



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN
RCM, PARA LA NUEVA LÍNEA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS
CARBONATADAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LICORAM EN
LA CIUDAD DE IBARRA**

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

AUTOR: DAVID ENRIQUE ALEMÁN RIVADENEIRA

TUTOR: ESTEBAN LEONIDAS RAMÍREZ GANGOTENA

Quito – Ecuador

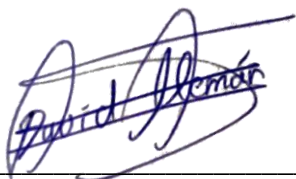
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, David Enrique Alemán Rivadeneira con documento de identificación N° 1754522439, manifiesto que:

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

Quito, 15 de marzo del año 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'David Alemán', written over a horizontal line.

David Enrique Alemán Rivadeneira
1754522439


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

Yo, David Enrique Alemán Rivadeneira con documento de identificación N°1754522439, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en RCM, para la nueva línea de bebidas alcohólicas carbonatadas en la planta de producción de Licoram en la ciudad de Ibarra”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 15 de marzo del año 2022

Atentamente,



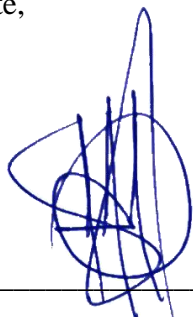
David Enrique Alemán Rivadeneira
1754522439

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Leonidas Esteban Ramírez Gangotena con documento de identificación N°1717176356, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM, PARA LA NUEVA LÍNEA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS CARBONATADAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LICORAM EN LA CIUDAD DE IBARRA, realizado por David Enrique Alemán Rivadeneira con documento de identificación N°1754522439, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 15 de marzo del año 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Ing. Leonidas Esteban Ramírez Gangotena, MSc

1717176356

DEDICATORIA

“Caballeros, debo recordarles que mis probabilidades de éxito aumentan en cada nuevo intento”

John Forbes Nash Jr.

A las dos mujeres de mi vida, mi madre, por ser el apoyo incondicional que me ha acompañado a lo largo de mi formación académica, a su insistencia de darme aliento para continuar y poder culminar una meta más, a mi prometida que me ha levantado en cada caída y ha perseverado a mi lado ante toda adversidad.

David Enrique

AGRADECIMIENTO

Principalmente, a mi familia por brindarme su apoyo al construir un sueño que hoy se encuentra a pocos pasos de su culminación, a Licoram que me ha abierto las puertas y me ha acogido cálidamente impulsando mi desarrollo personal y profesional.

A mi tutor el Ing. Esteban Ramírez que ha sido la guía de este trabajo, que con su experiencia ha direccionado la senda correcta para la culminación de este trabajo.

A todos de corazón, les digo, ¡GRACIAS!

David Enrique

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN	2
Planteamiento del problema.....	3
Objetivo General	4
Objetivos Específicos.....	4
Justificación.....	5
Beneficiarios	6
GLOSARIO	7
CAPÍTULO I.....	8
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	8
1.1. Breve historia del mantenimiento.....	8
1.2. Definición del mantenimiento	10
1.3. Tipos de mantenimiento	11
1.3.1. Mantenimiento Correctivo (MC)	11
1.3.2. Mantenimiento Preventivo	11
1.3.3. Mantenimiento Predictivo	12
1.4. Mantenimiento productivo total (TPM)	13
1.4.1. Pilares del mantenimiento TPM.....	14
1.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).....	15
1.6. Análisis modal de fallos y sus efectos (AMFE)	16
1.7. Gestión del mantenimiento.....	17
1.8. Línea de producción	19
1.8.1. Descripción de maquinaria para la línea de bebidas carbonatadas	20

1.8.2. Tanque de almacenamiento y refrigeración	20
1.8.3. Saturador de CO ₂ o proceso de carbonatación	21
1.8.4. Llenadora semiautomática.....	21
1.8.5. Túnel de calor.....	22
1.8.6. Caldero eléctrico	23
1.8.7. Cinta transportadora	23
1.8.8. Ventilador axial	23
CAPÍTULO II	26
METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	26
2.1. Gestión del mantenimiento.....	26
2.2. Etapa de organización: Fase organizativa y fase preparatoria.....	28
2.2.1. Estructura de trabajo.....	28
2.2.2. Registro y manejo de la información	29
2.2.3. Organización del departamento.....	29
2.2.4. Organización del personal	29
2.2.5. Organización del almacén	30
2.2.6. Recursos y medios disponibles.	31
2.3. Etapa de planificación	31
2.3.1. Reconocimiento de maquinaria	32
2.3.2. Identificación.....	32
2.3.3. Modo de fallo	33
2.3.4. Efecto de fallo	34
2.3.5. Causa del modo de fallo	34
2.3.6. Aplicación del AMFE	35
2.3.7. Metodología del RCM.....	39

2.3.8. Fallos funcionales.....	42
2.3.9. Estrategias de mantenimiento.....	43
2.4. Etapa de ejecución.....	46
2.5. Etapa de control.....	47
2.5.1. Indicadores cuantificables.....	47
2.5.2. Indicadores de equipamiento.....	48
2.5.3. Índice de disponibilidad.....	48
2.5.4. Indicadores de gestión y productividad.....	50
2.5.5. Manejo de ordenes de trabajo (O.T.).....	50
2.5.6. Indicadores del mantenimiento.....	50
2.5.7. Fiabilidad de la línea de procesos.....	51
2.5.8. Fiabilidad en serie.....	52
2.5.9. Fiabilidad en paralelo.....	52
2.5.10. Indicadores de costos.....	53
2.6. Documentación para la gestión operativa.....	54
CAPÍTULO III.....	56
DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM.....	56
3.1. Estructura de trabajo.....	56
3.2. Registro y manejo de información.....	57
3.3. Organización del departamento.....	58
3.4. Organización del personal.....	59
3.5. Organización del almacén.....	60
3.6. Recursos y medios disponibles.....	61
3.7. Selección de la herramienta GMAO.....	62
3.7.1. Demostración.....	62

3.7.2. Costo.....	62
3.7.3. Asistencia	62
3.7.4. Dificultad.....	63
3.7.5. Usuarios.....	63
3.8. Reconocimiento de maquinaria	64
3.8.1. Unidad condensadora	64
3.8.2. Tanque refrigerado	65
3.8.3. Saturador de CO ₂	66
3.8.4. Llenadora isobárica	67
3.8.5. Cinta transportadora	67
3.8.6. Caldero eléctrico	68
3.8.7. Túnel de calor.....	68
3.8.8. Ventilador axial	69
3.9. Identificación.....	69
3.10. Análisis modal de fallos y sus efectos	71
3.11. Análisis centrado en la confiabilidad RCM	71
3.12. Estrategias de mantenimiento.....	71
3.12.1. Tareas de revisión programadas	71
3.12.2. Tareas de reemplazo programadas.....	71
3.13. Ejecución del plan de mantenimiento GMAO	72
3.14. Resultados	73
3.14.1. Equipamiento	74
3.14.2. Gestión y productividad.....	75
3.14.3. Fiabilidad de la línea de procesos	77
3.15. Cronograma	78
3.16. Presupuesto.....	79

3.17. Documentación entregada para la gestión operativa.....	81
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El desarrollo de filosofías del mantenimiento	9
Figura 2. Correlación del mantenimiento con las gestiones de la empresa	10
Figura 3. Modelo procedimental para el mantenimiento preventivo	12
Figura 4. Técnicas predictivas	13
Figura 5. Pilares del mantenimiento TPM	15
Figura 6. Proceso RCM aplicando el análisis AMFE	17
Figura 7. Tendencias en la industria del mantenimiento	18
Figura 8. Flujo de operaciones para la producción de bebidas carbonatadas	19
Figura 9. Tanque de acondicionamiento y almacenamiento para lácteos.....	20
Figura 10. Equipo saturador de CO ₂ de flujo continuo RIZZOLIO	21
Figura 11. Llenadora isobárica RIZZOLIO para bebidas carbonatadas	22
Figura 12. Túnel de vapor marca Thor	23
Figura 13. Ventilador Axial tipo K clima técnica.....	24
Figura 14. Organigrama general del mantenimiento	28
Figura 15. Secuencia del proceso RCM.....	41
Figura 16. Flujograma de decisión RCM.....	42
Figura 17. Curva de falla potencial PF	44
Figura 18. Fiabilidad de un sistema en serie.....	52
Figura 19. Costos esperados del mantenimiento.....	54
Figura 20. Vista 3D del corte lateral del tanque.	66
Figura 21. Codificación de los equipos.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de la gravedad del modo de fallo	36
Tabla 2. Categorización de la frecuencia del modo de fallo	37
Tabla 3. Detectabilidad del modo de fallo	38
Tabla 4. Rangos del índice de prioridad de riesgo	39
Tabla 5. Tabla de la disponibilidad inherente	50
Tabla 6. Comparativa de software de mantenimiento.....	63
Tabla 7. Abreviados para la identificación de equipos.	70
Tabla 8. Registro de mantenimiento.	74
Tabla 9. Indicadores del equipamiento.	75
Tabla 10. Indicadores del equipamiento.	76
Tabla 11. Indicadores del equipamiento.	76
Tabla 12. Fiabilidad de la línea de producción.	77
Tabla 13. Presupuesto de repuestos anual de los equipos.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Organigrama de la empresa Licoram.....	91
ANEXO 2. Flujograma operativo de la empresa.....	92
ANEXO 3. Unidad condensadora instalada en el área de compresores.....	93
ANEXO 4. Antes y después del mantenimiento correctivo	94
ANEXO 5. Vista completa del tanque refrigerado	95
ANEXO 6. Planos del modelado 3D obtenido	96
ANEXO 7. Saturador de CO ₂ instalado en su estación de servicio	97
ANEXO 8. Llenadora isobárica en su estación de servicio.....	98
ANEXO 9. Banda transportadora y motor reductor	99
ANEXO 10. Caldero eléctrico de vapor en su estación de servicio	100
ANEXO 11. Túnel de calor instalado en su estación de servicio	101
ANEXO 12. Ventilador axial previo a su instalación.....	102
ANEXO 13. Vista general de toda la línea de gasificado.....	103
ANEXO 14. Bodega de alcoholes	104
ANEXO 15. Análisis modal de fallos y sus efectos AMFE.....	105
ANEXO 16. Análisis RCM	113
ANEXO 17. Plan de mantenimiento final entregado en la institución.....	121
ANEXO 18. Flujograma para la implementación del GMAO	122
ANEXO 19. Interfaz de Fracttal	123
ANEXO 20. Sección de activos Fracttal	124
ANEXO 21. Ficha técnica de los equipos en Fracttal	125
ANEXO 22. Planes de mantenimiento de Fracttal	126
ANEXO 23. Ficha del personal en Fracttal	127
ANEXO 24. Asignación y cumplimiento de órdenes de trabajo en Fracttal.....	128
ANEXO 25. Cuenta demo de Fracttal community.....	129

ANEXO 26. Proformas de los proveedores locales	130
ANEXO 27. Ficha técnica de vida de cada uno de los equipos	131
ANEXO 28. Bitácora de mantenimiento de los equipos	132

RESUMEN

En este trabajo, se elaboró un plan de mantenimiento basado en la técnica RCM que se destinará al área de producción de Licoram, una mediana empresa dedicada a la elaboración de licores, sanitizantes y productos a base de alcohol. El área de mantenimiento al implementar planes de mantenimiento para sus recientes adquisiciones en maquinaria, se propone integrar procedimientos de análisis de fallos potenciales para optimizar sus actividades relacionadas a la gestión de activos.

En el Capítulo I de este estudio se presenta la información concerniente a la ejecución de técnicas de mantenimiento, en esta sección se encuentran definiciones teóricas y clasificaciones comunes, como el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, donde surgen herramientas de análisis y gestión como lo es el AMFE o el TPM respectivamente, en esta capitulación se establecen las primeras ideas respecto a conocimientos generales así como una descripción breve de la maquinaria objetivo.

En el Capítulo II se han incluido las metodologías que se emplean en la elaboración de un plan de mantenimiento, herramientas de gestión y análisis que se las presenta como guías a ejecutar para reconocer fallos potenciales y usar un diagrama de decisión RCM, esta capitulación establece las variables de interés para el estudio, tales como información requerida de la empresa así como procedimientos y preparativos previos para generar un plan de mantenimiento RCM.

Como cierre a este trabajo se encuentra el Capítulo III que presenta la elaboración del plan de mantenimiento que emplea la técnica RCM, en esta etapa se lleva a la práctica la metodología planteada, y mediante el control de indicadores se pretende identificar los equipos que generan retrasos por mantenimiento, y de alguna forma mitigar el efecto de la “curva de la bañera” con los fallos iniciales de un activo. Añadido a esto se implementó el plan de mantenimiento en una herramienta GMAO como propuesta de integración tecnológica, que aprovecha la versión demostrativa en la plataforma de Fractal community y se espera que el uso de esta herramienta sea de interés para la planta de producción de Licoram.

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, Estrategia, Gestión, Disponibilidad, Mejora.

ABSTRACT

In this work, a maintenance plan based on the RCM technique was developed for the production area of Licoram, a medium-sized company dedicated to the production of liquors, sanitizers, and alcohol-based products. The maintenance area, when implementing maintenance plans for its recent machinery acquisitions, intends to integrate potential failure analysis procedures to optimize its activities related to asset management.

Chapter I of this study presents the information concerning the execution of maintenance techniques, in this section there are theoretical definitions and common classifications, such as preventive, corrective, and predictive maintenance, where analysis and management tools such as FMEA or TPM arise respectively, in this chapter the first ideas regarding general knowledge are established as well as a brief description of the target machinery.

Chapter II includes the methodologies used in the elaboration of a maintenance plan, management and analysis tools that are presented as guides to be executed to recognize potential failures and use an RCM decision diagram. This chapter establishes the variables of interest for the study, such as information required from the company as well as procedures and previous preparations to generate an RCM maintenance plan.

As a closure to this work, Chapter III presents the elaboration of the maintenance plan using the RCM technique, in this stage the proposed methodology is put into practice, and through the control of indicators it is intended to identify the equipment that generate maintenance delays, and somehow mitigate the effect of the "bathtub curve" with the initial failures of an asset. Added to this, the maintenance plan was implemented in a CMMS tool as a proposal for technological integration, which takes advantage of the demo version in the Fracttal community platform, and it is expected that the use of this tool will be of interest to the Licoram production plant.

KEY WORDS: Maintenance, Strategy, Management, Availability, Improvement.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Ibarra entre las avenidas Vicente Rocafuerte y Mariano Peñaherrera se encuentra la planta de producción de Licoram, al ser catalogada como una mediana empresa, la iniciativa de expansión al incorporar nuevos productos en el mercado ha formado parte del trabajo diario de la institución, ya que entre su variada línea de productos se encuentra la bebida alcohólica reconocida a nivel nacional llamada “Norteño”.

“Licoram es una empresa de diseño, producción, envasado y venta de sanitizante, bebidas alcohólicas y productos a base de alcohol” [1], posicionada exitosamente en el mercado nacional, esto ha dado como resultado la iniciativa de incorporar nuevos productos en el mercado, motivo por el cual se ha realizado la adquisición de maquinaria para la producción de bebidas carbonatadas.

El área de mantenimiento se responsabiliza del óptimo desempeño de todas las máquinas en la planta de producción, y se puede decir que no posee experiencia alguna con la maquinaria de esta índole, motivo por el cual se requiere implementar planes de mantenimiento a los equipos que no poseen esta documentación, de modo que se vuelve indispensable gestionar la información como repuestos, mano de obra, tiempos de trabajo y los costos que conlleva las actividades relacionadas al departamento.

Con lo expresado anteriormente, la razón de este proyecto tiene como objetivo elaborar un plan de gestión de mantenimiento según la técnica del Reliability Centered Maintenance (RCM, por sus siglas en inglés), que permita entregar a la empresa información confiable referente a la conservación de estos equipos, y de esta manera se pueda generar un punto de partida respecto al conocimiento de la maquinaria que estarán bajo la responsabilidad del personal de mantenimiento.

Es necesario mencionar que el área de mantenimiento en toda tarea que se disponga a planear o ejecutar, debe proceder bajo los protocolos de la certificación a la calidad ISO 9001, motivo por el cual la solución que se va a plantear para satisfacer las necesidades antes mencionadas, se sujetarán a los estatutos de esta norma, garantizando un servicio de utilidad para la institución.

Planteamiento del problema

Una de las principales tareas éticas de una empresa con respecto al consumidor en la industria de los productos para el consumo humano, es incorporar planes de mantenimiento especializados para cada equipo que mantenga contacto directo con sus productos. Además de ser una tarea ética, se debe tener en cuenta que Licoram mantiene la certificación a la calidad ISO 9001 del 2015 [2].

Por ello la problemática de estudio que se plantea, se da a raíz de que se ha incorporado una nueva línea de producción denominada “Línea de gasificado” llamada así por parte de la empresa, en donde emerge el requerimiento de integrar un plan de gestión de mantenimiento RCM orientados a sus 8 nuevos equipos que intervienen durante el proceso de acondicionamiento, embotellado y etiquetado, todo esto para la inserción de nuevos productos en el mercado que pertenecerán a la familia Licoram.

Además, algunos de estos equipos no cuentan con manuales que indiquen un plan de mantenimiento recomendado por el fabricante, lo cual plantea un punto crítico en la necesidad de establecer regímenes de mantenimiento que sean recomendados para estos equipos, y que mantengan un estándar de disponibilidad óptimo para no generar problema alguno en la planta de producción.

Objetivo General

Diseñar un plan de gestión del mantenimiento basado en RCM, para la nueva línea de bebidas alcohólicas carbonatadas en la planta de producción de Licoram en la ciudad de Ibarra.

Objetivos Específicos

- Establecer parámetros ideales de mantenimiento RCM, mediante el diagnóstico del estado y desempeño de la maquinaria.
- Determinar las dimensiones y capacidad del equipo de almacenamiento que no cuenta con registro de procedencia ni manuales.
- Prevenir las fallas funcionales de los equipos durante y después de su estado de servicio mediante la categorización de fallos potenciales.
- Diseñar el plan de gestión del mantenimiento basado en RCM cumpliendo la normativa de gestión de la calidad ISO 9001 del 2015.
- Designar cronogramas de mantenimiento para cada uno de los equipos que forman parte de la línea de productos gasificados en la planta de producción de Licoram.

Justificación

Es de vital importancia catalogar los procesos de embotellado como sensibles al mantenimiento, ya que por su naturaleza se debe manejar altos estándares de calidad que respalden la confianza en sus productos.

La entrega de un plan de gestión de mantenimiento funcional que se destine a todos los equipos presentes en la línea de gasificado promete eliminar paros en la línea de producción por mantenimientos correctivos, además de reducir costos por reparaciones o cambios de repuestos que alteren el tiempo de disponibilidad de la maquinaria en la línea de procesos. El plan de mantenimiento otorgará calidad durante el embotellado y etiquetado, además brindará confianza y seguridad en todo su periodo de funcionamiento.

Cabe mencionar que es necesario mantener el óptimo funcionamiento de los equipos bajo condiciones normales de trabajo, donde el operario se encuentre previamente capacitado en BPM que denoten un buen uso y manejo de la maquinaria.

Beneficiarios

Con este proyecto técnico se beneficiará a la empresa Licoram Licores de América S.A., la misma que nació el 28 de febrero de 1950 que en ese entonces era llamada “ILENSA” y actualmente cumple sus actividades productivas en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.

El estudio favorecerá a toda la planta de producción que se dedica al embotellado y despacho de bebidas alcohólicas y sanitizantes, ayudando de esta manera a cumplir la integración completa de la maquinaria que se destinará para la nueva línea de productos gasificados.

GLOSARIO

RCM: Reliability Centered Maintenance [3].

AMFE: Análisis modal de fallas y sus efectos [4].

BPM: Buenas prácticas de manufactura [5].

GMAO: Gestión del mantenimiento asistido por ordenador [4].

SST: Gestión de seguridad y salud en el trabajo [6].

Carbonatar: Es el producto obtenido por la disolución de azúcares nutritivos y dióxido de carbono en agua potable tratada, y puede añadirse con aromatizantes normales y falsos, zumos de productos naturales, acidulantes, aditivos, emulsionantes, estabilizadores, refuerzos celulares, colorantes, antiespumantes y espumantes. Todas las sustancias añadidas a los alimentos deben ser las permitidas por la autoridad de bienestar [7].

Termoencogible: Una película termoencogible es una película transparente de plástico sencilla producida con una mezcla de diferentes compuestos de polietileno de mínima densidad que se retrae cuando se expone a una fuente de calor, disminuyendo así su tamaño [8].

Detectabilidad: Es el índice que demuestra la probabilidad del motivo o modo de fallo que probablemente aparezca, sean identificados tempranamente hasta el punto de mantenerse lejos de la avería total, por medio de actividades de control [9].

Falla funcional: Las fallas funcionales se describen como las formas en que una máquina puede dejar de cumplir su función esperada con una productividad que sea satisfactoria para el cliente. Esto puede incluir el incumplimiento de una función, el desempeño deficiente de una función, el desempeño excesivo de una función, la realización de una función no deseada, etc. [4].

Falla catastrófica: Equipo inoperable, pérdida de la función principal del equipo en su totalidad [4].

Modo de Fallo: Un modo de fallo es la forma potencial por la que una máquina puede averiarse. Cuando un activo tiene numerosas formas de fracasar en sus actividades, tiene diferentes modos de fallo o riesgos de avería [4].

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1. Breve historia del mantenimiento

No existe fecha exacta de cuando se empezó a ejecutar el mantenimiento, desde la era del hombre primitivo para mantener limpios sus instrumentos de trabajo, se podría decir que se tomaba un cierto tiempo a limpiar y sustituir elementos para su buen funcionamiento, a partir de ese instante se puede decir que empieza la ejecución del mantenimiento [10].

Hasta los finales del siglo XVII, el mantenimiento y la conservación de equipos industriales no había tenido un desarrollo e importancia tan considerable como lo tiene hoy en día, Dounce [11] menciona que el valor de la herramienta a comparación con la mano de obra no tenía comparación alguna, ya que antes de 1880 se solía considerar que el trabajo manual aportaba un 90 % al producto base que se obtenía, y el 10 % sobrante era el trabajo que realizaba la máquina herramienta. Desde entonces, las actividades que se le otorga a la maquinaria de toda índole con el objetivo de que esta no sufra averías se lo cataloga como mantenimiento [10].

El mantenimiento a través del tiempo ha tomado importancia en el proceso productivo, por lo que los mismos empleados eran los encargados de las tareas de corrección cuando se manifiesta un fallo en la maquinaria, y eran quienes asumían la tarea de restaurarla para mantener la producción, ejecutando de esta forma el mantenimiento correctivo [4]. Pero poco después nace la necesidad de mejorar la condición, puesto que significaba pérdidas y tardanzas de gran magnitud, y se necesitaban que más de un especialista evaluara la máquina y detectara el motivo de la avería.

Crespo [9] menciona que el mantenimiento aplicado en la gestión de activos de una planta industrial siempre ha sido considerada una actividad compleja que se relaciona con el manejo de altas cantidades de información, y que a lo largo de los años se han desarrollado diferentes marcos, estándares y metodologías para guiar estas actividades. Desarrollando así numerosas de técnicas en los últimos 20 años donde cada día surgen nuevas técnicas relacionadas a la conservación de maquinaria [12].

La Figura 1 indica la constante evolución del sistema administrativo, donde se integran nuevos sistemas de mantenimiento a través de los años en las diferentes áreas de aplicación.

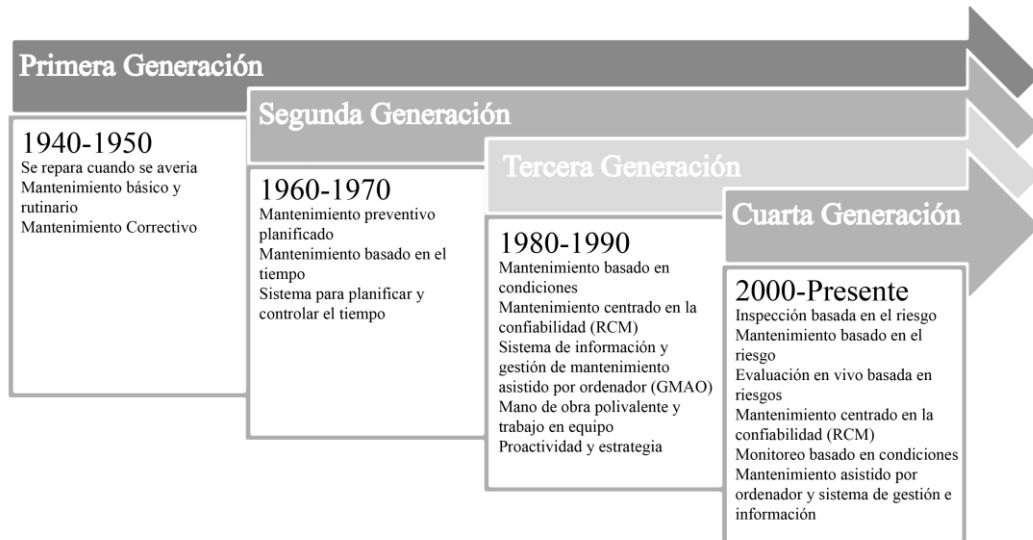


Figura 1. El desarrollo de filosofías del mantenimiento [4].

Como se puede ver en la Figura 1, la primera generación del mantenimiento ocurre en la época previa a la Segunda Guerra Mundial, donde la industria no estaba profundamente desarrollada, y la prevención de averías en equipos no era una prioridad [4], [10]. Gran parte de los equipos eran sencillos y bien construidos lo cual los hace confiables y de fácil reparación. Como efecto, no existía la necesidad de implementar mantenimientos planificados, más que tareas sencillas de lubricación, limpieza e inspecciones visuales [9].

A partir de la segunda guerra mundial con la gran demanda de provisiones, y la escasez de mano de obra. Surgió la segunda generación. Para 1950, varios artículos de uso común se empezaron a producir en masa. La industria manufacturera estaba empezando a necesitar de las máquinas. Lo que tiempo después trajo el concepto de que las averías técnicas debían y podían ser prevenidas, generando de esta forma la definición del ya conocido mantenimiento preventivo [4].

A mediados de 1970, en la tercera generación los tiempos de inactividad afectaba a la capacidad productiva, reduciendo el rendimiento, e incrementando los costos operativos. Esto representaba una problemática de gran importancia en 1960 y 1970,

que damnificaba a los sectores mineros, automotrices y fabriles, donde se buscaba un índice mínimo de averías que no interfirieran con las actividades generales de la planta.

A principios de la década de 1970, se produjo lentamente una tercera revolución industrial, y a medida que los procesos de automatización e informatización evolucionaron [4], los avances en la industria electrónica ocasionaron que el costo de mantenimiento aumentase, de forma ecuánime, como una porción más de los gastos productivos generales. Donde la industria del mantenimiento significa el segundo o en algunos casos el mayor gasto de los costos operativos. Llegando a posicionarse de esta manera a lo largo de los últimos treinta años, de un lugar esencialmente irrelevante, a ser hoy uno de los más importantes para las necesidades de los marcos de control de gastos de una organización [4], [10].

1.2. Definición del mantenimiento

El mantenimiento se caracteriza por ser el conglomerado de procedimientos que se destinan a dar cuidados específicos para una instalación equipo u artefacto, con el fin de que este funcione el mayor lapso de tiempo posible [4]. Por excelencia un mantenimiento bien ejecutado tiende a ampliar la existencia útil del equipo, y obtener un rendimiento admisible del equipo disminuyendo la cantidad de fallos [13].

Durante tres décadas, las instituciones se dieron cuenta de que si querían gestionar adecuadamente el mantenimiento sería necesario incluirlo en el esquema general de la empresa y gestionarlo en interacción con otras funciones [9]. El mantenimiento en su naturaleza se relaciona directamente a las máquinas e instalaciones como el ejemplo de la Figura 2.

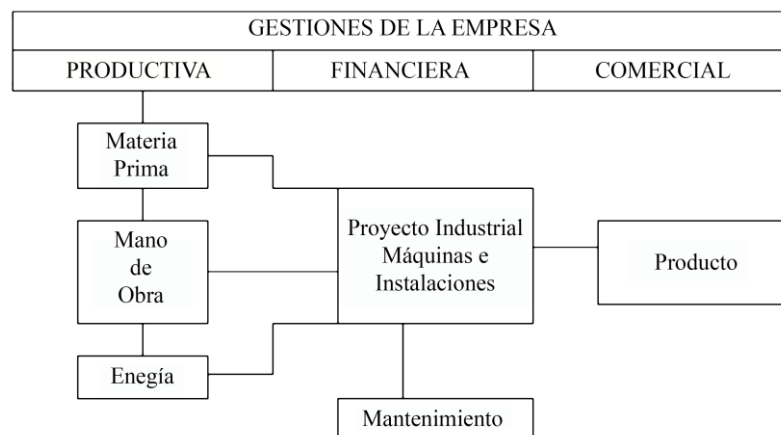


Figura 2. Correlación del mantenimiento con las gestiones de la empresa [12].

1.3. Tipos de mantenimiento

La clasificación del mantenimiento se pueden agrupar de distintas formas, entre las más aceptadas es el tipo de mantenimiento según la naturaleza de las tareas a realizar, llegando a tener la siguiente clasificación:

1.3.1. Mantenimiento Correctivo (MC)

El mantenimiento correctivo se caracteriza por ser una actividad netamente de corrección donde las averías que se presentan imposibilitan la máquina de forma parcial o en su totalidad, las tareas que se incluyen en este tipo de mantenimiento son asistencias de control, inspección, preservación y restauración de una máquina que funciona con un sistema abierto, todo esto con el fin de identificar y tratar de corregir defectos, para evitar fallos [10], [11].

El mantenimiento correctivo se encuentran dos clasificaciones, el mantenimiento correctivo no programado, que se manifiesta en una falla total, produciéndose una parada completa del equipo, de forma que se debe sustituir la pieza averiada y se reponga el componente lo antes posible, sea nuevo o usado dada la necesidad de la disponibilidad del equipo [10].

Por otra parte se tiene el mantenimiento correctivo planificado, que se lo ejecuta cuando se ha identificado que algún componente de la máquina con indicios de estar próximo a fallar, entonces se procede a programar el mantenimiento lo antes posible para reparar el fallo potencial [10].

1.3.2. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se enfoca en la prevención, lo que quiere decir que se ejecutan tareas planificadas con de cierto grado de disponibilidad en el equipo, para ejecutar correcciones de sus puntos débiles en su momento idóneo, Suelen ser de tipo sistemático, lo que implica que se realizan independientemente de que el equipo haya o no mostrado manifestación alguna de un problema [10], [14] como se presenta en la Figura 3.

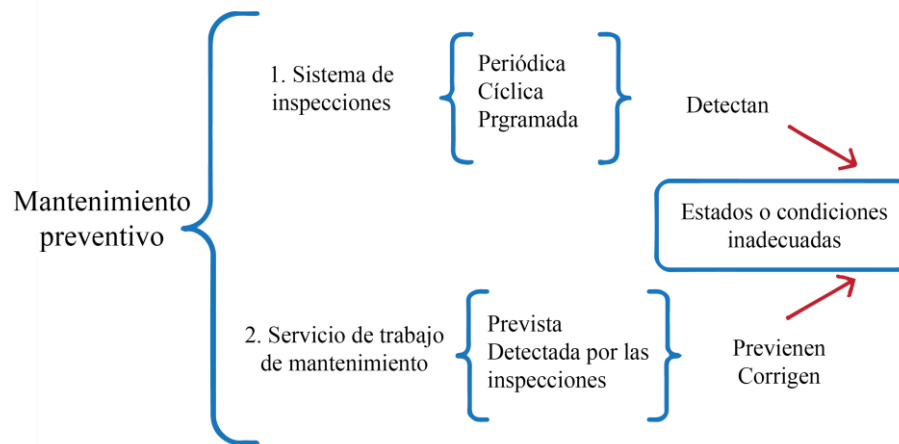


Figura 3. Modelo procedimental para el mantenimiento preventivo [10].

1.3.3. Mantenimiento Predictivo

El denominado mantenimiento predictivo involucra tareas de control donde supervisan el desgaste de los o componentes y mecanismos principales del equipo, las tareas de mantenimiento predictivo se ejecutan con instrumentos de detección y recolección de datos, intentando extrapolar el comportamiento de dichas partes o elementos y decidir el momento concreto en que se produce el reemplazo, de modo que la monitorización del estado sea factible, para esto debe existir un tiempo de desarrollo de fallas importante para que sirva como período de advertencia [15].

El mantenimiento predictivo se relaciona con el uso de dispositivos de detección o medición para determinar cambios en la condición física del equipo. Se pueden usar dispositivos visuales, de audio, electrónicos, de presión o térmicos [15] como lo muestra la Figura 4. Por lo dicho se puede catalogar a este mantenimiento como el más tecnológico, ya que requiere medios especializados y sólidos conocimientos numéricos para su ejecución [4], [11].

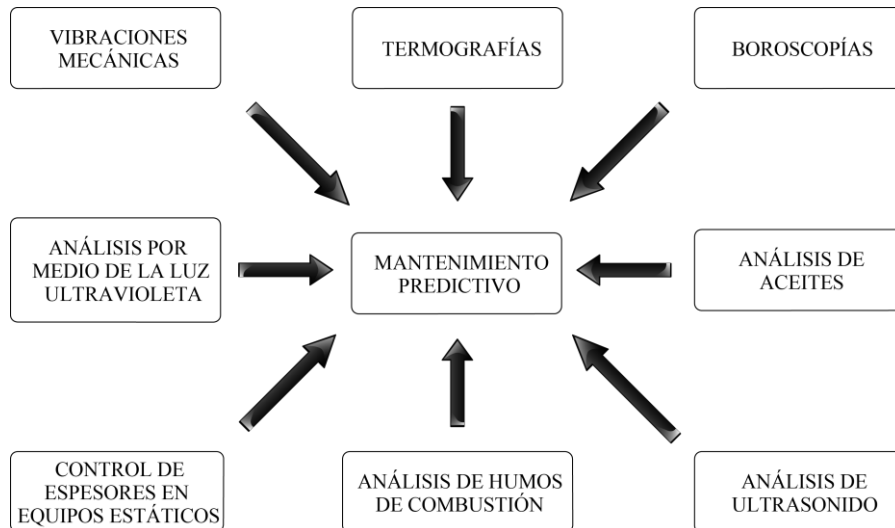


Figura 4. Técnicas predictivas [10].

El mantenimiento predictivo cuenta con la ventaja indiscutible de que en la mayor parte de los casos no se requiere desmontar el equipo, y en algunos se puede ejecutar mientras el equipo se encuentra en estado de servicio [10].

1.4. Mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM es un tipo de mantenimiento que depende de la relación del personal de producción en el mantenimiento del equipo, por lo tanto, la obligación no recae exclusivamente en el área de mantenimiento sino en toda la fuerza de trabajo dentro de la organización, y eso implica que la utilidad de las máquinas e instalaciones es obligación de todos [13]. Este mayor índice de participación implica que las tareas de mantenimiento sencillas y los problemas menores son tratados por el personal que manipula el equipo a diario.

El TPM considera que los operarios pueden realizar las tareas más comunes como la limpieza, ajuste, lubricación, inspección y mantenimiento de los activos para evitar el deterioro de estos [4]. La idea nace a partir de que los operarios son quienes se encuentran más cerca de la maquinaria y estos pueden responder de inmediato ante la necesidad, sin tener que esperar a los técnicos de mantenimiento. Por supuesto, se debe prever que los mismos se encuentren debidamente capacitados para reconocer los signos de deterioro de la maquinaria [3].

Toda organización que decida implementar el TPM en sus actividades se beneficiará de esto al obtener tareas de mantenimiento de bajo costo sin recargo alguno, ya que estas serán realizadas por operadores inactivos. Las tareas que requieran de tiempo, como los consumibles al abastecer combustible o el cambio de lubricantes y filtros, son claros ejemplos de lo que puede hacer un operario correctamente capacitado [3].

El enfoque TPM tiene como objetivo identificar, definir, reducir y aumentar la competencia, tales como identificar prioridades objetivo para optimizar el valor del cliente, definir los parámetros para optimizar el avance de producción, reducir la intervención laboral con la maquinaria y la necesidad de ajustar la maquinaria para mantener la calidad del desempeño con un mayor contenido técnico [3]. Un programa de mantenimiento TPM eficaz que incluya tareas de autogestión requiere que los supervisores de operaciones sean los responsables de su ejecución y del cumplimiento de esta.

Agustiady y Cudney [13] en su obra establecen que el objetivo de TPM es aumentar la satisfacción laboral a través de los siguientes medios, Reducción de averías, Reducción de problemas de calidad, Reducción de incidentes ambientales y de seguridad, Costo reducido, Rendimiento mejorado, Ventaja competitiva, Mantenimiento de emergencia. Donde sus cuatro objetivos principales de TPM son, Evitar el desperdicio en entornos que cambian rápidamente, Reduzca los costos de fabricación, Produzca una cantidad de lotes pequeña lo antes posible, Los productos enviados a los clientes no deben ser defectuosos [13].

1.4.1. Pilares del mantenimiento TPM

El mantenimiento TPM consta de 8 pilares que son los que fundamentan y sustentan el TPM, son una serie de procesos que permiten una rápida inserción de un sistema estructurado en beneficio del mantenimiento [4], [13]. Los pilares del TPM se pueden apreciar en la Figura 5.

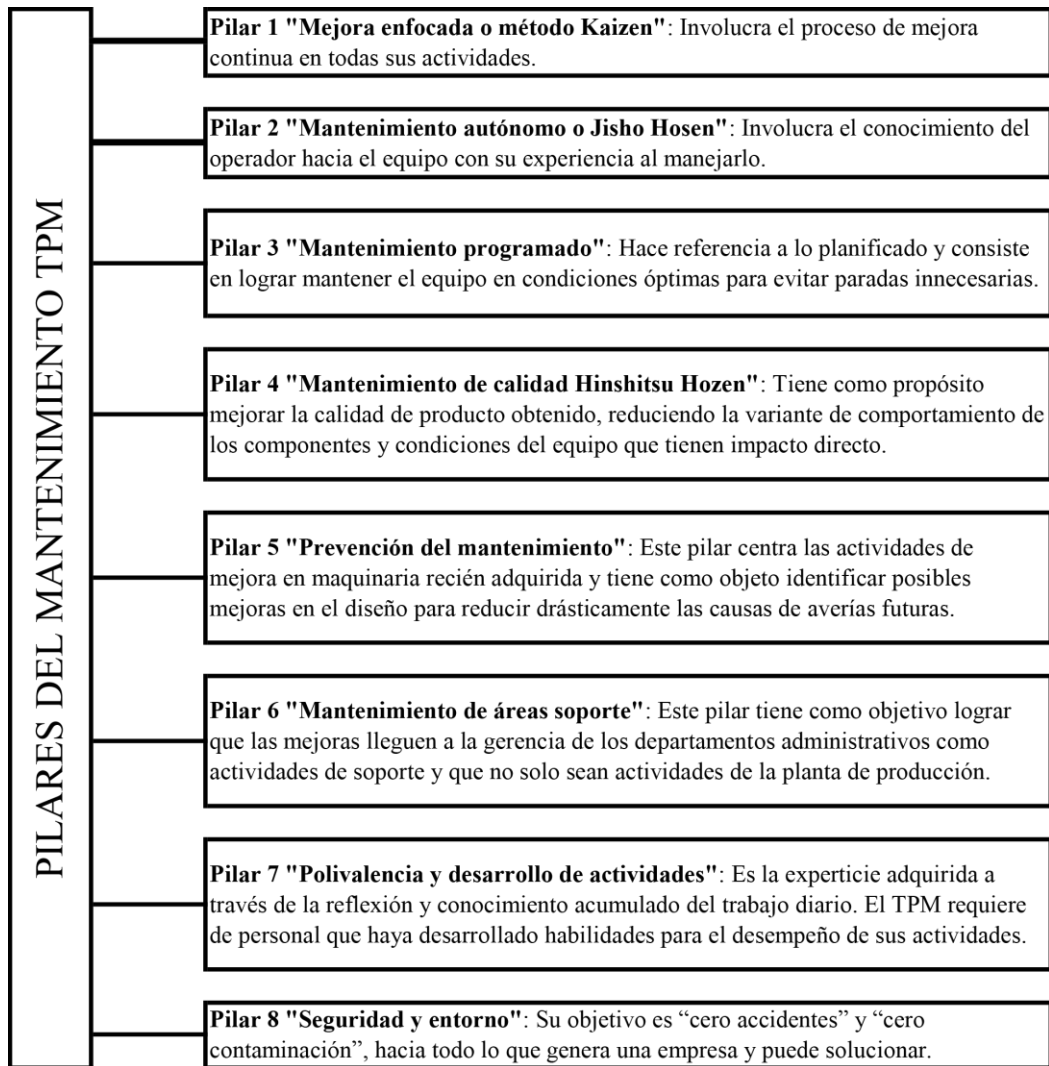


Figura 5. Pilares del mantenimiento TPM [4], [16].

1.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El RCM es una de las metodologías desarrolladas en los años de 1960 hasta 1970, y fue empleado en diversas industrias con el propósito de ayudar a las empresas a decidir las políticas de mejora para manejar los resultados de fallas o averías en la maquinaria o activos físicos [3].

El mantenimiento centrado en la confiabilidad nació con la industria aeroportuaria comercial para brindar mayor confiabilidad a sus operaciones, el proceso RCM radica en establecer un proceso de sentido común mediante la implementación de un diagrama de decisiones para establecer tareas de mantenimiento con la finalidad de proteger las funciones de los activos. Desde sus inicios el RCM ha sido empleado en

varias industrias [4]. Por lo cual para que un conjunto de tareas de mantenimiento sea catalogado como RCM se debe basar en la norma SAE JA1011 [17], traducida y publicada en 1999, la cual establece los criterios necesarios para que un proceso sea denominado RCM.

Se puede decir que el RCM es el método más exitoso para desarrollar políticas de gestión de fallas con la finalidad de mantener el rendimiento funcional de la maquinaria. A pesar de su nombre, va mucho más allá de un simple mantenimiento de cambio de repuestos, ya que se integran resultados operativos, de ingeniería, de procedimientos, de procesos y de capacitación [11].

1.6. Análisis modal de fallos y sus efectos (AMFE)

El análisis modal de fallos y sus efectos es un análisis inductivo para evaluar el modo de falla y el efecto de la misma en los componentes críticos cuya falla guiará a consecuencias indeseables [18], “Se empleó por primera vez en la industria aeronáutica en la década de 1960 y, curiosamente, se incorporó a la normativa militar en los Estados Unidos MIL-STD16291 llamada en ese entonces Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad” [19].

Durante los años 70s fue usada por la “Ford Motor Company”, extendiéndose tiempo después al resto del mercado de vehículos de la época. Actualmente es un proceso simple de análisis que se emplea en la industria automotriz y que ha sido extrapolado de forma exitosa a otras áreas. Es necesario aclarar que el AMFE también presenta el acrónimo FMEA/FMECA por su variante en el idioma inglés [9].

El AMFE tiene como objetivo enfatizar las secciones críticas de falla para mitigar los efectos o incorporar tareas preventivas que reduzcan su manifestación y minimizar sus efectos, transformándolo en un proceso de identificación de fallos potenciales si se acompaña de una buena ejecución. Este método emplea criterios de clasificación que pertenecen a la SST o Seguridad y salud en el Trabajo, como la probabilidad de esperar fallos y la gravedad de sus resultantes [20].

Dentro de la metodología de identificación de fallos, el Análisis de Modos y Efectos de Fallos es típicamente utilizado para el diseño del plan de mantenimiento centrado

en la confiabilidad, ambos métodos se complementan para obtener una comprensión global del marco metodológico, con eventos que pueden presentarse previo a la falla de los equipos [4].

El objetivo de diseño, o lo que se espera lograr del mismo, es estar acorde a los requisitos y necesidades del usuario, por lo que al implementar el AMFE previo a la propuesta de tareas se debe considerar las limitantes técnicas y económicas del cliente. Por este motivo las tareas consideradas elementales al diseñar el diagrama AMFE reciben el nombre de “tareas de servicio”, estas tareas serán el principal indicador para conocer el nivel de aprobación del usuario y la satisfacción con el mismo [19].

La relación del RCM con el AMFE en su aplicación se puede apreciar en la Figura 6.

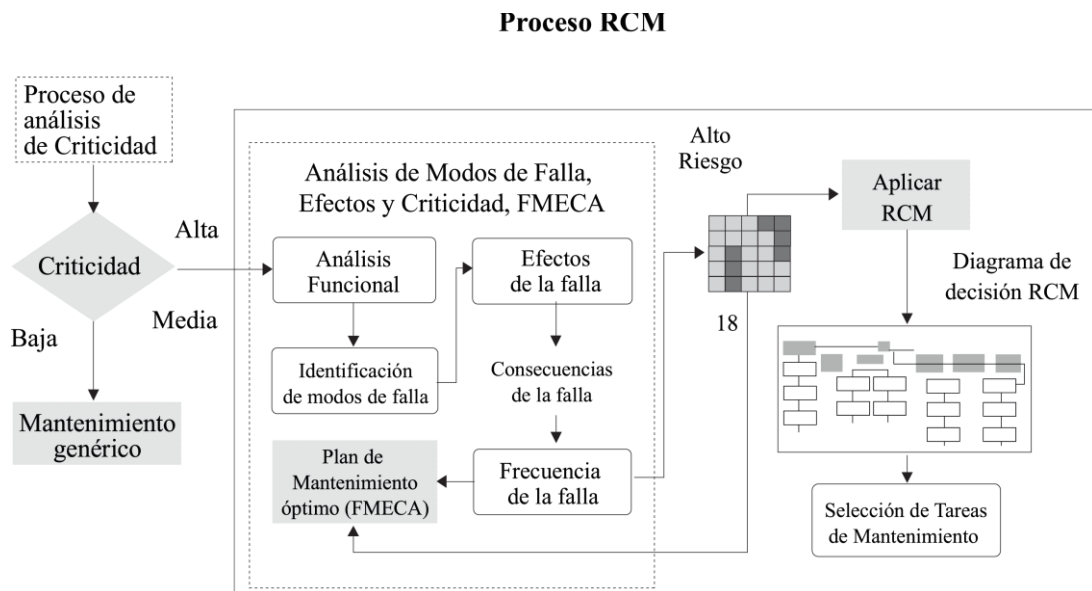


Figura 6. Proceso RCM aplicando el análisis AMFE [20].

Existen dos aspectos los cuales son las necesidades que deben cumplirse y el efecto que tienen sobre el cliente, los cuales generarán una decisión para priorizar las capacidades de servicio y a partir de ahí efectuar el AMFE [19].

1.7. Gestión del mantenimiento

Toda extensión industrial centralizada o descentralizada durante el transcurso de tiempo que duran sus actividades suele presentar un deterioro técnico y económico, este deterioro pueden ser detectado con síntomas como la precaria adaptación al

entorno, inexistencia de decisiones trascendentales, desprendimiento de objetivos empresariales, acciones parciales en la gestión, y relaciones de baja confiabilidad.

De todo lo anterior, el esfuerzo utilizado para evadir el punto de no retorno es lo que se denomina gestión, demostrando cómo la gestión cuando se aplica a un sector funcional de una empresa puede lograr una mejor funcionalidad del sector como tal y adquirir mayor capacidad de competitiva en la industria.

Mediante un análisis, se encuentra que gran parte de los fenómenos ocurren en cuatro etapas principales las cuales son la organización, planificación, ejecución y control [10].

El modelo de gestión aplicado al mantenimiento en el trayecto del tiempo ha experimentado el desarrollo de técnicas que hacen más eficiente su aplicación, por ello la siguiente línea de tiempo que se muestra en la Figura 7 se detalla su evolución y las mejoras que ha experimentado con el pasar de los años [10].

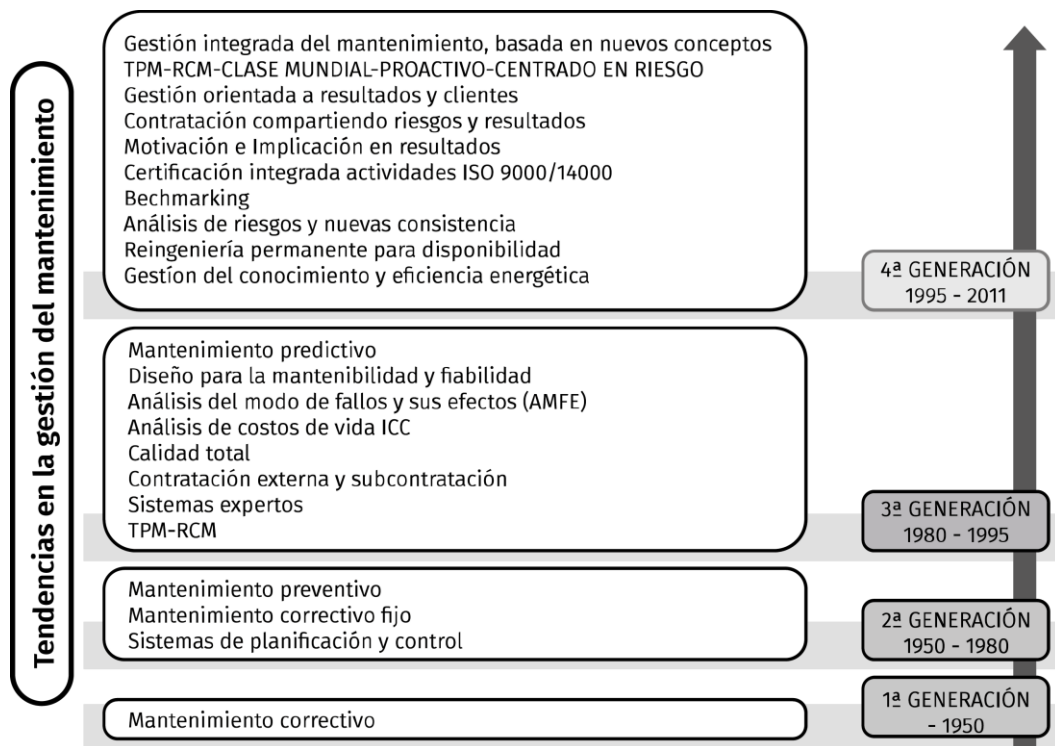


Figura 7. Tendencias en la industria del mantenimiento [10].

1.8. Línea de producción

Una línea de producción puede definirse como el sistema lineal secuencial de producción manual, semiautomatizada o totalmente automatizada que convierte la materia prima en un producto para la venta al público, en un línea de producción se puede abarcar desde tareas tan sencillas como coger una botella y ponerle un tapón, hasta tareas complejas con células automatizadas en las que se utilizan autómatas programables, después de la transformación, se puede encontrar estaciones al final o en medio para el control de calidad [21].

La línea de producción de bebidas carbonatadas presenta una variante que es la compatibilidad del fluido a ser carbonatado, por lo tanto, no presenta una variación relevante en los procesos para la producción de este tipo de bebidas, en la Figura 8 se presenta la línea de algunos procesos que desempeñan los equipos que serán sujetos al diseño del plan de mantenimiento.

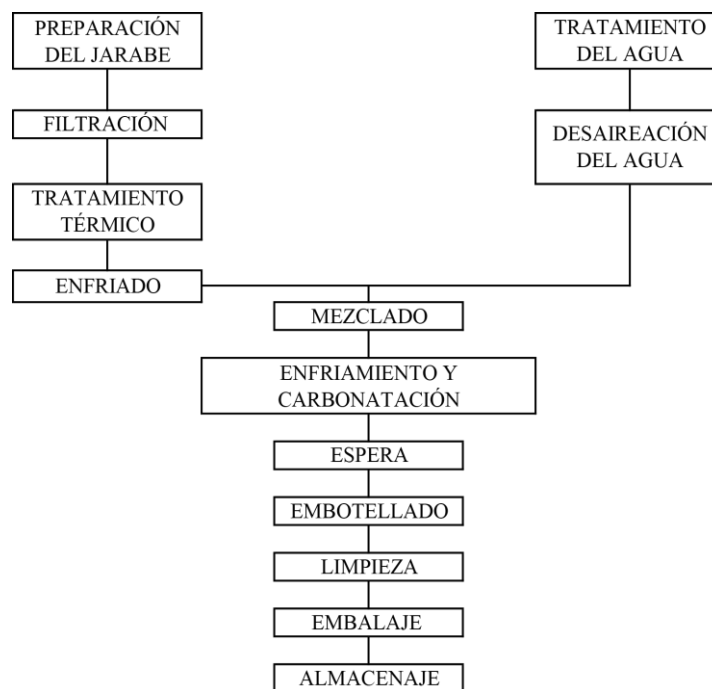


Figura 8. Flujo de operaciones para la producción de bebidas carbonatadas [7].

Los equipos que intervienen la línea de procesos parten desde el enfriamiento y carbonatación hasta el etiquetado y embalaje, y son ejecutados por los equipos de interés, los demás equipos no son de interés dado que ya disponen de un cronograma de mantenimiento establecido, pero es inevitable integrar la línea de producción

completa ya que es prioridad no interferir en las tareas adjuntas para no generar paros en las estaciones de trabajo por tareas relacionadas al mantenimiento.

1.8.1. Descripción de maquinaria para la línea de bebidas carbonatadas

Los diversos equipos que son de interés en el estudio de este documento presentan diversas características propias de una subclase en particular, y es necesario resaltar que son productos que pertenecen a una extensa gama de variantes en el mercado, por ello se procederá a especificar el origen de la rama a la que pertenece cada equipo, para establecer información relevante que sirva de ilustración al lector, con todo esto se busca orientar el objetivo de estudio a desarrollar y establecer requerimientos propios de los equipos, ya que cada uno de estos necesitan un plan de mantenimiento acorde al entorno que serán sometidos, sin olvidar que varios de estos equipos se integrarán a la planta de producción de Licoram por primera vez.

1.8.2. Tanque de almacenamiento y refrigeración

Los tanques de refrigeración se calculan y construyen de forma que el fluido pueda conservarse en las mejores circunstancias. Los distintos elementos que componen un tanque de enfriamiento tienen que cumplir con atributos concretos según el requerimiento del fluido a almacenar [22] como se muestra en la Figura 9 un tanque destinado para el almacenamiento de lácteos. El requerimiento de preparación para la bebida antes de ingresar al proceso de carbonatación es de una temperatura menor a 4 °C, la cual se logra cuando ingresa al tanque de refrigeración.



Figura 9. Tanque de acondicionamiento y almacenamiento para lácteos [23].

1.8.3. Saturador de CO₂ o proceso de carbonatación

La función de una máquina de carbonatación es lograr un contacto íntimo entre el dióxido de carbono y el líquido a carbonatar. Los aspectos físicos que definen el grado de carbonatación son, la presión del sistema, la temperatura del fluido, el tiempo de exposición, el área superficial del líquido y el dióxido de carbono, la compatibilidad del líquido con el CO₂ y la presencia de gases distintos al dióxido de carbono [7].

Comúnmente estos equipos varían en tamaño según la capacidad de Litros de suministro que manejan, pero en la Figura 10 se puede observar un equipo compacto para carbonatar todo tipo de bebidas.



Figura 10. Equipo saturador de CO₂ de flujo continuo RIZZOLIO [24].

1.8.4. Llenadora semiautomática

También llamado equipo de dosificación, una llenadora semiautomática se cataloga de esta manera debido a que su ciclo de llenado no es completamente automático, por ello existen tareas que deben realizarse de forma manual. Los tipos de máquinas para llenado de productos líquidos son varios, como el llenado por gravedad, el llenado por bomba, el llenado por pistones, el llenado por medición de caudal y el llenado por presión o por vacío [25]. Todos estos dependen del tipo del líquido a ser embotellado por lo cual se deberá saber elegir el tipo de llenadora a utilizar.

Como se puede observar en la Figura 11 se tiene un aparato de llenado isobárico, que comúnmente se usan para embotellar bebidas carbonatadas, como cervezas, gaseosas, entre otras.



Figura 11. Llenadora isobárica RIZZOLIO para bebidas carbonatadas [26].

1.8.5. Túnel de calor

Un túnel de termoencogido o túnel de calor es una máquina que se diseña en dimensiones específicas para cumplir una función en base al requerimiento de empaquetado y etiquetado. En la compra de un túnel de calor para el etiquetado de botellas, dependerá de las características de los envases como dimensiones, material, forma, entre otros. En los túneles de calor el objetivo es obtener una rápida contracción de las películas retráctiles para que tomen la forma de la botella.

Los tipos de túneles de calor se clasifican por el medio que transmiten el calor tales como, Termoencogido por vapor visible en Figura 12, Termoencogido de aire caliente por convección y Termoencogido de calor radiante por infrarrojos [27].



Figura 12. Túnel de vapor marca Thor [28].

1.8.6. Caldero eléctrico

Una caldera eléctrica es un dispositivo generador de vapor que se aprovecha de la energía latente cediendo su poder térmico a una resistencia de alta potencia, que lo transmite al agua que contiene el depósito y en proporción a la eficiencia del equipo se tendrá un tipo de control y regulación del vapor generado [29].

1.8.7. Cinta transportadora

Las bandas transportadoras son componentes de asistencia al transporte de fábricas, cuyo objetivo es trasladar o abastecer de producto semiterminado a otra área. Las cintas transportadoras Son aparatos que trabajan de forma independiente, y se empotran en cualquier zona, la mayoría de estos equipos, no necesitan ser manipulados de forma directa y continua por ningún encargado [30].

Las bandas transportadoras generalmente se acompañan de un motor eléctrico sujeto a un reductor también llamado motorreductor que son los dispositivos adecuados para el impulso de todo tipo de artefactos y dispositivos industriales, que requieren disminuir el número de revoluciones sin averiar el equipo [31].

1.8.8. Ventilador axial

Los ventiladores axiales se caracterizan por la rotación que direcciona el flujo de aire, esto sucede a través del rotor, con los álabes de corte o paletas de diversas formas, se construyen conservando la dirección del eje del rotor. Y se utilizan para desplazar

enormes cantidades de aire en recintos abiertos; como la presión de la corriente es sumamente baja, se espera que genere una presión estática reducida, de un valor cercano a los 5 o 25 (mmca).

Por lo tanto, la principal aplicación de los ventiladores axiales es en el sector de la ventilación general como lo muestra el ejemplo la Figura 13 y entre sus dos variantes se los encuentra con el nombre comercial de inyectoros y extractores de aire, dependiendo de la disposición de sus aspas [32].



Figura 13. Ventilador Axial tipo K clima técnica [33].

El mantenimiento industrial durante el tiempo ha buscado una estructura ideal para llevar a cabo su gestión, por ello se vuelve indispensable conocer las tendencias de estas estructuras en una breve historia del mantenimiento como se señala en la capitulación, el manejo de técnicas del mantenimiento actualizadas, le entregarán competitividad a este estudio, siendo un punto de inicio teórico para filtrar las herramientas que serán de utilidad.

En esta capitulación se incluyeron definiciones y menciones históricas de herramientas de análisis como el AMFE o el RCM, que no son más que metodologías del mantenimiento industrial previamente estudiadas, por ello se considera importante conocer su procedencia y longevidad ya que el objetivo de este estudio es adentrarse en su aplicación para obtener resultados beneficiosos para el usuario.

Es por este motivo que en la capitulación 1 al ser un estudio centrado en la gestión de activos se establece información tanto de potenciales herramientas de análisis así como información base de la maquinaria objetivo, donde se entrega una breve explicación de la funcionalidad de los equipos y sus clasificaciones en el mercado, direccionando

de esta forma al lector con la teoría catalogada como básica para el cierre de este capítulo.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

El propósito del capítulo 2 es el planteamiento de la metodología usada para la implementación de un Plan de Mantenimiento, donde se detalla el proceso empleado para el cumplimiento del objetivo de este estudio, sin olvidar la consideración del usuario y respetar los requerimientos de la normativa vigente en la institución, las estrategias planteadas en esta capitulación se relacionan a la optimización de los insumos y tiempo operativo de personal, cumpliendo de esta forma con la política de la empresa de un proceso de mejora continua, donde todo procedimiento se justifica con su documentación pertinente.

2.1. Gestión del mantenimiento

Para que un proceso se catalogue como gestión, se llegan a encontrar fenómenos propios de su ejecución de los cuales se encuentra cuatro etapas principales, las cuales son, la organización, la planificación, la ejecución y el control [12].

La etapa organizativa del mantenimiento, como primera instancia se debe responder a las interrogantes, ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo?

Donde se encuentra dos fases:

- La fase Organizativa: Es la que decide la estructura de trabajo, las funciones intrínsecas de la organización, así como las relaciones externas e internas, son los procesos empleados para el registro de los datos e información actualizada de propiedad de la empresa.
- La fase Preparatoria: Es donde se establece la preparación de los insumos como materiales y mano de obra, instalaciones, documentación entre otros [12].

La etapa de planificación es donde se establecen las tareas a ejecutar y debe responder a las interrogantes, ¿Cuándo hacerlo? ¿Con qué y quién hacerlo?

En esta etapa se establece las tareas de mantenimiento catalogadas como básicas (Preventivo, Predictivo, Correctivo) que serán destinadas a los equipos, esta es una de las fases donde se consideran y recopilan los recursos necesarios como los materiales,

herramientas y mano de obra disponible, al igual de establecer la distribución equitativa de las cargas de trabajo durante la actividades propias del mantenimiento, en esta sección se debe considerar la mayor cantidad de requerimientos posibles como los conocimientos y capacidades requeridas para cumplir con las tareas de mantenimiento planteadas [12].

La fase de ejecución es la parte práctica del proceso denominado gestión, esta se emplea cuando se ha completado la etapa de planificación, y se espera haber generado un planteamiento lógico en el diseño del plan de mantenimiento, generalmente esta etapa puede ser empleada sin programación alguna o puede iniciar con una programación deficiente, que mediante una retroalimentación respectiva se espera afrontar dificultades como:

- Interferencias que disminuyen la productividad del trabajo activo.
- Encarecimiento de las actividades desempeñadas al utilizar más recursos que los necesarios [12].

Los factores mencionados suelen ser ocasionados por atrasos en la ejecución del mantenimiento y suceden por una distribución rápida de las tareas del plan, esto se debe a que no se han direccionado las tareas con la respectiva antelación, o por faltantes de insumos, que existiendo en el almacén de repuestos nadie consideró realizar el inventario para conocer su existencia en el almacén de repuestos [12].

En la etapa de control mediante el registro de datos en campo se trata de responder las interrogantes, ¿Cómo marcha lo que se planeó hacer? ¿Cuánto costo en tiempo, mano de obra y materiales, va a costar y podría haber costado?

La contestación generada a partir de estas interrogantes será el efecto de la valoración de indicadores como la capacidad, la eficiencia, el costo y la disponibilidad. Con estos indicativos se deben realizar reportes y papeles que cumplan con el marco del sistema de datos de mantenimiento. Ahora si se analiza lo planteado en el proceso de control el factor clave para lograr una retroalimentación de mejora exitosa que genere crecimiento en la institución es tener una gestión eficaz en la elección de las soluciones, para que ésta se sustente en una información concreta y cuantificable, de

modo que en cada una de las etapas propuestas se evidencie un proceso de mejora en términos generales [12].

2.2. Etapa de organización: Fase organizativa y fase preparatoria

La etapa de organización pretende encontrar las variables funcionales propias de empresa que serán útiles para el diseño del plan de mantenimiento, el propósito principal de esta etapa es llegar a conocer la empresa en el flujo de operaciones que realiza, y las variables que podrían intervenir o retrasar las tareas relacionadas al mantenimiento, además de identificar los recursos y requerimientos necesarios, se deben considerar posibles puntos de mejora para estas variables, con el fin de establecer cambios que ayuden en su gestión a futuro [12].

La recolección de información es parte fundamental para esta etapa, por ello se presenta el listado de forma detallada acerca de cómo parte este proceso para el reconocimiento de campo, y así dar respuesta a las preguntas ¿Qué hacer? y ¿Cómo hacerlo?

2.2.1. Estructura de trabajo

Una de las principales tareas que se tienen que establecer es un esquema de organización del funcionamiento de la empresa, comúnmente este ya suele establecerse de forma generalizada por cada departamento que conforman la empresa, pero para las necesidades propias del mantenimiento, la forma de organización requiere un enfoque que pueda priorizar las necesidades del departamento, ya que en esta etapa es donde se crea una dependencia del personal involucrando con sus respectivas necesidades de ejecución, como el ejemplo de la Figura 14.

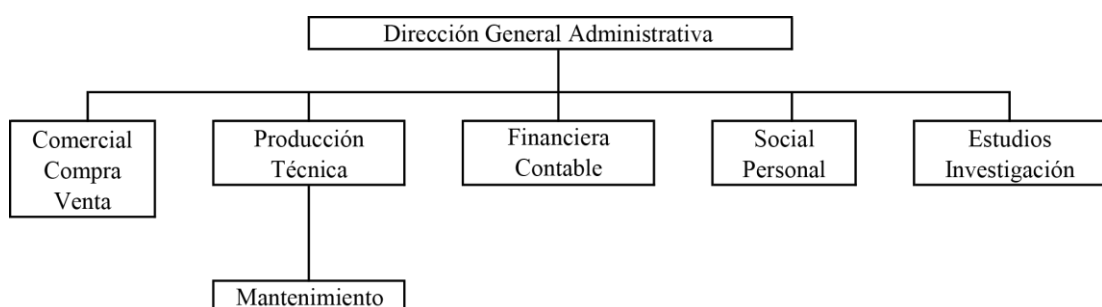


Figura 14. Organigrama general del mantenimiento [12].

Esta fase organizativa agrupa al personal disponible en la empresa, y se los clasifica de acuerdo con sus capacidades para su respectivo campo, donde una vez ya establecidas las

tareas propias del campo de trabajo, solamente se filtró el personal requerido para su ejecución [12].

2.2.2. Registro y manejo de la información

Toda organización debe tener informes de los resultados para la comprobación de las actividades iniciadas por la organización. Cuando el departamento no ofrezca una declaración justificada de los resultados de sus acciones, no existirá evidencia alguna de que ha cumplido sus actividades, en esta etapa se verificará que la documentación disponible para el registro satisface los requerimientos y necesidades propias del departamento. La asociación debe facilitar los recursos vitales para ejecutar y mantener el marco de administración de la calidad, trabajar constantemente en su viabilidad y aumentar la fidelidad de los consumidores mediante el cumplimiento de los requisitos previos de los clientes [12].

2.2.3. Organización del departamento

Es importante establecer el área o espacio físico donde se ejecutarán las actividades de mantenimiento, ya que se debe contar con al menos una oficina destinada al encargado del despacho, así como un espacio personal para sus ayudantes, además se requiere contar con recursos como, mesa de juntas, pizarrón y suministros de oficina en general, entre otros.

En esta etapa se debe establecer el diseño de formatos para la emisión de órdenes de trabajo para desarrollar cualquier actividad de mantenimiento implementando un proceso secuencial, en esta parte se analizará la coordinación de las operaciones, discusiones y reuniones. Además, es aconsejable analizar los resultados conseguidos a partir de las actividades previas, es relevante establecer una codificación propia de la empresa para distinguir los activos y las actividades de mantenimiento a desarrollar, entre otros [12].

2.2.4. Organización del personal

Las formas de organización del sector de mantenimiento de la compañía se basan en el ámbito industrial, dado que la relevancia de un servicio de mantenimiento presenta cambios según el tipo de área en el que se encuentra, como hoteles, hospitales, centrales eléctricas, etc. Se considera que la máxima eficacia se logra cuando el

encargado de mantenimiento reporta directamente a gerencia general, y en numerosas industrias el grado de organización de cada departamento incide poco o nada en los aspectos del desempeño del servicio de mantenimiento [12].

El punto de interés en la determinación de la organización de este tipo radica en las tareas propias del personal sujetas a su conocimiento, por ello cuando las interrelaciones entre el jefe de mantenimiento y los responsables de los demás servicios son buenas, no es necesario un nivel formal de jerarquía que sea estricto, ya que al estructurar un organigrama con un único nivel de jerarquía en el que todos conozcan su tarea designada, se espera que los trabajadores sean propensos a dar prioridad a la colaboración continua y eficaz con dichos repartos, lo que redundaría en una estrecha colaboración laboral [12], [34].

2.2.5. Organización del almacén

Para el departamento de mantenimiento es indispensable manejar un almacén de repuestos para todos los equipos de la planta de producción, una opción es crear un almacén por zona o por sección de mantenimiento derivada, formando una sección de mantenimiento como parte exclusiva del almacén general, o bien este puede ser independiente del almacén general, donde el responsable de la zona de mantenimiento conozca a la perfección la ubicación de cada repuesto o insumo.

Si la institución ya cuenta con un espacio físico de almacén, se debe implementar las revisiones pertinentes para su aprobación, referente a la necesidad planteada:

- Se debe realizar un registro con detalles de las refacciones en stock y realizar una categorización de estos, de ser posible se debe definir su ubicación o asignar una codificación respectiva.
- Enumerar los repuestos que son importantes para el cumplimiento de las tareas propias del mantenimiento como: instrumentos, combustibles, repuestos mecánicos, lubricantes, etc.
- Establecer un mínimo de existencia necesaria en bodega para realizar las actividades previstas para un año, y que no supere este límite de tiempo [12], [34].

2.2.6. Recursos y medios disponibles.

Entre las tareas propias del departamento de mantenimiento para cumplir con sus actividades, se vuelve indispensable generar registros periódicos que evidencien un control de todos sus recursos y medios disponibles, por ello es necesario generar un informe resumido de los siguientes puntos considerados como elementales para el correcto funcionamiento del departamento:

- Presupuesto mensual o anual, que se destina para uso propio del departamento.
- Repuestos e insumos contables del almacén.
- Mano de obra y recursos humanos.
- Verificación del estado óptimo de: herramientas, materiales, instrumentos, etc. que se utilizan para ejecutar funciones propias del mantenimiento.
- Prestación de servicios: Tareas por servicios especializados que el departamento no puede realizar, y son propios del fabricante del equipo.
- Gestión interna: Es el método de cómo se realiza una petición de mantenimiento y cómo se debe tramitar la orden de trabajo [34].

2.3. Etapa de planificación

En la etapa de planificación se pretende establecer las actividades que se realizarán en el área de mantenimiento, el principal objetivo de esta etapa es conocer a profundidad la maquinaria que forma parte de la línea de bebidas carbonatadas y tratar de idear tareas de mantenimiento en base al proceso productivo que desempeñan, procurando no intervenir o retrasar las tareas relacionadas al área productiva.

En esta etapa se diseñará planes de mantenimiento catalogadas como básicas (Preventivo, Predictivo, Correctivo, etc), que se sustentarán en base a la técnica de mantenimiento RCM, lo cual mediante un análisis modal de fallos y sus efectos (AMFE) otorgará mayor profundidad al estudio, acerca de cómo parte este proceso para el aplicativo en el campo, y así dar respuesta a las preguntas ¿Cuándo hacerlo? y ¿Con qué y con quién hacerlo?, con el uso de la información ya recolectada previamente en la etapa de organización [12].

2.3.1. Reconocimiento de maquinaria

Antes de establecer los requisitos de mantenimiento de cualquier equipo, es necesario conocer la maquinaria en detalle, y determinar cuáles de ellas estarán sujetas al proceso de evaluación RCM. Esto implica que hay que generar un registro de la planta de producción si no existiese alguno.

Generalmente una gran parte de las entidades industriales ya cuentan con registros de las tareas que se ejecutan en la planta de producción [4], que van acorde el propósitos del lugar, esta sección abarca los atributos más deseados y que son de alta importancia para el objetivo de estudio.

2.3.2. Identificación

La identificación es el método por el cual se diferencia una máquina de un grupo en específico, existen diversas variables que se pueden tomar en cuenta para codificar un equipo, ya sea desde un punto de vista secuencial del proyecto o relacionado a la naturaleza propia del equipo. Es de gran utilidad acompañar dicha identificación con letras y números que permitan designar una identidad a la maquinaria y prevenir posibles confusiones a la hora de definir los equipos a los que se hace referencia cuando se acude para su mantenimiento [19].

La ventaja de utilizar un régimen de codificación es la sencillez que se le puede dar al código, ya que este puede contener unos cuantos caracteres que logran distinguir de forma rápida a cada uno de los dispositivos de la compañía. La codificación o identificación de la maquina resulta beneficioso en industrias con un alto número de equipos donde se los puede agrupar o codificar según la conveniencia de la planta [10].

Por otra parte, la numeración por categorías puede ayudarnos con más información referente al activo como la zona en la que se ubica, el tipo de maquinaria, a qué tipo de categoría pertenece, etc., el único inconveniente de este tipo de numeración es que el espacio del código se agranda de forma proporcional a los datos que se suministran.

Por ello entre los ítems útiles para codificar un equipo o maquinaria se encuentran variables como, la zona a la que pertenece, sección a la que pertenece dentro de la

fábrica, la línea productiva, el tipo de equipo, el componente, la cadena de procesos al que pertenece y el número del activo [35].

2.3.3. Modo de fallo

El "Modo de Fallo Potencial" es la forma como una maquina o activo podría dejar de satisfacer el fin del servicio. Dicho de forma sencilla, un modo de fallo es un acontecimiento individual que hace que se genere un fallo operativo, y cada modo de fallo generalmente tiene una o más zonas que lo provocan [3].

Los posibles modos de fallo deben ser descritos en condiciones físicas o técnicas y es necesario mencionar que el error humano, no se considera un modo de fallo. En esta fase es aconsejable enumerar los posibles modos de fallo, ya que un defecto puede no ser fácilmente perceptible a simple vista, pero, como se ha mencionado anteriormente, es un aspecto que no debe ignorarse [19].

Esta etapa puede indicar mucho trabajo por hacer pero los estándares proveen consejos para evitar el trabajo excesivo. Por ello se recomiendan no ser superficial acerca del grado de causalidad. Al plantear los posibles modos de fallo en necesario considerar los siguientes aspectos:

- Reconocer la mayor cantidad de modos de fallo coherentes que puedan provocar una denominada "falla funcional".
- El proceso empleado para seleccionar un modo de falla con probabilidad razonable de ocurrir será permisible para el dueño del equipo. Habitualmente, se usa la mediación para seleccionar cuáles dar de baja.
- El nivel de probabilidad debe ser lo suficientemente alto como para poder atribuir las medidas de control apropiadas.
- Los modos de fallo recopilados durante el proceso de diagnóstico deben tener en cuenta los sucesos que hayan acontecido en el pasado.
- El error humano en la manipulación y el desarrollo de los eventos que provocan fallos también deben añadirse a la nómina de las modalidades de fallo [3].

2.3.4. Efecto de fallo

Se refiere al síntoma detectado por el operador, es decir, si el fallo se produce, se procede a relatar las circunstancias desfavorables que puede desencadenar el efecto de fallo, ya que pueden observarse o detectarse, esto debe señalarse en el ámbito del desempeño o eficiencia del servicio. En otras palabras, los síntomas deben ser descritos como lo haría el mismo usuario, ya que esto le afectaría directamente.

Cuando se analiza un equipo, se debe tener en consideración el impacto en el conjunto, con el fin de proporcionar una visión con la mayor claridad del problema, y si el modo de fallo tiene un alto número de efectos a analizar, ya que por naturaleza se elegirán los más graves [19]. Los eventos de falla se deben cuantificar en base al problema que cada evento por separado puede ocasionar a la planta o la instalación. Es recomendable relatar lo que sucede al momento que ocurre el modo de falla.

Por ello, el reglamento aconseja diversas observaciones relevantes que ayudan a comprender la gravedad de cada causa particular de fallo. En este paso se determina qué punto es relevante para todo tipo de fallos tomando en consideración lo indicado.

- ¿Existe un registro de la ocurrencia del fallo?
- ¿Cuál es el riesgo de que el fallo afecte a la seguridad del operario?
- ¿Cuál es el efecto potencial del fallo en el entorno?
- ¿Qué tanto se perjudica la productividad o las actividades?
- ¿Existen daños físicos provocados por la avería?
- ¿Hay que realizar tareas para restablecer el funcionamiento del equipo tras el fallo? [3]

2.3.5. Causa del modo de fallo

La fuente probable del modo de fallo indica una anomalía en el diseño de la máquina o del sistema, donde la raíz es el propio modo de fallo. Entre las causantes determinadas se requiere enumerar de la forma más precisa y detallada posible para poder orientar adecuadamente los intentos de solución. Generalmente, un modo de fallo se puede producir por dos o más razones vinculadas a los procesos precedentes [19].

Un defecto puede tener varias causas, y se clasifican en los apartados indicados a continuación:

- Causas vinculadas al diseño.
- Casos relacionados con el montaje.
- Casos ligados a la forma de utilizar el dispositivo.
- Casos relacionados con el mantenimiento efectuado en el equipo.
- Causas relacionadas con el suministro necesario.
- Causas vinculadas a sus elementos internos.
- Casos derivados de los factores climáticos en los que se encuentra el equipo.
- Casos derivados de otros equipos que ocasionan una avería [14].

Un estudio de todas las posibles razones muestra que en una máquina compleja puede tener más de 200 razones diferentes que pueden ocasionar una avería [14].

2.3.6. Aplicación del AMFE

El método que debe aplicarse para efectuar el AMFE, tal y como se indica en la NTP, puede modificarse en función de las exigencias de cada organización o empresa. Inicialmente, hay que establecer si la estrategia a emplear puede determinarse un “proyecto, producto, proceso o servicio” que se ajuste a las necesidades del cliente. Y puede ocurrir que después de efectuar el análisis del modo de fallo, éste genere muchos resultados positivos, por lo que, en ese caso, deben seleccionarse los inconvenientes más relevantes para su posterior evaluación [36].

Es necesario recalcar que un modo de fallo podrá ser la reacción de dos o más motivos encadenados, dando lugar a un fallo total de la máquina. Dependiendo del proceso que se analice, es necesario reconocer los diferentes apartados que se mencionan.

- Modo de fallo, como la manera en que se produce el defecto.
- Efecto, que es la circunstancia producida una vez ocurrido el modo de fallo.
- Causa, que viene dada por la circunstancia o incluso por el personal que ha provocado que se produzca el fallo.

Al instante de la ejecución del método AMFE el estudio del estado actual de la empresa genera los ítems que se muestran a continuación.

- Introducción del proceso a tratar.
- Descripción física del procedimiento y elaboración de un diagrama de flujo para identificar los subprocesos que pudieran presentarse.
- Se realiza un “Brainstorm” con la finalidad de encontrar fallas que se puedan ocasionar en los subprocesos o áreas involucradas.
- Se enlistan las fallas encontradas y se tabulan para evaluar cada una de ellas y los eventos que pudiesen ocasionar.

Cuando se termina de recolectar la información requerida sobre los potenciales fallos, es necesario localizar el nivel de gravedad en todos los casos. Entendiendo que a través de este análisis es posible conocer el grado de consecuencias que puedan ocasionarse tal y como se muestra en la Tabla 1. Tomando en consideración que, en términos de evaluación numérica, el valor se eleva a medida que se incrementa la inconformidad de los usuarios, o se presenten afectaciones en los costos, entre otros [36].

Tabla 1. Categorización de la gravedad del modo de fallo [36].

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No se espera que este fallo de baja importancia produzca algún efecto real sobre el objeto de estudio.	1
Baja Repercusiones irrelevantes que son apenas imperceptibles	Si existe fallo ocasionaría un ligero inconveniente para el cliente. Es posible que se note un pequeño deterioro de si rendimiento sin ser de mayor importancia. Se puede remediar.	2 – 3
Moderada Defectos de relativa importancia	Existe un deterioro observable en el rendimiento del sistema, por lo que puede causar insatisfacción en el cliente.	4 – 6
Alta	El fallo puede llegar a ser crítico e inutilizar el sistema. Con ello el cliente tendrá un mayor grado de insatisfacción.	7 – 8
Muy alta	Fallo potencial muy crítico que produzca afectación en la seguridad del producto o proceso. Si el caso es muy grave se le puntuará con un valor de 10.	9 - 10

Esta lista debe trabajarse a través de las actividades de la planificación, y no debe ser afectada por los cambios resultantes de la implementación del AMFE y las auditorías periódicas. La tabla de ordenamiento de este archivo debe ser planificado por cada entidad de acuerdo con lo indicado por el artículo, administración o ciclo en particular.

Los números enteros que se manejan en la tabla vinculada manejan el rango numérico del 1 al 10, no obstante de vez en cuando se utilizan rangos más moderados (1 a 5), desde una leve disconformidad, pasando por el desgaste, hasta el apartado con mayor inadaptabilidad, teniendo problemas importantes de seguridad con la maquina [19]. Se estima que una calificación precisa de la gravedad es esencial para encontrar la avería y adoptar las medidas de corrección.

Además, es necesario establecer una periodicidad, considerada como la posibilidad de que un de fallo sea probable y produzca realmente un modo de fallo, la identificación debe ser lo más objetiva posible, por lo que es importante contar con datos previos para su verificación [36].

Las posibilidades de lograr modificar la frecuencia de los fallos pasan por un ajuste en el diseño del producto o servicio o por la mejora de los mecanismos de prevención o control encargados de detectar y prevenir la incidencia de dichas averías. En la Tabla 2 se indica el rango numérico que se emplea para implantar la frecuencia de averías en cada equipo, esta numeración maneja rangos del 1 al 10 donde la frecuencia se ve incrementada con forme se acerca al número 10.

Tabla 2. Categorización de la frecuencia del modo de fallo [36].

Frecuencia		Criterio	Valor
Muy baja	Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idéntico. Tampoco se ha dado antes en el pasado, pero se considera que puede ocurrir.	1
Baja		Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Se puede esperar en la vida del sistema, aunque es poco probable que ocurra.	2 – 3
Moderada		Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previstos al actual. Existe la posibilidad de que aparezcan durante la vida del sistema.	4 – 6
Alta		El fallo se ha presentado con alguna frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7 – 8
Muy alta		El fallo es casi inevitable. Existe gran posibilidad de que el fallo se produzca de manera más frecuente.	9 - 10

Por otra parte, la Tabla 3 muestra las medidas que hay que tener en cuenta a la hora de distinguir el modo de fallo. Es fundamental llamar la atención sobre el hecho de que esta variable, a diferencia de las mencionadas anteriormente, tiene una magnitud de

evaluación inversa, es lo que significa que cuanto más difícil es de reconocer, más alto es su índice de percepción.

Sea, el caso de que lo que se busque sea una disminución de estas cualidades, se pueden realizar dos acciones, aumentar la cantidad de controles, aunque esto supone un incremento de los costos, o la otra alternativa es alterar el plan para trabajar en la detección de las fallas, la capacidad de percepción se evalúa usando la Tabla 3.

Tabla 3. Detectabilidad del modo de fallo [36].

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es evidente	1
Alto	El defecto es evidente y aunque se puede detectar fácilmente, podría no ser distinguido en primera instancia.	2 – 3
Mediana	Defecto detectable, aunque posiblemente no llegue al cliente.	4 – 6
Pequeña	Es difícil detectar el defecto con procedimientos normales.	7 – 8
Improbable	Defecto no puede detectarse, pero el cliente posiblemente lo percibirá.	9 - 10

En toda avería la detectabilidad es significativa ya que en el AMFE se busca rescatar lo razonable que es la avería y se distinga todo el ciclo, por lo que cuanto más problemático sea reconocer una avería puntual y más se tarde en identificarla, más graves podrían ser los problemas ocasionados. Este valor será más bajo en función de lo seguro que sea el hallazgo de este, y en caso contrario, será más elevado cuanto sea menos seguro su identificación.

Una vez obtenidos los datos indicados, se obtiene el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), el cual es un indicador que jerarquiza las posibles causas que deben ser tratadas para que los fallos no se manifiesten en su estado de servicio. Este índice se calcula a partir de la frecuencia F , la severidad G y la detectabilidad D , como se indica en la Fórmula (1) [36].

$$IPR = F \cdot G \cdot D \quad (1)$$

Por lo tanto, el valor del IPR es adimensional, lo cual es práctico ya que el valor numérico se relaciona con su criterio al que pertenece, como se muestra en la Tabla 4.

Este número se debe obtener para todas las causas de fallo y el *IPR* obtenido del cálculo resulta la categorización propia del modo de fallo ya que es de ayuda para la toma de decisiones [36].

Tabla 4. Rangos del índice de prioridad de riesgo [14].

IPR	Criterio
500 – 1000	Probabilidad de riesgo de falla alta
125 - 499	Probabilidad de riesgo de falla media
1 – 24	Probabilidad de riesgo de falla bajo
0	No existe probabilidad de riesgo de falla

Este número muestra la necesidad de tomar medidas sobre un modo de falla reconocido, ya que se establece una categorización bien distribuida donde se presta mayor atención a sus dos niveles más altos, este rango numérico califica de forma preliminar los casos menos concurrentes de los más ocurrentes para que de esta manera se puedan filtrar los que tienen más relevancia para el estudio [36].

Después de esto se emplea la actividad correctiva después de haber diagnosticado las problemáticas con su índice *IPR* respectivo donde se los organiza en jerarquía numérica, y empieza la siguiente etapa que es donde se emplea el *RCM* y para ello existen diferentes posibilidades que se pueden aplicar para dar solución en conjunto a estos problemas desglosados mediante el *AMFE*.

2.3.7. Metodología del RCM

En el momento que se habla del *RCM* o de su ejecución, la gran mayoría de veces se considera un procedimiento desconcertante y complicado de aplicar. Nada más lejano a la práctica, con pocos medios, pero con una buena información sobre el establecimiento y algo de tiempo, es factible impulsar este sistema y aprovechar sus óptimos resultados [3].

Resumiendo el proceso del *RCM* clásico, como se describe en el estándar *SAE JA1011* [17], el documento *SAE JA1011* original de 1978, señala que para que un procedimiento sea considerado como *RCM*, se deben completar los siete pasos indicados en el orden mostrado [3].

- Determinar el marco y las tareas operativas, así como las normas de rendimiento deseadas para el activo (marco y tareas operativas).
- Determinar cómo puede fallar un activo en el desempeño de sus actividades.
- Determinar el origen de uno de los fallos funcionales (modos de fallo).
- Describir lo que ocurre cuando se produce cada fallo (efectos del fallo).
- Clasificar las consecuencias del fallo (efectos del fallo).
- Establecer lo que hay que hacer para anticipar cada fallo.
- Investigar de otras fuentes modelos de gestión de fallos que puedan ser más eficaces [3]

Después de haber planteado las 7 preguntas del RCM, se obtiene un flujograma propio de la metodología de este método, donde nace una octava pregunta en la Figura 15 referente a la aceptación del cliente, como lo plantea Cabrera [37] en su investigación.

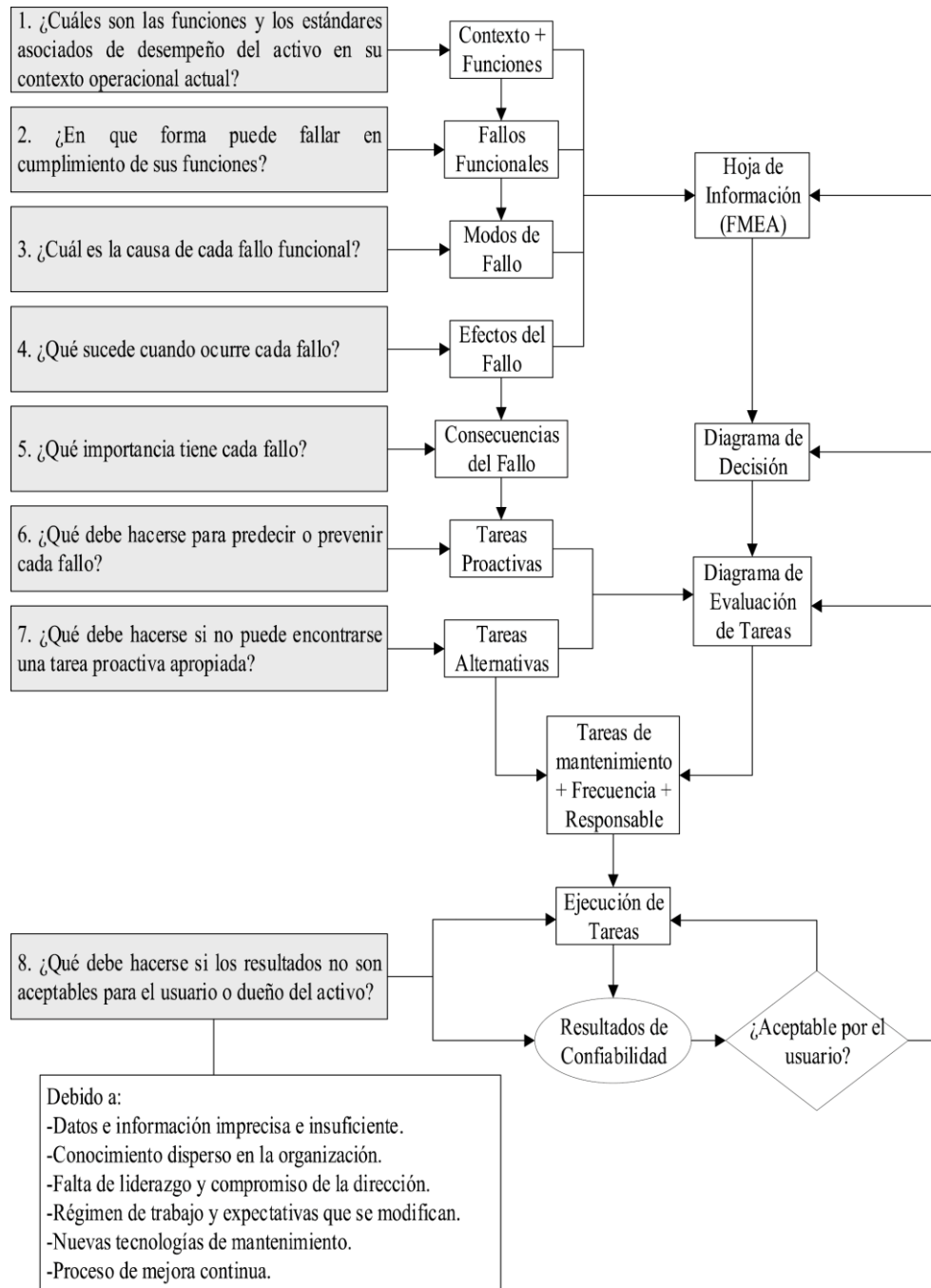


Figura 15. Secuencia del proceso RCM [37].

Es necesario tener en cuenta que el proceso RCM se basa en el sentido común. Por lo tanto, el inicio debe ser coherente para diseñar un método de gestión de fallas o mantenimiento es comprender claramente lo que se demanda del activo. En el análisis RCM en su etapa final después de haber empleado el análisis AMFE se procede a crear la propuesta de mantenimiento como tal, filtrando los fallos potenciales empleando el organizador gráfico de decisión RCM que se presenta en la Figura 16.

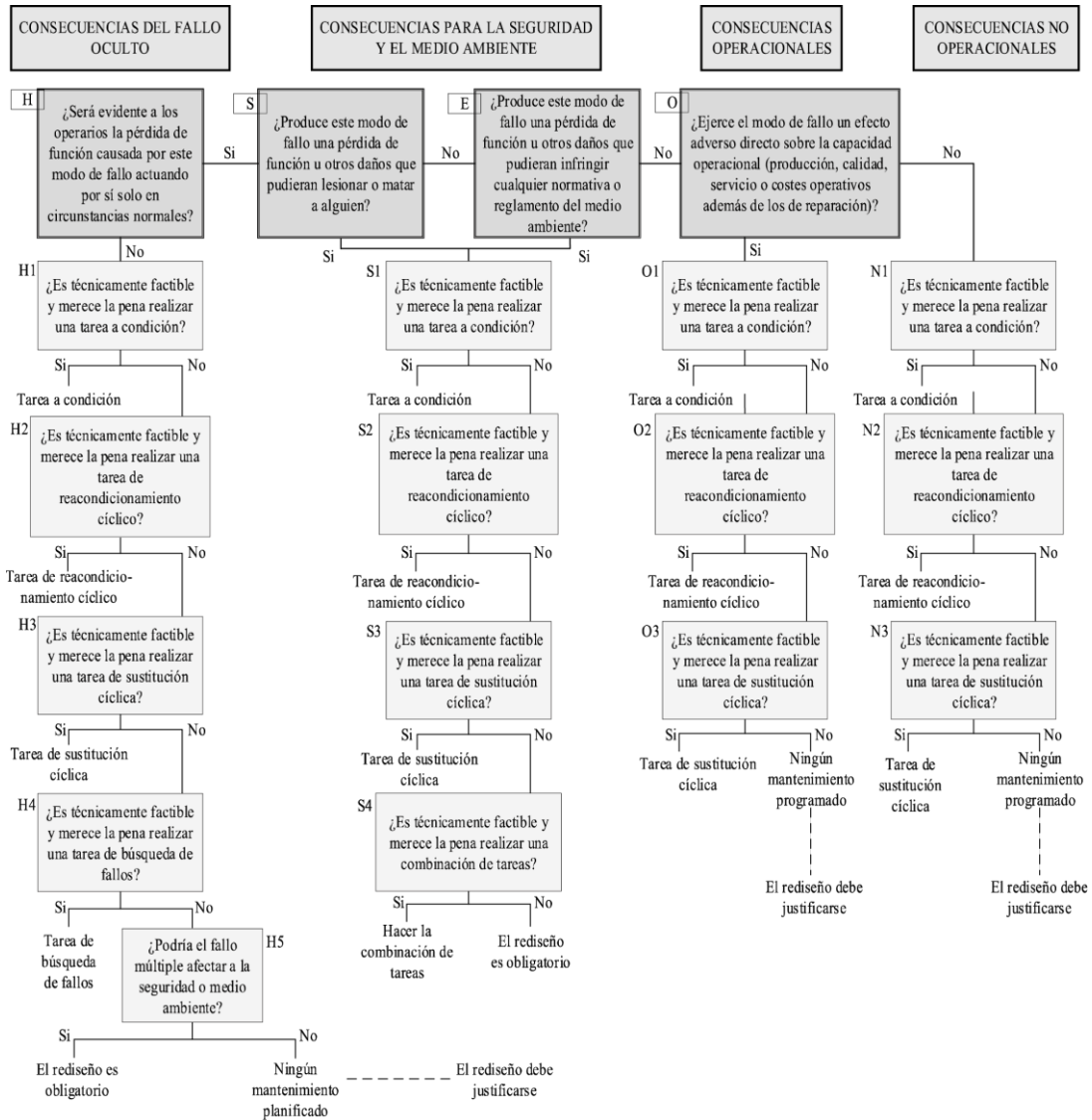


Figura 16. Flujograma de decisión RCM [37].

Comúnmente, el área de mantenimiento no se encuentra relacionado en determinar el por qué un activo se encuentra en planta de producción. Pero, si se quiere sostener el desempeño de parámetros específicos, se necesita conocer en detalle las funciones y necesidades del equipo, como las variables operativas que establecen los niveles de desempeño requeridos para abastecer la demanda operativa [3].

2.3.8. Fallos funcionales

El estándar SAE JA1011 [17] define la falla funcional como "circunstancia en el que un activo no puede realizar una función específica al nivel de rendimiento deseado". Por lo tanto, un conocimiento minucioso de las bondades que ofrece el equipo y del

estándar de rendimiento es fundamental al momento de diagnosticar los fallos funcionales. El estándar complementario de la SAE JA-1011 es la SAE JA-1012 considerada un procedimiento para evaluar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM. Se publicó en 2002 para aclarar a mejor detalle cómo cumplir con los requisitos de la SAE JA-1011.

Los fallos funcionales pueden verse afectados por cierta incertidumbre ya que pueden existir fallas funcionales que sean parciales o totales, lo que significa que es posible que la máquina no pueda entregar una función específica que se pueda ejecutar a un grado de rendimiento inferior al esperado. El estándar SAE pide que se reconozcan todos los estados fallidos asociados a cada función, de modo que se pueda distinguir todas las causas de fallo importantes [3].

2.3.9. Estrategias de mantenimiento

La secuencia de falla más probable tiene que considerarse en el instante de establecer una estrategia de gestión de fallas. Según los dos grupos de patrones de falla estos se manifiestan con la edad o el uso o al azar. De igual forma se tiene la posibilidad de que se manifiesten de forma temprana síntomas de desgaste que se relacionan a un tiempo de funcionamiento significativo.

Es necesario tener precaución al momento de sugerir las actividades de mantenimiento ya que estas tareas deben estar basadas en patrones de falla predominantes reales [3]. Por ello la SAE JA1011 [17] establece cinco posibles métodos de mantenimiento que pueden aplicarse para reducir los efectos de cualquier falla determinada como potencial.

2.3.9.1. Tareas de mantenimiento basadas en condiciones

Son actividades se destinan a identificar posibles averías, y dicha inspección debe ejecutarse lo suficientemente temprano para que se puedan tomar medidas de corrección, previo a la pérdida de la función del equipo. Esta técnica emplea una actividad de monitoreo de estado a intervalos de tiempo fijos que permitan identificar la tendencia de pérdida de función antes de una falla funcional. La Figura 17 muestra el intervalo PF como el tiempo que transcurre entre los eventos de falla potencial y funcional. Tenga en cuenta que el tiempo más corto para reaccionar ante una falla

funcional es igual al intervalo PF, menos el intervalo de la tarea. Se identifica por la zona de “tiempo mínimo de reacción” en la Figura 17. Por lo tanto, se debe asegurar que el tiempo sea suficiente para planificar y ejecutar una acción correctiva [3].

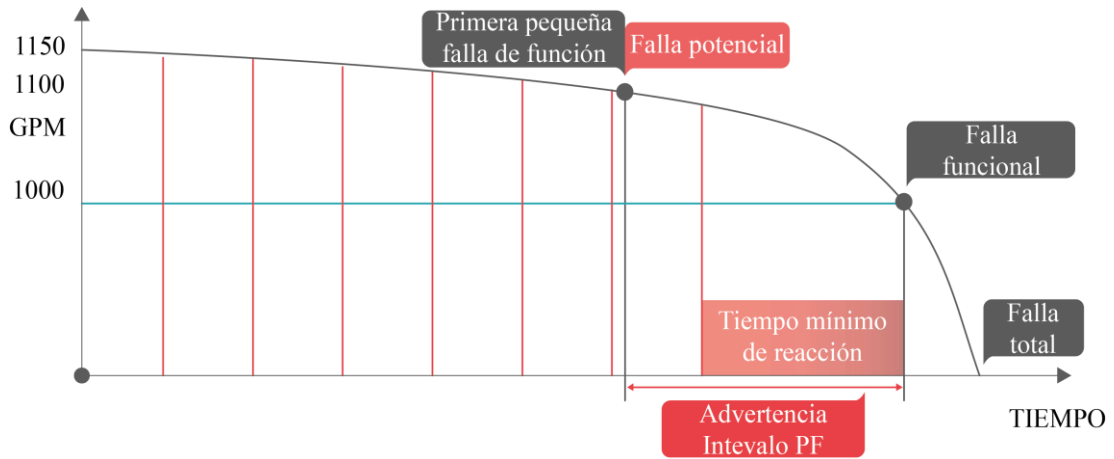


Figura 17. Curva de falla potencial PF [3].

2.3.9.2. Tareas de revisión programadas

Las actividades de reparación en función de un lapso determinado de tiempo deben realizarse durante la vida útil del componente, en otras palabras, el instante en que el porcentaje de averías del componente no se mantiene constante, la tasa de falla de los componentes incrementa más allá de una tasa tolerable. Así mismo de la vida útil del repuesto, también se debe evaluar el costo de toda reparación preventiva. Es decir, una comparativa del precio de la tarea de revisión de la máquina con el de la falla total del equipo que llega a verificar la viabilidad económica de la inspección [3].

2.3.9.3. Tareas de reemplazo programadas

Las tareas de cambio programadas se toman en cuenta cuando se llega a demostrar que reemplazar el repuesto es más beneficioso que revisar el equipo para una evaluación del componente. Es recomendable aplicar dicho reemplazo al culminar la denominada “vida económica” del artículo.

2.3.9.4. Tareas de detección de fallas

Las actividades de detección de fallas se destinan a identificar fallas visibles a primera vista y se asocian en su mayoría con elementos de seguridad o componentes salvaguardas. Se debe asegurar la posibilidad física de poder ejecutar la tarea en

búsqueda de averías y que la frecuencia de las tareas de inspección sean factibles para el activo [3].

2.3.9.5. Rediseño de tareas

Es algo común no encontrar el tiempo, la condición o las tareas de búsqueda de fallas que son adecuadas para identificar un modo de falla crítico. Por este motivo, es imperativo implementar modificaciones durante la ejecución de las tareas propias del mantenimiento. Este rediseño abarca tareas como el ajuste de las variables de la maquinaria, las metodologías de las tareas relacionadas al mantenimiento, la capacitación del operario o ejecutor del mantenimiento, y la modificación de la sección operativa que son todas las posibles formas de cambio único o rediseño potencialmente necesario para mitigar las consecuencias de fallas.

Al establecer estrategias de mantenimiento se debe considerar que existen averías que presentan consecuencias ambientales y de seguridad que no se pueden detectar usando tareas habituales de detección de fallas, en muchos casos se necesita una evaluación de viabilidad económica para fallas ocultas que no tienen alteraciones en la seguridad o el ambiente. Para analizar la viabilidad económica se utilizan fórmulas matemáticas y estadísticas que respaldan el intervalo de tareas. Algunos de estos casos en norma SAE JA1011 [17] se sugiere que los planteamientos matemáticos utilizados sean del agrado del propietario del equipo. Además, se debe ser cauto al sugerir tareas de mantenimiento para los activos, ya que la metodología RCM de ninguna manera puede sustituir las leyes, obligaciones y regulaciones vigentes al acuerdo del gobierno que imponga las normativas [3].

Por este motivo, es recomendable tener a disposición un auditor experimentado que evalúe las recomendaciones pertenecientes a la metodología RCM.

2.3.9.6. La ISO 9000 y el RCM

El principal objetivo del RCM es reconocer lo que deben estar realizando los trabajadores, o simplemente, hay que resguardar que se está haciendo el trabajo adecuado. Igualmente una de las mayores exigencias de los sistemas de calidad como la ISO 9000 [2] es establecer lo que tendría que estar haciendo los operarios, lo más específicamente posible, para reducir la probabilidad del error.

Esto indica, que en el transcurso de ceder las tareas desde el cuadro de decisión RCM a la documentación física para el cliente, puede percibirse como el punto donde un análisis RCM se transforma en el inicio de un seguimiento por escrito de la metodología de gestión ISO 9001 [2]. Lo que también incita, a que, si se tuviese que utilizar las dos elecciones, es de sentido común el aplicar como primera instancia el RCM para después catalogar estas tareas propias de la ISO 9001 [2].

2.4. Etapa de ejecución

Cuanto se ha creado una base sólida de las etapas que anteceden a esta, se encuentra el objetivo de la tercera etapa, que es concluir todas las acciones o tareas que han permanecido pendientes y de esta manera comenzar a ejecutar las tareas.

Las actividades de alta prioridad que se deben considerar son.

- Recolectar información de las horas que se emplean en la ejecución del servicio de mantenimiento pertenecientes a Licoram
- Ejecutar una indagación previa de los proveedores de repuestos y softwares que se encuentran disponibles en el mercado, comparando, costos, soporte técnico, facilidad de uso, viabilidad entre otros.
- Elección de la herramienta GMAC/GMAO a emplear, una buena elección de la plataforma se considera a partir de un enfoque a la “facilidad de implementación”, generalmente el personal técnico de soporte o apoyo no está familiarizado con programas de gestión, por lo tanto el incorporar una herramienta de fácil manipulación sería un gran paso para la política de mejora continua.
- Identificación de un plan de mantenimiento funcional, y establecer un plan de mantenimiento definitivo mediante la implementación del RCM.
- Cronograma de actividades: Establecer un seguimiento para el personal, analizar la conveniencia de un entrenamiento del personal previo a sus actividades, además de la importancia de establecer un seguimiento a los colaboradores para evaluar su desempeño [14].

2.5. Etapa de control

En la etapa de control se establecerá un análisis para las variables cuantificables que serán indicadores que revelen la buena ejecución de las tareas en el área de mantenimiento, el principal objetivo de esta etapa es manejar y controlar a detalle el tiempo y el dinero que se invierten en el departamento, estos indicadores son los que se desean optimizar en esta etapa, ya que las tareas de mantenimiento deben enfocarse al proceso productivo que desempeñan, y no intervenir o retrasar las tareas del área productiva.

Para sintetizar, las actividades a ejecutar son.

- Creación y desarrollo de indicadores de mantenimiento, tanto de carácter técnico como financiero.
- Preparación de informes, denominados reportes técnicos [14].

2.5.1. Indicadores cuantificables

Es de vital importancia que en todo proceso de gestión se genere un control mediante la evaluación de indicadores, estos indicadores ayudan a generar un control de las tareas que se desarrollan en función de su complejidad. Para todas estas tareas se considera importante mejorar la asistencia respecto a calidad que este brinda por excelencia durante el tiempo de actividad, no obstante los apartados competitivos no deben descuidarse.

Estos indicadores se obtienen mediante cálculos sencillos que resultan sencillos y rápidos. Pero, se recomienda tener precaución y no olvidar el programar el cálculo rápido con el fin de generar un informe que contenga a todos los indicadores de forma rápida, esta técnica es una gran ventaja al momento de generar informes ya que se los puede emplear de forma periódica optimizando el tiempo con un mínimo esfuerzo.

Los indicadores que se emplean son ampliamente usados en varios sectores la industria y su uso comúnmente es a través del apoyo informático propio del departamento, entre los indicadores se tienen tres grupos que se indican en el listado [14].

- Equipos: Asociado al tiempo promedio de fallos, vinculado al tiempo promedio de fallos, ligado al tiempo promedio de reparación, y la disponibilidad.

- Productividad: En relación al avance de la planeación, en asociación con la actividad, en conexión con el rendimiento, en asociación con la eficacia.
- Costes: Vinculado al mantenimiento programado, relacionado con el mantenimiento correctivo, síntesis de las tareas de mantenimiento.

Es necesario conocer dos variables de un indicador como su valor numérico, y su crecimiento, motivo por el cual se debe registrar en un formato y mostrar los valores logrados a través de una línea de tiempo, reflejando de esta manera una evolución del indicador. Esto nos permite apreciar los valores obtenidos de periodos anteriores con meses o años de longevidad para informarse respecto a si se está logrando mejoras o en caso contrario empeorando [14].

2.5.2. Indicadores de equipamiento

Es importante entender el resultado obtenido en la valoración de los indicadores de la maquinaria, la mejora de la calidad es un aspecto que otorga competitividad al trabajo que se realiza, a pesar de ello, no se deben descuidar los aspectos de tiempo. En este apartado los indicadores que se van a utilizar son de relevancia internacional y para obtener un óptimo resultado se recomienda que se implementen a partir de un programa informático [3].

2.5.3. Índice de disponibilidad

El índice de disponibilidad es uno de los índices con mayor relevancia del mantenimiento, y revela características de un activo como la posibilidad de manipulación que este tiene, esto se vuelve relevante en el caso de que los equipos no tengan la posibilidad de ser intervenidos para un trabajo de mantenimiento.

Su cálculo es sencillo mediante la Fórmula (2) [10].

$$Disponibilidad = \left| \frac{HT - HM}{HT} \times 100 \right| \quad (2)$$

Donde, *HT* son las horas totales que ha trabajado el equipo, *HM* son las horas de parada por mantenimiento, *HA* son las horas de avería.

- Disponibilidad por avería

Como indicador de las intervenciones no programadas, donde se ejecuta un mantenimiento correctivo se tiene la Fórmula (3) [10].

$$Disponibilidad\ por\ averia = \left| \frac{HT - HA}{HT} \times 100 \right| \quad (3)$$

- MTBF, o Tiempo medio entre fallos (Mid Time Between Failure): es el promedio de la edad observada al momento del fallo de elementos reparables similares como lo indica la Fórmula (4).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Número de fallas}} \quad (4)$$

- Mct, conocido como el tiempo medio de corrección (Mean corrective time): es el parámetro relacionado con la mantenibilidad y se mide en tiempo de reparación, es el tiempo medio que toma el trabajo de corrección desde la identificación de la falla hasta la recuperación total de una pérdida funcional, y se la calcula mediante la Fórmula (5).

$$Mct = \frac{\text{Tiempo de inactividad por falla}}{\text{Número de fallas}} \quad (5)$$

- Ai, como la disponibilidad inherente (Inherent availability): es la proporción de tiempo que un activo está disponible para operar debido a fallas y se calcula mediante la Fórmula (6).

$$Ai = \frac{MTBF}{MTBF + Mct} \quad (6)$$

Reyes y Picknell [3] establecen una propuesta para el cálculo de la disponibilidad inherente en la hoja de cálculo presentada en la Tabla 5, siendo una herramienta a tomar en cuenta para agilizar el cálculo de este indicador.

Tabla 5. Tabla de la disponibilidad inherente [3].

ID del activo	Tiempo de operación	Número de fallas	Tiempo de inactividad por falla	MTBF (h)	Mct (h)	Ai
	(h)		(h)			
Bomba de agua	10,000	5	10	2,000	2	0,99
Ventilador de limpieza	10,000	2	144	5,000	72	0,98
Sistema depurador	10,000	7	154	1,429	22	0,98

2.5.4. Indicadores de gestión y productividad

Los indicadores de gestión y productividad se enfocan en mejorar el rendimiento del servicio es algo que otorga mayor competencia al rendimiento del trabajo, por esta razón los aspectos competitivos no se deben descuidar, y al elaborar un registro para la gestión de estos indicadores pone en evidencia los posibles aspectos de mejora que pueden ser realizados en tareas futuras, además de dar índices aproximados de tareas relacionadas o referentes a la misma naturaleza.

2.5.5. Manejo de ordenes de trabajo (O.T.)

En una instalación industrial, la relación de la zona productiva con el área mantenimiento es el número de órdenes de trabajo generadas en un lapso de tiempo respectivo, por lo que es esencial comprobar cómo ha progresado el índice en relación a períodos pasados [11], [14].

- Cumplimiento de la planificación, calculado mediante la Fórmula (7)

$$\text{Cumplimiento de planificación} = \left| \frac{\text{N}^\circ \text{ de OT culminadas a la fecha}}{\text{N}^\circ \text{ de OT totales}} \right| \quad (7)$$

- Eficiencia en el trabajo, calculado mediante la Fórmula (8)

$$\text{Eficiencia en el trabajo} = \left| \frac{H_{\text{trabajadas}} - H_{\text{retrabajos}}}{H_{\text{trabajadas}}} \right| \quad (8)$$

2.5.6. Indicadores del mantenimiento

En todo proceso de gestión es común encontrarse con indicadores que proporcionan el porcentaje de trabajo enfocado, un claro ejemplo es identificar el tipo de

mantenimiento al cual se le está dedicando mayor atención, por ello se plantean los índices IMP, IMC e IME de las ecuaciones (9), (10), (11).

- Índice de Mantenimiento Programado, calculado mediante la Fórmula (9)

$$IMP = \left| \frac{HMP}{HTM} \times 100 \right| \quad (9)$$

- Índice de Mantenimiento Correctivo, calculado mediante la Fórmula (10)

$$IMC = \left| \frac{HMC}{HTM} \times 100 \right| \quad (10)$$

- Índice de emergencias, calculado mediante la Fórmula (11)

$$IME = \left| \frac{HMP_{MAX}}{HTM} \times 100 \right| \quad (11)$$

Donde HTM son las horas totales de mantenimiento, HMP son las horas de mantenimiento programado, HMC son el total de horas de mantenimiento correctivo, HMPmax son las horas que se dedicaron al mantenimiento de prioridad máxima.

2.5.7. Fiabilidad de la línea de procesos

Según Dounce [11] “la fiabilidad es un concepto similar al de mantenibilidad o confiabilidad del equipo, La fiabilidad se entiende como la posibilidad de que una máquina no sufra averías, siempre que se utilice para el fin y la carga de trabajo para los que fue diseñada”.

Cuando una máquina se encuentra en estado de servicio la fiabilidad tiende a disminuir, lo que indica un aumento de la posibilidad de fallo debido al desgaste de los componentes o por circunstancias al azar. La conservación y los cronogramas de mantenimiento son un alivio para estos síntomas y dimensionar la fiabilidad indicará qué equipos requieren más atención por parte del personal de mantenimiento [3].

El procurar que las máquinas funcionen con un buen rendimiento asegura la productividad en planta, es por este motivo que la fiabilidad se considera como un

indicador de esta sección, ahora este valor posee un valor ideal de 1 cuando el equipo podría decirse que es nuevo, pero por la propia curva de la bañera en el mantenimiento existen los fallos iniciales, que en la práctica no se puede asumir este valor como 1, pero si aproximarlos a este valor conforme se acerca a la línea constante de fallas en el tiempo [11].

Donde se encuentra a la fiabilidad de una máquina F , se encuentra la no fiabilidad N que se resta del valor ideal 1, deduciendo la Fórmula (12).

$$F = 1 - N \quad (12)$$

2.5.8. Fiabilidad en serie

Las máquinas en serie son aquellas que están instaladas una seguida de otra, por lo que la asistencia productiva mantiene la secuencia del primero al segundo, y así consecutivamente, con esta disposición, dado el caso de que cualquier equipo deje de funcionar, se afecta de inmediato el servicio general del sistema, por ello para calcular la fiabilidad total de una línea de procesos, se obtiene a partir del producto de la fiabilidad de cada artefacto [11] como lo muestra la Figura 18.

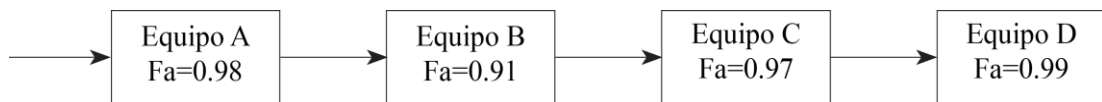


Figura 18. Fiabilidad de un sistema en serie [11].

2.5.9. Fiabilidad en paralelo

La máquina o equipo en paralelo en esencia es de la misma naturaleza al principal, de tal forma que si alguno de los dos equipos colocados en esta disposición el servicio no se alterará y se seguirá suministrando sin pérdida alguna, lo cual este caso se vuelve ideal para incorporar variaciones en el producto final [11]. En el estudio presentado no se dispone de equipos de la misma naturaleza bajo una disposición en paralelo, por ello no se adentrará en su aclaración.

2.5.10. Indicadores de costos

El manejo de costos y la disponibilidad de los equipos en planta son dos parámetros que el encargado de mantenimiento debe manejar constantemente, esto se debe a la información que diariamente se genera con cada falla y paro imprevisto en producción, es necesario entender la importancia de estos indicadores ya que su correcto control se vuelve determinante para la gestión económica del departamento [14].

En las grandes y medianas empresas es común encontrar zonas o secciones donde se encuentra cada departamento, por ello es adecuado desglosar este coste en cada una de las áreas de trabajo. Es común disponer de un presupuesto ya establecido para el departamento de mantenimiento, pero en casos fortuitos de emergencia donde la producción se ve en riesgo se podría decir que no existe un límite para este presupuesto, esto siempre va a depender del nivel de inversión que requieren los equipos por la propia naturaleza de sus actividades [11], [14].

El número de indicadores referentes al costo de mantenimiento suele ser muy extenso, por ello entre los indicadores de interés se encuentra:

- Costo de materiales

Existen diversos insumos que pueden tener subdivisiones como se crea necesario, entre los más comunes se tiene a los materiales del tipo mecánico, eléctrico, lubricantes, adhesivos, tuberías, consumibles de todo tipo. etc.

- Costo de subcontratos

Es muy común tener la necesidad de solicitar servicios prestados entre los cuales pueden realizarse las particiones que se consideren provechosas. Algunas clasificaciones son: Servicios especializados, Servicios de auditorías e inspecciones legales, Contratos de mantenimiento especializado [11], [14].

Un dato esperado al momento de la planeación, según Dounce [11] prevé que los gastos en una institución se distribuyen en relación a la siguiente proporción: 45% costos de operación, 35% costos de conservación y 20% costos generales, como lo muestra la Figura 19.



Figura 19. Costos esperados del mantenimiento. Fuente: Autor

2.6. Documentación para la gestión operativa

Los formatos de documentación vigente en la institución relacionada a la gestión de la calidad ISO 9001 del 2015 [2] se respalda en un servidor informático, donde toda la información relacionada a sus activos se almacena previamente ser aprobada, este servidor contiene información relevante del activo desde el momento de su compra hasta su dada de baja como un equipo obsoleto, esta información de igual forma dispone de un respaldo físico impreso para casos de disponibilidad inmediata.

La documentación comprende.

- Informe técnico
- Inventario de repuestos
- Ficha técnica de Vida
- Bitácora de Actividades de Mantenimiento
- Petición de Compras
- Petición de Mantenimiento
- Inspección de áreas de trabajo

La etapa de metodología es la sección procedimental de este estudio, donde se señalan pautas de la información catalogada como necesaria para llevar a cabo el proceso denominado gestión, en sus cuatro etapas la organización, planificación, ejecución y

control, se establecieron requerimientos de información necesaria que bien puede ser recolectada o información de elaboración propia.

La etapa de organización es una vista rápida de cómo trabaja la empresa con la documentación operativa en la gestión de activos, esta documentación se vuelve el objetivo de este estudio ya que al apegarse a los estándares de normativa vigente de la empresa, se estaría entregando un trabajo válido para ser aplicado en la institución.

Por otra parte en la etapa de planificación se llega a presentar la propuesta de análisis como solución a la problemática de integración de un plan de mantenimiento, El análisis RCM es el protagonista del estudio siendo de vital importancia aclarar la metodología a cumplir para este análisis con los requerimientos a la norma SAE JA1011 [17], que lo válida para ser un proceso RCM.

Luego de esto se establecen indicadores propios del control, que no son más que mediadores que indican la optimización de tiempo, recursos y trabajo, estas variables son de registro diario que se generan en un determinado lapso.

Todos los conjuntos de métodos de análisis y evaluación forman parte del capítulo dos, que no son más que una propuesta a seguir para ejecutar un plan de mantenimiento basado en RCM destinado a una planta embotelladora, llegando de esta forma a culminar la capitulación planteada.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM

Al terminar de establecer la metodología deseada el siguiente paso a ejecutar es la aplicación de esta, por ello los procesos y métodos planteados en la capitulación anterior deben ser diseñados con el objetivo de cumplir las condiciones de mantenimiento vigentes en la empresa. Licoram en su política de calidad menciona la mejora continua de sus actividades de diseño, producción y envasado.

Siendo fiel a su sistema de gestión integrado, en esta capitulación se procederá a ejecutar el diseño del plan de mantenimiento basado en RCM y conjuntamente con la evaluación de los indicadores de mantenimiento planteados en este estudio, como resultado, se espera generar un cambio en el funcionamiento del departamento, con la integración de nuevas visiones que otorguen una mayor competitividad en el mercado.

3.1. Estructura de trabajo

La estructura de trabajo u organigrama estructural de la empresa se encuentra en el Anexo 1, donde el personal administrativo desarrolla sus actividades en la capital del país, y la planta de producción con todos los miembros operativos que se relacionan al envasado y embotellado se ubican en la ciudad de Ibarra.

El organigrama posee un código de colores que denota jerarquía entre quienes conforman la empresa, la empresa en su naturaleza al ser una sociedad anónima cuenta con la junta general de accionistas que están la cabeza de las decisiones tomadas en la institución, los miembros de esa sección suelen reunirse de forma periódica según lo amerite, lo cual no agrega un coste por personal activo en la empresa. Quienes los preceden son los integrantes del comité administrativo de calidad, que presentan un color azul en el organigrama y ocupan cargos de jefes en los diferentes departamentos de la empresa, todo este personal reporta sus actividades al gerente y director generales según la necesidad.

A continuación se encuentra el personal en jefe que no pertenecen al comité administrativo de calidad y que desempeñan actividades específicas en la institución,

estos presentan un color verde en el organigrama y trabajan en conjunto a las necesidades de su superior, en esta sección se encuentran diferentes cargos que se complementan mutuamente según el departamento al que pertenecen, este personal se distingue por ser quienes aseguran el cumplimiento de las actividades diarias en la empresa, tan comunes como el despacho de mercadería o la recaudación en tesorería.

Por último se encuentra el personal más numeroso en la empresa, que es el personal operativo en la planta de producción, en esta categoría también se encuentra el personal auxiliar así como asistentes de diferentes áreas, por lo general este personal se catalogan como obreros de todo tipo, relacionados al área productiva.

Y como última mención se encuentra la junta gestora de SST y ambiente, que son entes de regulación que se establecieron para el beneficio de quienes conforman la empresa y sus instalaciones, en esta sección se distingue un color gris donde existen varios integrantes que fueron seleccionados por sus conocimientos y aptitudes, esta sección tiene una variante ya que el personal que la conforman son los mismos quienes trabajan diariamente en los puestos de trabajo antes mencionados, aquí aparece el comité paritario que es el encargado de detectar y evaluar los posibles riesgos de que se generen accidentes o se sufran enfermedades profesionales debido a agentes físicos presentes en las instalaciones.

El organigrama que se presenta se rediseñó para optimizar el aprovechamiento de espacio para una mejor presentación en este estudio, lo cual hace una ilustración clara y breve de lo que compete a la temática, además el interés se fija en el departamento de producción específicamente en el área de mantenimiento.

3.2. Registro y manejo de información

El registro y manejo de la información que se genera en la empresa se rige bajo la normativa ISO 9001 del 2015 [2], en esta sección se encuentra la documentación reglamentada por la empresa la cual debe generarse diariamente según la naturaleza de la actividad que se dispone a ejecutar, en esta sección si tiene los documentos de interés como formatos para la emisión de órdenes de trabajo donde los jefes de áreas disponen la tarea a ejecutar, o formatos para la petición de compra de equipos y

repuestos, donde se especifica por escrito la necesidad de este, y previo la aprobación del jefe de compras se procede a la adquisición del artefacto.

Es necesario aclarar que una parte de esta documentación que utiliza la empresa se imprime de forma física para ser llenada por escrito, dado el caso de ser requerimientos entre jefes de las áreas se lo dispone por un correo institucional.

El registro y manejo de la información se genera día a día según las necesidades de cada área y departamento, por ello es responsabilidad de los trabajadores cumplir con los procedimientos formales para la ejecución de su trabajo, en la práctica el interés del diseño de un plan de mantenimiento recae en las marcaciones y revisiones de la bitácora de mantenimiento de cada máquina objetivo.

Cabe aclarar que es el encargado de mantenimiento es el responsable de generar un registro documentado de todas las tareas ejecutadas en el área que se encuentra a cargo.

3.3. Organización del departamento

La organización de la empresa es un aspecto clave para el trabajo en equipo de quienes conforman la institución, entre los diferentes departamentos que conforman la empresa se puede esperar variaciones en la forma de organizar el equipo de trabajo, por esta razón resulta beneficioso conocer la organización de trabajo que lleva el departamento de interés en cuestión, es necesario aclarar que el área de mantenimiento forma parte del departamento de producción ya que su responsabilidad es garantizar que los equipos permanezcan en óptimas condiciones de funcionamiento.

La organización del departamento como tal da prioridad a la demanda productiva, el lograr altos índices de productividad en la jornada laboral es su principal objetivo, el factor clave en esta mención es la estrecha comunicación entre el gerente de producción y los jefes de las subáreas, los jefes de cada área del departamento de producción suelen reunirse a primera hora en la oficina del gerente de producción para establecer la meta productiva del día o de la semana, esta meta suele depender de los requerimientos del gerente de ventas y de la información que posee cada uno de los encargados de las subáreas, a partir de estos datos el gerente decide la estrategia productiva de la semana. Para un mejor entendimiento de este proceso se tiene el flujograma del Anexo 2 que abarca todas las condiciones antes mencionadas.

En el flujograma se evidencia una clara dependencia a la bodega de producto terminado, los números de stock que posee el jefe de bodega de producto terminado son referenciales entre la decisión de producir o no producir, el encargado de esta decisión es el gerente de producción que en un trabajo en conjunto con el gerente de ventas, se establece el punto de equilibrio entre las unidades producidas y los costos que conlleva dicha actividad, los números de stock en bodega de producto terminado pueden variar según la temporada del año, y esto siempre va a depender de la demanda en el mercado.

En la planta de producción es común encontrar maquinaria que no se usa por determinados lapsos de tiempo, ya sea porque hay un excesivo abasto en bodega o bien porque no existe la necesidad de producir dicho producto, en este lapso se puede considerar una clara oportunidad por el jefe de mantenimiento para una inspección detallada del equipo, o la ejecución de un mantenimiento preventivo si es que el equipo se encuentra en fechas próximas para someterse a una revisión. Cuando los equipos se someten a largas jornadas de actividad, el encargado de mantenimiento verifica el buen funcionamiento de la maquinaria antes, durante y después de su estado de servicio, estas revisiones suelen ser cortas y por lo general no toman mucho tiempo.

Uno de los factores clave para resguardar el óptimo estado de la maquinaria ha sido la estrecha comunicación entre el encargado de mantenimiento y el supervisor de producción, quien entrega alertas constantes de averías o índices de bajo rendimiento al jefe de mantenimiento, como hábito de control ha generado buenos resultados en el campo de trabajo.

3.4. Organización del personal

La organización del personal depende directamente del jefe de cada área del departamento de producción, es responsabilidad del encargado del área manejar de forma eficiente la mano de obra que tiene a su disposición, en la planta de embotellado el supervisor de producción es quien maneja el mayor número de obreros, esto se debe a que la fábrica no se encuentra automatizada en su totalidad, por ello existen requerimientos de tareas que deben ejecutarse de forma manual por un trabajador, entre sus trabajadores se posee personal con diversas habilidades, algunos de estos poseen conocimientos técnicos para el manejo de maquinaria semiautomática, o

incluso operarios sin conocimientos técnicos que utilizan máquinas pequeñas que son completamente manuales.

Cabe señalar que gran parte de los operarios cumplen actividades rotativas entre sus compañeros de trabajo ya que por un estudio realizado previamente por, Quilca [6] menciona que las tareas repetitivas en planta de producción generan agotamiento por riesgos ergonómicos que se asocian a la carga física del trabajador, este estudio aunque dada su longevidad ha beneficiado directamente al supervisor de producción para el manejo óptimo de los trabajadores.

El área de mantenimiento en cuestión tiene como personal fijo únicamente al jefe de mantenimiento, y añadiendo a esta área se dispone de dos operarios rotativos con conocimientos técnicos altamente capacitados, que cumplen actividades rotativas en planta de producción y el área de mantenimiento, estos trabajadores forman parte del área de producción y cumplen con el cargo de auxiliares de mantenimiento.

Dado el caso de existir una alta necesidad de mano de obra para el área mantenimiento se puede prescindir de estos trabajadores fácilmente en el área productiva, llegando a ser incluso una ventaja operativa, el tener operarios con conocimientos técnicos de mantenimiento presentes en las actividades diarias del área de producción.

3.5. Organización del almacén

El almacén de mantenimiento es completamente indistinto al área de bodega de producto terminado o al área de insumos de producción, la bodega de insumos y repuestos de las máquinas de producción se encuentra únicamente en el área de mantenimiento, que posee un espacio aproximado de $600m^2$ tiene la capacidad para almacenar varios repuestos, desde tuberías de acero inoxidable con longitudes de 6m nuevas, hasta rodamientos de máquinas de bajo perfil, la organización de repuestos del área posee un orden característico que separa repuestos por el tamaño y naturaleza del elemento, ya sea eléctrico o netamente mecánico.

Esta organización no ha demostrado problemas en la gestión de tareas, dado que el encargado de mantenimiento es quien gestiona el lugar de almacenaje de los insumos, a su disposición cuenta con varias estanterías y gabinetes bajo llave de repuestos y

herramientas que se podrían considerar los más costosos, entre los artículos que se encuentran en el área de mantenimiento existen artículos nuevos de compra a proveedores y artículos de medio uso que se extrajeron a máquinas que fueron dadas de baja, por otra parte existe otro almacén que no se encuentra en el área de mantenimiento, si no en zona de cavas de añejamiento, donde se guardan equipos jubilados por la planta de producción, y sirven como deshuesadero para el aprovechamiento de partes dado el caso de que se encuentren en buen estado.

3.6. Recursos y medios disponibles

Los recursos y medios disponibles para el área de mantenimiento son de carácter ilimitado cuando se trata de la conservación de los equipos, la maquinaria de la empresa son activos que no pueden ignorarse fácilmente, ya que su actividad diaria refleja el bienestar económico de la misma, el interés en este punto recae en lograr manejar los recursos y medios disponibles con eficiencia.

Entre los recursos disponibles para el área de mantenimiento se encuentra el apoyo completo del área de control y calidad, teniendo a disposición la posibilidad de ejecutar mediciones propias de laboratorio referente al peso, temperatura y volúmenes de precisión, así como exámenes de partículas metálicas presentes en el lubricante, mediante el uso del microscopio del laboratorio.

Además el área de embotellado dispone directamente de personal auxiliar para el área de mantenimiento, este personal en muchas ocasiones suplementa cualquier necesidad de mantenimiento en planta de producción, ya que algunas de las herramientas para desmontar los equipos y calibrar las configuraciones de botellas se encuentra cercano a la zona de trabajo.

Se puede decir que el modelo de gestión de la empresa mantiene un modelo de trabajo apegado al TPM, donde el personal presente en la planta de producción complementa tareas de mantenimiento básicas, y dada la gravedad de los eventos se llega a considerar la solicitud de ayuda y soporte del jefe del área de mantenimiento.

Cabe mencionar que el área de mantenimiento posee casi todas herramientas necesarias para la ejecución de su trabajo, desde sensores de presión, temperatura,

voltímetro, amperímetro, entre otros, los cuales servirán como herramientas al momento de diseñar tareas de mantenimiento predictivo.

3.7. Selección de la herramienta GMAO

Como una clara propuesta de mejora, se propone la inversión en una herramienta GMAO para el departamento de producción, cabe aclarar que la empresa no emplea actualmente herramienta alguna de esta índole, por esta razón, la implementación de software en el plan de mantenimiento sería una iniciativa para la inclusión de la tecnología actualizada en los procesos productivos de la institución.

El software de mantenimiento que se destinó para su uso en este estudio se sometió a un análisis de beneficios con respecto a otros similares en el mercado, los criterios para el análisis y selección del software son.

3.7.1. Demostración

Una característica importante entre quienes ofertan un producto como solución a una problemática, es presentar una demostración o “demo” de lo que su producto ofrece, en este caso se considera importante una demostración de las bondades del software, ya que al ser un proyecto universitario, la propuesta de implementación será evaluada respecto a los resultados que se obtengan con su uso.

3.7.2. Costo

El costo es uno de los factores de mayor relevancia a considerar en el diseño de un plan de mantenimiento que establece una propuesta GMAO, de alguna forma se busca suplir una necesidad al menor costo posible, y dado que el primer mes de prueba por la plataforma se considera un lapso pertinente para familiarizarse con su uso, se espera que en los meses siguientes se pueda afrontar el costo de suscripción mensual de la plataforma seleccionada.

3.7.3. Asistencia

La asistencia es una de las mayores problemáticas dentro de las herramientas GMAO, ya bien sea por el idioma que esta maneja, o por el país de procedencia del software. La mayoría de estas plataformas son de procedencia extranjera, y por lo general no existen sedes dentro del país, el manejar una plataforma amigable en este aspecto sería

un incentivo para tener soluciones rápidas ante inquietudes de información o dudas con el software.

3.7.4. Dificultad






La dificultad de implementación de cualquier software en gran parte de los casos se vincula a una interfaz poco amigable, el tener características y herramientas sencillas que no resulten tediosas en su uso diario, aportaría una clara ventaja en el manejo de la plataforma, el tener una interfaz atractiva a la vista puede generar un apego al confort con el usuario, siendo uno de los mayores indicadores de la satisfacción obtenida de un producto.

3.7.5. Usuarios

Toda plataforma web que preste sus servicios en la nube y que se consideran de alto valor, debe tener una comunidad de usuarios que validen su infraestructura, por esta razón considera conveniente el analizar casos de empresas que tomaron la iniciativa de confiar en herramientas tecnológicas, y que han sido beneficiadas con la gestión de sus activos empleando GMAO, en esta sección se analiza los casos de éxito que han tenido estas plataformas, y de alguna forma tratar de relacionar los casos de éxito con la naturaleza de las actividades que desempeña la empresa objetivo de este estudio, siendo más específicos, la elaboración, manejo y almacenaje de productos para el consumo masivo.

La evaluación completa de los criterios se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Comparativa de software de mantenimiento. *Fuente: Autor*

Software de mantenimiento							
		Demo	Costo	Asistencia	Dificultad	Usuarios	Selección
	MANWINWIN	✓	✗	✓	✓	✓	✗
	4TUNA.IO	✓	✗	✓	✓	✓	✗
	MP SOFTWARE	✓	✗	✗	✗	✓	✗
	SAP	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	FRACTAL	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Al emplear la evaluación de los criterios antes expuestos se establece que el software Fractal demuestra una superioridad con los criterios analizados en la Tabla 6, los beneficios del programa al tener un soporte completamente en español e inglés, y soporte las 24 horas, lo vuelve en una de las mejores alternativas, con casos de éxito donde la empresa ya ha trabajado en la industria alimenticia, que establece un factor plus, ya que la empresa Licoram maneja productos de la misma naturaleza, y se espera una compatibilidad total por parte del software hacia el entorno de la empresa Licoram.

El software Fractal tiene una plataforma multidispositivo que se conecta en teléfonos inteligentes, así como en computadores portátiles o de escritorio, toda esta plataforma trabaja con servicio a internet, ya que es un servicio de suscripción que se conecta por infraestructura y almacena los datos en la nube.

Una vez concluida la tarea de diseño del plan de mantenimiento RCM se utilizará esta herramienta como propuesta de integración tecnológica hacia las actividades de la empresa, esto con el fin de relacionar a la institución con las tecnologías de la información.

3.8. Reconocimiento de maquinaria

El reconocimiento de maquinaria es el estudio de los equipos que se les diseñará el plan de mantenimiento, en esta sección se detalla datos propios del equipo así como detalles de procedencia de la maquinaria, y adecuaciones previas que este haya tenido, sea este un equipo nuevo o no, el orden de presentación de los equipos obedecerá a la cadena de procesos que sigue la línea de producción, revelando la dependencia del equipo que lo antecede.

3.8.1. Unidad condensadora

La unidad condensadora no es más que un equipo externo de refrigeración que se acopla a un tanque que ya tiene un evaporador integrado para extraer el calor del fluido que en él se deposita. Este equipo es de producción nacional y es procedente de la empresa TERMOSISTEMAS. La unidad condensadora está equipada con un compresor semihermético marca “Copeland – Usa”, tipo scroll, de 3 HP, que usa el refrigerante ecológico R-404A, su construcción es en cobre tanto el radiador como la

tubería de conexión, añadido a esto el equipo cuenta con un ventilador que disipa el calor del radiador y genera un efecto de convección forzada.

Se espera que el equipo cumpla la necesidad de refrigeración de la empresa, ya que el equipo cumple con la característica de haber sido dimensionamiento y diseñado exclusivamente para el tanque contenedor, esto se convierte en una ventaja ya que es la empresa TERMOSISTEMAS quien sería responsable de cualquier servicio técnico por avería o por garantía relacionada, el equipo ya instalado en su estación de servicio se puede apreciar en el Anexo 3.

3.8.2. Tanque refrigerado

El tanque refrigerado es un equipo de almacenamiento que tiene la característica de tener en su interior un intercambiador de calor en forma espiral que enfría el líquido almacenado, este fue adquirido de segunda mano bajo una clara oferta dado su buen estado de conservación. El tanque presenta en su totalidad una construcción en acero inoxidable presuntamente en INOX 304, y se asume que la función principal de este equipo posterior a su compra fue carbonatar mediante la inyección presurizada de CO₂, revelando la presencia de sellos plásticos que hacían hermético al contenedor.

Actualmente este tanque se sometió a un mantenimiento modificativo, en el cual se retiró la función de carbonatar, revisar el Anexo 4 y Anexo 5, ya que el interés hacia este simplemente es que cumpla la función de enfriar el líquido a almacenar, y que mantenga la inocuidad alimentaria.

Como se mencionó en los objetivos de este estudio se estableció que el tanque debe ser dimensionado en términos de capacidad, este trabajo ya fue realizado y entregado al área de mantenimiento empleando geometría y estadística básica que bajo un concepto de mejora para la presentación formal de este estudio se optó por construir el tanque en un modelado 3D con la herramienta SolidWorks que reduce el error humano y aproxima el dato a un valor real de almacenamiento, se puede apreciar el modelo diseñado en la Figura 20 y el Anexo 6.

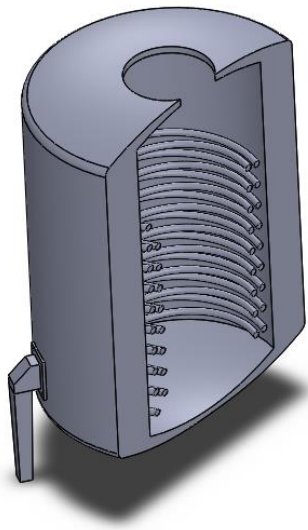


Figura 20. Vista 3D del corte lateral del tanque. Fuente: Autor

En el dimensionamiento del tanque se obtuvo un valor de $1,28 \text{ m}^3$, que en su conversión se traduce a un valor de 1280 Lt de capacidad, este valor se lo considera como el máximo permitido por el tanque, ya que las medidas de altura se tomaron en referencia al fondo de tanque y a la abertura de entrada de producto que se encuentra en la parte superior lateral del mismo.

Como un dato a tomar en cuenta antes de catalogar a este equipo con la capacidad máxima de 1280 Lt , durante el proceso de instalación se llegó a observar que el mismo presentaba micro fisuras, y fugas en la tubería de descarga, debido a este inconveniente se optó por reducir un 70% de la capacidad total máxima del tanque, catalogándolo como un depósito de 900 Lt de capacidad, esta decisión se tomó de forma unánime por parte del jefe de mantenimiento, como medida preventiva hasta previo aviso, lo cual fue una recomendación realizada al considerar los fallos potenciales que puede desencadenar este evento.

3.8.3. Saturador de CO_2

El Saturador de CO_2 es un equipo de carbonatación que trabaja con un flujo ininterrumpido de suministro y evacuación, esto se logra gracias al tanque de fluido estático que mantiene la atmósfera de carbonatación estable. El equipo como tal es completamente nuevo y pertenece a la marca RIZZOLIO, una empresa italiana líder en la venta de equipos de embotellado, como mención general el equipo cuenta con válvulas de seguridad, manómetros, visor de flujo y un panel de control que garantiza

el funcionamiento íntegro del equipo, y presume contar con todo lo necesario para que el mismo funcione sin problemas.

Es necesario señalar que el saturador cuenta con equipos complementos, como una bomba de tornillo la cual direcciona el flujo y lo introduce a presión en el tanque, la máquina también cuenta con una bomba de diafragma que va acoplada en la salida del producto, esto se debe a que en el proceso de carbonatación la presión se ve reducida a la salida del producto.

Cabe recalcar que el tanque de CO₂ no viene incluido como parte del equipo siendo una inversión extra para esta máquina, justo con la instrumentación requerida, para un mejor detalle de la máquina revise el Anexo 7.

3.8.4. Llenadora isobárica

La llenadora isobárica es un equipo completamente nuevo de la misma marca del saturador de CO₂, ambos equipos fueron ordenados en conjunto y funcionan de forma complementaria en el llenado de botellas y carbonatación de bebidas. La llenadora isobárica como su nombre, es un equipo que trabaja a presión constante que ejecuta un llenado uniforme de las 6 estaciones de llenado que tiene a su disposición, la llenadora en su construcción posee actuadores neumáticos que cierran las puertas y elevan las botellas hasta su punto de llenado, el equipo sincroniza sus movimientos mediante un PLC Siemens logo el cual controla todo el proceso automatizado.

El equipo como tal se lo cataloga semiautomático ya que los ciclos de llenado los cumple con la intervención de un operario que posiciona y extrae las botellas en su interior, su proceso de ubicación de botellas es completamente manual, mientras que el proceso de llenado es completamente automático, para un mejor detalle del equipo revise el Anexo 8.

3.8.5. Cinta transportadora

La cinta transportadora es una máquina que se la arma completamente en la empresa, el equipo cuenta con partes y elementos que se los adquiere de forma independiente en la zona local, el equipo fue armado bajo pedido del departamento de producción, con un requerimiento de longitud de 8 m.

La máquina como tal se arma a partir de una plancha de acero inoxidable que se envía a un taller mecánico para su respectivo plegado, esté plegado se lo hace en forma de C con mediciones preestablecidas las cuales se ajustan a cintas plásticas de polímero de alta resistencia de la marca HONG'S BELT como se puede ver en el Anexo 9, al igual que la plancha de acero inoxidable el conjunto de transmisión con el eje y la rueda dentada se envían a mecanizar en "TALLERES JB". Uno de los elementos más costosos de este equipo es el motor reductor que se encuentra acoplado en uno de los extremos de la cinta, este equipo se solicita bajo una orden de compra junto a otros accesorios que llega a la empresa tiempo después por encomienda, este motor es de la marca ABB de 1HP y viene acoplado a un reductor de mecanismo tornillo-corona.

Después de su entrega se procede a armar el equipo en el área de mantenimiento de Licoram, lo cual toma cerca de una semana de trabajo entre los técnicos auxiliares del área de mantenimiento, se puede apreciar el equipo en su estación de servicio en el Anexo 9 y Anexo 13.

3.8.6. Caldero eléctrico

El caldero eléctrico es un equipo completamente nuevo y se encarga de generar vapor para el túnel de calor, este es una máquina térmica que tiene un alto consumo eléctrico, el equipo trabaja con niquelinas que calientan el agua hasta su punto de evaporación. El caldero como tal es de fabricación China y se lo adquirió a la empresa Ecuapack, que es una empresa de importación y comercialización de maquinaria, el caldero eléctrico funciona en conjunto al túnel de calor, y al igual que la llenadora y saturador de CO₂ son máquinas que funcionan de forma complementaria.

El equipo como tal cuenta con disyuntores y contactores de alta potencia debido a su alto consumo energético, y es necesario señalar que el fabricante en la placa del equipo recomienda una vida útil no excedente a los 5 años, lo cual lo vuelve un equipo con un alto potencial de fallos, se puede apreciar el equipo en el Anexo 10.

3.8.7. Túnel de calor

El túnel de calor al igual que el caldero eléctrico es de procedencia extranjera y completamente nuevo, el túnel de calor cuenta con una banda transportadora metálica

de desplazamiento variable, y en su interior existen llaves de apertura de matriz que siguen un patrón para termoencoger cualquier termoplástico que en ella ingrese.

En la parte superior el equipo cuenta con un termómetro que indica la temperatura interna del túnel de vapor, esto se puede regular mediante el uso de llaves que se encuentran en la zona baja del equipo, la máquina es completamente ajustable tanto en el avance de las botellas cómo en el caudal de vapor que se maneja, por ello se puede decir que la máquina no es automatizada, y por este motivo se requiere una configuración preestablecida para cargar a la máquina y que un operario pueda ajustarla antes de que entre en actividad, se puede apreciar en equipo en el Anexo 11.

3.8.8. Ventilador axial

El ventilador axial es un equipo que se emplea para la extracción controlada de vapor que se genera en la estación de termoencogido, este equipo cuenta con una campana de extracción del proveedor ECUAPACK, fabricado completamente en acero inoxidable debido al constante contacto con la humedad, este equipo se lo instaló para garantizar la temperatura de confort en la zona circundante al túnel de calor, el motor ya instalado se encuentra protegido por una cubierta en forma de sombrero chino que protege al motor de agentes externos como la lluvia y el sol, el motor es de la marca WEG de 1/3 HP y solamente el personal calificado para trabajos de altura puede acceder al mismo para realizar trabajos de mantenimiento.

El equipo como tal viene armado en una estructura cuadrada la cual se recubre con chapa de acero galvanizado, este trabajo se lo adjudicó a talleres circundantes de la zona con experiencia en trabajos de chapas metálicas, para un mejor detalle se puede observar el Anexo 11 y Anexo 12 donde se muestra únicamente el equipo nuevo en su totalidad, y no instalado en su estación de servicio ya que solamente el personal capacitado para trabajos de altura puede acceder a estos sitios.

3.9. Identificación

La identificación de la maquinaria es parte fundamental de cada equipo al momento de establecer su ficha técnica o plan de mantenimiento, por ello se establecerá el formato usado en la empresa para la identificación de los equipos según las necesidades del departamento presentes en la Figura 21.



Figura 21. Codificación de los equipos. Fuente: Autor

Entre las diferentes variantes que se puede encontrar con los términos abreviados se tiene los significados de la Tabla 7.

Tabla 7. Abreviados para la identificación de equipos. Fuente: Autor

	Abreviatura	SIGNIFICADO
UBICACIÓN EN PLANTA	PE	Planta de embotellado
	ZC	Zona de compresores
	CV	Cavas de añejamiento
	BPT	Bodega de producto terminado
	BI	Bodega de insumos
	BA	Bodega de alcoholes
LÍNEA DE PROCESOS	LB	Línea borelli
	LS	Línea sanitizantes
	LG	Línea de gasificado
TIPO DE MÁQUINA	TA	Tanque
	EM	Embotelladora
	TR	Tanque refrigerado
	UC	Unidad condensadora
	ST	Saturador de CO ₂
	TT	Túnel de termoencogido
	CL	Caldero
	BT	Banda transportadora
	VI	Ventilador inyector
	VE	Ventilador extractor

Las abreviaturas que se manejan para la identificación de los equipos pueden tener una amplia variación de combinaciones, como se muestra en la Tabla 7, la variación numérica de los equipos en la mayoría de los casos es 1, y como variante a mencionar el rango de números puede elevarse repentinamente debido a los tanques de almacenamiento, ya que son los más numerosos en la toda la planta de producción de Licoram, para una mejor ilustración se precisa revisar el Anexo 14.

3.10. Análisis modal de fallos y sus efectos

El análisis modal de fallos se lo puede encontrar en el Anexo 15, en el mismo se establecieron los modos de fallo, efecto de fallo, y causas del modo de fallo, para posteriormente calificarlos con el índice de prioridad de riesgo, donde se categoriza las variables de frecuencia, gravedad y detectabilidad necesarias para este análisis.

3.11. Análisis centrado en la confiabilidad RCM

El análisis RCM se puede encontrar en el Anexo 16, y nace a partir del análisis AMFE y el cuadro de decisión RCM presente en la Figura 16.

3.12. Estrategias de mantenimiento

Las estrategias de mantenimiento son las técnicas relacionadas con la periodicidad considerada necesaria para emplear en un equipo determinado, esto puede variar dependiendo de la naturaleza de la actividad de la máquina, por ello se procederá a relacionar los períodos de tiempo pertinentes con los requerimientos de la empresa, cabe aclarar que el plan de mantenimiento se diseñó para un lapso de tiempo anual, pasado este tiempo se rediseña el plan de mantenimiento dependiendo de los eventos sucedidos en las máquinas.

3.12.1. Tareas de revisión programadas

Las técnicas de revisión programadas en el plan de mantenimiento se pueden evidenciar en actividades de control donde se establecen actividades de análisis o evaluación del estado de la maquinaria, estas actividades comúnmente en la empresa se las emplea de forma semanal o en ciertos casos en períodos trimestrales, estos períodos de tiempo se consideran prudentes ya que el encargado de la máquina en planta de producción retroalimenta cualquier indicio de Falla del equipo, por ello se considera el periodo de tiempo trimestral como el más apto para una intervención física del jefe de mantenimiento en una revisión programada.

3.12.2. Tareas de reemplazo programadas

Las tareas de reemplazo programadas son generalmente tareas de carácter mecánico, eléctrico e higiénico, en las tareas de reemplazo de carácter mecánico comúnmente se encuentra el reemplazo de rodamientos, pasadores, chavetas, pernos, entre otros, que comúnmente son de períodos anuales o trimestrales, de igual forma en el carácter

eléctrico, se reemplazan elementos como contactores, fusibles, cableado, e instrumentos de control, haciendo uso del mismo periodo. Por otra parte el carácter higiénico se considera el más estricto de las tareas de reemplazo programadas, donde se encuentra elementos como retenedores, sellos, empaques, lubricantes, entre otros, que resguardan la inocuidad alimentaria hacia el producto.

3.13. Ejecución del plan de mantenimiento GMAO

El plan de mantenimiento como tal será cargado a la plataforma de Fracttal, donde únicamente se subirá información del plan de mantenimiento final entregado a la empresa para la gestión operativa, el plan de mantenimiento final que se apega a la normativa de la institución se encuentra en el Anexo 17, y la metodología empleada para la implementación de la herramienta GMAO se puede apreciar en el Anexo 18.

La aplicación Fracttal presenta diversas ventajas de las cuales se destaca su amigable interfaz con el usuario, esto lo vuelve una herramienta intuitiva y fácil de usar, el acceso rápido facilita la interacción al momento designar tareas de trabajo, o al añadir nuevos activos que se incorporarán a la planta de producción.

Para un mejor detalle se recomienda verificar el Anexo 19, donde se puede observar a primera vista el número de activos cargados en la plataforma y cercano a este se puede ver el número de planes de mantenimiento generados de forma independiente, esta sería la documentación base de los activos que son el objetivo de este estudio.

Luego de esto se encuentra una gráfica circular de distribución porcentual que hace referencia a las órdenes de trabajo pendientes y las órdenes de trabajo cumplidas, añadido a esta sección en la parte superior derecha es posible observar las cuentas de usuario que no son más que los trabajadores de la institución, y siguiente a este se encuentra el número de terceros que no son más que proveedores y fabricantes.

Para cargar los datos de los activos de la planta de producción se ingresa al casillero de activos que abrirá una ventana como lo muestra del Anexo 20, donde se puede añadir equipos con el botón “+” en la parte inferior derecha, esto abrirá una nueva ventana con un formulario vacío, que se procederá a llenar con la información

correspondiente como lo muestra el Anexo 21, luego de esto se guarda la información generada, para seguir añadiendo los demás activos que se tenga a disposición.

Para cargar un plan de mantenimiento se requiere acceder al casillero denominado plan de tareas, que desplegará una ventana similar a la del Anexo 22, como primera instancia la aplicación pedirá nombrar el plan de mantenimiento a crear y guardarlo de inmediato, para luego añadir las tareas pertenecientes al plan de mantenimiento.

Las actividades del plan de mantenimiento son configurables en muchos aspectos, y guardan plantillas usadas anteriormente para una rápida categorización de los equipos faltantes, luego de haber cargado todas las tareas pertenecientes al plan de mantenimiento, como último paso, en la sección de activos vinculados se designan las tareas generadas al equipo objetivo, lo cual sería la etapa concluyente para cargar un plan de mantenimiento en la aplicación de Fractal.

El apartado de cuentas de usuario se puede agregar información del usuario como su hora de salida y entrada, resultando de gran utilidad para saber si el empleado se encuentra o no en la planta de producción, como ejemplo se recomienda verificar el Anexo 23, donde se pueden añadir datos de dirección o ubicación real con seguimiento GPS de ser necesario.

Por otra parte también se encuentra la sección analítica de la aplicación dónde se puede medir la productividad de las actividades diarias y el cumplimiento de las órdenes de trabajo generadas, como se aprecia en el Anexo 24.


Cabe aclarar que este estudio no se adentra en el uso de una herramienta GMAO, sino que nace como una propuesta de integración tecnológica hacia la empresa, ya que esta aplicación representa enormes ventajas en la innovación tecnológica. Para un estudio enfocado netamente en esta herramienta se recomienda usar una versión de pago por suscripción que no es el caso de este estudio como se muestra en el Anexo 25.

3.14. Resultados

Para el control de indicadores de los equipos se usarán datos de un período de 6 meses los cuales fueron tomados durante el tiempo inicial que trabajaron los equipos, en este tiempo se realizaron pruebas de funcionamiento de cada máquina de forma separada,

donde se encontraron fallos relacionados a su instalación y ritmo de trabajo de los operarios, los mismos se encuentran actualmente funcionando y se usarán datos generados hasta la fecha indicada en la Tabla 8, estos datos fueron compartidos por el jefe de mantenimiento de la empresa para la verificación de estos indicadores.

Tabla 8. Registro de mantenimiento. *Fuente: Autor*

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	ÁREA DE MANTENIMIENTO	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 28/DIC/2021


Línea de procesos	LG	Nombre del equipo							
		Unidad condensadora	Tanque de refrigeración	Llenadora isobárica	Saturador de CO2	Banda transportadora	Caldero eléctrico	Túnel de calor	Ventilador axial
Periodo 2021									
Junio	HA (h)	0	0	0	0	0	0	0	0
	HM (h)	0	4	16	5	2	12	5	12
	HT (h)	240	320	36	0	160	60	60	60
Julio	HA (h)	0	8	0	0	0	24	0	0
	HM (h)	13	1	12	20	5	12	0	0
	HT (h)	300	480	250	250	192	45	45	12
Agosto	HA (h)	0	0	0	0	0	0	0	0
	HM (h)	3	3	20	20	6	12	1	0
	HT (h)	280	330	300	300	180	192	192	192
Septiembre	HA (h)	0	0	0	0	0	0	0	0
	HM (h)	6	8	20	13	9	24	2	0
	HT (h)	250	440	240	240	190	200	200	200
Octubre	HA (h)	0	0	0	0	0	0	0	0
	HM (h)	6	6	30	12	7	14	2	0
	HT (h)	300	360	200	200	150	160	160	160
Noviembre	HA (h)	0	0	0	0	0	0	0	0
	HM (h)	8	1	10	18	3	6	3	0
	HT (h)	290	480	230	230	200	180	180	180
Total	HA (h)	0	8	0	0	0	24	0	0
	HM (h)	36	23	108	88	32	80	13	12
	HT (h)	1660	2410	1256	1220	1072	837	837	804

Leyenda	
HA	Horas de parada por avería
HM	Horas de parada de mantenimiento
HT	Horas totales de servicio
LG	Línea de gasificado

3.14.1. Equipamiento

Los indicadores de equipamiento se relacionan directamente a los equipos y al proceso productivo que desempeñan, estos indicadores se calculan a partir de los datos de la Tabla 8 y son los datos del total registrado del lapso de 6 meses, se pueden apreciar el cálculo de estos indicadores en la Tabla 9.

Tabla 9. Indicadores del equipamiento. *Fuente: Autor*

	GUÍA INTERNA
	ÁREA DE MANTENIMIENTO


Línea de procesos	LG	HA	HM	HT	N°	MTBF	Mct	Ai
Nombre del activo		(h)	(h)	(h)	fallas	(h)	(h)	
Unidad condensadora		0	36	1660	1	1660	36	0,98
Tanque de refrigeración		8	23	2410	2	1205	11,5	0,99
Llenadora isobárica		0	108	1256	1	1256	108	<u>0,92</u>
Saturador de CO2		0	88	1220	1	1220	88	<u>0,93</u>
Banda transportadora		0	32	1072	1	1072	32	0,97
Caldero eléctrico		24	80	837	3	279	26,7	<u>0,91</u>
Túnel de calor		0	13	837	1	837	13	0,98
Ventilador axial		0	12	804	1	804	12	0,99

Leyenda	
HA	Horas de parada por avería
HM	Horas de parada de mantenimiento
HT	Horas totales de servicio
MTBF	Tiempo medio entre fallos
Mct	Tiempo medio de corrección
Ai	Disponibilidad inherente

3.14.2. Gestión y productividad

La gestión y productividad se relaciona directamente con los trabajadores que desempeñan actividades en el área de mantenimiento, como se puede apreciar en la Tabla 10 y Tabla 11 los procesos han sido cumplidos en su mayoría, ya que de las actividades diseñadas en el plan de mantenimiento son de carácter trimestral y se puede considerar que los faltantes son de carácter anual.


Tabla 10. Indicadores del equipamiento. *Fuente: Autor*

	GUÍA INTERNA
	ÁREA DE MANTENIMIENTO

Línea de procesos	LG	Numero de tareas totales	Tareas cumplidas hasta le fecha	Tareas por culminar	Horas trabajadas	Horas de retrabajo
Nombre del activo						
Unidad condensadora		9	5	4	36	1
Tanque de refrigeración		4	3	1	23	5
Llenadora isobárica		14	8	6	108	3
Saturador de CO2		9	5	4	88	3
Banda transportadora		10	6	4	32	1
Caldero eléctrico		7	5	2	80	6
Túnel de calor		9	3	6	13	1
Ventilador axial		9	5	4	12	1
Total		71	40	31	392	21

Cumplimiento de la planificación	56%
Eficiencia del trabajo	95%

Tabla 11. Indicadores del equipamiento. *Fuente: Autor*

	GUÍA INTERNA
	ÁREA DE MANTENIMIENTO


Línea de procesos	LG	HTM (h)	HMP (h)	HMC (h)	HMPmax (h)	IMP	IMC	IME
Nombre del activo								
Unidad condensadora		36	28	0	0	78%	0%	0%
Tanque de refrigeración		23	18	3	2	78%	13%	9%
Llenadora isobárica		108	100	8	0	93%	7%	0%
Saturador de CO2		88	82	6	0	93%	7%	0%
Banda transportadora		32	32	0	0	100%	0%	0%
Caldero eléctrico		80	72	6	2	90%	8%	3%
Túnel de calor		13	10	3	0	77%	23%	0%
Ventilador axial		12	12	0	0	100%	0%	0%

Leyenda	
HTM	Horas totales de mantenimiento
HMP	Horas totales de mantenimiento preventivo
HMC	Horas totales de mantenimiento correctivo
HMPmax	Horas totales de mantenimiento de prioridad
IMP	Índice de mantenimiento programado
IMC	Índice de mantenimiento correctivo
IME	Índice de mantenimiento de emergencia

3.14.3. Fiabilidad de la línea de procesos

La fiabilidad de la línea de procesos es la confianza generada del equipo con su disposición de trabajo inmediata, la medición de esta variable se hizo respecto a las horas totales de trabajo que el equipo ha brindado, contra las horas totales que el equipo no ha trabajado consideradas horas de mantenimiento, el ejemplo de cálculo puede verificarse en la Tabla 12.

Tabla 12. Fiabilidad de la línea de producción. *Fuente: Autor*

		GUÍA INTERNA		
		ÁREA DE MANTENIMIENTO		
Línea de procesos	LG	Horas totales de servicio de la máquina	Horas totales de mantenimiento y averías de la máquina	Fiabilidad
Nombre del activo				
Unidad condensadora		1660	36	0,98
Tanque de refrigeración		2410	31	0,99
Llenadora isobárica		1256	108	0,91
Saturador de CO2		1220	88	0,93
Banda transportadora		1072	32	0,97
Caldero eléctrico		837	104	0,88
Túnel de calor		837	13	0,98
Ventilador axial		804	12	0,99
Fiabilidad de toda la línea de procesos				0,67


3.15. Cronograma

Proyecto de mantenimiento para la línea de gasificados en la planta de LICORAM																								
ACTIVIDADES	INICIO	FINAL	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				DICIEMBRE				% completado	
	SEMANA		5/4/2021	12/4/2021	19/4/2021	26/4/2021	3/5/2021	10/5/2021	17/5/2021	24/5/2021	1/6/2021	7/6/2021	14/6/2021	21/6/2021	5/7/2021	12/7/2021	19/7/2021	26/7/2021	31/7/2021	1/12/2021	6/12/2021	13/12/2021		20/12/2021
Aprobación de propuesta	5/4/2021	12/4/2021	■	■																			100,0	
Recopilación de información en manuales	5/4/2021	19/4/2021	■	■	■																		90,0	
Pruebas de funcionamiento para la maquinaria	10/4/2021	3/5/2021		■	■	■	■																80,0	
Índice, introducción, justificación y objetivos	26/4/2021	10/5/2021			■	■	■	■															90,0	
Capítulo 1	3/5/2021	24/5/2021					■	■	■	■													80,0	
Marco teórico referencial	3/5/2021	24/5/2021					■	■	■	■													80,0	
Verificación de avances y validación de información	24/5/2021	1/6/2021							■	■													100,0	
Capítulo 2	1/6/2021	14/6/2021								■	■	■											80,0	
Metodología y fundamentación	1/6/2021	15/6/2021								■	■	■											80,0	
Verificación de avances y validación de información	14/6/2021	5/7/2021									■	■	■										90,0	
Capítulo 3	21/6/2021	19/7/2021										■	■	■	■								80,0	
Diseño del plan de gestión de mantenimiento	21/6/2021	19/7/2021										■	■	■									80,0	
Entrega del primer borrador del plan de mantenimiento	19/7/2021	13/9/2021													■	■	■						90,0	
Entrega de datos generados en la planta de producción del Licoram	1/12/2021	6/12/2021																	■	■			100,0	
Cálculo y control de indicadores	6/12/2021	13/12/2021																		■	■		100,0	
Implementación del plan de mantenimiento en la herramienta GMAO de Fractal community	13/12/2021	20/12/2021																			■	■	100,0	
Conclusiones y recomendaciones	13/12/2021	20/12/2021																				■	■	100,0

3.16. Presupuesto

Los costos anuales previsualizados de este estudio es la elaboración de un presupuesto que se aproxima a las necesidades que podría tener la nueva línea de producción de Licoram, este presupuesto como lo muestra la Tabla 13 se centrará únicamente en las refacciones que se utilizarán para las actividades de mantenimiento preventivo, se requiere aclarar que este presupuesto puede variar según los eventos que ocurran en las instalaciones de la empresa, además no se tomará en cuenta los repuestos que ya existen en bodega de insumos, porque el interés de esta sección es demostrar los posibles gastos que podría llevar la empresa únicamente en repuestos de maquinaria, sin tener relación alguna con la mano de obra u otros gastos adicionales, ya que la mano de obra pertenece completamente al área productiva y no al área de mantenimiento, donde se tiene únicamente como personal fijo al jefe de mantenimiento.

Tabla 13. Presupuesto de repuestos anual de los equipos. *Fuente: Autor*

	GUÍA INTERNA				
	ÁREA DE MANTENIMIENTO				
Presupuesto de repuestos de la línea de gasificado					
DESCRIPCIÓN	Proveedor	Nº	PRECIO	TOTAL	
<u>Tanque refrigerado</u>					
Empaque para unión CLAMP 1-1/2"	Multimangueras	24,00	1,14	\$27,36	
Abrazaderas CLAMP 1-1/2"	Multimangueras	8,00	5,79	\$46,32	
Codo 90° Unión CLAMP 1-1/2"	Multimangueras	1,00	12,51	\$12,51	
Llaves de nivel INOX304 1/2"	Multimangueras	1,00	14,30	\$14,30	
<u>Unidad condensadora</u>					
Aislante térmico Rubatex 1" - 4m	Multimangueras	2,00	6,00	\$12,00	
Contactores 40Amp Schneider	Cerelectric	1,00	36,80	\$36,80	
Rodamientos 32x20x7 SKF	Rulimotor	4,00	3,00	\$12,00	
Relé térmico 40Amp Schneider	Cerelectric	1,00	45,00	\$45,00	
<u>Saturador de Co2</u>					
Empaque para unión CLAMP 1-1/2"	Multimangueras	36,00	1,14	\$41,04	
Válvula de bola CLAMP 1-1/2"	Multimangueras	1,00	14,28	\$14,28	
Válvula de mariposa CLAMP 1"	Multimangueras	1,00	32,99	\$32,99	
Orings de goma plástica 1"	Multimangueras	20,00	1,50	\$30,00	
Tubería neumática 8mm x 10m	Multimangueras	1,00	6,00	\$6,00	
Racores neumáticos 8mm	Multimangueras	10,00	1,69	\$16,90	
Racor en Y 8mm x20	Multimangueras	10,00	3,47	\$34,70	
<u>Llenadora Isobárica</u>					
Tubería neumática 8mm x 10m	Multimangueras	1,00	6,00	\$6,00	
Racores neumáticos 8mm juego	Multimangueras	10,00	1,69	\$16,90	
Racores en Y 8mm x20	Multimangueras	10,00	3,47	\$34,70	
Electro válvula neumática 5/2	Global Pneumatic	4,00	18,75	\$75,00	
<u>Banda transportadora</u>					
Banda HONGS BELT HS 820-K325 25m	Ecuapack	1,00	122,39	\$122,39	
Lubricante EP 1 Caneca	NR	1,00	63,70	\$63,70	
Lubricante de silicona aerosol NSF x 12	NR	1,00	23,67	\$23,67	
Rodamientos de bola de chumacera 1" x32mm	Rulimotor	2,00	16,12	\$32,24	
<u>Túnel de termoencogido</u>					
Llaves plásticas de matriz x 40	Ecuapack	1,00	24,00	\$24,00	
Banda metálica NR	Ecuapack	1,00	45,00	\$45,00	
Rodamientos 47x20x14 SKF	Rulimotor	2,00	5,00	\$10,00	
<u>Caldero de vapor</u>					
Contactores 40Amp Schneider	Cerelectric	1,00	44,60	\$44,60	
Contactores 22Amp Schneider	Cerelectric	1,00	29,34	\$29,34	
Relé térmico 22Amp Schneider	Cerelectric	1,00	29,22	\$29,22	
<u>Ventilador Axial</u>					
Retenedores 22x40x7	Rulimotor	6,00	1,20	\$7,20	
Rodamientos 22x47x14 SKF	Rulimotor	2,00	3,45	\$6,90	
			SUB-TOTAL	\$946,16	
			IVA %	12%	
			TOTAL	\$1.059,70	

Precios los cuales se basan en proformas de los proveedores locales como lo muestra el Anexo 26.

3.17. Documentación entregada para la gestión operativa

Entre los documentos entregados para la gestión operativa en Licoram, se encuentran los documentos como la ficha técnica de vida de cada uno de los equipos, esta ficha técnica fue llenada con información base solicitada por el jefe de mantenimiento, en esta ficha se pretenden anotar configuraciones y eventos importantes de cada uno de los equipos, esta información se pretende llenar por escrito dado su ausencia de datos y será de uso exclusivo del área de mantenimiento, se puede observar estas fichas en el Anexo 27.

Añadido a este se le suma el plan de mantenimiento final, que es la documentación entregada en el área de mantenimiento, el cual se apega a la normativa vigente de la empresa y a sus necesidades operativas, cabe mencionar que algunas de las operaciones del análisis RCM fueron simplificadas y agrupadas según la conveniencia del departamento, por otra parte también se añadieron tareas de limpieza periódica y actividades relacionadas a la conservación del equipo, todo esto se puede observar en el Anexo 17.

Como último documento entregado se tiene la bitácora de mantenimiento, que no es más que la ficha de registro del cumplimiento de las actividades mantenimiento, esta se encuentra ubicada en estación de trabajo del equipo, en donde se deben anotar las marcaciones del plan de mantenimiento ejecutadas con información de la persona que lo realizó y observaciones del equipo, todo esto para más tarde ser revisado por quién verifica las tareas de mantenimiento o en pocas palabras el jefe de mantenimiento, para un mejor detalle se precisa visitar el Anexo 28.

Estos 3 documentos concluyen el trabajo del diseño de un plan de mantenimiento sujeto a la normativa de la empresa, los mismos se encuentran actualmente en uso de la institución y se espera que mediante la retroalimentación respectiva de cada uno junto al uso de la bitácora de actividades de mantenimiento, se llegue a plantear mejoras de rediseño del plan de mantenimiento conforme la longevidad de este llegue a ampliarse.

Cómo se pudo evidenciar en el capítulo 3 al ser catalogado como la metodología de este estudio, se lleva a cabo la aplicación de un plan de mantenimiento basado en

herramientas de análisis AMFE y RCM, estas herramientas de análisis son empleadas para la filtración de datos y la optimización de actividades que podrían generar demoras en la planta de producción, todo este trabajo toma como base inicial el proceso propio de la gestión donde se experimentan sus cuatro etapas de organización, planificación, ejecución y control, estas etapas al complementarse mutuamente son el modelo a seguir para la ejecución de este estudio.

En la etapa de organización, se recolectaron y generaron datos propios de la empresa que ya estaban a disposición de sus trabajadores, en esta sección a forma de ilustración se relató la forma de trabajo de la empresa y cómo sus actividades diarias son llevadas a cabo mediante el flujograma presentado en el Anexo 2, sin olvidar mencionar que el área de mantenimiento como tal pertenece al departamento de producción siendo una rama del trabajo en conjunto que debe desempeñar la institución.

Por otra parte en la etapa de planificación se puede encontrar el análisis RCM llevado a la práctica, dónde se hace el uso de la tabla de decisión RCM y los formatos recomendados que se presentaron en la capitulación 2.

Posterior a esto en la etapa ejecución, se puede encontrar el uso de una herramienta GMAO, como propuesta de inclusión tecnológica para la empresa donde se implementó el plan de mantenimiento, la plataforma seleccionada de Fractal, presentó diversas ventajas de las cuales se destaca su versión de libre acceso a la comunidad “Fractal community”.

Después de esto se encuentra la etapa de control, donde se emplean medidores cuantificables de equipamiento productividad y costos, los datos para el cálculo de estos indicadores se tomaron en un lapso de 6 meses entre junio y noviembre del 2021, estos datos fueron compartidos por el jefe de mantenimiento los cuales fueron interpretados al formato requerido para la culminación de esta etapa.

La metodología que se usa en esta capitulación se emplea en referencia al capítulo dos, convirtiéndose en una propuesta funcional que puede ser llevada a la práctica en campos o áreas de trabajo similares, los resultados obtenidos en esta capitulación 3 son

satisfactorios, llegando de esta forma a concluir la última capitulación referente a este estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos al momento de diagnosticar los equipos en su estado de servicio, fue medianamente satisfactorio ya que toda la línea de procesos presenta un 67 % de fiabilidad, donde los equipos de llenado, transporte, ventilación y saturado de CO₂, fueron los únicos que no presentaron síntomas adversos a su funcionamiento, entre los parámetros establecidos respecto a la disponibilidad inherente como se presenta en la Tabla 9, se encuentra que el caldero de vapor es uno de los equipos con la menor disponibilidad inherente de 91 %, por sus elevados modos de fallo en el sistema eléctrico con sus resistencias tubulares, y continuas tareas de inspección con el purgado del tanque y limpieza de su depósito.

El dimensionamiento y la capacidad del tanque se llevó a cabo a través de la herramienta de modelado SolidWorks 2020, donde se obtuvieron la dimensiones generales de 1820x1820x2300 mm, y una capacidad máxima de 1280 Lt, sin embargo durante el proceso de instalación se llegó a observar que el mismo presentaba microfisuras, y fugas en la tubería de descarga, debido a este inconveniente se optó por reducir un 70 % de la capacidad total del tanque, para limitar la presión estática de la zona baja de contenedor, esta decisión fue tomada por el jefe del área para evitar inconvenientes a futuro, catalogando el tanque con una la capacidad final de 900 Lt.

La categorización de fallos potenciales se realizó en base a la naturaleza del equipo empleando la herramienta de análisis AMFE, se llegó a detectar que la falla potencial de los equipos de refrigeración, ventilación, saturación de CO₂, y generación de vapor, presentan altos modos de fallo en el sistema eléctrico, a causa de su alto consumo eléctrico y posible alteración de los sensores que lo conforman, mientras que los equipos de almacenamiento, llenado, transporte y empacado presentan altos modos de fallo en su sistema mecánico, ya que en varios casos de tratan se sistemas móviles susceptibles a problemas de lubricación, fugas en sus retenedores, y limpieza de los equipos.

Uno de los equipos categorizados con altos índices de probabilidad de fallo es el caldero eléctrico de vapor, que en el lapso de sus primeras horas de servicio presentó fallos relacionados a su sistema eléctrico donde el caldero de vapor sufrió averías en

los disyuntores debido a un error de ensamblaje en el calibre de cable, el cual era un pequeño tramo desde el punto de conexión externo hasta la entrada en su disyuntor, lo que tiempo después fue confirmado por el proveedor en su visita técnica para un servicio de reparación.

Otro de los equipos que presentó fallos durante sus primeras horas de servicio fue el tanque de refrigeración, que presentó fugas por micro fisuras en la tubería de descarga del equipo, al evaluar la falla mediante un análisis visual con herramientas de inspección llamadas lupas de fisuras, se detectó que la causa de la falla fue un impacto presuntamente causado por inconvenientes en el transporte del equipo.

El plan de mantenimiento RCM se fundamentó en base a la metodología de la SAE JA1011, determinado así el IPR o índice de prioridad de riesgo y generando el cuadro de decisión RCM donde se plantean las tareas de mantenimiento, estas tareas se llevaron como propuesta al jefe de mantenimiento, se organizaron y agruparon en base a las necesidades del encargado del área, acorde a lo indicado por la normativa ISO 9001 como lo muestra el Anexo 17 y Anexo 27, cumpliendo de esta forma el sistema de gestión vigente en la institución.

Los cronogramas de mantenimiento elaborados para la planta de producción de Licoram se los puede apreciar en el Anexo 28, los cuales actualmente se encuentran impresos de forma física y ubicados en la estación de servicio de cada uno de los equipos.

RECOMENDACIONES

El trabajo presentado en este estudio mantiene una vigencia de un año para la ejecución de estas actividades, pasado este año se recomienda realizar un rediseño del plan de mantenimiento dependiendo de los eventos ocurridos, se prevé que los mismos tengan una mayor disponibilidad a fallar por la devaluación del activo.

Es recomendable usar los equipos bajo los parámetros indicados en el manual de procedencia, dado el caso de que un equipo no disponga de manual o registro de procedencia es recomendable ejecutar tareas de reconocimiento para identificar componentes e idear tareas de mantenimiento en base a los activos similares que ya se disponen en la planta de producción.

Se recomienda llevar un registro contable de las magnitudes físicas de los sensores de temperatura, presión, velocidad, entre otros, ya que todos los días se generan estos datos y podrían ser de utilidad al generar los indicios de por qué una máquina ha fallado o ha perdido rendimiento.

La implementación de la herramienta GMAO bajo la plataforma de Fractal community reveló que la empresa tiene una clara oportunidad de mejora en la gestión de sus activos, mediante la implementación de tecnologías de la información IoT y la industria 4.0 llegando a establecerse como una de las futuras necesidades de la empresa en su proceso de expansión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sociedad Anónima, “Licoram - Licores de América S.A.,” 2021. <https://www.licoram.com/pages/quienes-somos/>.
- [2] Comité técnico AEN/CTN 66, *Sistemas de gestión de la calidad, Requisitos (ISO 9001:2015)*. Norma Española, 2015.
- [3] J. R. Sifonte and J. V. Reyes-Picknell, *Reliability Centered Maintenance-Reengineered*. 2017.
- [4] A. Bakri and M. A.-F. Mohd Szali Januddi, *Systematic Industrial Maintenance to Boost the Quality Management Programs*. 2020.
- [5] C. Paz and G. Gómez, “NORMAS HACCP Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control,” *Adm. las Operaciones*, pp. 10–11, 2011, [Online]. Available: http://nulan.mdp.edu.ar/1616/1/11_normas_haccp.pdf.
- [6] M. P. Darío Javier Quilca Torres, “Identificación, Evaluación, Prevención y Control de los riesgos ergonómicos asociados a la carga física de trabajo del personal que labora en el área de producción de la empresa Licoram,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2013.
- [7] K. B. Islas Hernández, A. Gutiérrez Garnica, A. Soto Carrasquel, and K. I. Aguillón Garía, “Bebidas carbonatadas,” *PÄDI Boletín Científico Ciencias Básicas e Ing. del ICBI*, vol. 2, no. 4, 2015, doi: 10.29057/icbi.v2i4.545.
- [8] O. Huayamave and J. Fierro, “Determinación del espesor mínimo de películas plásticas termoencogibles para mejorar la eficiencia del proceso de envasado,” Universidad de Guayaquil, 2017.
- [9] A. Crespo Márquez, V. González, P. Díaz, and J. F. Gómez, *Advanced Maintenance Modelling for asset Management, Techniques and Methods for Complex Industrial Systems*. Seville: Springer International Publishing AG, 2017.
- [10] F. A. P. Rondón, *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*, Ediciones. Bucaramanga, Colombia, 2021.
- [11] E. (2014). Dounce Villanueva, *La productividad en el mantenimiento industrial (3a. ed.)*. 2014.
- [12] J. Rodríguez, *Gestión de mantenimiento asistido por computadora*. Cujae,

2003.

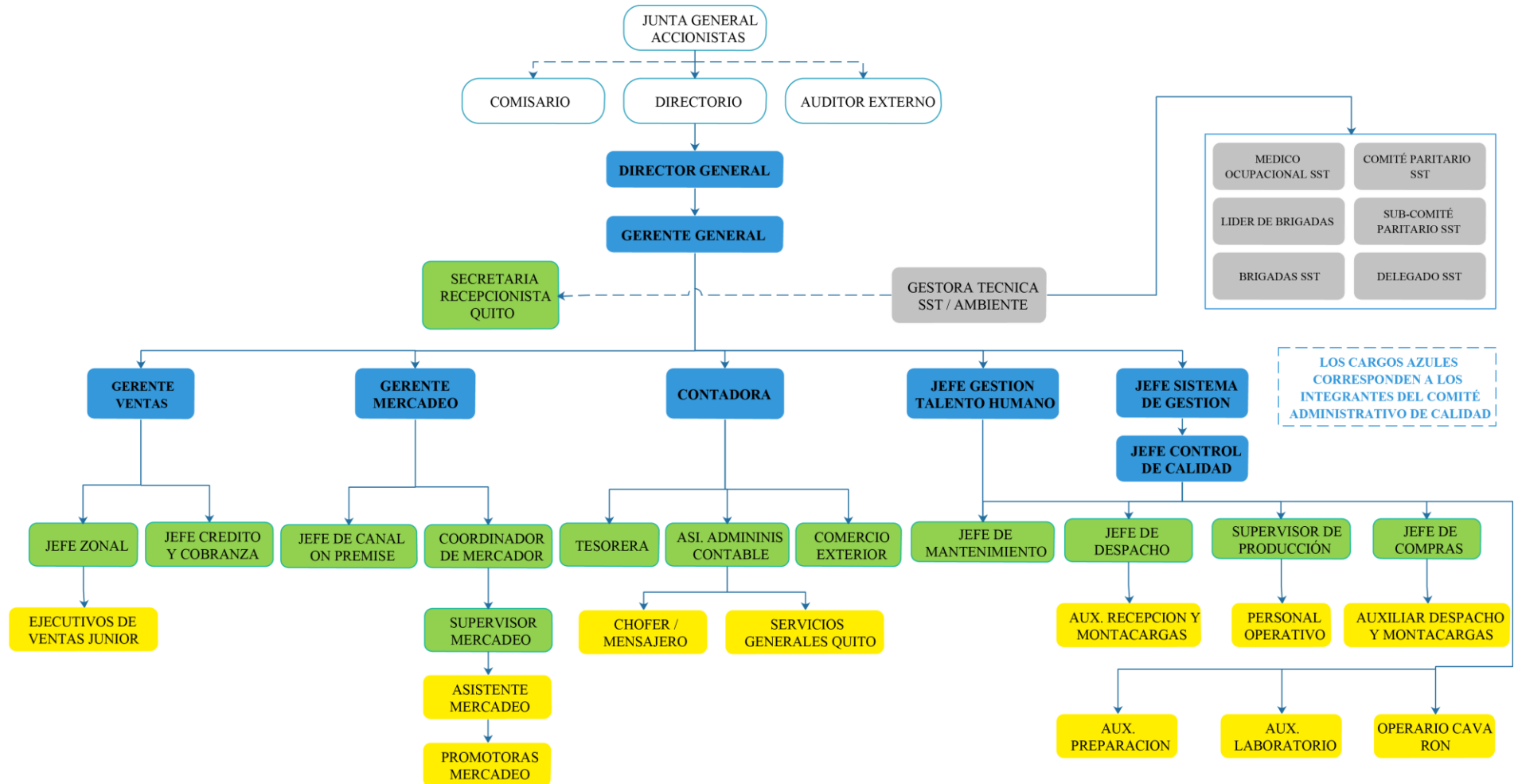
- [13] T. K. Agustiady and E. A. Cudney, *Total Productive Maintenance Strategies and implementation guide*. New York: CRC Press, 2016.
- [14] V. M. Ramirez and J. S. Simbaña, “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento con la aplicacion de un software para la empresa MECANOMONTAJE,” *Tesis*, p. 85, 2019, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [15] M. Bengtsson and G. Lundström, “On the importance of combining ‘the new’ with ‘the old’ – One important prerequisite for maintenance in Industry 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 25, pp. 118–125, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.065>.
- [16] J. Marín and R. Martinez, “Barreras y facilitadores en la implementacion del TPM,” *Intang. Cap.*, vol. 9, 2014, [Online]. Available: <https://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/360>.
- [17] F. S. Nowlan and H. F. Heap, “Criterios de evaluacion para procesos de mantenimiento centrados en la confiabilidad-NORMA SAE JA1011 EDITADA EN AGOSTO DE 1999, Revisada y corregida por CEIM,” PA 15096-0001, 1999.
- [18] Y. Tang, Q. Liu, J. Jing, Y. Yang, and Z. Zou, “A framework for identification of maintenance significant items in reliability centered maintenance,” *Energy*, vol. 118, pp. 1295–1303, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.011>.
- [19] M. B. Belloví, R. M. O. Ramos, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, C. M. París, and S. A. SEAT, “NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE,” *English*, pp. 1–10, 2016.
- [20] J. R. Aguilar-otero, R. Torres-arcique, and D. Magaña-jiménez, “Análisis de modos de falla , efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad Failure mode and effects and criticality analysis (FMECA) for maintenance planning using risk and safety crite,” *Redalyc.Org*, pp. 17–18, 2010, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>.
- [21] J. M. Ruiz Lopez, “Gestión y Arranque de Línea de Producción ‘Mixed Model

- Manufacturing – 3p,” p. 92, 2015, [Online]. Available: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/55/1/RuizLopezJonathanM MMANAV 2015 AUTORIZADA.pdf>.
- [22] R. Álvarez *et al.*, “Departamento de ciencias de la energía y mecánica,” 2014.
- [23] Fussen, “Tanque tipo silo,” 2015, [Online]. Available: <http://www.fussen.us/equipo.html?id=EL-0025>.
- [24] R. RIZZOLIO, “UNIDAD DE SATURACION Co2 DE PRODUCTOS Satur-1000-R,” 2021, [Online]. Available: <https://rizzolio.net/es/prodotto/unidad-de-saturacion-co2-de-productos-satur-1000-r/#:~:text=Description-,Nuestro Saturador%2C está diseñado para gasificar productos alimenticios tales como,producidas con el gas inerte.>
- [25] J. J. M. Sánchez, “Construcción de máquina llenadora y tapadora lineal para botellas pet de 500cc semiautomática,” p. 184, 2012, [Online]. Available: <https://bit.ly/2CTkxCu>.
- [26] R. bouting systems) RIZZOLIO, “Llenadora isobárica semiautomática, Latas, Vidrios, PET.,” 2021, [Online]. Available: <https://rizzolio.net/es/prodotto/llenadoras-isobaricas-para-latas-vidrio-pet/>.
- [27] L. Escobar and D. Tobar, “Implementación de un modulo interactivo de un sistema termorretráctil con un PLC para el laboratorio de automatización de procesos de la escuela de ingeniería industrial de la ESPOCH,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.
- [28] Maplascalí, “TUNEL DE VAPOR PARA PROMOCIONES.” <https://www.maplascalí.com/producto/tunel-de-vapor-para-promociones/>.
- [29] L. Raimundo and C. Paul, “Diseño e implementación de un sistema de automatización y control de un caldero de vapor saturado para construcciones mecánicas s.a. Proaño Guevara Roberto Felipe Lugmaña Raimundo Christian Paul.”
- [30] D. Mario and S. Gervaso, “Proyecto Fin De Carrera Ingeniería Industrial Diseño De Una Banda Transportadora Mediante Guide De Matlab,” p. 6,7,8, 2013.
- [31] N. Tremblay, “Instituto Politécnico Nacional,” *Cic.Ipn.Mx*, p. 105, 2008, [Online]. Available: <http://www.cic.ipn.mx/sitioCIC/images/sources/cic/tesis/B020892.pdf>.

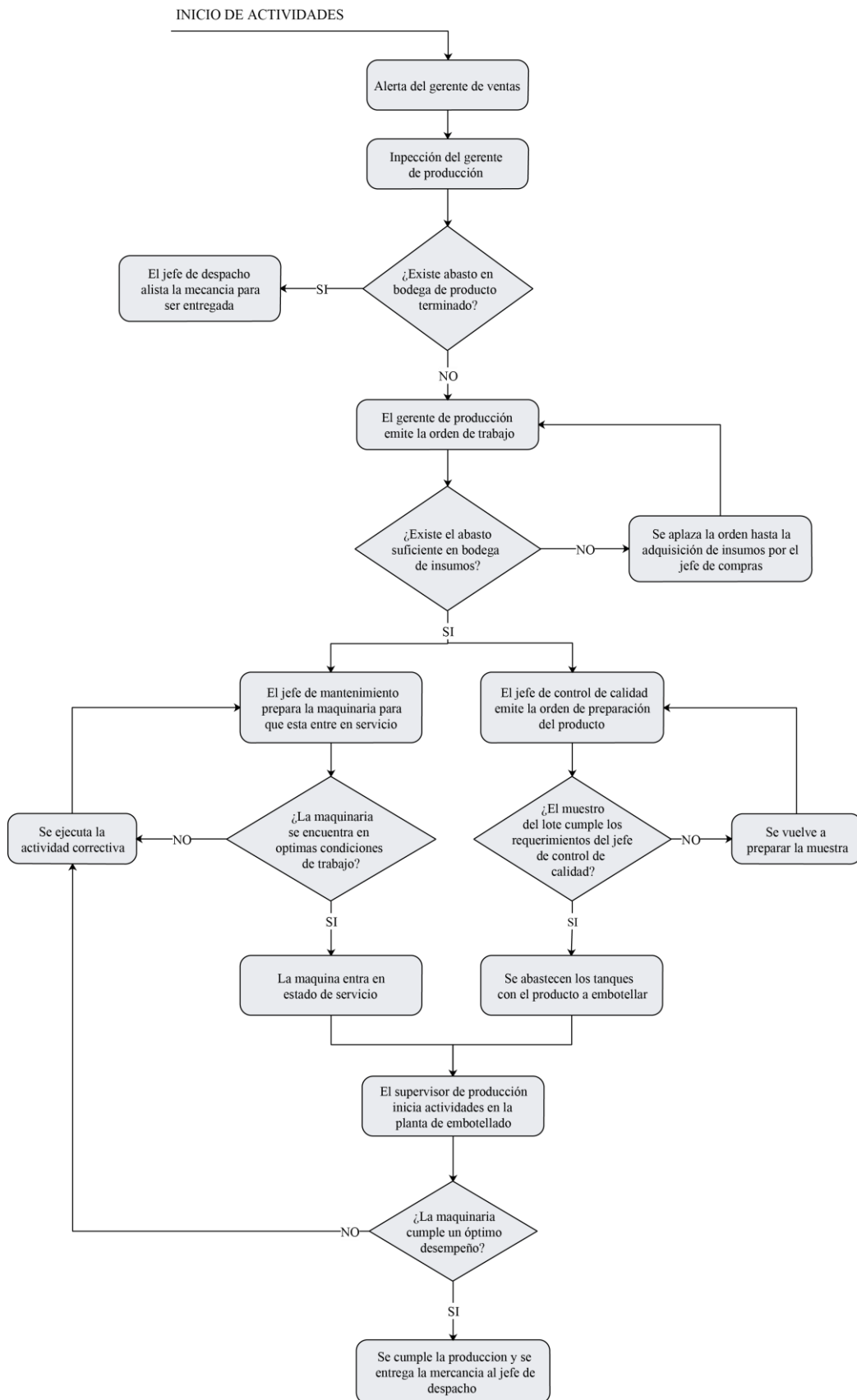
- [32] Salvador ESCODA S.A., “Capítulo 4. Ventiladores,” *Man. práctico Vent.*, vol. 1, pp. 1–27, 2012, [Online]. Available: https://es.khanacademy.org/science/fisica-pe-pre-u/x4594717deeb98bd3:energia-cinetica/x4594717deeb98bd3:calor-y-temperatura/a/643-escalas-de-temperatura%0Ahttp://www.fi.uba.ar/archivos/posgrados_apuntes_CAPITULO_VENTILADORES.pdf.
- [33] Climatécnica, “Ventilador axial tipo k,” 2021. <https://www.climatecnica.com/ventilador-axial-serie-k.72.480.html>.
- [34] M. Herrera Galán and Y. Duany Alfonzo, “Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento/methodology and implementation of maintenance management program,” *Ing. Ind.*, vol. 37, no. 1, pp. 2–13, 2016.
- [35] J. C. Valdibioso Torres, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la Empresa Extruplas S.A.,” *Univ. Politec. Saieciana sede Cuenca*, p. 115, 2010.
- [36] S. Lema Rojas, “Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE) Failure mode and effects annalisis (FMEA) Implementacion,” vol. 8, 2019.
- [37] E. F. Cabrera Ramón and J. A. Tapia González, “Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la central Saymirín,” p. 99, 2019, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17861%0Ahttp://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17325>.

ANEXOS

ANEXO 1. Organigrama de la empresa Licoram



ANEXO 2. Flujograma operativo de la empresa



ANEXO 3. Unidad condensadora instalada en el área de compresores.



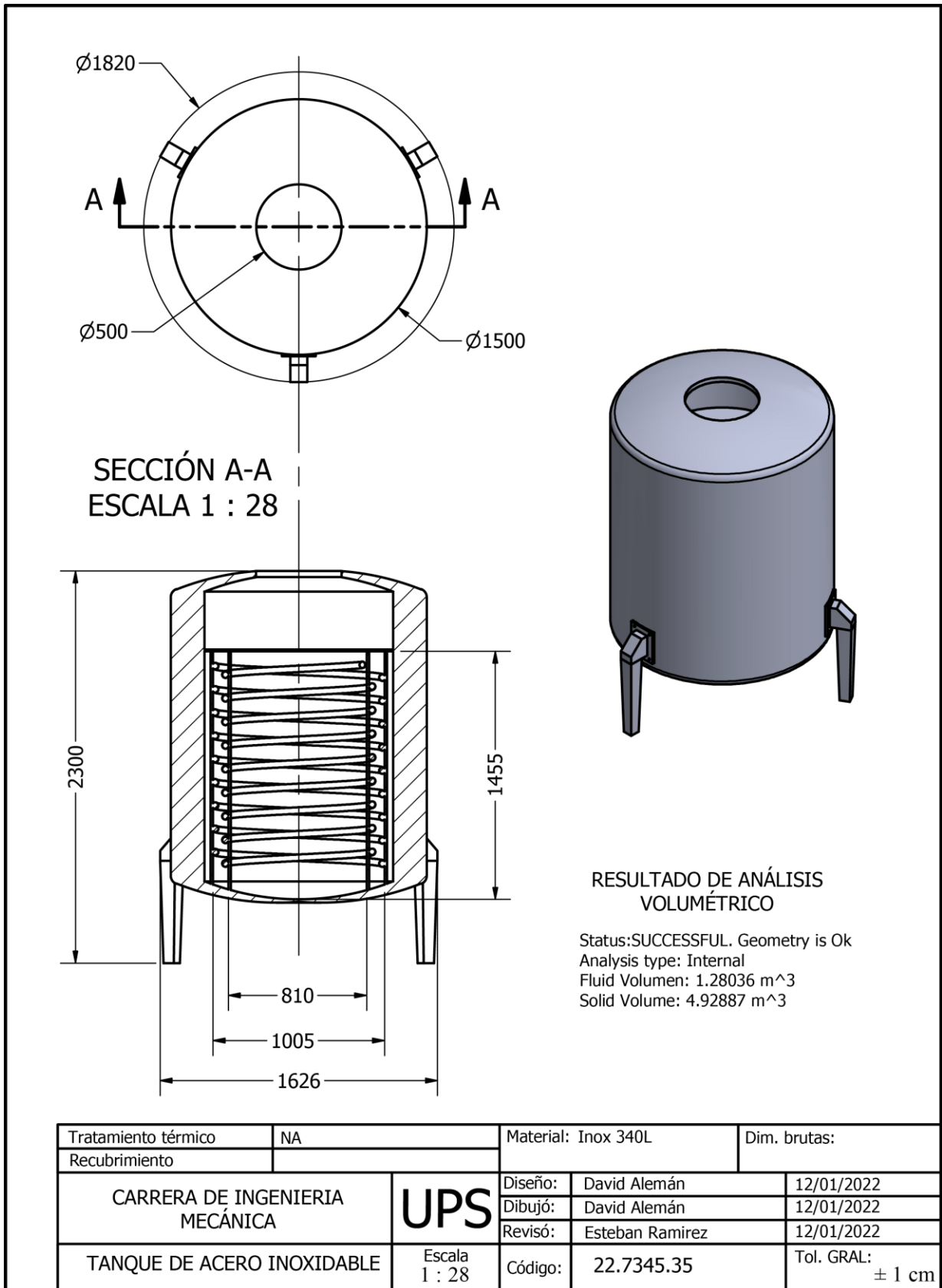
ANEXO 4. Antes y después del mantenimiento correctivo



ANEXO 5. Vista completa del tanque refrigerado



ANEXO 6. Planos del modelado 3D obtenido



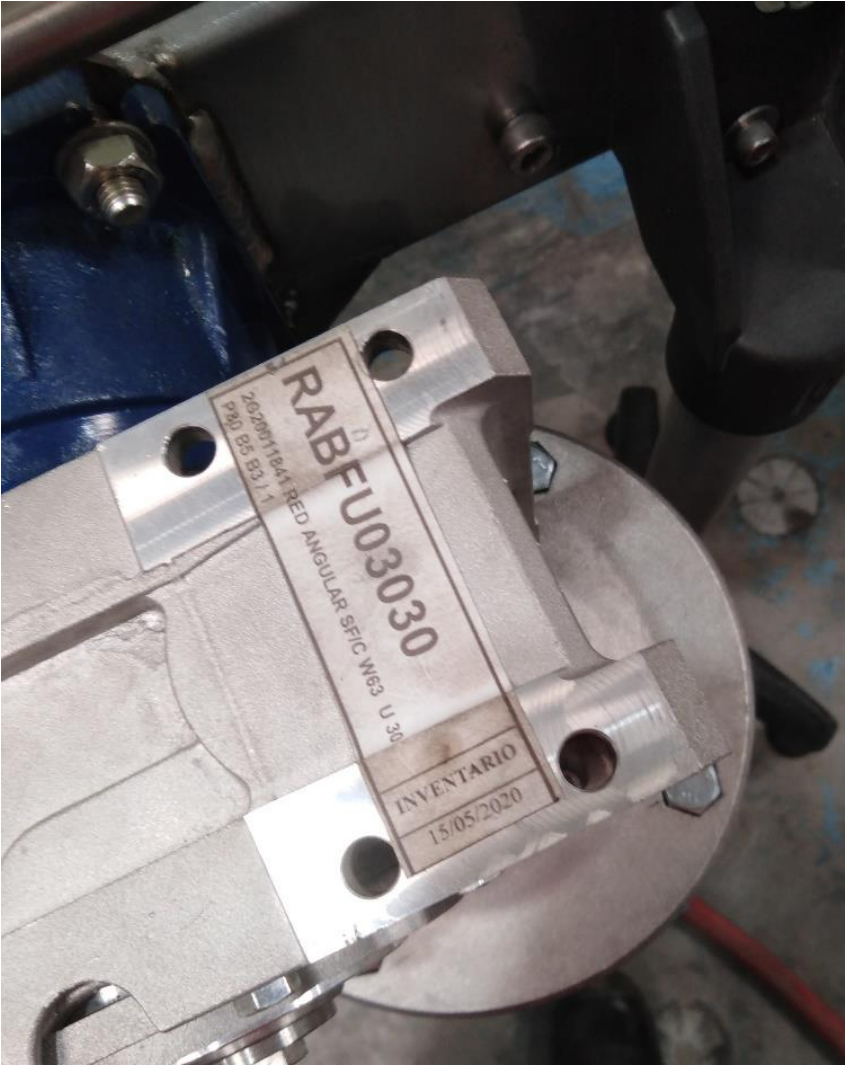
ANEXO 7. Saturador de CO₂ instalado en su estación de servicio



ANEXO 8. Llenadora isobárica en su estación de servicio



ANEXO 9. Banda transportadora y motor reductor



ANEXO 10. Caldero eléctrico de vapor en su estación de servicio



ANEXO 11. Túnel de calor instalado en su estación de servicio



ANEXO 12. Ventilador axial previo a su instalación




ANEXO 13. Vista general de toda la línea de gasificado



ANEXO 14. Bodega de alcoholes



ANEXO 15. Análisis modal de fallos y sus efectos AMFE

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	GUÍA DE MANTENIMIENTO	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)													
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)	EFECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.			
Unidad condensadora de refrigeración ZC-LG UC001	1	Enfriamiento ineficiente o nulo	A	Demorosos tiempos de reducción de temperatura	1	Incumplimiento de la temperatura base para carbonatar	El control de temperatura se encuentra mal configurado o en modo ECO	5	1	2	10	Configuración del control de temperatura en normal	JEFE DE MANTENIMIENTO
			B	Sensor de temperatura averiado	1	Incongruencias en la lectura de temperaturas en el interior del tanque	Golpes al sensor por el llenado del tanque	3	10	1	30	Comprobación de temperatura con otro sensor	
			C	Compresor averiado	1	El compresor tiene ciclos intermitentes de trabajo que no van acorde su función	Desgaste, fugas en sellos, obstrucciones y alteraciones físicas el la composición del refrigerante	1	10	7	70	Previo a una evolución del fabricante se recomienda el cambio del compresor	
					2	Se activo el relé térmico del compresor	Sobrecarga o posible sobrecalentamiento del compresor	3	1	4	12	Comprobación eléctrica del equipo y reseteo el relé térmico	
			D	Fugas de refrigerante	1	El compresor no arranca y se encuentran zonas congeladas en el entramado de tuberías	Imperfecciones en la tubería, zonas de acople, o defectos en la soldadura	1	9	5	45	Apagado total de equipo para la evaluación de la fuga	
			E	Ineficiente refrigeración	1	Enfriamiento lento y no mantiene la temperatura de 4°C	Desgaste y mala conservación del polímero aislante	5	1	3	15	Reemplazo del aislante en mal estado	
	F	Contactores averiados	1	El equipo no arranca	Insuficiente apriete en los contactos cableados, o bobina quemada	3	5	3	45	Apagar el equipo e inspeccionar los elementos eléctricos			
	2	Sobrecalentamiento del equipo	A	El ventilador disipador del radiador no funciona	1	El sistema no disipa el calor y enfriar le toma mucho tiempo	Activación del relé térmico, estado del bobinado en corto circuito, o bloqueo mecánico del eje	3	9	1	27	Inspección eléctrica del motor y verificación del giro del eje	
B			Evacuación del calor ineficiente	1	Sobrecalentamiento del compresor	Capa de suciedad aglomerada en el radiador	3	4	1	12	Limpieza del radiador con aire presurizado		



GUÍA INTERNA
GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A
EDICIÓN: 1
ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)													
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)	EFECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.			
Tanque de almacenamiento PE-LG TR001	1	Fugas de producto	A	Fugas en los acoples de manguera	1	Desperdicio del producto	Empaques plásticos de acople en mal estado	6	8	1	48	Cambio de empaques	OPERARIO I
			B	Fisuras en tuberías salientes del taque	1	Posible agrandamiento de la fuga	Cavitación y fricción en la tubería	3	3	3	27	Vaciado total del tanque para la evaluación de la fisura	
			C	Fugas en la soldadura de la tubería saliente del tanque	1	Desperdicio del producto	Aplicación de cargas e impactos en la tubería salientes del taque	1	5	3	15	Vaciado total del tanque para la evaluación de la fuga	
			D	Ruptura de llaves de paso	1	Vaciado completo del tanque del producto existente	Manipulación errónea de las llaves de paso y sobrepresión hidrostática	2	10	1	20	Reemplazo inmediato de las llaves de paso	
	2	Fugas de refrigerante	A	Fugas en la soldadura entre el acero inoxidable y el cobre	1	Fugas de refrigerante por áreas externas del tanque	Técnica de soldadura errónea al sellar o impactos en la zona comprometida	1	5	3	15	Paro total de equipo, y evolución de la falla con el proveedor del equipo	
			B	Fugas en el intercambiador de calor	1	Grave contaminación del producto a embotellar	Alteraciones en el bobinado interno del tanque durante su limpieza, o generación de fisuras por golpes o cargas	1	10	8	80	Paro total de la línea de procesos y desecho del lote fabricado por la violación a la inocuidad alimentaria	
Saturador de CO2 PE-LG ST001	1	Alteraciones en las funciones del equipo	A	Obstrucciones en la bomba de fluido	1	Ruidos en la bomba y variación de la presión del tanque carbonatador	Agentes solidos provenientes del taque deposito	1	9	2	18	Desconexión de la manguera y extracción del agente extraño	JEFE DE MANTENIMIENTO
			B	Perdida de presión en el tanque de carbonatación	1	Carbonatación fallida en su totalidad	Pernos flojos del deposito presurizado	1	7	2	14	Inspección de manómetro y verificación externa de la integridad del equipo	
			C	Perdida de fluido Co2	1	Producto con un bajo contenido de gas	Instalación de tubería errónea e inadecuada	3	6	1	18	Inspección completa de la tubería del equipo	



GUÍA INTERNA
GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A
EDICIÓN: 1
ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)												
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)		EFEECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.	
Saturador de CO2 PE-LG ST001	2	Fugas de producto	A	Sobrepresión del tanque deposito	1	Activación la válvula protectora de sobrepresión y liberación todo el Co2 del tanque presurizado	3	5	1	15	Ajuste de la válvula de presión entre 2 y 2,5 bar, y de la válvula de Co2 en 5 bar	JEFE DE MANTENIMIENTO
			B	Filtración de fluido a través de conexiones o empaques o cubierta del tanque	1	Desperdicio del producto	1	7	3	21	Marcación de la ubicación de la fisura y paro completo del equipo	
			C	Fugas en las conexiones de mangueras	2		5	2	2	20	Reemplazo inmediato de los empaques en mal estado	
			D	Fugas en llaves de paso	1	Vaciado completo del tanque del producto existente	1	4	1	4	Reemplazo de las llaves de paso	
	3	Sobrepresión del tanque presurizado	A	Sensor de presión eléctrico averiado	1	Activación continua de la válvula protectora de sobrepresión o inactividad del equipo	1	7	5	35	Inspección eléctrica del sensor, y cambio inmediato del mismo	
	4	Inoperancia del equipo	A	Inactividad de la bomba de entrada	1	El tanque no se presuriza	1	7	2	14	Inspección del panel y reseteo del relé térmico	
			B	Inactividad de la bomba de diafragma a la salida	1	Presión mínima a la salida del fluido	3	7	1	21	Comprobación del suministro de aire presurizado	
			C	Contactores averiados	1	El equipo no arranca	3	5	3	45	Paro total del equipo para comprobación eléctrica de elementos	
			D	Ruptura del eje de la bomba	1	El motor emite ruidos y no cumple su trabajo	4	10	3	120	Cambio de eje o rodamientos de la bomba	



GUÍA INTERNA

GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A

EDICIÓN: 1

ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)													
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)	EFEECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.			
Llenadora isobárica PE-LG EM001	1	Alteraciones en las funciones del equipo	A	Bloqueo de mecanismos	1	Daños por sobreesfuerzo en actuadores neumáticos	Intrusión de elementos extraños en la maquina	3	9	2	54	Inspección y lubricación de actuadores neumáticos	OPERARIO 1
			B	Impactos del mecanismo elevador con el tanque deposito	1	Daños en el tanque deposito presurizado, con cada ciclo de funcionamiento	Calibración errónea para ajuste de la botella	3	7	5	105	Calibración correcta los anclajes e inspección de los actuadores de elevación	
			C	Perdida de suministro neumático	1	Lento accionamiento de los actuadores neumáticos	Juntas y maguera neumática en mal estado	1	5	2	10	Inspección de sistema neumático	
	2	Llenado incompleto de las botellas	A	Despresurización del tanque de llenado	1	Llenado de botellas fallido	Fugas en el tanque de llenado	2	10	5	100	Inspección del nivel del tanque	
			B	Obstrucciones en las boquillas de llenado	1	Inoperancia de la boquilla de llenado	Intrusión de agentes solidos o sellado de botella fallido	2	6	2	24	Retrolavado y reinicio de ciclo de embotellado	
			C	Parámetros de PLC inadecuados	1	Llenado de botellas fallido	Desconfiguración del PLC logo	4	3	6	72	Inspección y ajuste de los parámetros del PLC	
	3	Llenado de las botellas demoroso	A	Baja presión de entrada del aire y del Co2	1	Desbalance de presión en el tanque deposito	Presión nula en la entrada	4	6	1	24	Inspección de la presión de entrada en manómetros	
					2	Incapacidad de la maquina para compensar la presión	Corte del suministro de aire o Co2						
	B	Fugas en el sello de cierre de las boquillas	1	Desperdicio de producto y consumible de aire o Co2	Posibles rupturas de sellos plásticos en boquillas	2	8	4	64	Cambio de empaques cónicos de sellado			
	4	Inoperancia del equipo y accionamientos falsos	A	Válvulas solenoides averiadas	1	Actuadores neumáticos con problemas de funcionamiento	Remoción del la válvula o interferencias en el cableado	3	9	5	135	Reemplazo de las válvulas solenoides	
			B	Borrado de programación del PLC logo	1	Equipo sin instrucciones de trabajo	Fallo en la digitación de parámetros de la maquina	3	10	5	150	Peticion de la programación de respaldo al proveedor	
			C	Botonería de accionamiento averiada	1	Arranque del ciclo operativo nulo o no se acciona	Vibraciones, o manipulación errónea al accionamiento	1	5	6	30	Reemplazo de botonera averiada	
			D	Contactores averiados	1	Accionamientos falsos y fallo del sistema eléctrico	Sobrecarga o filtración de agentes externos en el panel de control	2	7	7	98	Inspección de continuidad del elemento eléctrico	



GUÍA INTERNA
GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A
EDICIÓN: 1
ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)													
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)	EFECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.			
Banda transportadora PE-LG BT001	1	Alteraciones en la transmisión de cadena	A	Eyección del eslabón de cadena	1	Liberación completa de la cadena de transmisión	Sobrecarga en cadena	3	7	2	42	Reemplazo de eslabón	OPERARIO 2
			B	Eyección del rodamiento del eje	1	Exceso de vibraciones y saltos en banda transportadora	Desgaste de rodamientos y torque de apriete en pernos erróneo	2	4	6	48	Inspección y cambio de rodamientos	
			C	Saltos o alteraciones el trayecto de la banda	1	Bloqueo y posible ruptura de la cadena	Guías plásticas en mal estado	4	4	1	16	Reemplazo de guías plásticas	
			D	Eyección de las guías plásticas	1	Ruptura del eslabón de la banda transportadora o ruptura de la cadena plástica	Espaciado muy amplio entre guías plásticas	5	7	1	35	Paro total de la banda transportadora y corrección de las guías	
			E	Movimiento intermitente de la cadena	1	Desgaste de banda y motor de transmisión	Ruptura de diente del engranaje de transmisión	1	7	2	14	Reemplazo del engrane	
	2	Baja velocidad del motor	A	Avería del variador del frecuencia	1	Arranque nulo del equipo	Desajuste y manipulación errónea del variador	2	8	2	20	Inspección del variador, y sustitución	
			B	Avería del motor reductor	1	Desgaste eléctrico del bobinado interno, o estado en corto circuito	Sobreesfuerzo del equipo con cargas inapropiadas y horas de funcionamiento prolongadas	2	10	1	20	Desconexión del equipo para revisión y detección del fallo sea mecánico o eléctrico	
					2	Desgaste del mecanismo tornillo corona	Baja o excesiva lubricación del motor reductor						
			C	Ruptura del eje de transmisión	1	Transmisión de movimiento nula	Sobrecargas y fatiga	1	7	3	21	Evaluación y cambio de repuesto	
			D	Ruptura de la cadena plástica	1	Desgaste superficial y mayor calentamiento entre superficies	Baja lubricación de la guías laterales de la banda	2	7	1	14	Cambio rápido de la sección con ruptura y lubricación de la banda	



GUÍA INTERNA
GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A
EDICIÓN: 1
ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)											
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)	EFEECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.	
Caldero de vapor PE-LG CL001	1 Alteraciones en las funciones del equipo	A Fallo del manómetro del equipo	1	Desconocimiento de la presión interna del depósito	Vibraciones, sobrepresión, corrosión, impactos, y manejo erróneo del equipo	4	10	2	80	Inspección y cambio manómetro	
			2	Accionamiento de la válvula de seguridad en sobrepresión							
		B Fallo de la bomba de agua	1	El agua no ingresa al caldero	Obstrucciones	2	7	3	42	Purgado del tanque depósito y revisión del bomba de agua	
			2	Despresurización en el tanque depósito	Motor en corto circuito						
		C Avería del presostato	1	Rangos de presión inequívocos y posible activación del válvula de seguridad por sobrepresión	Vibraciones, sobrepresión, corrosión, impactos, y manejo erróneo del equipo	2	10	4	80	Revisión y testeo del presostato	
		D Obstrucciones en el caldero	1	Sobrecalentamiento excesivo del caldero	Uso de agua no tratada, y descuido del depósito de agua de agentes externos	3	7	5	105	Purgado del tanque, limpieza y cambio del depósito de agua	
	E Fallo de manguera térmica	1	Fugas de vapor	Sobrepresión y conexiones mal instaladas	2	7	1	14	Reinstalación de manguera y cambio de juntas		
	2 Alteraciones en el sistema eléctrico	A Niquelinas averiadas	1	Corto circuito y calentamiento nulo	Cumplimiento del ciclo de vida de las niquelinas	3	7	3	63	Testeo de la resistencia de niquelinas, y remplazo de ser necesario	
			2	Fusibles quemados	Falso contacto con las paredes tanque						
		B Avería de disyuntores del panel de control	1	Arranque nulo del equipo	Excesivo consumo eléctrico	5	8	1	40	Apagado total del equipo para testeo, de ser necesario reemplazar	
					Calibre de cableado inadecuado						
	C Interruptores averiados	1	Accionamientos falsos y fallo del sistema eléctrico	Manejo erróneo de los interruptores	2	5	1	10	Cambio de interruptores		

JEFE DE MANTENIMIENTO



GUÍA INTERNA
GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A
EDICIÓN: 1
ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)											
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)	EFEECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.	
Túnel de calor PE-LG TT001	1 Alteraciones en la transmisión de cadena	A	Avería del motor de la banda transportadora	1	Desgaste eléctrico del bobinado interno, o estado en corto circuito	Sobrecarga en la cadena y prolongados tiempos de trabajo	4	10	1	40	Inspección eléctrica del motor y reemplazo
		B	Ruptura de la banda transportadora	1	Liberación completa de la cadena de transmisión	Baja lubricación, y exceso de vibraciones	2	8	2	32	Reemplazo de eslabón y lubricación
		C	Bloqueo de la banda transportadora	1	Picadura y desgaste en guías de la banda	Acumulación e incrustación de sedimentos	4	6	4	96	Lavado completo y lubricación
		D	Eyección del rodamiento del eje	1	Exceso de vibraciones y saltos en banda transportadora	Desgaste de rodamientos y torque de apriete en pernos erróneo	2	6	1	12	Paro completo de la maquina y reposicionamiento
		E	Ruptura del eje de trasmisión	1	Transmisión de movimiento nula	Sobrecarga y fatiga	1	8	4	32	Evaluación de la avería y cambio del repuesto
		F	Movimiento intermitente de la banda transportadora	1	Desgaste de banda y motor de transmisión	Ruptura del diente del engrane de transmisión	2	8	1	16	Evaluación y cabio de la rueda dentada
	2 Alteraciones en las funciones del equipo	A	Avería del medidor de temperatura	1	Desconocimiento de la variable física	Vibraciones, golpes y manejo erróneo del instrumento	3	5	2	30	Inspección y reemplazo
		B	Avería de manómetros	1	Desconocimiento de la variable física	Vibraciones, sobrepresión, corrosión, impactos, y manejo erróneo del equipo	4	10	2	80	Evaluación del instrumento y reemplazo
		C	Desprendimiento de la cortina de vapor	1	Vapor con direccionamiento de evacuación errónea	Posicionamiento y manipulación errónea de la cortina de aislamiento	6	9	1	54	Corrección del posicionamiento, e inspección del estado
		D	Bloqueo de las llaves plásticas la matriz de vapor	1	Termoencogido fallido y defectuoso	Sedimentos acumulados	4	6	6	144	Programación inmediata para un lavado completo

OPERARIO 3




GUÍA INTERNA
GUÍA DE MANTENIMIENTO

CÓDIGO: S/A
EDICIÓN: 1
ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS (AMFE/FMEAC)												
MÁQUINA Y CÓDIGO	EVENTOS (F)	MODO DE FALLO (FF)		EFEECTO DE FALLO (MF)	CAUSA DEL MODO DEL FALLO	F	G	D	IPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESP.	
Túnel de calor PE-LG TT001	3	Alteraciones en el sistema eléctrico	A	Avería del variador de frecuencia	1	Inactividad de la banda o movimiento lento de transmisión	2	6	3	36	Medición de resistencia y cambio del elemento	OPERARIO 3
			B	Avería de disyuntores del panel de control	1	Inoperancia del equipo en su totalidad	2	7	1	14	Inspección eléctrica y remplazo	
			C	Avería de motores de escobillas	1	Perdida de la función de escobillas	2	3	1	6	Inspección eléctrica y revisión de transmisión de movimiento	
			D	Avería de mandos, perillas y pulsadores	1	Activaciones falsas o nulas perjudiciales para el equipo	2	8	3	48	Remplazo de componentes	
Ventilador axial y campana de extracción PE-LG VE001	1	Alteraciones mecánicas y físicas	A	Ruptura de las aspas de ventilación	1	Extracción del fluido ineficiente y corriente de flujo de vapor estática	1	5	5	25	Evaluación y reparación	OPERARIO 3
			B	Baja potencia del motor			2	7	3	42	Limpieza completa del motor inspección eléctrica y lubricación	
			C	Bloqueo del movimiento del ventilador	1	Inoperancia del equipo o rotación lenta	4	8	2	64	Limpieza completa del motor y campana de extracción	
			D	Sobrecalentamiento del motor	1	Desgaste del bobinado interno y degradación del aislamiento	5	7	2	70	Limpieza cambio de sellos y lubricación	
	2	Fallos del sistema eléctrico	A	Corto circuito del motor	1	Bobinado interno del motor quemado o fundido	5	10	5	250	Inspección visual y eléctrica del motor, sellos plásticos y conexiones eléctricas	
2	Activación continua del relé térmico	Bajo aislamiento y adversidades climáticas										

ANEXO 16. Análisis RCM

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

MAQUINA: Unidad condensadora de refrigeración

CODIGO: ZC-LG UC001

IPR GRAL

30

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Previo al inicio de la maquina se requiere verificar la configuración del control de temperatura, es necesario que la pantalla del controlador no señale o visualice la palabra ECO.	Según requerimiento	Técnico 1
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N				Se requiere el cambio del sensor de temperatura únicamente cuando este se encuentre averiado, la lectura del sensor será variante, por ello es necesario comprobar la temperatura directamente en el interior del tanque con la pistola de temperatura para comparación.	Según requerimiento	Jefe de mantenimiento
1	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección visual completa del compresor en busca de fugas y sellos rotos, se precisa encontrar manchas de aceite o agentes poco comunes en las zonas circundantes del equipo, se recomienda ayudarse de una franela para la limpieza y detección de estos lugares	Trimestral	
1	C	2	S	N	N	S	N	N	N		S		Inspección del panel de control para la verificación de funcionamiento del relé térmico, el mismo no debe tener indicios de carbonización o señales de cortos circuitos en el panel de control, dado el caso de que tenga estas señales se precisa cambiar el elemento de inmediato	Anual	
1	D	1	S	S	N	S	S	N	N				Inspección de tuberías conexiones y uniones soldadas, se requiere manipular la tubería en busca de zonas húmedas que tengan consistencia cristalina ya que parte de esta tiene recubrimiento plástico aislante	Trimestral	
1	E	1	S	N	S	N	S						Inspección de la conservación del aislante y polímero que recubren las tuberías del equipo, búsqueda de aislante roto o en mal estado	Trimestral	
1	F	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección del sistema eléctrico del panel de control	Trimestral	
2	A	1	N	N	N	N	N	S					Inspección eléctrica y mecánica del ventilador extractor de calor, en el caso de ser necesario, cambiar rodamientos.	Anual	
2	B	1	N	N	N	N	N	S					Limpieza del radiador con el uso de aire presurizado, y de complementenos adjuntos del equipo	Trimestral	Técnico 1

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

MAQUINA: Tanque de almacenamiento y refrigeración

CODIGO: PE-LG TR001

IPR GRAL

34

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio de los empaques plásticos de las conexiones de manguera, se requiere que al instalar los empaques nuevos se lo haga con la respectiva higiene que amerita la intervención	Anual	Jefe de mantenimiento
1	B	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección de tuberías en busca de fisuras que podrían generar desperdicio de producto, se requiere verificar minuciosamente.	Anual	
1	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección de secciones y acoples soldados, se requiere revisar y marcar zonas con porosidades para una inspección rápida en futuras ocasiones	Anual	
1	D	1	S	S	S	N	S						Inspección del estado de llaves y verificación del estado físico de las mismas, se recomienda verificar la resistencia al accionamiento para la evaluación de cierre y apertura, cambiar de considerarse necesario.	Según requerimiento	
2	A	1	S	S	N	N	S						Inspección del estado de juntas de cobre con el acero inoxidable, se recomienda proteger esta área del tanque.	Anual	
2	B	1	N	N	S	N	N	N	N	S			Inspección de juntas soldadas del intercambiador de calor entre tuberías y a las paredes del tanque, de ser necesario al llenarse el tanque inspeccionar la aparición de burbujas en la superficie del producto	Anual	

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

MAQUINA: Saturador de Co2

CODIGO: PE-LG ST001

IPR GRAL

29

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	S	N	S					Retrolavado interno de la maquina, se recomienda verificar el estado del tanque previo a su conexión en el saturador de Co2	Según requerimiento	Técnico 1	
1	B	1	N	N	S	N	N	N	N	S		Inspección visual del estado del tanque para carbonatación, se requiere inspeccionar juntas del tanque, zonas con fluidos extraños a la maquina, y conexiones apernadas flojas.	Trimestral	Técnico 1	
1	C	1	N	S	S	N	N	N	N	S		Verificación del estado de tubería neumática y de Co2, inspección de conexiones en busca de posibles fugas, verificación de la presión de manómetros que sea constante y que no sufran caídas repentinas de presión	Trimestral	Jefe de mantenimiento	
2	A	1	S	S	N	S	S					Previo a la carbonatación, se recomienda verificar la presión interna del tanque, de ser necesario ajustar la presión del taque respecto a los volúmenes de Co2 deseados en la bebida	Según requerimiento		
2	B	1	S	N	S	N	S					Revisión del tanque en busca de filtración del fluido por cualquier zona del tanque	Trimestral		
2	C	2	S	N	S	N	S					Apagado del equipo e inspección de las puntas de mangueras plásticas, de ser necesario cortar puntas para volver a conectar las mismas	Trimestral		
2	D	1	S	N	S	N	S					Inspección del estado de llaves y verificación del estado físico de las mismas, se recomienda verificar la resistencia al accionamiento para la evaluación de cierre y apertura, cambiar de considerarse necesario	Trimestral		
3	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S		Inspección eléctrica del la bomba hidráulica de entrada, inspección del estado del relé térmico de la bomba, cambiar de ser necesario.	Según requerimiento		
4	A	1	S	N	S	N	S					Mantenimiento del panel eléctrico de control, verificación del estado de conexiones y guardamotores	Anual		
4	B	1	S	N	S	N	S					Inspección de la bomba de diafragma, verificación del manómetro a la salida del fluido y test de presión	Trimestral		
4	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S		Inspección completa del sistema eléctrico del panel de control	Anual		
4	D	1	S	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos, inspección y limpieza del motor	Según requerimiento		

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021


MAQUINA: Llenadora isobárica de botellas

CODIGO: PE-LG EM001

IPR GRAL

72

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección del mecanismo de elevación de las botellas, se requiere remover la cubierta baja para la inspección del mecanismo en cuestión	Trimestral	Jefe de mantenimiento
1	B	1	S	N	N	S	S						Al calibrar el mecanismo de elevación de botellas se requiere verificar que las barras de elevación no impacte con el tanque deposito.	Según requerimiento	
1	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección de la tubería neumática de la maquina, juntas y acoples que estén flojas, búsqueda de fugas, se requiere abrir la tapa trasera del equipo para revisar válvulas solenoides entre otros.	Según requerimiento	
2	A	1	N	N	S	N	S						Previo a la puesta en marcha, se requiere verificar la presión del tanque superior, además de verificar el contenido en el visor del tanque	Trimestral	
2	B	1	S	N	S	N	S						Inspección de boquillas de llenado en busca de obstrucciones o desajustes del empaque cónico de llenado	Trimestral	
2	C	1	N	N	N	N	S						Verificar la presentación en "ml" de la botella destinada para su llenado antes de usar la maquina, y ajustar el tiempo de llenado respectivo en el PLC logo	Según requerimiento	
3	A	1	S	N	S	N	S						Inspección de manómetros y visores de flujo durante el funcionamiento del equipo.	Trimestral	
3	A	2	S	N	S	N	S						Previo a la puesta en marcha del equipo se prevé realiza la aperturas de aire y Co2 y verificar la continuidad del flujo de suministro	Según requerimiento	
3	B	1	S	N	S	N	N	N	S				Verificar si el llenado presenta fugas en iteradas repeticiones, de ser el caso remover la boquilla para el cambio de empaque de la maquina.	Trimestral	
4	A	1	S	S	S	N	N	N	N	N	N	S	Inspección y cambio de válvulas solenoides, y lubricación de actuadores neumáticos, apagar de inmediato el equipo si presenta accionamientos falsos	Según requerimiento	
4	B	1	S	N	S	N	S						En caso de inoperancia del equipo, verificar el desenclavamiento del paro de emergencia, caso contrario verificar el PLC para revisión de datos	Según requerimiento	
4	C	1	S	N	S	N	N	N	N	N	N	S	Inspección y reemplazo de botonería en mal estado que pudiese afectar la funcionalidad del equipo	Anual	
4	D	1	S	N	S	N	S						Inspección eléctrica del panel de control, verificación de continuidad de contactores, cableado, entre otros.	Anual	

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021


MAQUINA: Banda transportadora

CODIGO: PE-LG BT001

IPR GRAL

26

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	S	S	S	N	N	N	S				Reemplazo de eslabones de la cadena transportadora, únicamente cuando este falla o presenta una holgura excesiva en la misma.	Anual	Jefe de mantenimiento
1	B	1	S	S	S	N	N	N	S				Inspección del juego de transmisión, reemplazo de rodamientos, y verificación de los puntos de anclaje, inspección de la holgura.	Anual	
1	C	1	S	N	S	N	N	N	S				Inspección de las guías plásticas de la banda transportadora, de tener imperfecciones en su superficie se requiere el cambio de la sección	Trimestral	
1	D	1	S	S	N	N	N	N	N			S	Inspección de los anclajes remachados de las guías plásticas del mecanismo, de ser necesario reposicionar las guías nuevamente y anclarlas	Trimestral	
1	E	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio del engranaje de transmisión de la banda transportadora, verificar el daño previo a su reemplazo	Según requerimiento	
2	A	1	S	N	S	N	S						Cambio del variador de frecuencia, realizar una inspección eléctrica previo a su reemplazo, medir la resistencia del mismo.	Según requerimiento	
2	B	1	S	N	S	N	S						Inspección eléctrica del motor reductor, verificación de estado en corto, apertura de la tapa y limpieza del bobinado con aire presurizado	Anual	
2	B	2	S	N	S	N	N	N	S				Cambio del lubricante del mecanismo reductor, evaluación de la viscosidad, sellos y consistencia de grasa obtenida	Anual	
2	C	1	S	N	S	N	S						Cambio del eje de transmisión de la banda transportadora, se precisa diferenciar si el fallo es del eje o la chaveta	Según requerimiento	
2	D	1	S	S	S	N	N	N	S				Cambio de la sección afectada por la ruptura de la cadena plástica, reemplazar dos eslabones extra en su conexión dado la proximidad a la zona de la falla.	Según requerimiento	

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021


MAQUINA: Caldero de vapor

CODIGO: PE-LG CL001

IPR GRAL

54

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	N	N	N	N	S					Verificar la lectura de presión en el tanque deposito cuando este se encuentre en estado de servicio	Según requerimiento	Jefe de mantenimiento	
1	A	2	N	N	N	N	N	N	S			Cambio del manómetro indicador de la presión interna del tanque deposito, si este no funciona	Según requerimiento		
1	B	1	N	N	S	N	S					Inspección de la activación de la bomba al arrancar el equipo, se recomienda esperar tener flujo de vapor para la inspección del mismo	Trimestral		
1	B	2	N	N	S	N	S					Verificación del estado activo de los componentes del equipo en su estado de servicio, resguardar el distanciamiento por las altas temperaturas de la maquina	Trimestral		
1	C	1	N	N	S	N	N	N	N	S		Inspección del presostato con las conmutaciones en los rangos de presión configurados, verificar que el mismo se acciona en la presión que indica el manómetro externo.	Trimestral		
1	D	1	N	N	S	N	S					Purgado de tanque calentador y recolección de sedimentos acumulados, cambio del agua del deposito interno	Mensual		
1	E	1	S	S	N	N	S					Inspección de mangueras terminas y acoples con riesgo de causar fugas de vapor en la zona circundante	Anual		
2	A	1	S	N	S	N	N	N	S			Cambio de niquelinas de calentamiento, inspeccionar y evaluar la funcionalidad de las mismas antes de cambiar el repuesto	Trimestral		
2	A	2	S	N	S	N	N	N	S			Cambio de fusibles de las resistencias y componentes adjuntos, inspeccionar si los mismos se encuentran en buen estado o no	Trimestral		
2	B	1	S	N	S	N	N	N	N	S		Inspección eléctrica para identificar el origen de la falla, de no ser el caso reemplazar disyuntores y testear el equipo	Trimestral		
2	C	1	N	N	S	N	N	N	S			Evaluación y replazo de interruptores averiados, inspección eléctrica general del equipo,	Trimestral		

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021


MAQUINA: Túnel de calor por vapor

CODIGO: PE-LG TT001

IPR GRAL

46

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	S	N	N	S				Inspección eléctrica y mecánica del motor de la banda transportadora, limpieza de bobinado interno con aire presurizado	Anual	Jefe de mantenimiento	
1	B	1	S	N	S	N	N	N	S			Reemplazo de la sección averiada, reemplazar dos eslabones extra en su conexión dado la proximidad a la zona de la falla.	Según requerimiento		
1	C	1	S	N	S	N	N	S				Limpieza y lubricación de la banda transportadora, remoción de elementos que pudiesen causar atascamiento entre otros	Trimestral		
1	D	1	S	N	S	N	N	N	S			Cambio de rodamientos de los ejes de transmisión de la banda transportadora	Anual		
1	E	1	N	N	S	N	N	N	N	S		Inspección mecánica de la banda transportadora, identificación del fallo entre el eje o la chaveta	Anual		
1	F	1	N	N	S	N	N	N	N	S		Inspección de la falla en la rueda dentada de transmisión, de ser necesario reemplazar el elemento	Anual		
2	A	1	S	N	S	N	N	S				Revisión del estado del indicador de temperatura, reemplazo del elemento si presenta fallas en su lectura	Anual		
2	B	1	S	N	S	N	N	S				Revisión del estado del indicador de presión, reemplazo del elemento si presenta fallas en su lectura	Anual		
2	C	1	S	S	N	N	N	N	S			Revisión del estado del aislante de vapor a la entrada de la botella, verificar un buen funcionamiento de este, reemplazar de ser necesario	Según requerimiento		
2	D	1	N	N	S	N	N	S				Limpieza de los bloques generados en las llaves de matriz para el vapor, lavado interno y remoción de sedimentos acumulados que generen obstrucciones	Trimestral	Técnico 1	

	GUÍA INTERNA	CÓDIGO: S/A
	PLAN DE MANTENIMIENTO RCM	EDICIÓN: 1 ELABORACIÓN: 21/DIC/2021

MAQUINA: Ventilador axial extractor de vapor

CODIGO: PE-LG VE001

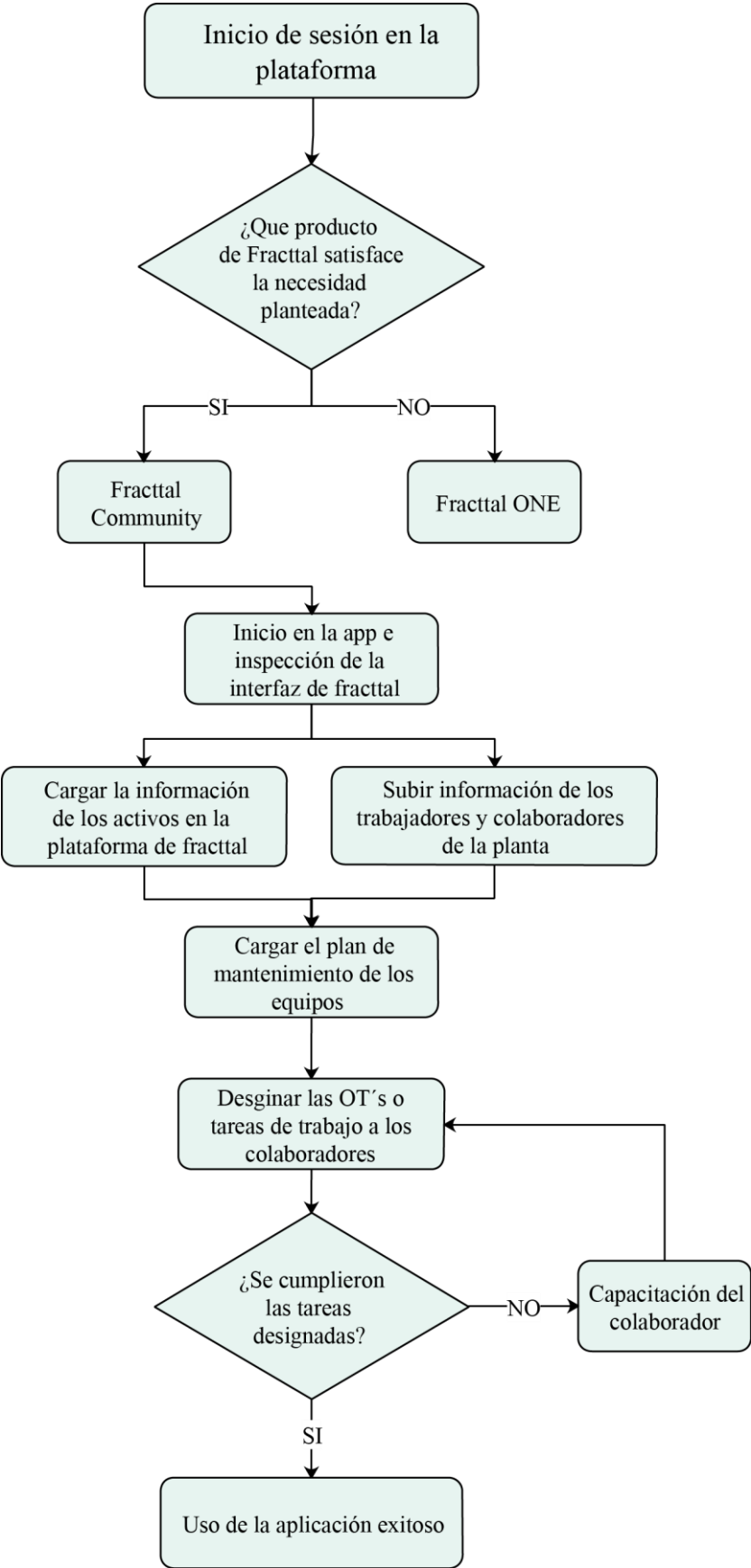
IPR GRAL

90

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS A FALTA DE			TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA INICIAL	REALIZADO POR
F	FF	MF	H	S	O	N				H4	H5	S4			
1	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Inspección física del motor extractor, verificación íntegra de las aspas del ventilador y holgura del eje, reemplazar las aspas de considerarse necesario	Según requerimiento	Jefe de mantenimiento
1	B	1	N	N	S	N	N	N	N	S			Inspección eléctrica del motor, medición del consumo de corriente del motor, verificación del estado del guardamotor del equipo	Anual	
1	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S			Limpieza del equipo, remoción completa de polvo y suciedad acumulada, inspeccionar la intrusión de partículas en el bobinado interno del motor	Anual	
1	D	1	N	N	N	N	N	S					Desmontaje de la estación de servicio para cambio de rodamientos, limpieza profunda, lubricación y cambio de sellos o retenedores	Anual	
2	A	1	N	N	S	N	N	N	S				Inspección del bobinado interno del motor en busca de factores adversos como secciones carbonizadas o indicios de humedad, de ser considerado necesario cambiar de motor	Anual	
2	A	2	N	N	N	N	N	N	S				Inspección del cableado y suministro de corriente estable, comprobar el estado del guardamotor y elementos adjuntos	Anual	

ANEXO 17. Plan de mantenimiento final entregado en la institución

ANEXO 18. Flujograma para la implementación del GMAO



ANEXO 19. Interfaz de Fractal

Tareas Plan de Tareas

Buscar... ? David

Número de Activos 8 [IR A ACTIVOS](#)

Cuentas de Usuarios 0 [IR A RECURSOS HUMANOS](#)

Número de Terceros 0 [IR A TERCEROS](#)

Plan de Tareas 8 [IR A PLAN DE TAREAS](#)

Órdenes de Trabajo [IR A OT'S](#)

Categoría	Cantidad	Porcentaje
Tareas Pendientes	66	99.0%
OTs en Proceso	2	4.0%
OTs en Revisión	3	3.2%
OTs Finalizadas	4	4.0%

Configurar Cuenta

Progreso: 100%

- ✓ Crear Activos
- ✓ Invita a tu Equipo a Colaborar
- ✓ Crea Planes de Mantenimiento y Tareas
- ✓ Asigne, Complete y Administre OTs








Todos los pasos completados: has terminado

REINICIAR

ANEXO 20. Sección de activos Fractal

Activos
Vista Árbol


TODOS LOS ACTIVOS ▾

- +  Unidad condensadora
//
-  Saturador de CO2
//
-  Llenadora isobarica
//
-  Banda transportadora
//
-  Caldero electrico
//
-  Tunel de termoencogido
//
-  Ventilador axial
//

ANEXO 21. Ficha técnica de los equipos en Fractal

Activo Vista Árbol ? David

Llenadora isobarica RL RIZZOLIO RLV6 - ISO 1340 (PE-L... GUARDAR



Ubicado en ó es Parte de //

Nombre Llenadora isobarica Código PE-LG EM001

Fabricante RL RIZZOLIO Modelo RLV6 - ISO

Número de Serial 1340 Dtro 1

Dtro 2 Código de Barras / NFC Prioridad Alta

Tipo Embotelladora Clasificación 1 Isobarica Clasificación 2

Proveedor Fecha de Compra 2021-03-01

Horas de uso promedio diario 24:00 Visible para todos

Plan de Tareas Plan de llenadora isobarica

Fuera de servicio: No
Habilitado

Detalles

- General
- Formulario Personalizado
- Financiero
- Terceros Relacionados
- Repuestos y Suministros
- Historiales
- Adjuntos
- Gestión Documental

ANEXO 22. Planes de mantenimiento de Fractal

Tareas
Plan de Tareas

Buscar...

David

Plan de llenadora isobarica

GUARDAR

Detalles

General

Tareas

Activos Vinculados

Total: 14


	Descripción	Configur...	Priorida...	Duración estimada...	Tipo de tarea	Clasificación 1...	Clasificación 2...	¿Paro de equipo...	Tiempo
<input type="checkbox"/>	Actuadores neumáticos	SI	Alta	01H 10mins	Reemplazo	Neumático	Lubricacion	No	—
<input type="checkbox"/>	Elevador	SI	Media	10mins	Inspeccion y reco...	Mecánico	Mecanismo	No	—
<input type="checkbox"/>	Empaques y retenedores	SI	Media	02H 10mins	Reemplazo	Higiene	Aislante	No	—
<input type="checkbox"/>	Filtros	SI	Alta	30mins	Reemplazo	Neumático	Lubricacion	No	—
<input type="checkbox"/>	Impactos	SI	Alta	20mins	Inspeccion y reco...	Mecánico	Mecanismo	No	—
<input type="checkbox"/>	Limpieza general	SI	Media	01H 10mins	Inspeccion y reco...	Higiene		No	—
<input type="checkbox"/>	Lubricacion	SI	Alta	01H 10mins	Reemplazo	Mecánico	Lubricacion	No	—
<input type="checkbox"/>	Manometro y visor de nivel	SI	Media	10mins	Inspeccion y reco...	Mecánico	Sensores	No	—
<input type="checkbox"/>	Pernos y pasadores	SI	Media	10mins	Inspeccion y reco...	Mecánico	Mecanismo	No	—
<input type="checkbox"/>	PLC	SI	Media	10mins	Inspeccion y reco...	Electrico	Panel de control	No	—
<input type="checkbox"/>	Retrolavado	SI	Alta	30mins	Limpieza de rutina	Higiene	Mecanismo	No	—

+

ANEXO 23. Ficha del personal en Fractal

Recursos Humanos Buscar... ? ↻ David

David Aleman GUARDAR




Habilitado

Información Tiene cambios pendientes por guardar!

Detalles

- General
- Formulario Personalizado
- Asignaciones
- Adjuntos
- Gestión Documental

Nombres	David	Apellidos	Aleman	Código	NA
Email	dalemanr@est.ups.edu.ec	Clasificación 1	Ingeniero Mecánico	Clasificación 2	
Dirección	La quinta del olivo				
Ciudad	Ibarra				
Departamento / Estado / Región	Lote 21				
País	Ecuador				
Código Área	100102				
Latitud		Longitud			
Valor Hora Ordinaria		Horario laboral		07H00 - 16H00	

ANEXO 24. Asignación y cumplimiento de órdenes de trabajo en Fractal

The screenshot displays a Kanban board with the following structure:

- Header:** 'Tareas Kanban' on the left, a search bar 'Buscar...' in the center, and user profile 'David' on the right.
- Columns:**
 - Tareas Pendientes (66):** Contains four task cards:
 - Pernos y pasadores:** 2023-01-18 01:25 / 00:30, Plan de Tareas: Fecha Cada 1 Año(s), Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, Prioridad: Media.
 - Banda transportadora:** 2023-01-18 01:25 / 01:10, Plan de Tareas: Fecha Cada 1 Año(s), Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, Prioridad: Media.
 - Atascamientos:** 2023-01-18 01:25 / 00:10, Plan de Tareas: Fecha Cada 1 Año(s), Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, Prioridad: Media.
 - Sellos reductor:** 2022-04-18 01:25 / 00:30, Plan de Tareas: Fecha Cada 3 Meses, Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }.
 - OTs en Proceso (2):** Contains two cards:
 - Edison Vasquez:** 2023-01-18 / 03:10, Creada por David Aleman, Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, 1 icon, 6.
 - Patricio Borja:** 2023-01-18 / 00:30, Creada por David Aleman, Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, 1 icon, 5.
 - OTs en Revisión (1):** Contains one card:
 - Luis Chuquin:** 2023-01-18 / 03:50, Creada por David Aleman, Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, 1 icon, 3, 4.
 - OTs Finalizadas (2):** Contains two cards:
 - Edison Vasquez:** 2022-04-18 / 00:50, Creada por David Aleman, 2 icon, 3, 3.
 - Patricio Borja:** 2023-01-18 / 00:40, Creada por David Aleman, Banda transportadora Licoram NA NA { PE-LG BT001 }, 1 icon, 1, 2.
- Footer:** A blue circular button with a white plus sign (+) is located in the bottom right corner.

ANEXO 25. Cuenta demo de Fractal community

The image shows a user interface for 'Fractal community'. At the top left is the logo. Below it is a user profile for David Aleman, with email dalemanr@est.upa.edu.ec, location Loja, and version 4.5.21. A notification for a new update to version 4.5.22 is visible. A blue configuration menu is open, showing 'Configuración de cuenta' with a 'Dashboard' label and a progress bar at 0%. The menu lists 'Catálogos' (Activos, Recursos Humanos) and 'Tareas' (Plan de Tareas, Órdenes de Trabajo). At the bottom, commit information is shown: Commit: Ec7597e, BulkTime: 2022-01-13 16:01. On the right, a dashboard area shows 'Cuentas de' with a '0' and a button 'IR A RECU'. A legend at the bottom right indicates 'OTs en Proceso - 0', 'OTs en Revisión - 0', and 'OTs Finalizadas - 0'.

ANEXO 26. Proformas de los proveedores locales



AV JAIME RIVADENEIRA 577 Y OVIEDO
 Telef.: 06295532 Email: multimanguerasfe@gmail.com

Cliente: CONSUMIDOR FINAL

Dirección: IBARRA

Ciudad: IBARRA

Teléfono:

R.U.C. 1001930278001

Proforma No. 000002184

Fecha:
 Validez 8 Dias
 Vendedor: 167 JORGE Q.
 Observacion:

Codigo	Descripcion	UM	Cantidad	Bonif.	Precio U.	%	Dscto.	Total
RI021	EMPAQUE VITON 1 1/2 P/FERRULE	UN	24.00	0	1.1372	0.00	0.00	27.2900 *
RI023	ABRAZADERA AC/INOX TIPO CLAMP 1 1/2	UN	8.00	0	5.7855	0.00	0.00	46.2800 *
RI028	CODO AC/INOX SANIT. 1 1/2	UN	1.00	0	12.5087	0.00	0.00	12.5000 *
LL043	LLAVE DE BOLA INOX 1/2 GNBRE	UN	1.00	0	14.2800	0.00	0.00	14.2800 *
RI040	VALV. MARIPOSA AC/INOX SANIT 1 1/2"	UN	1.00	0	37.8352	0.00	0.00	37.8300 *
RI039	VALV. MARIPOSA AC/INOX SANIT 1"	UN	1.00	0	32.9874	0.00	0.00	32.9800 *
SN034	MANG.PLASTICA 8MM	UN	10.00	0	1.9053	0.00	0.00	19.0500 *
RB002	RACOR 1162* 8mm	UN	10.00	0	1.5561	0.00	0.00	15.5600 *
RB054	TEE B-64 8MM	UN	10.00	0	4.2693	0.00	0.00	42.6900 *
RB301	RACOR B-68 8MMX1/4	UN	10.00	0	1.6858	0.00	0.00	16.8500 *
RB235	BUSHING 20MM*1/4	UN	10.00	0	3.4713	0.00	0.00	34.7100 *
SN084	VALV. SELENOIDE 5-2 1/8 110V 2 ENTRAD	UN	4.00	0	18.7500	0.00	0.00	75.0000 *

Subtotal	375.07
Descuentos:	0.00
Base 0%	0.00
Base 12%	375.07
IVA.:	45.01
Recargos:	0.00
Total General:	420.08

Son: CUATRO CIENTOS VEINTE , 08/100

ANEXO 27. Ficha técnica de vida de cada uno de los equipos

ANEXO 28. Bitácora de mantenimiento de los equipos

CARTA DE CONSENTIMIENTO PARA EL USO DE FOTOGRAFÍAS

Yo doy mi consentimiento y autorizo el uso de las fotografías tomadas en la planta de producción de LICORAM, para su uso único en el estudio del Proyecto Técnico, "DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM, PARA LA NUEVA LÍNEA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS CARBONATADAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LICORAM EN LA CIUDAD DE IBARRA," realizado por David Enrique Alemán Rivadeneira, con objetivos científicos, y por la presente carta renuncio a cualquier derecho a recibir compensación por tales usos en virtud de la autorización precedente.

Ibarra, agosto 2021.

Nelson Ruiz

Ing. Nelson Ruiz

C.I.

17 531 26 132

GERENTE DE PRODUCCIÓN
JEFE DE GESTIÓN
CALIDAD