos	21	19.9185	6	1.5	27	21.5
Peletizadora	15	14.805	4	0.9	19	15.7

Se obtuvieron los valores correspondientes a los indicadores gestión del mantenimiento de los equipos críticos. Se observa que los indicadores de confiabilidad y mantenibilidad presentan valores inferiores al 70 %, lo que evidencia una necesidad de mejora en estos aspectos para garantizar un desempeño más estable y eficiente de los equipos. Por otro lado, la disponibilidad se encuentra en un rango de 60 a 80 %, lo cual indica un desempeño aceptable; sin embargo, existe potencial de mejora, especialmente si se busca aumentar la continuidad operativa y reducir el impacto de las fallas en el ciclo productivo.

Tabla 18
Indicadores de marzo

Equipo	Tiempo de operación real TOT-TTP	MTTR (h)	MTBF (h)	índice de disponibilidad intrínseca	índice de disponibilidad Tiempos	índice de confiabilidad	índice de mantenibilidad
	TOR	TMR	TMEF	Disponibilidad		Tiemp Oper Diario	1 hora
Transportadoras de paletas	106.2	1.15	2.52	68.74%	68.08%	9.32%	58.09%
Elevadores de cangilones	116.1	0.80	2.55	75.54%	74.46%	8.82%	71.35%
Molino de martillos	108.4	0.94	5.16	84.49%	83.46%	37.99%	65.16%
Peletizadora	88.2	0.98	5.94	85.63%	84.84%	50.66%	63.69%

11.2.4.2 Julio (Post implementación del plan). De igual manera, se recopilamos los registros de las intervenciones de mantenimiento correspondientes al mes de julio, considerando que para esta fecha el plan de mantenimiento llevaba un tiempo de implementación. Se observó un incremento en las actividades de mantenimiento preventivo y una reducción de las paradas por mantenimiento correctivo, lo que muestra un efecto positivo del plan sobre la gestión y desempeño de los equipos críticos.

Tabla 19
Datos de Julio

Equipo	Número de paradas correctivas	Tiempos de paradas correctivas no programadas	Número de paradas preventivas	Tiempos de paradas preventivas programadas	Número de paradas totales	Tiempo total de paradas por fallas (h)
	NPC	TPC	NPP	TPP	NPT	TTP
Transportadoras de paletas	25	11.25	16	9.12	41	20.37
Elevadores de cangilones	29	11.89	12	8.16	41	20.05
Molino de martillos	12	3.84	15	7.05	27	10.89
Peletizadora	7	2.03	12	6.24	19	8.27

Se obtuvieron los valores de los indicadores de gestión, los cuales se encuentran dentro de rangos aceptables. Aunque se esperaba un aumento más pronunciado, el incremento observado no resulta significativo, debido a que el tiempo de implementación del plan de mantenimiento fue relativamente corto, lo que limita la posibilidad de evidenciar mejoras extremas en los indicadores. No obstante, los resultados reflejan una tendencia positiva y permiten identificar áreas con potencial de mejora para futuras intervenciones y ajustes del plan.

Tabla 20

Indicadores Julio

Equipo	Tiempo de operación real TOT-TTP	MTRR (h)	MTBF (h)	índice de Disponibilidad intrínseca	índice de Disponibilidad Tiempos	índice de Confiabilidad	índice de Mantenibilidad
	TOR	TMR	TMEF	DISPONIBILIDAD AD		Tiemp Oper Diario	1 hora
Transportadoras de paletas	141.6	0.45	5.67	92.64%	87.43%	34.68%	89.16%
Elevadores de cangilones	141.9	0.41	4.89	92.27%	87.62%	29.35%	91.28%
Molino de martillos	124.1	0.32	10.34	97.00%	91.93%	61.67%	95.61%
Peletizadora	99.7	0.29	14.25	98.01%	92.34%	75.52%	96.82%

11.3 Resultados Indicadores

Se logró evidenciar un incremento en los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad al comparar los dos meses analizados, asociado en parte a la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Dicho plan permitió que las actividades de mantenimiento se ejecutaran dentro de los tiempos programados, evitando interrupciones en la producción y asegurando la continuidad operativa. Además, estas intervenciones contribuyeron a la preservación y correcto funcionamiento de los equipos, promoviendo una operación más estable.

De igual manera, la organización y estandarización de los procesos de mantenimiento facilitaron la reducción del tiempo medio de reparación (MTTR).

Tabla 21

Comparación pre y post implementación

Equipo	Disponibilidad		Confiabilidad		Mantenibilidad	
	Marzo	Julio	Marzo	Julio	Marzo	Julio
Transportadoras de paletas	68.7%	92.6%	9.3%	34.7%	58.1%	89.2%
Elevadores de cangilones	75.5%	92.3%	8.8%	29.4%	71.3%	91.3%
Molino de martillos	84.5%	97.0%	38.0%	61.7%	65.2%	95.6%
Peletizadora	85.6%	98.0%	50.7%	75.5%	63.7%	96.8%

12. Conclusiones

Se desarrolló la codificación taxonómica para 33 tipos de equipos que en total comprenden 88 unidades distintas. La estructuración de códigos se realizó bajo los lineamientos del capítulo de taxonomía de la Norma ISO 14224:2016, alcanzando hasta el nivel taxonómico 6 (clase de equipo o unidad), en concordancia con los requerimientos de la empresa y el tiempo disponible durante la práctica. Este resultado representa el punto de partida para una futura ampliación de la implementación de la norma, que incluiría los niveles taxonómicos restantes con el fin de lograr un mayor detalle y estandarización en la gestión de los activos.

El análisis de criticidad se realizó al 100% de los equipos de la empresa, manteniendo los mismos criterios de evaluación para la matriz de riesgo, pero con rangos de ponderación ajustados a las particularidades técnicas y operativas de cada sistema. Este enfoque reveló que, en ciertos casos, el impacto operacional fue el factor relevante, mientras que en otros prevaleció la recurrencia de fallas. A partir de este proceso se estableció la clasificación en tres categorías conforme a su nivel de criticidad: No críticos (54,5%) , medianamente críticos (30.3%) y altamente

críticos (15.2%). En este último grupo se encuentran los molinos, transportadores de paletas, elevadores de cangilones, PLC y peletizadora, siendo estos como los de mayor relevancia para el proceso de producción lo que condujo a priorizar en ellos las actividades de mantenimiento.

El enfoque aplicado en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo garantizó no solo la definición estructurada de las actividades, sino también la participación de los operarios en la conservación de los equipos, la adecuada organización de los recursos y la planificación estratégica de las intervenciones a largo plazo. Asimismo, se implementaron herramientas asociadas a las 5S en diferentes etapas del proceso productivo, fortaleciendo la conservación de los equipos y fomentando el desarrollo de una cultura de mejora continua alineada con los principios del Mantenimiento Productivo Total dentro de la gestión del mantenimiento.

Se consolidó un sistema de gestión de la información del mantenimiento desarrollado en Excel, estructurado mediante fórmulas, tablas dinámicas y macros que facilitaron un acceso ágil y didáctico a los distintos formatos creados e implementados, como hojas de vida, fichas técnicas, instructivos de uso y registros de calibración. Este sistema, conformado por módulos interconectados, permitió gestionar de forma integral la información de los equipos; sin embargo, el componente de mayor relevancia es el módulo de planeación cronológica del mantenimiento, en el cual se centraliza la programación, ejecución y control de las actividades preventivas. Dicho módulo incorporó alertas e indicadores de ejecución codificados por colores que orientaron sobre el estado de las actividades, la proximidad de los mantenimientos y la frecuencia de ejecución, garantizando así un control más ordenado y dinámico del plan de mantenimiento.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa Avícola AVIMOL S.A.S, basado en los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM), ha generado un impacto positivo inmediato al mejorar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos

críticos, mejorando los tiempos de operación, reduciendo tiempos de inactividad y apoyando la continuidad productiva. De manera prospectiva, este enfoque estructurado establece las bases para un impacto sostenible, al prolongar la vida útil de los equipos, reducir costos por fallas imprevistas, y consolidar una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la productividad. La sistematización de la información, la priorización de los equipos críticos y la estandarización de los procesos proporcionan un modelo replicable y escalable, capaz de adaptarse a nuevas necesidades operativas.

13. Recomendaciones

Como proyección del presente trabajo de grado, se recomienda a la empresa Avimol S.A.S. lo siguiente: Avanzar en una aplicación más detallada de la Norma ISO 14224, con el fin de identificar de manera precisa los niveles correspondientes en cada categoría. Asimismo, se sugiere extender la codificación taxonómica a las demás sedes de la compañía, incluyendo las granjas, la clasificadora de huevos, la compostadora y demás instalaciones asociadas.

Continuar con el diligenciamiento y actualización de los documentos de registro asociados al mantenimiento, tales como hojas de vida de equipos, guías de verificación y registros de calibración. Esto beneficiará la trazabilidad de la información, facilitar el seguimiento y garantizar la disponibilidad de datos confiables para la toma de decisiones.

Mantener la ejecución de las acciones consignadas en la guía de chequeo de funcionamiento de los equipos. De esta forma, se fortalece la estrategia de mantenimiento preventivo en búsqueda de la preservación de los equipos.

Tener en cuenta el análisis de criticidad realizado, priorizando la atención y el cumplimiento de las actividades de mantenimiento en equipos de alto impacto como

transportadores de paletas, elevadores de cangilones, molinos de martillos, peletizadora y PLC. Priorizar estos equipos resulta fundamental para prevenir fallas que puedan generar paradas en la producción.

Dar continuidad al uso del software “Avimant” para gestionar la planeación del mantenimiento. Esto facilitará un control mejor sobre las fechas y actividades programadas, evitando interrupciones en los procesos productivos y reduciendo la ocurrencia de paradas imprevistas.

Por último, se recomienda implementar un sistema de control de inventario de repuestos críticos soportado en la metodología de clasificación ABC, con el fin de priorizar aquellos ítems de mayor impacto en la operación y en los costos de mantenimiento. Para ello, es fundamental que el inventario se estructure a partir de los ítems mantenibles identificados en cada uno de los equipos analizados, asegurando que se cuente con un stock mínimo en planta de los repuestos de mayor criticidad. Esta medida permitirá responder oportunamente ante emergencias, reduciendo los tiempos muertos ocasionados por la espera en la adquisición de repuestos y garantizando la continuidad operativa del proceso productivo.

Referencias Bibliográficas

- Angulo, P. (2009). Plan de mantenimiento para la empresa de alimentos concentrados Itacol de Occidente Ltda. empleando los conceptos básicos del TPM. <https://es.scribd.com/document/372374818/301684474-Plan-de-Mantenimiento-Preventivo-Planta-Procesamiento-de-Alimentos-Concentrados-1-pdf>
- Bueno, J., & Ybarra, D. (2020). Propuesta de mejora de la gestión del plan de mantenimiento de la maquinaria de una planta productora de harina de pescado basado en la implementación del mantenimiento productivo total [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621745>
- Campos, A., López, J., & Martínez, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Cortes, A. (2014). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de asfalto de Patria SAS ubicada en el municipio de Mosquera [Tesis de especialización, Universidad Industrial de Santander].
- Ferreira, J. (2021). Evaluación de los parámetros y sistemas de producción de gallinas ponedoras de huevo blanco (Lohmann LSL) y ponedoras de huevo rojo (Isa Brown, Hy Line Brown, Lohmann Brown) de las granjas avícolas San Pablo 1 y San Pablo 2 [Trabajo de grado, Universidad Libre, Seccional Socorro].
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO.

- Jaimés, L. (2021). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada de la Alcaldía del municipio de La Esperanza [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/8d3c369a-759b-474a-8350-1466d06775a1/content>
- Lean Construction México. (s.f.). Los 8 pilares del TPM. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/los-8-pilares-del-tpm>
- Montilla, C. (2019). Mantenimiento industrial y su administración. Editorial UTP.
- Palomino, L. (2016). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo a las áreas de derivados y UHT para la planta Bucaramanga de la empresa Freskaleche S.A. [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander].
- Rey, F. (2001). Mantenimiento productivo total. Ecoe Ediciones.
- Sampayo, V. (2010). Plan de mantenimiento para la empresa IRM Ingeniería de mantenimiento industrial Ltda., empleando los conceptos básicos del TPM [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar].
- Santos, P. G. (2024, febrero 12). Metodología TPM: mantenimiento productivo total. Envira. <https://envira.es/es/metodologia-tpm-mantenimiento-productivo-total/>

Apéndices

Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional