

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE VINO PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA.**

**MARLON ESPINOSA VILLABONA
TOMÁS ALBERTO TORRES FORERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE VINO PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA.**

**MARLON ESPINOSA VILLABONA
TOMÁS ALBERTO TORRES FORERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Mecánico.**

**Director:
CARLOS BORRÁS PINILLA
Ing. Mecánico; PhD., M.sc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A mis padres Pedro Antonio Espinosa Acevedo y Eddy Leonor Villabona Solano por su gran apoyo incondicional en mi formación académica, son gran parte mi motivación para culminar esta importante etapa en mi vida.

A mis compañeros de la universidad con los cuales compartí momentos y experiencias que enriquecieron mi vida.

A los profesores que han invertido parte de su tiempo para mi formación y quienes me han motivado para mi desarrollo de aprendizaje.

Marlon Espinosa Villabona

A mis amados padres que desde el principio supieron inculcarme la educación como vía de progreso personal y profesional, alentándome a continuar a pesar de las adversidades, siendo guía y ejemplo de superación personal, y una fuente de fortaleza para permanecer en mis estudios.

A mis docentes que a lo largo de mis estudios lograron enseñarme valores y principios adecuados para mi profesión, además de la formación académica.

Y a todos los demás con los que tuve la ventaja de compartir durante este proyecto de vida, amigos, compañeros y demás personas que enriquecieron mi paso por la universidad fomentando mi crecimiento personal.

Tomás Alberto Torres Forero

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Productos M y M Ltda. Por permitirnos aplicar nuestros conocimientos en un contexto en el cual pudimos desarrollarlos y mejorarlos, por brindarnos la información necesaria para realizar este proyecto y por la atención prestada en el proceso.

A los profesores que nos brindaron parte de sus conocimientos para que pudiéramos llevar a cabo este proyecto y en especial al profesor Carlos Borrás Pinilla quien fue el que nos dirigió para que fuera realizado de la mejor manera.

A mis compañeros de la universidad que de una manera u otra sirvieron de apoyo para culminar este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	22
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
2. MARCO REFERENCIAL.....	26
2.1 PRODUCTOS M Y M LTDA.....	26
2.1.1 ¿Quiénes son?.....	26
2.1.2 Misión.....	27
2.1.3 Visión	27
2.1.4 Ubicación	27
2.2 PROCESO DE PRODUCCION DEL VINO	28
2.3 LAY-OUT DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE VINO	28
2.4 PRODUCTO FINAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE VINO DE LA EMPRESA	29
3. FUNDAMENTACION TEORICA	31
3.1 MANTENIMIENTO	31
3.1.1 Objetivos del mantenimiento	31
3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	32
3.2.1 Mantenimiento correctivo (cm corrective maintenance)	32

3.2.2 Mantenimiento programado (pm scheduled maintenance)	33
3.2.3 Mantenimiento preventivo (pm preventive maintenance).....	33
3.2.4 Mantenimiento predictivo (pdm predictive maintenance)	34
3.2.5 Mantenimiento continuo	34
3.2.6 Mantenimiento analítico (pm proactive maintenance)	34
3.2.7 Mantenimiento productivo total (tpm total productive maintenance)	35
3.2.8 Mantenimiento basado en la condición (cbm condition based maintenance).	35
3.2.9 Mantenimiento basado en la confiabilidad (rcm reliability based maintenance).	35
3.3 FALLA	36
3.3.1 Fallas funcionales o estados de falla	36
3.3.2 Modos de falla.....	36
3.3.3 Los efectos de falla	36
3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	377
3.5 INDICADORES DE GESTIÓN	37
3.5.1 Disponibilidad.....	37
3.5.2 Confiabilidad	38
3.5.3 Tiempo medio entre fallas.....	39
3.5.4 Tiempo medio para reparar.....	39
3.5.5 Tiempo para los mantenimientos preventivo.....	40
3.5.6 Tiempo promedio mantenimiento preventivo	40
4. DIAGNOSTICO	41
4.1 AUDITORIA DE MANTENIMIENTO	41
4.1.1 Organización general	42
4.1.2 Métodos y sistemas de trabajo	42
4.1.3 Control técnico de instalaciones y equipos	42
4.1.4 Gestión de la carga de trabajo	42
4.1.5 Compra – logística de repuestos y equipos	43

4.1.6 Sistemas informáticos	43
4.1.7 Organización del taller de mantenimiento	43
4.1.8 Herramientas y medios de prueba	444
4.1.9 Documentación técnica.....	44
4.1.10 Personal y formación	44
4.1.11 Contratación externa.....	44
4.1.12 Planificación y control de la actividad	44
4.2 RESULTADO DE LA AUDITORIA	47
4.3 MATRIZ DOFA.....	49
4.4 MATRIZ DOFA DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA.	50
5. CODIFICACION	53
5.1 LISTA DE EQUIPOS.....	53
5.2 PROCESO DE CODIFICACION	55
5.3 ELABORACIÓN DEL CODIGO.....	55
5.4 CODIFICACION PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA	58
6. CRITICIDAD	60
6.1 ANALISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	60
6.2 ANALISIS POR FACTORES PONDERADOS	60
6.3 PROCESO DE CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS DE LA LINEA DE PRODUCCION	62
6.4 RESULTADOS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD	65
6.5 MATRIZ DE CRITICIDAD	66
6.6 MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LO EQUIPOS DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE VINO PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA.	67
6.7 CONCLUSION DEL ANALISIS DE CRITICIDAD.....	68

7. DESCRIPCION Y FUNCION DE LOS EQUIPOS CRITICOS en LA LINEA DE PRODUCCION DE VINO DE LA EMPRESA PRODUCTO M Y M LTDA.	70
7.1 BOMBA DE TRASIEGO.....	70
7.2 BOMBA DEL FILTRO PRENSA.....	71
7.3 BOMBA DE LA UNIDAD LLENADORA	71
7.4 UNIDAD LLENADORA	71
7.4.1 Descripción básica.....	73
7.4.2 Descripción de la operación.....	73
7.4.2 Volante.....	74
7.4.3 Pistones	74
7.4.4 Electroválvulas.....	75
7.5 COMPRESOR	76
8. ELABORACION DE LAS FICHAS TECNICAS ACTUALIZADAS PARA LOS EQUIPOS CRITICOS Y CRITICIDAD MEDIA	77
9. ELABORACION DE LAS HOJAS DE VIDA PARA LOS EQUIPOS CRITICOS Y DE CRITICIDAD MEDIA.....	78
10. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE LA LINEA DE PRODUCCION DE VINO	79
10.1 DESCOMPOSICION DE LOS EQUIPOS POR PARTES	80
10.2 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SUS FRECUENCIAS	81
10.3 ACTIVIDADES Y ASPECTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS BOMBAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE VINO	81
10.3.1 Inspecciones diarias	81
10.3.2 Revisiones semanales	81
10.3.3 Revisiones adicionales.....	83
10.3.4 Inspección interna.....	83

10.4 PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE REPUESTOS.....	84
10.4.1 Empaques.....	84
10.4.2 Sellos mecánicos	86
10.5 DESPIECE DE LAS BOMBAS CRITICAS	88
10.6 ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	90
10.6.1 Cuerpo Bomba.....	90
10.6.2 Tapa de la bomba	90
10.6.3 Grupo eyector	90
10.6.4 Rodete	90
10.6.5 Eje del motor.....	91
10.6.6 Sello mecánico.....	91
10.6.7 Rodamientos.....	91
10.6.8 Motor Eléctrico	95
10.7 LOCALIZACIÓN DE FALLAS	95
10.7.1 Flujo de fluido o presiones insuficientes	96
10.7.2 La bomba utiliza demasiada energía	97
10.7.3 Fracaso prematuro de empaques	97
10.7.4 Sellos mecánicos con fugas.....	98
10.7.5 Problemas con cojinetes.....	98
10.8 OVERHAUL	99
10.9 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	99
10.10 ELABORACIÓN DE LAS SOLICITUDES Y ORDENES DE TRABAJO	102
11. SISTEMA DE INFORMACION COMPUTARIZADO	105
11.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN. PYTHON	106
11.2 FLUJOGRAMA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	106
11.3 INGRESO AL PROGRAMA	109
11.4 MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	110
11.5 EQUIPOS BAJO MANTENIMIENTO CORRECTIVO	113

11.6 EQUIPOS BAJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	118
12. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO.....	123
12.1 MODO DE FINANCIACIÓN	125
12.2 CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.....	126
12.3 TIEMPO DE RECUPERACIÓN	126
12.4 CALCULOS VAN Y TIR	127
12.5 CALCULO DEL VAN.....	128
12.6 CALCULO DE LA TIR.....	129
12.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	131
13. CONCLUSIONES	133
BIBLIOGRAFIA.....	135

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo de Productos M y M Ltda.	26
Figura 2. Lay-out de la planta de producción de vino.	29
Figura 3. Marca del vino que produce la empresa	30
Figura 4. Formato de auditoría ítem control técnico de instalaciones.	45
Figura 5. Formato guía para el ítem control técnico de instalaciones.	46
Figura 6. Grafica tela de araña de los resultados de la auditoria de la gestión de mantenimiento en la empresa Productos M y M Ltda.	48
Figura 7. Matriz DOFA de la auditoria de la gestión de mantenimiento	52
Figura 8. Partes que componen el código de cada equipo.	55
Figura 9. Formato para el análisis de criticidad.....	63
Figura 10. Análisis de criticidad para la bomba de trasiego.	64
Figura 11. Elaboración de la matriz de criticidad.	67
Figura 12. Resultados y matriz de criticidad para los equipos de la línea de producción.	68
Figura 13. Bomba de trasiego.....	71
Figura 14. Bomba del filtro prensa	71
Figura 15. Bomba de la unidad llenadora	72
Figura 16. Vista de la unidad llenadora.....	72
Figura 17. Vista frontal de la unidad llenadora.....	73
Figura 18. Volante de graduación.	74
Figura 19. Vista de las electroválvulas.....	75
Figura 20. Vista del compresor.	76
Figura 21. Ficha técnica de la bomba de trasiego 1.	77
Figura 22. Hoja de vida de la Bomba de trasiego 1.	78
Figura 23. Flujograma del plan de mantenimiento preventivo.	80

Figura 24. Empaquetadura mecánica	85
Figura 25. Vista explosionada de la bomba con filtro prensa.....	88
Figura 26. Corte de la bomba	89
Figura 27. Sello mecánico tipo botón.....	91
Figura 28. Dimensiones y características del rodamiento.....	92
Figura 29. Lista de chequeo.....	100
Figura 30. Cronograma de mantenimiento preventivo para la bomba con filtro prensa.....	102
Figura 31. Solicitud de trabajo	103
Figura 32. Orden de trabajo	104
Figura 33. Flujograma parte 1	107
Figura 34. Flujograma parte 2.....	108
Figura 35. Flujograma parte 3.....	108
Figura 36. Interfaz de inicio de sesión.	109
Figura 37. Ventana de actividades.....	110
Figura 38. Ventana principal.	111
Figura 39. Interfaz de criticidad.....	112
Figura 40. Ventana para los equipos bajo mantenimiento correctivo.....	113
Figura 41. Interfaz para añadir equipo bajo mantenimiento correctivo	114
Figura 42. Información de los equipos bajo mantenimiento correctivo	115
Figura 43. Formato base para llenar ficha técnica	116
Figura 44. Formato base para la hoja de vida.....	116
Figura 45. Formato base para las listas de chequeo	117
Figura 46. Información del equipo añadido.....	117
Figura 47. Interfaz de los equipos bajo mantenimiento preventivo.	118
Figura 48. Formatos de control para la bomba con filtro prensa 1	119
Figura 49. Cronograma de mantenimiento para el sistema de información.....	120
Figura 50. Ingreso de información para el nuevo equipo bajo mantenimiento preventivo	121

Figura 51. Formato base para generar alertas y cronogramas de mantenimiento preventivo122

Figura 52. TIR Vs VAN132

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resultados de la auditoria.....	47
Tabla 2. Lista de los equipos en la línea de producción de vino.....	53
Tabla 3. Zonas de la planta de producción de vino.....	56
Tabla 4. Nombre y nomenclatura de los equipos de la línea de producción.....	56
Tabla 5. Asignación del número correlativo.....	58
Tabla 6. Codificación de los equipos de la línea de producción.....	58
Tabla 7. Guía para el análisis de criticidad.....	62
Tabla 8. Resultado del análisis de criticidad.....	65
Tabla 9. Condiciones de operación y factor de vida útil exigida.....	94
Tabla 10. Causas y/o síntomas de Flujo de fluido o presiones insuficientes.....	96
Tabla 11. Causas de que la bomba utilice demasiada energía.....	97
Tabla 12. Causas de fallas en los empaques.....	97
Tabla 13. Causas de fallas en los cojinetes.....	98
Tabla 14. Costos de mantenimiento de la empresa.....	123
Tabla 15. Costos del proyecto.....	124
Tabla 16. Tabla de respuesto.....	124
Tabla 17. Inversión total.....	125
Tabla 18. Financiación.....	125
Tabla 19. Tiempo de inversion.....	126
Tabla 20. Tiempo de recuperación.....	127
Tabla 21. Resultado.....	131

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE VINO PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA

AUTORES: MARLON ESPINOSA VILLABONA
TOMAS ALBERTO TORRES FORERO. **

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento preventivo, mantenimiento programado, falla, criticidad disponibilidad confiabilidad, Normas ISO 14224, codificación.

DESCRIPCIÓN:

Mediante este trabajo de grado se logra aplicar los conocimientos del área de mantenimiento los cuales permiten tener un control sobre los activos mediante un plan de mantenimiento preventivo a los equipos críticos, junto con un programa informático que permite almacenar, organizar y agilizar la gestión de mantenimiento de la línea de producción de vino perteneciente a la empresa Productos M y M Ltda. Dicho lo anteriormente, el propósito de este proyecto es contribuir en el mejoramiento continuo de la empresa para que aumente la competitividad en el mercado nacional e internacional.

Para cumplir con dicho propósito, en primer lugar, se realizó una auditoria a la gestión de mantenimiento que tiene la empresa actualmente mediante una encuesta planteada en el capítulo cinco del libro Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión de Francisco Javier Gonzáles en donde se identificaron los aspectos positivos del proceso de mantenimiento en la empresa y los que se deben mejorar.

Una vez realizada la auditoria, se procede a realizar la lista de equipos involucrados en la línea de producción y de manera estratégica la codificación de los mismos para posteriormente realizar un análisis de criticidad mediante la metodología de factores ponderados con el fin de establecer los equipos críticos y semicríticos a los cuales se les realizaron formatos de control tales como Fichas técnicas, hojas de vida, listas de chequeo, cronograma de mantenimiento preventivo, solicitudes y ordenes de trabajo siendo estos dos últimos formatos disponibles para todos los equipos de producción.

Además, teniendo en cuenta el alcance del proyecto, con el fin de complementarlo y reforzarlo, se creó un programa informático en el cual toda la información anteriormente dicha estará disponible y servirá como un plus en la gestión del mantenimiento.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás Pinilla, Ing. Mecánico; Ph. D, M.sc

ABSTRACT

TITLE: PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN IN THE TEAMS OF THE WINE PRODUCTION LINE FOR THE COMPANY PRODUCTS M Y M LTDA*

AUTHORS: MARLON ESPINOSA VILLABONA
TOMAS ALBERTO TORRES FORERO**.

KEYWORDS: Preventive maintenance, scheduled maintenance, failure, criticality, reliability availability, ISO 14224 standards, coding

DESCRIPTION:

Through this work of degree it is possible to apply the knowledge of the area of maintenance which allows to have control over the assets through a plan of preventive maintenance to the critical equipment, together with a computer program that allows to store, organize and streamline maintenance management of the wine production line belonging to the company Productos M y M Ltda. Said above, the purpose of this project is to contribute to the continuous improvement of the company so that it increases the competitiveness in the national and international market.

To fulfill this purpose, firstly, an audit was carried out of the maintenance management that the company currently has through a survey proposed in chapter five of the book Audit of Maintenance and Management Indicators of Francisco Javier Gonzales, where the positive aspects of the maintenance process in the company and those that should be improved.

Once the audit has been carried out, the list of equipment involved in the production line is drawn up and, in a strategic way, the coding thereof is carried out to subsequently carry out a criticality analysis using the weighted factors methodology in order to establish the critical equipment. and semicritics to which control formats were made such as technical sheets, resumes, checklists, preventive maintenance schedule, applications and work orders, these last two formats being available for all production teams.

In addition, taking into account the scope of the project, in order to complement and reinforce it, a computer program was created in which all the aforementioned information will be available and will serve as a plus in the maintenance management.

* Degree work

** Faculty of Mechanical Physical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Carlos Borrás Pinilla, Mechanical Engineer; Ph. D, M.Sc

INTRODUCCION

El proceso de mantenimiento dentro de una organización forma parte de los pilares más importantes debido a que sienta las bases para asegurar que los activos mantengan su función y poder tener un desarrollo en la industria. Como se podrá observar en este proyecto, existen varios tipos de mantenimiento que se pueden aplicar en una empresa dependiendo de los recursos que esta tenga para su ejecución.

Teniendo en cuenta lo anterior, un plan de mantenimiento preventivo para la empresa PRODUCTOS M Y M Ltda. Es lo más acorde que se puede implementar para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los activos partiendo desde la gestión hasta las labores de mantenimiento para fortalecer el proceso contribuyendo con la mejora continua de la organización.

A través del presente informe se quiere dar a conocer el procedimiento que se desarrolló para la creación de dicho plan de mantenimiento en donde se involucran los aspectos que se deben tener en cuenta para dicho fin, comenzando con una auditoria a la gestión de mantenimiento para tener un punto de partida y establecer las pautas a seguir, seguidamente se crea la codificación de los equipos para tener la identificación de los mismo y poder hacer una análisis de criticidad a los activos, de los resultado de este análisis se crea el plan de mantenimiento de acuerdo al equipo crítico.

Una vez obtenida esa información fue pertinente almacenarla y hacerlo de manera práctica, es por eso que dentro del proyecto se creó un programa para manejar toda la documentación respectiva al proceso de mantenimiento y de esta manera contribuir al mejoramiento continuo de la empresa PRODUCTOS M Y M Ltda.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad de la empresa Productos M Y M es la de preparación y mezcla de bebidas alcohólicas mediante procesos definidos cumpliendo con las normas exigidas para su posterior distribución en el país y estándares de calidad. Con el propósito de aumentar su productividad y mejorar su competitividad; han adquirido nuevos equipos para la línea de producción buscando la automatización para garantizar proceso más ágiles y efectivos, Contribuyendo al crecimiento de la empresa y su competitividad en el mercado. Sin embargo, este progreso en el área de producción debe ir de la mano con el desarrollo en las áreas de mantenimiento; esto implica que se deben implementar novedosas técnicas que permitan optimizar el ciclo de vida de los activos, ya que la empresa actualmente solo realiza mantenimiento correctivo a los equipos dificultando un control acerca de la frecuencia y la naturaleza de las fallas.

Se realizó una visita técnica registrando a grandes rasgos el proceso de producción y mantenimiento de los equipos involucrados; donde sobresalen ciertas debilidades que afectan de manera adversa la organización.

- No se dispone de formatos con especificaciones técnicas de cada equipo.
- No se cuenta con un software especializado en el área de mantenimiento.
- Al momento de aplicar el mantenimiento correctivo, no queda registrado el procedimiento aplicado para la reparación del equipo.
- No se cuenta con una programación para las actividades de mantenimiento preventivo.
- No se cuenta con un registro de fallas para las máquinas.
- No se cuenta con un manual de procedimiento específico para cada máquina.

- No se cuenta con un inventario de repuestos según la frecuencia de la falla. Dichas observaciones en estos momentos no son convenientes ni aceptables para la empresa y son la razón principal para que este proyecto dé la solución a dicha problemática.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente uno de los pilares importantes en una organización es el área de mantenimiento ya que se centra en la conservación del buen estado de los equipos; a través de los cuales opera una empresa.

La implementación de un programa de mantenimiento dentro de una empresa, implica contar con un presupuesto para sostenerlo, pero el beneficio que aporta tener un plan de mantenimiento preventivo, es permitir hacer un análisis concreto que tenga en cuenta el alcance presupuestal de la empresa y sea el apropiado para el seguimiento a los equipos y garantice su funcionalidad en el momento que están operando. Además otra de las ventajas de contar con un plan de mantenimiento, es que sirve como recurso para acreditar ciertas normativas que rigen en el país, para garantizar la calidad del producto.

La creación de un sistema que permita almacenar y evaluar la información de los datos respectivos de los equipos de producción, se puede lograr de una manera sistemática, una herramienta de la cual la empresa pueda hacer uso para que la mantenibilidad de sus equipos no sea vea como un problema y se proceda de una manera coordinada a la hora de inspeccionar y revisar los equipos. Este sistema de información principalmente se puede crear a través de recursos informáticos y fichas técnicas de registro, y de esta manera tener un control a la hora de realizar mantenimiento.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta la problemática que se presenta en la empresa en cuanto en la actividad de mantenimiento, se requiere crear un plan de mantenimiento preventivo que permita el buen estado de los equipos para que en efecto la empresa se vea favorecida. Es precisamente lo que se pretende con este proyecto, la optimización de los recursos para el control del buen estado de los equipos de la línea de producción y mejorar la eficiencia en cuanto a la mantenibilidad de los mismos para que de esta manera se incremente la rentabilidad, aumente la producción y por lo tanto un crecimiento empresarial.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general. contribuir a través de un plan de mantenimiento preventivo, en el mejoramiento continuo de la empresa productos m y m para garantizar la disponibilidad y fiabilidad de los equipos de la línea de producción; y fortalecer los vínculos de la universidad industrial de Santander con el sector industrial contribuyendo según la misión de la misma.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico a la gestión de mantenimiento que viene realizando la empresa en la línea de producción, que nos permita tener un punto de referencia y conocer las actividades que desarrollan en dicha gestión.
2. Crear la codificación y realizar un análisis de criticidad a los equipos de la línea de producción mediante la metodología de factores ponderados, para priorizar los equipos según el riesgo de falla.

3. Elaborar formatos de control a los equipos críticos, tales como: hojas de vida, ficha técnica, lista de chequeo y orden de trabajo basándonos en la aplicación de la norma ISO 14224.

4. Implementar un programa computarizado que emita una alerta para ejecutar las actividades programadas del mantenimiento preventivo en los tiempos establecidos, que permita almacenar y organizar la información para agilizar su búsqueda; y que disponga de los siguientes módulos:
 - Identificación del equipo
 - Descripción del equipo
 - Prioridad
 - Actividad de mantenimiento
 - Frecuencia
 - Fecha
 - Observaciones

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 PRODUCTOS M Y M LTDA.

2.1.1 ¿Quiénes son?

Figura 1. Logo de Productos M y M Ltda.



Fuente: Productos M y M Ltda.

La empresa Productos M y M Limitada, una fábrica de licores, es una empresa colombiana ubicada en Bucaramanga, Santander. Productos M y M tiene como objeto social la fabricación de licores, vinos y aperitivos - según parámetros y disposiciones legales-, comercialización, importación, exportación de dichos productos, etc. En la actualidad la empresa se está apalancando con préstamos que hacen sus socios y con las utilidades generadas por periodos anteriores, sus productos se distribuyen en varios departamentos de Colombia, como: Arauca,

Casanare, Sucre, Norte de Santander, Cesar, Magdalena, Santander, Córdoba, y Bolívar.

La producción de la empresa se genera de forma discontinua y con volúmenes muy bajos, no alcanzado su punto de equilibrio, situación que la coloca en desventaja frente a la competencia; en estos periodos se realiza con mano de obra del mismo núcleo familiar, pero en temporada que es de octubre a diciembre la producción se aumenta en un 80%, por lo que la planta física se encuentra en su producción del ciento por ciento, lo que hace que se tenga que contratar personal externo a los cuales muchos de ellos hay que capacitar.

2.1.2 Misión. Productos M y M Ltda. pretende ser líder en el mercado Nacional e Internacional a partir de la elaboración de una amplia gama de Licores, Vinos, y Aperitivos, con precios competitivos, poniendo a disposición de los clientes en diferentes sectores, productos de alta calidad a través de buenas prácticas industriales, comerciales y ambientales, logrando ser siempre su primera opción en nuestra variedad de productos.

2.1.3 Visión. Productos M y M Ltda. Es una empresa que se visiona al 2050, en ser líder absoluto en la producción, distribución y venta de licores en el país, en los criterios y exigencias de nuestros clientes y favoreciendo al desarrollo empresarial de la Región.

2.1.4 Ubicación. Actualmente la empresa Productos M y M Ltda. se encuentra ubicada en la Carrera 19 # 5-50, Bucaramanga, Santander (Colombia).

2.2 PROCESO DE PRODUCCION DEL VINO

El proceso inicia con la selección de la materia prima que se lava y se desinfecta una vez llega a la planta. Se desechan las uvas en mal estado, o cuyo proceso de maduración está incompleto, para garantizar el correcto proceso de vinificación. Las uvas pasan por un proceso de trituración y se vierten directamente en los tanques de fermentación, a los que se les adicionan ciertos componentes que enriquecen la mezclas, y agua desmineralizada. Para el proceso de fermentación se utiliza una levadura preparada según las indicaciones del fabricante y se adiciona a los tanques de fermentación.

En la etapa siguiente pasa el vino a un tanque en el que se clarifica la mezcla y por medio de bombas de trasiego, que separan el vino de los sedimentos depositado en el fondo de los tanques, se pasan a tanques de acero inoxidable en el que se agregan escancias, para rectificar el sabor, y agua desmineralizada ajustando así el nivel de alcohol necesario. A través de un sistema de filtros se bombea la mezcla, para así, remover los sedimentos y partículas, vertiéndolo directamente en un sistema de tanques elevados que alimenta la unidad llenadora; listo para su embotellado.

En la unidad llenadora sucede el proceso con más automatización de la empresa, junto con las unidades de codificación y etiquetado, que llevan el proceso a finalizar en un producto listo para su embalaje y posterior distribución.

2.3 LAY-OUT DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE VINO

Lay-out es un término inglés que hace referencia a la distribución de la planta mostrada mediante un croquis permitiendo identificar las zonas que la componen, por lo tanto, sirve como herramienta para localizar los equipos de la línea de

Figura 3. Marca del vino que produce la empresa



Fuente: Productos M y M Ltda.

3. FUNDAMENTACION TEORICA

3.1 MANTENIMIENTO

Es el conjunto de acciones definidas para la reparación y mantenibilidad de los diferentes equipos que se utilizan en un entorno con el fin de conservar en buen estado un elemento, equipo o sistema y de esa manera asegurar el funcionamiento operacional de los mismos.

3.1.1 Objetivos del mantenimiento. El objetivo de cualquier sistema de mantenimiento es mantener los activos cumpliendo su función evitar grandes costos a una organización y ofrecer alternativas que disminuyan los gastos e inversiones innecesarias.

A continuación, se nombran dos variables de costos relacionadas con el mantenimiento y que se tienen en cuenta dentro de una organización.

- **Mano de obra de mantenimiento y material:** La mano de obra interna (MOI) del personal de mantenimiento, se clasifica como costo fijo. Mientras los costos de materiales, repuestos y consumibles, se clasifica como costos variables.
- Un mayor consumo de mano de obra interna (MOI) o mano de obra externa (MOE), como también el consumo de materiales, repuestos y consumibles, llevan a las compañías a tener mayores costos de producción y a no cumplir con los objetivos trazados una reducción en la producción como consecuencia de un programa de mantenimiento insuficiente traerá como consecuencia pérdidas económicas que se reflejan en la capacidad de producción y en el costo del material que se ve afectado por el tiempo.

- **Costo de pérdida de producción:** las empresas deben tener en cuenta los costos de pérdida resultante del tiempo de inactividad de un equipo, esta cifra debe ser añadida al presupuesto de mantenimiento. Cuando los costos de mantenimiento se reducen a un mínimo el coste de la producción puede verse afectado, así que debe mantenerse una meta gradual que permita aprovechar el costo de mantenimiento- producción combinado.

Así que lograr el menor costo para la organización es el fin del mantenimiento.

3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

En los procesos de mantenimiento existen varios tipos de los cuales se debe implementar en una organización, de acuerdo los recursos y las necesidades de la misma.

3.2.1 Mantenimiento correctivo (cm - corrective maintenance). Se define como aquel en el que se espera que suceda la falla para luego corregirla, este tipo de mantenimiento causa traumatismos en la organización debido a los daños aledaños causados; sean estos en una máquina, riesgos para la salud de los trabajadores, calidad del producto o servicio, efectos sobre el medio ambiente o la vida útil del equipo, entre otros.

Se dice que es una actividad *a posteriori*, es decir que se realiza después de que la falla ha sucedido, para diferenciarla de otros tipos de mantenimiento que se realizan *a priori*, es decir, antes de que suceda la falla. Se dice también que es una actividad reactiva, puesto que sucede como reacción a la evidencia de falla por esto último también es llamado mantenimiento a la falla.

3.2.2 Mantenimiento programado (pm - scheduled maintenance). Es aquel en el cual se planean revisiones para llevar a cabo un mantenimiento. Se basa en una parada periódica general de la actividad productiva, generalmente llevada a cabo de forma anual puesto que se aprovecha cualquier receso temporal para realizar un desarmado, una lavada y una lubricación de la maquinaria en algunos casos se aprovecha para hacer la revisión de manera general. La ventaja de éste sistema de mantenimiento es la posibilidad de detectar y detener una falla en gestación sin embargo, el punto en contra de este tipo de mantenimiento es que la maquinaria puede quedar equivocadamente armada o con ajustes que difieren con los realizados de fábrica. Por extensión, se le da el nombre de mantenimiento programado al que se ejecuta en cualquier lapso de parada de la producción.

3.2.3 Mantenimiento preventivo (pm - preventive maintenance). Es el que como su nombre lo dice, previene las fallas. Ha sido el más usado y su base de funcionamiento es la observación, las recomendaciones del fabricante y el conocimiento del equipo. El lapso que se le permite trabajar a un dispositivo o un elemento depende de criterios tales como la recomendación del fabricante, la valoración del técnico y sobre todo la duración en el tiempo observado en piezas similares y dependiendo del contexto operacional del activo.

La programación de las actividades en el tiempo, la redacción de los instructivos para llevarlas a cabo, la asignación de las personas que las ejecutarán, la evaluación de los costos de todo este trabajo, entre otros, es lo que constituye la implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo en una empresa, del cual está encargado el departamento de Mantenimiento.

En la actualidad existen en el comercio muchos softwares con los que se maneja este tipo de mantenimiento (CMMS = *Computerized Maintenance Management System*) los cuales se incluyen en otros sistemas generalmente de Producción.

3.2.4 Mantenimiento predictivo (pdm predictive maintenance). El mantenimiento predictivo es una técnica de mantenimiento consistente en 'predecir' el estado de un equipo basándose en una variable física o química. La temperatura, la vibración, el aspecto físico, la composición química de un fluido o el comportamiento ante un estímulo externo pueden ser utilizados para diagnosticar un equipo predecir cuándo fallará y anticiparse al fallo interviniendo en él, antes de que lo haga. Este tipo de mantenimiento es más tecnificado y se requiere de equipos especiales para dicho fin, como conocimiento especializado por parte del ejecutor del mantenimiento predictivo.

3.2.5 Mantenimiento continuo. Es un tipo de organización que se puede dar al Mantenimiento priorizando las actividades que se le dan a las máquinas según su importancia y basados en el concepto que entre mejor se atienda un equipo, así será su desempeño.

3.2.6 Mantenimiento analítico (pm proactive maintenance). Atiende preferentemente al análisis de las estadísticas de falla y analiza la causa raíz de ella, (*R.C.F.A. = Root centered failure analysis*), a las recomendaciones del fabricante, a las condiciones de instalación del equipo y a la calidad de mano de obra de quienes lo operan de acuerdo con esto, el Mantenimiento Analítico es particularmente preventivo.

En el tipo de mantenimiento, más conocido como RCFA, se debe practicar un profundo análisis en el que se estudian las causas de la falla y posteriormente se selecciona la causa raíz. Este tipo de análisis está compuesto por el Análisis de Efectos falla y de Criticidad FMECA (*Failure Mode Effects and Criticality Analysis*) que es un análisis de los efectos según el modo de la falla y el FTA Análisis de Fallas en Esquema de Árbol (*Failure Tree Análisis*) estos dos, permiten un posterior análisis de criticidad. Por lo general para llevar a cabo este tipo de mantenimiento se practica un análisis de Pareto.

3.2.7 Mantenimiento productivo total (tpm total productive maintenance). En la actualidad se ha implementado un tipo de análisis global este es llamado Mantenimiento Productivo Total (TPM Total Productive Maintenance) que es aquel donde el operario de producción atiende el Mantenimiento Preventivo de su unidad productiva al tiempo que se involucra la totalidad del personal de una empresa.

3.2.8 Mantenimiento basado en la condición (cbm condition based maintenance). **Es una estrategia de mantenimiento que utiliza la condición real de la máquina para decidir lo que hay que hacer en el mantenimiento. CBM, busca que el mantenimiento se realice solamente cuando ciertos indicadores muestran signos de disminución de rendimiento o inminente falla. Algún indicador puede incluir mediciones como: inspección visual, datos de eficacia y pruebas programadas. Esta estrategia de mantenimiento está basada en el mantenimiento predictivo.**

3.2.9 Mantenimiento basado en la confiabilidad (rcm reliability based maintenance). La primera industria en tener en cuenta esto fue la industria de la Aviación Civil Norteamericana al comprender que muchas filosofías de mantenimiento eran costosas y altamente peligrosas, lo que inspiro a reexaminar todo lo que se hacía para mantener las aeronaves. Esta metodología se conoce dentro de la industria de la aviación como MSG3y fuera de esta como mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM (Reability-centred maintenance).

Se enfatiza en el funcionamiento del sistema como un todo, más allá del funcionamiento individual de los equipos, para encontrar las posibles fallas a partir del principio de confiabilidad (Reliability). Esta se basa en la Fiabilidad que posee un equipo, cuya característica se puede medir y evaluar cuantitativamente; y en su disponibilidad (Avalibility), pues se hace necesario para planear y predecir su capacidad de mantenerse en operación para evitar paros en la producción y gestionar planes de contingencia.

3.3 FALLA

Se considera falla, cuando un elemento de maquina o un equipo, no cumple la cumple la función básica de diseño; incluso aun operando y no cumple su función satisfactoriamente, se dice que ha fallado.

3.3.1 Fallas funcionales o estados de falla. Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Por ejemplo, para una bomba dos estados de falla podrían ser “Incapaz de bombear agua”, “Bombea menos de 500 litros/minuto”. Por lo general las fallas funcionales están directamente relacionadas con las funciones de un equipo, una vez identificadas las funciones principales identificar las fallas funcionales es relativamente sencillo.

3.3.2 Modos de falla. Es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla, por otro lado, las fallas funcionales suelen tener más de una razón en las se estén presentado y, por lo tanto, distintos “modos de falla”. Cada falla que se puede presentar en una planta representa un riesgo potencial, por lo cual es esencial entender cómo se presenta, entendiendo la forma en que los equipos fallan, podremos diseñar mejores acciones correctivas o preventivas.

3.3.3 Los efectos de falla. Los efectos se pueden identificar mediante los “modos de falla”, antes mencionados, que se podrían presentar en un quipo, Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El “efecto de falla” es una breve descripción de qué ocurrirá cuando la falla aparezca. Debe indicarse claramente, cuál es la importancia que tendría la falla en caso de llegarse a producir.

3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es un indicador proporcional al riesgo que permite jerarquizar o priorizar procesos, sistemas y equipos. Sirve como mecanismo para la toma de decisiones acertadas y efectivas, también permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

3.5 INDICADORES DE GESTIÓN

Es un mecanismo cuantitativo de calificar comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

3.5.1 Disponibilidad. Este indicador nos muestra el porcentaje de tiempo en el que un equipo estará disponible para la producción. Para el periodo de tiempo que se esté analizando se contabilizan las horas calendario de ese periodo y se restan las horas en las que el equipo estuvo detenido por razones de mantenimiento; dichas razones hacen referencia a las intervenciones que involucran mantenimientos de emergencia, mantenimientos correctivos, mantenimiento preventivo, etc. La disponibilidad se mide con la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Calculo de la disponibilidad.

$$DISP = \frac{HRS. PERIODO - \sum HRS. MTTO}{HRS. PERIODO}$$

Dónde:

- HRS.PERIODO: Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas
- HRS.MTTO: Sumamos las horas de parada

Es recomendable obtener el valor de este indicador mensualmente y con estos datos graficar la tendencia mes por mes para determinar si es creciente, decreciente o estable.

3.5.2 Confiabilidad. La confiabilidad se puede definir como la “confianza” que se tiene de que un elemento, componente, equipo o sistema desempeñe su función básica durante cierto periodo de tiempo establecido bajo condiciones estándares de operación.

Para el período que se desee analizar, un año, un semestre, un trimestre, etc., se contabiliza las horas de un período determinado, y se suprimen las horas que el equipo en estudio no estuvo disponible para operar por detenciones de mantenimientos correctivos. Por mantenimientos correctivos debemos entender al mantenimiento de emergencia o los mantenimientos correctivos programados.

En este indicador no se deben contemplar los mantenimientos preventivos, solo intervienen los mantenimientos no planificados que hacen perder confiabilidad al equipo por generar detenciones no planificadas. La confiabilidad se puede medir mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Calculo de la confiabilidad.

$$CONF = \frac{HRS. PERIODO - HRS. MTTO. CORRECTIVO}{HRS. PERIODO}$$

Dónde:

- HRS.PERIODO: Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas.
- HRS.MTTO.CORRECTIVO: Sumamos todas las horas involucradas por mantenimiento correctivo.

La confiabilidad también se puede medir mediante esta otra ecuación, con la aclaración de que debe ser usada para equipos que no son de uso continuo porque no considera los tiempos en los que el equipo estuvo en reserva.

Ecuación 3. Calculo de la confiabilidad para equipos que nos son de uso continuo.

$$CONF = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Dónde:

- TMEF: Tiempo medio entre fallas
- TMPR: Tiempo medio para reparar

3.5.3 Tiempo medio entre fallas. El TMEF nos da una idea clara del tiempo promedio que un equipo o grupo de equipos puede funcionar sin detenerse, lo que significa funcionar sin fallas.

No deben contabilizarse las paradas preventivas pues el mantenimiento preventivo no es por falla, es para evitar la ocurrencia de la falla. Todo mantenimiento correctivo que surge de una recomendación de mantenimiento Predictivo debe contemplarse como falla. El TMEF se puede hallar con la siguiente ecuación.

Ecuación 4. Calculo del tiempo medio entre fallas.

$$TMEF = \frac{\text{HRS. DE SERVICIO}}{\text{CANTIDAD DE CORRECTIVOS}}$$

3.5.4 Tiempo medio para reparar. Este indicador nos da una idea aproximada del tiempo promedio que se demora en ejecutar el mantenimiento correctivo del equipo tras una falla, analizando este indicador podemos actuar para reducir los tiempos de equipo detenido por mantenimientos correctivos. Indudablemente

estas mejoras del TMPR incrementan la disponibilidad de las instalaciones. El TMPR se puede hallar mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 5. Calculo del tiempo medio para reparar.

$$TMPR = \frac{\sum \text{HRS. DE REPARACION}}{\text{CANTIDAD DE CORRECTIVOS}}$$

3.5.5 Tiempo para los mantenimientos preventivo. Es el tiempo promedio que distancian los mantenimientos preventivos, para un equipo o grupo de equipos. Es una herramienta importante para el planificador de mantenimiento, con la cual puede medir la posibilidad de distanciar las intervenciones preventivas.

Ecuación 6. Calculo del tiempo para el cual se debe hacer mantenimiento preventivo

$$TPMP = \frac{\sum \text{HRS. DE SERVICIO}}{\text{CANTIDAD DE MTTOS PREVENTIVOS}}$$

3.5.6 Tiempo promedio mantenimiento preventivo. Es una herramienta para el programador de mantenimiento, pues debe buscar las formas de reducir este indicador, de manera que el equipo disponga de más tiempo para producir, o sea que incrementa la Disponibilidad del equipo.

Ecuación 7. Calculo del tiempo para el mantenimiento preventivo

$$TEMP = \frac{\sum \text{HRS. DE MTTO PREVENTIVO}}{\text{CANTIDAD DE MTTOS PREVENTIVOS}}$$

4. DIAGNOSTICO

4.1 AUDITORIA DE MANTENIMIENTO

Para poder comenzar con el levantamiento del plan de mantenimiento preventivo a la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA se debió realizar una auditoría al proceso de mantenimiento para saber su estado actual y de esa manera identificar las fortalezas y debilidades, con el fin de contribuir al mejoramiento continuo de dicha organización.

Para realizar la auditoria, nos basamos en la metodología que se propone en el capítulo cinco del libro Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión escrito por Francisco Javier Gonzales Fernández. Dicha metodología propone realizar por medio de 128 preguntas claves una encuesta a los responsables de cada departamento de la empresa y operarios, dichas preguntas están distribuidas en 12 formatos y cada formato abarca los siguientes temas:

- A. Organización general.
- B. Métodos y sistemas de trabajo.
- C. Control técnico de instalaciones y equipos.
- D. Gestión de la carga de trabajo.
- E. Compra – logística de repuestos y equipos.
- F. Sistemas informáticos.
- G. Organización del taller de mantenimiento.
- H. Herramientas y medios de prueba.
- I. Documentación técnica
- J. Personal y formación.
- K. Contratación externa.
- L. Planificación y control de la actividad.

Cada pregunta de los diferentes temas tiene cinco opciones de respuesta y cada opción de respuesta representa un número de puntos establecidos a criterio del autor, entonces, según la respuesta dada por los encuestados se van sumando los puntos y el total se compara contra un indicador ideal y uno de aprobación. A continuación, se explicará de manera concisa cada tema que aborda el formato para tener una idea clara en los resultados en que se está fallando y que se debe seguir mejorando.

4.1.1 Organización general: Lo que se logra con este ítem es identificar si el proceso de mantenimiento cuenta con las responsabilidades y funciones de su estructura jerárquica bien definidas teniendo en cuenta el presupuesto que implica cada sección. Además se va a identificar si las operaciones preventivas y correctivas se ejecutan bajo un protocolo establecido y definido.

4.1.2 Métodos y sistemas de trabajo: En este ítem se identifica si se cuenta con sistemas de planificación para intervenciones importantes y si tienen procedimientos para establecer repuestos, justificar nuevas adquisiciones y proponer nuevas actividades; también se logra identificar si el proceso de mantenimiento cuenta con métodos formalizados que indiquen como hacer las reparaciones para después contar con un historial de las intervenciones.

4.1.3 Control técnico de instalaciones y equipos: En este ítem se identifica si se cuenta con un inventario de la ubicación de los equipos según la codificación también si la empresa lleva un registro sistemático de instalaciones nuevas o de supresión de equipos y si hay un responsable directo de las actividades de mantenimiento que haga seguimiento a las operaciones técnicas y seguridad de los operarios.

4.1.4 Gestión de la carga de trabajo: En este ítem principalmente lo que se identifica es si la organización cuenta con un programa de mantenimiento

preventivo. También si los operarios tienen responsabilidades de rutina en cuanto al mantenimiento, si hay un responsable a cargo de la planificación de trabajos a realizar según las prioridades y de que haya un procedimiento para informar las medidas correctivas y/o preventivas cuando un trabajo no fue realizado de manera satisfactoria.

4.1.5 Compra – logística de repuestos y equipos: En este ítem se identifica si dentro de la organización se cuenta con un almacén específico de mantenimiento y un stock de repuestos al día, asequible al personal de forma sistematizada y si la empresa cuenta con proveedores que puedan suministrar de manera rápida los elementos necesarios. A demás si se cuenta con un sistema rápido y eficaz de reparación.

4.1.6 Sistemas informáticos: Con este ítem se identifica si la organización cuenta con un sistema informático que permita la interacción del proceso de mantenimiento con otros tales como producción, control de mano de obra, presupuesto y asignación de costos, etc. Y si en caso tal de contar con ese sistema ayuda realmente a una más fácil y rigurosa toma de decisiones para que de esa manera se pueda ahorrar personal, optimizar recursos y mejorar la eficiencia.

4.1.7 Organización del taller de mantenimiento: Con este ítem se identifica si la organización cuenta con un espacio adecuado para actividades de mantenimiento y si tal espacio fue ubicado de manera estratégica con el fin de que el operario no tenga que recorrer largas distancias para realizar los trámites de las solicitudes y ordenes de trabajo. También se mira la disposición de suficientes herramientas y medios de manutención y transporte adecuado a los trabajos correctivos y preventivos.

4.1.8 Herramientas y medios de prueba: Con este ítem se identifica si está documentado y actualizado el inventario de herramientas y equipo de pruebas, además de un correcto procedimiento de verificación y calibración de herramientas. También se analiza si el proceso de mantenimiento tiene autonomía y técnicos calificados para definir los requisitos técnicos de las nuevas herramientas que se van a necesitar.

4.1.9 Documentación técnica: Con este ítem se identifica si se cuenta con suficiente documentación para las habituales tareas de mantenimiento, así como también las instrucciones técnicas donde se incorporan las acciones preventivas aquí también se tiene en cuenta la trazabilidad para las modificaciones y arreglos de los equipos.

4.1.10 Personal y formación: Con este ítem se identifica si el ambiente de trabajo es positivo para hacer partícipe a los operarios con los objetivos del mantenimiento también se examina si se llevan a cabo encuentros periódicos de apreciación entre el personal directivo y operativo, además se identifica si el personal es lo suficientemente competente para las labores de trabajo.

4.1.11 Contratación externa: Con este ítem se identifica si se tiene un proceso de evaluación formal de los contratistas que habitual o esporádicamente prestan sus servicios al proceso de mantenimiento y si se hace una selección que tenga en cuenta criterios de técnica y competencia. También se pregunta si en los contratos con las empresas contratistas se incluyen cláusulas de resultados y garantía de calidad.

4.1.12 Planificación y control de la actividad: Con este ítem se identifica si se dispone de algún sistema que permita decidir acciones de mejora, sabiendo las repercusiones de las mismas sobre otro indicador básico, como por ejemplo si se aumenta el número de horas extras para acometer más revisiones preventivas.

También se tiene en cuenta si se dan informes regulares del control de las horas de trabajo, los costos de manos de obra y repuestos; además se indaga si se controla la eficacia y tiempos muertos de la potencia de mantenimiento. Otro punto importante que toca este ítem es el de los costos de mantenimiento equipamiento por equipamiento, es decir, mantener una documentación en donde se especifique los costos de mantenimiento preventivo y correctivo según el equipo.

A continuación, se muestra a manera de ejemplo el formato del ítem control técnico de instalaciones y equipos con sus respectivas preguntas el cual fue contestado por el personal involucrado en el proceso de mantenimiento de la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA. Los demás formatos que se encuentran en el ANEXO A tienen las mismas características, solo cambian las preguntas que van de acuerdo según el tema.

Figura 4. Formato de auditoría ítem control técnico de instalaciones.

C. CONTROL TECNICO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	NO	MAS BIEN NO	NI SI NI NO	MAS BIEN SI	SI
1.¿Disponen Uds. De una lista recapitulativa (inventario) de ubicación de los equipamientos de su unidad?				20	
2.¿Tienen cada equipamiento un número de identificación único diferente del numero cronológico de inmovilización?				10	
3.¿En su emplazamiento, tiene todo el equipamiento de número de identificación claramente señalado?		5			
4.¿Se registran sistemáticamente las modificaciones, instalaciones nuevas o la supresión de equipamientos?	0				
5.¿Hay un archivo informático o en papel de cada equipo o instalación y de sus subgrupos funcionales, con reseñas históricas de todos los trabajos llevados a cabo en cada uno de ellos y su coste?	0				
6.¿Tienen efectuados análisis de criticidad de equipos y estudios de averías y modos de fallo?	0				
7.¿Disponen Uds. De información sobre las horas pasadas las piezas consumidas y los costes equipamiento por equipamiento?	0				
8.¿Hay uno (o varios) responsables del cuidado de las reseñas históricas de los trabajos?		5			
9.¿Esra asegurado del seguimiento y control mal de las operaciones reglamentarias y de seguridad llevadas a cabo?			15		
10.¿se audita periódicamente la situación de inventario y su documentación?	0				
11.¿Tiene constancia formal de la adecuación de su parque de maquinaria y equipos a la directiva de máquinas?	0				
12.¿Tiene posibilidad de analizar, sistema a sistema el coste real de sus ciclos de vida?		10			

El formato anterior fue contestado marcando con una equis la respuesta que los encuestados consideraban acertada en una de las cinco casillas y según la casilla donde se responde equivale a un puntaje determinado en los formatos guía, los cuales se encuentran en el capítulo cinco del libro citado anteriormente. Por ejemplo, en la figura 4, para la primera pregunta se marcó en la casilla “MAS BIEN SI” lo que representa 20 puntos en el formato guía que se puede ver en la figura 5 y así sucesivamente con las demás preguntas; ese puntaje se suma y se compara con dos indicadores de referencia, uno ideal y otro de aprobación. El ideal es la suma de todos los puntos de la última columna de izquierda a derecha en el formato guía, es decir si todas las respuestas fueran contestadas con un “SI”, y el indicador permisible es la mitad del indicador ideal.

Figura 5. Formato guía para el ítem control técnico de instalaciones.

C. CONTROL TÉCNICO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS					
1. ¿Disponen Uds. de una lista recapitulativa (inventario) de ubicación de los equipamientos de su unidad?	0	10	-	20	30
2. ¿Tiene cada equipamiento un número de identificación único diferente del número cronológico de inmovilización?	0	5	-	10	20
3. ¿En su emplazamiento, tiene todo el equipamiento un número de identificación claramente señalado?	0	5	-	10	15
4. ¿Se registran sistemáticamente las modificaciones, instalaciones nuevas o la supresión de equipamientos?	0	5	-	10	15
5. ¿Hay un archivo informático o en papel de cada equipo o instalación, y de sus subgrupos funcionales, con reseñas históricas de todos los trabajos llevados a cabo en cada uno de ellos y su coste?	0	10	-	20	30
6. ¿Tienen efectuados análisis de criticidad de equipos y estudios de averías y modos de fallo (AMFE, RCM, etc.)?	0	10	-	20	30
7. ¿Disponen Uds. de información sobre las horas pasadas, las piezas consumidas y los costes, equipamiento por equipamiento?	0	10	-	25	40
8. ¿Hay uno (o varios) responsable/s del cuidado de las reseñas históricas de los trabajos?	0	5	-	15	20
9. ¿Está asegurado el seguimiento y control formal de las operaciones reglamentarias y de seguridad llevadas a cabo?	0	-	15	-	30
10. ¿Se audita periódicamente la situación de inventario y su documentación?	0	5	-	15	20
11. ¿Tiene constancia formal de la adecuación de su parque de maquinaria y equipos a la Directiva de máquinas?	0	-	-	-	20
12. ¿Tiene posibilidad de analizar, sistema a sistema, el coste real de sus ciclos de vida - LCC?	0	10	-	20	30
C - 300 puntos posibles					
Subtotal:					

Fuente: GONZALES, Francisco Javier. Proceso de auditoría de mantenimiento del libro Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. Edición 2. pág. 106

Como se puede apreciar en la figura 5 se muestran los equivalentes del formato guía del ítem “control técnico de instalaciones y equipos” donde el indicador ideal total es de 300 y por efecto el indicador permisible es 150.

4.2 RESULTADO DE LA AUDITORIA

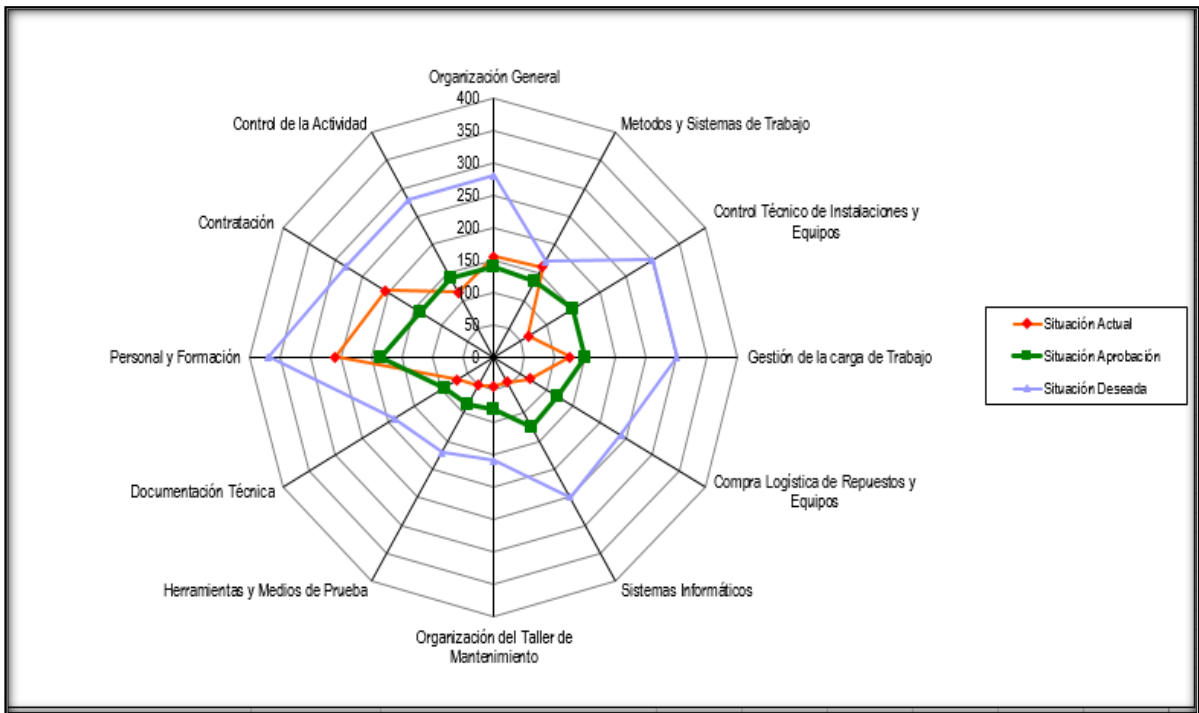
Una vez recopilada la información de las encuestas, fueron llevados los resultados a la siguiente tabla donde se muestra de izquierda a derecha el puntaje obtenido de la gestión de mantenimiento de la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA, el indicador de aprobación y el indicador ideal.

Tabla 1. Resultados de la auditoria

Criterio	Puntaje Obtenido	Puntaje Aprobación	Puntaje Ideal
Organización general	155	140	280
Métodos y sistemas de trabajo	160	135	270
Control técnico de instalaciones y equipos	65	150	300
Gestión de la carga de trabajo	125	150	300
Compra – logística de repuestos y equipos	68	120	240
Sistemas informáticos	45	125	250
Organización del taller de mantenimiento	45	80	160
Herramientas y medios de prueba	50	85	170
Documentación técnica	70	95	190
Personal y formación	260	185	370
Contratación externa	205	140	280
Planificación y control de la actividad	115	140	280

Con el fin de representar la información obtenida en la encuesta, se procedió a graficar los datos obtenidos en la tabla1 y el resultado es el que se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 6. Grafica tela de araña de los resultados de la auditoria de la gestión de mantenimiento en la empresa Productos M y M Ltda.



Como se puede observar, la gráfica cuenta con 12 ejes, cada eje representa un criterio y es dividido en 12 intervalos con un espacio de 50 puntos, se unen los intervalos de cada eje respectivamente formando una especie de tela de araña y sobre esta se grafican las curvas de la situación deseada (azul), situación de aprobación (verde) y la situación actual del proceso de mantenimiento de la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA (rojo); de acuerdo con los puntos registrados en la tabla1.

Tener en cuenta que en la tabla se resaltaron los criterios que se encuentran entre la zona de aprobación y la zona deseada, estos son los aspectos que se deben seguir mejorando, los demás criterios se pueden asumir como inconformidades y son sobre los cuales se deben tomar medidas correctivas y/o preventivas para el mejoramiento continuo de la organización.

4.3 MATRIZ DOFA

La matriz DOFA es una herramienta que se utiliza para detectar factores que se pueden utilizar en beneficio, apuntando hacia un mejoramiento continuo o que afectan de manera adversa una organización.

Según sus siglas la matriz DOFA permite definir los aspectos internos y externos que favorezcan o impidan el buen funcionamiento de una empresa, la matriz se desglosa de la siguiente manera: (D) debilidades: se refiere a los aspectos internos que de alguna u otra manera no permitan el crecimiento empresarial o que frenan el cumplimiento de los objetivos planteados;(O) oportunidades: se refiere a los acontecimientos o características externas al negocio que puedan ser utilizadas a favor del empresario para garantizar el crecimiento de su empresa;(F) Fortalezas: son las características internas del negocio que permitan impulsar al mismo y poder cumplir las metas planteadas y por ultimo (A) Amenazas: son los acontecimientos externos del negocio en la mayoría de las veces incontrolables por el dueño y personal de la empresa analizada.

Entonces teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, se construyó una matriz DOFA de acuerdo con los resultados obtenidos con la metodología utilizada para la auditoria, con el propósito de tener un enfoque más claro de cuáles son los aspectos favorables y no favorables con el fin de que la gestión de mantenimiento se haga de manera eficaz.

4.4 MATRIZ DOFA DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, en primer lugar, se identificaron los aspectos internos de la gestión de mantenimiento, los cuales son los que tienen que ver con todos los criterios que aparecen en la tabla 1 para posteriormente a partir de esos criterios identificar las principales fortalezas y las debilidades al proceso de mantenimiento en la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA.

Entonces los criterios que permiten identificar fortalezas son:

- Organización general
- Métodos y sistemas de trabajo
- Personal y formación
- Contratación externa

Los cuales son los que están resaltados en la tabla 1, por lo tanto, están entre las zonas de aprobación y la ideal como se observa en la gráfica de la figura 6, y a continuación se enlistan los criterios que permiten identificar las debilidades de la gestión del mantenimiento.

- Control técnico de instalaciones y equipos.
- Gestión de la carga de trabajo.
- Compra – logística de repuestos y equipos.
- Sistemas informáticos.
- Organización del taller de mantenimiento.
- Herramientas y medios de prueba.
- Documentación técnica
- Planificación y control de la actividad

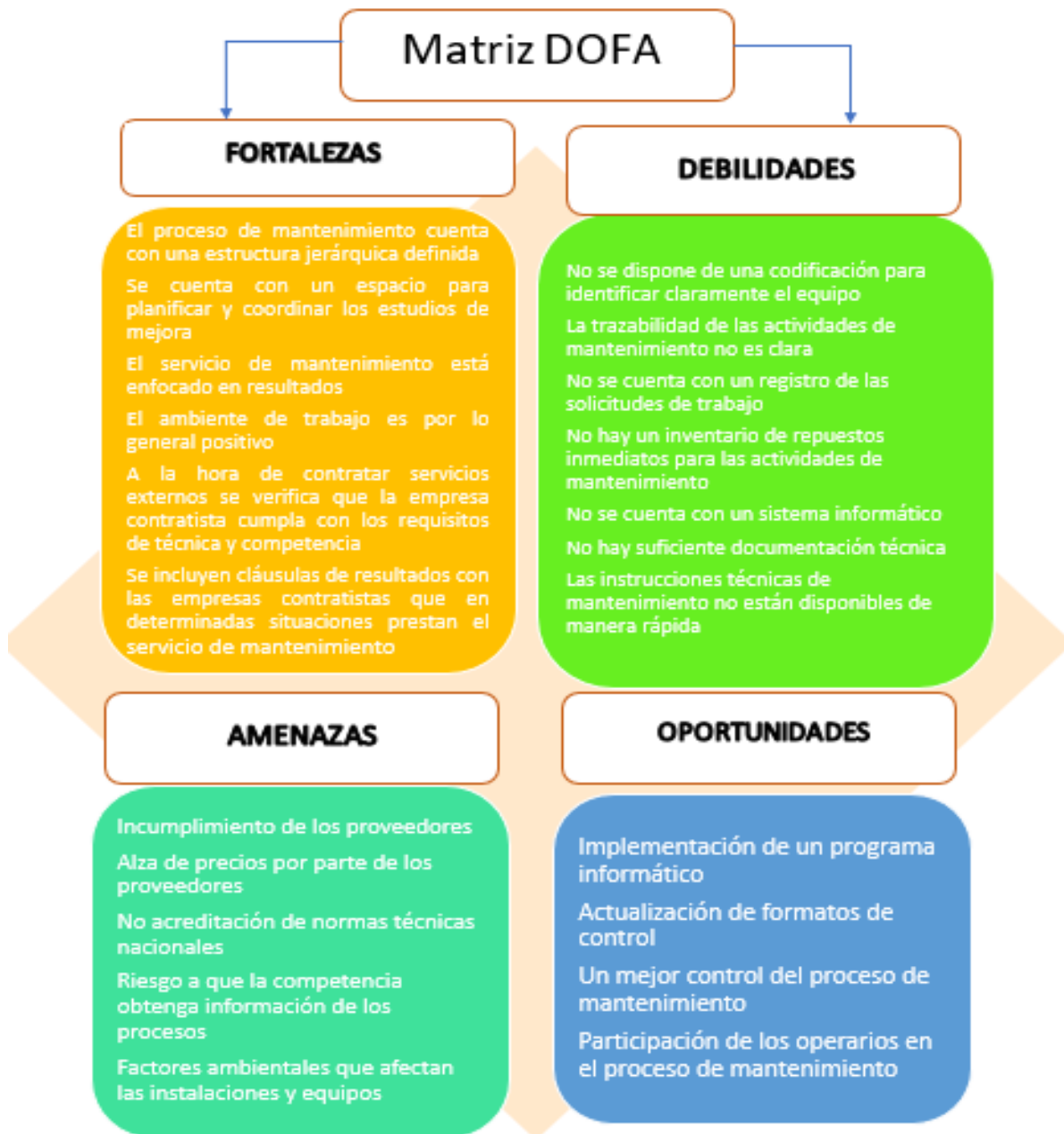
cómo se puede ver en la tabla 1 e interpretar en la gráfica de la figura 6 son estos los criterios que están por debajo de la zona de aprobación y por lo tanto necesitan ser reforzados para contribuir con el mejoramiento continuo del proceso de mantenimiento de la empresa.

por otro lado, los aspectos externos son los que la organización o la gestión del mantenimiento no pueden controlar, tales como:

- Políticas del estado colombiano
- Reglamentaciones nacionales
- Consumidores
- Aumento de precios por parte de proveedores
- Factores ambientales
- Cuestiones culturales

Entonces, una vez clasificados los criterios e identificados los aspectos, se plasmaron en la matriz las siguientes observaciones de manera estratégica.

Figura 7. Matriz DOFA de la auditoría de la gestión de mantenimiento



5. CODIFICACION

5.1 LISTA DE EQUIPOS

Con el fin de obtener un inventario de los equipos de la línea de producción, se hizo una lista en la cual contiene el nombre de los equipos, la zona de ubicación y su relación con los diferentes sistemas, entiéndase a sistema como: conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.

Tabla 2. Lista de los equipos en la línea de producción de vino.

Nivel 1: AREA	Nivel 2: EQUIPO	Nivel 3: SISTEMA
ADECUACION DE MATERIAS PRIMAS	TANQUE DE FERMENTACION 1	
	TANQUE DE FERMENTACION 2	
	TANQUE DE FERMENTACION 3	
	TANQUE DE CLARIFICACION	
	TANQUE DE GRAVILLA	
	TANQUE DE CARBON ACTIVADO	
	FILTRO 1	
	FILTRO 2	
	TANQUE DE RESINA CATIONICA	
	TANQUE DE RESINA IONICA	
	RED DE TRANSPORTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	TUBERIAS
		VALVULAS
	BOMBA DE TRASIEGO	Sistema de lubricación
		Elementos estáticos
	Elementos rotativos	
	Control	
	Alimentación eléctrica	
	MOTOR	
PREPARACION	TANQUE DE PREPARACION 1	Sistema de mezclado
	TANQUE DE PREPARACION 2	Sistema de mezclado
	TANQUE DE PREPARACION 3	Sistema de mezclado
	TANQUE DE PREPARACION 4	Sistema de mezclado
	FILTRO PRENSA 1	Filtros
		Almacenamiento
	FILTRO PRENSA 2	Filtros
		Almacenamiento
	RED DE TRANSPORTE DE LAS PREPARACIONES	tuberías
		válvulas
	BOMBA CON FILTROPRENSA 1	Sistema de lubricación
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Control
	Alimentación eléctrica	
	motor	
BOMBA CON FILTROPRENSA 2	Sistema de lubricación	
	Elementos estáticos	
	Elementos rotativos	
	Control	
	Alimentación eléctrica	
	motor	

Tabla 2. Lista de los equipos en la línea de producción de vino. Cont.

ENVASADO	UNIDAD LLENADORA	Sistema de transmisión de potencia
		Sistema de transporte
		sistema neumático
		Sistema de almacenamiento
		Sistema de bombeo
		Instrumentación
		motor de la banda transportadora
	COMPRESOR	Sistema de lubricación
		Sistema de refrigeración
		Sistema de admisión de aire
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Instrumentación
		Control
		Alimentación eléctrica
	BOMBA DE LLENADO	Sistema de lubricación
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Control
		Alimentación eléctrica
		MOTOR
	TANQUE AEREO DE LLENADO 1	
	TANQUE AEREO DE LLENADO 2	
	ENJUAGADORA	Sistema de transmisión de potencia
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Alimentación eléctrica
		MOTOR
	TUNEL DE CALOR	Sistema de transmisión de potencia
		Sistema de transporte
		sistema de transferencia de calor
		Sistema de almacenamiento
		Control
		Instrumentación
		MOTOR DE CALEFACCION
		MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTA
	ETIQUETEADORA	Sistema de transmisión de potencia
		Sistema de transporte
		Sistema de etiquetas
		Control
		Instrumentación
		MOTOR IMPULSOR DE CALOR
		MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTA
	TAPONADORA	Elementos estáticos
		Sistema manual bajante de corchos
EMPAQUE	BANDEJA ORGANIZADORA	Sistema de transmisión de potencia
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Alimentación eléctrica
		MOTOR

5.2 PROCESO DE CODIFICACION

Una vez realizada la lista, procedemos a identificar cada uno de los equipos mediante un código único, el cual nos permitirá saber su localización, referencias en los formatos de control, elaboración de registros históricos de fallo e intervenciones, cálculo de indicadores referidos a áreas, etc. para este proyecto también servirá como herramienta para el análisis de criticidad, elaboración de un programa informático y formatos de control, entre otras cosas.

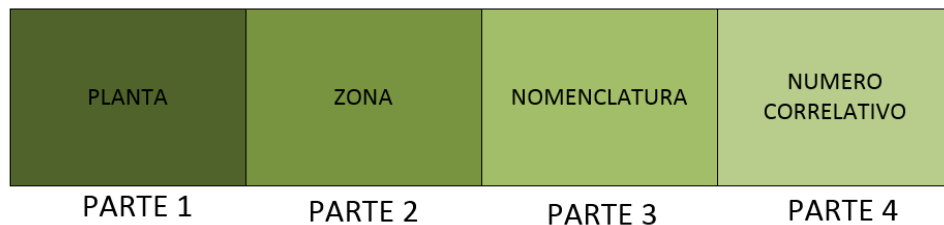
La información que contienen los códigos de los equipos es la siguiente:

- Planta a la que pertenece el equipo
- Área al que pertenece dentro de la planta
- Nomenclatura del nombre del equipo
- Numero correlativo que se asigna enumerando cada equipo que hay dentro de una misma área o zona.

5.3 ELABORACIÓN DEL CODIGO

De acuerdo con lo anteriormente comentado, el código está compuesto por cuatro partes como se muestra de forma esquemática a continuación.

Figura 8. Partes que componen el código de cada equipo.



Cada parte contiene un número a excepción de la nomenclatura, pues en ella solo hay letras.

En la primera parte del código se coloca usualmente el número de identificación de la planta a la cual pertenece el equipo, la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA cuenta con una sola planta de producción (planta N°1) por lo tanto todos los equipos de la línea de producción al comienzo del código tendrán el número uno.

La parte dos del código representa la zona de la planta a la cual pertenece el equipo, por lo tanto, se identificaron las zonas de la siguiente manera y esto permitirá saber la localización del equipo en la planta.

Tabla 3. Zonas de la planta de producción de vino.

Zona 1	Adecuación de materias primas
Zona 2	Preparación
Zona 3	Envasado
Zona 4	empaque

En la parte tres se coloca la nomenclatura, la cual está compuesta por dos o cuatro letras que se derivan del nombre del equipo, a continuación, se muestra una lista con los nombres de los equipos de la línea de producción con su respectiva representación.

Tabla 4. Nombre y nomenclatura de los equipos de la línea de producción.

EQUIPO	NOMENCLATURA
TANQUE DE FERMENTACION 1	TDF
TANQUE DE FERMENTACION 2	TDF
TANQUE DE FERMENTACION 3	TDF
TANQUE DE CLARIFICACION	TDC
TANQUE DE GRAVILLA	TDC
TANQUE DE CARBON ACTIVADO	TDG

EQUIPO	NOMENCLATURA
FILTRO 1	TDF
FILTRO 2	FT
TANQUE DE RESISNA CATIONICA	FT
TANQUE DE RESINA IONICA	TRI
RED DE TRANSPORTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	RTMP
BOMBA DE TRASIEGO	BDT
BOMBA DE TRASIEGO	BDT
TANQUE DE PREPARACION 1	TDP
TANQUE DE PREPARACION 2	TDP
TANQUE DE PREPARACION 3	TDP
TANQUE DE PREPARACION 4	TDP
RED DE TRANSPORTE DE LAS PREPARACIONES	RTDP
BOMBA CON FILTRO 1	BCF
BOMBA CON FILTRO 2	BCF
UNIDAD LLENADORA	UA
COMPRESOR	CR
BOMBA DE LLENADO	BDL
TANQUE AEREO DE LLENADO 1	TAL
TANQUE AEREO DE LLENADO 2	TAL
ENJUAGADORA	EA
TUNEL DE CALOR	TC
ETIQUETADORA	ETA
TAPONADORA	TA
BANDEJA ORGANIZADORA	BO

La cuarta parte del código indica el número que se le fue asignado al equipo dentro de una zona, si en una misma zona hay dos o más equipos con la misma función ese número asignado varia de manera consecutiva; por ejemplo, en la zona de adecuación de materias primas de la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA hay tres tanques de fermentación cumpliendo con la misma función, entonces la asignación del número correlativo seria de la siguiente manera.

Tabla 5. Asignación del número correlativo.

NOMBRE	NUMERO CORRELATIVO
TANQUE DE FERMENTACION	01
TANQUE DE FERMENTACION	02
TANQUE DE FERMENTACION	03

Esto permite mantener la nomenclatura y saber cuántos equipos hay en una misma zona cumpliendo con la misma función.

5.4 CODIFICACION PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA

Una vez organizada la información en el orden presentado en los apartados anteriores, para la creación de los códigos de los equipos que pertenecen a la línea de producción de la empresa, queda establecida la siguiente tabla que muestra la debida codificación.

Tabla 6. Codificación de los equipos de la línea de producción.

Numero	EQUIPO	CODIGO
1	TANQUE DE FERMENTACION 1	11-TDF-01
2	TANQUE DE FERMENTACION 2	11-TDF-02
3	TANQUE DE FERMENTACION 3	11-TDF -03
4	TANQUE DE CLARIFICACION	11-TDC-01
5	TANQUE DE GRAVILLA	11-TDG-01
6	TANQUE DE CARBON ACTIVADO	11-TCA -01
7	FILTRO 1	11-FT-01
8	FILTRO 2	11-FT-02
9	TANQUE DE RESISNA CATIONICA	11-TRC-01
10	TANQUE DE RESINA IONICA	11-TRI-01
11	RED DE TRANSPORTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	11-RTMP-01

Tabla 6. Codificación de los equipos de la línea de producción. Cont.

Numero	EQUIPO	CODIGO
12	BOMBA DE TRASIEGO 1	11-BDT-01
13	BOMBA DE TRASIEGO 2	11-BDT-02
14	TANQUE DE PREPARACION 1	12 -TDP -01
15	TANQUE DE PREPARACION 2	12 -TDP -02
16	TANQUE DE PREPARACION 3	12 -TDP -03
17	TANQUE DE PREPARACION 4	12 -TDP -04
18	RED DE TRANSPORTE DE LAS PREPARACIONES	12-RTDP-01
19	BOMBA CON FILTROPRENSA 1	12-BCF-01
20	BOMBA CON FILTROPRENSA 2	12-BCF-02
21	UNIDAD LLENADORA	13-UA-01
22	COMPRESOR	13-CR-01
23	BOMBA DE LLENADO	13-BDL-01
24	TANQUE AEREO DE LLENADO 1	13-TAL-01
25	TANQUE AEREO DE LLENADO 2	13-TAL-02
26	ENJUAGADORA	13-EA-01
27	TUNEL DE CALOR	13-TC-01
28	ETIQUETADORA	13-ETA- 01
29	TAPONADORA	13-TA-01
30	BANDEJA ORGANIZADORA	14-BO-01

6. CRITICIDAD

6.1 ANALISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

El análisis de criticidad es una metodología que se emplea para priorizar o jerarquizar los activos de una planta y de esta manera soportar en la toma de decisiones la determinación de los recursos de manera proporcionada a cada equipo o instalación y poner atención sobre los más relevantes que afecten de manera directa la productividad de la empresa.

Los niveles de importancia que se utilizaran en este proyecto para jerarquizar los equipos son los siguientes:

- Equipos no críticos (NC): son aquellos con una incidencia escasa en los resultados o sencillamente no repercuten, estos equipos pueden estar sometidos a mantenimiento correctivo.
- Equipos de criticidad media(CM): son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afectan a la empresa, pero las consecuencias son asumibles y permiten lapsos relativamente largos para reparar, estos equipos estarán incluidos bajo el plan de mantenimiento preventivo.
- Equipos críticos(C): son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta de manera significativa el resultado de la empresa, estos equipos también estarán incluidos bajo el plan de mantenimiento preventivo.

6.2 ANALISIS POR FACTORES PONDERADOS

Para poder establecer cuantitativamente la criticidad de cada uno de los equipos se establecen unos criterios evaluados por el personal involucrado en el contexto

operacional (operarios, proceso de mantenimiento, producción, seguridad y ambiente). Cada criterio tiene un valor asignado como se muestra en la tabla No.7 los cuales se utilizan para establecer la criticidad del equipo por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación 8. Calculo de la criticidad.

$$\text{Criticidad} = F.F * C.F$$

Donde:

- F.F es la frecuencia de falla
- C.F consecuencia de falla

Donde la frecuencia de falla está relacionada con la cantidad de veces que falla el equipo por año y la consecuencia de falla se relaciona con el impacto en la operación, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto en la seguridad y ambiente por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación 9. Calculo de la consecuencia.

$$\text{Consecuencia} = (\text{Imp.oper} * \text{flex.oper}) + \text{costo.Mtto} + \text{Imp.SAH}$$

Donde:

- Imp.oper es el impacto en la operación
- flex.oper es la flexibilidad operacional
- costo.Mtto es el costo de mantenimiento
- Imp.SAH es el impacto en seguridad, ambiente e higiene

Los criterios y sus valores asignados para la evaluación del equipo son los que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Guía para el análisis de criticidad.

CRITERIO	VALOR
FRECUENCIA DE FALLA (fallas/año)	
pobre: mayor a 2 fallas/años	4
promedio: 1-2 fallas/año	3
buena: 0.5-1 fallas/año	2
excelente: menor de 0.5 fallas/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Perdida de todo el despacho	10
Para del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO (USD)	
Mayor o igual al 5% del costo del equipo	2
Inferior al 5% del costo del equipo	1
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externo de la organización	8
Afecta el ambiente/instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente, seguridad)	3
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes	1

6.3 PROCESO DE CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS DE LA LINEA DE PRODUCCION

Para poder establecer la criticidad en cada equipo la tabla anterior es complementada en un formato llamado formato para análisis de criticidad, el cual es diligenciado por los encargados de producción y mantenimiento debido a que

son los procesos que más se involucran en el contexto operacional. A continuación, se muestra el formato guía para el análisis de criticidad en donde se muestra en la parte derecha el valor de la respuesta a cada criterio resaltados en amarillo y tanto la consecuencia como la criticidad de cada equipo.

Figura 9. Formato para el análisis de criticidad.

FORMATO PARA EL ANALISIS DE CRITICIDAD		
DILIGENCIADO POR:		
FECHA:		
EQUIPO:		
CODIGO:		
CRITERIO	VALOR	
FRECUENCIA DE FALLA (fallas/año)		
pobre: mayor a 2 fallas/años	4	
promedio: 1-2 fallas/año	3	
buena: 0.5-1 fallas/año	2	
excelente: menor de 0.5 fallas/año	1	
IMPACTO OPERACIONAL		
Perdida de todo el despacho	10	
Para del sistema o subsistema y tiene repercucion en otros sistemas	7	
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	
No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y produccion	1	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		
No existe opcion de produccion y no hay funcion de repuesto	4	
Hay opcion de repuesto compartido/almacenn	2	
Funcion de repuesto disponible	1	
COSTO DE MANTENIMIENTO (USD)		
Mayor o igual al 5% del costo del equipo	2	
Inferior al 5% del costo del equipo	1	
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE		
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificacion ante externo de la organizacion	8	
Afecta el ambiente/instalaciones	7	
Afecta las instalaciones causando daños severos	5	
Provoca daños menores (ambiente, seguridad)	3	
No provoca ningun daño a personas, instalaciones o ambientes	1	
CONCECUENCIA		
CRITICIDAD		

Como ya se ha aclarado, a cada activo se le asigna el formato de criticidad, que se contesta marcando con una X la opción que se considera más acertada para cada criterio según las características del equipo y una vez que se tiene el valor de la

respuesta de acuerdo con el formato guía presentado anteriormente se calcula la criticidad y la consecuencia individual con las ecuaciones 8 y 9 respectivamente.

A continuación, se muestra un ejemplo para el análisis de criticidad de la bomba de trasiego los demás formatos contestados se encuentran en el ANEXO B.

Figura 10. Análisis de criticidad para la bomba de trasiego.

FORMATO PARA EL ANALISIS DE CRITICIDAD		
DILIGENCIADO POR: Encargado de mantenimiento		
FECHA: 08/08/2017		
EQUIPO: BOMBA DE TRASIEGO 1		
CODIGO: 11-BDT-01		
CRITERIO	VALOR	
FRECUENCIA DE FALLA (fallas/año)		
pobre: mayor a 2 fallas/años	4	
promedio: 1-2 fallas/año	3	X
buena: 0.5-1 fallas/año	2	
excelente: menor de 0.5 fallas/año	1	
IMPACTO OPERACIONAL		
Perdida de todo el despacho	10	
Para del sistema o subsistema y tiene repercucion en otros sistemas	7	X
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	
No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y produccion	1	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		
No existe opcion de produccion y no hay funcion de repuesto	4	X
Hay opcion de repuesto compartido/almacenn	2	
Funcion de repuesto disponible	1	
COSTO DE MANTENIMIENTO (USD)		
Mayor o igual al 5% del costo del equipo	2	
Inferior al 5% del costo del equipo	1	X
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE		
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificacion ante externo de la organización	8	
Afecta el ambiente/instalaciones	7	
Afecta las instalaciones causando daños severos	5	
Provoca daños menores (ambiente, seguridad)	3	
No provoca ningun daño a personas, instalaciones o ambientes	1	X
CONCECUENCIA	30	
CRITICIDAD	90	

6.4 RESULTADOS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD

Una vez recopilada toda la información se procede a plasmar los resultados en la siguiente tabla, donde nos muestra el nombre del equipo con su respectivo código, el puntaje obtenido en cada criterio, la consecuencia y la criticidad para cada uno de ellos.

Tabla 8. Resultado del análisis de criticidad.

EQUIPO	CODIGO	F.F	I.O	F.O	C.M	IMP.S.A.H	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
TANQUE DE FERMENTACION 1	11-TDF-01	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE FERMENTACION 2	11-TDF-02	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE FERMENTACION 3	11-TDF -03	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE CLARIFICACION	11-TDC-01	1	4	4	1	1	18	18
TANQUE DE GRAVILLA	11-TDG-01	1	4	2	1	1	10	10
TANQUE DE CARBON ACTIVADO	11-TCA -01	1	4	2	1	1	10	10
FILTRO 1	11-FT-01	2	4	2	1	3	12	24
FILTRO 2	11-FT-02	2	4	2	1	3	12	24
TANQUE DE RESISNA CATIONICA	11-TRC-01	1	4	2	1	1	10	10
TANQUE DE RESINA IONICA	11-TRI-01	1	4	2	1	1	10	10
RED DE TRANSPORTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	11-RTMP-01	1	4	1	1	1	6	6
BOMBA DE TRASIEGO 1	11-BDT-01	3	7	2	1	1	30	90
BOMBA DE TRASIEGO 2	11-BDT-02	3	7	2	1	1	30	90
TANQUE DE PREPARACION 1	12 -TDP -01	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE PREPARACION 2	12 -TDP -02	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE PREPARACION 3	12 -TDP -03	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE PREPARACION 4	12 -TDP -04	1	4	1	1	1	6	6
RED DE TRANSPORTE DE LAS PREPARACIONES	12-RTDP-01	1	4	1	1	1	6	6
BOMBA DE LA FILTROPRESA 1	12-BCF-01	3	7	2	1	1	30	90
BOMBA DE LA FILTROPRESA 2	12-BCF-02	3	7	2	1	1	30	90
UNIDAD LLENADORA	13-UA-01	3	7	4	2	8	22	46
COMPRESOR	13-CR-01	3	10	4	1	7	24	48
BOMBA DE LLENADO	13-BDL-01	3	7	2	1	1	30	90
TANQUE AEREO DE LLENADO 1	13-TAL-01	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE AEREO DE LLENADO 2	13-TAL-02	1	4	1	1	1	6	6
ENJUAGADORA	13-EA-01	1	4	4	1	1	18	18
TUNEL DE CALOR	13-TC-01	1	4	2	1	3	12	12
ETIQUETeadora	13-ETA- 01	1	4	4	1	1	18	18
TAPONADORA	13-TA-01	2	4	2	1	3	12	24
BANDEJA ORGANIZADORA	14-BO-01	2	4	2	1	3	12	24

Donde:

- F.F es la frecuencia de falla por año
- I.O es el impacto operacional

- F.O la flexibilidad operacional
- C.M costo de mantenimiento
- IMP.S.A.H es el impacto en seguridad, ambiente e higiene

En la parte derecha de la anterior tabla se puede ver la criticidad de cada equipo calculada como se había dicho anteriormente con la ecuación 8 y resaltada mediante un código de colores que indican el nivel de criticidad de los equipos, los que están resaltados en verde son los equipos no críticos, los que están en amarillo son los de nivel de criticidad media y los resaltados en rojo son los equipos críticos, son a estos dos últimos grupo de equipos a quienes se les elaborara el plan de mantenimiento preventivo, es decir, a los de criticidad media y a los críticos.

Por lo tanto, la tabla muestra cuales son los equipos a los cuales se les debe destinar mayores recursos y por lo tanto a cuáles ejercer un mayor control para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los activos.

6.5 MATRIZ DE CRITICIDAD

Al tener calculada la consecuencia para cada equipo como se ve en la tabla y teniendo su respectivo valor de frecuencia de falla, será posible ubicar cada equipo en una matriz en la que se visualizan los equipos críticos en la esquina superior derecha y los menos críticos en la esquina inferior izquierda con el fin de complementar la tabla de resultados del análisis de criticidad.

La matriz está compuesta por dos ejes: en el eje Y se ubican los cuatros posibles valores que representan la frecuencia de falla anual y en el eje X los valores de la consecuencia como se muestra a continuación de forma esquemática.

Figura 11. Elaboración de la matriz de criticidad.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Ingeniería de mantenimiento. Análisis de criticidad en activos. Ing. Carlos Borrás P. Ph.D.,MSc.

Entonces el producto entre la frecuencia y la consecuencia de cada equipo nos da la criticidad y de esa manera se va llenando la matriz. La matriz clasifica los equipos en tres categorías dependiendo del valor de la criticidad de la siguiente manera:

- Equipos críticos (60-200)
- Equipos de criticidad media (25-59)
- Equipos no críticos (1-25)

6.6 MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LO EQUIPOS DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE VINO PARA LA EMPRESA PRODUCTOS M Y M LTDA.

De acuerdo con la información presentada y los datos obtenidos se creó la siguiente matriz de criticidad complementando así el análisis de criticidad

Figura 12. Resultados y matriz de criticidad para los equipos de la línea de producción.

FRECUENCIA	4	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192
DE FALLA	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
CONSECUENCIA	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48

EQUIPO	CODIGO	F.F	I.O	F.O	C.M	IMP.S.A.H	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
TANQUE DE FERMENTACION 1	11-TDF-01	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE FERMENTACION 2	11-TDF-02	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE FERMENTACION 3	11-TDF-03	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE CLARIFICACION	11-TDC-01	1	4	4	1	1	18	18
TANQUE DE GRAVILLA	11-TDG-01	1	4	2	1	1	10	10
TANQUE DE CARBON ACTIVADO	11-TCA-01	1	4	2	1	1	10	10
FILTRO 1	11-FT-01	2	4	2	1	3	12	24
FILTRO 2	11-FT-02	2	4	2	1	3	12	24
TANQUE DE RESISNA CATIONICA	11-TRC-01	1	4	2	1	1	10	10
TANQUE DE RESINA IONICA	11-TRI-01	1	4	2	1	1	10	10
RED DE TRANSPORTE DE LAS MATERIAS PRIMAS	11-RTMP-01	1	4	1	1	1	6	6
BOMBA DE TRASIEGO 1	11-BDT-01	3	7	2	1	1	30	90
BOMBA DE TRASIEGO 2	11-BDT-02	3	7	2	1	1	30	90
TANQUE DE PREPARACION 1	12-TDP-01	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE PREPARACION 2	12-TDP-02	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE PREPARACION 3	12-TDP-03	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE DE PREPARACION 4	12-TDP-04	1	4	1	1	1	6	6
RED DE TRANSPORTE DE LAS PREPARACIONES	12-RTDP-01	1	4	1	1	1	6	6
BOMBA DE LA FILTROPRENSA 1	12-BCF-01	3	7	2	1	1	30	90
BOMBA DE LA FILTROPRENSA 2	12-BCF-02	3	7	2	1	1	30	90
UNIDAD LLENADORA	13-UA-01	3	7	4	2	8	22	46
COMPRESOR	13-CR-01	3	10	4	1	7	24	48
BOMBA DE LLENADO	13-BDL-01	3	7	2	1	1	30	90
TANQUE AEREO DE LLENADO 1	13-TAL-01	1	4	1	1	1	6	6
TANQUE AEREO DE LLENADO 2	13-TAL-02	1	4	1	1	1	6	6
ENJUAGADORA	13-EA-01	1	4	4	1	1	18	18
TUNEL DE CALOR	13-TC-01	1	4	2	1	3	12	12
ETIQUETADORA	13-ETA-01	1	4	4	1	1	18	18
TAPONADORA	13-TA-01	2	4	2	1	3	12	24
BANDEJA ORGANIZADORA	14-BO-01	2	4	2	1	3	12	24

CRITICOS	(60-200)
CRITICIDAD MEDIA	(25-59)
NO CRITICOS	(1-25)

6.7 CONCLUSION DEL ANALISIS DE CRITICIDAD

De acuerdo con los resultados del análisis de criticidad se pudo identificar que los equipos de la línea de producción que estarán sometidos al plan maestro de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Bomba de trasiego
- Bomba de la filtroprensa
- Bomba llenadora
- Unidad llenadora
- Compresor

A estos equipos se les van a crear y actualizar los siguientes formatos de control: Fichas técnicas actualizadas, hojas de vida, listas de chequeo equipo en operación y/o con equipo detenido, solicitudes de trabajo ordenes de trabajo y cronogramas de mantenimiento, los demás equipos, es decir los no críticos deben contar como mínimo con unas listas de chequeo según las consideraciones del encargado del mantenimiento de la empresa en donde se consignan las actividades de rutina diaria o semanal según las características de los equipos.

7. DESCRIPCION Y FUNCION DE LOS EQUIPOS CRITICOS en LA LINEA DE PRODUCCION DE VINO DE LA EMPRESA PRODUCTO M Y M LTDA.

De acuerdo con los resultados del análisis de criticidad, las tres bombas centrífugas principales en línea de producción son los equipos más críticos de la línea ubicados en las diferentes zonas de la planta como se puede ver en la lista de equipos. Aparte de los criterios evaluados en los formatos para el análisis de criticidad estos equipos se clasificaron como críticos debido a la importancia de su funcionamiento cuando se están haciendo las labores de adecuación de materias primas, preparación de materias primas y el envasado de vino en las botellas tanto en temporadas altas como en temporadas bajas, puesto que no se cuenta con una cadena operacional alterna que pueda suplir dicha actividad, por lo tanto, la línea de producción se vería afectada de manera adversa representando pérdidas para la empresa y gastos que se pueden evitar. También cabe aclarar que a pesar de que la unidad llenadora sea un equipo de vital importancia para la dosificación de las botellas, no se estableció como equipo crítico debido a que la máquina está todavía bajo garantía, por lo tanto, no se puede hacer la descomposición del equipo para establecer los elementos críticos y repuestos a tener en cuenta dentro del plan de mantenimiento, sin embargo, están las acciones preventivas recomendadas por el fabricante para mantener en servicio dicho activo. A continuación, se mostrarán los equipos mencionados y se dirá de manera concisa su funcionamiento en la línea de producción.

7.1 BOMBA DE TRASIEGO

Es la encargada de transportar el mosto desde los tanques de fermentación hacia el tanque de clarificación.

Figura 13. Bomba de trasiego



7.2 BOMBA DEL FILTRO PRENSA

Hace pasar el vino a través de unos filtros que retienen cualquier solido en la mezcla; son sujetos por una prensa de tronillo logrando retener las impurezas eficazmente. además, su función es transportar las mezclas de estos tanques de preparación hacia los tanques elevados que abastecen la unidad llenadora por medio de una red de tuberías dispuestas en la planta.

Figura 14. Bomba del filtro prensa



7.3 BOMBA DE LA UNIDAD LLENADORA

Abastece la línea de llenado mediante unas boquillas de acción neumática, logrando llenar varios recipientes al mismo tiempo.

Figura 15. Bomba de la unidad llenadora



7.4 UNIDAD LLENADORA

Figura 16. Vista de la unidad llenadora.



7.4.1 Descripción básica. La Llenadora cuenta con diez boquillas ajustables para la medida de líquido deseable en cada aplicación. Esta unidad se entrega con una banda transportadora la cual se encarga de llevar el envase a través de esta hasta un punto donde 10 boquillas descienden, luego se efectúa la activación de la bomba la cual suministra el líquido a las boquillas para realizar el proceso de llenado.

7.4.2 Descripción de la operación

Figura 17. Vista frontal de la unidad llenadora.



Estas boquillas son accionadas por el mismo envase lo cual evita derrames innecesarios, estas están ubicadas en un módulo que se mueve gracias a un pistón neumático. Cuando el envase se acciona la boquilla deja pasar el líquido del tanque superior al interior de la botella.

7.4.2 Volante

Figura 18. Volante de graduación.



Volante de graduación de boquillas de dosificación, el cual permite el ajuste manual para la medida de recorrido del pistón el cual permite el descenso de las boquillas para el proceso de dosificación, el ajuste es condicionado por el tamaño del envase.

7.4.3 Pistones La llenadora cuenta con tres pistones que son activados por tres electroválvulas estos pistones cumplen las siguientes operaciones: 1. Pistón de entrada que da la separación para los envases a llenar. 2. Pistón de salida que detiene y da la posición de los envases. 3. Pistón del módulo el cual da el movimiento de ascenso y descenso del módulo donde se ubican las boquillas. En algunas unidades se entrega con un anti goteo dependiendo la aplicación el cual es accionado por un cuarto pistón que da movimiento para la bandeja donde se recogen algunas gotas que quedan en la punta de las boquillas en el momento de llenado este pistón es accionado por una electroválvula.

7.4.4 Electroválvulas

Figura 19. Vista de las electroválvulas.



La electroválvula neumática tiene como función controlar los pistones mediante señales eléctricas permitiendo el cambio del paso del aire.

7.5 COMPRESOR

Figura 20. Vista del compresor.




En la línea de producción de vino de la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA el compresor cumple la función de entregarle la potencia neumática a los actuadores de la unidad llenadora a través de las mangueras neumáticas a una distancia aproximada de 13 metros de longitud y ubicado a dos metros del piso. Si este equipo llegara a fallar, la unidad llenadora no cumpliría su función y el área de envasado se vería seriamente afectada en el momento de producción por lo que no se cuenta con un equipo que lo remplace para respaldar su operación.

8. ELABORACION DE LAS FICHAS TECNICAS ACTUALIZADAS PARA LOS EQUIPOS CRITICOS Y CRITICIDAD MEDIA

Se realizaron las fichas técnicas y formatos de control acordados con el encargado del proceso de mantenimiento de la empresa PRODUCTOS M Y M LTDA para los equipos críticos y de criticidad media, un ejemplo de una las de las fichas técnicas es el siguiente. Las demás fichas técnicas se encuentran en el ANEXO C.

Figura 21. Ficha técnica de la bomba de trasiego 1.

PRODUCTOS M Y M LTDA	
FICHA TECNICA DE MANTENIMIENTO	
LINEA DE PRODUCCION	
	
	Nombre del equipo: Motobomba de trasiego
	Marca: Calpeda
	modelo:
	codigo: 11-BDT-01
Horas de trabajo: 30Hrs/Sem	
Año de puesta en marcha: 2013	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje: 220V	Ventilador: 17mm
Amperaje: 5A	Eje: 18mm
Rodamientos: 6203-6204	succion: 2"
Sello Mecanico: 18mm tipo conico	Descarga: 2"
Retenedores: 35x17x7	Caudal: 120L/min
Potencia: 1Hp	Revoluciones: 3450 RPM
SUBSISTEMAS DE MANTENIMIENTO	
Sistema de lubricación	Control
Elementos estáticos	Alimentación eléctrica
Elementos rotativos	

10. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE LA LINEA DE PRODUCCION DE VINO

El propósito de este plan de mantenimiento preventivo es definir una serie de acciones programadas con cierta frecuencia para su ejecución, además de establecer los parámetros y repuestos que permitan mejorar la efectividad de los equipos críticos nombrados en la página 67 del capítulo 6 e influir de manera beneficiosa en la confiabilidad y disponibilidad de los mismos.

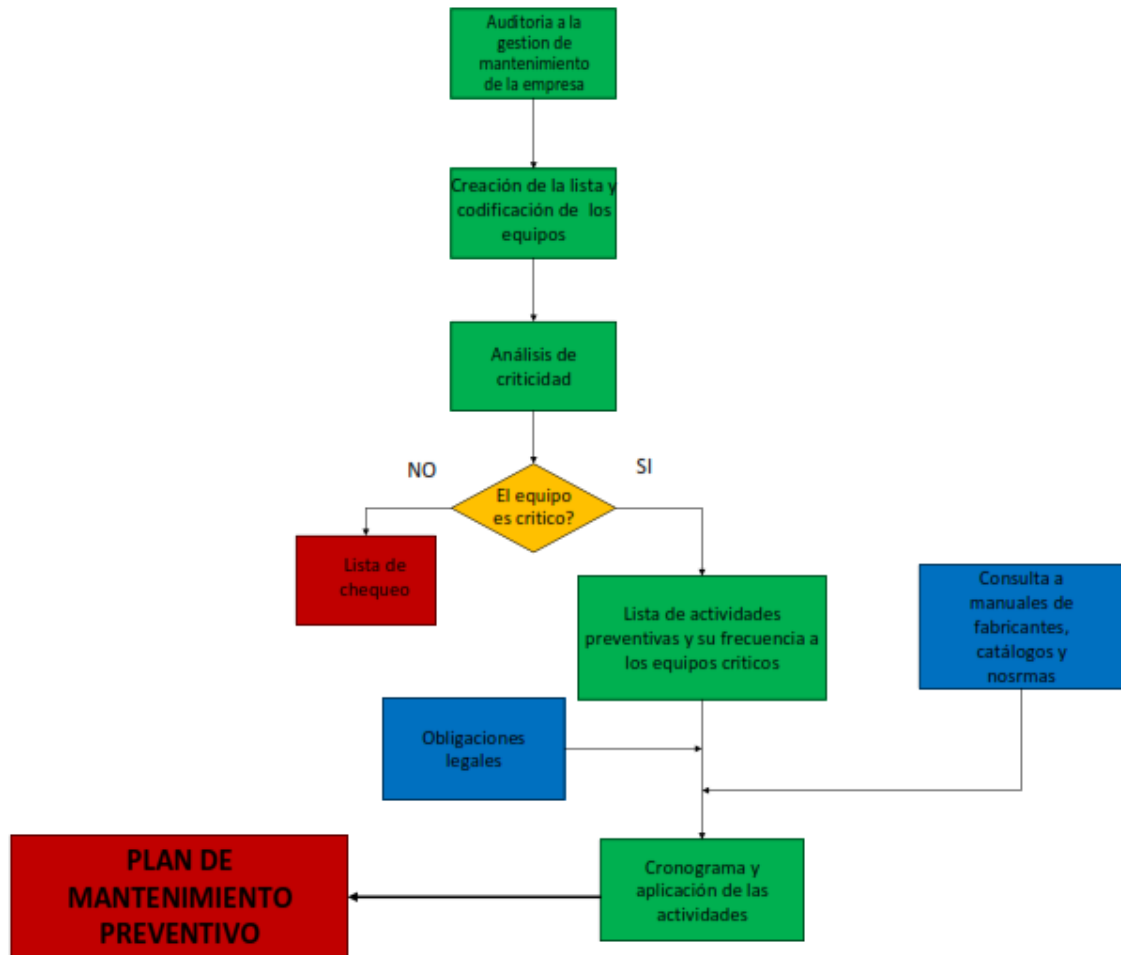
Para llevar acabo dicho plan se definen una serie de tareas necesarias y oportunas para ejecutarlas según las características del equipo teniendo en cuenta las variables de control y los procedimientos para cada actividad.

La estructura para armar el plan de mantenimiento preventivo a los equipos críticos es la siguiente: Primero aprovechando el hecho de que las tres bombas son centrifugas se hablara de manera general los aspectos más importantes en el mantenimiento preventivo en las bombas de este tipo teniendo en cuenta las características de las bombas a las cuales realizaremos el mantenimiento preventivo , luego se hablara de manera más específica las acciones preventivas que se deben ejecutar teniendo en cuenta parámetros, partes críticas y las normas correspondientes, por último se realizara un cronograma de actividades preventivas teniendo en cuenta toda la información mostrada anteriormente, el cual nos permitirá establecer las alertas para generar las solicitudes y ordenes de trabajo en el programa informático de mantenimiento.

A continuación, se muestra el flujograma para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo en donde se muestran los aspectos que se trabajaron

en el proyecto para identificar los activos a los cuales se les debe hacer las labores de mantenimiento.

Figura 23. Flujograma del plan de mantenimiento preventivo.



10.1 DESCOMPOSICION DE LOS EQUIPOS POR PARTES

Para proceder de una manera más organizada y estratégica sea hace necesario descomponer los equipos en sus partes funcionales principales para establecer cuales actividades preventivas se destinarán a cada una de ellas con su

respectiva frecuencia y de esa manera se establecer una metodología para la mantenibilidad de los equipos que reduzca los gastos innecesarios.

10.2 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SUS FRECUENCIAS

Para la determinación de las actividades preventivas con sus respectivas frecuencias, como primera medida se consultó en manuales, normas y en los catálogos que entrega el fabricante al momento de la adquisición del equipo, además con la ayuda del encargado de mantenimiento de la empresa junto con los operarios, se estableció bajo criterio a cuáles componentes o partes es más conveniente realizar los trabajos preventivos y cuales los correctivos.

A continuación, se nombrarán los aspectos de referencia para el mantenimiento orientado a las bombas centrífugas de la línea de producción, el cual se puede aplicar a los cinco equipos críticos.

10.3 ACTIVIDADES Y ASPECTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS BOMBAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE VINO

A continuación, se nombrarán las actividades de rutina que debe realizar el operario encargado de manejar el quipo, estas actividades estarán presentes en el formato de control llamado lista de chequeo.

Para cumplir con la lista de actividades diarias basta con solo utilizar la vista, el oído y el tacto. Antes de realizar cualquier trabajo analice los riesgos que se presentan y tome todas las medidas de seguridad al ejecutarlo. Estar alerta en caso de que haya un rendimiento deficiente, ruidos no usuales, vibraciones y

fugas inusuales en tal caso registrarlo en el sistema de información para generar las solicitudes y ordenes de trabajo para la eliminación de la inconformidad, también estar verificando regularmente los manómetros mientras el equipo esté en funcionamiento.

10.3.1 Inspecciones diarias

1. Grupo eyector: verificar la diferencia de presión entre los manómetros colocados a cada lado del filtro del grupo eyector, si la diferencia de presión aumenta entonces el grupo eyector necesita limpieza.
2. Flujo de la bomba: Revisar los medidores de succión y de descarga de presión para mantener el rendimiento de la bomba. Cualquier reducción inadecuada del flujo de la bomba la sobrecalentara y aumentara el desgaste de los sellos y cojinetes.
3. Fugas por los empaques: debe existir una fuga mínima en los empaques para poder mantenerlos lubricados y evitar que el aire exterior entre por el collarín dicha fuga no debe sobrepasar de 20 gotas por minuto. La falta de lubricación es la principal falla de los empaques.
4. Presión del sello mecánico: una presión por encima del valor recomendado por el fabricante acorta la vida útil del elemento.
5. Temperatura de cojinetes: Los cojinetes que trabajan con excesiva temperatura se desgastan prematuramente y pueden causar daños en otros accesorios, por otro lado, si enfrían demasiado, puede producirse condensación provocando la oxidación de los mismos

NOTA: Estar alerta a los ruidos ajenos al funcionamiento normal de la bomba; ya que pueden indicar: Cavitación, Vibración excesiva, falla de los cojinetes u otros problemas que no deben ignorarse.

10.3.2 Revisiones semanales En las zonas que estén operando las bombas deben realizarse las siguientes verificaciones semanales:

1. Rotación del eje en periodos de inactividad: Siempre que la bomba se pare durante un largo periodo, gire el eje manualmente una vuelta y cuarto para lubricar los cojinetes y prevenir que se trabe el eje o funcione de manera inadecuada.
2. Tubería: Verificar si se presentan fugas en las conexiones.
3. Vibraciones del eje y cojinetes: Usar un medidor de vibración manual para medir la vibración de los cojinetes y del eje. Las vibraciones no deben exceder de 0.002”.

10.3.3 Revisiones adicionales A continuación, se nombran algunas condiciones que necesitan atención periódicamente, algunas con mayor frecuencia que otras

1. En los cojinetes lubricados con grasa, inspeccionar que la cantidad de lubricante sea la requerida.
2. Consumo de energía, la revisión del consumo de energía de la bomba debe ser parte de la rutina de operación. El consumo excesivo de energía es un signo de que es necesario revisar la alineación de la bomba, los cojinetes y otros accesorios.
3. Pernos de sujeción. Los pernos de sujeción de la bomba no necesitan ser revisados con frecuencia, aunque una verificación oportuna del ajuste puede prevenir la necesidad de darle mantenimiento a la bomba como resultado de una vibración innecesaria.

10.3.4 Inspección interna. No abrir la bomba sin necesidad, en caso de hacerlo, tener en cuenta lo siguiente:

- Revise todas las partes y reemplace las partes desgastadas.
- Limpie e inspeccione la caja y asegúrese de que estén despejados los conductos del impulsor y de los sellos del líquido.

- Observe el impulsor y el anillo en busca de desgaste, erosión, rebabas o rayones. que pudieran causar un desequilibrio. vibración y deterioro. Si aparentemente existe un problema de abrasión, use una película de poliuretano para prolongar la vida útil del impulsor.
- Observe la camisa (manguito) y el eje en busca de desgaste. daños o curvaturas. El eje debe estar justo dentro de 0.001". En caso de que la camisa o el eje muestren signos de daño o deterioro, reemplácelos.

Aún bajo las circunstancias más favorables, una bomba tendrá que salir finalmente de servicio para permitir reemplazo de las partes desgastadas o averiadas. Esta sección describe los métodos estándar para reemplazar empaques y sellos correctamente en la bomba y el elemento accionador.

Si es posible, traslade la bomba a un sitio limpio antes de abrirla. Evite abrir una bomba o reemplazar empaques, sellos o cojinetes en lugares expuestos al polvo u otros elementos contaminantes. La contaminación es un factor primordial en el daño prematuro de las bombas.

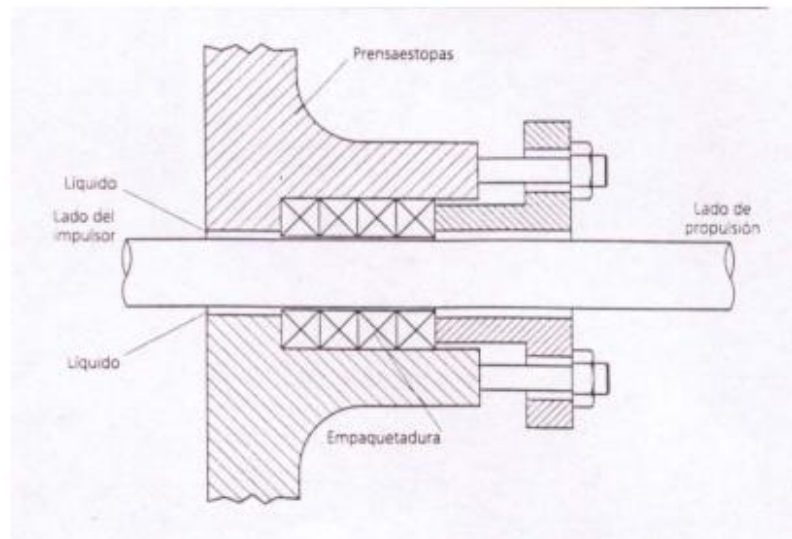
10.4 PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE REPUESTOS

10.4.1 Empaques: El empaque debe ser reemplazado cuando ya no pueda controlarse una fuga excesiva de la caja de empaques ajustando el collarín. Reponga todos los empaques. No vuelva a insertar los empaques viejos, ni trate de controlar las fugas agregando anillos nuevos a los empaques desgastados. En la mayoría de las bombas, los empaques pueden ser reemplazados sin necesidad de abrir la bomba.

1. Saque el collarín.

2. Use un gancho o extractor para sacar el empaque viejo y el anillo de linterna, si se usa. Asegúrese de que se cambien todos los empaques viejos en ambos lados del anillo de linterna.
3. limpie y observe la camisa (manguito) o eje lo mejor posible. Si hay algún signo de desgaste, reponga el eje y la camisa.
4. Consulte las instrucciones del fabricante en cuanto al tipo de empaques y al número de anillos.
5. Si se emplean empaques enrollados. córtelos a la medida precisa. Puede haber una junta a inglete o a tope, lo que es importante es que la junta tenga un ajuste cerrado.
6. Coloque los anillos de empaque cuidadosamente en el eje, uno por uno. Las juntas deberán estar dispuestas alternadamente 45° a la derecha e izquierda a partir del centro superior del eje, en tal forma que no estén en línea dos juntas adyacentes.

Figura 24. Empaquetadura mecánica



7. Si se emplea un anillo de linterna, cerciórese de que esté alineado con la entrada del fluido del sello, de tal manera que el fluido corra libremente a través de la caja de empaques.
8. Cuando todos los anillos de empaque se hayan insertado, reemplace el collarín y ajuste sus tuercas. Luego hágalas retroceder poco menos que el ajuste manual.
9. Arranque la bomba
10. Deje que la bomba funcione un par de horas antes de intentar controlar las fugas. Para que las fugas estén de acuerdo con lo recomendado por el fabricante, ajuste las tuercas del collarín gradualmente y por pasos. Durante cada paso, gire las tuercas más o menos un cuarto de vuelta. Después, deje funcionar la bomba por lo menos quince minutos entre los ajustes para que responda al cambio de presión.

Si la fuga es inferior a la indicada anteriormente, la bomba deberá apagarse y enfriarse antes de aflojar el collarín.

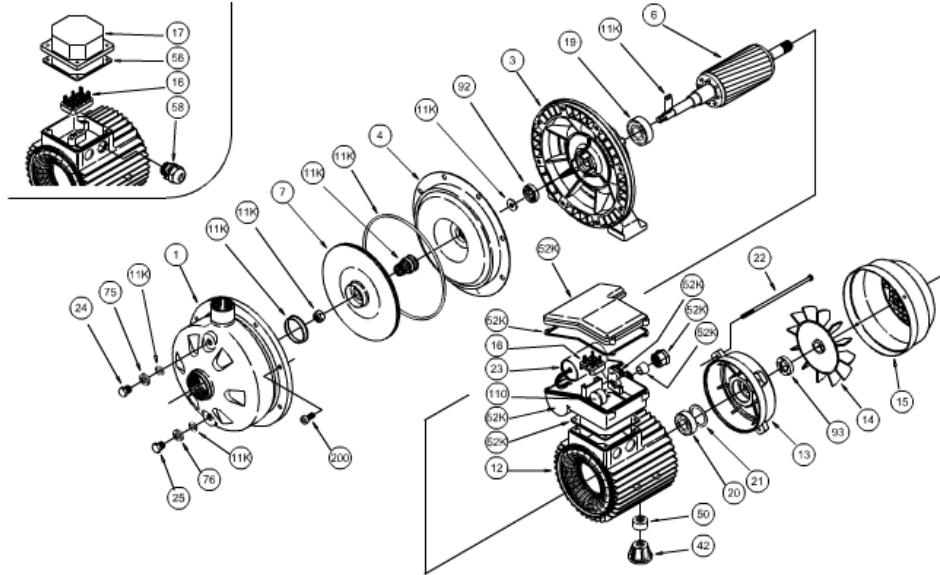
10.4.2 Sellos mecánicos: Un sello mecánico con fugas deberá reemplazarse. Las precauciones contra la contaminación son aplicables particularmente a los sellos que son piezas de precisión que requieren un cuidado especial y esto se debe tener en cuenta en el inventario de repuestos. Incluso el más pequeño rayón puede significar una fuga. Los sellos que se usan para las bombas críticas son de tipo AR-14. Los sellos mecánicos se deben instalar según las instrucciones del fabricante. Sin embargo, existen principios básicos que deben ser aplicados al reponer cualquier sello.

1. La bomba deberá trasladarse a un área limpia de trabajo.
2. Asee el interior de la bomba e inspeccione en busca de desgaste o daños.
3. Si la bomba tiene una caja de empaques, límpiela totalmente.
4. Inspeccione el eje, la camisa (manguito) del eje, el cuñero y la cuña, y el tornillo opresor en busca de rebabas o ranuras.

5. Abra el paquete de sellos muy cuidadosamente con las manos limpias. La mugre y los rasguños inadvertidos en la superficie de un sello pueden arruinarlo. Inspeccione en busca de defectos, y si detecta o sospecha un defecto, devuelva el sello al fabricante. Si se cae un sello, no lo use a menos de que esté totalmente seguro de que no está estropeado.
6. Lubrique ligeramente el anillo interno, la cuña de telón o los fuelles antes de instalarlos. El lubricante debe ser compatible con el material del anillo.
7. Coloque el sello de reemplazo siguiendo las instrucciones del fabricante. Si el anillo debe fijarse, ponga especial atención al espacio entre las caras de los sellos. Un ajuste preciso es indispensable para evitar sellos demasiado apretados, que impidan la lubricación, o tan sueltos que permitan las fugas.
8. Ensamble la bomba nuevamente, y cerciórese de que tanto la bomba, como el elemento accionador, estén alineados.
9. Prenda la bomba
10. Detecte las fugas. El sello podría presentar fugas un poco después de su instalación, pero sólo durante un corto tiempo. La continuación de las fugas podría indicar un sello defectuoso o una instalación inadecuada del mismo.

10.5 DESPIECE DE LAS BOMBAS CRITICAS

Figura 25. Vista explosionada de la bomba con filtro prensa



Position	Code	Description
1	251419025	CASING
3	240280545	MOTOR BRACKET
4	251438005	CASING COVER
11K	364500003	MECHANICAL SEAL KIT
13	230225501	MOTOR COVER
15	362250002	FAN COVER
21	360600035	SPACER RING
22	369305135	TIE ROD
24	375192107	PLUG
25	375192107	PLUG
42	371415013	FOOT
75	367667000	WASHER
76	367667000	WASHER

92	360991522	SEAL RING
200	369600023	SCREW
7	251450000	IMPELLER
14	369950002	FAN
19	360306210	BEARING
20	360306211	BEARING
52K	352665058	TERMINAL BOX KIT
6	275412551	SHAFT
52K	352665058	TERMINAL BOX KIT
11K	364500003	MECHANICAL SEAL KIT
13	230225501	MOTOR COVER
3	240280545	MOTOR BRACKET
1	251419025	CASING
4	251438005	CASING COVER

1. Cuerpo de la bomba
2. Tapa
3. Grupo eyector
4. Rodete
5. Eje motor
6. Sello mecánico
7. Rodamientos
8. Condensador
9. Motor eléctrico

10.6 ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

10.6.1 Cuerpo Bomba: Es la carcasa que envuelve al rodete, para su mantenimiento se debe desarmar o desincrustar para posteriormente limpiarla en un ambiente libre de contaminación, también se debe sopetear el tubo del agua de lubricación, la presión máxima en el cuerpo de la bomba es de 6.5[bar],10[bar] y 6[bar] para la del filtro prensa, trasiego y la de la unidad llenadora respectivamente

10.6.2 Tapa de la bomba: Al igual que la carcasa se debe limpiar en un ambiente libre de contaminación, verificar el estado de la tapa que no contenga huecos o abolladuras e inspeccionar las partes roscadas.

10.6.3 Grupo eyector: Inspeccionar y limpiar el grupo eyector, revisar el estado del filtro y si está en mal estado se debe cambiar.

10.6.4 Rodete: Quite la tapa de la bomba para que revise el estado del impulsor y de los anillos de desgaste que son unos anillos de bronce montados en el cuerpo de la bomba y protegen al impulsor, si están gastados hay que cambiarlos y si el rodete presenta problema de abrasión realizar cubrimiento de poliuretano.

10.6.5 Eje del motor: Inspeccionar el estado de los manguitos que protegen el eje y cuando estén desgastados cambiarlos

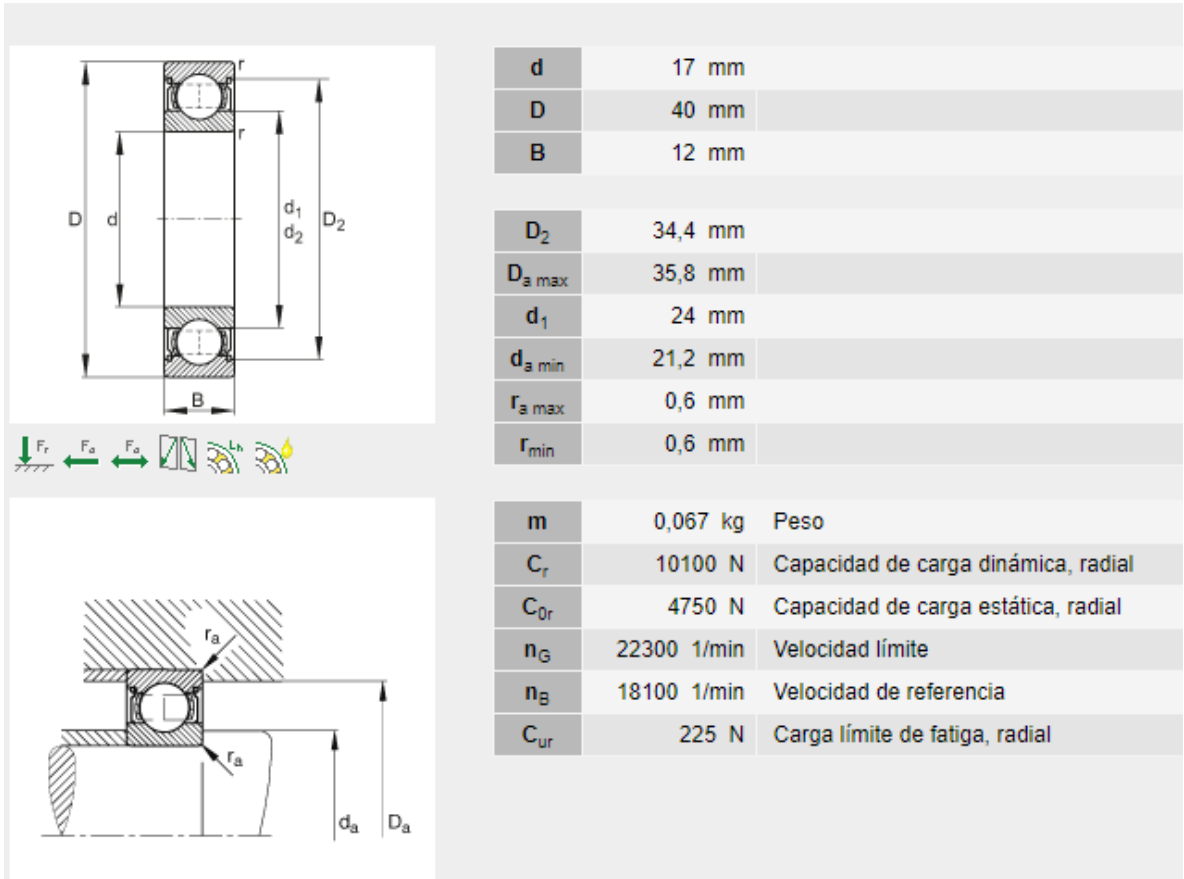
10.6.6 Sello mecánico: El sello que utilizan las bomba2, como especifica el fabricante es un sello tipo AR-14 para un eje de 14 mm de diámetro, la presión que soporta este tipo de sello no debe ser mayor a 5 [Bar] y puede trabajar en un rango de temperatura de 20 a 100 °C. En condiciones de trabajo normales se debe cambiar cada año, en trabajo rudo cambiar cada tres meses

Figura 27. Sello mecánico tipo botón



10.6.7 Rodamientos: Los rodamientos de los elementos accionadores de las bombas son del modelo 6203zz/6203zz lo que indica que son rodamientos rígidos de bolas y posee las siguientes características según la norma DIN 625-1.

Figura 28. Dimensiones y características del rodamiento



Por la referencia de este rodamiento se puede establecer que es un rodamiento que posee obturaciones por paso estrecho en ambos lados y por lo tanto su lubricación debe ser con grasa de alta calidad y baja viscosidad que tiene un espesante de jabón de litio y un aceite base de éster, la cantidad de grasa debe llenar del 25 al 35% del espacio libre en el rodamiento; Al relubricar, la grasa debe aplicarse despacio mientras el rodamiento gira a la temperatura de funcionamiento normal, Se debe evitar ejercer una presión excesiva, ya que esto podría dañar las obturaciones. Estos rodamientos se pueden utilizar en temperaturas desde -30°C hasta $+110^{\circ}\text{C}$.

Para determinar la frecuencia del cambio de rodamientos se hace necesario tener en cuenta las condiciones de operación y los datos que se registran en las hojas

de vida de los equipos para no afectar la disponibilidad del activo cuando se está en producción.

Para este caso, donde la empresa no cuenta con dichos parámetros para tener un control sobre la periodicidad del cambio de rodamientos nos basaremos en la norma ISO 281 en donde se establece como determinar la vida útil de este elemento y de esta manera tener un punto de referencia para el cambio de rodamientos en el motor, una vez establecida esta periodicidad el encargado de mantenimiento debe registrar el estado del rodamiento una vez se vaya a cambiar para tener una aproximación más real de la frecuencia de dicha actividad debido a que el tiempo de servicio puede variar debido a las condiciones de operación como se había dicho anteriormente.

La norma nos lleva a utilizar la siguiente ecuación:

$$L_{10}h = \frac{10^6 L_{10}}{60 * n} = 500 * Fh^x$$

Donde:

- Lh: vida útil efectiva básica expresada en horas
- L10: Vida efectiva básica en millones de rotación
- Fh: Factor de vida útil del rodamiento según la condición de operación
- X= 3, debido a que es un rodamiento de bolas.

Tabla 3. Condiciones de operación y factor de vida útil exigida

Condiciones de operación	Factor de vida útil del rodamiento f_h				
	~3	2~4	3~5	4~7	6~
Operación de corta duración u ocasional	Electrodomésticos Herramientas eléctricas	Maquinaria agrícola Equipos de oficina			
Operación de corta duración u ocasional, pero necesidad de asegurar una operación fiable	Equipos médicos Instrumentos de medición	Acondicionador de aire para el hogar Maquinaria de construcción Grúa	Ascensor	Grúa (rueda de polea)	
Operación de larga duración pero no a tiempo completo		Motor de pequeño tamaño Sistema de engranajes en general Maquinaria de carpintería Automóvil de pasajeros	Máquinas herramienta Motor de aplicación general en fábricas Trituradora	Sistema de engranajes importante Rodillo de calendario para caucho y plástico Máquina impresora	
Operación continua de más de ocho horas diarias		Máquina laminadora Escalera mecánica Cinta transportadora Separador centrífugo	Acondicionador de aire Motor de tamaño grande Compresor, bomba	Torno de extracción Máquina de prensa	Máquina de fabricación de pulpa, papel
Operación las 24 horas del día y no debe parar sin accidente					Sistema hidráulico Sistema electrogenerador

Fuente: JNS especialista en Producción de Rodamientos. www.nose-seiko.co

Teniendo en cuenta que la operación de condición es en un motor pequeño de operación larga pero no a tiempo completo el valor de F_h es igual a dos ($F_h=2$), por lo tanto, reemplazando en la ecuación, $L_{10H}= 4000$ horas de servicio lo que equivale a 6 meses.

10.6.8 Motor Eléctrico: A continuación, se enumeran las actividades de mantenimiento preventivo en el motor de la bomba.

1. Lecturas del voltaje y el amperaje
2. Verificar elementos térmicos
3. Limpieza de arrancador
4. Limpieza del interruptor de seguridad
5. Verificar temperatura de los rodamientos
6. Lubricar rodamientos
7. Cambio de rodamientos
8. Lavado interior y rebarnizado

10.7 LOCALIZACIÓN DE FALLAS

Tal vez la mejor forma de prevenir los problemas grandes en una bomba centrífuga sea prestando atención a los problemas menores a medida que ocurren. Manténgase alerta en lo que se refiere al flujo, la presión y la temperatura y esté pendiente de cualquier ruido, vibración o escape anormales.

A continuación, se enumeran los síntomas de fallas que se encuentran con mayor frecuencia con sus posible causas y soluciones, la vibración excesiva, el ruido y el sobrecalentamiento son argumentos de peso que se pueden relacionar con muchos de los síntomas o causas descritos a continuación.

10.7.1 Flujo de fluido o presiones insuficientes

Tabla 40. Causas y/o síntomas de Flujo de fluido o presiones insuficientes

SINTOMAS DE LA FALLA	CAUSA Y/O SOLUACION.
Aire o gas en el sistema	Vuelva a cebar la bomba.
	Asegúrese de que todas las uniones del tubo de succión estén apretadas.
	Revise la caja de empaques en busca de fugas de aire en la bomba
	Cerciórese de que la entrada de succión esté suficientemente sumergida. Si no lo está pueden formarse remolinos, permitiendo la entrada del aire en el tubo de succión.
Toma obstruida	Revise si existe bloqueo en la válvula de pie o en el filtro.
Incorrecta dirección o rotación	Asegúrese de que el elemento accionador gire en la dirección que indica la flecha en la carcasa de la bomba.
Impulsor obstruido o desgastado o partes deterioradas:	A veces resultan problemas de presión y de flujo debido a anillos desgastados o daños en el impulsor o en el empaque de la carcasa. Podría ser necesario abrir la bomba en busca de partes deterioradas o inservibles. Revise los conductos del Impulsor y cerciórese de que estén despejados.
Factores de diseño:	Los problemas con la corriente (flujo) del fluido o con la presión que no puedan solucionarse con alguno de los remedios mencionados, deberán ser referidos a un supervisor para que evalúe las siguientes consideraciones de diseño:
	•Válvula de pie demasiado pequeña.
	• El diseño de la cabeza de la bomba no es lo suficientemente grande para los requerimientos del bombeo.
	• La elevación de la succión es excesiva.
	• El líquido bombeado no es compatible con el diseño de la bomba.
	• Operación paralela incorrecta de las bombas.

10.7.2 La bomba utiliza demasiada energía: El consumo excesivo de energía puede ser el resultado de las presiones insuficientes y de las siguientes condiciones:

Tabla 51. Causas de que la bomba utilice demasiada energía

SINTOMAS DE LA FALLA	CAUSA Y/O SOLUACION.
Desalineación:	Revise la alineación de la bomba y del elemento accionador.
Partes desgastadas o dañadas:	Busque ejes doblados o anillos desgastados.
Problemas de cojinetes:	Verifique si hay un sobrecalentamiento de cojinetes que indique una lubricación inapropiada o cojinetes desgastados.

10.7.3 Fracaso prematuro de empaques: La causa principal del daño en los empaques es la falta de lubricación. Cuando a la caja de empaques no se le dejan los escapes suficientes, los empaques no se lubrican y la bomba se sobrecalienta. La carbonización y el aspecto vidriado de un empaque puede ser el producto de una lubricación insuficiente o del tipo inadecuado de empaque para el fluido que está siendo bombeado.

Tabla 62. Causas de fallas en los empaques.

SINTOMAS DE LA FALLA	CAUSA Y/O SOLUACION.
Collarín demasiado apretado o muy suelto	Ajuste el collarín para que la fuga por el empaque se mantenga dentro del nivel recomendado por el fabricante.
La caja de los sellos puede no en la posición correcta en la caja de empaques	Examine la posición de la caja de sellos y corríjala si es necesario.
Partes desgastadas o dañadas	Vea si hay un eje doblado, cojinetes desgastados o ejes o camisas (manguitos) desgastadas o rayadas.
Rotor desbalanceado	Examine si hay vibración proveniente de un rotor desbalanceado.

10.7.4 Sellos mecánicos con fugas: A diferencia de los empaques, los sellos mecánicos no están hechos para tener fugas apreciables. Un sello con una fuga visualmente detectable deberá reemplazarse.

10.7.5 Problemas con cojinetes: Los problemas de cojinetes se detectan menudo sin necesidad de abrir la bomba. Esté alerta por si se presentan los siguientes indicios:

Tabla 73. Causas de fallas en los cojinetes.

SINTOMAS DE LA FALLA	CAUSA Y/O SOLUACION.
Sobrecalentamiento de los cojinetes	Lubricación inapropiada o cojinetes dañados o desgastado
Cojinetes fríos	Cuando se enfrían demasiado los cojinetes enfriados con agua se produce la condensación oxidante en la caja de los cojinetes.
Cojinetes ruidosos	El ruido normalmente indica cojinetes dañados o desgastados

La falla prematura de los cojinetes es causada frecuentemente por la desalineación de la bomba y del elemento accionador.

10.8 OVERHAUL

Es recomendable realizar este tipo de mantenimiento sobre las bombas teniendo en cuenta el presupuesto y alcance de la empresa para ejecutarlo, de acuerdo con esto el overhaul es un mantenimiento que se realiza en un determinado tiempo, junto al mantenimiento preventivo, para llevar al equipo a un estado similar estado inicial. Se hace en un periodo de tiempo espaciado, pues, los elementos a intervenir tienen un periodo de vida más largo; Sin embargo, esto hace que no se lleve a cabo por las empresas y pasar por alto su gran importancia. Algunas de las operaciones más frecuentes en las bombas se enuncian a continuación:


- Reemplazo de anillos de desgaste del impulsor y de la carcasa.
- Reemplazo de anillos de lubricación.
- Reemplazo de empacadura espiral-metálica o de fibra de la carcasa.
- Recuperación de holguras de carcasa e impulsor mediante aportes con soldadura y Mecanizado.
- Inspección dimensional del eje para revisión de doblez, ovalidad, runout, etc. (reemplazar de ser necesario).
- Inspección dimensional de caja de rodamiento (encamisar de ser necesario).
- Inspección por tinte penetrante de impulsor y carcasa en busca de defectos superficiales.
- Balanceo dinámico de impulsores de forma individual y del rotor ensamblado (Incluido Hub del acople).

10.9 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

De acuerdo con toda la información recopilada se estableció un cronograma de actividades para llevar acabo el mantenimiento preventivo sobre los equipos críticos y de criticidad media, en dicho cronograma se puede observar las actividades de mantenimiento preventivo con la respectiva frecuencia a la cual se

deben realizar. Dentro del cronograma se manejó un código de colores para diferenciar dicha frecuencia, el color rojo indica las actividades que se deben realizar diariamente, estas actividades fueron llevadas a un formato llamado lista de chequeo con el fin de que el operario realice esas tareas en el momento que vaya a utilizar la máquina, estas listas de chequeo y todos los formatos de control estarán disponibles en el sistema computarizado de información. A continuación, se muestra la lista de chequeo para la bomba con filtro prensa como ejemplo, las demás listas de chequeo se encuentran en el anexo F.

Figura 29. Lista de chequeo

<div style="text-align: right;">  </div>					
lista de chequeo N° _____					
Nombre del equipo:	Nombre del operario:			Hora de inicio:	
Codigo:	Fecha: D	M	A	Hora de culminacion:	
ACTIVIDADES				REVISADO	OBSERVACIONES
Inspeccion Visual General: fugas, nivel de aceite lubricante, ruidos y vibraciones.					
Verifique la diferencia de presion entre los manometros					
Revisar los medidores de succión y de descarga de presión					
Inspeccione la temperatura en la carcaza y cojinetes					
Asegurese de que en el sello mecanico no haya fugas					
Revise posibles desalineamientos					

Continuando con el código de colores claramente se observa que:

- El verde son las actividades mensuales
- El amarillo son las actividades trimestrales
- El azul las actividades semestrales
- El gris las actividades anuales

Como se podrá observar, terminando el mes de enero es cuando coinciden todas las actividades de mantenimiento preventivo, esto es porque en dicho mes la producción es baja, dando tiempo para realizar todas las actividades de mantenimiento. Los demás cronogramas de mantenimiento se encuentran en los anexos E.

10.10 ELABORACIÓN DE LAS SOLICITUDES Y ORDENES DE TRABAJO

En la gestión de mantenimiento las solicitudes de trabajo son formatos de vital importancia, debido a que por medio de estos el operario o el encargado del equipo solicita algún tipo de mantenimiento. Una vez que se ha diligenciado el formato, el encargado de mantenimiento debe revisarlo y autorizar las acciones pertinentes para satisfacer dicha necesidad.

Una vez que se ha realizado el mantenimiento del equipo se debe registrar la información de las acciones realizadas, esto se lleva a cabo llenando las ordenes de trabajo, por lo tanto, cada solicitud de trabajo debe generar una orden de trabajo y así llevar un control de las operaciones realizadas en determinado equipo.

A continuación, se muestran los formatos mencionados anteriormente y de esta manera complementar el plan de mantenimiento preventivo, estos formatos se encontrarán en el anexo G.

Figura 31. Solicitud de trabajo


Solicitud de trabajo						
solicitud de trabajo N° _____						
Equipo: _____						
Codigo: _____						
Nombre del operario: _____			Fecha: D	M	A	
Tipo de mantenimiento						
Tipo de mantenimiento		Problema			Condicion	
Preventivo		Mecanico			Critica	
Correctivo		Electrico			Media	
Otro:		otro		Cual	Normal	
Descripcion del trabajo solicitado						
Descripcion de acciones a realizar						
Recibe			Entrega:			
Firma C.C			Firma C.C			

Figura 32. Orden de trabajo

Orden de trabajo						
orden de trabajo N° _____						
Equipo:			Dirigida a:			
Codigo:						
Asignada por:			Fecha:	D	M	
					A	
Tipo de mantenimiento		Problema			Prioridad	
Preventivo		Mecanico			Critica	
Correctivo		Electrico			Media	
Otro:		otro		Cual	Normal	
Descripcion general del trabajo realizado						
Observaciones				Herramientas utilizadas		
Recibe				Entrega:		
Firma C.C				Firma C.C		



11. SISTEMA DE INFORMACION COMPUTARIZADO

De acuerdo con los objetivos planteados en el proyecto se ha creado mediante un programa, un sistema de información computarizado el cual contiene los elementos básicos y necesarios para almacenar y organizar la información necesaria para la gestión de mantenimiento y que a la vez sirve como un mecanismo de control sobre los activos de la línea de producción de vino de la empresa PRODUCTOS M Y M Ltda.

Además, este sistema de información contribuye al mejoramiento continuo de la empresa por que como se pudo observar en la auditoría realizada, el ítem de sistemas informáticos en cuanto a mantenimiento estaba muy por debajo del puntaje de aprobación.

El sistema de información se creó principalmente para los siguientes propósitos:

- Organizar la información
- Almacenar la información obtenida en este proyecto
- Almacenar la información que la empresa deberá llevar para la gestión de mantenimiento
- Generar las labores de mantenimiento preventivo establecidas en este proyecto
- Programar labores de mantenimiento bajo criterio de la empresa
- Tener información acerca de los costos de mantenimiento
- Sirva como herramienta para llevar un registro o trazabilidad de los activos con el fin de posteriormente implementar un mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).

11.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN. PYTHON

Python es un lenguaje de programación de propósito general, es conocido por la simplicidad, versatilidad y rapidez de desarrollo, puede ser utilizado en diversas plataformas y sistemas operativos tales como Windows, Mac OSX y Linux; la principal razón por la cual se elaboró este sistema de información por medio de Python es debido a que posee una licencia de código abierto y por lo tanto permite ahorrar costos para comenzar a implementar soportes informáticos que beneficien la gestión de mantenimiento en la empresa.

11.2 FLUJOGRAMA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

A continuación, se muestra el flujograma de la interfaz del sistema de información en donde se puede ver los módulos que contiene y como operar a través de el por lo tanto sirve como herramienta para entender el funcionamiento y como utilizarlo.

Figura 33. Flujograma parte 1

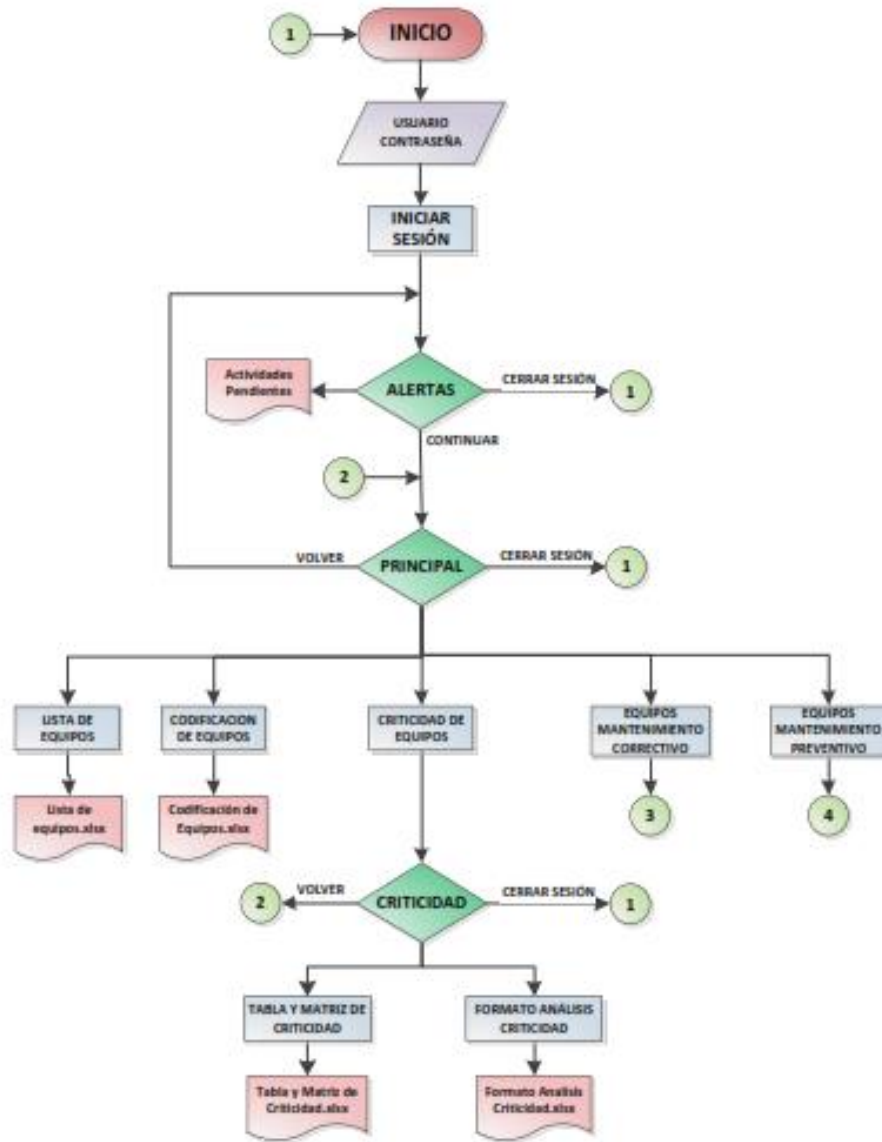


Figura 34. Flujograma parte 2

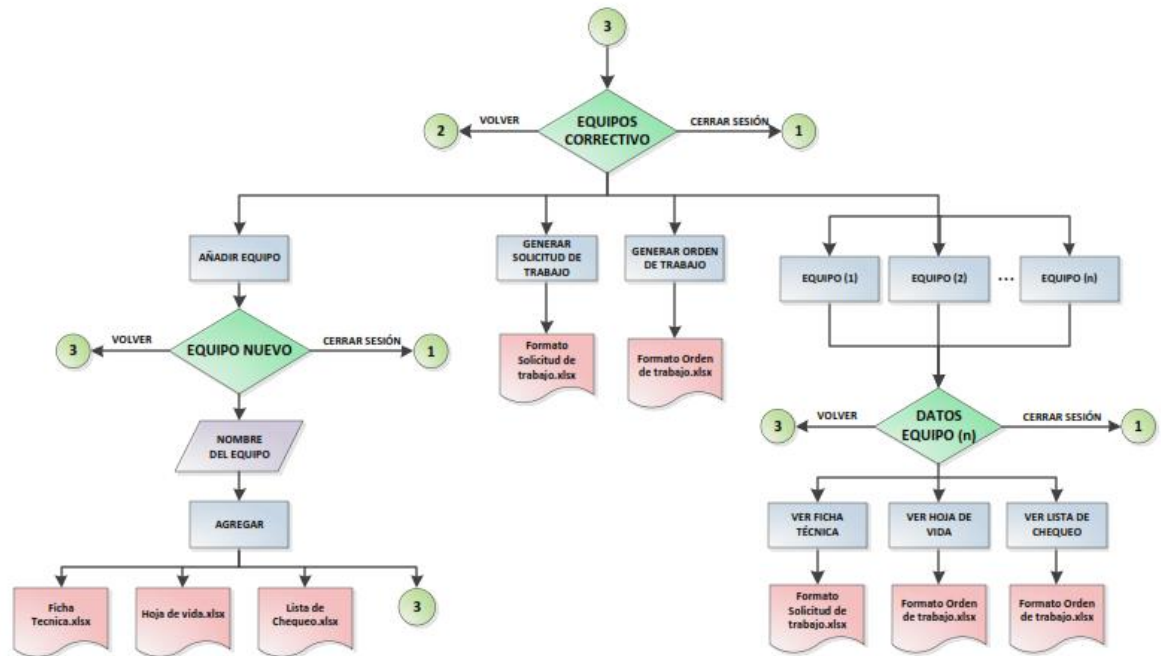
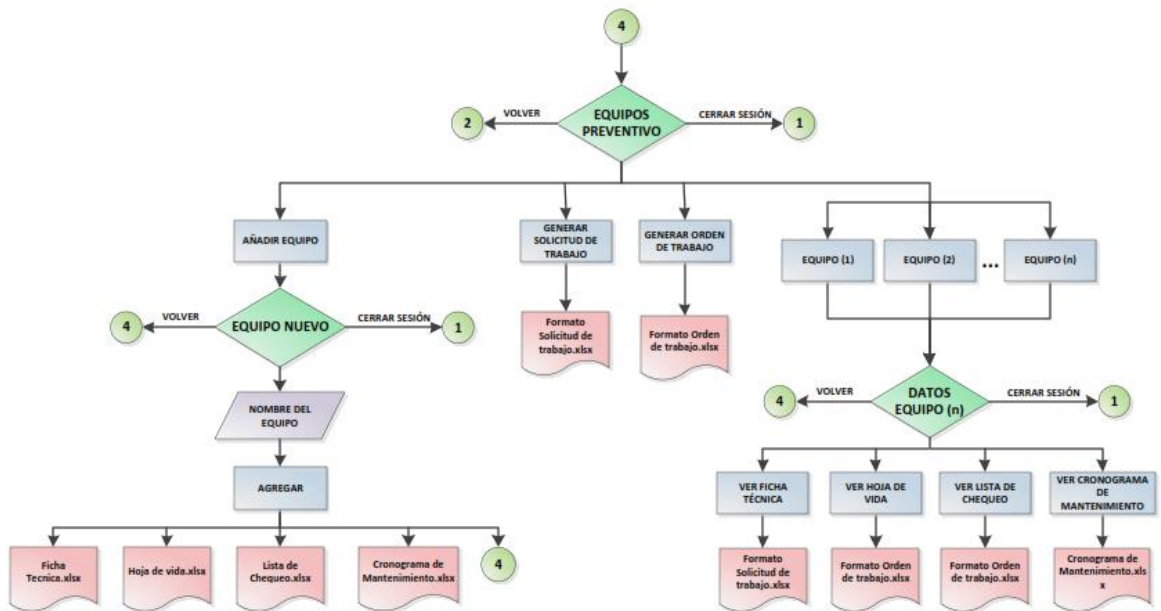


Figura 35. Flujograma parte 3

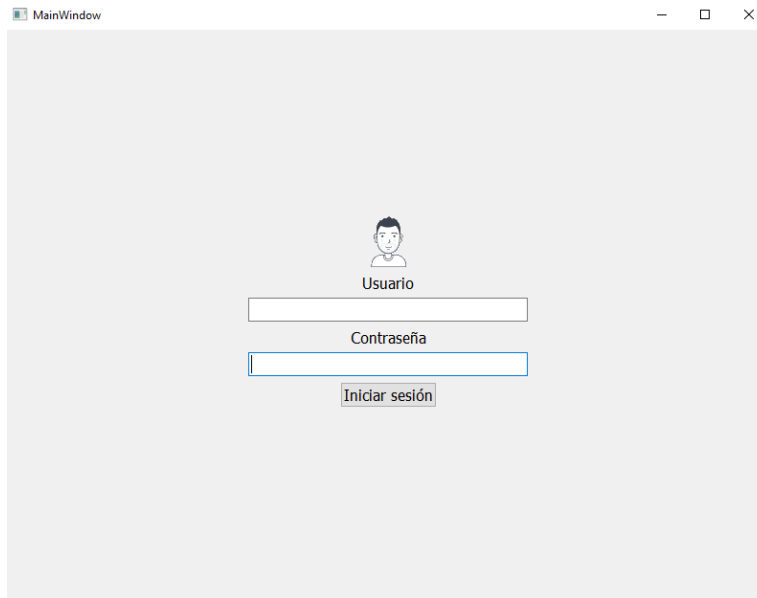


11.3 INGRESO AL PROGRAMA

Para poder utilizar el programa, previamente se debe instalar el software el cual es otorgado de manera gratuita a través de la pagina oficial de Python, una vez instalado procedemos a ubicar la carpeta donde se estructuro el programa o sistema de información en el ordenador.

Teniendo la carpeta en la ubicación que prefiera el usuario, al abrirla aparece un icono llamado main y dando clic sobre este aparece la primera interfaz del programa la cual es la siguiente.

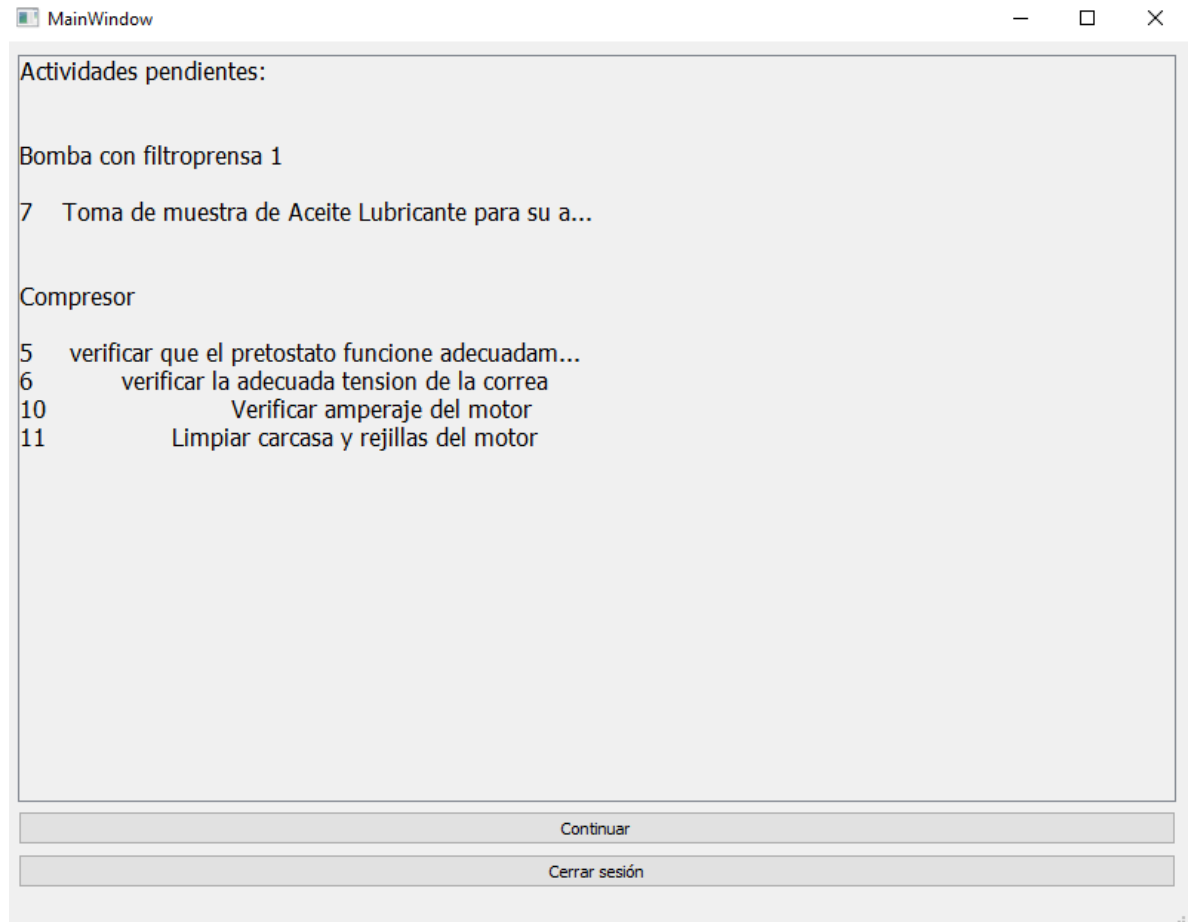
Figura 36. Interfaz de inicio de sesión.



Como se puede observar, atreves de esta interfaz se puede acceder al sistema de información simplemente ingresando el nombre de usuario y la contraseña establecida por el encargado de mantenimiento. Inmediatamente que se inicia sesión aparece la siguiente ventana, la cual nos muestra específicamente las actividades preventivas que se deben realizar sobre uno o varios equipos, dichas actividades son las que se determinaron en el cronograma de mantenimiento para

cada activo en este proyecto, en esta ventana también aparecerán las actividades de mantenimiento que la empresa posteriormente quiera establecer sobre cualquier equipo de la línea de producción. A continuación, se muestra a manera de ejemplo la ventana de actividades.

Figura 37. Ventana de actividades



11.4 MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Una vez que se haya revisado la ventana de actividades, al dar clic sobre el botón continuar aparece una interfaz que nos muestra los principales módulos del sistema de información de acuerdo a los plantado en los objetivos, también cabe

aclarar que la información contenida en el programa hasta el momento de su entrega en la empresa PRODUCTOS M Y M, es información hecha, recopilada y actualizada por los autores de este proyecto. A continuación, se muestra la ventana principal del programa.

Figura 38. Ventana principal.



En los botones que aparecen a la izquierda los cuales son lista de equipos, codificación de equipos y criticidad de equipos son los documentos que se crearon para la empresa, esta información fue implementada en el sistema de información debido a que va a ser de utilidad al momento que la empresa empiece a alimentar el programa. Al dar clic sobre ellos se despliega un documento en formato Excel

en donde se podrá modificar información, editar información y guardarla en el programa.

El botón llamado lista de equipos despliega la información de la tabla 2; el botón codificación de equipos muestra la codificación que aparece en la tabla 6 de la y el botón criticidad abre una ventana en la cual aparecen dos botones mas como se muestra a continuación.

Figura 39. Interfaz de criticidad



El propósito de esta ventana llamada criticidad es que la empresa mantenga la información de la criticidad de los equipos en la línea de producción de vino para que al momento de adquirir equipos nuevos puedan establecer su criticidad y hacer una planificación sobre dichos activos.

El botón tabla y matriz de criticidad despliega la información de la figura 12 y el botón formato par el análisis de criticidad abre un documento Excel con un formato establecido para realizar un análisis de criticidad por medio de factores ponderados en los equipos nuevos que adquiriera la empresa.

11.5 EQUIPOS BAJO MANTENIMIENTO CORRECTIVO

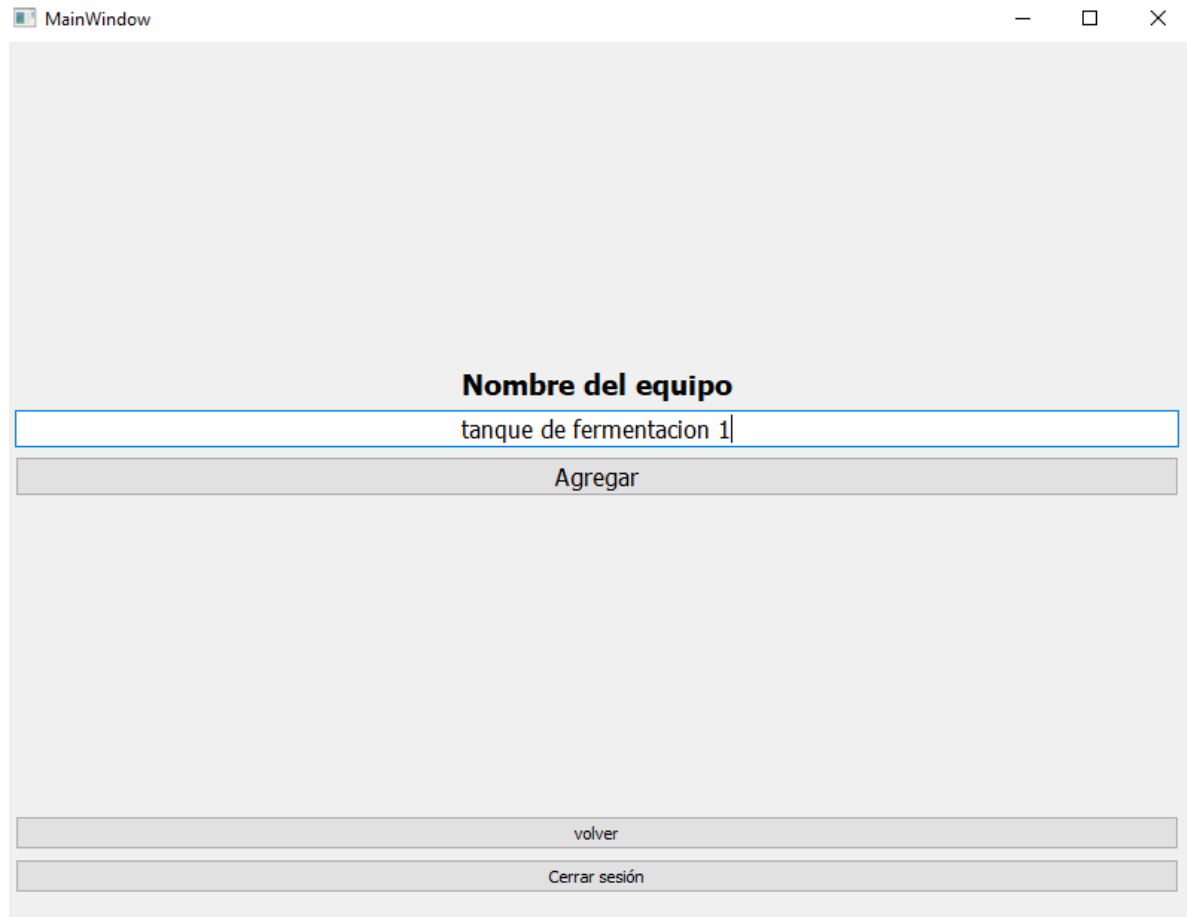
Este botón nos permite ingresar a una interfaz en la cual nos permite generar las solicitudes y ordenes de trabajo mostradas en la figura 28 y 29 respectivamente, también nos permite ingresar y mantener la información de los equipos que estarán bajo mantenimiento correctivo. A continuación, se muestra una imagen de dicha interfaz.

Figura 40. Ventana para los equipos bajo mantenimiento correctivo



El botón añadir equipo es para empezar a alimentar el programa con la información de los equipos que estarán bajo mantenimiento correctivo por parte de la empresa y funciona de la siguiente manera que se explicara mediante un ejemplo. Al dar clic sobre dicho botón se abre la siguiente interfaz.

Figura 41. Interfaz para añadir equipo bajo mantenimiento correctivo



The screenshot shows a window titled "MainWindow" with standard window controls (minimize, maximize, close). The main content area contains a form with the following elements:

- A title label: **Nombre del equipo**
- A text input field containing the text "tanque de fermentacion 1".
- A button labeled "Agregar".
- A button labeled "volver".
- A button labeled "Cerrar sesión".


En donde se escribe el nombre del activo que se va a añadir, por ejemplo, el tanque de fermentación 1 y posteriormente dar clic en agregar equipo, inmediatamente aparece la interfaz de la figura 39 con un botón que lleva el nombre del equipo como se muestra a continuación.

Figura 42. Información de los equipos bajo mantenimiento correctivo



Simultáneamente también se abren los siguientes formatos de control tales como ficha técnica, hoja de vida y lista de chequeo para que el usuario empiece a ingresar la información. Los formatos son como los que se ve a continuación.

Figura 45. Formato base para las listas de chequeo

lista de chequeo N° _____ 					
Nombre del equipo:	Nombre del operario:			Hora de inicio:	
Codigo:	Fecha:	D	M	A	
				Hora de culminacion:	
ACTIVIDADES				REVISADO	OBSERVACIONES

Una vez ingresada la información se da clic en guardar y dicha información quedara guardada para mantenerla desde el programa. Hasta entonces, se ha creado automáticamente el botón que tendrá el nombre del equipo agregado como se mostró anteriormente en la figura 39 y al dar clic sobre el aparecerá en una interfaz la información del equipo, la cual se puede editar o actualizar las veces que el usuario crea conveniente como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 46. Información del equipo añadido.



11.6 EQUIPOS BAJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Volviendo a la ventana principal mostrada en la figura 35 en el botón equipos bajo mantenimiento preventivo se muestra lo que aparece en la siguiente imagen.

Figura 47. Interfaz de los equipos bajo mantenimiento preventivo.



En esta interfaz aparecen los mismos botones para generar las ordenes y solicitudes de trabajo para los equipos de mantenimiento preventivo, en la parte derecha aparecen los botones con los nombres de los equipos críticos y semicríticos con la respectiva información que es la siguiente.

Por ejemplo, al dar clic en el botón bomba con filtro prensa 1 aparece la siguiente interfaz.

Figura 48. Formatos de control para la bomba con filtro prensa 1



En ella se puede ver la información que contienen los formatos de control tales como ficha técnica, hoja de vida, lista de chequeo y cronograma de mantenimiento preventivo que son los mismos que aparecen en los anexos.

Al dar clic en el botón llamado ver cronograma de mantenimiento se abre el formato.

En la cual podemos ver el cronograma de actividades y dichas actividades marcadas con una letra X, esto se hace para que el programa reconozca cuando y cual actividad debe hacerse según la semana del año, en otras palabras, el usuario o en este caso el encargado de mantenimiento, debe marcar con una X las actividades de mantenimiento que se deben realizar para que aparezcan en la ventana de actividades de la figura 34 y así determinar qué y cuando se debe realizar dicha labor.

El botón añadir equipo de la figura 44 funciona de igual manera que la descrita anteriormente para los equipos bajo mantenimiento correctivo, con la diferencia que al momento de añadir el nuevo equipo para mantenimiento preventivo aparece un botón de más el cual es un formato base para que el encargado de mantenimiento establezca las actividades y periodicidades para dicho equipo. A continuación, se muestra una imagen la cual muestra la información que se debe llenar al momento de añadir un equipo para mantenimiento preventivo.

Figura 50. Ingreso de información para el nuevo equipo bajo mantenimiento preventivo



12. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

La empresa estaba subcontratando el mantenimiento preventivo y correctivo de su maquinaria, generando altos gastos en mantenimiento que podrían ser invertidos para mejorar factores críticos en la organización. En 2016 gasto en mantenimiento y reparaciones ascendido a los \$ 106'130.000 COP, debido a que no existe una adecuada gestión de mantenimiento preventivo y correctivo, produciendo un deterioro de la maquinaria, reprocesos, ineficiencia y mala calidad de los productos. Durante en análisis de diagnóstico realizado se llegó a la conclusión de que la empresa debe realizar por ellos mismo el mantenimiento preventivo de algunos equipos considerados críticos en el proceso productivo, debido a la importancia que estos representan para el buen desempeño de las actividades de los procesos que allí se realizan. La maquinas que se escogieron para el diseño del plan de manteamiento preventivo fueron: Bomba de llenado, Bomba de Trasiego 1, Bomba de trasiego 2, Bomba Filtro prensa 1, Bomba Filtro prensa 2, el Compresor y la unidad llenadora. En la siguiente tabla podemos ver el costo del mantenimiento subcontratado por la empresa a estas máquinas.

Tabla 84. Costos de mantenimiento de la empresa

EQUIPOS	COSTO EN MANTENIMIENTO
BOMBA DE LLENADO	\$850.000,00
BOMBA DE TRASIEGO 1	\$948.000,00
BOMBA DE TRASIEGO 2	\$910.000,00
BOMBA FILTROPRENSA 1	\$810.000,00
BOMBA FILTROPRENSA 2	\$810.000,00
COMPRESOR	\$670.000,00
Total	\$ 4.998.000,00

Se espera que con la implementación del plan de mantenimiento se disminuyan los gastos de mantenimiento, aumentando las utilidades de la empresa y mejorando el desempeño de sus procesos.

A continuación, se presentan los costos necesarios para la implementación del plan de mantenimiento y del software.

Tabla 95. Costos del proyecto

COSTOS DE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO	
RECURSO	COSTO
Papelería	\$180.000
Catálogos, libros y manuales	\$480.000
transporte	\$300.000
Desarrollo del programa de mantenimiento computarizado	\$4.200.000
Licencia del programa de mantenimiento	\$750.000
Herramientas	\$380.000
Elementos de seguridad	\$150.000
Gastos operacionales	\$380.000
Propiedad intelectual	\$5.000.000
TOTAL	\$11.820.000

Adicionalmente se necesitan repuestos para dotar el área de mantenimiento y tenerlos a disposición en el momento que se necesite realizar un reemplazo de piezas averiadas.

Tabla 106. Tabla de repuesto

INVERSIÓN EN REPUESTOS POR BOMBA	
Rodamientos	\$24.000
Sellos mecánicos	\$19.000
TOTAL	\$43.000
TOTAL,REPUESTOS BOMBAS	\$215.000

Obtenemos el costo total de implementación del proyecto sumando el costo de los repuestos, la inversión en recursos y el software, propuestos en el plan de mantenimiento.

Tabla 117. Inversión total

COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	
Costo inversión total recursos	\$11.820.000
Costo Repuestos de Bombas	\$215.000
Total, Inversión proyecto	\$12.035.000

12.1 MODO DE FINANCIACIÓN

La financiación de la inversión puede ser patrocinada por uno de los socios quien estableció una tasa de retribución Efectiva Anual de 10,7%, se realizó una tabla de amortización para calcular las anualidades que deben ser pagadas al socio en 4 años, y se cuadraron cuotas fijas menores al valor que venía invirtiendo la empresa en mantenimiento por los equipos intervenidos. con el fin de no afectar las utilidades de la empresa, la decisión fue aceptada por el socio, pues para ellos es clave que este proyecto ayudara a mejorar los procesos productivos.

Tabla 18. Financiación

FINANCIACION INVERSION		Tasa de Interés EA		11%
MONTO	\$ 12.035.000,00	Numero de Anualidades		5
CUOTA	VALOR CUOTA	INTERES	ABONO CAPITAL	SALDO
0				\$12.035.000
1	\$3.854.379	\$1.287.745	\$2.566.633,82	\$9.468.366
2	\$3.854.379	\$1.013.115	\$2.841.263,64	\$6.627.102
3	\$3.854.379	\$709.099	\$3.145.278,85	\$3.481.823
4	\$3.854.379	\$372.555	\$3.481.823,69	-\$0,00

12.2 CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

Se estableció que el ciclo de vida del proyecto sería de 7 años debido a que ese sería el tiempo en el que software prestaría un servicio adecuado a la empresa, sin embargo, el plan de mantenimiento puede seguir funcionando sin incurrir en costos adicionales a los ya planificados, en la siguiente tabla podemos apreciar cómo sería el comportamiento de la deuda durante este periodo y el dinero que reducirá la empresa en mantenimiento durante ese periodo de tiempo.

Tabla 19. Tiempo de inversión

Tiempo de del proyecto		7 años	Interés deuda 10,7%
Inflación proyectada		4%	
AÑO	Costo mantenimiento intervenido	Costo implementación proyecto	Ahorro Generado
0	\$-	\$ 12.035.000	-\$12.035.000
1	\$4.998.000,00	\$ 3.854.379	\$1.143.621,18
2	\$5.197.920,00	\$ 3.854.379	\$1.343.541,18
3	\$5.405.836,80	\$ 3.854.379	\$1.551.457,98
4	\$5.622.070,27	\$ 3.854.379	\$1.767.691,45
5	\$5.846.953,08	\$ -	\$5.846.953,08
6	\$6.080.831,21	\$ -	\$6.080.831,21
7	\$6.324.064,45	\$ -	\$6.324.064,45

12.3 TIEMPO DE RECUPERACIÓN

Mide en cuanto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente, es decir, nos revela la fecha en la cual se cubre la inversión inicial en años, meses y días. Es importante anotar que este indicador es un instrumento financiero que al igual que el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, permite optimizar el proceso de toma de decisiones.

El tiempo de recuperación del proyecto es de 4 años, ya que ese es el tiempo se paga la inversión y se comienza a ver un ahorro considerable. En la siguiente tabla podemos ver los ahorros o flujos de caja del proyecto (ahorro generado por la oportunidad de inversión), esta tabla nos muestra el comportamiento del pago de la inversión, se estableció que al pago de las anualidades debía ser menor al costo de mantenimiento anterior ya que lo más importante es que no afecte las utilidades de la empresa.

Tabla 120. Tiempo de recuperación.

TIEMPO DE RECUPERACION			
AÑO	PAGO DE ANUALIDADES	SALDO DEUDA INVERSION	AHORRO O INGRESO DE OPORTUNIDAD
0	\$-	\$12.035.000	
1	\$3.854.379	\$9.468.366	\$1.143.621,18
2	\$3.854.379	\$6.627.103	\$1.343.541,18
3	\$3.854.379	\$3.481.824	\$1.551.457,98
4	\$3.854.379	-\$0	\$1.767.691,45
5	\$-	-\$0	\$5.846.953
6	\$-	\$-	\$6.080.831
7	\$-	\$-	\$6.324.064

12.4 CALCULOS VAN Y TIR

Son dos parámetros utilizadores para calcular la viabilidad de un proyecto el VAN (valor actual neto) y la TIR (tasa interna de retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa o el proyecto.

si tenemos un proyecto que requiere una inversión x y nos generará flujos de caja positivos y a lo largo de z años, habrá un punto en el que recuperemos la inversión

x. pero claro, si en lugar de invertir el dinero x en un proyecto empresarial lo hubiéramos invertido en un producto financiero, también tendríamos un retorno de dicha inversión. por lo tanto, a los flujos de caja hay que recortarles una tasa de interés que podríamos haber obtenido, es decir, actualizar los ingresos futuros a la fecha actual.

12.5 CALCULO DEL VAN

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. Si existen varias opciones de inversión, el VAN también sirve para determinar cuál de los proyectos es más rentable. También es muy útil para definir la mejor opción dentro de un mismo proyecto, considerando distintas proyecciones de flujos de ingresos y egresos.

Ecuación 10. Calculo del van

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde

- F_t son los flujos de dinero en cada periodo t
 - I_0 es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)
 - n es el número de periodos de tiempo
 - k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión
- **VAN > 0** : el valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

- **VAN = 0** : el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- **VAN < 0** : el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado

Calculamos el van del proyecto remplazando en la ecuación

$$\begin{aligned}
 VAN &= - 12'035.000 \\
 &+ \sum_{n=1}^7 \left(\frac{1'143.621,18}{(1 + 10.7\%)^1} + \frac{1'343.541,18}{(1 + 10.7\%)^2} + \frac{1'551.457,98}{(1 + 10.7\%)^3} \right. \\
 &+ \frac{1767.691,45}{(1 + 10.7\%)^4} + \frac{5.846.953,08}{(1 + 10.7\%)^5} + \frac{6.080.831,21}{(1 + 10.7\%)^6} \\
 &\left. + \frac{6.324.064,45}{(1 + 10.7\%)^7} \right)
 \end{aligned}$$

$$VAN = \$ 2.340.948 \text{ COP} = VAN > 0$$

Por lo tanto, como el VAN es mayor que cero significa que el proyecto es viable y no presentara perdidas, por el contrario, es rentable realizarlo

12.6 CALCULO DE LA TIR

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo(tanto positivos como negativos) de una determinada inversión igual a cero.

En términos más específicos, la TIR de la inversión es la tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos (los flujos de caja negativos) de la inversión es igual al valor presente neto de los beneficios (flujos positivos de efectivo) de la inversión.

Las tasas internas de retorno se utilizan habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto. Suponiendo que todos los demás factores iguales entre los diferentes proyectos, el proyecto de mayor TIR probablemente sería considerado el primer y mejor realizado.

La TIR se calcula igualando el VAN a cero y despejando el interés X.

Ecuación 11. Calculo de la TIR

$$TIR = \left[-I + \left[\frac{FC}{(1+X)^n} \right] \dots \right] = 0$$

Inversión inicial ← → Flujo de Caja Neto
Tasa de descuento o incógnita Periodo de tiempo

Donde:

- X = TIR

$$0 = -12'035.000$$

$$+ \sum_{n=1}^7 \left(\frac{1'143.621,18}{(1+TIR)^1} + \frac{1'343.541,18}{(1+TIR)^2} + \frac{1'551.457,98}{(1+TIR)^3} + \frac{1767.691,45}{(1+TIR)^4} + \frac{5.846.953,08}{(1+TIR)^5} + \frac{6.080.831,21}{(1+TIR)^6} + \frac{6.324.064,45}{(1+TIR)^7} \right)$$

Despejando la TIR nos arrojó:

TIR = 14,839%

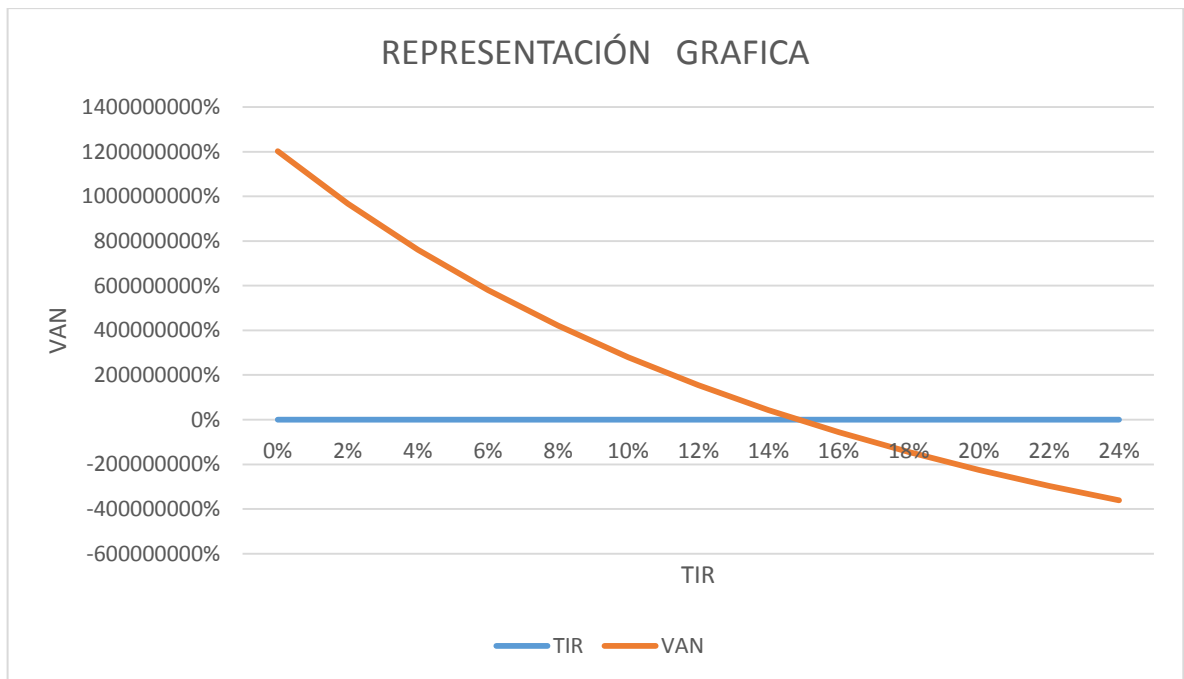
12.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 21. Resultado

Resultado Análisis	
VAN	\$ 2.340.948
TIR	14,839%
Tiempo de recuperación	4 Años

El proyecto es viable ya que la VAN es mayor a "0", es favorable financieramente para la empresa realizar la inversión en el plan de mantenimiento, ya que se genera un aumento en las utilidades gracias al ahorro que se produce realizando ellos mismos el mantenimiento.

Figura 52. TIR Vs VAN



Podemos ver en la gráfica que cuando la VAN corta con eje X nos arroja el valor de la TIR del proyecto, este porcentaje significa la máxima rentabilidad que genera el proyecto, como vemos es mayor la tasa impositiva la cual fue del 10,7% correspondiente a la obligación financiera, esto significa que el proyecto es rentable.

13. CONCLUSIONES

- Se realizó la auditoria a la gestión del mantenimiento en la empresa y los resultados permitieron determinar cuáles son los aspectos en los cuales se deben tomar medidas correctivas y en cuales se debe seguir mejorando para contribuir en la mejora continua de la empresa, para complementar el diagnostico se creó la matriz DOFA que sirve como herramienta para incrementar los indicadores de gestión de manera más específica.
- La creación de la codificación para los equipos de la línea de producción de vino va permitir una mejor identificación de los equipos existentes y los que posteriormente va adquirir la empresa, a la vez esto también permite que la gestión de mantenimiento sea más organizada y facilita el inventario de los activos.
- El análisis de criticidad realizado permitió identificar cuáles son los equipos a los cuales se les debe destinar de manera proporcionada los recursos necesarios para su mantenibilidad. De los 30 equipos de la línea de producción el 16% se determinaron como críticos y el 6 % con una criticidad media, por lo tanto, al 22% de los activos fueron a quienes se les levanto el plan de mantenimiento preventivo en este proyecto.
- Se elaboraron los formatos de control necesarios para mantener documentada la información sobre los equipos y hacer que la gestión de mantenimiento se haga de manera más eficiente fortaleciendo de esta manera los criterios afines evaluados en la auditoría realizada.
- El programa que se creó para la gestión de mantenimiento va ser de vital importancia porque permite mantener toda la información necesaria para tener un control sobre las actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en todos los equipos existentes o que vaya adquirir la empresa con el tiempo, este programa también servirá como herramienta para almacenar la

información que posteriormente se necesitara para implementar un mantenimiento más completo, como por ejemplo un mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).

- En el análisis financiero se puede apreciar la viabilidad de este proyecto teniendo en cuenta un tiempo de recuperación de la inversión en 4 años, en el cual se estima un ahorro generado de 5,8 millones.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material docente. Colombia, Ediciones UIS, 20013.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. España, Ediciones Díaz de Santos S.A, 2003.

GONZALES FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria de mantenimiento e indicadores de gestión. España, Artegraf S.A, 2004.

ISO 14224:2006; Petroleum, petrochemical and gas industries; Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Mexico. Editorial Alfaomega, 2009.

VALENCIA PIMIENTA, Andrés Felipe; MESA MONTOYA Carlos Andrés. Gestión del mantenimiento industrial: Preliminares del mantenimiento industrial. Colombia, Edición SENA Regional Risaralda, 2017.