



POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-NO.506-2019

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
PROYECTOS DE DESARROLLO

TEMA:
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
CONTROLAR LOS TIEMPOS DE AVERÍAS
EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS
BALANCEADOS. CASO EMPRESA
BAL GRAN CÍA. LTDA.

AUTOR:
JHONATTAN JAVIER SANMARTIN QUIZHPI

DIRECTOR:
ADRIANA DEL PILAR GUAMÁN BUESTAN

CUENCA – ECUADOR
2023

Autor:**Jhonattan Javier Sanmartín Quizhpi.**

Ingeniero Industrial.

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de La prevención de Riesgos Laborales, La Calidad, El Medio Ambiente Y La Responsabilidad Social Corporativa.

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

jhonattan_sanmartin@hotmail.com

Dirigido por:**Adriana del Pilar Guamán Buestan**

Ingeniera Mecánica.

Magister en Administración de Negocios.

Doctora en Ingeniería Industrial.

aguaman@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

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

DERECHOS RESERVADOS

©2023 Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

JHONATTAN JAVIER SANMARTIN QUIZHPI

Gestión de mantenimiento para controlar los tiempos de averías en la producción de alimentos balanceados. Caso empresa Bal Gran Cía. Ltda.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	12
Abstract	13
1. Introducción	14
1.1 Situación Problemática	14
1.2 Formulación de problema.....	15
1.2.1 Problema general.	15
1.2.2 Problemas específicos.	15
1.3 Justificación.....	16
1.3.1 Justificación teórica	16
1.3.2 Justificación práctica.....	16
1.4 Objetivos.	17
1.4.1 Objetivo general.	17
1.4.2 Objetivos específicos.	17
2. Marco teórico referencial.....	18
2.1 Gestión de mantenimiento.....	18
2.2 Planeación de mantenimiento.....	19
2.3 Filosofía de mantenimiento (Tipos de mantenimiento).....	19
2.3.1 Mantenimiento correctivo.	19
2.3.2 Mantenimiento preventivo.	20
2.3.3 Mantenimiento predictivo.	20
2.3.4 Mantenimiento autónomo.....	20
2.3.5 Mantenimiento de mejora.	21
2.4 Carga y capacidad de mantenimiento.	21
2.5 Programación del mantenimiento.....	21
2.6 Talento humano.....	22
2.7 Información y documentación.....	22
2.8 Seguridad y salud en el trabajo.....	22
2.9 Responsabilidad social corporativa y medio ambiente.....	23
2.10 Indicadores.....	23
2.10.1 Indicadores de salida.	24
2.10.2 Indicadores de entrada.....	25

2.10.2.2.1	Tiempo promedio de falla.	25
2.10.2.2.2	Tiempo promedio de intervención.	26
3.	Metodología	27
3.1	Diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento actual en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	28
3.1.1	Reseña de la empresa.....	28
3.1.2	Actividad de la organización.....	29
3.1.3	Línea de producción.	29
3.1.4	Plantilla de trabajadores de la organización.	32
3.1.5	Organigrama organización.	33
3.1.6	Mapa de procesos.	34
3.1.7	Mantenimiento aplicado en Bal Gran Compañía Limitada.	35
3.2	Modelo del sistema de gestión de mantenimiento de la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	38
3.2.1	Filosofía de la Gestión del mantenimiento.	38
3.2.1.1	Misión del departamento de mantenimiento.	39
3.2.1.2	Visión del departamento de mantenimiento.	39
3.2.1.3	Valores del departamento de mantenimiento.....	39
3.2.1.4	Estrategia.	39
3.2.1.5	Alcance.....	39
3.2.1.6	Objetivo principal.....	40
3.2.1.7	Objetivos específicos.	40
3.2.2	Gestión del Talento humano para mantenimiento.....	40
3.2.3	Gestión del espacio.	42
3.2.4	Gestión de la documentación.....	43
3.2.4.1	Membrete.	44
3.2.4.2	Codificación de la maquinaria.....	46
3.2.4.2.1	Codificación de la máquina general.	47
3.2.4.2.2	Codificación de componentes nivel 1.	51
3.2.4.2.3	Codificación de componentes nivel N1+1.....	52
3.2.4.3	Documentos de levantamiento de información técnica de máquinas y sus componentes.....	55
3.2.4.3.1	Ficha técnica de la máquina.....	55
3.2.4.3.2	Ficha técnica del componente nivel n+1.....	59
3.2.4.3.3	Ficha técnica de motores y motorreductores.....	62
3.2.4.3.4	Ficha técnica de componentes eléctricos.	65

3.2.4.4	Documentos de trabajo.	68
3.2.4.4.1	Gama de mantenimiento.	69
3.2.4.4.2	Calendario de mantenimiento.	71
3.2.4.4.3	Documento notificación de anomalías.	73
3.2.4.4.4	Orden de trabajo.	75
3.2.4.4.5	Ejecución de trabajo.	77
3.2.4.4.6	Instructivo de procedimiento.	79
3.2.4.5	Historial de mantenimiento de la máquina.	82
3.2.4.6	Documento de análisis.	84
3.2.4.6.1	Análisis de averías.	84
3.2.4.6.2	Análisis de indicadores.	91
3.2.4.7	Análisis de la maquinaria.	94
3.2.4.7.1	Análisis de criticidad de la maquinaria.	95
3.2.4.8	Análisis de repuestos.	97
3.2.4.8.1	Análisis de criticidad de los repuestos importados.	97
3.2.4.8.2	Repuestos generales.	99
3.2.4.9	Análisis de antigüedad.	102
3.2.4.9.1	Jornada laboral.	103
3.2.4.9.2	Tamaño de la empresa.	104
3.2.4.9.3	Tipo de proceso.	104
3.2.4.9.4	Ritmo de producción.	106
3.2.4.9.5	Nivel de automatización.	106
3.2.4.9.6	Inversión de equipos.	106
3.2.4.10	Análisis de producción.	106
3.2.5	Protocolo de procesos.	107
3.2.5.1	Protocolo para el desarrollo de mantenimiento.	107
3.2.5.1.1	Mantenimiento Preventivo.	108
3.2.5.1.2	Mantenimiento predictivo.	109
3.2.5.1.3	Mantenimiento correctivo.	110
3.2.5.1.4	Auto-mantenimiento.	110
3.2.5.1.5	Mantenimiento de mejora.	110
3.3	Análisis de la propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento de maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	112
3.3.1	Gestión del talento humano aplicado al elevador de cangilones.	112

3.3.2	Gestión del espacio aplicado al elevador de cangilones.	112
3.3.3	Gestión de documentación.	113
3.3.4	Protocolos de mantenimiento.....	125
4.	Resultados.	131
4.1	Resultados del diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento actual en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	131
4.1.1	Análisis de la maquinaria.....	131
4.1.2	Criticidad de la maquinaria.....	134
4.1.3	Análisis de criticidad de repuestos.	136
4.1.4	Análisis de antigüedad.....	137
4.1.5	Análisis de averías AMEF.	138
4.1.1	Análisis de Requerimiento de equipos y herramientas.....	138
4.2	Resultado del modelo del sistema de gestión de mantenimiento de la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	141
4.3	Resultados del análisis de la propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento de maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	144
4.3.1	Tiempos de reparación de averías.	144
4.3.2	Comparación de costos del mantenimiento.	145
5.	Conclusiones.....	151
	Recomendaciones.....	152
	Referencias	153

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Horas de paralización por mantenimientos no programados.....	15
Tabla 2 Proceso de la metodología.	27
Tabla 3 Materias primas (macroingredientes).	30
Tabla 4 Sistemas de producción.	31
Tabla 5 Nómina de colaboradores de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.	33
Tabla 6 Tiempos para cambio de chumacera estado inicial.	37
Tabla 7 Tiempos de mantenimientos (Actual).	38
Tabla 8 Secciones y áreas de la empresa.	42
Tabla 9 Documentos del sistema de gestión de mantenimiento.....	44
Tabla 10 Listado de máquinas de la empresa.	48
Tabla 11 Ejemplos de codificación de componente de nivel 1.	52
Tabla 12 Ejemplos de codificación de componente de nivel n+ 1.	54
Tabla 13 Criterios para ponderación de Gravedad en AMEF.	89
Tabla 14. Criterios de valoración de Detección en AMEF.	90
Tabla 15 Criterios para ponderación de Ocurrencia de AMEF.....	91
Tabla 16 Rango de riesgo.....	91
Tabla 17 Ejemplo de método de cálculo de la criticidad de las maquinas.....	97
Tabla 18 Ejemplo del análisis de criticidad de repuestos.....	99
Tabla 19 Empresas proveedoras locales.	100
Tabla 20 Análisis de antigüedad de línea de producción.	103
Tabla 21 Tamaño de empresas en Ecuador.....	104
Tabla 22 Producción de divisiones, promedio mensual año 2022.....	106
Tabla 23 Capacidad promedio por proceso.....	107
Tabla 24 Número de componentes por niveles del elevador de cangilones de producto peletizado.	121
Tabla 25 Despiece de la banda de cangilones del elevador de cangilones de producto peletizado.	121
Tabla 26 Resultados de la condición y estado de las máquinas.....	131
Tabla 27 Máquinas en estado inoperativo.	132
Tabla 28 Resultado del análisis de criticidad de las máquinas.....	134
Tabla 29 Resultados del análisis de criticidad.	136
Tabla 30 Resultados de análisis de criticidad de repuestos (criticidad 3).....	137

Tabla 31 Resultado del análisis de antigüedad de la maquinaria de la empresa.	137
Tabla 32 Resultado AMEF de elevador de cangilones de producto peletizado.	138
Tabla 33 Consumibles para mantenimiento.	139
Tabla 34 Equipos para mantenimiento.	139
Tabla 35 Herramientas para mantenimiento.	140
Tabla 36 Comparación de tiempos.	144
Tabla 37 Tiempo de mantenimiento del escenario uno (condición inicial).	146
Tabla 38 Tiempo de mantenimiento del escenario dos.	147
Tabla 39 Tiempo de mantenimiento del escenario tres.	148
Tabla 40 Costo de mantenimiento en los diferentes escenarios.	149
Tabla 41 Diferencia de tiempos de mantenimiento.	150

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Organigrama empresarial.....	34
Figura 2 Mapa de procesos empresa Bal Gran Compañía Limitada.	35
Figura 3 Análisis de cinco por qué?	36
Figura 4 Organigrama departamento de mantenimiento.....	41
Figura 5 Secciones de la empresa.....	43
Figura 6 Áreas de la empresa.	43
Figura 7 Membrete de gestión documental.....	46
Figura 8 Ejemplo de código QR.....	47
Figura 9 Ficha de levantamiento de información técnica de la máquina.	56
Figura 10 Ficha de levantamiento de información técnica de componente.	60
Figura 11 Formato de levantamiento de información de motor o motorreductor.	65
Figura 12 Formato de levantamiento de información de componente eléctrico.....	68
Figura 13 Formato de la gamma de mantenimiento por máquina.....	70
Figura 14 Ingreso de los datos en la plataforma de Google calendar.....	71
Figura 15 Ejemplo de visualización de la calendarización de actividades de mantenimiento.	72
Figura 16 Formato de notificación de anomalías.....	74
Figura 17 Formato orden de trabajo.	76
Figura 18 Formato de la ejecución de trabajo.....	79
Figura 19 Formato del instructivo de procedimientos.....	80
Figura 20 Formato del documento de historial de mantenimiento.....	83
Figura 21 Formato de documento de análisis de averías.....	86
Figura 22. Parámetros para desarrollo AMEF.	87
Figura 23 Formato del documento de análisis de indicadores.	93
Figura 24 Formato de la ficha de inspección.....	94
Figura 25 Flujo de materias primas por el proceso de producción.....	105
Figura 26 Flujo de mantenimiento preventivo.....	108
Figura 27 Flujo de mantenimiento predictivo.....	109
Figura 28 Flujo de mantenimiento correctivo.....	111
Figura 29 Ficha técnica de la máquina elevador de cangilones de producto peletizado. 114	
Figura 30 Elevador de cangilones de producto peletizado.	115

Figura 31 Ficha técnica del cabezal del elevador de cangilones de producto peletizado. 116	
Figura 32 Ficha técnica de la estructura de canillas del elevador de cangilones de producto peletizado.	117
Figura 33 Ficha técnica de la banda de cangilones del elevador de cangilones de producto peletizado.	118
Figura 34 Ficha técnica de la bota del elevador de cangilones de producto peletizado. 119	
Figura 35 Ficha técnica de la estructura de canillas del elevador de cangilones de producto peletizado.	120
Figura 36 Ejemplo gama de mantenimiento de elevador de cangilones de producto peletizado.	122
Figura 37 Ejemplo calendario de mantenimiento marzo 2023.	123
Figura 38 Ejemplo agenda de mantenimiento.	124
Figura 39 Ejemplo envío de tareas de mantenimiento.	124
Figura 40 Ejemplo orden de trabajo 00-0001.	125
Figura 41 Ejemplo ejecución de trabajo 00-0001.	126
Figura 42 Ejemplo ficha de índices de mantenimiento.	127
Figura 43 Ejemplo de ficha de historial de máquina.	128
Figura 44 Ejemplo documento de notificación de anomalías.	129
Figura 45 Ejemplo documento de análisis de averías.	130
Figura 46 Condición de la maquinaria.	133
Figura 47 Estado de uso de la maquinaria.	133
Figura 48 Flujo del modelo de gestión de mantenimiento.	143

GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO
PARA CONTROLAR
LOS TIEMPOS DE
AVERÍAS EN LA
PRODUCCIÓN DE
ALIMENTOS
BALANCEADOS. CASO
EMPRESA BAL GRAN
CÍA. LTDA.

AUTOR:

JHONATTAN JAVIER SANMARTIN QUIZHPI

RESUMEN

En el presente documento se desarrolla cinco capítulos que contienen la estructura del proyecto de “Gestión De Mantenimiento Para Controlar Los Tiempos De Averías En La Producción De Alimentos Balanceados. Caso Empresa Bal Gran Cía. Ltda. “

En el capítulo uno a manera de introducción se establece la situación problemática de la empresa en relación al mantenimiento, la formulación del problema con su justificación del desarrollo del proyecto y los objetivos a alcanzar con este proyecto; en el capítulo dos del documento se enmarca el marco teórico referencial necesario para el desarrollo de este proyecto iniciando con la gestión de mantenimiento para poder planificarlo, brindando una filosofía para las actividades a desarrollar dentro de la gestión, además se establece lo concerniente con la carga y capacidad para el desarrollo de mantenimiento con lo cual se puede programar estableciendo el talento humano necesario para las actividades como levantar la información técnica de la maquinaria y sus componentes, de la seguridad salud en el trabajo y la responsabilidad social corporativa y por último se determinara los indicadores que demuestran como está el mantenimiento cuando se obtenga una base de datos lo suficiente mente robusta; en el capítulo tres se determina la metodología a desarrollar para el diagnóstico inicial del mantenimiento de la empresa conjuntamente con el desarrollo del modelo del sistema de gestión y el análisis de la propuesta de implementación del sistema de gestión de mantenimiento de maquinaria en la línea de producción, en capítulo cuatro se muestra los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial en el modelo y de la propuesta desarrollada para la gestión de mantenimiento; y en el capítulo cinco finaliza con las conclusiones y recomendaciones resultado del estudio del proyecto.

Palabras clave:

Mantenimiento, Análisis de repuestos, Criticidad de repuestos, Análisis de maquinaria, Criticidad de maquinaria, Análisis de antigüedad, Análisis AMEF, Modelo de gestión.

ABSTRACT

This document develops five chapters that contain the structure of the project "Maintenance Management to Control Breakdown Times in the Production of Balanced Food. Case Bal Gran Limited Company."

In chapter one, as an introduction, the problematic situation of the company in relation to maintenance is established, the formulation of the problem with its justification of the development of the project and the objectives to be achieved with this project; In chapter two of the document we frame the theoretical referential framework necessary for the development of this project starting with maintenance management in order to plan it, providing a philosophy for the activities to be developed within the management, in addition to establishing what concerns the load and capacity for the development of maintenance with which it can be programmed establishing the necessary human talent for activities such as raising the technical information of the machinery and its components, health safety at work and corporate social responsibility and finally the indicators that show how the maintenance is when a sufficiently robust database is obtained; In chapter three we determine the methodology to be developed for the initial diagnosis of the maintenance of the company together with the development of the management system model and the analysis of the proposal for the implementation of the machinery maintenance management system in the production line, Chapter four shows the results obtained in the initial diagnosis in the model and the proposal developed for maintenance management; and in chapter five we end with the conclusions and recommendations resulting from the study of the project.

Keywords:

Maintenance, Analysis of spare parts, Criticality of spare parts, Analysis of machinery, Criticality of machinery, Analysis of age, AMEF Analysis, Management model.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

La empresa Bal Gran Cía. Ltda. cuenta con una línea de producción de alimentos balanceados para animales industriales, dicha línea cuenta con infraestructura, maquinaria y equipos necesarios para desarrollar la transformación de materias primas a productos terminados. Para esta transformación, la empresa dispone de diferentes máquinas y equipos en sus diferentes áreas, el área de recepción de materias primas, el área de almacenamiento de materias primas, el área de molienda, el área de pesaje, el área de mezclado, el área de peletizado, el área de enfriado, el área de envasado y el área de almacenamiento de producto terminado; donde en temporada de baja demanda del mercado, la máquina que impone el ritmo de producción opera un promedio de 40 horas a la semana. Para cubrir necesidades extras de producción se extiende la jornada laboral pudiendo trabajar hasta 66 horas a la semana. El sistema de producción se presenta por una secuencia de lotes de mezclado, lo cual establece que la presencia de una avería o fallo en cualquier máquina o equipo de dicha línea se presenta como una pérdida del tiempo de producción pues paraliza toda la línea. Lo que conlleva al retraso en los tiempos de entregas de los pedidos de los clientes.

En la Tabla 1 se presenta las horas de paralización de producción debido a la intervención de las máquinas por la presencia de averías. En el año 2018 la empresa adquiere maquinaria para renovar parte de la línea principal de producción, siendo así que las intervenciones de carácter correctivo disminuyen en gran número, además para los años 2020 y 2021 la producción disminuyó en un 43 % aproximadamente dando como resultado el poco uso de horas extras en las máquinas a la vez que la reducción de mantenimientos.

Tabla 1

Horas de paralización por mantenimientos no programados.

Año.	Horas paralización.	Año.	Horas paralización.
2015	200	2019	123
2016	213	2020	143
2017	193	2021	154
2018	240	2022	132

Nota. En esta tabla se representa las horas de mantenimiento no programado de todas las máquinas de la empresa, que causaron la paralización de la producción.

1.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMA.

1.2.1 PROBLEMA GENERAL.

¿Es posible proponer un sistema de gestión de mantenimiento para controlar los tiempos de reparación de averías de la maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Es posible diagnosticar el estado actual del sistema de gestión de mantenimiento para la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.?
- ¿Es posible modelar un sistema de gestión de mantenimiento para determinar si es factible el controlar los tiempos de reparación de las averías de la maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.?
- ¿Es factible analizar la propuesta de la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para controlar los tiempos de reparación de averías de maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.?

1.3 JUSTIFICACIÓN.

1.3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La gerencia de la empresa Bal Gran Cía. Ltda. que tiene por visión ser una organización líder en la producción e innovación de alimentos balanceados; reconocida por la calidad, excelencia en sus productos y cortos tiempos de respuesta para sus clientes, ha visto la necesidad de brindar un mantenimiento adecuado a su maquinaria, equipos e infraestructura, para esto la empresa establece como requerimiento un sistema que permita evitar paros o fallas inesperadas, para alcanzar este requerimiento se planteará un sistema de gestión de mantenimiento que se adapte a los requisitos de la empresa. De esta manera con este proyecto se pretende alcanzar un levantamiento de toda la información necesaria para un correcto desarrollo de la gestión del mantenimiento con la meta de disponer de un mayor tiempo de operatividad de la maquinaria para reducir el tiempo de entrega a los clientes finales.

1.3.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.

El giro de negocio de la empresa Bal Gran Cía. Ltda. es la producción de alimento balanceado para animales de carácter industrial por lo cual la importancia de que las máquinas estén siempre en condiciones idóneas y teniendo en cuenta que la paralización de las operaciones de producción se dio en un total de 198 horas en el año 2021 y de estas el 78% se debió a la presencia de una avería dentro de las máquinas que componen la línea principal de producción, es necesario un sistema de gestión de mantenimiento puesto que para la empresa es crucial disponer de las máquinas cuando y como se las requiera para así poder cumplir con las expectativas de los clientes internos y externos de la empresa.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Proponer un sistema de gestión de mantenimiento para controlar los tiempos de reparación de averías de maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diagnosticar el sistema de gestión de mantenimiento actual en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda. para establecer los tiempos de reparación de averías.
- Modelar un sistema de gestión de mantenimiento para determinar si es factible el controlar los tiempos de reparación de las averías de la maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.
- Analizar la propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para controlar los tiempos de reparación de averías de maquinaria en la línea de producción de alimentos balanceados de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En la actualidad el aumento de la oferta y demanda en los mercados competitivos hace que las gerencias de las empresas den por sentado que sus productos terminados brindan la satisfacción de las perspectivas de excelencia que son requeridas por el cliente final, para satisfacer estas perspectivas la línea de producción debe contar con su maquinaria cuando se lo requiera. La Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) en su norma 60010 establece que la mantenibilidad se da para que las máquinas, equipos e instalaciones estén en un correcto estado, para ello será necesario gestionar y priorizar las funciones fundamentales de mantenimiento, disminuyendo su tiempo de paralización debido a las intervenciones en averías, con esto se obtendrá que las máquinas y equipos sean confiables y capaces de mantenerse en un estado operativo para cumplir los planes de producción y satisfacer las necesidades de los clientes.

2.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

Para viabilizar la correcta mantenibilidad se requiere de la gestión de mantenimiento para lo que se deberá desarrollar según la Asociación Española de Normalización (UNE,2011) las condiciones técnicas, administrativas y financieras dentro de la empresa. El objetivo principal de la gestión de mantenimiento es evitar las paralizaciones de los procesos productivos por la presencia de fallos en los equipos, máquinas e instalaciones, ahorrando en tiempos de intervención, costos de inventarios y costos de oportunidad, presentando el menor impacto posible en condiciones económicas de la empresa. Para un correcto desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento se deberá integrar de manera directa los tipos de mantenimiento requeridos por la empresa, el talento humano que desarrollará las actividades concernientes al mantenimiento, la información necesaria tanto de entrada de procesamiento y de salida, la seguridad del talento humano y la contaminación del medio ambiente, los reportes e indicadores de la gestión y los inventarios de piezas y partes de recambio.

2.2 PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO.

La escuela de negocios Integra Markets (Integra Market, 2018) en su libro de Gestión y Planeación de Mantenimiento Industrial prescribe que para el desarrollo de las actividades de mantenimiento estas deberán ser planificadas dentro de una filosofía de mantenimiento empresarial, para pronosticar la carga y capacidad de las actividades a desarrollar con el objetivo de organizarlas y programarlas. Para desarrollar el plan de mantenimiento se debe ajustar principalmente a las recomendaciones del fabricante de cada máquina y elemento que compone el sistema de producción, para posterior basarse en las recomendaciones de la experiencia del técnico encargado del mantenimiento y por último en base al análisis estadístico de fallas.

2.3 FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO (TIPOS DE MANTENIMIENTO).

Integra Market, (2018) establece que la filosofía de mantenimiento se termina por la realidad presente en cada una de las empresas, y podrá estar determinada por los diferentes tipos de mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento autónomo y mantenimiento de mejora.

2.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

El INSHT (1999) en su Nota Técnica de Prevención 460: Mantenimiento preventivo de las instalaciones peligrosas manifiesta que el mantenimiento correctivo es el “efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio”. Este puede ser:

- Mantenimiento correctivo no programado o de emergencia, ya que se debe actuar de manera ágil y veraz para que la intervención sea en el menor tiempo posible.
- Mantenimiento correctivo programado es aquel que se realiza en el corto plazo, contando con la información necesaria de las tareas que se desarrollarán.

2.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Según (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000) “el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales” (p.75), presentando tres tipos comunes de este:

- Mantenimiento preventivo de tiempo de uso, es el que se efectúa en base a las especificaciones de los fabricantes, el cual determina el tiempo de uso para desarrollar las actividades requeridas de los elementos que integran la maquinaria, equipos o infraestructura.
- Mantenimiento preventivo de las condiciones de máquina, realiza las tareas de mantenimiento según los históricos de las máquinas o componentes estableciendo un periodo de uso.
- Mantenimiento preventivo de oportunidad, este tipo se efectúa cuando se tiene una paralización por otro mantenimiento o por otro motivo, aprovechando para realizar las actividades de mantenimiento cercana.

2.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Según la Asociación Española de Normalización (UNE, 2018) el mantenimiento predictivo es el que esta “basado en la condición que se realiza una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento” utilizado en principio para las máquinas o componentes críticos de la línea de producción, este mantenimiento puede ser:

- Mantenimiento predictivo proactivo, que recurre al aplazamiento de las tareas planificadas de los componentes al determinar la operatividad normal de estos.
- Mantenimiento predictivo reactivo, este se da cuando los indicadores de las medidas establecen un problema que requiere una intervención de acciones de mantenimiento correctivo.

2.3.4 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

En el libro el automantenimeto en la empresa su autor (Sacristan R,2002) establece que el mantenimiento autónomo es aquel que realiza los operarios en sus propias máquinas,

este mantenimiento requiere la preparación, capacitación y adiestramiento del talento humano, el cual desarrollará tareas simples de mantenimiento encaminadas en la prevención del desgaste natural por el uso, además, ayudarán a la detección de futuras averías, este mantenimiento se basa en la filosofía de las 5S.

2.3.5 MANTENIMIENTO DE MEJORA.

El mantenimiento de mejora o rediseño se presenta mediante un análisis técnico para decidir si modificar o cambiar las condiciones originales, tendrá una afectación de mejora, según (UNE,2018) este tipo de mantenimiento no cambia la función original de la máquina pudiendo dar por la oportunidad de adquisición de tecnología más amigable de los mecanismos, o por cambios de componentes que presentan con frecuencia un fallo.

2.4 CARGA Y CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO.

Para el correcto desarrollo de la gestión de mantenimiento se tiene que analizar la carga de actividades a la cual se va a someter el departamento de mantenimiento de la empresa, esta deberá disponer de la capacidad de talento humano necesario para el apoyo, la planificación, el control y preparación de las tareas de mantenimiento en un tiempo establecido, además de un completo inventario con los datos y parámetros técnicos de las máquinas, equipos y herramientas disponibles dentro de la empresa para poder implementar la planificación y organización. Además, la empresa deberá disponer de un adecuado sistema de stock de piezas de recambio o repuestos para la maquinaria y equipos.

2.5 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Duffuaa et al. (2005) interpreta en su libro sistema de mantenimiento planificación y control que la programación del mantenimiento se dará mediante la asignación de las tareas de mantenimiento determinando un cronograma con fechas con el objetivo de disponer de los elementos necesarios para el desarrollo de estas tareas, dentro de la programación se determinará el grupo de talento humano, los insumos, los repuestos,

la necesidad de rentar algún equipo especial o el contrato de externos, para cumplir con el cronograma de actividades, además de evaluar las posibilidades de cambio o rediseño de algún elemento.

2.6 TALENTO HUMANO.

Para el correcto desarrollo se deberá descentralizar las tareas mediante una jerarquización del talento humano dentro del sistema de gestión de mantenimiento, para dichas actividades se deberá contar con un grupo de personas en un número adecuado para el apoyo, la planificación, el control y preparación de las tareas de mantenimiento, este grupo de colaboradores será de carácter multidisciplinario y deberán poseer las cualidades necesarias para afrontar el desarrollo de dichas actividades. Además, la norma (INEN,2010) menciona que “la organización debe establecer las responsabilidades y autoridades del personal e identificar sus requisitos necesarios en términos de educación, formación, habilidades o experiencia” en temas que crean ser necesarios para un correcto desenvolvimiento de las tareas de la gestión de mantenimiento.

2.7 INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN.

Llanos F. (31 de agosto de 2020), determina que la información de entrada, salida y retroalimentación del sistema será necesario la digitalización de los procesos de extracción, documentación, combinación, depuración y distribución de la información, con lo cual se garantiza la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la documentación.

2.8 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Dado que el talento humano dentro del mantenimiento juega un papel fundamental, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social en su (Decreto Ejecutivo 2393, R.O. 565) establece en su implemento de seguridad para el personal de mantenimiento, aparatos, máquinas y herramientas que es imprescindible cuidar de la seguridad y su salud de

todos los colaboradores. La empresa estará encargada de brindar las características de seguridad de las máquinas, equipos e infraestructura mediante la evaluación de los riesgos (físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y mecánicos) presentes en estas, el departamento de seguridad y salud en el trabajo determinará la necesidad de los mecanismos para la eliminación dichos riesgos.

2.9 RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA Y MEDIO AMBIENTE.

Forética (2017) en su norma SGE 21 establece que “la Gestión Ética y Socialmente Responsable constituye una respuesta de las organizaciones a los retos de transparencia, integridad y sostenibilidad, entendida esta última en su triple vertiente: económica, ambiental y social”, para el cumplimiento de este requisito la empresa deberá contar con los mecanismos necesarios para que la comunidad cercana se beneficie de la mejor manera de las actividades de mantenimiento, usando proveedores de piezas, repuestos y suministros del área. Además, la empresa deberá tener un principio de mantenimiento verde, por lo que deberán tomar las medidas de afinamiento de las máquinas para que estas contaminen lo menos posible y estén dentro de los parámetros permitidos, además de disponer de manera verde y segura los insumos, desperdicios, piezas cambiadas, repuestos y suministros utilizados para las tareas de mantenimiento.

2.10 INDICADORES.

Los indicadores representan el curso del sistema de gestión de mantenimiento, es decir son las medidas que revelarán el estado del sistema, y los parámetros numéricos de comparación de los diferentes estados del sistema. Dentro de este contexto (Mora, 2002) afirma que “la confiabilidad, la mantenibilidad, y disponibilidad prácticamente son las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis”. A lo cual (Gonzales, 2002, p. 50) añade que “los indicadores de gestión son aquellos que normalmente interrelacionan dos valores, y aportan una visión completamente que

evalúa diversos aspectos de la gestión de nuestro departamento”. Donde dispone de indicadores de salida, entrada y del sistema.

2.10.1 INDICADORES DE SALIDA.

La ABNT (1994) en su norma NBR 5462 estipula que los principales indicadores de salida son la confiabilidad, la mantenibilidad, y disponibilidad estos indicadores son el resultado que proviene del sistema de gestión de mantenimiento, describiendo la existencia de la administración del sistema.

2.10.1.1 LA CONFIABILIDAD.

La importancia de este indicador se presenta según (Parra, 2006), quien define a este indicador de la siguiente manera “El tiempo promedio operativo hasta el fallo, es un indicador técnico que mide el tiempo promedio que es capaz de operar un equipo sin interrupciones, es el indicador básico de fiabilidad”.

2.10.1.2 LA MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad de un equipo es la probabilidad de que un dispositivo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla y cuando el mantenimiento es realizado en un determinado período de tiempo, al nivel deseado de confianza, con el personal especificado, el equipo indicado, los datos técnicos, bajo las condiciones ambientales especificadas y los manuales de operación y de mantenimiento. (Dimitri, 2003).

2.10.1.3 LA DISPONIBILIDAD

Si bien muchas de las máquinas y equipos no trabajan durante todas las horas de producción, si es necesario tener disponibles para cuando se las requiera, este indicador determina la disponibilidad de las máquinas y la norma (UNE-EN 13306,2018) establece que la disponibilidad es la” capacidad de un elemento de estar en un estado en el que puede cumplir una función de la manera y en el momento requeridos en las condiciones dadas” y estas se establecen mediante:

- Incremento del tiempo para fallar
- Decremento de las paradas por reparaciones o mantenimiento programado, a medida que la disponibilidad crece, la capacidad para producir se incrementa, porque el equipo estará en servicio un mayor porcentaje de tiempo.

2.10.2 INDICADORES DE ENTRADA.

García S, (9 de octubre de 2014) conceptualiza que los indicadores de entrada son los indicadores de información que ingresan al sistema de gestión de mantenimiento, estos se relacionan directamente con el costo de llevar el mantenimiento, estos indicadores están, la mano de obra del talento humano que realizarán las actividades relacionadas con el mantenimiento, además de los costos de materiales, insumos, repuestos, herramientas, servicios externos de especialistas, renta de equipos especializados, mecanizado de pieza entre otros gastos que interviene de forma directa e indirecta.

2.10.2.1 BODEGAS E INVENTARIOS.

Según Mancuzo G. (8 de octubre de 2020) establece que las bodegas para los elementos de mantenimiento deberán estar dentro de la empresa y contar con el espacio suficiente para contar con los elementos básicos (repuestos, suministros, herramientas, equipos) para poder surtir y abastecer las áreas y actividades de mantenimiento.

2.10.2.2 TIEMPOS.

Para establecer un control adecuado se debe determinar los principales tiempos de mantenimiento la norma (UNE,2018) determina que los indicadores también se establecen los tiempos que son necesarios para diagnosticar el estado del sistema de gestión de mantenimiento de la empresa, dentro de los principales tiempos se dispone de:

2.10.2.2.1 TIEMPO PROMEDIO DE FALLA.

Amendola, L (2003) establece que este indicador es el tiempo promedio de las máquinas sin interrupciones de operación, es decir el tiempo que se presenta entre fallo y fallo, este permite determinar la probabilidad de que ocurra un fallo similar.

2.10.2.2 TIEMPO PROMEDIO DE INTERVENCIÓN.

Es el tiempo que se toma en la ejecución de la reparación según (UNE, 2018) es el “intervalo de tiempo durante el cual se realiza el mantenimiento de un elemento, incluidos los retrasos técnicos, logísticos y administración interna”, este tiempo mide la efectividad del sistema de mantenimiento y permite determinar la probabilidad de devolver la máquina a condiciones operativas en un cierto tiempo, y este dependerá netamente del tipo de fallo y las dimensiones del diseño de la máquina.

3. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolla con una metodología (Tabla 2) de enfoque cuantitativa ya que este implica la recopilación y análisis de datos numéricos cuantificables. Para ello se levanta la información por medio de formatos. Además, tiene un alcance exploratorio ya que se analizará la maquinaria de la línea de producción, las variables que intervienen en la aparición de las averías y fallas de estas, y por último tendrán un alcance descriptivo puesto que se va a proponer un sistema de gestión de mantenimiento con el cual se controlará los tiempos de reparación. El alcance es los sistemas fundamentales para la línea principal de la producción siendo estos: el sistema de molienda, el sistema de pesaje, el sistema de mezclado, el sistema de peletizado, el sistema de enfriamiento y el sistema de envasado.

Tabla 2

Proceso de la metodología.

Diagnóstico actual del mantenimiento.	
Etapa 01.	<p>Revisar estado del arte en gestión de mantenimiento.</p> <p>Levantamiento de la información requerida.</p>
Proponer un sistema de gestión de mantenimiento.	
Etapa 02.	<p>Desarrollar los procedimientos necesarios para la gestión de mantenimiento.</p> <p>Desarrollar los documentos de soporte para la gestión de mantenimiento.</p>
Analizar la propuesta.	
Etapa 03.	<p>Simular diferentes escenarios de averías.</p> <p>Analizar los resultados.</p>

Nota. En esta tabla se referencia el proceso de la metodología aplicada en el proyecto.

Además, se utiliza los siguientes tipos de investigación.

- Observación. Se utilizará para visualizar los sistemas, máquinas, componentes y subcomponentes que se encuentran dentro de la línea de producción, el estado actual y que mantenimientos se puede desarrollar a estos.
- Entrevista. Se utilizará para levantar la información necesaria de los aspectos requeridos para la gestión de mantenimiento, con los operadores y personal que realizan las actividades concernientes al mantenimiento.
- Test técnico. Se utilizará para determinar las condiciones de la máquina, y las aptitudes y conocimientos del talento humano que está involucrado en las actividades de la gestión del mantenimiento.

3.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE LA EMPRESA BAL GRAN CÍA. LTDA.

3.1.1 RESEÑA DE LA EMPRESA.

Bal Gran Compañía Limitada con operaciones desde el año 1996, se crea por la necesidad de cubrir un mercado creciente de la necesidad de alimento balanceado para la industrialización de animales de granja en la zona austral del país, la fidelización de la clientela se caracteriza por ver en los productos una gran variedad en alimentos balanceados para animales de diferentes especies con los más altos conceptos en nutrición animal, calidad en productos y una mano amiga con los clientes.

La empresa se rige según los siguientes datos:

- Razón social: Bal Gran Compañía Limitada.
- Ruc: 0190403807001
- Teléfono: +59372853845
- Mail: Bal Gran@gmail.com

- Actividad económica principal: Elaboración de alimentos balanceados, para animales de granja.

Su misión se describe como:

Diseñar programas nutricionales y elaborar alimentos balanceados dirigidos a la plena satisfacción de nuestros clientes; cumpliendo las normas de calidad, inocuidad y sustentabilidad, brindando un ambiente laboral estable para nuestros trabajadores.

Su visión se define como:

Ser una organización líder en producción e innovación de alimentos balanceados; reconocida por la calidad y excelencia de sus productos. La empresa aspira lograr que Balanceados “Bal Gran” esté considerada entre las compañías más destacadas del mercado.

3.1.2 ACTIVIDAD DE LA ORGANIZACIÓN.

La organización se dedica al diseño de programas nutricionales, procesamiento y venta de alimentos balanceados para animales de granja de carácter industrial, dentro de su portafolio de productos cuenta con diferentes líneas entre las cuales se tiene:

- División de pollos de engorde.
- División de cerdos.
- División de bovinos.
- División de cuyes y conejos.
- División de codorniz.
- División de pavos.
- División de gallinas.
- División de gallos.

3.1.3 LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

La empresa cuenta con una línea de producción instalada de 3.6 toneladas métricas por hora, alcanzando un promedio mensual de 850 toneladas. Para la manufactura la organización se hace de materias primas procesadas y materias primas que se procesan dentro de las instalaciones. En la Tabla 3 se enlista las materias primas que ocupan un 95% (macroingredientes) en la estructura del alimento y su proceso de manufactura.

Tabla 3

Materias primas (macroingredientes).

Producto.	Condición.	Proceso.	Meses
Maíz grano.	No Procesado.	Limpiar. Moler.	12 meses.
Trigo grano.	No Procesado.	Moler.	12 meses.
Soya grano.	No Procesado.	Moler. Extruir.	Noviembre, Diciembre
Soya Pasta.	Procesada.	No corresponde.	12 meses.

Nota. Productos adquiridos en mayor cantidad. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

Los sistemas de producción (Tabla 4) de la empresa son:

Molienda. – En este sistema se procesan las materias primas que requieren ser molidas a diferentes granulometrías.

Pesaje. - En este sistema se pesan las materias primas.

Mezclado. - En este sistema se mezclan los macros ingredientes con los micro ingredientes y los ingredientes líquidos.

Peletizado. - en este sistema se acondiciona la mezcla con vapor saturado para luego ser peletizado.

Enfriado. - En este sistema el pelet obtenido decrementa la temperatura y humedad adquirido en el sistema de peletizado.

Envasado. - En este sistema el material es envasado, pesado, etiquetado y sellado para su almacenamiento.

Apoyo. – Estos sistemas brindan apoyo a los otros sistemas.

Tabla 4

Sistemas de producción.

Sistema.	Nombre de la máquina.
Molienda.	Elevador de cangilones producto molido.
	Molino de martillos de granulometría.
	Molino de martillos de harina.
	Sin fin molino maíz04.
	Sin fin molino silo01.
	Sin fin tolva venta13.
	Sin fin vaciado molino05.
	Elevador de cangilones producto pesado.
	Sin fin maíz molido06.
	Sin fin maíz08.
Pesaje.	Sin fin maíz10.
	Sin fin soya09.
	Sin fin soya11
	Sin fin soya12.
	Tanque de recepción de aceite de palma.
	Tanque de utilización de aceite de palma.
Mezclado.	Tolva báscula.
	Elevador de cangilones producto mezclado.
	Limpiadora.
	Mezcladora horizontal doble eje.
	Sistema de adición de conservante líquido.
	Sistema de adición de inhibidor líquido.
Peletizado.	Sistema de adición de pigmento líquido.
	Sistema de vaciado de mezcladora.
	Acondicionador.
	Elevador de cangilones producto peletizado.
	Pelet.

Enfriado.	Sin fin dispensador acondicionador14.
	Sistema de manejo de vapor.
	Elevador de cangilones producto enfriado.
Envasado.	Enfriador.
	Migajadora.
	Balanza # 01, # 02, # 03, # 04, # 05, # 06, # 07, # 08, # 09.
Apoyo.	Cosedora de envases # 01, # 02, # 03, # 04.
	Caldero.
	Carretilla hidráulica.
	Compresor de pistones.
	Compresor de tornillo.
	Elevador de cangilones materia prima.
	Elevador de cangilones materia prima.
	Extrusora de soya.
	Mezcladora vertical.
	Mezcladora vertical.
	Montacargas hidráulico manual.
	Sin fin ingreso maíz02.
Sin fin materias pimas15.	
Sin fin medio maíz03.	
Sin fin molino harina07.	

Nota. En esta tabla se presenta la división de los sistemas de producción y las máquinas que integran. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

3.1.4 PLANTILLA DE TRABAJADORES DE LA ORGANIZACIÓN.

En la Tabla 5 se estructura de los tres departamentos que son necesarios para el cumplimiento de las actividades, estos departamentos son el departamento Administrativo que cuenta con 10 colaboradores, departamento Técnico que cuenta con 5 colaboradores, departamento Operativo que cuenta con 30 trabajadores.

Tabla 5*Nómina de colaboradores de la empresa Bal Gran Cía. Ltda.*

Departamento.	Número de colaboradores.	Puesto.
Administrativo.	1	Presidente.
Administrativo.	1	Gerente.
Administrativo.	1	Subgerente.
Administrativo.	1	Compras.
Administrativo.	1	Facturación.
Administrativo.	1	Contador general.
Administrativo.	2	Auxiliar de contabilidad.
Administrativo.	2	Ventas.
Técnico.	2	Técnico de producción.
Técnico.	1	Inspector.
Técnico.	1	Seguridad y salud en el trabajo.
Técnico.	1	Talento humano.
Operativo.	1	Bodeguero.
Operativo.	2	Chofer materias primas carga pesada.
Operativo.	7	Chofer entregas.
Operativo.	3	Operario de maquinaria.
Operativo.	17	Asistente de producción.

Nota. El número de asistentes de producción puede ser mayor cuando la demanda aumenta. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

3.1.5 ORGANIGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN.

La compañía está organizada estructuralmente de forma vertical como se muestra en el siguiente organigrama (Figura 1). Esta forma de organización permite que las funciones se desarrollen de una manera adecuada y brindando a los niveles medios la facultad de empoderamiento para la toma de decisiones efectivas.

Figura 1

Organigrama empresarial.



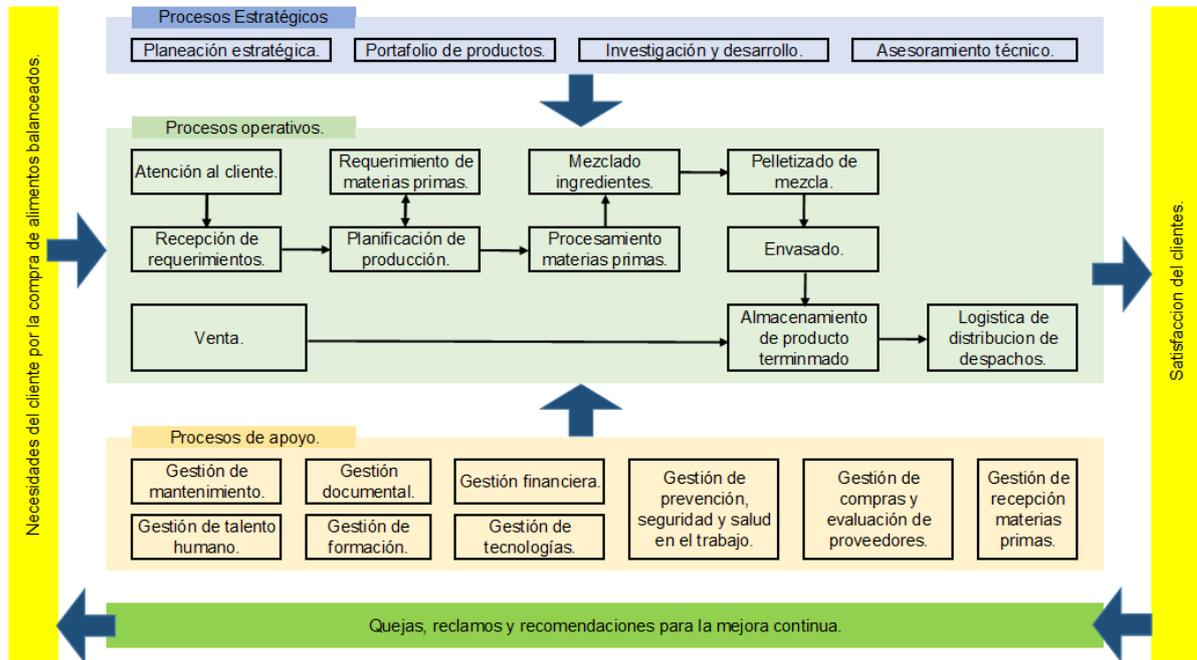
Nota. Este organigrama vertical para una mejor comunicación entre los diferentes niveles de la organización. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

3.1.6 MAPA DE PROCESOS.

En la Figura 2 se establece y define el mapa de procesos con los que cuenta la empresa para el desarrollo de sus actividades y cumplimiento de sus objetivos y metas, teniendo en cuenta la retroalimentación para una mejora continua.

Figura 2

Mapa de procesos empresa Bal Gran Compañía Limitada.



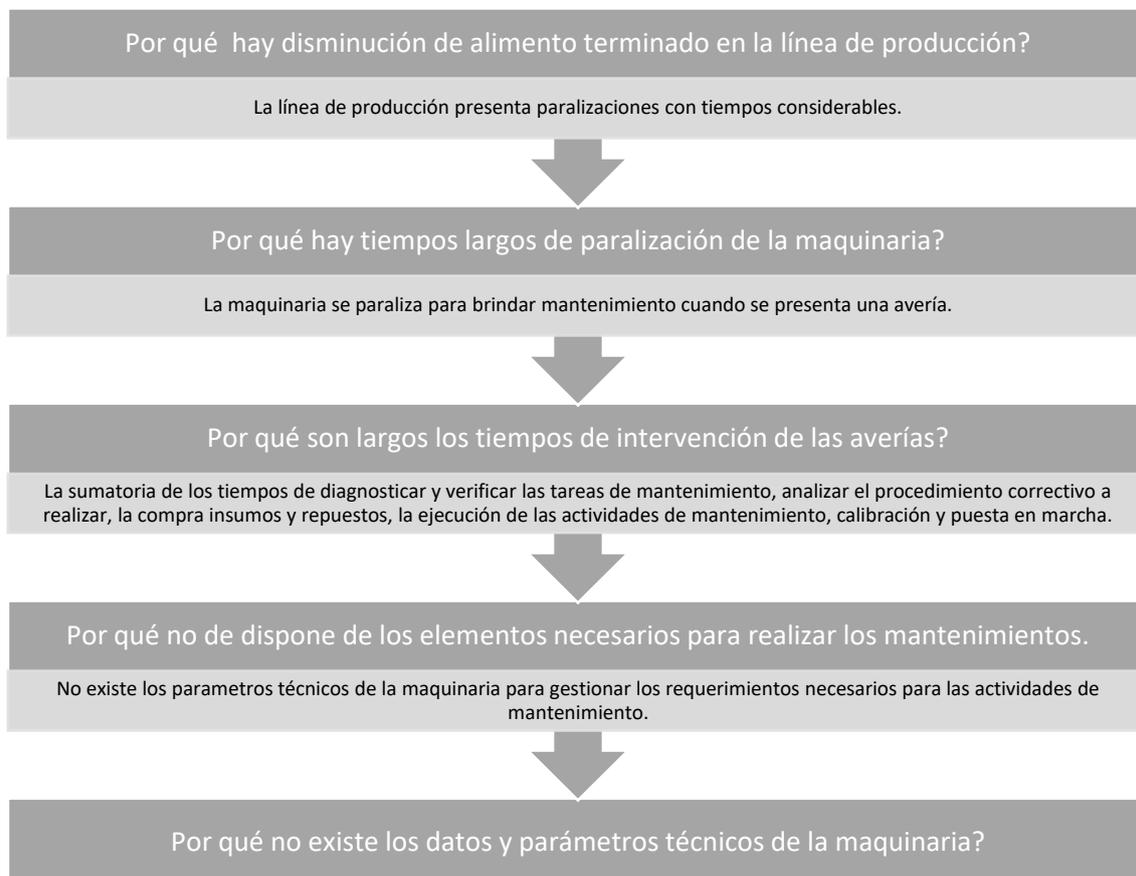
Nota. En este mapa de procesos de la empresa se puede evidenciar una retroalimentación por parte de los clientes. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

3.1.7 MANTENIMIENTO APLICADO EN BAL GRAN COMPAÑÍA LIMITADA.

La empresa desarrolla actividades de auto mantenimiento como el engrasado y la limpieza de las máquinas siendo este insuficiente, el mantenimiento que se brinda a la maquinaria es de carácter correctivo es decir cuando se presenta la avería, este mantenimiento toma largos tiempos, a esto se le atribuye la sumatoria de los tiempos de diagnosticar y analizar los elementos que se presumen que están en fallo, además de los tiempos de verificar el fallo, verificar si se puede realizar las actividades de mantenimiento con el personal de la empresa, disponer de los elementos necesarios como repuestos, equipos, herramientas, talento humano entre otros. En la Figura 3 brinda el método de análisis para determinar el por qué se necesita un modelo de gestión de mantenimiento.

Figura 3

Análisis de cinco por qué?



Nota. En este análisis de los cinco por qué se establece que se iniciara por levantar los datos y parámetros técnicos de la maquinaria. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

Contar con los datos y parámetros técnicos de la maquinaria de la línea de producción brindan la posibilidad de gestionar los procedimientos de mantenimiento en los cuales se establece los insumos, repuestos, herramientas, equipos y pasos a seguir para realizar las actividades de mantenimiento.

Puesto que la empresa no dispone de un plan de mantenimiento y se desconoce los componentes internos de las máquinas es difícil concertar tiempos de mantenimiento. En la Tabla 6 se presenta a modo de ejemplo el procedimiento y tiempos que se toma para el cambio de las chumaceras del elevador de cangilones de producto peletizado, procedimiento realizado sin el modelo de gestión de mantenimiento.

Tabla 6

Tiempos para cambio de chumacera estado inicial.

Tareas medias.	Minutos.
Retirar guarda de antirretroceso.	5
Retirar guarda de matrimonio flexible.	5
Retirar seguro antirretroceso.	5
Retirar racha antirretroceso.	5
Retiro de plato de matrimonio flexible.	25
Retiro de chumacera 01.	15
Retiro de chumacera 02.	15
Colocar chumacera 01 en el eje.	5
Colocar chumacera 02 en el eje.	5
Colocar plato de matrimonio flexible.	5
Colocar racha antirretroceso.	3
Colocar seguro del antirretroceso.	5
Alinear chumaceras.	15
Colocar guarda de matrimonio flexible.	10
Colocar guarda de antirretroceso.	10
Total minutos.	133

Nota. El tiempo total en condiciones iniciales de mantenimiento para cambio de chumaceras de la polea superior del elevador de cangilones de producto peletizado es de 133 minutos 2.21 horas.

En la Tabla 7 se muestra el resultado de 15 diferentes procesos de mantenimiento en condiciones iniciales es decir sin gestión de mantenimiento.

Tabla 7*Tiempos de mantenimientos (Actual).*

N°	Tareas de mantenimiento.	Inicial.
1	Ajuste banda de motor de acondicionador.	52
2	Ajuste de sello grafitado de acondicionador.	19
3	Cambio de aceite de motorreductor 1,2 litros.	23
4	Cambio de aceite de motorreductor 3,4 litros.	49
5	Cambio de cangilón.	27
6	Cambio de chumacera elevador polea inferior.	99
7	Cambio de chumacera elevador polea superior.	133
8	Cambio de chumacera frontal de acondicionador.	22
9	Cambio de chumacera trasera de acondicionador.	44
10	Cambio de paletas del acondicionador.	251
11	Limpieza de acondicionador.	31
12	Limpieza de cabezal de elevador.	174
13	Limpieza de cangilones.	85
14	Limpieza de limpiadora.	80
15	Limpieza de mezcladora doble eje.	99

Nota. En la tabla se muestra el promedio de tiempos que se tomaron para realizar los mantenimientos en las condiciones actuales (sin gestión de mantenimiento).

3.2 MODELO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE LA EMPRESA BAL GRAN CÍA. LTDA.

3.2.1 FILOSOFÍA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Para la mejora de la gestión de mantenimiento se desarrolla los elementos que brindan una guía.

3.2.1.1 MISIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Brindar el soporte necesario con las normas de seguridad y calidad, para garantizar la satisfacción del cliente interno y externo mediante la optimización de la disponibilidad de uso de la maquinaria por el departamento de producción.

3.2.1.2 VISIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Ser un departamento de apoyo integral para que las máquinas e infraestructura de la empresa para que estén en condiciones óptimas de producción.

3.2.1.3 VALORES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Los colaboradores del departamento de mantenimiento además de contar con las aptitudes y habilidades necesarias para el desarrollo de las tareas de mantenimiento se guiarán dentro de los siguientes valores:

- Puntualidad.
- Compromiso.
- Respeto.
- Honestidad.
- Creatividad.
- Comunicación.
- Empoderación.
- Liderazgo.
- Limpieza.
- Colaboración.
- Compañerismo.

3.2.1.4 ESTRATEGIA.

El empoderamiento de los colaboradores en el departamento de mantenimiento para realizar análisis y tareas de observación de posibles fallas, y tareas simples que permitan prolongar los mantenimientos, será la estrategia para seguir para que los tiempos de paralización sean los más cortos posibles.

3.2.1.5 ALCANCE.

El alcance de la gestión de mantenimiento será de forma integral es decir comprende todas las áreas de la empresa donde se desarrollan las actividades productivas. Y de manera integral con el resto de los departamentos de la empresa.

3.2.1.6 OBJETIVO PRINCIPAL.

Establecer los procedimientos para aplicar las tareas de mantenimiento, procurando minimizar los tiempos de paralización por presencia de averías aumentando la disponibilidad y confiabilidad.

3.2.1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Reducir tiempos de para por presencia de averías.
- Reducir costos de mantenimiento.
- Reducir stock de repuestos.
- Aumentar la disponibilidad y confiabilidad del sistema de producción.
- Reducir la mantenibilidad.
- Analizar las averías para reducir su repetitividad.
- Garantizar la seguridad y salud laboral dentro de la empresa.
- Emplear buenas prácticas de manufactura para la preservación del medio ambiente.
- Disponer de proveedores locales como medida de responsabilidad social.
- Disponer de colaboradores locales como medida de responsabilidad social.

3.2.2 GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO PARA MANTENIMIENTO.

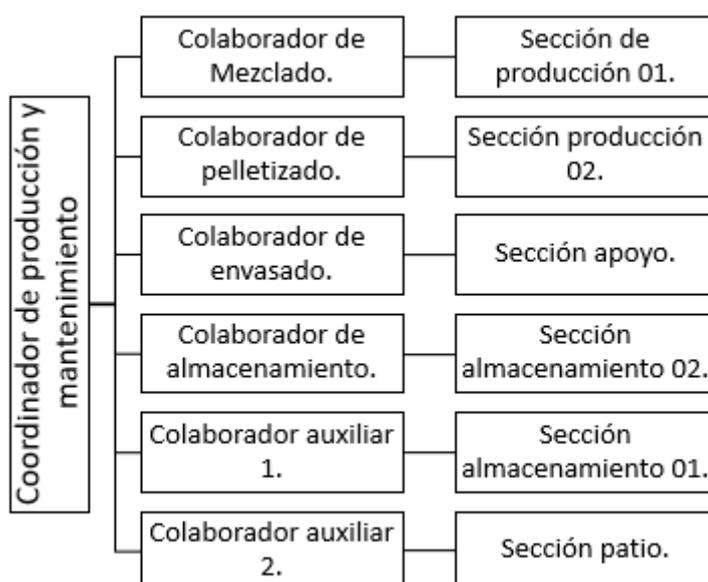
La empresa Bal Gran Compañía Limitada cuenta con una nómina de 25 colaboradores en la parte concerniente a las actividades productivas, de estos, 6 colaboradores están encargados de la maquinaria Figura 4 de la línea de producción, están capacitados para el desarrollo de las tareas y actividades de mantenimiento bajo la supervisión del encargado de producción y mantenimiento, el cual está facultado para la toma de decisiones de contratar externos para mantenimiento complejos o que estén fuera del alcance de sus conocimientos. Para la optimización de las tareas de mantenimiento el operario responsable de cada sección y áreas de la empresa será el encargado de gestionar las actividades de mantenimiento, e informar el requerimiento de actividades de mantenimiento ya sea preventivo como correctivo. Además, cada colaborador estará presente en el desarrollo de las tareas de mantenimiento, así como en la puesta en marcha de la maquinaria una vez finalizado las órdenes de trabajo de mantenimiento.

Estos colaboradores serán capacitados y adiestrados en temas básicos referentes al mantenimiento dentro de estas será:

- Lubricación, engrasado de chumaceras, cambiión de aceite en motorreductores, lubricación de cadenas.
- Bandas y cadenas, verificación visual, tensión, cambio.
- Limpieza seca, remoción de polvos.
- Limpieza húmeda, desinfección.
- Medición eléctrica, voltaje, amperaje, frecuencia.
- Ajuste mecánico, apriete con torquímetro.
- Evaluación visual, presuntas fallas.
- Uso de equipos eléctricos y herramientas manuales.
- Cambios de componentes menores de la máquina.

Figura 4

Organigrama departamento de mantenimiento.



Nota. Este organigrama representa la que sección está a cargo de un colaborador en específico. Fuente: Autor.

3.2.3 GESTIÓN DEL ESPACIO.

La empresa consta de un área total de 15000 m² donde se desarrolla las actividades de producción, esta área física se divide en 6 secciones, estas secciones se subdividen en 19 áreas que se representa en la Tabla 8. En la Figura 5 muestra la división de las secciones y la Figura 6 representa la división de las áreas de la empresa.

Tabla 8

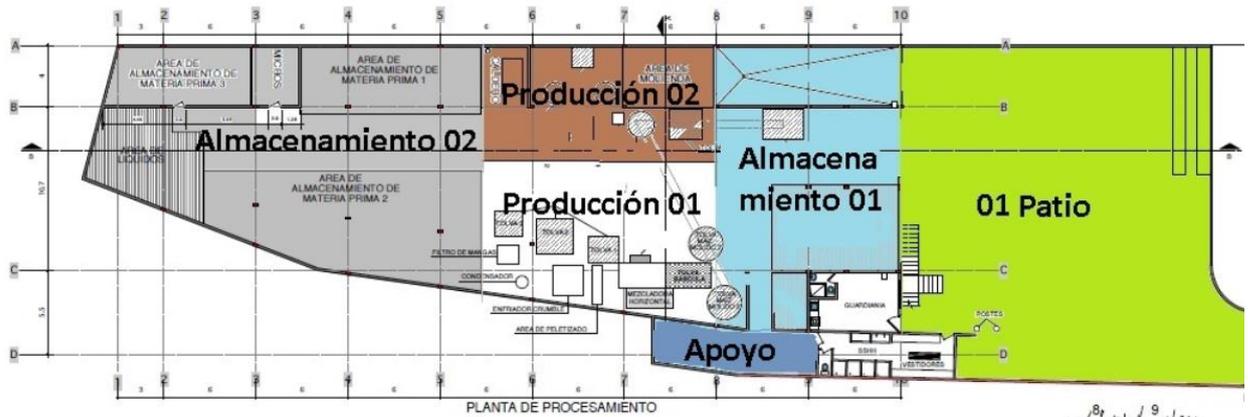
Secciones y áreas de la empresa.

Sección.	Nombre de sección.	Área.	Nombre del área.
01	Patio.	17	Carga y descarga.
		18	Caldero.
02	Almacenamiento 01.	01	Silo de maíz.
		15	Almacenamiento aceite.
		16	Almacenamiento de PT 02.
03	Produccion 01.	11	Pelet y enfriador.
		12	Pesaje y mezclado.
04	Produccion 02.	02	Molienda
		03	Mezclado Vertical
		04	Bodega carbonato
		05	Almacenamiento PT 01.
		06	Bodega de cuarentena.
		07	Bodega de envases.
		08	Almacenamiento de MP líquidos.
05	Almacenamiento 02.	09	Almacenamiento de MP Harinas.
		10	Silos MP 06, 05, 04.
		13	Compresores.
06	Apoyo.	14	Potencia eléctrica.
		19	Administrativa.
07	Administración.	19	Administrativa.

Nota. La sección administración y su área administrativa está en un segundo piso, las demás secciones están a nivel del primer piso. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

Figura 5

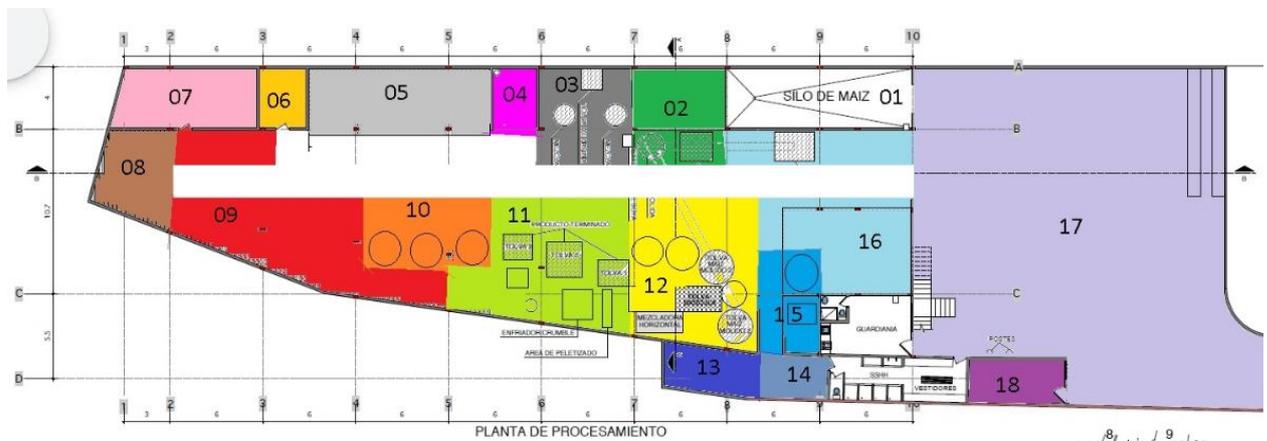
Secciones de la empresa.



Nota. En este gráfico se presenta la división de la empresa en secciones. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

Figura 6

Áreas de la empresa.



Nota. En este gráfico se presenta la división de la empresa en áreas, el área de desarrollo de actividades administrativas se encuentra en la segunda planta sobre el área 16 almacenamiento de PT 02. Fuente: Bal Gran Compañía Limitada.

3.2.4 GESTIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.

El sistema de mantenimiento establecerá una línea de partida desde cero, al no contar con un historial de averías, fallos y repuestos. Además de no contar con manuales de las

máquinas por lo cual se levantará la información técnica relevante de las máquinas disponibles dentro de la empresa para las actividades productivas.

En la Tabla 9 se establece los documentos necesarios para un correcto desarrollo de la gestión del mantenimiento.

Tabla 9

Documentos del sistema de gestión de mantenimiento.

Tipo.	Nombre del documento.
Levantamiento de Información LI,	Ficha técnica de máquina (TM),
	Ficha técnica de componente (TC),
	Ficha técnica de motor (TR),
	Ficha técnica de componente eléctrico (TE),
Trabajo TR,	Gama de mantenimiento (GM),
	Notificación de anomalías (NA),
	Calendario de mantenimiento (CM),
	Orden de trabajo (OT),
Historial HI,	Instructivo de procedimientos (IP),
	Historial de mantenimiento de la máquina (HM),
Análisis AN,	Análisis de averías (AA),
	Análisis indicadores (IN),
Acta AC.	Reunión (RE).

Nota. En la presente tabla se presenta los 5 tipos de documentos y 14 documentos.

3.2.4.1 MEMBRETE.

En la Figura 7 se presenta el membrete que dispone cada uno de los documentos dentro del proceso de gestión documental, este membrete reflejará la siguiente información:

- Logotipo.

Es la imagen empresarial que estará en la parte izquierda del membrete en un recuadro de 2 centímetros de alto por 3,3 centímetros de largo.

- Departamento.

A la derecha superior del logotipo estará el nombre del departamento de mantenimiento.

- Nombre del documento.

A la derecha inferior del logotipo estará el nombre del documento para identificarlo dentro del sistema de gestión.

- Fecha.

En la parte derecha del departamento estará la fecha de elaboración del formato del documento, esta fecha se actualizará cuando el documento tenga un cambio en su formato.

- Página.

Por debajo de la fecha se encontrará el número de página que será identificado cada página del total de páginas del documento.

- Versión.

Por debajo del número de página se representa el número de versión de cambio sometido del formato del documento.

- Código.

Por debajo de la versión del documento estará el código único de cada documento, este código será representado alfanuméricamente de la siguiente manera.

En la ecuación 1 representa el método de obtención del código para la gestión documental.

$$C_{\text{documento}} = D_{\text{mantenimiento}} + T_{\text{documento}} + N_{\text{documento}} + \#_{\text{documento}} \quad (1)$$

En donde;

- $C_{\text{documento}}$ = Código del documento.
- $D_{\text{mantenimiento}}$ = Documento de mantenimiento.
- $T_{\text{documento}}$ = Tipo de documento.
- $N_{\text{documento}}$ = Nombre del documento.
- $\#_{\text{documento}}$ = Número de documento.

Este código alfanumérico está constituido por:

- El primer y segundo dígito, declaran de qué departamento de la empresa es el documento.
- Tercero y cuarto dígito, anuncia el tipo de documento.
- Quinto y sexto dígito, establece el nombre del documento.
- Los cuatro siguientes dígitos (séptimo, octavo, noveno y décimo), establecen el número de documento.

Figura 7

Membrete de gestión documental.

	Nombre del departamento.	Fecha:	dd/mm/aaaa
		Página:	000 de 000
	Nombre del documento.	Versión:	0000
		Código:	xx-xx-xx-0000

Nota. Este membrete se ubicará en cada uno de los documentos pertenecientes a la gestión de mantenimiento de la empresa. Fuente: Autor

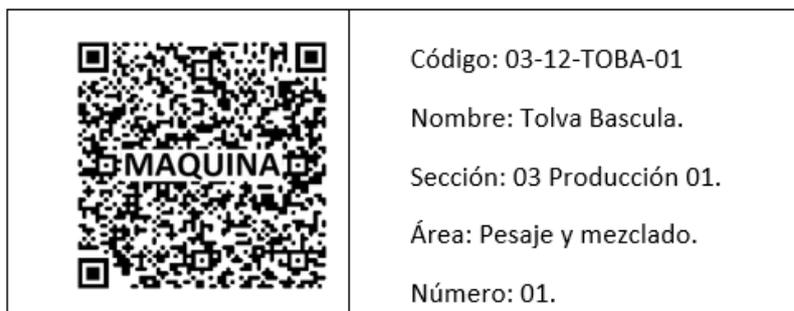
3.2.4.2 CODIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA.

Para representar de una manera clara, ordenada y con el objetivo de dar un control acertado, la maquinaria cuenta con un código alfanumérico interno de la empresa el cual está en formato QR¹ (Figura 8) impreso con cinta de transferencia térmica en papel adhesivo de 104mm por 104mm que se ubica junto al motor de cada máquina.

¹ QR. – Código de repuesta rápida.

Figura 8

Ejemplo de código QR.



Nota. El código QR es generado en qrcodemonkey2. Fuente: Autor

3.2.4.2.1 CODIFICACIÓN DE LA MÁQUINA GENERAL.

Este código contará con la información general de la máquina el cual se genera mediante la siguiente fórmula.

Código general de máquina.

$$C_{maq} = N_{sección} + N_{área} + Nombre + N_{máquina} \quad (2)$$

En donde;

- C_{maq} = Código de la máquina
- $N_{sección}$ = Número de la sección donde se encuentra la máquina.
- $N_{área}$ = Número del área donde se encuentra la máquina.
- $Nombre$ = Descripción o nombre de la máquina.
- $N_{máquina}$ = Número de la máquina.

Este código alfanumérico está constituido por:

- El primer y segundo dígito, declaran la sección de la empresa donde se encuentra la máquina.

² qrcodemonkey. - página web gratuita que te permite generar códigos QR. <https://www.qrcodemonkey.com/es/#text>

- Tercero y cuarto dígito, anuncian en que área de la empresa se encuentra la máquina.
- Los cuatro siguientes dígitos (quinto, sexto, séptimo y octavo), establecen el nombre de la máquina considerando que:
 - Si el nombre es de una sola palabra se utiliza las primeras cuatro letras del nombre de la máquina.
 - Si el nombre es de dos palabras se utiliza las dos primeras letras de cada palabra que componen el nombre.
 - Si el nombre es de tres palabras se utiliza las dos primeras letras de la primera palabra seguida de la primera letra de la segunda palabra y la primera letra de la tercera palabra que componen el nombre de la máquina.
 - Si el nombre es de cuatro palabras se utiliza la primera letra de cada palabra que componen el nombre de la máquina.

No se consideran las palabras monosilábicas.

- El noveno y décimo dígito representa el número de máquina, en el caso de tener más de una misma máquina del mismo nombre.

En la Tabla 10 se da a conocer la lista de máquinas que se dispone en la empresa, además de los datos de codificación de cada una de ellas.

Tabla 10

Listado de máquinas de la empresa.

# lista:	Código:	Nombre de la máquina:	Sección:	Área:	# máquina:
1	03-11-ACON-01	Acondicionador.	3	11	1
2	03-11-SFDA-14	Sin fin dispensador acondicionador14.	3	11	14
3	03-11-BALA-01	Balanza # 01.	3	11	1
4	03-11-BALA-02	Balanza # 02.	3	11	2
5	03-11-BALA-03	Balanza # 03.	3	11	3

6	04-03-BALA-04	Balanza # 04.	4	3	4
7	02-05-BALA-05	Balanza # 05.	2	5	5
8	02-05-BALA-06	Balanza # 06.	2	5	6
9	02-05-BALA-07	Balanza # 07.	2	5	7
10	02-05-BALA-08	Balanza # 08.	2	5	8
11	03-12-BALA-09	Balanza # 09.	3	12	9
12	01-18-CALD-01	Caldero.	1	18	1
13	06-13-COPI-01	Compresor de pistones.	6	13	1
14	06-13-COTO-01	Compresor de tornillo.	6	13	1
15	03-11-COEN-01	Cosedora de envases.	3	11	1
16	03-12-ELCA-02	Elevador de cangilones producto pesado.	3	12	1
17	04-02-ELCA-01	Elevador de cangilones producto molido.	4	2	2
18	03-12-ELCA-03	Elevador de cangilones materia prima.	3	12	3
19	04-12-ELCA-04	Elevador de cangilones producto mezclado.	4	12	4
20	03-11-ECPP-05	Elevador de cangilones producto peletizado.	3	11	5
21	05-10-ELCA-06	Elevador de cangilones materia prima.	5	10	6
22	03-11-ELCA-07	Elevador de cangilones producto enfriado.	3	11	7
23	03-11-ENFR-01	Enfriador.	3	11	1
24	04-02-EXSO-01	Extrusora de soya.	4	2	1
25	03-12-LIMP-01	Limpiadora.	3	12	1
26	03-12-MHDE-01	Mezcladora horizontal doble eje.	3	12	1
27	04-03-MEVE-02	Mezcladora vertical.	4	3	2
28	04-03-MEVE-01	Mezcladora vertical.	4	3	1
29	03-11-MIGA-01	Migajeadora.	3	11	1
30	04-02-MOMG-01	Molino de martillos de granulometría.	4	2	1
31	04-02-MOMH-01	Molino de martillos de harina.	4	2	1
32	03-11-PELL-01	Pelet.	3	11	1
33	03-12-SIVM-01	Sistema de vaciado de mezcladora.	3	12	1
34	06-13-SACL-01	Sistema de adición de conservante líquido.	6	13	1
35	03-12-SAIL-01	Sistema de adición de inhibidor líquido.	3	12	1
36	06-13-SAPL-01	Sistema de adición de pigmento líquido.	6	13	1

37	03-11-SIMV-01	Sistema de manejo de vapor.	3	11	1
38	02-15-TRAP-01	Tanque de recepción de aceite de palma.	2	15	1
39	02-15-TUAP-01	Tanque de utilización de aceite de palma.	2	15	1
40	03-12-TOBA-01	Tolva báscula.	3	12	1
41	03-12-SFMA-08	Sin fin maíz08.	3	12	8
42	04-02-SFMM-06	Sin fin maíz molido06.	4	2	6
43	04-02-SFMH-07	Sin fin molino harina07.	4	2	7
44	02-01-SFMS-01	Sin fin molino silo01.	2	1	1
45	03-12-SFMA-10	Sin fin maíz10.	3	12	10
46	03-12-SFSO-11	Sin fin soya11	3	12	11
47	03-12-SFSO-12	Sin fin soya12.	3	12	12
48	02-17-SFMP-15	Sin fin materias pimas15.	2	17	15
49	02-01-SFIM-02	Sin fin ingreso maíz02.	2	1	2
50	02-01-SFMM-03	Sin fin medio maíz03.	2	1	3
51	01-01-SFMM-04	Sin fin molino maíz04.	2	1	4
52	04-02-SFVM-05	Sin fin vaciado molino05.	4	2	5
53	03-12-SFSO-09	Sin fin soya09.	3	12	9
54	04-02-SFTV-13	Sin fin tolva venta13.	4	2	13
55	05-08-CAHI-01	Carretilla hidráulica.	5	8	1
56	05-08-MOHH-01	Montacargas hidráulico manual.	5	8	1

Nota. En esta tabla se muestra la sección: 1 Patio, 2 Almacenamiento 01, 3 Producción 01, 4 Producción 02, 5 Almacenamiento 02, 6 Apoyo, y las áreas: 1 Silo maíz, 2 Molienda, 3 Mezclado vertical, 5 Almacenamiento de producto terminado 01, 8 Almacenamiento de materias primas líquidas, 10 Silos de materia prima 06 05 04, 11 Pelet-enfriador, 12 Pesaje-mezclado, 13 Compresores, 15 Almacenamiento de aceite de palma, 17 zona de carga y descarga, 18 Caldero. y el número de máquina implica cuantas máquinas de similares características cuenta la línea de producción. Fuente: Autor.

Mediante estas combinaciones con estos caracteres alfanuméricos se garantiza que no se tendrá dos códigos iguales.

3.2.4.2.2 CODIFICACIÓN DE COMPONENTES NIVEL 1.

En la Tabla 10 se dispuso un número de lista a cada una de las máquinas, este número permite codificar los componentes en sus diferentes niveles, los cuales están representado por un código alfanumérico, teniendo como fórmula la ecuación (3) de creación de los códigos de los componentes de nivel 1:

$$C_{N1} = N_{maq} + N_1 + Nombre + N_{componente} \quad (3)$$

Donde;

- C_{N1} = Código de nivel 1
- N_{maq} = número de la máquina según inventario.
- N_1 = componente nivel 1.
- $Nombre$ = Descripción o nombre de la máquina.
- $N_{máquina}$ = Número de la máquina.

Este código alfanumérico está constituido por:

- El primer y segundo dígito, establece la máquina a la cual corresponde el componente.
- El tercer dígito la letra N acompañado del cuarto dígito representa el nivel del componente dentro de la máquina.
- Los cuatro siguientes dígitos (quinto, sexto, séptimo, octavo), establecen el nombre del componente considerando que:
 - Si el nombre es de una sola palabra se utiliza las primeras cuatro letras del nombre del componente de nivel 1.
 - Si el nombre es de dos palabras se utiliza las dos primeras letras de cada palabra que componen el nombre del componente de nivel 1.
 - Si el nombre es de tres palabras se utiliza las dos primeras letras de la primera palabra seguida de la primera letra de la segunda palabra y la primera letra de la tercera palabra que componen en nombre del componente de nivel 1.

- Si el nombre es de cuatro palabras se utiliza la primera letra de cada palabra que componen en nombre del componente de nivel 1.

No se consideran las palabras monosilábicas.

- El noveno y décimo dígito representa el número del componente similar dentro de la estructura de la máquina.

En la Tabla 11 se muestra algunos ejemplos de componentes de nivel uno codificados.

Tabla 11

Ejemplos de codificación de componente de nivel 1.

Código.	Máquina.	Nivel.	Denominación.	Número.
01-N1-EJCE-01	Acondicionador.	Uno.	Eje Central.	Uno.
01-N1-PALA-05	Acondicionador.	Uno.	Paleta Larga.	Cinco.
01-N1-PAET-05	Acondicionador.	Uno.	Estructura Tubular.	Uno.

Nota. Todos los motores de las máquinas son de nivel uno. Fuente: Autor.

3.2.4.2.3 CODIFICACIÓN DE COMPONENTES NIVEL N1+1.

Existirá tantos niveles de componentes como sean necesarios para llegar a un despiece total de la maquinaria teniendo como fórmula de creación de los códigos de los componentes, siendo así la fórmula determinada por:

Código de componente nivel 1.

$$C_{N1} = N_{maq} + N_1 + Nombre + N_{componente} \quad (4)$$

Código de componente nivel 2.

$$C_{N2} = C_{N1} + N_2 + Nombre + N_{componente} \quad (5)$$

Código de componente nivel 3.

$$C_{N3} = C_{N2} + N_3 + \text{Nombre} + N_{\text{componente}} \quad (6)$$

Donde;

- C_{N1} = código de componente nivel 1.
- N_{maq} = número de la máquina según inventario.
- N_1 = componente nivel 1.
- *Nombre* = Descripción o nombre de la máquina.
- $N_{\text{componente}}$ = Número del componente.
- C_{N2} = código de componente nivel 2.
- N_2 = componente nivel 2.
- C_{N3} = código de componente nivel 3.
- N_3 = componente nivel 3.

Por lo tanto, se tiene la formula general para la codificación a partir del segundo nivel como:

Código de componente general (nivel n+1).

$$C_{Nn} = C_{N(n-1)} + N_n + \text{Nombre} + N_{\text{componente}} \quad (7)$$

Donde;

- C_{Nn} = código de nivel n deseado.
- $C_{N(n-1)}$ = código del nivel inmediato superior al deseado.
- N_n = nivel del componente deseado.
- *Nombre* = Descripción o nombre del componente del nivel deseado.
- $N_{\text{componente}}$ = Número del componente del nivel deseado.

Este código alfanumérico considera los dígitos del código de nivel superior más el código del nuevo nivel estos códigos representan:

- El primer dígito la letra N acompañado del segundo dígito representa el nivel del componente dentro de la máquina.
- Los cuatro siguientes dígitos (tercer, cuarto, quinto, sexto), establecen el nombre del componente considerando que:
 - Si el nombre es de una sola palabra se utiliza las primeras cuatro letras del nombre del componente de nivel deseado.
 - Si el nombre es de dos palabras se utiliza las dos primeras letras de cada palabra que componen el nombre del componente de nivel deseado.
 - Si el nombre es de tres palabras se utiliza las dos primeras letras de la primera palabra seguida de la primera letra de la segunda palabra y la primera letra de la tercera palabra que componen el nombre del componente de nivel deseado.
 - Si el nombre es de cuatro palabras se utiliza la primera letra de cada palabra que componen el nombre del componente de nivel deseado.

No se consideran las palabras monosilábicas.

En la Tabla 12 se muestra el ejemplo de componentes de varios niveles.

Tabla 12

Ejemplos de codificación de componente de nivel n+ 1.

Código.	Denominación.	Código.	Denominación.	Código.	Denominación.
25	Limpiadora	25	Limpiadora	25	Limpiadora
N1	Nivel 1	N1	Nivel 1	N1	Nivel 1
ROTO	Rotor	ROTO	Rotor	ROTO	Rotor
01	Uno	01	Uno	01	Uno
N2	Nivel 2	N2	Nivel 2	N2	Nivel 2
ASPA	ASPA	ASPA	ASPA	ASPA	ASPA
01	Uno	01	Uno	01	Uno
N3	Nivel 3	N3	Nivel 3	N3	Nivel 3
ELSU	Elemento de sujeción.	ELSU	Elemento de sujeción.	ELSU	Elemento de sujeción.

01	Uno	02	Dos	01	Uno
N4	Nivel 4	N4	Nivel 4	. N4	Nivel 4
PERN	Perno	PERN	Perno	ARPR	Arandela de presión
01	Uno	01	Uno	01	Uno

Nota. Este ejemplo es de los componentes de los elementos de sujeción del aspa del rotor de la limpiadora. Fuente: Autor.

3.2.4.3 DOCUMENTOS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE MÁQUINAS Y SUS COMPONENTES.

El formato de estos documentos permiten realizar el levantamiento de la información técnica de las máquinas y sus componentes en sus diferentes niveles, para dicho levantamiento se procederá en diferentes etapas, la etapa inicial será para el levantamiento general de las máquinas de la empresa, una vez establecido todo el inventario de máquinas se procederá al levantamiento de componentes de nivel uno, para los subsecuentes niveles se realizarán cuando se tenga la oportunidad de desarmar los componentes para su respectivo mantenimiento, este levantamiento se lo realizarán mediante la aplicación Google³ forms⁴.

3.2.4.3.1 FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA.

En la Figura 9 se visualiza el formato para el levantamiento de información general de cada máquina, estos datos son:

Datos identificativos, estos datos identifican la máquina.

- Código general de la máquina

Este código alfanumérico representa la identificación de la máquina y donde se encuentra dentro de la empresa.

³ Google: motor de búsqueda Web.

⁴ Google forms: Formularios de Google es un software de administración de encuestas basado en la web que ofrece Google.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

Figura 9

Ficha de levantamiento de información técnica de la máquina.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaaa	
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:		de
	MÁQUINA.	Versión:	1	
		Código:	DM-LI-MA-0000	

Código:		Número:	
Nombre:			
Sección:		Estatus:	
Área:		Condición:	
Modelo:		# de serie:	
Marca:		Procedencia:	
Proveedor:		Año de fabricación:	
Largo (m):		Año puesta en marcha:	
Ancho (m):		Tiempo de uso diario:	
Alto (m):		Carga de uso (kg):	
Tipo de mantenimiento:		Volumen (m³):	
		Peso aproximado (kg):	

Representación gráfica:

Nota. Su abreviatura TM, las fichas técnicas de las máquinas se archivan en formato físico y digital. Fuente: Autor.

- Sección de la empresa.

Es el espacio físico a nivel macro de la empresa donde se ubica la máquina, esta división se observa en el apartado 3.2.3.

- Área de la sección.

Esta área representa el espacio físico en concreto donde se encuentra la máquina, esta área se encuentra dentro de cada sección de la empresa.

Datos del fabricante, estos datos permiten encontrar las piezas de recambio y repuestos que sean necesarios.

- Modelo.

Referencia dispuesta del fabricante dentro de su portafolio de productos.

- Número de serie.

Número dispuesto por el fabricante de la máquina para tener una trazabilidad de los elementos utilizados para la fabricación de la máquina, este número permitirá agilizar reclamos observaciones y garantías de las máquinas.

- Marca.

Marca del fabricante de la máquina.

- Procedencia.

País en donde se fabricó la máquina.

- Proveedor.

Nombre de la empresa que vende la máquina de esta marca.

Datos de trabajo de la máquina.

- Peso aproximado.

Peso en kilogramos de la máquina, este parámetro permite tomar las medidas de seguridad y disponer de los elementos necesarios al momento de levantar la máquina en caso de ser necesario, y determinar si la estructura donde se va a instalar la máquina soporta el peso.

- Carga de uso máximo.

Peso máximo en kilogramos de las materias que se han de procesar en la máquina.

- Volumen.

Espacio volumétrico que ocupa la máquina, este se da de la multiplicación del largo, ancho y alto de la máquina.

- Año de fabricación.

Dato de la fecha de fabricación de la máquina.

- Año de puesta en marcha.

Dato de que año comenzó a funcionar la máquina.

- Tiempo de uso diario.

Tiempo en horas que la máquina está operativa.

- Tipo de mantenimiento.

Que mezcla de tipos de mantenimiento se realizan a la máquina.

- Estatus.

Dato que interpreta si la máquina está en condiciones de funcionamiento y dejó de funcionar por algún motivo.

- Condición.

Si la máquina es principal en el proceso productivo o está catalogada en condición de apoyo.

- Descripción gráfica.

Foto o dibujo que represente la máquina.

3.2.4.3.2 FICHA TÉCNICA DEL COMPONENTE NIVEL N+1.

En la Figura 10 se visualiza el formato para el levantamiento de información general de componentes de las máquinas, dichos datos son:

Datos identificativos, estos datos son con los cuales se identifican al componente.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre del componente.

Nombre de pila o descripción el componente.

- Nivel.

Número que representa el nivel del componente dentro de la máquina.

- Modelo.

Referencia dispuesta del fabricante dentro de su portafolio de productos.

Figura 10

Ficha de levantamiento de información técnica de componente.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaaa
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	de
	COMPONENTE.	Versión:	1
		Código:	DM-LI-CO-0000

Nombre Máquina:			
Nombre componente:			Nivel:
Código:			
Modelo:		# de serie:	
Marca:		Procedencia:	
Proveedor:		Número componente:	
Vendedor:		Peso aproximado (kg):	
Largo (m):		Volumen (m³):	
Ancho (m):		Diámetro (mm)	
Alto (m):		Espesor (mm):	
Observaciones:			

Representación gráfica:

Nota. Su abreviatura TC, las fichas de los componentes se archivan en formato físico y digital. Fuente: Autor.

- Número de serie.

Número dispuesto por el fabricante para tener una trazabilidad de los elementos utilizados para la fabricación.

- Marca.

Marca del fabricante del componente.

- Procedencia.

País en donde se fabricó el componente.

- Proveedor.

Nombre de la empresa dispone de los componentes.

- Peso aproximado.

Peso en kilogramos del componente, este parámetro permite tomar las medidas necesarias de seguridad y disponer de los elementos necesarios al momento de levantar el componente en caso de ser necesario o para el transporte de dicho componente.

- Número de componente.

Número de componentes similares dentro de la máquina.

- Volumen.

Espacio volumétrico que ocupa el componente dentro de la estructura de la máquina, este se da de la multiplicación de las medidas geométricas del largo, ancho y alto del componente.

- Diámetro.

Dimensión en caso de que el componente sea cilíndrico.

- Espesor.

Dimensión en caso de que el componente sea de chapa metálica.

- Observación:

Campo dispuesto para alguna observación, o referencia de algún requerimiento adicional.

- Descripción grafica.

Foto o dibujo que represente el componente.

3.2.4.3.3 FICHA TÉCNICA DE MOTORES Y MOTORREDUCTORES.

En la Figura 11 se visualiza el formato para el levantamiento de información general de motores y motorreductores, dichos datos son:

Datos identificativos, estos datos son con los cuales se identifican al motor o motorreductor.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del motor o motorreductor.

Este código alfanumérico representa la identificación del motor o motorreductor.

Datos del fabricante, estos datos permiten encontrar las piezas de recambio y repuestos que sean necesarios.

- Modelo.

Referencia dispuesta del fabricante dentro de su portafolio de productos.

- Número de serie.

Número dispuesto por el fabricante del motor o motorreductor para tener una trazabilidad de los elementos utilizados para la fabricación.

- Marca.

Marca del fabricante del motor o motorreductor.

- Procedencia.

País en donde se fabricó la motor o motorreductor.

- Proveedor.

Nombre de la empresa que vende este motor o motorreductor.

- Peso aproximado.

Peso en kilogramos del motor o motorreductor, este parámetro permite tomar las medidas necesarias de seguridad y disponer de los elementos necesarios al momento de levantar el motor o motorreductor en caso de ser necesario o para el transporte de dicho motor o motorreductor de ser necesario.

- Número de motor o motorreductor.

Número de motor o motorreductor similares dentro de la máquina.

- Volumen.

Espacio volumétrico que ocupa el motor o motorreductor, este se da de la multiplicación del largo, ancho y alto del motor o motorreductor.

- Diámetro.

Dimensión del eje motor o motorreductor.

- Voltaje.

Valor en volts con el cual opera el motor o motorreductor.

- Amperaje.

Valor en amperios con el cual opera el motor o motorreductor.

- Potencia.

Valor en HP o KW de la potencia nominal del motor o motorreductor.

- Frecuencia.

Valor en hercios de la frecuencia de la corriente que se usa para la operación del motor o motorreductor.

- Eficiencia.

Valor que representa la eficiencia del motor con todos los parámetros reales establecidos.

- RPM.

Revoluciones por minuto que arroja el motor o motorreductor.

- Relación de reducción.

Ratio de reducción de las PRM que dispone la caja reductora.

- Observación:

Campo dispuesto para alguna observación, o referencia de algún requerimiento adicional.

- Descripción grafica.

Foto o dibujo del motor o motorreductor.

Figura 11

Formato de levantamiento de información de motor o motorreductor.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaaa
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	de
	MOTOR.	Versión:	1
		Código:	DM-LI-MO-0000

Nombre Máquina:			
Nombre motor:		Nivel:	
Código:			
Modelo:	# de serie:		
Marca:	Procedencia:		
Proveedor:	Vendedor:		
Largo (m):	Número componente:		
Ancho (m):	Volumen (m³):		
Alto (m):	Peso aproximado (kg):		
Diámetro (mm)	Voltaje (V):	Velocidad (RPM):	
Eficiencia (%):	Amperaje (A):	Ratio reducción:	
Potencia (Hp):	Frecuencia (Hz):	Lubricante:	
Observaciones:			

Representación gráfica:

Nota. Su abreviatura TR, las fichas de los motores y motorreductores se archivan en formato físico y digital. Fuente: Autor.

3.2.4.3.4 FICHA TÉCNICA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.

En la Figura 12 se visualiza el formato para el levantamiento de información general de componentes eléctricos de las máquinas, estos datos son:

Datos identificativos, estos datos son con los cuales se identifican al motor o motorreductor.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del componente eléctrico.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente eléctrico.

Datos del fabricante, estos datos permiten encontrar las piezas de recambio y repuestos que sean necesarios.

- Modelo.

Referencia dispuesta del fabricante dentro de su portafolio de productos.

- Número de serie.

Número dispuesto por el fabricante del motor o motorreductor para tener una trazabilidad de los elementos utilizados para la fabricación de la máquina, este número permitirá agilizar reclamos observaciones y garantías del motor o motorreductor.

- Marca.

Marca del fabricante del motor o motorreductor.

- Procedencia.

País en donde se fabricó la motor o motorreductor.

- Proveedor.

Nombre de la empresa que vendió el motor o motorreductor.

- Peso aproximado.

Peso en kilogramos del motor o motorreductor, este parámetro permite tomar las medidas necesarias de seguridad y disponer de los elementos necesarios al momento de levantar el motor o motorreductor en caso de ser necesario o para el transporte o maniobras de actividades de mantenimiento.

- Número de componente.

Número de componentes iguales dentro de la estructura de la máquina.

- Volumen.

Espacio volumétrico que ocupa el motor o motorreductor, este se da de la multiplicación del largo, ancho y alto del motor o motorreductor.

- Voltaje.

Valor en volts con el cual opera el motor o motorreductor.

- Amperaje.

Valor en amperios con el cual opera el motor o motorreductor.

- Frecuencia.

Valor en hercios de la frecuencia de la corriente que se usa para la operación del motor o motorreductor.

- Observación:

Campo dispuesto para alguna observación, o referencia de algún requerimiento adicional.

- Descripción grafica.

Foto o dibujo del motor o motorreductor.

Figura 12

Formato de levantamiento de información de componente eléctrico.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaaa	
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:		de
	COMPONENTE ELÉCTRICO.	Versión:	1	
		Código:	DM-LI-CE-0000	

Nombre Máquina:					
Nombre componente:				Nivel:	
Código:					
Modelo:		# de serie:			
Marca:		Procedencia:			
Proveedor:		Vendedor:			
Largo (m):		Número componente:			
Ancho (m):		Volumen (m³):			
Alto (m):		Peso aproximado (kg):			
Voltaje (V):		Amperaje (A):		Frecuencia (Hz):	
Observaciones:					

Representación gráfica:					

Nota. Su abreviatura TE, las fichas de los componentes eléctricos se archivan en formato físico y digital. Fuente: Autor.

3.2.4.4 DOCUMENTOS DE TRABAJO.

Estos documentos integran las fuentes de datos de ingreso y salida de la gestión de mantenimiento.

3.2.4.4.1 GAMA DE MANTENIMIENTO.

En la Figura 13 se muestra el formato del documento de las actividades que se desarrollan en cada máquina según la frecuencia de tiempo y la planificación de las actividades de mantenimiento, dentro de este formato cuenta con los siguientes datos:

- Código general de la máquina

Este código alfanumérico representa la identificación de la máquina y donde se encuentra dentro de la empresa.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la estructura productiva.

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre del componente.

Nombre de pila o descripción el componente.

- Tarea por realizar.

Nombre de la actividad de mantenimiento que se va a realizar al componente de la máquina.

- Referencia documental.

Código del documento del procedimiento o instructivo para realizar las tareas de mantenimiento.

- Mantenimiento.

El tipo de mantenimiento que se realiza.

3.2.4.4.2 CALENDARIO DE MANTENIMIENTO.

En la Figura 14 se visualiza los campos donde se ingresan la información de la gama de mantenimiento la cual se calendariza para planificar las actividades diarias, esto mediante la ayuda de Google calendar⁵ que facilita con notificaciones al correo electrónico del colaborador que va a realizar las actividades de mantenimiento en la Figura 15 se muestra un ejemplo de calendarización, los datos que se ingresan son:

Figura 14

Ingreso de los datos en la plataforma de Google calendar.

Nota. Su abreviatura es CM, el calendario de mantenimiento se actualiza diariamente.

Fuente: Autor.

- Código general de la máquina.

Este código alfanumérico representa la identificación de la máquina y donde se encuentra dentro de la empresa.

⁵ *Google Calendar*: es una agenda y calendario electrónico desarrollado por Google.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del componente.

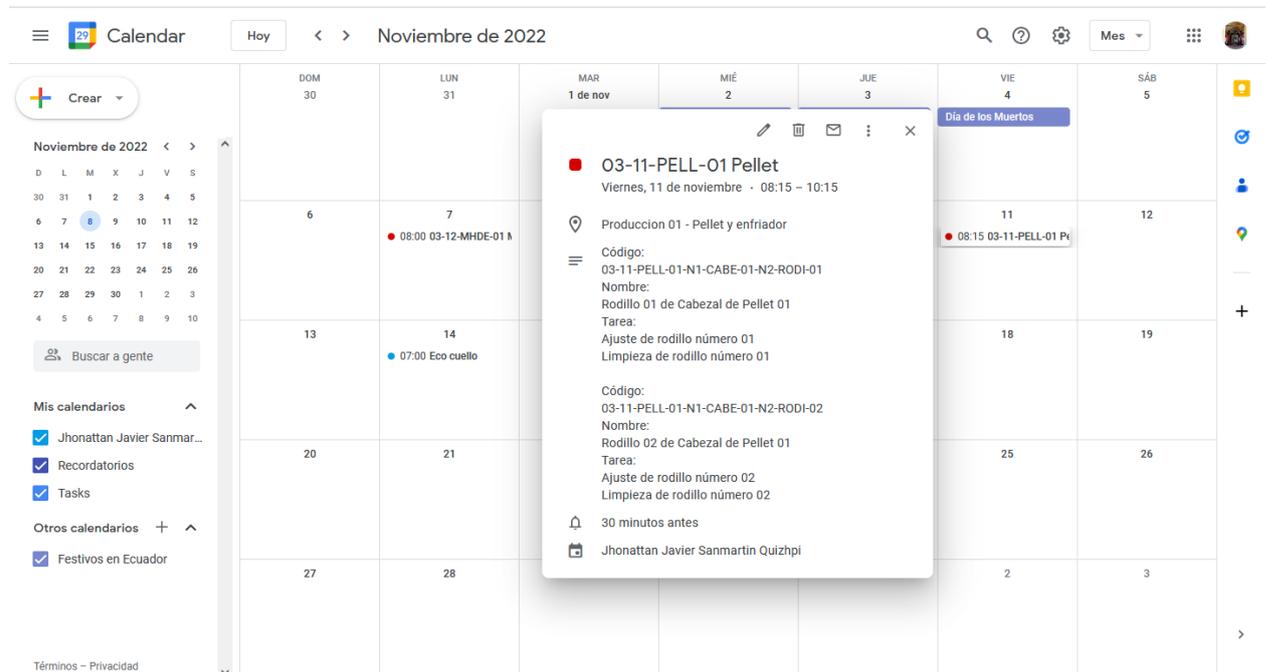
Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre del componente.

Nombre de pila o descripción el componente.

Figura 15

Ejemplo de visualización de la calendarización de actividades de mantenimiento.



The screenshot shows a Google Calendar interface for November 2022. A pop-up window displays the following details for an event on Friday, November 11, 2022, from 08:15 to 10:15:

- Event Title:** 03-11-PELL-01 Pellet
- Location:** Produccion 01 - Pellet y enfriador
- Code:** 03-11-PELL-01-N1-CABE-01-N2-RODI-01
- Name:** Rodillo 01 de Cabezal de Pellet 01
- Task:** Ajuste de rodillo número 01, Limpieza de rodillo número 01
- Code:** 03-11-PELL-01-N1-CABE-01-N2-RODI-02
- Name:** Rodillo 02 de Cabezal de Pellet 01
- Task:** Ajuste de rodillo número 02, Limpieza de rodillo número 02
- Notification:** 30 minutos antes
- Organizer:** Jhonattan Javier Sanmartin Quizhpi

Nota. Los datos reflejados en esta plataforma son los que se utilizan en las ordenes de trabajo. Fuente: Google calendar.

- Tarea para realizar.

Nombre de la actividad de mantenimiento que se va a realizar.

- Tiempo estimado.

Tiempo promedio que se estima se va a ocupar para realizar las actividades de mantenimiento.

- Encargado.

Colaborar que se designa para realizar las actividades de mantenimiento.

3.2.4.4.3 DOCUMENTO NOTIFICACIÓN DE ANOMALÍAS.

En la Figura 16 se muestra el formato que todos los colaboradores tendrán acceso para la notificación de anomalías, este formato está en línea, en dicho formato el colaborador que presencie una anomalía en alguna máquina podrá llenar y enviar el formato al departamento de mantenimiento, este documento contará con los siguientes parámetros:

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre del componente.

Nombre de pila o descripción el componente.

Figura 16

Formato de notificación de anomalías.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaaa	
	TRABAJO.	Página:	de	
	NOTIFICACIÓN DE ANOMALÍAS.	Versión:	1	
		Código:	DM-TR-NA-0000	

Nombre Máquina:	
Nombre componente:	
Código componente:	
Comunicado por:	
Avería.	

Representación gráfica:

Nota. La abreviatura es NA, las notificaciones de anomalías son fichas impresas que tiene cada colaborador que tenga asociación con el mantenimiento, una vez llenas estas fichas se archivan en formato físico y digital. Fuente: Autor.

- Avería.

Nombre o descripción de la presunta falla o avería presente en el componente de la máquina.

- Descripción gráfica.

Foto de la posible avería o anomalía.

- Comunicado por.

Colaborador que notifica la anomalía.

3.2.4.4.4 ORDEN DE TRABAJO.

En la Figura 17 se visualiza el formato del documento de orden de trabajo la cual se genera a partir del calendario de mantenimiento o cuando se verifica la presencia de una avería a través de la notificación de anomalías, este documento tendrá los siguientes datos:

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Nombre del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Numero de orden de trabajo.

Este número se establece para dar una trazabilidad con el número de ejecución de trabajo.

- Tipo de mantenimiento.

Determina el tipo de mantenimiento que corresponde las actividades de que se va a realizar, pueden ser mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo o emergente.

- Fecha y hora.

Establece la fecha y hora de emisión de la orden de trabajo.

- Actividades de mantenimiento.

Descripción de las actividades de mantenimiento a desarrollar.

3.2.4.4.5 EJECUCIÓN DE TRABAJO.

En la Figura 18 se visualiza el formato del documento de ejecución de trabajo la cual se genera para ejecutar las ordenes de trabajo, el documento tendrá los siguientes datos:

- Número de orden de trabajo.

Este número se establece para dar una trazabilidad con el número de ejecución de trabajo.

- Número de ejecución de trabajo.

Este número se concatena con el número de orden de trabajo para determinar una trazabilidad.

- Responsable.

Colaborador responsable de realizar las actividades de mantenimiento en esta ejecución de trabajo.

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Nombre del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Actividades de mantenimiento.

Descripción de las actividades de mantenimiento a desarrollar.

- Fecha y hora de emisión.

Fecha y hora de emisión de la ejecución de trabajo.

- Fecha y hora de cierre.

Fecha y hora de cierre de la ejecución de trabajo.

- Tiempo estimado.

Tiempo estimado para realizar las actividades de mantenimiento.

- Tiempo real.

Tiempo transcurrido en realizar las actividades de mantenimiento.

- Procedimiento.

Este parámetro se especifica el código documental del procedimiento que se realiza.

- Observaciones:

Observaciones para el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

Figura 19

Formato del instructivo de procedimientos.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaaa
	PROCEDIMIENTO.	Página:	de
		Versión:	1
		Código:	DM-PR-CA-0000

Nombre del procedimiento:	
Objetivo:	
Alcance:	

Control de versiones.	
Número de versión.	Descripción del cambio.

Abreviaturas.	
Abreviatura.	Descripción de la abreviatura.

Suministros.	Repuestos	Piezas de recambio.

Herramientas.	Equipos.	Seguridad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por

Nota. Su abreviatura IP, este documento se elabora cada vez que sea necesario un nuevo procedimiento, se archivan en formato físico y digital.

- Nombre.

Nombre del procedimiento que se concatenara con la actividad principal.

- Objetivo.

Objetivo principal del desarrollo del procedimiento.

- Alcance.

Alcance del procedimiento.

- Control de versiones.

Número de versión y que se modificó.

- Abreviaturas y significado.

Abreviaturas utilizadas en el procedimiento.

- Descripción del procedimiento.

Detalle de las actividades a realizar.

- Suministros.

Los suministros necesarios para realizar las actividades de mantenimiento.

- Repuestos.

Repuestos que se han de cambiar en la máquina durante las actividades de mantenimiento.

- Seguridad.

Equipos de protección colectiva que serán instalados antes de realizar las actividades de mantenimiento.

Equipos de protección personal que necesitan los colaboradores para mitigar los riesgos presentes en las actividades de mantenimiento.

Señalética necesaria para las actividades de mantenimiento.

- Herramientas.

Herramientas que se utilizarán durante las actividades de mantenimiento.

- Equipos.

Equipos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento.

- Contratista.

Tercera persona que se contrata para una actividad en concreto.

3.2.4.5 HISTORIAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

En la Figura 20 se muestra el formato del documento de historial de las actividades de mantenimiento de cada máquina es crucial para una adecuada programación de posteriores intervenciones y un adecuado análisis sobre el componente, para lo cual es necesario contar con un formato con los siguientes datos:

- Código general de la máquina

Este código alfanumérico representa la identificación de la máquina y donde se encuentra dentro de la empresa.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Número de ejecución de trabajo.

Este número se concatena con el número de solicitud de trabajo para determinar una trazabilidad.

Figura 20

Formato del documento de historial de mantenimiento.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.		Fecha:	dd/mm/aaaa		
	TABAJO.		Página:		de	
	HISTORIAL DE MANTENIMEINTO.		Versión:	1		
			Código:	DM-TR-HM-0000		
Código Máquina:		Nombre Máquina:				
Nombre componente.	Código componente.	Tarea a realizar.	Referencia documental.	#OT	#ET	Fecha.

Nota. Su abreviatura HM, este documento se actualiza cada vez que se realiza una tarea de mantenimiento, se archivan en formato físico y digital. Fuente: Autor.

- Número de orden de trabajo.

Este número se establece para dar una trazabilidad con el número de orden de trabajo

- Fecha y hora.

Fecha y hora final de las actividades de mantenimiento.

- Procedimiento.

Este parámetro especifica el procedimiento que se llevara a cabo para realizar y completar las actividades de mantenimiento.

3.2.4.6 DOCUMENTO DE ANÁLISIS.

3.2.4.6.1 ANÁLISIS DE AVERÍAS.

En la Figura 21 se visualiza el formato del documento de análisis de averías mediante este documento se determina las condiciones que se prestaron para la avería, y las medidas para que no se repitan, con los siguientes parámetros para su evaluación:

- Código general de la máquina

Este código alfanumérico representa la identificación de la máquina y donde se encuentra dentro de la empresa.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Código del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Nombre del componente.

Este código alfanumérico representa la identificación del componente y donde se encuentra dentro de la máquina.

- Número de ejecución de trabajo.

Este número se concatena con el número de solicitud de trabajo para determinar una trazabilidad.

- Función.

La máquina es función principal o de apoyo.

- Criticidad.

Criticidad de la máquina en el esquema de producción.

- Naturaleza de la avería.

Establece de que naturaleza es la avería determinando que componente presentó el fallo.

- Tipo de fallo de la avería.

Establece si el fallo fue simple o múltiple.

- Consecuencia.
 - Producción.

Se establece que tiempo se paralizó la producción.

- Paro de la máquina.

Se establece que tiempo paro la máquina.

- Seguridad.

Se establece si se vulneró la seguridad de los colaboradores o la infraestructura.

- Medio ambiente.

- Causas intrínsecas.

Se determinan si se presentaron fallas internas del componente como desgaste apresurado de alguno de los materiales, fatiga, corrosión, fallo de diseño, fallo en el montaje, etc.

- Causas extrínsecas.

Se determinan si hubo fallas externas al componente como: falta de mantenimiento, uso inadecuado del componente, inexistencia de procedimientos, etc.

- Solución.

Establece una solución idónea para tratar de mitigar la repetición del fallo.

Dado que la ficha de análisis de averías se establece cuando se ejecuta el trabajo de mantenimiento será de utilidad el desarrollo del análisis del modo y efecto de fallas, para lo cual se establecerá algunos parámetros cuantitativos y cualitativos, en la Figura 22 se dispone de estos parámetros.

Figura 22.

Parámetros para desarrollo AMEF.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.					Fecha:	dd/mm/aaaa			
	AMEF.					Página:	000 de 000			
						Versión:	0000			
						Código:	DM-AMEF-20			
Componente.	Componente posible falla.	Función que realiza.	Falla funcional.	Modo falla.	Causa potencial.	Efectos del modo falla.	Situación actual. G O D NPR		Acciones recomendadas.	Responsable.

Nota. El campo NPR se refiere a la abreviatura de Índice de Prioridad de Riesgo.

Donde:

- El campo componente refiere al componente de nivel uno de la máquina.

- El campo componente de posible falla define el componente de nivel n+1 que presumiblemente presente la falla.
- Función que realiza establece la función principal del componente posible falla.
- Falla funcional determina la falla en relación de la función que hace el componente.
- Modo falla representa que puede salir mal con la función del componente.
- Causa potencial establece la posible causa raíz que puede desarrollar la falla.
- Efecto del modo falla cuales son los efectos que resultan de la falla.
- Situación actual de cómo se desarrolla la máquina.
 - G donde se establece la gravedad del fallo, los criterios de ponderación se establecen en la Tabla 13.
 - D determina la probabilidad de no detección del fallo, los criterios de ponderación se establecen en la Tabla 14.
 - O establece la probabilidad de ocurrencia del fallo, los criterios de ponderación se establecen en la Tabla 15.
 - NPR establece el cálculo del número de prioridad de riesgo el cual si es menor a 100 no va a requerir intervención.

Tabla 13

Criterios para ponderación de Gravedad en AMEF.

Efecto.	Criterio.	Nivel.
Peligroso sin aviso.	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre sin previo aviso.	10
Peligroso con aviso.	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre con previo aviso.	9
Muy alto.	Puede ser el 100% del producto se deseche. Paro de línea.	8
Alto.	Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adición de mano de obra.	7
Moderado.	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que reprocesar fuera de la línea y ser aceptada.	6
Bajo.	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que reprocesar fuera de la línea y ser aceptada.	5
Muy bajo.	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que reprocesar en la estación, antes de ser procesada.	4
Remoto.	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que reprocesar en la estación, antes de ser procesada.	3
Muy remota.	Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación u operador.	2
Ninguno.	Sin efecto discernible.	1

Nota. En esta tabla se presenta el nivel de ponderación de cada criterio de la gravedad.

Fuente: Automotive Industry Action Group, (2008).

Tabla 14.

Criterios de valoración de Detección en AMEF.

Probabilidad de detección.	Criterio.	Nivel.
Casi imposible.	Sin control de proceso actual, no puede detectarse.	10
Muy remota.	La causa del modo de falla no es fácilmente detectada.	9
Remota.	Detección de modo de falla posterior al procesamiento, por el operador por medios visuales, táctiles o audibles.	8
Muy baja.	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través de medios visuales, táctiles o audibles.	7
Baja.	Detección de modo de falla posterior al procesamiento, por el operador con el uso de gajes de atributos (pasa / no pasa).	6
Moderada.	Detección de modo de falla en la estación por el operador a través del uso de gajes o controles que notifiquen al operador (luz, sonido).	5
Moderadamente alta.	Detección del modo falla posterior al procesamiento por controles automatizados.	4
Alta.	Detección del modo de falla en la estación por controles automatizados.	3
Muy alta.	Detección de las causas del fallo en la estación por controles automatizados que detectan el error y lo previenen.	2
Casi cierta.	Prevención de las causas del fallo como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la máquina o diseño del componente.	1

Nota. En esta tabla se presenta el nivel de ponderación de cada criterio de la detección. Fuente: Automotive Industry Action Group, (2008).

Tabla 15*Criterios para ponderación de Ocurrencia de AMEF.*

Efecto.		Criterio.	Nivel.
Muy alta.	Fallos muy repetitivos.	1 falla al mes.	5
Alta.	Fallos repetitivos.	1 falla entre 1 a 3 meses.	4
Moderada.	Fallos ocasionales.	1 falla entre 2 a 6 meses.	3
Baja.	Pocos fallos.	1 falla entre 6 a 12 meses.	2
Muy baja.	Muy pocos fallos.	1 falla anual.	1

Nota. En esta tabla se presenta el nivel de ponderación de cada criterio de la ocurrencia. Fuente: Automotive Industry Action Group, (2008); Berger, (2015).

Tabla 16*Rango de riesgo.*

Riesgo.	Rango.
Alto.	200 – 500
Medio.	75 – 199
Bajo.	1 – 74
Inexistente.	0

Nota. En esta tabla se presenta el nivel de riesgo según el rango de NPR. Fuente: Automotive Industry Action Group, (2008); Berger, (2015).

- Acciones recomendadas brinda las posibles tareas para descartar las fallas.
- Responsable establece quien estará a cargo de las acciones recomendadas.

3.2.4.6.2 ANÁLISIS DE INDICADORES.

Para disponer de un seguimiento correcto de las actividades de mantenimiento se requiere disponer de indicadores que brinden la fiabilidad del sistema de gestión, la disponibilidad de las maquinas dentro del sistema de producción y la mantenibilidad que nos brinda el dato de cuantos mantenimientos se realiza. En la Figura 23 se muestra

el formato para la evaluación de los indicadores, este documento se establece los indicadores.

Fiabilidad.

$$F = \frac{DP}{\sum TC} \quad (8)$$

Donde;

- $F =$ *Fiabilidad,*
- $DP =$ *Total de días transcurridos en el periodo,*
- $TC =$ *Número de trabajos de tipo correctivo.*

Disponibilidad.

$$D = \frac{DP - \sum TM}{DP} * 100 \quad (9)$$

Donde;

- $D =$ *Disponibilidad,*
- $DP =$ *Total de días transcurridos en el periodo,*
- $TM =$ *Tiempo muerto de todos los trabajos.*

Mantenibilidad.

$$M = \frac{TTM}{NT} \quad (10)$$

Donde;

- $M =$ *Mantenibilidad,*
- $TTM =$ *Tiempo total de mantenimiento,*
- $NT =$ *Número de trabajos.*

Estos indicadores se actualizarán cada vez que se tenga una intervención por actividades de mantenimiento.

El documento presentará un formato con los siguientes datos.

- Código general de la máquina

Este código alfanumérico representa la identificación de la máquina y donde se encuentra dentro de la empresa.

Figura 23

Formato del documento de análisis de indicadores.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	dd/mm/aaa
	ANÁLISIS.	Página:	de
	ANÁLISIS DE INDICADORES.	Versión:	
		Código:	DM-AN-AI-0000

Código máquina:	03-11-ECPP-05
Nombre Máquina:	<i>Elevador de cangilones producto peletizado.</i>

Solución.												
Fecha.	D= Disponibilidad.	F= Fiabilidad.	M= Mantenibilidad.	DP= Total de días transcurridos en el periodo.	TC= Número de trabajos de tipo correctivo	TM= Tiempo muerto de todos los trabajos.	TTM= Tiempo total de mantenimiento.	NT= Número de trabajos.	Tiempo promedio entre falla	Tiempo promedio de intervención.		

Nota. Su abreviatura AI, este documento es resultado de la actualización de los tiempos resultantes de las actividades de mantenimiento. Fuente: Autor.

- Nombre de la máquina.

Nombre de pila o descripción de la máquina dentro de la empresa y de la estructura productiva.

- Fecha:

Fecha de cálculo del indicador.

3.2.4.7 ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA.

En la Figura 24 se muestra el formato de la ficha de inspección de maquinaria.

Figura 24

Formato de la ficha de inspección.

	DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN.		Fecha:	
	FICHA DE INSPECCIÓN DE MÁQUINA.		Página:	
			Revisión:	
			Código:	

Nombre Máquina:																					
Código:											Operatividad:	SI	NO								
Condición.	Sistemas.																				
	<i>Eléctrico.</i>				<i>Mecánico.</i>				<i>Neumático.</i>				<i>Hidráulico.</i>								
	Cables	Uniones.	Instrumentos.	Toma de corriente.	Estructura.	Móviles.	Estáticos.	Transmisión.	Sujeción.	Ductos.	Uniones.	Válvulas	Acoples.	Mangueras.	Instrumentos.	Ductos.	Uniones.	Válvulas	Acoples.	Mangueras.	Instrumentos.
	Perfecta.																				
	Buena.																				
	Regular.																				
	Observación:																				

Nota. Su abreviatura IM. Fuente: Autor.

Mediante esta ficha se recolectó la información de la condición de 56 máquinas dentro de las áreas de producción de la empresa en este análisis se determinó si cada máquina se encuentra en funcionamiento o está inoperativa, además de analizar la condición de

los diferentes elementos de la máquina para concluir su estado global, para este análisis se embarcó los sistemas neumáticos, hidráulicos, mecánicos y eléctricos, esta evaluación es de carácter cualitativa siendo.

- Perfecta. se determina en perfecta condición cuando todos los elementos de evaluación están en óptimas condiciones y no presentan ningún fallo o anomalía que podrían afectar al correcto funcionamiento de la máquina.
- Bueno. se determina que el elemento de la máquina está en buena condición cuando las máquinas presentan algún desgaste que al no ser corregido podría presentar una anomalía en el funcionamiento de la máquina.
- Regular. se establece que está en una condición regular cuando la máquina presenta una anomalía y esta puede presentar un riesgo eminente para su no funcionamiento.

3.2.4.7.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINARIA.

Para determinar la criticidad de la maquinaria se dispondrá de un método cuantitativo cualitativo (ejemplo Tabla 17) este establece 10 factores con un peso y una ponderación del nivel de afección dentro del sistema, para el cálculo se establece la sumatoria del peso de cada factor por su ponderación de afección.

Impacto a la producción (peso 7). – Establece si por causa de la falla de la máquina existe un impacto en la cantidad procesado de producto terminado; siendo sus posibilidades un impacto alto con una ponderación de 10, un impacto medio con ponderación de 5 y un impacto bajo o nulo con una ponderación de 0.

Impacto a la calidad (peso 7). – Refiere si por la falla de la máquina existe un impacto en la calidad de producto terminado; siendo sus posibilidades un impacto alto con una ponderación de 10, un impacto medio con ponderación de 5 y un impacto bajo o nulo con una ponderación de 0.

Riesgo a la seguridad y salud en el trabajo (peso 5). – Reseña si por la falla de la máquina existe un riesgo a la seguridad o la salud de los colaboradores; siendo sus posibilidades un riesgo con una ponderación de 10 y sin riesgo con una ponderación de 0.

Riesgo del medio ambiente (peso 5). – Establece si por la falla de la máquina existe un riesgo a la contaminación del medio ambiente; siendo sus posibilidades un riesgo con una ponderación de 10 y sin riesgo con una ponderación de 0.

Pérdidas económicas por daños (peso 5). – Establece si por la falla de la máquina existe un impacto económico; siendo sus posibilidades un impacto alto con una ponderación de 10, un impacto medio con ponderación de 5 y un impacto bajo o nulo con una ponderación de 0.

Máquina redundante (peso 4). – Refiere a que si existe una maquina auxiliar con las mismas características; siendo sus posibilidades de existir 0 en ponderación y de no existir 10 en su ponderación.

Régimen de marcha (peso 3). – Aduce si la máquina es de ciclo continuo dentro del proceso de producción, siendo sus posibilidades 10 en su ponderación cuando es ciclo continuo y 0 en su ponderación si el ciclo no es continuo.

Frecuencia de fallas (peso 3). – Establece una ponderación de 10 si se presenta más de 6 fallos al año, 5 si se tiene más de dos fallas al año y 0 si son menos de dos fallas al año.

Repuestos y piezas de recambio (peso 2). – Determina si se cuenta con repuestos o piezas de recambio para la máquina; siendo su ponderación de 0 si se dispone y 10 si no se dispone.

Tiempo medio de reparación (peso 2). – Reseña cuanto tiempo promedio es el establecido en reparaciones, siendo una ponderación de 1 cuando el tiempo es menor a dos horas, 4 teniendo un tiempo de dos a cuatro horas, 7 cuando el tiempo es de cuatro a ocho horas y 10 cuando el tiempo promedio es más de ocho horas.

Mediante el cálculo se establece el grado de criticidad, este se agrupa en criticidad alta cuando el grado es superior a 150, de criticidad media en un rango de 100 a 149 y criticidad baja con menos de 99.

Tabla 17

Ejemplo de método de cálculo de la criticidad de las máquinas.

Nombre de la máquina:	Criticidad	Máquina	Mantenimiento
Elevador de cangilones producto peletizado.	424	Cri.	Pred.
Enfriador.	148	Imp.	Prev.
Sistema de vaciado de mezcladora.	83	Pres.	Prev - Corr.

Nota. En este ejemplo se observa una máquina de los tres grupos de criticidad de las máquinas y el mantenimiento correspondiente a esta criticidad. Fuente: Autor.

3.2.4.8 ANÁLISIS DE REPUESTOS.

Dentro de las máquinas existen dos tipos de repuestos, los repuestos o piezas que se desgastan por tener un contacto directo con las materias primas al momento de ser procesadas (repuestos de desgaste) y los repuestos o piezas que se desgastan al accionar las máquinas, pero no tienen contacto directo con las materias primas al ser procesadas (repuestos generales).

3.2.4.8.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS REPUESTOS IMPORTADOS.

Para un correcto stock se debe considerar la criticidad de la paralización de la máquina dentro del proceso productivo, el costo de paralización de la producción, el tiempo de espera para obtener el repuesto, la frecuencia de utilización del repuesto y cuál es su costo beneficio de mantener un stock del repuesto en la bodega de la fábrica, estas piezas de recambio o repuestos han de estar codificadas y serán revisadas periódicamente para disponer de un tiempo mínimo de stock de reposición, en lo posible se optará por la adquisición de piezas de marca unificada y de gran variedad en el mercado. Además, para contar con un correcto inventario de repuestos o piezas de recambio se analizó la criticidad de los principales repuestos, en la Tabla 18 se muestra a manera de ejemplo algunos de los repuestos analizados y el resultado del análisis. Según (Contreras, J. Parra, C. 2020) el método desarrollado determina la criticidad de acuerdo con el valor económico total de cada artículo y al valor económico de pérdida de producción por no disponer del repuesto. Este método se da mediante dos

clasificaciones. A la primera clasificación Brown, (2004) la realiza con los componentes en tres grupos (X, Y, Z) de acuerdo con el costo económico de la cantidad requerida y una segunda clasificación que Parra, (2012) la realiza en tres grupos (1,2,3) por medio del rubro que se pierde diariamente a la espera de que el repuesto llegue.

Este método da como resultado los repuestos en 9 grupos siendo:

- Grupo 3X alta criticidad y valor alto,
- Grupo 3Y alta criticidad y valor medio,
- Grupo 3Z alta criticidad y valor bajo,
- Grupo 2X criticidad media y valor alto,
- Grupo 2Y criticidad media y valor medio,
- Grupo 2Z criticidad media y valor bajo,
- Grupo 1X baja criticidad y valor alto,
- Grupo 1Y baja criticidad y valor medio,
- Grupo 1Z baja criticidad y valor bajo.

Siendo este de aplicabilidad directa se emplea de la siguiente manera estableciendo los siguientes parámetros:

- Cantidad. - Determinar la cantidad de piezas de repuesto necesarias para tener en bodega.
- Precio. - Costo económico del repuesto representado en dólares.
- Valor total. - Resultado de la cantidad de piezas de repuesto por el precio.
 - Se jerarquiza los valores totales de todo el listado de repuestos.
- Valor acumulado. - sumatoria del valor de cada uno de los repuestos.
- % valor acumulado. - Valor acumulado dividido para el costo total del stock de repuestos.
 - Con este porcentaje acumulado se divide en los tres grupos X, Y, Z.
- Valor. - El valor se da en los tres grupos siendo X = del 0% al 70%, Y=del 70.01% al 90% y Z= del 90.01% al 100%
- Pérdida económica. - El valor económico diario de paralizar la máquina.

- Tiempo de entrega. – Tiempo que se demora en llegar el repuesto a la empresa.
- Lucro cesante. - Es el valor que da de multiplicar la pérdida económica por el tiempo de entrega.
- Criticidad. - Se da en los tres grupos 1, 2, 3. Siendo el grupo 3 el valor del lucro cesante mayor a \$30000, el grupo 2 el valor del lucro cesante entre \$29999 y \$1000, el grupo 1 los valores menores a \$999.

Tabla 18

Ejemplo del análisis de criticidad de repuestos.

Repuesto.	Cantidad.	Precio (\$).	Valor total (\$).	Valor acumulado (\$)	Valor acumulado (%)	Perdida de producción (\$).	Tiempo de entrega.	Lucro cesante (\$).	Valor	Criticidad
Motor reductor	1	2633	2633	7433	32	644	60	38651	X	3
Tambor superior.	1	215	215	19670	83	720	60	43200	Y	3
Eje de tambor.	2	40	80	22317	95	650	60	39000	Z	3
Matriz 4 x 55mm.	5	960	4800	4800	20	466	60	27976	X	2
Anillo guía.	1	160	160	20704	88	466	60	27976	Y	2
Tapa de sellado.	12	10	120	21260	90	466	60	27976	Z	2
Cangilón.	250	2	425	17508	74	3	60	150	Y	1
Elemento de sujeción.	500	0.20	100	21590	92	5	60	300	Z	1

Nota. En este ejemplo están presente 8 de los 9 grupos.

3.2.4.8.2 REPUESTOS GENERALES.

En los repuestos generales se consideran las piezas para los sistemas de transmisión de potencia, sistemas eléctricos de potencia y control, sistemas neumáticos, sistemas hidráulicos, sistemas mecánicos entre otros, se los cataloga como generales pues estos se adquieren de manera local, ya sea con proveedores que se encuentran dentro de la ciudad de Cuenca, y con proveedores que se encuentran en otra ciudades y su traslado

es de tiempos menores a 24 horas, en la Tabla 19 se dispone un directorio consolidado de proveedores.

Tabla 19

Empresas proveedoras locales.

Proveedor.	Ciudad.	Tiempo de Respuesta.	Línea comercial.
HIVIMAR	Cuenca.		Rodamientos y Sistemas de sellado.
	Quito.	1 hora stock local.	Piñones y cadenas.
	Guayaquil.	8 horas stock regional.	Poleas y correas.
	Manta.		Cajas reductoras y acoples.
	Portoviejo.	15 días importación.	Lubricantes.
SERINTU	Machala.		Bandas transportadoras y elevadoras.
			Sujetadores para bandas.
			Cangilones.
			Pernos para cangilones.
			Piñones, cadenas y candados.
ESPINOSA PAEZ S.A.	Guayaquil.	4 horas.	Rodamientos.
			Helicoidales.
ESPINOSA PAEZ S.A.			Equipos de laboratorio.
			Componentes de transportadores.
ESPINOSA PAEZ S.A.			Cosedoras.
			Balanzas.
ESPINOSA PAEZ S.A.	Cuenca.	1 hora en stock local.	Componentes de balanzas.
	Guayaquil.	8 horas en stock regional.	Celdas de cargas.

			Mantenimiento de balanzas. Celdas de cargas. Válvula motorizada. Mantenimiento de balanzas. Válvulas.
STERTECK.	Guayaquil.	8 horas.	
SWISSESOR.	Cuenca.	1 hora stock local.	Sistemas neumáticos. Sistemas hidráulicos. Tratamiento de aire.
ELECON.	Cuenca.	1 hora.	Sistemas de vapor. Generadores de vapor.
CENELSUR	Cuenca.	1 hora stock local.	Componentes eléctricos de control. Componentes eléctricos de potencia. Componentes conducción eléctrica.
JUAN MONTERO.	Cuenca.	1 hora stock local.	Componentes eléctricos de control. Componentes eléctricos potencia.
MANTACORP.	Milagro.	8 horas.	Proyectos de construcción metalmecánica. Proyectos de construcción metalmecánica
TEPACORP.	Guayaquil.	8 horas.	especialistas en plantas de elaboración balanceados. Bandas transportadoras.
PROINDSERV.		8 horas.	Grapas industriales. Cangilones.

LA LLAVE.	Guayaquil.	4 horas.	Pernos de cangilones. Sistemas de transporte. Vulcanización de rodillos. Rodillos y artesas. Sistemas de aire comprimido. Sistemas de vapor. Automatización y potencia. Bombas.
BANCODELPERNO.	Cuenca.	1 hora.	Compresores. Pernería. Compresores. Tratamiento de aire comprimido.
ECUATORIANA INDUSTRIAL.	Cuenca.	1 hora.	Automatización neumática. Mangueras industriales. Válvulas de control. Tubería de aluminio. Blowers.

Nota. En esta tabla se presenta las empresas proveedoras con sus líneas de comerciales y si tiempo de respuesta.

3.2.4.9 ANÁLISIS DE ANTIGÜEDAD.

La empresa se ha dispuesto con una línea de producción la cual se caracteriza por la combinación de máquinas nuevas y máquinas de segunda, por lo que para generalizar la línea de producción se aplicará un método del autor (Navarro Elola, 1997) el cual establece los siguientes parámetros a ser analizados en la Tabla 20.

Tabla 20*Análisis de antigüedad de línea de producción.*

Puntos.	Jornada laboral (turnos).	Tamaño de empresa.	Tipo de proceso.	Ritmo de producción.	Nivel de automatización.	Inversión equipos (millones)
10	3	Grande.	Continuo.	Continua.	Computarizada.	Mayor a 1.5
5	2	Mediana.	Serie.	Temporada	Automática.	Entre 0.5 y 1.5.
1	1	Pequeña.	Lote.		Semiautomática.	Menor a 0.5

Nota. Esta tabla muestra los aspectos a tomar en cuenta para evaluar y determinar el tipo de mantenimiento necesario. Fuente: Navarro Elola, (1997)

El análisis es de carácter numérico dando un puntaje a cada uno de los parámetros establecidos para una sumatoria final, el resultado se establecerá en tres grupos con su respectivo mantenimiento siendo el primer grupo si la sumatoria recae en valores de entre 31 y 60 puntos el mantenimiento preventivo será el recomendado para la empresa, si el valor es de 26 a 30 puntos se recomienda efectuar un análisis con mayor detenimiento de cada uno de los componentes, y si el puntaje es igual o menor a 25 puntos el mantenimiento preventivo a largo plazo más el auto mantenimiento es el que se recomienda.

3.2.4.9.1 JORNADA LABORAL.

La jornada laboral del departamento productivo de la empresa es de un turno de 8 horas diarias (8:00 a 12:00 y 13:00 17:00) de lunes a viernes. La empresa cuenta con cuatro grupos de máquinas, con un uso del 25% 50% 75% y el 100% del tiempo.

3.2.4.9.2 TAMAÑO DE LA EMPRESA.

Según el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (Presidencia de la República, act. 2017) establece la clasificación de las empresas por su rango de número de trabajadores y los ingresos anuales (Tabla 21). Resaltando que “el valor bruto de las ventas anuales prevalecerá sobre el número de trabajadores, para efectos de determinar la categoría de una empresa.”

Tabla 21

Tamaño de empresas en Ecuador.

Empresas:	Ingresos Anuales:	Número De Trabajadores:
Micro	Menores A \$100.000,00	Hasta 9 Personas.
Pequeñas	Entre \$100.001,00 Y 1'000.000.000,00	Entre 10 Y 49 Personas.
Medianas	Entre \$1'000.001,00 Y 5'000.000.000,00	Entre 50 Y 199 Personas.
Grandes	Superior A 5'000.000.001,00	Superior A 200 Personas

Nota. En esta tabla se muestra los parámetros a considerar para determinar el tamaño de las empresas en Ecuador. Fuente: Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (Presidencia de la República, act. 2017)

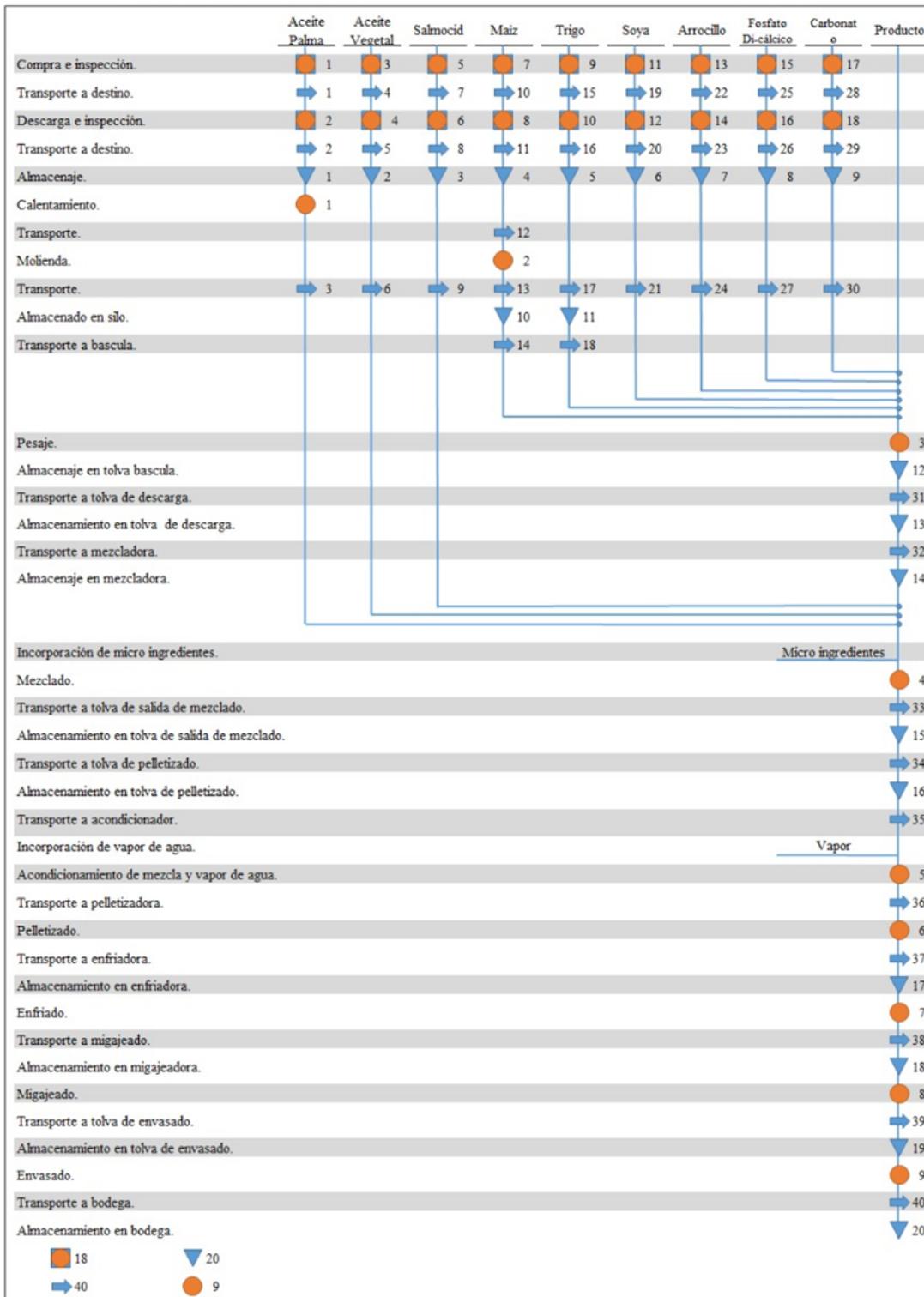
A pesar de contar con menos de 49 personas en la nómina la empresa es considerada mediana puesto que cuenta con unos ingresos anuales que están entre \$1'000.001,00 y \$5'000.000.000,00

3.2.4.9.3 TIPO DE PROCESO.

Al ser una empresa que elabora alimento balanceado para animales la producción se da por lotes de mezclado de 1200 kilos, lo que representa 30 sacos de 40 kilogramos por lote de producción, en la Figura 25 se representa el flujo general de la producción de un lote.

Figura 25

Flujo de materias primas por el proceso de producción.



Nota. Este flujo cuenta con 18 operaciones mixtas, 20 almacenamientos, 9 operaciones y 40 transportes.

3.2.4.9.4 RITMO DE PRODUCCIÓN.

La empresa cuenta con un ritmo continuo de producción pues las ventas tienen una tendencia estable durante los 12 meses del año.

3.2.4.9.5 NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN.

Las operaciones de producción de la empresa se consideran semiautomáticas, al presentar las tareas desarrolladas manualmente, pero estas son asistidas por tecnologías hidráulicas, neumáticas, electromecánicas, que aminoran el porcentaje de intervención de la mano de obra de los colaboradores.

3.2.4.9.6 INVERSIÓN DE EQUIPOS.

El costo aproximado de la maquinaria de la empresa está avaluado en el rango de un millón de dólares.

3.2.4.10 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN.

En la Tabla 22 se muestra el promedio mensual de producción.

Tabla 22

Producción de divisiones, promedio mensual año 2022.

División	KG / MES
Pollo	249.697,77
Cerdo	245.333,33
Bovino	755,55
Cuy	5.737,77
Gallina	5.360,00
Codorniz	10.995,00
Personalizada	4.795,55
TOTAL	522.675,00

Nota. En esta tabla se considera la producción del año 2022 dado que los años anteriores tienen datos con demasiado ruido. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

En la Tabla 23 se puede ver las cantidades por hora que pueden ser procesadas dentro de la empresa, este dato es un promedio general puesto que las capacidades dependen de cada materia prima y las condiciones en las que se presentan al momento de ser trabajadas.

Tabla 23

Capacidad promedio por proceso.

Proceso.	Producción hora.
Molienda	6.000 kg.
Pesaje.	12.000 kg.
Mezclado.	7.200 kg.
Acondicionado.	8.000 kg.
Peletizado.	3.600 kg.
Enfriado.	8.500 kg.
Envasado.	10.000 kg.

Nota. En esta tabla se presenta la capacidad instalada por hora de cada proceso.

Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Siendo que el cuello de botella es la peletizadora con un funcionamiento de 7,5 horas diarias con una capacidad instalada de máximo 3.600 Kg por hora dicha máquina tiene una producción tope de 594.000 Kg por mes. Para cubrir una demanda extra se requiere horas extras para cubrir el exceso.

3.2.5 PROTOCOLO DE PROCESOS.

Dentro de la gestión de mantenimiento se deberá establecer un protocolo de procedimientos para normar el actuar en las diferentes tareas.

3.2.5.1 PROTOCOLO PARA EL DESARROLLO DE MANTENIMIENTO.

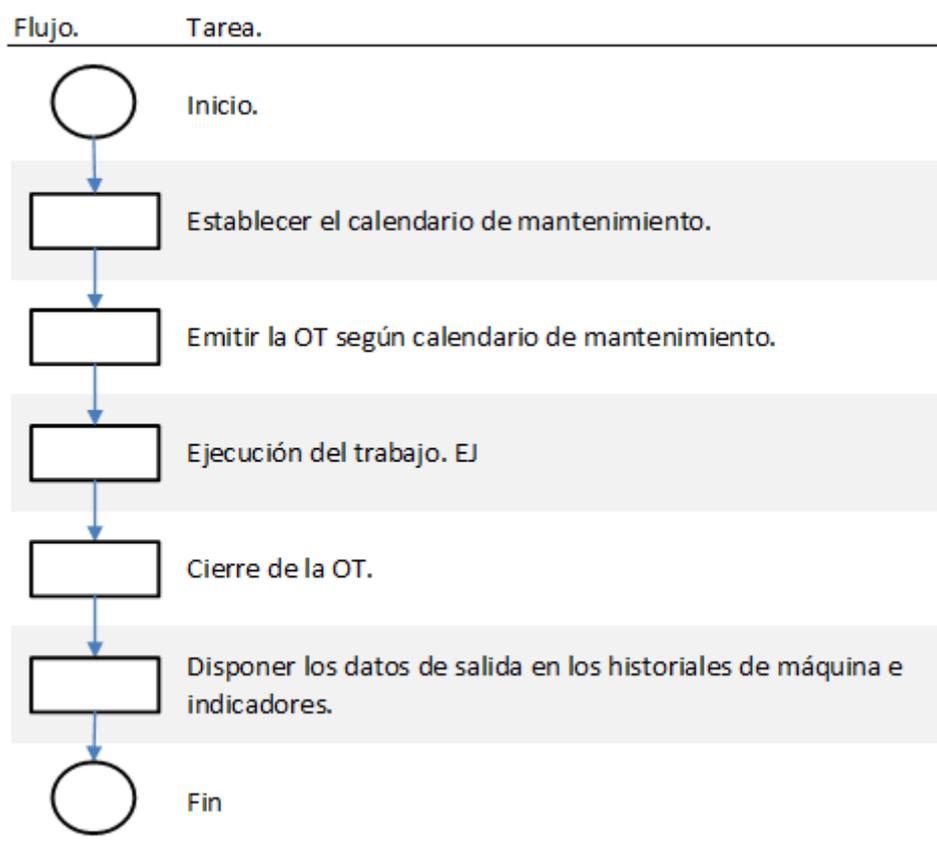
Para una gestión de mantenimiento será imprescindible normar el procedimiento a tomar para desarrollar los diferentes mantenimientos.

3.2.5.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

En la Figura 26 se muestra el flujo del mantenimiento preventivo.

Figura 26

Flujo de mantenimiento preventivo.



Nota. En este flujo se dispone de cinco operaciones. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Para el desarrollo de tareas de mantenimiento preventivo se establecerá un calendario de mantenimiento donde se designa las tareas y la frecuencia que recomienda el fabricante para cada uno de los componentes de máquina, en caso de no disponer el manual del componente, las frecuencias de las tareas se determinarán por la experiencia del personal de mantenimiento, este calendario se gestiona en Google calendar donde las actividades de mantenimiento preventivo estarán señaladas de color azul y este calendario emitirá un recordatorio un día antes para poder emitir la orden de trabajo la cual arrojará un documento que tendrá un número consecutivo secuencial. La orden de

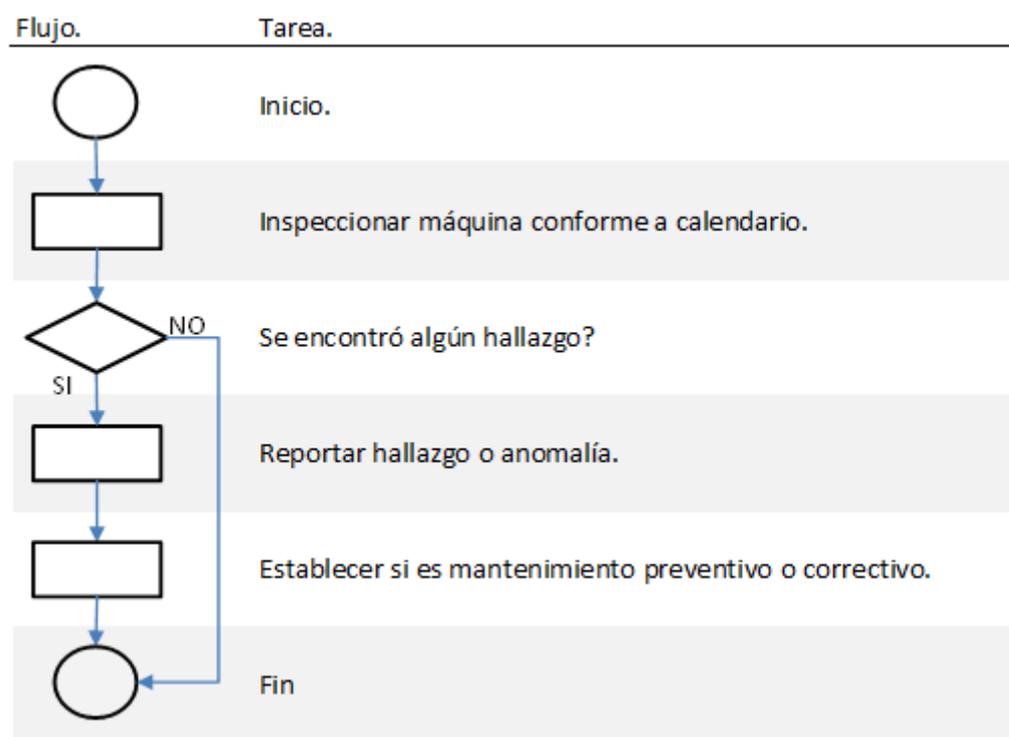
trabajo será emitida por el encargado de mantenimiento el quien la entregará al colaborador encargado del aérea donde está la máquina, dentro de la orden de trabajo estará las herramientas, equipos repuestos e insumos necesarios para desarrollar las tareas de mantenimiento, así como los procedimientos de dichas tareas. Si las tareas de mantenimiento las realiza terceras personas el encargado del área fungirá como inspector de las tareas a realizar, una vez concluidas las tareas de mantenimiento se realizará los ajustes y pruebas de funcionamiento a los componentes intervenidos lo cual dará el cierre de la orden de trabajo. Una vez puesto a punto la máquina los tiempos y observaciones obtenidas en las tareas alimentaran el historial de la máquina, así como la actualización de los indicadores.

3.2.5.1.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

En la Figura 27 se muestra el flujo del mantenimiento predictivo.

Figura 27

Flujo de mantenimiento predictivo.



Nota. El flujo se dispone de tres operaciones y una decisión. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

3.2.5.1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

En la Figura 28 se muestra el flujo del mantenimiento correctivo, para este tipo de mantenimiento el colaborador encargado del área donde está la máquina que presenta la posible avería, inspecciona la máquina para dar con la posible falla o avería donde si es encontrada emitirá el documento de solicitud de trabajo con este documento el encargado de mantenimiento emitirá la orden de trabajo con una prioridad según cuan urgente sea realizar este mantenimiento. En caso de no ser urgente este mantenimiento se calendarizará, si el mantenimiento es urgente se paralizará la máquina y será intervenida de manera inmediata brindando todos los recursos necesarios para realizar el mantenimiento en el menor tiempo posible, de ser necesario se contratará personal externo especialista. Al concluir las tareas de mantenimiento y la puesta a punto de la máquina se cierra la orden de trabajo, con lo cual se alimentará la base de datos de las tareas realizadas y un posterior análisis de la avería para tratar de categorizar y brindar una frecuencia para un mantenimiento preventivo.

3.2.5.1.4 AUTO-MANTENIMIENTO.

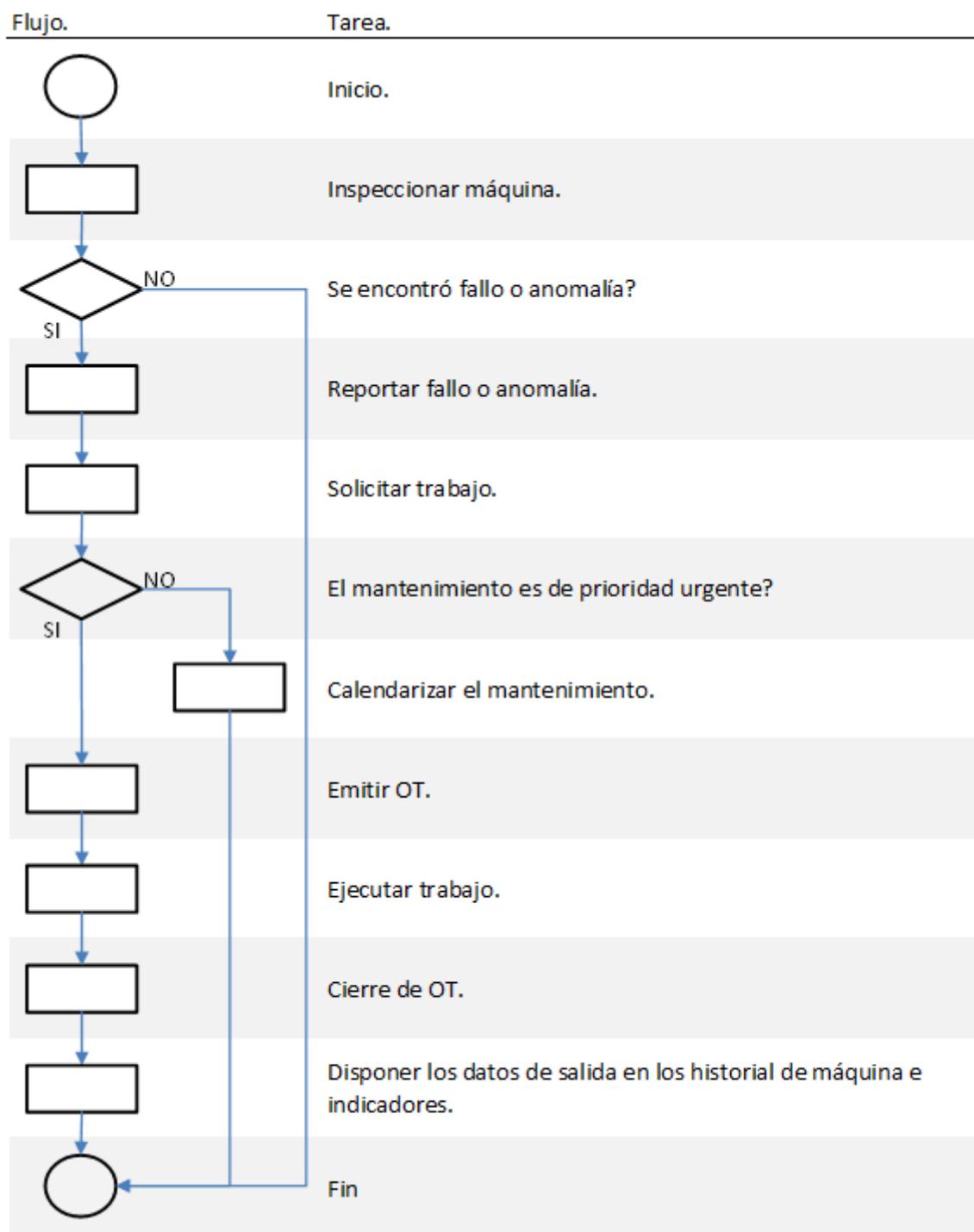
Las actividades de auto mantenimiento se dan al inicio del día mediante la limpieza de las máquinas y áreas donde se desarrolla las actividades productivas, durante la limpieza se podrá dar una inspección visual rápida, además de realizar ajustes mecánicos simples o un reajuste de lubricación, entre otras actividades. Durante los 5 días de la semana se limpiará una proporción del área o máquinas de gran volumen destinando para esta actividad inicial un tiempo de 20 minutos. Al acabar la jornada se tomará 10 minutos para dejar todo lo utilizado durante la jornada en su lugar correspondiente.

3.2.5.1.5 MANTENIMIENTO DE MEJORA.

Dentro del análisis de averías se podrá optar por el cabio o rediseño de los componentes para la mejora tecnológica, siendo este un proyecto de mayor envergadura que será dirigido por personal especializado en la materia, los quienes darán todas las pautas necesarias para calendarizar la ejecución de las diferentes etapas de ejecución de estos proyectos. Para que estos proyectos tengan el mayor beneficio con respecto a su costo se los realizará por etapas que no impliquen la pérdida de producción.

Figura 28

Flujo de mantenimiento correctivo.



Nota. En este flujo se dispone de ocho operaciones y dos decisiones. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

3.3 ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE LA EMPRESA BAL GRAN CÍA. LTDA.

Dentro de este apartado se analizará la implementación de este sistema mediante un ejemplo tomando como máquina el Elevador de cangilones de producto peletizado.

3.3.1 GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO APLICADO AL ELEVADOR DE CANGILONES.

Para realizar las tareas de mantenimiento de esta máquina los colaboradores estará dispuestos por el grado de complejidad de estas actividades, el colaborador del área de peletizado se encargara de las actividades de auto mantenimiento según el cronograma y especificaciones de estas, y para las actividades de complejidad simple y que no requiera ayuda, para las actividades de complejidad media el colaborador del área de mezclado brinda soporte al colaborador del área de peletizado y para tareas de gran complejidad los colaboradores de las otras áreas brindaran el apoyo necesario todas las actividades estarán bajo la supervisión del coordinador de mantenimiento, además para de las actividades de mejora o de rediseño se contratara personal especializado.

3.3.2 GESTIÓN DEL ESPACIO APLICADO AL ELEVADOR DE CANGILONES.

Las actividades de mantenimiento se darán in situ, para lo cual las tareas en el cabezal serán realizadas en las pasarelas que disponen de las medidas de seguridad necesarias, para las tareas en la bota estas se realizaran en un espacio confinado con todas las medidas de seguridad, las tareas en la banda de cangilones se realizan a través de la canilla de mantenimiento que se encuentra a nivel de piso.

3.3.3 GESTIÓN DE DOCUMENTACIÓN.

Para gestionar la documentación se deberá establecer:

- Ficha técnica de la máquina (Figura 29).
- Ficha técnica de los 5 componentes nivel 01 (Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35)
- Ficha técnica de los componentes de nivel 02, 03, 04, 05, 06, 07.
- Gamma de mantenimiento.
- Calendario de mantenimiento.

Además,

- La orden de trabajo.
- Ejecución de trabajo.
- Análisis de indicadores.
- Historial de máquina.

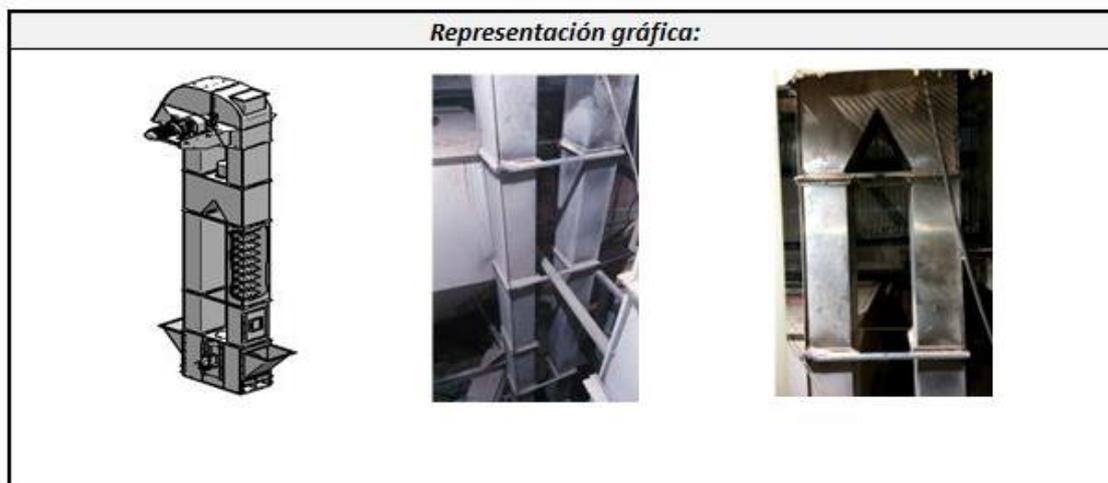
Para la gestión de la documentación se realizará mediante el modelo.

Figura 29

Ficha técnica de la máquina elevador de cangilones de producto peletizado.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	20/2/2022		
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	1	de	1
	MÁQUINA.	Versión:	1		
		Código:	DM-LI-MA-2000		

Código:	03-11-ECPP-05	Número:	20
Nombre:	Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.		
Sección:	03 Producción 01.	Estatus:	Operativo.
Área:	11 Pellet y Enfriado.	Condición:	Principal
Modelo:	TDTG36/23	# de serie:	000660089-01
Marca:	Jiangsu Muyang.	Procedencia:	China.
Proveedor:	Famsun.	Año de fabricación:	ago-18
Largo (m):	1,1	Año puesta en marcha:	feb-19
Ancho (m):	0,38	Tiempo de uso diario:	8
Alto (m):	10,1	Carga de uso (kg):	150
Tipo de mantenimiento:		Volumen (m³):	4,2218
Correctivo, Preventivo, Automantenimiento		Peso aproximado (kg):	180

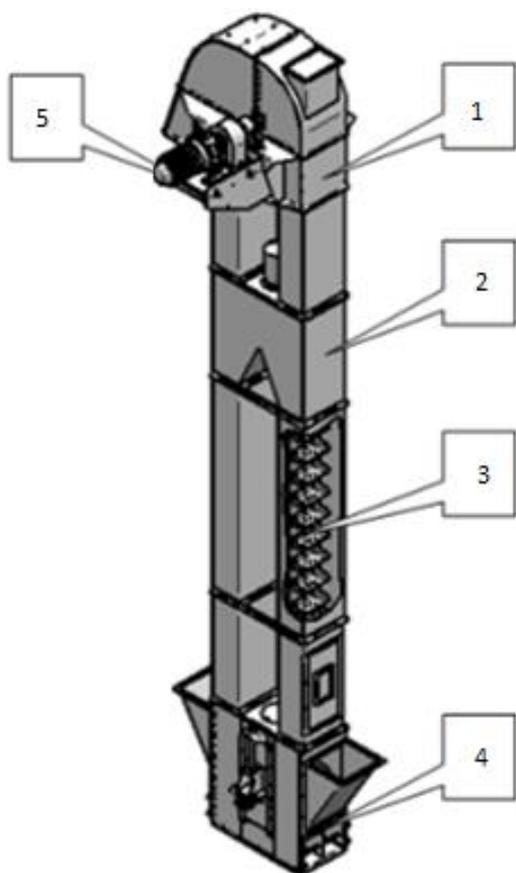


Nota. El campo de representación gráfica se muestra un dibujo en tercera dimensión y dos fotos reales tomadas en el área donde se encuentra la máquina. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

En la Figura 30 se observa los 5 elementos estructurales de nivel uno que conforman el elevador de cangilones de producto peletizado.

Figura 30

Elevador de cangilones de producto peletizado.



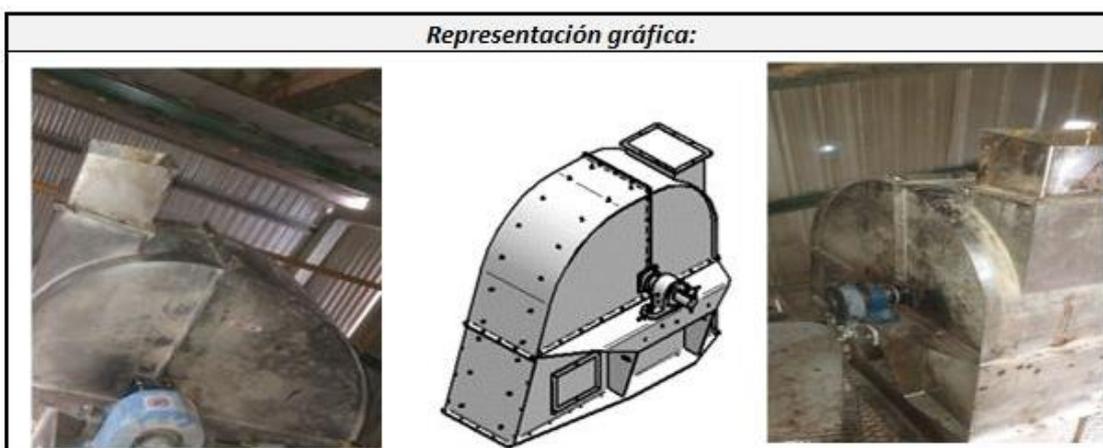
Nota. Dentro de la estructura del elevador el número 1 es el cabezal (ficha técnica Figura 31), 2 es el cuerpo de canillas (ficha técnica Figura 32), 3 es la banda de cangilones (ficha técnica Figura 33), 4 es la bota (ficha técnica Figura 34) y el 5 es el motorreductor (ficha técnica Figura 35). Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Figura 31

Ficha técnica del cabezal del elevador de cangilones de producto peletizado.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	20/2/2022		
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	1	de	1
	COMPONENTE.	Versión:	1		
		Código:	DM-LI-CO-2001		

Nombre Máquina:	Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.			
Nombre componente:	Cabezal.	Nivel:	1	
Código:	20-N1-CABE-01			
Modelo:	TDTG36/23_C	# de serie:	000660089-01	
Marca:	Jiangsu Muyang.	Procedencia:	China.	
Proveedor:	Famsun.	Número componente:	1	
Vendedor:	Tepacorp.	Peso aproximado (kg):	50	
Largo (m):	1,182	Volumen (m³):	0,67	
Ancho (m):	0,59	Diámetro (mm)	NO APLICA.	
Alto (m):	0,96	Espesor (mm):	4	
Observaciones:				
Las secciones del elevador son de plancha inoxidable 304.				



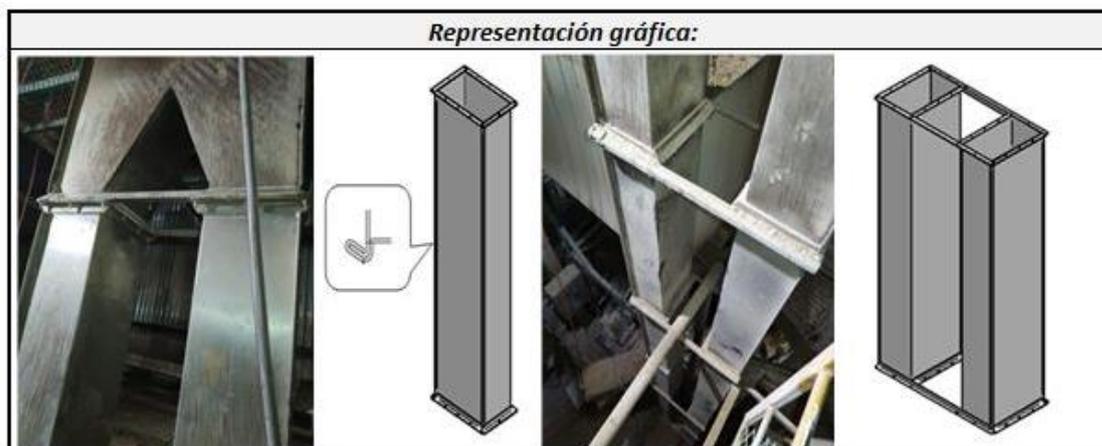
Nota. El campo de representación gráfica se muestra un dibujo en tercera dimensión y dos fotos reales tomadas en el área donde se encuentra la máquina. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Figura 32

Ficha técnica de la estructura de canillas del elevador de cangilones de producto peletizado.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	20/2/2022		
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	1	de	1
	COMPONENTE.	Versión:	1		
		Código:	DM-LI-CO-2002		

Nombre Máquina:	Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.		
Nombre componente:	Estructura Canillas.	Cant:	1
Código:	20-N1-ESCA-01		
Modelo:	TDTG36/23_C	# de serie:	000660089-01
Marca:	Jiangsu Muyang.	Procedencia:	China.
Proveedor:	Famsun.	Número componente:	1
Vendedor:	Tepacorp.	Peso aproximado (kg):	50
Largo (m):	10	Volumen (m³):	2,99
Ancho (m):	0,38	Diámetro (mm)	NO APLICA.
Alto (m):	0,80	Espesor (mm):	4
Observaciones:			
Las secciones del elevador son de plancha inoxidable 304.			
Las secciones son de dos metro de altura.			
Las secciones son rectangulares con tapas prensadas.			



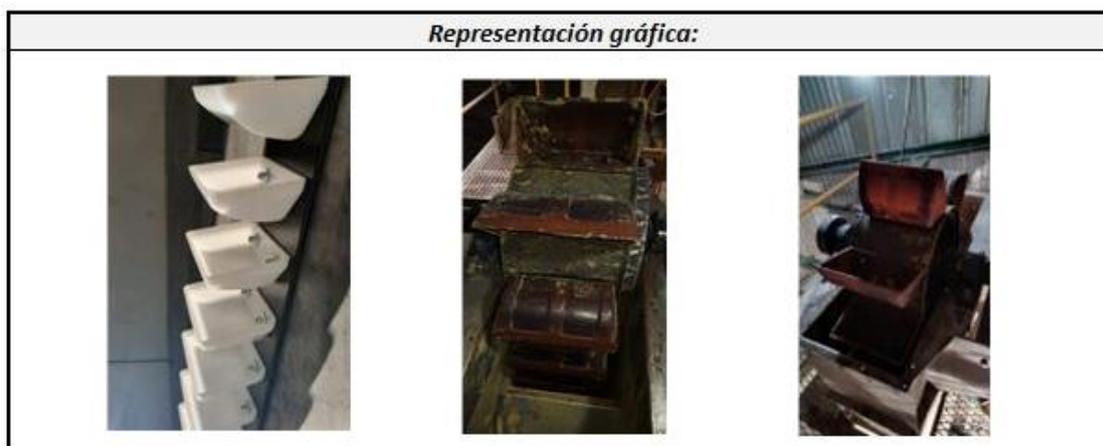
Nota. El campo de representación gráfica se muestra un dibujo en tercera dimensión y dos fotos reales tomadas en el área donde se encuentra la máquina. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Figura 33

Ficha técnica de la banda de cangilones del elevador de cangilones de producto peletizado.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	20/2/2022		
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	1	de	1
	COMPONENTE.	Versión:	1		
		Código:	DM-LI-CO-2003		

Nombre Máquina:	Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.			
Nombre componente:	Banda de cangilones.	Nivel:	1	
Código:	20-N1-BACA-01			
Modelo:	36x1	# de serie:	000660089-01	
Marca:	Jiangsu Muyang.	Procedencia:	China.	
Proveedor:	Famsun.	Número componente:	1	
Vendedor:	Tepacorp.	Peso aproximado (kg):	30	
Largo (m):	20	Volumen (m³):	1,8	
Ancho (m):	0,36	Diámetro (mm)	NO APLICA.	
Alto (m):	0,25	Espesor (mm):	NO APLICA.	
Observaciones:				
Banda de caucho vulcanizada con revestimiento de polipropileno con mayor resistencia al calor.				



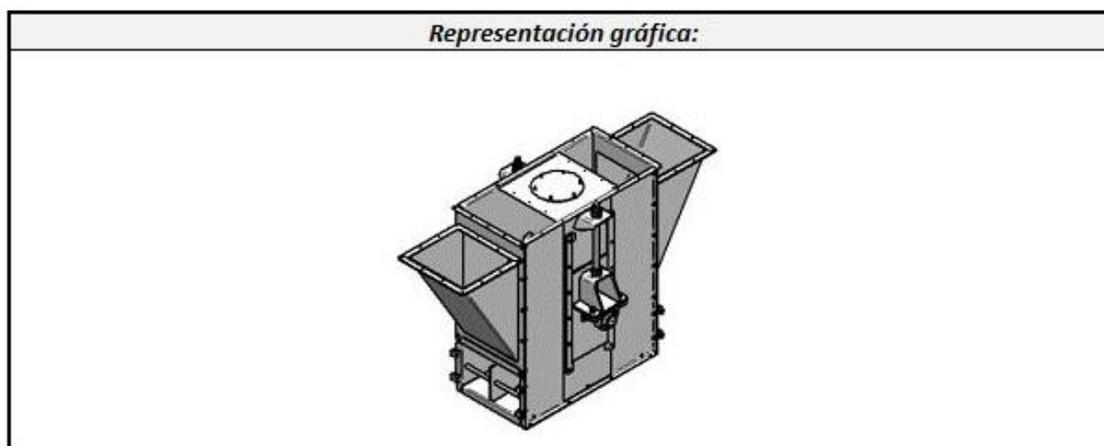
Nota. El campo de representación gráfica se muestra tres fotos reales tomadas en el área donde se encuentra la máquina. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Figura 34

Ficha técnica de la bota del elevador de cangilones de producto peletizado.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	20/2/2022
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	1 de 1
	COMPONENTE.	Versión:	1
		Código:	DM-LI-CO-2004

Nombre Máquina:	Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.		
Nombre componente:	Bota.	Nivel:	1
Código:	20-N1-BOTA-01		
Modelo:	TDTG36/23_C	# de serie:	000660089-01
Marca:	Jiangsu Muyang.	Procedencia:	China.
Proveedor:	Famsun.	Número componente:	1
Vendedor:	Tepacorp.	Peso aproximado (kg):	30
Largo (m):	1,40	Volumen (m³):	0,69
Ancho (m):	0,59	Diámetro (mm)	NOAPLICA.
Alto (m):	0,84	Espesor (mm):	4,4
Observaciones:			
Las secciones del elevador son de plancha inoxidable 304.			



Nota. El campo de representación gráfica se muestra un dibujo en tercera dimensión.

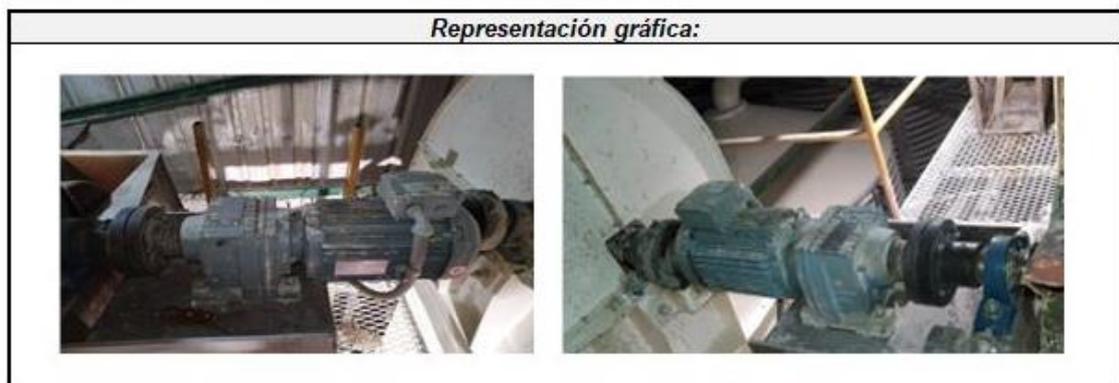
Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

Figura 35

Ficha técnica de la estructura de canillas del elevador de cangilones de producto peletizado.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	20/2/2022		
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.	Página:	1	de	1
	MOTOR.	Versión:	1		
		Código:	DM-LI-MO-2005		

Nombre Máquina:	Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.				
Nombre motor:	Motor - 20			Nivel:	1
Código:	20-N1-MOTO-01				
Modelo:	R57 DRE 100L4	# de serie:	2574890695010021721		
Marca:	SEW-EURODRIVE	Procedencia:	CHINA.		
Proveedor:	Famsun.	Vendedor:	Tepacorp.		
Largo (m):	1,15	Número componente:	1		
Ancho (m):	0,3	Volumen (m³):	0,1035		
Alto (m):	0,3	Peso aproximado (kg):	25		
Diámetro (mm)	25,4	Voltaje (V):	254/440	Velocidad (RPM):	1735
Eficiencia (%):	88,3	Amperaje (A):	7,20/4,20	Ratio reducción:	18,6
Potencia (Hp):	2,95	Frecuencia (Hz):	60	Lubricante:	CLP220-1,6L
Observaciones:					
Caja de 1,6 litros de lubricante.					
Anclaje con 4 pernos 1/2" por 2".					
Conexión triangulo.					
Acople de motor de 10 barriles de 1 1/4".					



Nota. Dentro del campo de las observaciones se da a conocer el tipo de conexión eléctrica y el diámetro de los barriles de grilón del matrimonio flexible, en el campo de representación gráfica se muestra dos fotos reales tocadas en el área donde se encuentra la máquina. Fuente: Bal Gran Cía. Ltda.

En la Tabla 24 se muestra el resumen de los niveles de componentes que cuenta el elevador de cangilones de producto peletizado, en el anexo digital se muestra el despiece completo de dicha máquina.

Tabla 24

Número de componentes por niveles del elevador de cangilones de producto peletizado.

Máquina.	N 01.	N 02.	N 03.	N 04.	N 05.	N 06.	N 07.
Elevador de Cangilones de Producto Peletizado.	Banda de cangilones.	04	06	04	0	0	0
	Cabezal.	02	09	25	28	09	05
	Bota.	02	09	23	13	03	0
	Estructura de canilla.	09	07	02	07	03	0
	Motorreductor.	03	07	02	03	0	0

Nota. La banda de cangilones consta 05 componentes de nivel 1, 20 componentes de nivel 2, 38 componentes de nivel 03, 56 componentes de nivel 4, 51 componentes de nivel 05, 15 componentes de nivel 06, 5 componentes de nivel 07.

En la Tabla 25 se muestra a manera de ejemplo el despiece del componente banda de cangilones con sus cuatro niveles.

Tabla 25

Despiece de la banda de cangilones del elevador de cangilones de producto peletizado.

Nivel 02.	Nivel 03.	Nivel 04.
Banda.		
Cangilón.		
Elemento de sujeción.		
Elemento de sujeción.	Perno de colmillo.	
Elemento de sujeción.	Arandela capucha.	
Elemento de sujeción.	Tuerca de seguridad.	

Unión de banda.		
Unión de banda.	Prensa.	
Unión de banda.	Contra prensa.	
Unión de banda.	Elemento de sujeción.	
Unión de banda.	Elemento de sujeción.	Perno.
Unión de banda.	Elemento de sujeción.	Tuerca.
Unión de banda.	Elemento de sujeción.	Arandela de presión.
Unión de banda.	Elemento de sujeción.	Arandela plana.

Nota. La polea superior cuenta con 5 componentes de nivel 3, 16 componentes de nivel 4, 10 componentes de nivel 5 y 4 componentes de nivel 6.

Una vez obtenido los parámetros técnicos de las máquinas se realiza la gamma de mantenimiento de los componentes (ejemplo Figura 36).

Figura 36

Ejemplo gama de mantenimiento de elevador de cangilones de producto peletizado.

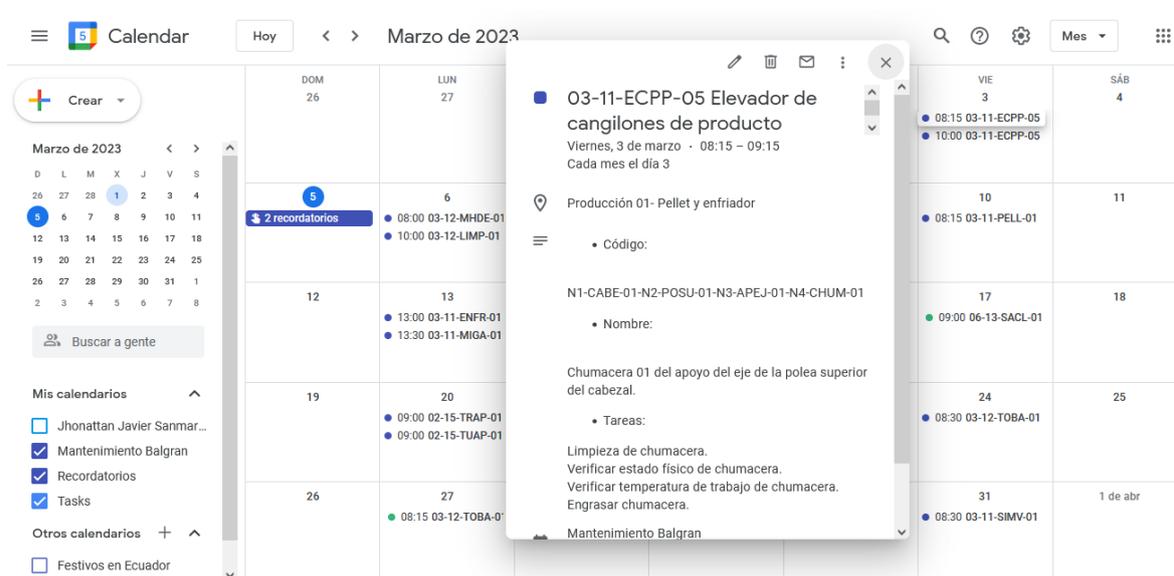
BAL GRAN		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.		Fecha:			
		TABAJO.		15/1/2023			
		GAMA DE MANTENIMIENTO.		Página: 1 de 1			
				Versión: 1			
				Código: DM-TR-GM-0001			
Código Máquina:	03-11-ECPP-05			Nombre Máquina:	Elevador de cangilones de producto peletizado.		
Nombre componente.	Código componente.	Tarea a realizar.	Referencia documental.	Tipo mantenimiento.	Frecuencia (h).	Tiempo estimado (min).	Encendida.
Chumacera 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01	Limpieza de chumacera.	DM-TR-GM-0001	Prev.	300	5	1
Chumacera 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01	Verificar estado físico de chumacera.	DM-TR-GM-0002	Prev.	300	5	1
Chumacera 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01	Verificar temperatura de trabajo de chumacera.	DM-TR-GM-0003	Prev.	300	5	1
Chumacera 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01	Engrasar chumacera.	DM-TR-GM-0004	Prev.	300	10	0
Chumacera 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01	Cambiar chumacera.	DM-TR-GM-0005	Pred.	2500	90	0
Grasero 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-GRAS-01	Cambio de grasero de chumacera.	DM-TR-GM-0006	Corr.		10	0
Rodillo 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-RODI-01	Limpieza de rodillo.	DM-TR-GM-0007	Prev.	300	5	0
Rodillo 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-RODI-01	Verificar estado físico de rodillo.	DM-TR-GM-0008	Prev.	300	5	0
Rodillo 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-RODI-01	Verificar temperatura de trabajo de rodillo.	DM-TR-GM-0009	Prev.	300	5	1
Chumacera 02.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-02	Limpieza de chumacera.	DM-TR-GM-0001	Prev.	300	5	1
Chumacera 02.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-02	Verificar estado físico de chumacera.	DM-TR-GM-0002	Prev.	300	5	1
Chumacera 02.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-02	Verificar temperatura de trabajo de chumacera.	DM-TR-GM-0003	Prev.	300	5	1
Chumacera 02.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-02	Engrasar chumacera.	DM-TR-GM-0004	Prev.	300	5	0
Chumacera 02.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-02	Cambiar chumacera.	DM-TR-GM-0005	Pred.	2500	90	0
Grasero 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-GRAS-01	Cambio de grasero de chumacera.	DM-TR-GM-0006	Corr.		10	0
Rodillo 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-RODI-01	Limpieza de rodillo.	DM-TR-GM-0007	Prev.	300	5	0
Rodillo 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-RODI-01	Verificar estado físico de rodillo.	DM-TR-GM-0008	Prev.	300	5	0
Rodillo 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01-N5-RODI-01	Verificar temperatura de trabajo de rodillo.	DM-TR-GM-0009	Prev.	300	5	1
Sello 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SELL-01	Limpieza de sello 01.	DM-TR-GM-0010	Prev.	300	5	1
Prensa 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SELL-01-N5-PREN-01	Ajuste de prensa.	DM-TR-GM-0011	Prev.	600	5	1
Sello de teflón grafitado01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SELL-01-N5-SETG-01	Cambio de sello de teflón grafitado.	DM-TR-GM-0012	Pred.	10000	45	0
Sello 02.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SELL-01	Limpieza de sello 02.	DM-TR-GM-0010	Prev.	300	5	1
Prensa 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SELL-01-N5-PREN-01	Ajuste de prensa.	DM-TR-GM-0011	Prev.	600	5	1
Sello de teflón grafitado01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SELL-01-N5-SETG-01	Cambio de sello de teflón grafitado.	DM-TR-GM-0012	Pred.	10000	45	0
Sello de tapa 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SETA-01	Cambio de sello de tapa.	DM-TR-GM-0013	Corr.		45	0
Sello de tapa 01.	N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-SETA-02	Cambio de sello de tapa.	DM-TR-GM-0013	Corr.		45	0

Nota. En la figura se muestra la primera hoja de la gamma de mantenimiento.

Con los datos de la gamma de mantenimiento se calendariza (ejemplo Figura 37) cada una de las tareas estableciendo la frecuencia ideal recomendada por los fabricantes o técnicos de mantenimiento, con ayuda de Google calendar se obtiene la agenda (Figura 38), esta agenda se comparte mediante correo electrónico (Figura 39) a la persona que se encargará de las tareas de mantenimiento en dicho correo electrónico se envía el número de orden de trabajo la cual se procesa.

Figura 37

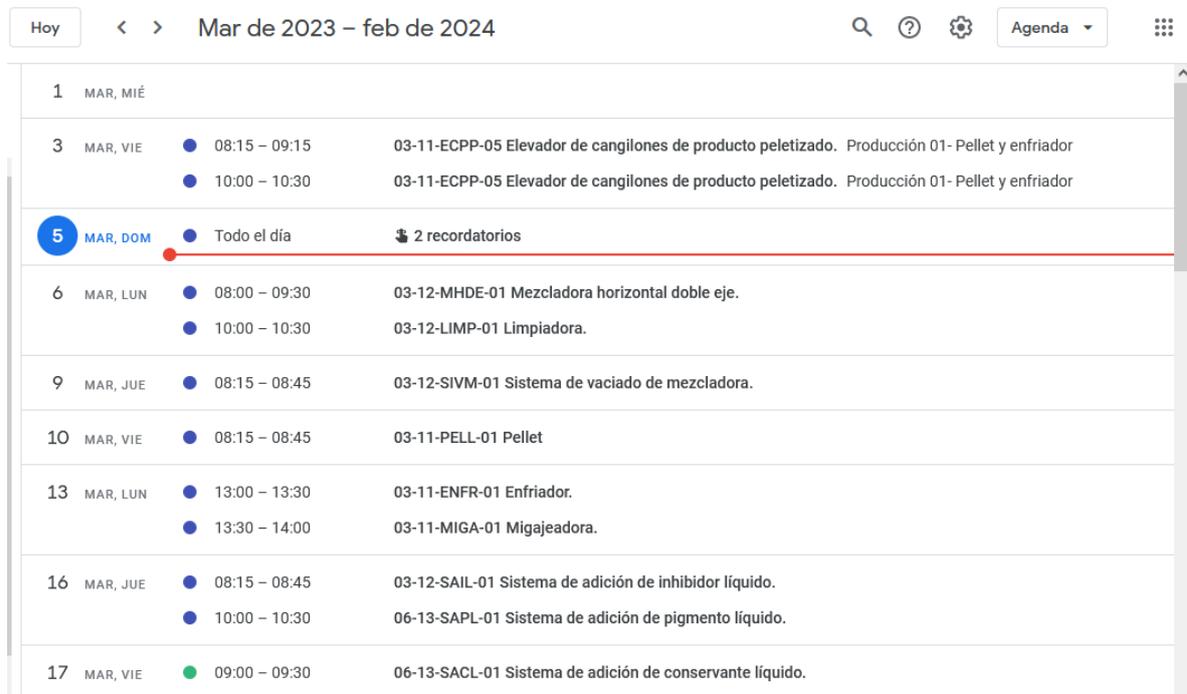
Ejemplo calendario de mantenimiento marzo 2023.



Nota. En la figura se muestra un ejemplo de las tareas de mantenimiento como se muestra en el calendario.

Figura 38

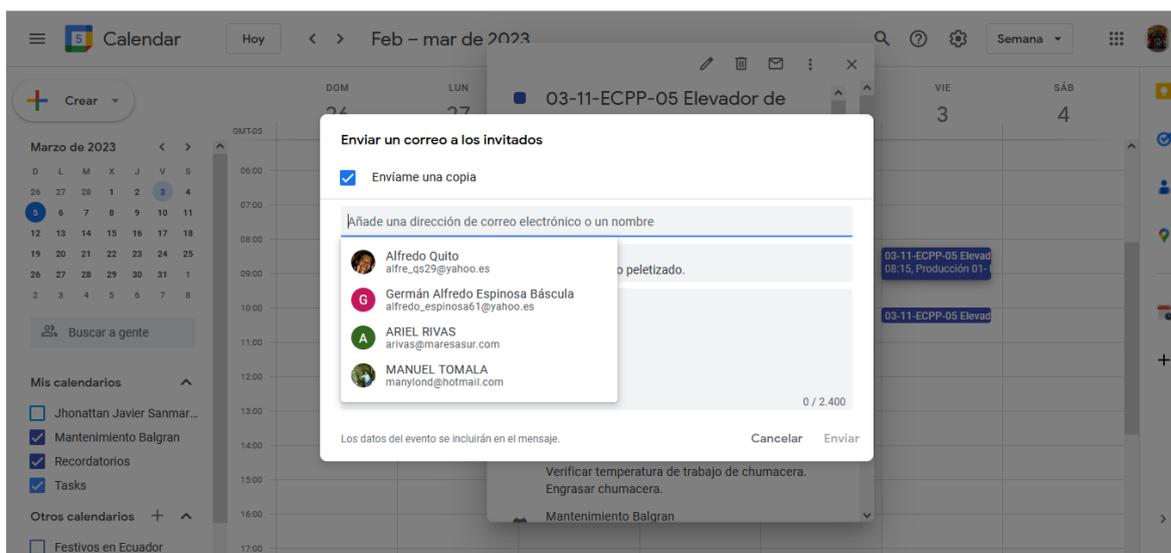
Ejemplo agenda de mantenimiento.



Nota. En la figura se muestra un ejemplo de la agenda de actividades de mantenimiento.

Figura 39

Ejemplo envío de tareas de mantenimiento.



Nota. Envío por correo de las actividades de mantenimiento

3.3.4 PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO.

Para el mantenimiento preventivo se desarrollará las ejecuciones de trabajo según se emitan las ordenes de trabajo (Figura 40) dictaminadas por la calendarización de la gama de mantenimiento de la máquina.

Figura 40

Ejemplo orden de trabajo 00-0001.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.		Fecha:	15/1/2023	
	TRABAJO.		Página:	1	de 2
	ORDEN DE TRABAJO.		Versión:	1	
			Código:	DM-TR-OT-0001	

Código componente:	20-N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01				
Nombre máquina:	Elevador de cangilones de producto peletizado.				
Nombre componente:	Chumacera 01.				
# OT:	00-0001	Prioridad:	Baja	Tipo mantenimiento:	Preventivo.
Fecha:	23/1/2023	Hora:	8:15		

Actividades de mantenimiento.	
Limpieza de chumacera.	DM-TR-IP-0001
Verificar estado físico de chumacera.	DM-TR-IP-0002
Verificar temperatura de trabajo de chumacera.	DM-TR-IP-0003
Engrasar chumacera.	DM-TR-IP-0004

Nota. En esta orden de trabajo se visualiza cuatro diferentes actividades de mantenimiento para realizar dentro de la chumacera 01 del elevador de cangilones de producto peletizado.

Una vez realizada las actividades de mantenimiento se procede a cerrar la ejecución de trabajo (Figura 41).

Figura 42

Ejemplo ficha de índices de mantenimiento.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	15/1/2023		
	ANÁLISIS.	Página:	1	de	1
	ANÁLISIS DE INDICADORES.	Versión:	1		
		Código:	DM-AN-AI-0001		

Código máquina:	03-11-ECPP-05
Nombre Máquina:	<i>Elevador de cangilones producto peletizado.</i>

<i>Solución.</i>										
Fecha.	D= Disponibilidad.	F= Fiabilidad.	M= Mantenibilidad.	DP= Total de días transcurridos en el periodo.	TC= Número de trabajos de tipo correctivo	TM= Tiempo muerto de todos los trabajos.	TTM= Tiempo total de mantenimiento.	NT= Número de trabajos.	Tiempo promedio entre falla	Tiempo promedio de intervención.
12-feb	99%	10	25	30	3	120	100	4	12 días	180 min

Nota. La disponibilidad revela el porcentaje de cuanto se puede ocupar la máquina, la fiabilidad dispone de cuantos días pasa entre fallos correctivos, la mantenibilidad da el índice del tiempo entre fallas, el tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio de intervención de las actividades de mantenimiento. En este ejemplo nos determina que se dispone del 99% de tiempo de la máquina, una fiabilidad de 10 días y una mantenibilidad de 25 minutos, el tiempo promedio entre fallas es de 12 días y un tiempo promedio de intervención de 180 minutos.

posteriormente determinar la urgencia del mantenimiento, es decir si el mantenimiento no es urgente este se calendariza, pero si es urgente se realiza una orden de trabajo, una ejecución de trabajo y finalmente se desarrolla el documento de análisis de averías (Figura 45).

Figura 44

Ejemplo documento de notificación de anomalías.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	Fecha:	25/1/2023		
	TRABAJO.	Página:	1	de	1
	NOTIFICIÓN DE ANOMALÍAS.	Versión:	1		
		Código:	DM-TR-NA-0001		

Nombre Máquina:	Elevador de cangilones de producto peletizado.
Nombre componente:	Banda de cangilones.
Código componente:	20-N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01
Comunicado por:	Ángel Urgiles.
Avería.	
Rotura del rodillo de la chumacera 01 del apoyo del eje de transmisión de la polea superior del cabezal del elevador de cangilones de producto peletizado.	
Rotura del rodillo de la chumacera 02 del apoyo del eje de transmisión de la polea superior del cabezal del elevador de cangilones de producto peletizado.	



Nota. En una ficha de notificación de anomalías pueden presentarse más de una anomalía, esta sirve para determinar cuál es el procedimiento para realizar para las tareas de mantenimiento.

Figura 45

Ejemplo documento de análisis de averías.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.		Fecha:	25/1/2023		
	ANÁLISIS.		Página:	1	de 1	
	ANÁLISIS DE AVERÍAS.		Versión:	1		
			Código:	DM-AN-AV-0001		

Código máquina:	20-N1-CABE-01-N2-POSU-01-N3-APEJ-01-N4-CHUM-01						
Nombre máquina:	Elevador de cangilones de producto peletizado.						
Código componente:	03-11-ECPP-05						
Nombre componente:	Chumacera 01.						
# ET:	00-00002	Función:	Principal	Criticidad:	Alto.	Fecha:	25-ene
Avería.		Tipo de fallo.		Consecuencia.		Intrinsecas.	Extrinsecas
Mecánica.	x	Súbito.		Producción.	x	Desgaste prematuro	Inexistencia
Eléctrica.		Evidente.		Paro máquina.	x	Fallo montaje.	procedimiento.
Electrónica.		Parcial.		Seguridad.	x	Fatiga.	Falta
Hidráulica.		Total.		Medio ambiente.			mantenimiento.
Neumática.		Múltiple.	x	Coste directo.	x		
Otro.		Otro.		Otro.			

Solución.	
Cambiar chumacera.	
Cambiar sello de eje.	
Cambiar sello de teflón grafitado.	
Limpiar chumacera.	
Lubricar chumacera con grasa para altas temperaturas.	
Adquirir chumaceras de mayor calidad.	

Nota. Las soluciones expuestas en este documento son para tratar de que no se repita el fallo o avería.

4. RESULTADOS.

4.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE LA EMPRESA BAL GRAN CÍA. LTDA.

4.1.1 ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA.

En la Tabla 26 se presenta el resultado de las condiciones de las máquinas con las que cuenta la empresa.

Tabla 26

Resultados de la condición y estado de las máquinas.

Número de máquinas	Condición			Estado	
	Perfecto	Bueno	Regular	Operativa	No Operativa
56	18	33	5	53	3

Nota. Solo se consideran las máquinas de la línea de producción.

- Dentro de las 18 máquinas en perfecta condición de uso se encuentra las máquinas con una edad de entre 1 y 3 años de fabricación, y con pocas horas de uso dentro del sistema productivo diario.
- Dentro de las 33 máquinas en buenas condiciones de uso se encuentran las máquinas con una edad de entre 1 y 7 años con mayor índice de ocupación, y máquinas de 1 a 7 años de fabricación, pero con pocas horas de uso dentro del sistema de producción.
- Dentro de las 5 máquinas en condición regular de uso se encuentran las máquinas con más de 7 años de uso y que se han ido acoplado al

mantenimiento con piezas de recambio no originales o adaptaciones que han complicado su mantenimiento posterior.

El análisis determina que 53 máquinas en estado operativo y las 3 máquinas que no operan se representan en la Tabla 27.

Tabla 27

Máquinas en estado inoperativo.

Número lista:	Código:	Nombre de la Máquina:
24	04-02-EXSO-01	Extrusora de Soya
27	04-03-MEVE-02	Mezcladora Vertical
50	02-01-TTSF-03	Transportador Tornillo Sin Fin

Nota. En esta tabla se enlista las tres máquinas inoperativas en la empresa.

- La máquina número 24 es una extrusora de soya, esta máquina está en estado no operativo por el hecho de que ya no se compra la materia prima de soya en grano, puesto que es más económico comprar la pasta de soya ya procesada.
- La máquina número 27 es una mezcladora vertical, dicha máquina ya no es operativa por lo obsoleto del método de mezclado que da esta máquina dando un coeficiente de variación de mezcla por debajo de los parámetros aceptados.
- La máquina número 50 es un transportador tornillo sin fin, esta máquina está en estado de no operativa por falta de mantenimiento en sus componentes por su difícil acceso y por su costo beneficio que no es representativo.

En la Figura 46 se establece el porcentaje de cada una de las condiciones de la maquinaria, además en la Figura 47 se determina el porcentaje del estado de la maquinaria que cuenta la empresa, estos datos revelan que la empresa tendrá que mejorar su sistema de mantenimiento para garantizar una mejor condición de la maquinaria en el futuro.

Figura 46

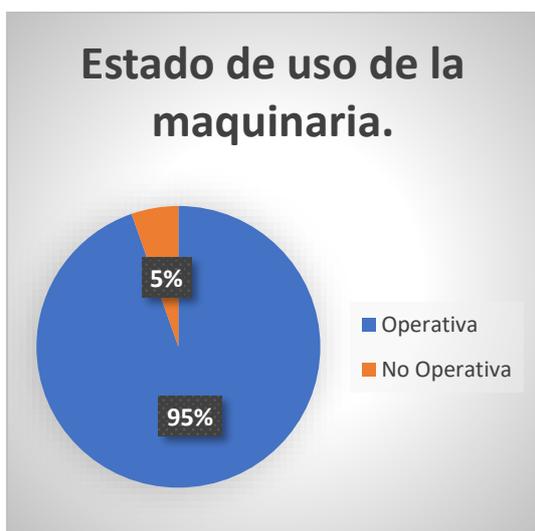
Condición de la maquinaria.



Nota. La gráfica establece que el 9% de las máquinas se encuentra en una condición regular, en condición buena se encuentra el 59% de las máquinas y en condición perfecta se dispone del 32% de las máquinas. Fuente: Autor.

Figura 47

Estado de uso de la maquinaria.



Nota. La gráfica establece que el 5% de las máquinas se encuentra en estado no operativo y el 95% de las máquinas están operativas. Fuente: Autor.

4.1.2 CRITICIDAD DE LA MAQUINARIA.

El resultado de análisis de criticidad (Tabla 28) de las máquinas de la empresa determina que el elevador de cangilones de producto peletizado es la más crítica, así pudiendo establecer el mantenimiento predictivo para esta máquina.

Tabla 28

Resultado del análisis de criticidad de las máquinas.

Nombre de la máquina.	Criticidad	Máquina	Mantenimiento
Elevador de cangilones producto peletizado.	424	Cri.	Pred.
Elevador de cangilones producto mezclado.	299	Cri.	Pred.
Elevador de cangilones producto enfriado.	299	Cri.	Pred.
Mezcladora horizontal doble eje.	273	Cri.	Pred.
Pellet.	268	Cri.	Pred.
Elevador de cangilones producto molido.	249	Cri.	Pred.
Acondicionador.	243	Cri.	Pred.
Sistema de manejo de vapor.	237	Cri.	Pred.
Elevador de cangilones producto pesado.	229	Cri.	Pred.
Caldero.	173	Cri.	Pred.
Elevador de cangilones materia prima.	154	Cri.	Pred.
Elevador de cangilones materia prima.	154	Cri.	Pred.
Enfriador.	<i>148</i>	Imp.	Prev.
Limpiadora.	<i>142</i>	Imp.	Prev.
Tanque de recepción de aceite de palma.	<i>137</i>	Imp.	Prev.
Tanque de utilización de aceite de palma.	<i>137</i>	Imp.	Prev.
Migajeadora.	<i>118</i>	Imp.	Prev.
Molino de martillos de granulometría.	<i>113</i>	Imp.	Prev.
Sin fin dispensador acondicionador ¹⁴ .	93	Pres.	Prev - Corr.
Sistema de vaciado de mezcladora.	83	Pres.	Prev - Corr.
Compresor de tornillo.	78	Pres.	Prev - Corr.
Sistema de adición de conservante líquido.	72	Pres.	Prev - Corr.

Sistema de adición de inhibidor líquido.	72	Pres.	Prev - Corr.
Sistema de adición de pigmento líquido.	72	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin maíz08.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin maíz molido06.	52	Pres.	Prev - Corr.
sin fin molino harina07.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin molino silo01.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin maíz10.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin soya11	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin soya12.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin materias pimas15.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin ingreso maíz02.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin medio maíz03.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin molino maíz04.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin vaciado molino05.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin soya09.	52	Pres.	Prev - Corr.
Sin fin tolva venta13.	52	Pres.	Prev - Corr.
Tolva báscula.	49	Pres.	Prev - Corr.
Extrusora de soya.	48	Pres.	Prev - Corr.
Compresor de pistones.	43	Pres.	Prev - Corr.
Cosedora de envases.	43	Pres.	Prev - Corr.
Montacargas hidráulico manual.	38	Pres.	Prev - Corr.
Carretilla hidráulica.	23	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 01.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 02.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 03.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 04.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 05.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 06.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 07.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 08.	8	Pres.	Prev - Corr.
Balanza # 09.	8	Pres.	Prev - Corr.

Mezcladora vertical.	8	Pres.	Prev - Corr.
Mezcladora vertical.	8	Pres.	Prev - Corr.
Molino de martillos de harina.	8	Pres.	Prev - Corr.

Nota. Dentro de la tabla la abreviatura Cri es criticidad, Imp es importante, Pres es prescindible, Pred es mantenimiento predictivo. Prev es mantenimiento preventivo y Corr es mantenimiento correctivo. Fuente: Autor.

4.1.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE REPUESTOS.

En la Tabla 29 se presenta los resultados del análisis de criticidad de los repuestos donde el 12.36% de artículos son de alta criticidad, el 50.56% de los artículos son de mediana criticidad y el 37.07% de los artículos son de baja criticidad, además que el 12.36% de los artículos son de un costo mayor a \$550, el 21.34% de los artículos son de mediano costo en un rango de \$140 a \$549 y el 66.29% de los artículos son de un costo inferior a \$139. Además, en la Tabla 30 se presenta los repuestos más críticos para la línea de producción.

Tabla 29

Resultados del análisis de criticidad.

Clasificación					
Criticidad -Valor					
Valor	Código Criticidad	Cantidad de artículos	% de artículos	Valor de inventario	% Valor total del inventario
X	3	2	2,247%	\$ 4.297,00	18,237%
Y	3	5	5,618%	\$ 873,00	3,705%
Z	3	4	4,494%	\$ 146,00	0,620%
X	2	9	10,112%	\$ 11.836,00	50,233%
Y	2	9	10,112%	\$ 2.669,00	11,328%
Z	2	27	30,337%	\$ 1.351,00	5,734%
X	1	0	0,000%	\$ -	0,000%
Y	1	5	5,618%	\$ 1.465,00	6,218%
Z	1	28	31,461%	\$ 925,00	3,926%
		89	100%	\$ 23.562,00	100%

Nota. En esta tabla se presenta los resultados de un total de 89 artículos.

Tabla 30

Resultados de análisis de criticidad de repuestos (criticidad 3).

Máquina	Repuesto.	Cantidad.	Valor	Criticidad
Mezcladora doble eje.	Motorreductor 20 kw.	1	X	3
Elevador de cangilones.	Motorreductor 2,2 kw.	2	X	3
Elevador de cangilones.	Tambor superior.	1	Y	3
Pelet.	Eje soporte inmovilizador.	4	Y	3
Elevador de cangilones.	Tambor inferior	1	Y	3
Mezcladora doble eje.	Rodillo 22224cak/w33	2	Y	3
Mezcladora doble eje.	Carcasa sn524	2	Y	3
Elevador de cangilones	Eje de tambor.	2	Z	3
Mezcladora doble eje.	Manguito adaptador h3124	2	Z	3
Mezcladora doble eje.	Collar de empuje sr215×14	2	Z	3
Mezcladora doble eje.	Sello de anillo	2	Z	3

Nota. En esta tabla se presenta los resultados de mayor criticidad y con todos los valores en orden descendente.

4.1.4 ANÁLISIS DE ANTIGÜEDAD.

En la Tabla 31 se presenta el resultado del análisis de antigüedad de la maquinaria en conjunto.

El análisis da como resultado la sumatoria de 23 puntos lo que recomienda tomar acciones de mantenimiento preventivo a largo plazo y disponer de actividades de auto mantenimiento.

Tabla 31

Resultado del análisis de antigüedad de la maquinaria de la empresa.

Parámetros.	Empresa.	Sumatoria.
Jornada laboral.	1 turno.	1
Tamaño de empresa.	Mediana.	5

Tipo de proceso.	Lote.	1
Ritmo de producción.	Continua.	10
Nivel de automatización.	Semiautomática.	5
Inversión de equipos (millones)	Entre 0.5 y 1.5.	5
Total		23

Nota. En esta tabla se presenta el resumen para determinar el tipo de mantenimiento requerido por la empresa según su antigüedad en conjunto.

4.1.5 ANÁLISIS DE AVERÍAS AMEF.

En la Tabla 32 se establece el resultado de del análisis AMEF del elevador de cangilones de producto peletizado, siendo los resultados 5 fallas son de riesgo alto para el cual se realiza un mantenimiento y revisión programada, 10 son de riesgo medio los cuales tendrán una revisión programada y 57 son de riesgo bajo los cuales se procederá a un mantenimiento preventivo.

Tabla 32

Resultado AMEF de elevador de cangilones de producto peletizado.

Riesgo.	Rango.
Alto.	5
Medio.	10
Bajo.	57
Inexistente.	0

Nota. En esta tabla se presenta el resultado de los 72 modos de fallas del elevador de cangilones de producto peletizado.

4.1.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

Para el correcto desarrollo de los procedimientos de mantenimiento la empresa debe contar con consumibles (Tabla 33), equipos (Tabla 34), herramientas (Tabla 35).

Tabla 33

Consumibles para mantenimiento.

Consumibles.	Cant.	Consumibles.	Cant.
Disco de corte de 7 pulgadas.	6	Kilos de waipe.	5
Discos de desbaste de 7 pulgadas.	6	Toallas de papel.	1
Discos de pulido de 7 pulgadas.	6	Toallas desengrasantes.	1
Pliegos de lija de agua grano fino.	10	Sierras finas.	3
Pliegos de liga de grano medio.	10	Sierras gruesas.	3
Galón líquido penetrante (W-40).	1	Cinta aislante.	4
Litros de desengrasante.	2	Limpia contactores.	2

Nota. En esta tabla se presenta el listado de consumibles necesarios para las actividades de mantenimiento.

Tabla 34

Equipos para mantenimiento.

Equipos.	Cant.	Equipos.	Cant.
Soldadora de arco eléctrico.	1	Amoladora.	2
Soldadora oxiacetilénica.	1	Termocupla.	1
Taladro eléctrico.	2	Multímetro.	1
Engrasadora neumática.	1	Vibro metro.	1
Pistola de impacto neumática por ½".	1	Luxómetro.	1
Engrasadora manual.	1	Sonómetro.	1
Tecele de 3 toneladas.	1	Taladro de pedestal.	1
Pistola de impacto neumática por 1".	1	Tronzadora.	1
Prensa hidráulica de 24 Toneladas.	1	Cafetera de pintura.	1
Engrasadora eléctrica.	1	Cámara térmica.	1
Pistola para termo sellar.	1	Bomba de succión.	1
Tecele de 5 toneladas.	1	Termómetro laser.	1

Nota. En esta tabla se presenta el listado de equipos necesarios para las actividades de mantenimiento.

Tabla 35

Herramientas para mantenimiento.

Herramientas.	Cant	Herramientas.	Cant
Adaptador de dado de 1" a ½".	1	Tijeras de lámina metálica.	2
Alicate universal.	4	Remachadora.	1
Pinzas planas.	4	Broca escalonada de 2 a 16mm.	2
Pinzas seger interno 25mm.	2	Escuadras.	4
Pinzas seger externo 50mm.	2	Niveles.	2
Extractor de pernos.	2	Calibrador.	2
Sierra.	2	Micrómetro.	1
Martillo.	4	Flexómetro.	4
Martillo de goma.	4	Polea de cabo.	2
Playo de presión.	4	Terraaja para tubos PVC.	1
Llaves de mixtas (corona -boca): 5, 6(2), 7(2), 8(4), 9(2), 10(6), 11(2), 12(6), 13(4), 14(4), 15(2), 16(2), 17(2), 18(2), 19(2), 20(2), 21(2), 22(2), 23(2), 24(2), 25(2), 26(2), 27(2), 28(2), 29(2), 30(2).			
Dados acople ½" 5, 6, 7, 8(2), 9, 10(4), 11, 12(4), 13(2), 14, 15, 16(2), 17, 18, 19, 20(2), 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30.			
Llaves hexagonales 5(4), 12(2)18(3) mm.			
Torquímetro de 750 mm por 1", dados 20, 21, 22(2), 23, 24, 25, 26, 28, 30.			
Llave de tubo de 8", 16", 22" y 40".			
Llave de pico de 8", 12" y 24".			
Destornillador plano 2, 4, 6, 8, 12mm, cruz 2, 4, 6, 8, 12mm.			
Dados de impacto acople de ½" de 10, 12, 16, 18, 28mm.			
Dados acople de ¼" de 4, 5, 6, 7, 8.			
Extractor de rodillos de 8" y 12".			
Racha de acople ½" y ¼"			
Brocas para acero de 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16mm.			

Nota. En esta tabla se presenta el listado de herramientas necesarias para las actividades de mantenimiento.

4.2 RESULTADO DEL MODELO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE LA EMPRESA BAL GRAN CÍA. LTDA.

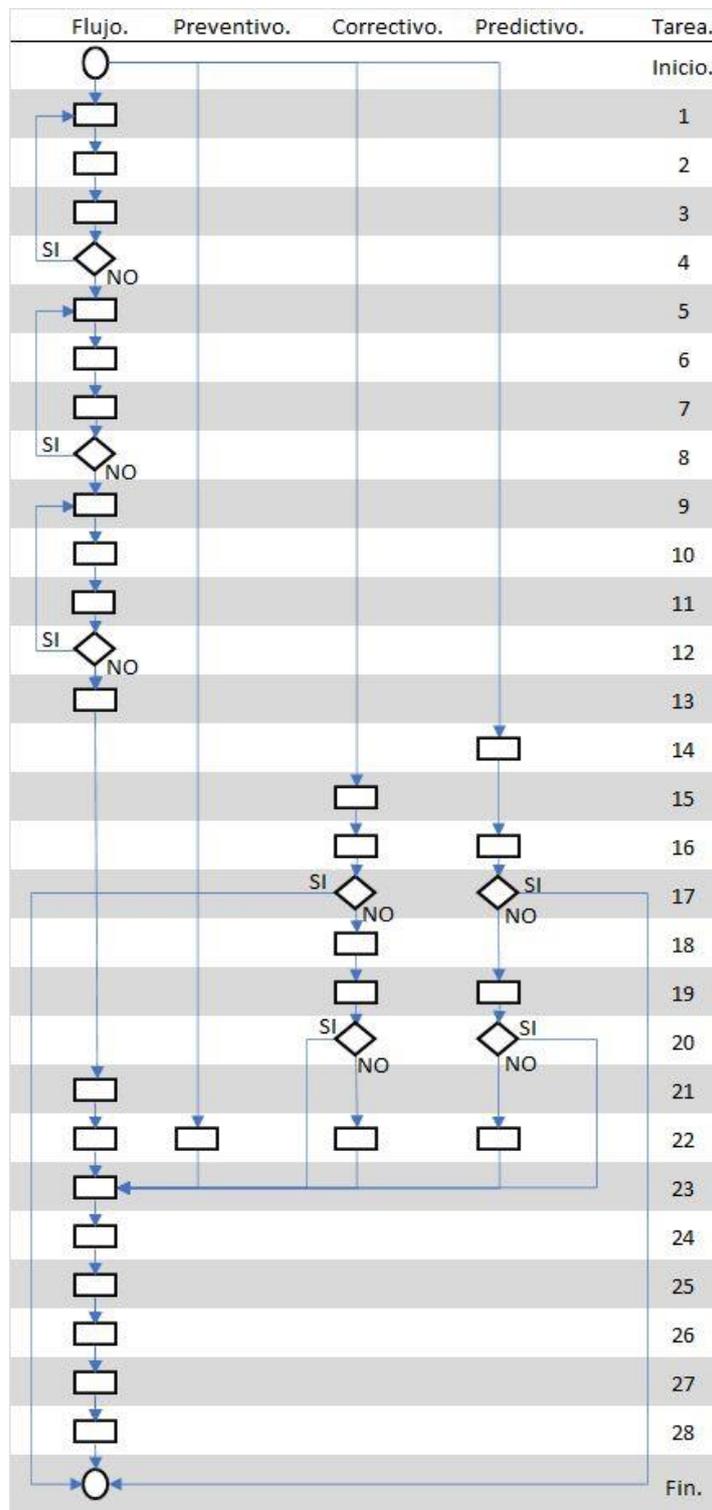
Para el desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento de la empresa Bal Gran Compañía limitada se procederá como se muestra el flujo de la Figura 48 donde se presentan las siguientes tareas.

1. Listar los nombres característicos de las máquinas que cuenta la línea de producción.
2. Identificar mediante un código de cada una de las máquinas.
3. Levantar la información técnica mediante la ficha técnica de la máquina.
4. Hay máquinas aun por levantar su información técnica?
5. Identificar componentes de nivel 01.
6. Codificar componentes de nivel 01.
7. Levantar información de componentes de nivel 01.
8. Hay más componentes de nivel 01?
9. Identificar componentes de nivel n+1.
10. Codificar componentes de nivel n+1.
11. Levantar información de nivel n+1.
12. Hay más componentes de nivel n+1?
13. Estructurar gamma de mantenimiento de componentes.
14. Estructurar calendario de inspecciones.
15. Solicitar inspección de máquina.
16. Inspeccionar máquina.
17. Se encontró fallo o anomalía?
18. Reportar fallo o anomalía.
19. Solicitar trabajo.

20. El mantenimiento es urgente?
21. Calendarizar gama de mantenimiento.
22. Calendarizar mantenimiento.
23. Emitir orden de trabajo.
24. Ejecutar trabajo.
25. Cierre de trabajo.
26. Analizar indicadores de mantenimiento.
27. Disponer el trabajo en el historial de la máquina.

Figura 48

Flujo del modelo de gestión de mantenimiento.



Nota. En la figura se establece el flujo del modelo de gestión.

4.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE LA EMPRESA BAL GRAN CÍA. LTDA.

Para analizar los resultados se ejemplifica con 15 procedimientos de mantenimiento contrastando los tiempos de la condición inicial y con el modelo de gestión.

4.3.1 TIEMPOS DE REPARACIÓN DE AVERÍAS.

En la tabla 36 se demuestra la reducción de tiempos de mantenimiento mediante el uso del modelo de gestión de mantenimiento.

Tabla 36

Comparación de tiempos.

N°	Tareas de mantenimiento.	Inicial.	Modelo.	% dism.
1	Ajuste banda de motor de acondicionador.	52	30	42%
2	Ajuste de sello grafitado de acondicionador.	19	5	74%
3	Cambio de aceite de motorreductor 1,2 litros.	23	7	70%
4	Cambio de aceite de motorreductor 3,4 litros.	49	21	57%
5	Cambio de cangilón.	27	10	63%
6	Cambio de chumacera elevador polea inferior.	99	60	39%
7	Cambio de chumacera elevador polea superior.	133	115	14%
8	Cambio de chumacera frontal de acondicionador.	22	15	32%
9	Cambio de chumacera trasera de acondicionador.	44	35	20%
10	Cambio de paletas del acondicionador.	251	190	24%
11	Limpieza de acondicionador.	31	25	19%
12	Limpieza de cabezal de elevador.	174	120	31%

13	Limpieza de cangilones.	85	45	47%
14	Limpieza de limpiadora.	80	45	44%
15	Limpieza de mezcladora doble eje.	99	45	55%

Nota. En la tabla se puede establecer que el promedio de disminución de los tiempos de intervención de averías es en promedio del 42%.

La disminución de los tiempos con el modelo se debe principalmente a:

- Disponer de las herramientas necesarias en número y forma.
- Disponer de los equipos necesarios para el diagnóstico, medición y trabajo.
- Disponer de los insumos necesarios en cantidades exactas.
- Disponer del procedimiento paso a paso para retirar lo necesario.
- Disponer de los repuestos y componentes de recambio necesarios.

4.3.2 COMPARACIÓN DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO.

Se reporta una anomalía en el elevador de cangilones de producto peletizado, esta anomalía se presenta con un ruido de roce en el interior del elevador, por lo cual se levanta una ficha de notificación de anomalías. Se realiza un estudio de causa efecto para determinar la causa raíz siendo esta la rotura del empaque de tapa el cual permite que el vapor ingrese al sistema de sello de eje, este se daña permitiendo la salida del vapor hacia el rodillo de la chumacera, el vapor afecta a la lubricación del rodillo el cual se avería presentando que el cuerpo rodante se salga de su sitio de trabajo, deteniendo el eje del rodillo, dando como consecuencia que el eje de transmisión gire sobre el eje del rodillo generando fricción, siendo que el eje del rodillo es más duro que el eje de transmisión, provocando que este se desgaste y descentre la polea superior. Para corregir esta avería se presenta tres escenarios.

En la tabla 37 se observa los tiempos del escenario 1, la tarea de mantenimiento es rellenar el eje de transmisión, para rellenar el eje se envía a un centro mecánico para su mecanización.

Tabla 37

Tiempo de mantenimiento del escenario uno (condición inicial).

Tareas medias.	Minutos.
Retirar guarda de antirretroceso.	5
Retirar guarda de matrimonio flexible.	5
Retirar tapas de estructura.	20
Asegurar banda de cangilones.	10
Retirar unión de banda de cangilones.	8
Retirar seguro antirretroceso.	5
Retirar racha antirretroceso.	5
Retiro de plato de matrimonio flexible.	25
Retiro de chumacera 01.	15
Retiro de chumacera 02.	15
Retiro de sello de eje 01.	5
Retiro de sello de eje 02.	5
Retiro de eje de transmisión.	45
Rellenar eje de transmisión.	400
Colocar el eje de transmisión.	15
Colocar sello de tapa 01.	2
Colocar sello de tapa 02.	2
Colocar el sello de eje 01.	3
Colocar el sello de eje 02.	3
Colocar chumacera 01 en el eje.	5
Colocar chumacera 02 en el eje.	5
Colocar plato de matrimonio flexible.	5
Colocar racha antirretroceso.	3
Colocar seguro del antirretroceso.	5
Alinear chumaceras.	15
Colocar unión de banda de cangilones.	15
Retirar elementos de seguridad de la banda de cangilones	5
Colocar tapas de la estructura.	30

Colocar guarda de matrimonio flexible.	10
Colocar guarda de antirretroceso.	10
Total minutos.	701

Nota. El tiempo total de mantenimiento rellenando el eje es de 701 minutos 11.68 horas.

En la tabla 38 se presenta los tiempos del escenario 2, el cual es el de disponer en bodega de los repuestos necesarios, al disponer de los repuestos en bodega para remplazar los componentes con avería.

Tabla 38

Tiempo de mantenimiento del escenario dos.

Tareas medias.	Minutos.
Retirar guarda de antirretroceso.	5
Retirar guarda de matrimonio flexible.	5
Retirar tapas de estructura.	20
Asegurar banda de cangilones.	10
Retirar unión de banda de cangilones.	8
Retirar seguro antirretroceso.	5
Retirar racha antirretroceso.	5
Retiro de plato de matrimonio flexible.	25
Retiro de chumacera 01.	15
Retiro de chumacera 02.	15
Retiro de sello de eje 01.	5
Retiro de sello de eje 02.	5
Retiro de eje de transmisión.	45
Colocar el eje de transmisión.	15
Colocar sello de tapa 01.	2
Colocar sello de tapa 02.	2
Colocar el sello de eje 01.	3
Colocar el sello de eje 02.	3

Colocar chumacera 01 en el eje.	5
Colocar chumacera 02 en el eje.	5
Colocar plato de matrimonio flexible.	5
Colocar racha antirretroceso.	3
Colocar seguro del antirretroceso.	5
Alinear chumaceras.	15
Colocar unión de banda de cangilones.	15
Retirar elementos de seguridad de la banda de cangilones	5
Colocar tapas de la estructura.	30
colocar guarda de matrimonio flexible.	10
Colocar guarda de antirretroceso.	10
Total minutos.	301

Nota. El tiempo total de mantenimiento cambiando los elementos con falla es de 301 minutos 5.01 horas.

En la tabla 39 se presenta los tiempos del escenario 3, el cual es el dar mantenimiento predictivo, teniendo revisiones y pudiendo presenciar el daño del sello de tapa y cambiarlo sin que afecte a los demás componentes.

Tabla 39

Tiempo de mantenimiento del escenario tres.

Tareas medias.	Minutos.
Retirar guarda de antirretroceso.	5
Retirar guarda de matrimonio flexible.	5
Retirar tapas de estructura.	20
Retirar seguro antirretroceso.	5
Retirar racha antirretroceso.	5
Retiro de plato de matrimonio flexible.	25
Retiro de chumacera 01.	15
Retiro de chumacera 02.	15
Retiro de sello de eje 01.	5

Retiro de sello de eje 02.	5
Colocar sello de tapa 01.	2
Colocar sello de tapa 02.	2
Colocar el sello de eje 01.	3
Colocar el sello de eje 02.	3
Colocar chumacera 01 en el eje.	5
Colocar chumacera 02 en el eje.	5
Colocar plato de matrimonio flexible.	5
Colocar racha antirretroceso.	3
Colocar seguro del antirretroceso.	5
Alinear chumaceras.	15
Colocar tapas de la estructura.	30
Colocar guarda de matrimonio flexible.	10
Colocar guarda de antirretroceso.	10
Total minutos	203

Nota. El tiempo total de mantenimiento cambiando los sellos de tapa de 203 minutos 3.3 horas.

En la Tabla 40 se presenta el costo de paralización de cada uno de los escenarios, siendo el costo de 90 dólares por hora de paralización del elevador de cangilones de producto peletizado.

Tabla 40

Costo de mantenimiento en los diferentes escenarios.

Perdida de producción por hora \$90	Horas de paralización.	Costo de paralización.
Escenario uno.	11,68	\$ 1.051,20
Escenario dos.	5,01	\$ 450,90
Escenario tres.	3,3	\$ 297,00

Nota. Siendo el escenario uno 1.52 veces más costoso que el escenario dos y 3.53 veces más costoso que el escenario tres.

En la tabla 41 se muestra el resultado de la disminución de tiempos de intervención de averías en 15 actividades de mantenimiento.

Tabla 41

Diferencia de tiempos de mantenimiento.

N°	Tareas de mantenimiento.	Gestión.		Reducción.	
		Sin.	Con.	%	Min.
1	Ajuste banda de motor de acondicionador.	52	40	23%	12
2	Ajuste de sello grafitado de acondicionador.	19	5	74%	14
3	Cambio de aceite de motorreductor 1,2 litros.	23	7	70%	16
4	Cambio de aceite de motorreductor 3,4 litros.	49	21	57%	28
5	Cambio de cangilón.	27	15	44%	12
6	Cambio de chumacera elevador polea inferior.	99	73	26%	26
7	Cambio de chumacera elevador polea superior.	133	115	14%	18
8	Cambio de chumacera frontal de acondicionador.	22	15	32%	7
9	Cambio de chumacera trasera de acondicionador.	44	35	20%	9
10	Cambio de paletas del acondicionador.	251	190	24%	61
11	Limpieza de acondicionador.	31	25	19%	6
12	Limpieza de cabezal de elevador.	174	120	31%	54
13	Limpieza de cangilones.	85	45	47%	40
14	Limpieza de limpiadora.	80	45	44%	35
15	Limpieza de mezcladora doble eje.	99	45	55%	54

Nota. Los tiempos de mantenimiento con un sistema de gestión son menores a los tiempos sin gestión de mantenimiento siendo en algunos casos hasta la mitad de tiempo. Fuente: Autor.

5. CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto se concluye:

Que, el déficit de gestión de mantenimiento, el escaso conocimiento de datos técnicos de la maquinaria y la aplicación de mantenimiento de tipo correctivo en Bal Gran Compañía Limitada da como resultado la presencia de averías sistémicas de varios componentes lo que resulta en tiempos largos de intervenciones de las actividades de mantenimiento lo que produce paralización de la maquinaria, además, mediante el análisis de antigüedad se establece que la mejor opción para el mantenimiento de la empresa es el mantenimiento de tipo preventivo, y el análisis de criticidad de maquinaria rectifica al mantenimiento preventivo como el principal pero adjunta que las maquinas con mayor impacto en la producción deberían desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo.

Que, al modelar un sistema de gestión de mantenimiento resultó en la obtención de parámetros necesarios para el control y reducción de los tiempos de paralización de las máquinas, dentro de estos parámetros se tiene la información técnica de las 56 máquinas y sus componentes, la estructura de las 12 las máquinas con más críticas, un importante base de procedimientos, herramientas, equipos e insumos que se requiere para cada actividad perimiendo esto reducir los tiempos en intervenciones.

Que, mediante el análisis de la propuesta de implementación de gestión de mantenimiento se observó una reducción en los tiempos de intervención desde un 14% en tareas de mayor complejidad hasta un 70% en tareas de menor complejidad, esta disminución se atribuyen a: la estandarización de los procedimientos, herramientas, equipos, repuestos e insumos necesarios para las actividades de mantenimiento; el disponer del calendario de actividades de mantenimiento predictivo para la maquinaria de mayor criticidad, además de que cada vez que se realiza las actividades de mantenimiento se mejora el conocimiento de las tareas y se reducen los tiempos al mejorar los procedimientos.

RECOMENDACIONES.

Al finalizar el presente proyecto se recomienda:

Que, la empresa solicite a los proveedores los manuales y esquemas gráficos de todas las máquinas y sus componentes.

Que, la empresa diseñe y personalice un plan de capacitaciones en temas concernientes al mantenimiento y círculos de calidad para el desarrollo de procedimientos.

Que, se disponga un sistema de desechos peligrosos para los insumos y repuestos emanados por las actividades de mantenimiento.

Que, la empresa adquiera de todos los sistemas de protección colectiva e individual para las actividades de mantenimiento así como de todos los mecanismos de seguridad de corte eléctrico para la desenergización segura de las máquinas.

Que, la empresa adquiera una cuenta para almacenamiento en la nube para disponer de todos los esquemas eléctricos, esquemas gráficos, fichas técnicas, manuales, protocolos de manera virtual para que todo el personal involucrado en el mantenimiento lo pueda consultar.

Que, la empresa desarrolle un sistema de cuenta horas para cada máquina con el objetivo de determinar con mayor exactitud los tiempos de uso e intervención de los componentes.

Que, se considere la compra y ejecución de un sistema de gestión de mantenimiento asistido por computador.

REFERENCIAS

- ABNT. (1994). NBR5462: Confiabilidad y mantenibilidad.
- Amendola, L. (2003). Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. Departamento de Proyectos de Ingeniería Universidad Politécnica de Valencia.
- Boero, C. (2020). Mantenimiento industrial. Jorge Sarmiento Editor-Universita.
- Contreras, J. Parra, C. (2020). Priorización de Repuestos por Criticidad y Valor Económico. Método de Análisis de Criticidad de Inventarios en Mantenimiento. <https://www.researchgate.net/publication/344057375>
- del Pino, J. M. T. NTP 460: Mantenimiento preventivo de las instalaciones peligrosas.
- del Trabajo, S. G. D. R. (1986). Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- Duffua, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2005). Planeación y control. Editorial LIMUSA S.A. de CV Balderas, 95.
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2000). Sistemas de mantenimiento, planeamiento y control. Editorial LIMUSA S.A. de CV Balderas, 95.
- ESCAÑO GONZÁLEZ, J. U. A. N., NUEVO GARCIA, A. N. T. O. N. I. O., & GARCÍA CABALLERO, J. A. V. I. E. R. (2019). Integración de sistemas de automatización industrial. Ediciones Paraninfo, SA.
- Fernández, F. J. G. (2004). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. FC editorial.
- Fernández-Pampillón Cesteros, A. M. (2017). UNE 71362: calidad de los materiales educativos digitales.
- FORÉTICA (2017). SGE 21: 2017, Sistema de Gestión Ética y Socialmente Responsable.
- García, S. (9 de octubre de 2014). Indicadores de mantenimiento. <http://www.mantenimiento.renovetec.com/118-indicadores-de-mantenimiento>.
- GÓMEZ SUÁREZ, I. V. Á. N. (2020). Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos. Ediciones Paraninfo, SA.

- INEN, N. T. E. (2010). Sistema de Gestión Integral Para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, Requisitos. Quito-Ecuador.
- INGEMAN (2018). UNE 13306: terminología del mantenimiento.
- Integra Markets (2018). Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. Grupo América S.A.C.
- Llanos, F. (31 de agosto de 2020) Documentación de mantenimiento el Chack list. <https://es.linkedin.com/pulse/documentaci%C3%B3n-de-mantenimiento-el-checklist-fernando-llanos>.
- Mancuzo, G. (8 de octubre de 2020) Inventario de Mantenimiento: Consejos para un Buena Gestión. <https://blog.comparasoftware.com/inventario-de-mantenimiento>
- Mora, L. A. (2009). Mantenimiento-planeación, ejecución y control. Alfaomega Grupo Editor.
- Parra, C. (2006). Ingeniería en Mantenimiento. Editorial MGM.
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. INGECON.
- Parra, C., González-Prida, V., Candón, E., De la Fuente, A., Martínez-Galán, P., & Crespo, A. (2021). Integration of asset management standard iso55000 with a maintenance management model. In 14th WCEAM Proceedings (pp. 189-200). Springer International Publishing.
- Pastor, C. (2020). El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad.
- Pérez, F. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación CRAI, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga. e.
- Sacristán, F. R. (2001). Manual del mantenimiento integral en la empresa. FC Editorial.
- Sacristán, F. R. (2002). Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo. Fc Editorial.
- Sacristán, F. R. (2005). Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo. Fc editorial.
- Sacristán, F. R. (2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. Técnica Industrial, 1.
- Sacristán, F. R. (2022). El automantenimiento en la empresa. Fc editorial.