

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE LA SEDE
GIRÓN DE INDUSTRIAS LA ESMERALDA

CRISTIAN SEBASTIÁN CARDONA PICO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2019

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE LA SEDE
GIRÓN DE INDUSTRIAS LA ESMERALDA

CRISTIAN SEBASTIÁN CARDONA PICO

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

DIRECTOR:

PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO

Magister en Métodos Numéricos Aplicados al Cálculo

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida, salud y las experiencias de vida que me permitirán afrontar los retos por venir.

A mis padres Gonzalo y Olga por sus lecciones, su constante apoyo y por darme la oportunidad de acceder a la educación superior.

A mis abuelos Hernán, Aminta y Cecilia por su paciencia y todos los esfuerzos que realizados para culminar mi carrera profesional.

A Paula por su cariño y comprensión, por no dejarme desistir nunca aún en las peores situaciones.

A todos aquellos que de alguna manera u otra manera fueron una influencia para la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida y con ansias de empezar una nueva etapa en mi vida.

A la Universidad Industrial de Santander por abrirme las puertas y a todos los profesores que transmitieron sus conocimientos en el trayecto de mi carrera profesional.

Al profesor Pedro José Díaz Guerrero por inculcarme buenos valores, por supervisar y dirigir este proyecto de grado.

A Industrias Esmeralda por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones y brindarme una experiencia de vida en el ámbito profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS.....	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	23
4.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	23
4.2 MISIÓN	24
4.3 VISIÓN.....	24
4.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	25
4.5 UBICACIÓN Y DISTRUBUCIÓN DE LA SEDE	25
4.6 PRODUCTOS	27
4.7 PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA.....	28
4.7.1 Procesos de transporte de agua.	29
4.7.2 Procesos para el tratamiento del agua.	29
4.7.2.1 Procesos de filtrado por desarenado y sedimentación	29
4.7.2.2 Proceso de filtrado por floculación.	29
4.7.2.3 Proceso de desinfección por cloración.....	30
4.7.3 Procesos de fabricación de hielo.	30
4.7.3.1 Proceso de congelación de bloques de hielo.....	30
4.7.3.2 Procesos de cortado y triturado de hielo.....	31
4.7.3.3 Almacenamiento de hielo.....	31

4.7.4 Procesos de envasado del agua.....	31
4.7.4.1 Proceso de soplado.	31
4.7.4.2 Proceso de filtrado de arena Katalox	31
4.7.4.3 Proceso de filtrado por carbón activado de coco	32
4.7.4.4 Proceso de microfiltración.....	32
4.7.4.5 Desinfección por luz ultravioleta.	32
4.7.4.6 Proceso de carbonatado.	32
4.7.4.7 Procesos de llenado en bolsas y botellas	32
4.8 EQUIPOS DE LA SEDE GIRÓN	33
4.9 MATRIZ DOFA.....	34
 5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	 36
5.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	36
5.1.1 Objetivos del Mantenimiento.....	36
5.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	37
5.2.1 Mantenimiento correctivo.	37
5.2.2 Mantenimiento preventivo.	37
5.2.3 Mantenimiento predictivo.	38
5.2.4 Mantenimiento overhaul o cero horas.	38
5.2.5 Mantenimiento en uso.....	38
5.2.6 Mantenimiento productivo total.	39
5.3 FALLA.....	39
5.3.1 Tipos de falla.....	39
5.3.1.1 Fallas tempranas.	39
5.3.1.2 Fallas adultas.....	39
5.3.1.3 Fallas tardías.	39
5.3.2 Modo de falla.	40
5.4 MODELOS DE MANTENIMIENTO	40
5.4.1 Modelo sistemático.	40
5.4.1.1 Inspecciones visuales y auditivas.	41

5.4.1.2 Ordenes de trabajo.	41
5.4.1.3 Análisis de lubricantes.	41
5.4.1.4 Actividades de limpieza y organización. Al	41
5.4.2 Modelo de alta disponibilidad.....	42
5.4.2.1 Análisis de vibraciones.....	42
5.4.2.2 Paradas programadas.....	42
5.5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	43
5.5.1 Calculo de la criticidad.	44
5.5.2 Frecuencia de falla.....	44
5.5.4 Consecuencia.	44
5.6 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN.....	44
5.6.1 Desarrollo de una base de datos.	46
5.6.2 Beneficios de los sistemas de información.	46
 6. INVENTARIOS Y CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS	 47
6.1 INVENTARIO DE LOS EQUIPOS.....	47
6.1.1 Tabla de clasificación para los equipos.	47
6.2 CODIFICACIÓN	49
6.2.1 Resultado de la codificación.	50
6.3 TABLA DE CODIFICACION DE EQUIPOS	52
 7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	 55
7.1 ASIGNACIÓN DE VALORES PONDERADOS	56
7.1.1 Factores ponderados.	56
7.1.1.1 Frecuencia de fallas.....	56
7.1.1.2 Impacto operacional.....	56
7.1.1.3 Flexibilidad operacional.....	57
7.1.1.4 Costo de mantenimiento.	57
7.1.1.5 Impacto de seguridad, ambiente e higiene.	58
7.2 CÁLCULO DE CRITICIDAD.....	58

7.2.1 Aplicación de los factores ponderados.	58
7.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	60
7.4 MATRIZ DE CRITICIDAD	61
7.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	63
 8. FUNCIONES Y COMPONENTES DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE LA SEDE GIRÓN	 65
8.1 SOPLADORA DE BOTELLAS SEMIAUTOMÁTICA	65
8.2 MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO-LLENADO DE BOTELLAS	68
8.3 MÁQUINA DE EMPACADO DE AGUA.....	71
8.4 MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CUBOS DE HIELO	73
 9. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA SEDE GIRÓN	 76
9.1 ACTIVIDADES PARA LA SOPLADORA DE BOTELLAS SEMIAUTOMÁTICA	76
9.2 ACTIVIDADES PARA LA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO-LLENADO DE BOTELLAS	78
9.3 ACTIVIDADES PARA LA MÁQUINA DE EMPACADO DE AGUA.....	81
9.4 ACTIVIDADES PARA LA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CUBOS DE HIELO..	84
9.5 CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	87
9.5.1 Listas de especiales chequeo y cronograma de registro	87
9.6 INDICADORES DE GESTIÓN	91
9.6.1 Tiempo medio entre los mantenimientos preventivos.	91
9.6.2 Tiempo medio para intervenciones preventivas.	91
9.6.3 Cálculo de indicadores de gestión.	91
 10. ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS	 94

11. CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	101
11.1 HERRAMIENTAS GRÁFICAS	101
11.2 PROGRAMA DE APADRINAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	103
11.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN DIGITAL PARA DOCUMENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	104
11.4.1 Funcionalidad.....	105
11.4.2 Ficha técnica de los equipos.....	106
11.4.3 Orden de trabajo	107
11.4.4 Gestión de las actividades de mantenimiento.....	108
12. CONCLUSIONES	109
BIBLIOGRAFÍA.....	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo de Industrias La Esmeralda	23
Figura 2. Organigrama de la empresa	25
Figura 3. Sede Girón Industrias La Esmeralda	26
Figura 4. Distribución de la planta.....	27
Figura 5. Procesos de productivos.....	28
Figura 6. Matriz DOFA	35
Figura 7. Niveles de clasificación según la NORMA ISO 12224.....	45
Figura 8. Subdivisiones del código de codificación de equipos	49
Figura 9. Sopladora de botellas semiautomática	66
Figura 10. Sistema interno de la sopladora semiautomática	67
Figura 11. Sistema interno de la sopladora semiautomática	68
Figura 12. Zona de lavado de botellas.....	69
Figura 13. Zona de llenado de botellas.....	70
Figura 14. Máquina de empacado de agua	71
Figura 15. Máquina de empacado de agua en vista lateral	72
Figura 16. Máquina automática de cubos de hielo.....	74
Figura 17. Zona de cortado de cubos	75
Figura 18. Sesión de capacitación con los trabajadores.....	101
Figura 19. Procedimientos del mantenimiento preventivo en Industrias La Esmeralda.....	102
Figura 20. Sesión de capacitación en el área de trabajo	103
Figura 21. Nuevo equipo de mantenimiento	104
Figura 22. Funciones del software	105
Figura 23. Catálogo de equipos.....	106
Figura 24. Ficha técnica.....	107
Figura 25. Orden de trabajo.....	107
Figura 26. Funciones de mantenimiento.....	108

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de equipos sede Girón	33
Tabla 2. Tabla de clasificación de equipos Sede Girón	48
Tabla 3. Codificación de equipos	53
Tabla 4. Frecuencia de fallas	56
Tabla 5. Impacto operacional.....	57
Tabla 6. Flexibilidad operacional.....	57
Tabla 7. Costo de mantenimiento	57
Tabla 8. Impacto de seguridad, ambiente e higiene	58
Tabla 9. Factores ponderados para realizar el análisis de criticidad.....	59
Tabla 10. Calculo de criticidad para un equipo	60
Tabla 11. Valores de criticidad de los equipos.....	60
Tabla 12. Matriz de criticidad	61
Tabla 13. Matriz de criticidad aplicada.....	62
Tabla 14. Problemas, causas y soluciones de la sopladora semiautomática de botellas	78
Tabla 15. Problemas, causas y soluciones de la máquina automática de lavado- llenado de botellas	80
Tabla 16. Problemas, causas y soluciones de la máquina de empacado de agua	83
Tabla 17. Problemas, causas y soluciones de la máquina automática de cubos de hielo	86
Tabla 18. Lista de especial chequeo diaria para la máquina automática de lavado- llenado de botellas	88
Tabla 19. Lista de especial chequeo diaria para la máquina automática de lavado- llenado de botellas	88
Tabla 20. Cronograma de registro para la máquina automática de lavado-llenado de botellas	90
Tabla 21. Indicadores de gestión	93

Tabla 22. Costos de mano de obra.....	94
Tabla 23. Sopladora Semiautomática de Botellas	95
Tabla 24. Máquina Automática de Lavado y Llenado de Botellas.....	95
Tabla 25. Máquina de Empacado de Agua.....	96
Tabla 26. Máquina Automática de Cubos de Hielo	96
Tabla 27. Gráfico comparativo de producción por meses	97
Tabla 28. Tabla comparativa de producción por meses	98
Tabla 29. Lista de precios de los productos La Esmeralda.....	98
Tabla 30. Cálculo de pérdida por producción	99
Tabla 31. Análisis de costo de mantenimiento correctivo	99
Tabla 32. Análisis de costo de mantenimiento preventivo	100
Tabla 33. Tabla comparativa de costos	100

LISTA DE ANEXOS

“Ver Anexos Adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS”

Anexo A. Listas Especiales de Chequeo y Cronograma de Registro para los Equipos Críticos

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE LA SEDE GIRÓN DE INDUSTRIAS LA ESMERALDA.*

AUTOR: CRISTIAN SEBASTIÁN CARDONA PICO.**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento preventivo, Análisis de criticidad, Sistemas de información, Gestión de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

En este libro se encuentra el cumplimiento de los objetivos del proyecto de grado que tiene como fin estudiar las líneas de producción de la planta sede Girón de Industrias La Esmeralda para realizar un análisis de criticidad de las mismas, para plantear un plan de mantenimiento preventivo como solución una necesidad que se presenta en la empresa. Actualmente la empresa solo emplea el mantenimiento correctivo en sus activos lo cual genera paradas de producción y por ende afecta sus procesos productivos.

El análisis de criticidad será implementado solamente en todos los equipos que intervienen directamente en sus líneas de producción, en búsqueda de aumentar la disponibilidad y el rendimiento de la empresa y además reducir tiempos muertos, lo cual mejorará su competitividad en el mercado permitiéndole cumplir con su misión y su visión.

Se plantea un plan de mantenimiento preventivo, que consta de actividades rutinarias y programadas con listas de chequeo especiales, utilizando herramientas tales como el manejo de inventario, la clasificación y codificación de equipos, sistemas de información, entre otras; que podrá ser implementado en la empresa mediante el departamento de mantenimiento al difundir y capacitar a los empleados.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Pedro José Díaz Guerrero, Magister en Métodos Numéricos Aplicados al Cálculo.

ABSTRACT

TITLE: CRITICALITY ANALYSIS OF THE PRODUCTION LINES OF LA ESMERALDA INDUSTRIES AT GIRON FACILITIES.*

AUTHOR: CRISTIAN SEBASTIÁN CARDONA PICO.**

KEYWORDS: Preventive maintenance, criticality analysis, information systems, maintenance management.

DESCRIPTION:

In this book, it's found the fulfillment of the objectives for the bachelor thesis, with the purpose to study the production lines of La Esmeralda Industries at the facilities located on Girón to perform a criticality analysis of them, to propose a preventive main as a solution for a current need on this company. Currently, the company only does corrective maintenance on its production equipment which generates production stoppages and therefore affects its production processes.

The criticality analysis will be implemented only in all the equipment that intervene directly in its production lines, looking for a way to increase the availability and performance of the company and also reduce downtime, which will improve its competitiveness in the market allowing it to fulfill with its mission and vision.

A preventive maintenance plan is proposed, consisting of routine and programmed activities with special checklists, using tools such as inventory management, classification and coding of the equipment, information systems, among others; that can be implemented in the company through the maintenance department by disseminating and training employees.

* Bachelor thesis.

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Pedro José Díaz Guerrero, Magister en Métodos Numéricos Aplicados al Cálculo.

INTRODUCCIÓN

En las áreas de la producción industrial siempre se busca expandir el mercado al cual se enfocan con el fin de generar mayores ingresos monetarios, inclusive más que solo poseer un producto, muchas empresas explotan al máximo las capacidades de la materia prima, insumos y activos que poseen para posicionarse en el mercado.

Con el objetivo de cumplir su visión, no solo a nivel metropolitano sino a nivel regional, la comandita simple Inversiones Rey Ortiz e Hijos y CIA. S. en C., conocida comercialmente como Fábrica de Hielo La Esmeralda, posee dos líneas de producción de hielo y además una línea nueva de agua envasada, aumentando su ventaja competitiva y el impacto que genera en la zona.

Para mantener la alta disponibilidad y confiabilidad de su planta, se realiza un análisis de criticidad para ejecutar y supervisar los procesos necesarios con el fin de evitar las paradas no deseadas en la producción, al igual que reducir el nivel de criticidad de los equipos. Por lo tanto, se realizará un estudio de sus líneas de productivas y sus factores más críticos para aumentar la rentabilidad de la planta.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comandita simple Inversiones Rey Ortiz e Hijos y CIA. S. en C, se estableció en los años 60 bajo el nombre El Pingüino para luego formalizarse legalmente como compañía. Actualmente conocida también como La Fábrica Hielo La Esmeralda, se encuentra ubicada en el kilómetro 6 vía Girón en la zona industrial y también, y cuenta con otra sede en el norte de Bucaramanga. Se enfoca en la fabricación de hielo, servicio frigorífico, empaques PET y embotellado de agua para el área metropolitana de Bucaramanga. Ya con más de 50 años en la industria, esta empresa busca cumplir su misión y visión al proveer sus productos y servicios como también expandir su mercado a nivel nacional.

Entre sus productos se encuentra el agua en botella PET en las presentaciones de 600 ml, 330 ml y 250 ml; también cuentan con agua en bolsa en presentación de 360 ml para consumo humano. Además, la producción de hielo en cubos para consumo en restaurantes, bares, hogar, etc., en bolsas de 5 kg. En presentaciones más grandes se encuentra el hielo para la industria de construcción en bloques de 50 kg y triturado de 20 kg o 25 kg; y, por último, el hielo para la industria alimenticia en bloque de 50 kg y triturado de 20 kg y 25 kg.

El mercado objetivo de la empresa ha aumentado mucho en los últimos años, gracias a ello cuentan con una gran cantidad de clientes tales como Holcim, Conalvías, Cemex, Campollo, Macpollo y Distraves, entre otros. Por esta razón, ha logrado consolidarse como empresa con productos de calidad, ya que producen un estimado mensual de 304,500 kg de hielo y 36,130 litros de agua envasada; generando unos ingresos de alrededor de los 60 millones mensuales.

En la actualidad, la empresa cuenta con alrededor de 35 empleados compuesta en su mayoría por la familia del gerente Isidoro Rey, los cuales trabajan en cada una de las sedes de la empresa según su cargo.

En su sede Girón, la empresa posee su propia fuente hídrica de la cual obtienen la materia prima que se utiliza para sus procesos productivos, por otro lado, la sede Bucaramanga toma el agua del acueducto de la ciudad para suplir sus necesidades productivas. La sede Girón también cuenta con 44 equipos diferentes que son utilizados directamente en los procesos productivos.

Teniendo en cuenta que la empresa posee equipos con un nivel de criticidad muy alto que llegan a afectar sus índices de producción inclusive al punto de parada total, lo cual puede ser catalogado como una falencia de gestión y que también afecta directamente sus ingresos, generando sobrecostos y, por ende, la reducción de las utilidades de la empresa. Por tanto, nace la necesidad de realizar el análisis de criticidad de sus áreas productivas, para que el personal encargado de mantenimiento pueda trabajar en áreas de oportunidad al llevar cabo un plan de gestión de mantenimiento, que permita reducir la criticidad de los equipos en sus líneas de producción y mejorar el flujo productivo de las líneas productivas.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Fábrica de Hielo La Esmeralda es una empresa que se ha dedicado a la producción de hielo por más de 60 años, además hace aproximadamente un año la empresa incursionó en un nuevo territorio al generar su propia agua envasada como un nuevo producto para expandir su mercado, el cual ha generado un aumento en sus ventas, inclusive entre sus ambiciones se encuentra la producción de aguas saborizadas como un proyecto a largo plazo. Por esta razón es tan importante para la empresa manejar ciertos estándares de calidad y gestión del mantenimiento para asegurar el buen rendimiento de la producción. Además, es importante resaltar que el análisis de criticidad de los equipos beneficiara a la empresa al aumentar su rentabilidad y evitar altos índices de criticidad en los activos.

El área de mantenimiento se encargará de manejar los recursos para cumplir con los requerimientos y planes de mantenimiento que generen la garantía del buen funcionamiento de los activos de la empresa, por lo tanto, afectar de manera positiva la disponibilidad de los servicios y la confiabilidad de la planta. Quienes constituyan el departamento de mantenimiento deberán realizar y supervisar ciertas labores para llevar a cabo el plan de procedimientos, que serán establecidos con un presupuesto y tiempo predeterminado para optimizar el rendimiento de la producción de la planta.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar la metodología de mantenimiento preventivo en la sede Girón para Industrias La Esmeralda mediante un análisis de criticidad de los equipos en las líneas productivas con el fin de establecer los requerimientos, planes y recursos para aumentar la producción de las mismas.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un estudio de la criticidad y las consecuencias en la producción de los activos que componen las líneas de producción de la planta ubicadas en la sede Girón.
- Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo y programación de actividades para los equipos más críticos de las líneas de producción de hielo y agua ubicadas en la sede Girón.
- Determinar el presupuesto para la operación del área de mantenimiento que será utilizado en las actividades designadas para aumentar la disponibilidad de planta.
- Capacitar a los trabajadores del área de producción para implementar de manera correcta las actividades propuestas en plan de mantenimiento para obtener los resultados deseados.

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

4.1 RESEÑA HISTÓRICA

La Fábrica de Hielo La Esmeralda, inició sus actividades productivas en el año 1965 en una planta ubicada en el barrio San Rafael, al norte de la ciudad de Bucaramanga. Actualmente provee a la industria alimenticia y de construcción. Los estimados producción mensual son alrededor de 304,500 kg de hielo y 36,130 litros de agua envasada, que se encuentran en un alza continua ya que la empresa ha invertido en sus instalaciones y sus equipos de producción para obtener niveles de producción mayores.

Figura 1. Logo de Industrias La Esmeralda



Fuente: Industrias La Esmeralda CIA. S. en C.

En el año 2012 se añadió el agua envasada para consumo humano a la lista de sus productos; se adquirió una nueva planta en la vía Girón, adicional a la ya existente que fue implementada para la producción de hielo en todas sus referencias, además del empaclado y embotellado de agua apta para el consumo humano. Hoy en día cuentan con un personal de trabajo especializado más amplio y no está compuesto en su totalidad por la familia fundadora.

La fábrica se ha enfocado especialmente en la última década en la mejora continua para acatar las normas higiénicos-sanitarias, también logró adquirir una flota propia

de camiones refrigerados y además, equipos de última generación que son utilizados en sus líneas de producción, lo cual garantiza a sus clientes de alto renombre, un producto final de buena calidad.

Con el alto rendimiento de los últimos años la empresa se encuentra en proceso de expansión y para lograr dichos objetivos desea incrementar los niveles de producción actuales, así como también la disponibilidad y rentabilidad de sus sedes.

4.2 MISIÓN

Tenemos relaciones comerciales con empresas de otras industrias a quienes proveemos de hielo y agua potable aptos para el consumo humano y también como insumo para la operación de ellas. Trabajamos en la innovación de diferentes presentaciones de nuestros productos para adecuarlos a los requerimientos de nuestros clientes.

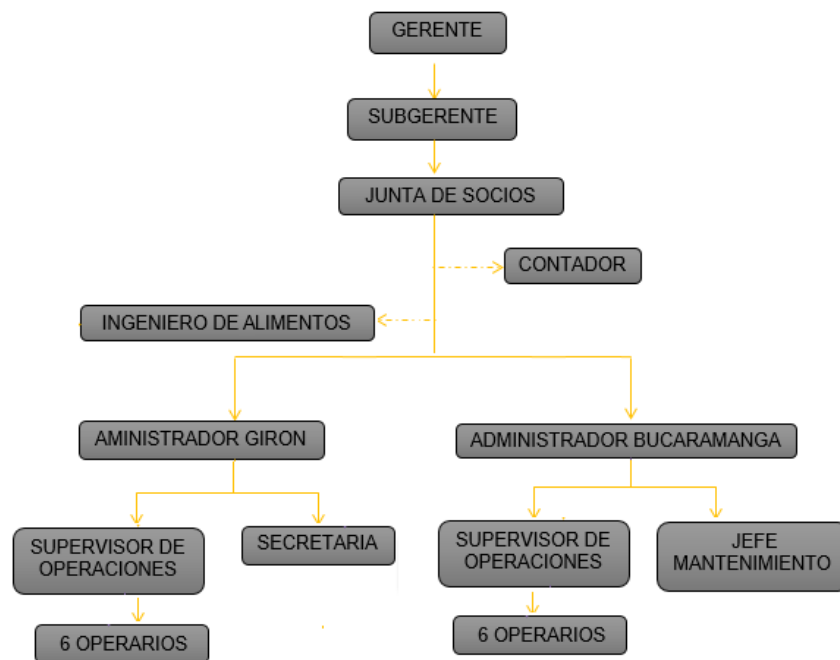
4.3 VISIÓN

La Fábrica de hielo la Esmeralda en el 2019 será Empresa líder en el mercado de producción y comercialización de hielo y agua potable, teniendo un impacto socio ambiental positivo hacia nuestro entorno. Seremos reconocidos a nivel departamental por ofrecer productos de alta calidad al precio justo y por ser oportunos para disponer de los productos contratados en el momento y en las cantidades requeridos por el cliente.

4.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

En la siguiente imagen se puede observar que la empresa posee una estructuración organizacional en sus dos sedes, que permite establecer los cargos y las responsabilidades de cada trabajador en sus distintas sedes.

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: Industrias La Esmeralda CIA. S. en C.

4.5 UBICACIÓN Y DISTRUBUCIÓN DE LA SEDE

La sede Girón ubicada en el kilómetro 6 vía Girón en la zona industrial, cuenta con un edificio de dos pisos actualmente, en el primer nivel se encuentran la recepción y áreas específicamente distribuidas para todos los equipos utilizados en el proceso

de producción de hielo, así como también, el cuarto frío para almacenamiento a bajas temperaturas, el área de piscina donde se producen los bloques de hielo y los tanques de almacenamiento y filtrado de agua.

Figura 3. Sede Girón Industrias La Esmeralda

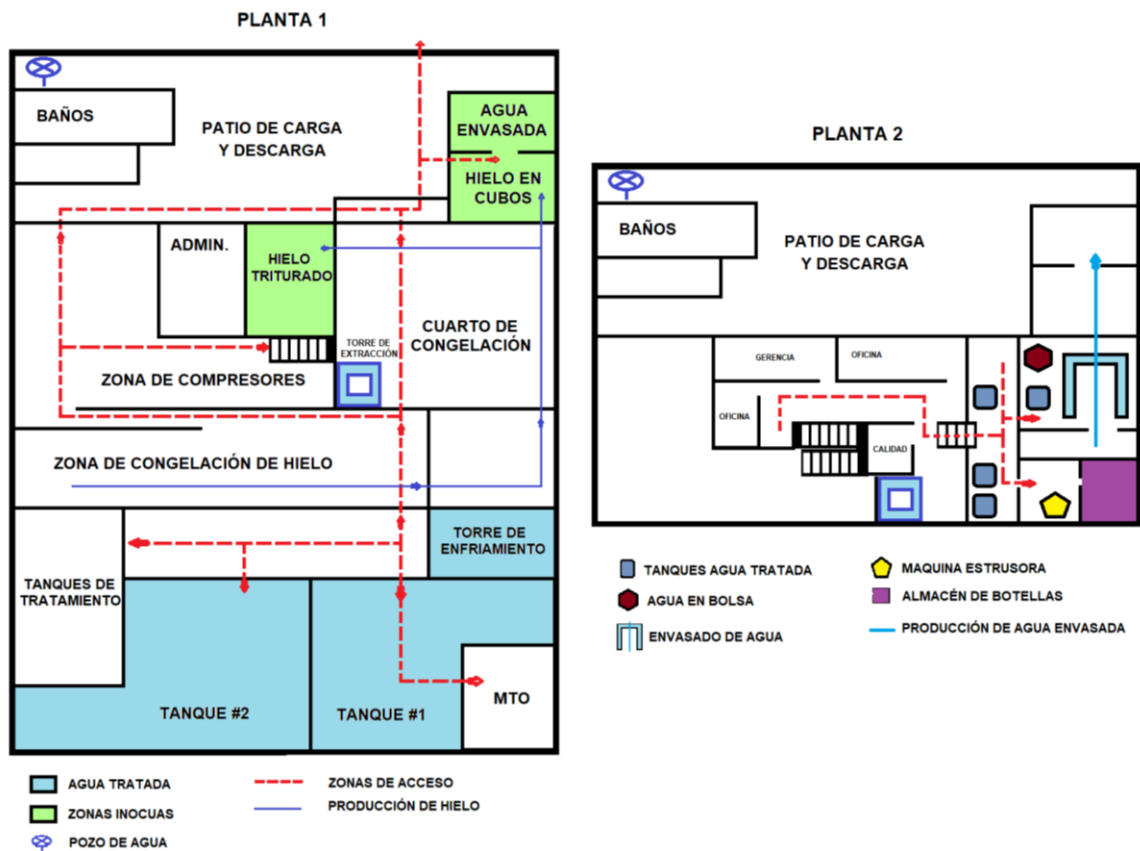


Fuente: Industrias La Esmeralda CIA. S. en C.

El según nivel cuenta con el área administrativa y de oficinas, un área aislada para la línea productiva de envasado y empackado de agua, una zona de tanque para procesos de filtrados específicos y el área de soplado de botellas donde se encuentran los equipos de trabajo y además almacenan las preformas PET y las botellas.

En la siguiente imagen se puede observar la distribución de cada planta que posee la sede de Girón.

Figura 4. Distribución de la planta



Fuente: Industrias La Esmeralda CIA. S. en C.

4.6 PRODUCTOS

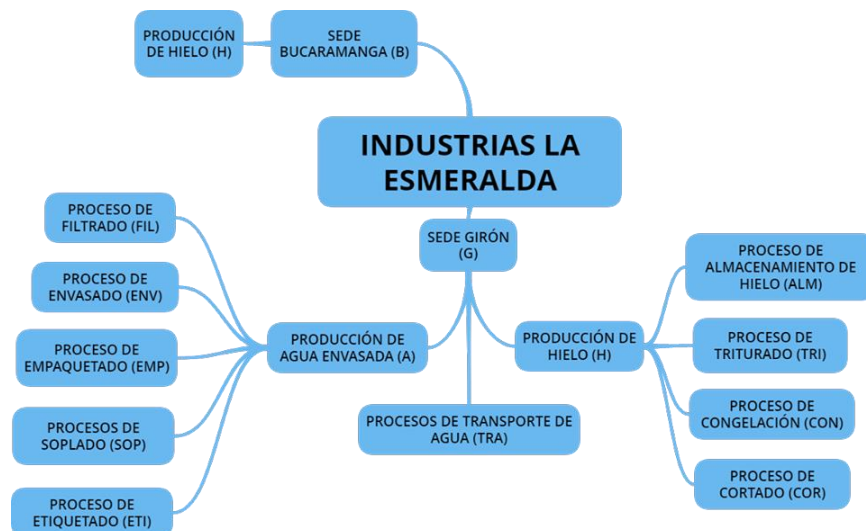
Con una experiencia de más de 50 años de operaciones, iniciando con la producción de hielo en cubos y como respuesta a los requerimientos de las nuevas industrias en las cuales se pretendía expandirse, dio paso a la creación de nuevos productos y presentaciones de estos dentro del portafolio de la empresa, dando como resultado la siguiente lista de productos:

- Agua en botella PET 250ml.
- Agua en botella PET 330ml.
- Agua en botella PET 600ml.
- Agua en bolsa 360ml.
- Agua en bolsa 5L.
- Hielo en cubos - bolsa 5Kg.
- Hielo en bloque 50Kg (también utilizado en la industria de construcción).
- Hielo triturado en bolsa 25Kg (también utilizado en la industria de construcción).
- Hielo triturado en bolsa 50Kg (también utilizado en la industria de construcción).

4.7 PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA

La empresa posee dos sedes como se ha mencionado previamente, es importante denotar que en la sede ubicada en Girón se encuentra dividida entre dos líneas producción y estas líneas a su vez tiene un numero de procesos establecidos necesarios para obtener los productos finales que serán ofrecidos al mercado.

Figura 5. Procesos de productivos



Dado que la empresa en la sede Girón cuenta un pozo de agua natural como su fuente de recursos hídricos, deben encargarse de todos los procesos para que sus productos se encuentren bajo la normativa establecida por el INVIMA¹, con el fin de brindar productos de buena calidad especialmente los que se comercializan para el consumo humano, por lo cual cuentan con un departamento de calidad.

4.7.1 Procesos de transporte de agua. Las maquinas encargadas de estos procesos hacen parte de las líneas de producción de agua y hielo, puesto que la empresa en la sede de Girón extrae el agua para sus procesos de un pozo natural encontrado en el área de la empresa. Mediante una motobomba tipo lapicero se transporta el agua desde el pozo a los tanques de almacenamiento. La empresa también posee bombas hifroflo que le permiten transportar el agua con una presión específica hacia las zonas de filtrado, zona de congelación y zona de envasado.

4.7.2 Procesos para el tratamiento del agua. En esta sección se describe todos los pasos realizados por la empresa para obtener agua y realizar el proceso de purificación.

4.7.2.1 Procesos de filtrado por desarenado y sedimentación. Al extraer el agua del pozo mediante motobombas es común que ciertos sedimentos tales como arena, tierra y limo sean arrastrados por las fuerzas de absorción generadas. La empresa posee un tanque de desarenado con desniveles y flujos de diferentes velocidades que le permiten al material solido depositarse en el fondo para poder ser retirado con mayor facilidad y así eliminar las partículas más grandes dentro del agua.

4.7.2.2 Proceso de filtrado por floculación. El siguiente paso en el proceso es la absorción química e intercambio iónico en el agua que permiten remover la

¹ INVIMA, Resolución Numero 12186 de 1991. En internet: <https://www.invima.gov.co/normatividad-sp-510373846/alimentos/resoluciones-alimentos/resoluciones-1999-y-anteriores/510-resolucion-12186-septiembre-201991.html>

presencia del calcio y magnesio, así como también eliminar cualquier residuo o contaminante orgánico. Para llevar a cabo esta tarea la empresa utiliza un tanque de coagulación donde desestabilizan las partículas por medio de un coagulante que neutraliza las cargas y posteriormente un tanque de floculación donde se aglomeran las partículas y crean flóculos más grandes se depositan en el fondo.

4.7.2.3 Proceso de desinfección por cloración. Debido que el agua es obtenida de un pozo natural y no es apta para el consumo, es muy común que contenga ciertos microorganismos como virus o bacterias, por esta razón es necesario utilizar el cloro como un purificador ya que elimina la gran mayoría de estos microorganismos, siendo un proceso sencillo, eficaz y muy utilizado a nivel mundial para la potabilización del agua.

4.7.3 Procesos de fabricación de hielo. Entre los siguientes se encuentra los procesos realizados por la empresa para obtener sus productos comerciales tales como son hielo en bloque, triturado y en cubo.

4.7.3.1 Proceso de congelación de bloques de hielo. La empresa posee una zona de piscina en la cual realizan el proceso de congelación del agua, mediante un compresor y una torre de enfriamiento, refrigeran el amoníaco. El amoníaco atraviesa un proceso de expansión con el cual alcanza bajas temperaturas que reducen la temperatura del agua salina o salmuera la cual es utilizada como medio refrigerante al contacto absorbiendo el calor en el proceso transferencia de calor para convertir el agua en bloques de hielo dentro de unos moldes en contacto con la salmuera de la piscina. Tienen dos tipos de moldes para obtener diferentes tamaños de producto que previamente son transportados por un puente grúa hacia la cámara de hielo contigua para su almacenamiento hasta el momento de su transporte.

4.7.3.2 Procesos de cortado y triturado de hielo. En la cámara de hielo se separan los productos según su tamaño y el tipo de producto final, por medio de unos conductos los bloques de hielo son transportado a dos distintas cámaras contiguas que son áreas inocuas, para ser trituradas o cortadas por maquinas especializadas que la empresa posee, luego regresan a la cámara de hielo para su clasificación y almacenamiento hasta el momento de su transporte.

4.7.3.3 Almacenamiento de hielo. La empresa posee compresores y condensadores que forman parte del sistema de refrigeración. Este conjunto de elementos y maquinas permite mantener las bajas temperaturas para la conservación del hielo en buen estado para su comercialización. La temperatura en la cámara de hielo se debe mantener siempre bajo cero para evitar el deshielo.

4.7.4 Procesos de envasado del agua. Por último, la empresa posee una línea de envasado de agua, la cual produce tres productos: agua envasada, agua con gas y agua en bolsa, mediante los siguientes procesos.

4.7.4.1 Proceso de soplado. En este proceso la empresa utiliza preformas de plástico de las botellas donde almacenan el producto para su posterior venta, por medio de un horno calientan cada preforma y luego mediante aire a presión realizan la extrusión del plástico y como resultado final obtienen botellas en los diferentes tipos de presentaciones listas para envasar.

4.7.4.2 Proceso de filtrado de arena Katalox. La empresa utiliza un producto granular el cual es especializado ya que actúa como un filtro para eliminar la presencia de sustancias orgánicas, metales y otro tipo compuestos, mediante el proceso de oxidación.

4.7.4.3 Proceso de filtrado por carbón activado de coco. El carbón activado es un producto vegetal que se agrega al agua y absorbe gases, metales, químico y toxinas, así como también remover presencia y sabor del cloro en el agua.

4.7.4.4 Proceso de microfiltración. El agua es transportada con un caudal turbulento para eliminar cualquier tipo de residuo mediante membranas microporosas que retienen las sustancias de mayor tamaño.

4.7.4.5 Desinfección por luz ultravioleta. Como el proceso de cloración no elimina todas las partículas la empresa también se utiliza la desinfección ultravioleta para evitar el uso de químicos y eliminar las partículas más pequeñas. A medida que el agua es transportada por ciertos conductos es expuesta a la luz ultravioleta y elimina la proliferación de cualquier virus o bacteria.

4.7.4.6 Proceso de carbonatado. En tanque se almacenan cierta cantidad de agua a la que posteriormente se le agrega dióxido de carbono (CO_2), el agua se encuentra fría y se somete a la presión del gas por lo tanto el agua absorbe una cantidad del gas y se convierte en el producto comercial agua con gas.

4.7.4.7 Procesos de llenado en bolsas y botellas. El proceso de llenado consta de varias tareas sencillas en la línea de producción, una vez el agua ha pasado por los procesos de filtración y purificación es transportada a varios tanques, en los cuales se almacenan según el tipo de producto. Luego de ser almacenada en su respectivo tipo de envase, estos deben pasar por los procesos de sellado, etiquetado, marcado y empaquetado según las cantidades previstas de producción.

4.8 EQUIPOS DE LA SEDE GIRÓN

La sede ubicada en Girón cuenta con 44 equipos actualmente, los cuales serán listados a continuación:

Tabla 1. Listado de equipos sede Girón

Número de Equipo	Nombre de Equipo
1	Motobomba Tipo Lapicero
2	Bomba Hidroflo 1
3	Bomba Hidroflo 2
4	Bomba Hidroflo 3
5	Bomba Hidroflo 4
6	Torre de Enfriamiento 1
7	Compresor Tipo Tornillo
8	Compresor de Aire 1
9	Intercambiador de Placas Chiller 1
10	Bomba Agitadora 1
11	Bomba Agitadora 2
12	Compresor Tipo 2A
13	Grúa Puente Fijo
14	Trituradora de Hielo 1
15	Trituradora de Hielo 2
16	Máquina Automática de Cubos de Hielo
17	Compresor Kaizer
18	Carbonatador
19	Torre de Enfriamiento 2
20	Máquina automática de Lavado-Llenado de Botellas
21	Máquina de Empacado de Agua
22	Banda Transportadora de Botellas
23	Intercambiador de Placas Chiller 2
24	Enfardadora
25	Horno para Enfardadora
26	Ventilador 1
27	Ventilador 2
28	Ventilador 3
29	Maquina fechadora
30	Etiquetadora
31	Compresor de aire de alta
32	Sopladora de botellas semiautomática
33	Horno para Preformas Pet
34	Bomba Dosificadora
35	Tanque de Filtrado de Cáscara de Coco
36	Tanque de Filtrado de Carbón Activado
37	Tanque de Filtrado de Arena Katalox
38	Extractor 1

Número de Equipo	Nombre de Equipo
39	Extractor 2
40	Electrobomba 1
41	Electrobomba 2
42	Compresor de aire 2
43	Lámpara Ultravioleta VP 950
44	Sistema de Polipasto

4.9 MATRIZ DOFA

Es importante realizar una matriz DOFA de la empresa, enfocándose en la mejora continua al utilizar sus fortalezas para aprovechar oportunidades y reduciendo sus debilidades para evitar amenazas que no le permitan desarrollar su máximo potencial.

Como la empresa se encuentra en un proceso de expansión y crecimiento, se evidencia la necesidad de aumentar la disponibilidad y rentabilidad de la sede Girón para mejorar sus procesos de producción, mediante la gestión de mantenimiento y programación de actividades.

Figura 6. Matriz DOFA



5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

5.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es usualmente definido como un conjunto de tareas a realizar con el objetivo final de mantener los equipos e instalaciones en funcionamiento durante la mayor cantidad de tiempo posible para aumentar la disponibilidad y rendimiento de una planta².

5.1.1 Objetivos del Mantenimiento. El mayor objetivo del mantenimiento está basado en la mejora continua, puesto que se puede alargar la vida de los activos y reducir costos para generar mayores ingresos que le permita a las empresas del sector industrial expandirse y mejorar sus procesos de producción, al ofrecer alternativas que disminuyen los desperdicios y gastos innecesarios.

El mantenimiento influye esencialmente en el aspecto de costos especialmente cuando desea asignar un presupuesto fino que cubra las actividades de mantenimiento. Este presupuesto se ve afectado por:

- Mano de obra interna o externa para realizar actividades de mantenimiento.
- Costos de repuestos, materiales y consumibles.
- Costos de pérdida en la producción por paradas indeseadas.

Si una empresa logra reducir estos costos de manera eficiente logra mantener un alto rendimiento en la producción y además establecer una normativa de trabajo organizado podrá alcanzar sus objetivos a mediano plazo. Si se realiza el debido

² GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A., 2003; p 1.

estudio para obtener un valor estimado para el presupuesto de mantenimiento, una empresa puede estar preparada para cualquier eventualidad o falla que se presente para mantener su producción al máximo.

5.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

En el área del mantenimiento se utilizan varias metodologías según el objetivo que se planea alcanzar, por esto existen diferentes tipos de mantenimiento y se pueden clasificar en varios tipos según ciertas características, se mencionaran los más influyentes para la empresa en estudio:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento overhaul o cero horas.
- Mantenimiento en uso.
- Mantenimiento productivo total.

5.2.1 Mantenimiento correctivo. Es el más sencillo, aunque no el más eficiente; se conforma de las actividades empleadas para solucionar los problemas que se van presentado sobre la marcha, es decir, no se planifican las actividades necesarias para evitar que se presenten fallas imprevistas en los equipos. Esencialmente se espera a que una falla se presente para poder actuar lo cual no es saludable para el rendimiento de la producción y también se pueden presentar accidentes por la falta de planeación y toma de acciones de precaución.

5.2.2 Mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se diferencia debido a que existe el concepto de planeación y programación previa, para realizar actividades críticas en un tiempo y una duración específica, enfocado

esencialmente los puntos más críticos del proceso. Como se indica en su nombre busca prevenir averías o paradas en un sistema de producción debido a fallas inesperadas en los equipos, ya que las correcciones se realizan en el momento exacto. Con este tipo de mantenimiento se puede estar más preparado ante cualquier eventualidad y tener un plan de acción que logre solucionar dicho evento con la mayor eficiencia.

5.2.3 Mantenimiento predictivo. Este es el tipo de mantenimiento más avanzado ya que se basa en los aportes tecnológicos de metodologías matemáticas, físicas y técnicas que permiten estudiar y utilizar algunas variables físicas como la temperatura, vibraciones, entre otras, obteniendo como resultado las variaciones que indican las posibles fallas que se pueden llegar a presentar en el sistema. De esta manera, se lleva a cabo una inspección permanente del estado y operatividad de todos los activos. Es también uno de los más utilizados ya que brinda grandes beneficios al reducir los costos de paradas y mantener los elementos en trabajo continuo, y brinda herramientas para evaluar el costo-beneficio con mayor facilidad mediante el estudio continuo de los equipos.

5.2.4 Mantenimiento overhaul o cero horas. Es un tipo de mantenimiento extensivo que se enfoca en realizar ciertas revisiones continuas a los equipos, es muy importante debido a su finalidad de restaurar y cambiar los elementos o piezas que se malgastan con tal de mantener al equipo en funcionamiento la mayor cantidad de tiempo. Las actividades realizadas buscan que los equipos puedan volver al estado inicial o cero horas de trabajo.

5.2.5 Mantenimiento en uso. Este tipo de mantenimiento es la base del mantenimiento total productivo ya que consta de revisiones realizadas por los operarios de los equipos y son actividades muy sencillas tales como inspecciones visuales, limpieza, lubricación, entre otras que permiten mantener a los equipos en buen estado para prevenir cualquier posible factor de parada.

5.2.6 Mantenimiento productivo total. También conocido como TPM es un sistema de mantenimiento inventado en Japón, cuyo objetivo es eliminar todas las pérdidas en la producción debido a la presencia de fallas en los equipos, para mantener los equipos con un nivel de disponibilidad alto y a su máxima capacidad. Se basa en las filosofías de cero averías, cero tiempos muertos y sin pérdidas de capacidad productiva, siendo unos de los más exhaustivos modelos a seguir.

5.3 FALLA

La falla se puede definir como un estado en el que un equipo o elemento no está disponible para realizar su función de trabajo y diseño, es decir, no cumple satisfactoriamente con su labor designada en un proceso o trabajo.

5.3.1 Tipos de falla. Es importante definir y clasificar las fallas puesto que permite estar preparado antes esas eventualidades, existen tres tipos de fallas

5.3.1.1 Fallas tempranas. Se presentan al inicio de la vida útil y son el porcentaje más pequeño de fallas que se presentan. Son causadas generalmente por una toma de decisiones erróneas en el diseño, selección de materiales y montaje.

5.3.1.2 Fallas adultas. Estas se presentan con la frecuencia más alta en toda la vida útil del elemento o equipo. Estas pueden ser causadas por las condiciones de trabajo en las que se encuentra, los mayores factores de causa son la suciedad, trabajo continuo, exposición a un ambiente corrosivo, entre otras.

5.3.1.3 Fallas tardías. Son una pequeña parte de las fallas totales y por lo general aparece muy lentamente debido al envejecimiento, puesto que ocurren al final la

vida útil del equipo o elemento, como pueden ser pérdida de fuerza en un motor debido al envejecimiento del cableado eléctrico.

5.3.2 Modo de falla. Un modo de falla se puede definir como una causa de falla o las posibles causas de falla que se pueden llegar presentar en cada equipo o elemento. Cuando se presentan múltiples modos de fallar existe el riesgo, por lo tanto, es imprescindible conocer cada modo de falla para entender su impacto y la frecuencia con al que se presentan al identificar los modos de falla potenciales. Cada modo de falla tiene un efecto de falla el cual es asociado con la consecuencia después de que la falla ocurre y cada uno tiene un nivel de importancia en caso de presentarse.

5.4 MODELOS DE MANTENIMIENTO

Los modelos de mantenimiento que se buscan aplicar poseen un poco de cada uno de los tipos de mantenimiento, esto es debido a que la empresa se encuentra en un punto de desarrollo y busca mantener sus equipos trabajando la mayor cantidad de tiempo, así como también tener mayor control de las actividades de mantenimiento realizadas. Para obtener los resultados deseados se utilizarán dos modelos como base.

5.4.1 Modelo sistemático. Es un modelo aplicado a equipos de disponibilidad media que tiene un impacto en el sistema de producción mediante actividades que se realizan día a día sin importar el estado de dichos equipos. Estas actividades se deben realizar sin importar cuál sea el equipo ni su tiempo de uso y deben realizarse con una frecuencia fija que puede ser diaria o semanal. La principal importancia de este modelo es que permite encontrar la falla antes de que suceda, así como

prevenirla; además de evitar gastos innecesarios ya que se programarán las actividades de mantenimiento con un presupuesto designado.

5.4.1.1 Inspecciones visuales y auditivas. Esta actividad es básica, pero puede ser muy útil; delegando tanto a los operadores como a los jefes de mantenimiento, mediante las inspecciones diarias o semanalmente se pueden observar grietas, sonido de vibraciones, el color de sustancias, entre otras, se puede encontrar una posible falla a tiempo especialmente en las zonas que las personas tienden a ignorar con frecuencia. Mediante un chequeo rápido y sencillo que puede realizar registro de estado de los equipos.

5.4.1.2 Ordenes de trabajo. Es una herramienta que facilita la gestión del mantenimiento al mantener un registro de todas las actividades de mantenimiento realizadas en la empresa para cada uno de los equipos, las fallas, como fueron reparadas; así como la prioridad de las actividades con el fin de aumentar la eficiencia en la producción. Las ordenes de trabajo deben ser específicas para la empresa debido que cada empresa posee diferentes procesos de producción, pero todas poseen la información específica sobre las actividades de mantenimiento manejadas sobre un código específico de trabajo.

5.4.1.3 Análisis de lubricantes. Esta técnica es sencilla y de bajo costo, es la más utilizada para encontrar el estado de deterioro de los lubricantes mediante análisis visuales y químicos que permiten obtener resultados inmediatos, ya que es posible que entre en contacto con partículas contaminantes o elementos que cambien su contextura de trabajo. Esta tarea puede ser realizada por los operarios en un tiempo de dos a cuatro semanas con una lista de chequeo respectiva.

5.4.1.4 Actividades de limpieza y organización. Al mantener las áreas de trabajo limpias y organizadas se crea un mejor ambiente para los trabajadores, así como también mayor disponibilidad de los elementos de trabajo, en cuanto se presente

una avería será mucho más sencillo actuar al mantener las herramientas y elementos organizados ya se facilita la búsqueda de dicho objeto cuando sea necesario con el compromiso de devolver cada elemento a su lugar específico. De esta manera, también se evita el desorden y las maquinas no tiene contacto con partículas de suciedad que puede llegar afectar los productos producidos.

5.4.2 Modelo de alta disponibilidad. Este modelo implica que los elementos críticos no pueden sufrir alguna falla o avería, con este modelo se puede llegar a exigir un 90% de disponibilidad a los equipos de la línea de producción. Es necesario aplicarlo debido a que en algunas ocasiones es más caro mantener la producción en una parada planeada. Ahora bien, para poder lograr estos altos índices se necesita emplear el mantenimiento predictivo y las paradas programadas con solución para aquellos elementos que se mantienen trabajando casi todo el tiempo. Deben ser realizadas con una frecuencia anual o mayor y se basa en la metodología de cero averías; por lo tanto, es ideal que todos los problemas sean solucionados y los objetivos alcanzados en un tiempo designado para aumentar la disponibilidad de manera considerable.

5.4.2.1 Análisis de vibraciones. Es una actividad que permite conocer el estado de los elementos de un equipo para poder programar las actividades de mantenimiento respectivas que no afecten el proceso de producción. Debido al movimiento regular de las maquina se presenta la vibración en sus elementos, pero cuando los elementos presentan un tipo de vibración diferente es fácil encontrar el punto de falla y evitar que esta falla suceda; entre las fallas que se pueden detectar se encuentra el desajuste mecánico, delineamientos, desbalanceo, entre otras que se puede registrar en la base de datos.

5.4.2.2 Paradas programadas. Es una actividad que requiere el compromiso de todos los involucrados, ya que por medio de ellos se logrará el objetivo y éxito de este proceso, que puede llegar a ser arduo y lleno de desafíos pero que con buen

trabajo en equipo se puede lograr. Cada quien tiene una tarea que cumplir y por tanto es indispensable que sean realizadas en el momento debido, con el fin de evitar retrasos. En el cronograma y planeación es vital conocer los puntos críticos de los procesos para enfocar el trabajo en los más críticos y ser más eficientes. Esta es una de las actividades más importantes a realizar una empresa y brinda experiencia en la gestión del mantenimiento.

Se debe definir la parada desde la concepción con una reunión que contenga la toma de decisiones de las actividades y el presupuesto designado a esta planeación, hay que tener en cuenta que este tipo de paradas son una prioridad para toda empresa y conllevan siempre alguna enseñanza para que la próxima vez sea más sencilla y efectiva.

5.5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es fácil reconocer que no todos los equipos tienen el mismo valor de importancia en una empresa y sus procesos de producción, puesto que, si se presenta alguna avería o problema en una de las áreas más críticas, es muy seguro que el resultado sea una parada no deseada en la producción. Por este motivo, los elementos más críticos siempre están bajo constante revisión, así como estar siempre preparados para realizar las actividades necesarias ante cualquier incidente que se presente.

Todos los equipos pueden presentar un inconveniente cuando se presente una falla, pero es importante conocer cuáles son aquellos que pueden generar un problema mayor. Existe un método utilizado para calcular el impacto y consecuencia de las posibles fallas en los activos que conforman un sistema y con el fin de aumentar el tiempo de trabajo y producción, puesto que se basa en la frecuencia que se deben

realizar actividades de mantenimiento en las áreas más críticas del proceso de producción.

5.5.1 Cálculo de la criticidad. Para poder obtener un resultado sobre los elementos más críticos de la empresa es necesario realizar un cálculo matemático, para el cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} \times \text{Consecuencia}$$

Ecuación N° 1, Cálculo de la criticidad.

Es necesario definir los componentes de dicha ecuación para comprender como en que se basan los resultados obtenidos.

5.5.2 Frecuencia de falla. La frecuencia es definida como el número de veces se puede repetir una acción o evento en un determinado tiempo. Por tanto, la frecuencia de falla nos permite conocer que tan seguido un elemento puede estar fuera de servicio para estar preparados al evitar que afecte la producción mediante técnicas de mantenimiento preventivas.

5.5.4 Consecuencia. Es definido como el resultado de una acción, ya que cada acción puede tener más de una consecuencia que se pueden definir tanto cualitativa como cuantitativamente. Donde la consecuencia está definida por otros factores como son el impacto operacional, la flexibilidad operacional, el costo del mantenimiento y, por último, el impacto ambiental, de seguridad y de higiene.

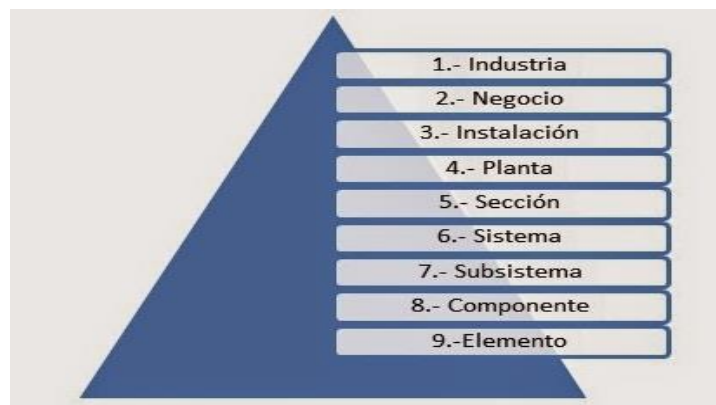
5.6 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN

Una vez que alguna empresa establece un plan de mantenimiento es muy importante poseer un sistema de recolección y registro de la información, para priorizar actividades y simplificar las tareas, basados en la taxonomía y codificación

de los equipos, en donde esté toda la información disponible y siempre sea posible agregar o modificar los datos obtenidos en cada revisión o después de cada reparación. La gestión de los datos puede ser tediosa, pero es una herramienta muy útil para que el departamento de mantenimiento sea capaz de ordenar la información y poder tomar las mejores decisiones de acuerdo con el impacto que posiblemente pueda causar cada equipo y no solo esto sino reducir desperdicios, dar un buen manejo al presupuesto y mantener los estándares deseados. En este trabajo los más involucrados son los operarios ya que son el personal involucrado en el funcionamiento de los equipos y los que pueden proveer información acerca del desempeño de los mismos.

Bajo la norma ISO 14224³ se presenta un diseño estándar de para la codificación de la información obtenida y crear un sistema de jerarquización de los datos como son información de las características de los equipos, datos de sus fallas, y las actividades de mantenimiento al asegurar que se tiene toda la información disponible de cada equipo.

Figura 7. Niveles de clasificación según la NORMA ISO 12224



Fuente:<http://alterevoingenieros.blogspot.com.co/2014/04/rcm-taxonomia-y-principios-fundamentales.html>

³ SHEN RELIABILITY ENGINEERING. Taxonomía de equipos. Disponible desde Internet en: https://www.shen-re.cl/shen_2013/wp-content/uploads/2013/10/01_Br_SHENRE_Taxonomia.pdf

5.6.1 Desarrollo de una base de datos. Mediante la creación básica de un sistema de información, que funciona como un inventario de los equipos de la empresa se facilitara la gestión del mantenimiento. Esta base de datos estar conformada por los datos, archivos y tablas que componen las actividades de mantenimiento que se deben realizar. Esta base es utilizada para almacenar la información y proveer fácil acceso cuando sea necesario utilizarla, además, es más sencillo de desarrollar mediante la tecnología computacional.

La información que debe contener la base de datos para ser relevante en la gestión de mantenimiento debe estar conformada por datos de producción, unidad, planta, subunidad, componentes y secciones que forma parte de la taxonomía y codificación de los elementos; ahora bien, como la empresa cuenta con dos sedes se plantea un sistema de codificación y base de información en la sede de Girón que podrá ser implementado de igual manera en la sede Bucaramanga.

5.6.2 Beneficios de los sistemas de información. Esta es una herramienta que otorga una gran cantidad de beneficios que permiten el desarrollo y además una mejor gestión de mantenimiento, entre los cuales están:

- Garantizar la calidad de la información.
- Facilidad de acceso a la información.
- Seguridad, funcionalidad y sostenibilidad económica.
- Ordenar, actualizar, resumir y mostrar la información con mayor facilidad.
- Planificación, gestión, registro y retroalimentación de la información.
- Programación, control de costos, órdenes de trabajo y codificación de elementos.

6. INVENTARIOS Y CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

6.1 INVENTARIO DE LOS EQUIPOS

Cuando se desea aumentar la disponibilidad en una empresa lo más importante es reducir los reprocesos y el desperdicio del tiempo, además cabe resaltar que esta es una tarea ardua y de trabajo constante. Una de las maneras más eficiente de lograrlo es mediante un sistema estructurado de fácil acceso a la información y herramientas de trabajo, así como también una cultura de limpieza y organización que le permite a todos los trabajadores, desde administrativos hasta operarios encontrar lo que necesitan en un lugar adecuado para realizar se trabajó de manera rápida y sencilla. La primera herramienta de organización es el inventario de todos los equipos el cual se crea mediante una inspección de todas las áreas de trabajo de las instalaciones, además del conocimiento y la experiencia del personal encargado que permitan obtener toda la información de los equipos que pertenecen a la sede Girón.

6.1.1 Tabla de clasificación para los equipos. La sede Girón se divide en dos líneas de producción, producción de hielo y de agua envasada; por lo tanto, los equipos se encontrarán divididos por secciones correspondientes a línea de producción que pertenecen, exceptuando los procesos de transporte de agua, puesto que esta sección en la empresa influye en ambos procesos productivos.

Se crea este tipo de clasificación para facilitar el proceso de codificación estableciendo un orden de trabajo, que además es flexible en caso hipotético del aumento de equipos, áreas de trabajo o sedes de la empresa. Esta metodología puede ser utilizada para utilizada por la empresa en su sede Bucaramanga.

Tabla 2. Tabla de clasificación de equipos Sede Girón

Sede Girón	Sección	Equipos
Producción de hielo-agua envasada	Procesos de Transporte	Motobomba tipo lapicero
		Bomba Hidroflo 1
		Bomba Hidroflo 2
		Bomba Hidroflo 3
		Bomba Hidroflo 4
		Electrobomba 1
		Electrobomba 2
Producción de hielo	Procesos de congelación	Torre de Enfriamiento 1
		Compresor Tipo Tornillo
		Compresor de Aire 1
		Compresor de Aire 2
		Intercambiador de Placas Chiller 1
		Bomba Agitadora 1
		Bomba Agitadora 2
	Procesos de almacenamiento de hielo	Compresor Tipo 2A
		Sistema de Polipasto
		Grúa Puente Fijo
	Procesos de cortado	Trituradora de Hielo 1
		Trituradora de Hielo 2
		Máquina Automática de Cubos de Hielo
Producción de agua envasada	Procesos de envasado	Compresor Kaizer
		Carbonatador
		Torre de Enfriamiento 2
		Máquina automática de Lavado-Llenado de Botellas
		Máquina de Empacado de Agua
		Banda Transportadora de Botellas
		Intercambiador de Placas Chiller 2
	Procesos de empaçado	Enfardadora
		Horno para Enfardadora
		Ventilador 1
		Ventilador 2
		Ventilador 3
	Procesos de etiquetado	Maquina fechadora
		Etiquetadora
	Procesos de soplado	Compresor de aire de alta
		Sopladora de botellas semiautomática
		Horno para Preformas Pet
		Extractor 1
		Extractor 2
		Bomba dosificadora
	Procesos de filtrado	Tanque de Filtrado de Cáscara de Coco
		Tanque de Filtrado de Carbón Activado
		Tanque de Filtrado de Arena Katalox
		Lámpara Ultravioleta VP 950

6.2 CODIFICACIÓN

Para mantener un inventario general ordenado, se necesita conocer cada equipo y activo de la empresa, el registro siempre debe estar actualizado y contener a todos los equipos. Una herramienta útil para organizar es la codificación de los equipos, esta se debe efectuar de acuerdo a las sedes y secciones donde se ubica cada elemento, con el fin de conocer la cantidad, inspeccionar su estado y obtener datos de su funcionamiento y fallas.

Conociendo que la empresa posee dos sedes y dos líneas de producción se creara una codificación para cada sección que abarca todas las áreas productivas de manera sencilla y eficiente.

Figura 8. Subdivisiones del código de codificación de equipos



Donde cada uno de los valores es:

- Código de la sede.
- Código de la línea de producción.
- Código del proceso.
- Código del equipo.

El sistema de codificación está enfocado en la subdivisión de cada sección de trabajo lo cual permite, facilitando la búsqueda de cada elemento y manteniendo un

nivel de organización en el área administrativa que permite realizar un registro organizado de las transacciones en las que interviene cada equipo.

Como se ha mencionado anteriormente la empresa posee dos sedes que se encuentran en la vía Girón y en el norte de la ciudad de Bucaramanga, además la sede Girón posee dos líneas de producción mientras que la otra sede, solo una. Estas líneas de producción también están compuestas por una gran variedad de procesos, como se muestra en la siguiente gráfica en la cual se enlistan unos cuantos procesos como un ejemplo para la creación de una codificación.

6.2.1 Resultado de la codificación. Como se muestra en la figura 6, se aplica el sistema de codificación para los equipos de la planta de la siguiente manera:

1) La primera sección es conformada por una sola letra para identificar el equipo según la sede en donde se encuentra.

- Para la sede Girón:

- G-X-XXX-XXX

- Para la sede Bucaramanga:

- B-X-XXX-XXX

2) La segunda sección consta de una sola letra correspondiente a la línea de producción en la que pertenece el equipo.

Línea de producción de agua envasada: incluye todos los elementos que son usados para obtener los productos, agua en bolsa y agua en botella, incluso los elementos de purificación del agua que también son utilizados para el hielo.

- G-A-XXX-XXX

Línea de producción de hielo: todos los elementos que conforman los procesos de congelación, refrigeración, triturado y cortado del hielo.

- G-H-XXX-XXX

- 3) La tercera sección se conforma por tres letras que identifican a cada uno de los subconjuntos o secciones de cada línea productiva.

Procesos de transporte de agua (TRA): estos equipos son los encargados de transportar el agua por las instalaciones, entre las cuales se encuentra bombas, motobombas, entre otras; cabe detallar que esta sección supe ambas líneas productivas (hielo-agua), pero su codificación pertenecerá al área productiva de agua.

➤ G-A-TRA-XXX

Procesos de congelación de hielo (CON): se componen por todos aquellos equipos que se encargan de reducir las temperaturas para la creación de bloques y cubos de hielo.

➤ G-H-CON-XXX

Procesos de almacenamiento del hielo (ALM): son todos aquellos equipos que permiten transportar de los bloques de hielo y mantienen las bajas temperaturas de la zona de almacenamiento en la cámara de frío.

➤ G-H-ALM-XXX

Procesos de cortado (COR): esta sección está compuesta por las maquinas que se utilizan en los procesos de triturado de bloques de hielo y cortado de hielo en cubos para el consumo humano.

➤ G-H-COR-XXX

Procesos de envasado (ENV): son todos los equipos que participan en todas las tareas que incluyen directamente el área productiva de llenado las botellas y bolsas, en esta sección también serán incluidos equipos que afectan los niveles de presión y temperatura necesarios para realizar los procesos de envasado.

➤ G-A-ENV-XXX

Procesos de empackado (EMP): está compuesto por los equipos que forman parte de los procesos de empackado de las botellas.

➤ G-H-EMP-XXX

Procesos de etiquetado (ETI): todas aquellas maquinas que se utilizan para marcar, etiquetar y diferenciar los productos.

➤ G-A-ETI-XXX

Procesos de soplado (SOP): son todos los equipos que se encuentran en el área de soplado de botellas y que afectan directamente este proceso.

➤ G-A-SOP-XXX

Procesos de filtrado (FIL): en este se incluyen los elementos directamente relacionados con los procesos finales de filtración y purificación del agua.

➤ G-A-FIL-XXX

4) La última sección será compuesta por letras que identifiquen el nombre equipo, en un dado caso que estos elementos posean uno mismo nombre se pueden diferenciar con un número.

Compresor tipo tornillo

➤ G-H-CON-COTT

Bomba Hidroflo1

➤ G-A-TRA-BOMB-001

➤ G-A-TRA-BOMB-002

6.3 TABLA DE CODIFICACION DE EQUIPOS

Al poseer una lista de los equipos es más sencilla la tarea de separarlos y clasificarlos mediante un sistema de codificación, de esta manera se crea la

siguiente tabla la cual contiene cada equipo con su debido código de codificación según el área y el proceso en el cual se encuentra.

Tabla 3. Codificación de equipos

Número de Inventario	Codificación	Nombre de Equipo
1	G-A-TRA-BOMBT	Motobomba Tipo Lapicero
2	G-A-TRA-BOMBH-001	Bomba Hidroflo 1
3	G-A-TRA-BOMBH-002	Bomba Hidroflo 2
4	G-A-TRA-BOMBH-003	Bomba Hidroflo 3
5	G-A-TRA-BOMBH-004	Bomba Hidroflo 4
6	G-A-TRA-EBOMB-001	Electrobomba 1
7	G-A-TRA-EBOMB-002	Electrobomba 2
8	G-H-CON-TENFR-001	Torre de Enfriamiento 1
9	G-H-CON-COMPTT	Compresor Tipo Tornillo
10	G-H-CON-COMP-001	Compresor de Aire 1
11	G-H-CON-COMP-002	Compresor de aire 2
12	G-H-CON-CHILL-001	Intercambiador de Placas Chiller 1
13	G-H-CON-BAGIT-001	Bomba Agitadora 1
14	G-H-CON-BAGIT-002	Bomba Agitadora 2
15	G-H-ALM-COMP2A	Compresor Tipo 2A
16	G-H-ALM-GRPF	Grúa Puente Fijo
17	G-H-ALM-SISTPOL	Sistema de Polipasto
18	G-H-COR-TRIT-001	Trituradora de Hielo 1
19	G-H-COR-TRIT-002	Trituradora de Hielo 2
20	G-H-COR-MACH	Máquina Automática de Cubos de Hielo
21	G-A-ENV-COMPK	Compresor Kaizer
22	G-A-ENV-CARB	Carbonatador
23	G-A-ENV-TENFR-002	Torre de Enfriamiento 2
24	G-A-ENV-MALLB	Máquina automática de Lavado-Llenado de Botellas
25	G-A-ENV-MEMPAC	Máquina de Empacado de Agua
26	G-A-ENV-BTRASP	Banda Transportadora de Botellas
27	G-A-ENV-CHILL-002	Intercambiador de Placas Chiller 2
28	G-A-EMP-ENFARD	Enfardadora
29	G-A-EMP-HENFAR	Horno para Enfardadora
30	G-A-EMP-VENT-001	Ventilador 1
31	G-A-EMP-VENT-002	Ventilador 2
32	G-A-EMP-VENT-003	Ventilador 3
33	G-A-ETI-FECH	Maquina fechadora
34	G-A-ETI-ETIQ	Etiquetadora
35	G-A-SOP-COMPAA	Compresor de aire de alta
36	G-A-SOP-SOPB	Sopladora de botellas semiautomática
37	G-A-SOP-HSOP	Horno para Preformas Pet
38	G-A-SOP-EXTR-001	Extractor 1
39	G-A-SOP-EXTR-002	Extractor 2
40	G-A-FIL-BOMBD	Bomba Dosificadora
41	G-A-FIL-TCOCO	Tanque de Filtrado de Cáscara de Coco

Número de Inventario	Codificación	Nombre de Equipo
42	G-A-FIL-TCARBON	Tanque de Filtrado de Carbón Activado
43	G-A-FIL-TARENA	Tanque de Filtrado de Arena Katalox
44	G-A-FIL-LAMPUV	Lámpara Ultravioleta VP 950

7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

El análisis de criticidad será aplicado al inventario de equipos que intervienen en procesos de producción de la sede Girón, para realizar una mejor gestión de mantenimiento y programación de actividades que permitan aumentar los índices de productividad. La información obtenida proviene directamente del personal encargado del gestionar el mantenimiento correctivo de las máquinas, así como también una bitácora que contiene datos sobre fallas presentadas y actividades realizadas en la mayoría de los equipos.

Mediante el cálculo de la criticidad se permite encontrar las áreas de oportunidad que posee la empresa, así como también los programas de acción que la empresa podrá aplicar mediante la programación y gestión del mantenimiento.

Teniendo en cuenta como anteriormente fue establecido, se utilizará la ecuación (1) de criticidad para el cálculo:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} \times \text{Consecuencia}$$

Ecuación N° 1, Cálculo de criticidad.

Siendo esta la ecuación que define el valor de la criticidad de cada equipo. Donde la frecuencia de falla se refiere a la cantidad de fallas por año y el valor de la consecuencia, que depende de múltiples variables como se muestra en la siguiente ecuación (2).

Consecuencia

$$= (\text{Impacto operacional} * \text{Flexibilidad})$$

$$+ \text{Costo de mto.} + \text{Impacto SAH}$$

Ecuación N° 2, Cálculo de la consecuencia.

Estos factores deben poseer un valor basado en factores ponderados que permiten obtener un valor final de criticidad para cada equipo; no obstante, es importante definir la manera en que serán calculados estos valores.

7.1 ASIGNACIÓN DE VALORES PONDERADOS

Los factores ponderados para encontrar un valor de criticidad dependen de un análisis cualitativo a cada factor que es utilizado para calcular dicho valor, mediante la creación de una matriz de criticidad.

7.1.1 Factores ponderados. Estos factores pueden ser evaluados por aquellas personas involucradas en el contexto diario y de uso de los elementos, mediante una ponderación otorgada a cada factor que permite definir un valor de cálculo de criticidad. Los factores ponderados utilizados son mostrados a continuación con los valores cualitativos de cada uno.

7.1.1.1 Frecuencia de fallas. Esta información es obtenida a partir de una bitácora de mantenimiento, que pertenecía a las actividades de mantenimiento de previos encargados del área por alrededor de un intervalo de tiempo de 2 años.

Tabla 4. Frecuencia de fallas

FF	Frecuencia de Falla
4	Mayor a 4 fallas por año
3	2-3 fallas por año
2	1-2 fallas por años
1	Menos a 1 falla por año

Fuente: Notas de clase Ingeniero Carlos Borrás Pinilla.

7.1.1.2 Impacto operacional. Este factor permite evaluar que tan imprescindible es un equipo para que los procesos de producción puedan permanecer activos;

también se define mediante el impacto en la producción de cualquier equipo denotando que siempre existe uno sin el cual es muy difícil o casi imposible realizar ciertas actividades del flujo normal de trabajo.

Tabla 5. Impacto operacional

IP	Impacto Operacional
10	Parada total de producción y/o pérdida de un lote
7	Parada de sección y perjuicios al producto
4	Impacta a nivel de inventario o calidad
1	No afecta alguno sobre los procesos de producción

Fuente: Notas de clase Ingeniero Carlos Borrás Pinilla.

7.1.1.3 Flexibilidad operacional. Se logra observar que tanto dependen algunos procesos de otros, así como el plan de acción permite que la producción siga en marcha aun cuando ciertos elementos nos están disponibles para trabajar o ser reparados por el personal de la empresa.

Tabla 6. Flexibilidad operacional

FO	Flexibilidad Operacional
4	No existe un repuesto disponible u otra opción de producción
2	Existe un repuesto compartido o en almacenamiento
1	No afecta efecto alguno sobre los procesos de producción

Fuente: Notas de clase Ingeniero Carlos Borrás Pinilla.

7.1.1.4 Costo de mantenimiento. Este es un factor depende netamente del valor monetario de costo de reparación de cada equipo, así como también otros factores influyentes en el mismo, como la mano de obra, materiales, entre otros.

Tabla 7. Costo de mantenimiento

CM	Costo de Mantenimiento
2	Mayor o igual al 5% del costo del equipo
1	Inferior al 5% del costo del equipo

Fuente: Notas de clase Ingeniero Carlos Borrás Pinilla.

7.1.1.5 Impacto de seguridad, ambiente e higiene. Uno de los factores más importantes ya que evalúa impacto de posibles accidentes o daños que un equipo puede causar, no solo a las instalaciones sino también el impacto en la seguridad del personal, otros equipos, calidad de los productos y el medio ambiente.

Tabla 8. Impacto de seguridad, ambiente e higiene

SAH	Impacto de seguridad, ambiente e higiene
10	Afecta la seguridad externa e interna, que requiere de notificación a agentes externos
7	Afecta el ambiente y las instalaciones
5	Provoca daños severos a las instalaciones y trabajadores
3	Provoca daños menores a las instalaciones
1	No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes

Fuente: Notas de clase Ingeniero Carlos Borrás Pinilla.

7.2 CÁLCULO DE CRITICIDAD

Como se vio anteriormente el valor de la criticidad está basado en los factores ponderados y mediante la ecuación (3), compuesta por la ecuación (1) y (2) anteriormente mencionadas.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * ((\text{Impacto operacional} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de mttto.} + \text{Impacto SAH})$$

Ecuación N° 3, Ecuación compuesta.

7.2.1 Aplicación de los factores ponderados. La creación de un formato que la empresa puede utilizar basados en estos factores le permite calcular la criticidad de todos los nuevos equipos que se adquieran para el proceso de producción y expansión de la empresa, que puede ser registrado para evaluar el plan de acción, así como futuras programaciones.

Se realiza un cálculo ejemplo con uno de los equipos para demostrar cómo se utilizan los factores ponderados y los resultados obtenidos para dicho equipo para poder realizar el mismo cálculo para todos los equipos que pertenecen a la sede de Girón.

Tabla 9. Factores ponderados para realizar el análisis de criticidad

Industrias La Esmeralda		
Equipo: Compresor Tipo Tornillo		
Código: G-H-CON-COMPTT		
Frecuencia de fallas		
Mayor a 3 fallas por año	4	
2-3 fallas por año	3	
1-2 fallas por año	2	X
Menos a 1 falla por año	1	
Impacto operacional		
Parada total de producción y/o pérdida de un lote	10	
Parada de sección y perjuicios al producto	7	X
Impacta a nivel de inventario o calidad	4	
No afecta alguno sobre los procesos de producción	1	
Flexibilidad operacional		
No existe un repuesto disponible u otra opción de producción	4	X
Existe un repuesto compartido o en almacenamiento	2	
Existe un repuesto disponible	1	
Costo de mantenimiento		
Mayor o igual al 5% del costo del equipo	2	X
Inferior al 5% del costo del equipo	1	
Impacto de seguridad, ambiente e higiene		
Afecta la seguridad externa e interna, que requiere de notificación a agentes externos	8	
Afecta el ambiente y las instalaciones	7	
Provoca daños severos a las instalaciones y trabajadores	5	X
Provoca daños menores a las instalaciones	3	
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes	1	
Valor total de criticidad		70

Obtenidos los valores ponderados como se muestra a continuación y utilización la ecuación (3) podemos calcular la criticidad del equipo:

Tabla 10. Calculo de criticidad para un equipo

Factores Ponderados	Valor
Frecuencias de fallas	1
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	1
Costo de mantenimiento	4
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	1
Valor de criticidad	6

7.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

Mediante el cálculo de cada una de los equipos se obtiene la siguiente tabla con el valor criticidad de cada equipo organizados desde el mayor valor hasta el menor valor de criticidad.

Tabla 11. Valores de criticidad de los equipos

Codificación	Equipo	Valor de Criticidad
G-A-TRA-BOMBTL	Motobomba Tipo Lapicero	86
G-A-TRA-BOMBH-001	Bomba Hidroflo 1	24
G-A-TRA-BOMBH-002	Bomba Hidroflo 2	24
G-A-TRA-BOMBH-003	Bomba Hidroflo 3	24
G-A-TRA-BOMBH-004	Bomba Hidroflo 4	24
G-A-TRA-EBOMB-001	Electrobomba 1	38
G-A-TRA-EBOMB-002	Electrobomba 2	38
G-H-CON-TENFR-001	Torre de Enfriamiento 1	98
G-H-CON-COMPTT	Compresor Tipo Tornillo	94
G-H-CON-COMP-001	Compresor de Aire 1	42
G-H-CON-COMP-002	Compresor de aire 2	42
G-H-CON-CHILL-001	Intercambiador de Placas Chiller 1	94
G-H-CON-BAGIT-001	Bomba Agitadora 1	66
G-H-CON-BAGIT-002	Bomba Agitadora 2	66
G-H-ALM-COMP2A	Compresor Tipo 2A	94
G-H-ALM-GRPF	Grúa Puente Fijo	25
G-H-ALM-SISTPOL	Sistema de Polipasto	22
G-H-COR-TRIT-001	Trituradora de Hielo 1	105
G-H-COR-TRIT-002	Trituradora de Hielo 2	105
G-H-COR-MACH	Máquina Automática de Cubos de Hielo	141
G-A-ENV-COMPK	Compresor Kaizer	62
G-A-ENV-CARB	Carbonatador	21

Codificación	Equipo	Valor de Criticidad
G-A-ENV-TENFR-002	Torre de Enfriamiento 2	70
G-A-ENV-MALLB	Máquina automática de Lavado-Llenado de Botellas	176
G-A-ENV-MEMPAC	Máquina de Empacado de Agua	172
G-A-ENV-BTRASP	Banda Transportadora de Botellas	42
G-A-ENV-CHILL-002	Intercambiador de Placas Chiller 2	62
G-A-EMP-ENFARD	Enfardadora	19
G-A-EMP-HENFAR	Horno para Enfardadora	23
G-A-EMP-VENT-001	Ventilador 1	20
G-A-EMP-VENT-002	Ventilador 2	20
G-A-EMP-VENT-003	Ventilador 3	20
G-A-ETI-FECH	Maquina fechadora	18
G-A-ETI-ETIQ	Etiquetadora	18
G-A-SOP-COMPAA	Compresor de aire de alta	70
G-A-SOP-SOPB	Sopladora de botellas semiautomática	180
G-A-SOP-HSOP	Horno para Preformas Pet	35
G-A-SOP-EXTR-001	Extractor 1	22
G-A-SOP-EXTR-002	Extractor 2	22
G-A-FIL-BOMBD	Bomba Dosificadora	62
G-A-FIL-TCOCO	Tanque de Filtrado de Cáscara de Coco	33
G-A-FIL-TCARBON	Tanque de Filtrado de Carbón Activado	33
G-A-FIL-TARENA	Tanque de Filtrado de Arena Katalox	33
G-A-FIL-LAMPUV	Lámpara Ultravioleta VP 950	19

7.4 MATRIZ DE CRITICIDAD

Al conocer los valores de la consecuencia y la frecuencia de fallas se puede calcular la matriz de criticidad que permite clasificar los equipos en tres secciones que son equipos no críticos, equipos de criticidad media y equipos críticos; la matriz de criticidad está definida por la siguiente tabla:

Tabla 12. Matriz de criticidad

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

Fuente: Notas de clase Ingeniero Carlos Borrás Pinilla.

Según la matriz de criticidad para los equipos de la sede de Girón, creada basados en los criterios de la inspección de las zonas más críticas en la planta tenemos:

- Equipos críticos (120-200): son aquellos equipos que presentan una cantidad grande de fallas al año, su costo de mantenimiento es muy alto y sin dichas maquinas la producción de lotes de agua envasada se ve afectada generando paradas deseadas.
- Equipos de criticidad media (60-120): entre estos equipos se encuentran aquellos que retrasan los procesos de producción y afecta ciertas áreas específicas, aunque no presentan una gran cantidad de fallas anuales y algunas tienen acceso a repuestos disponibles en la planta.
- Equipos no críticos (1-60): dichos equipos no afectan de manera grave el proceso productivo y la mayoría tiene más de un repuesto disponible que permite realizar dichas tareas de manera constante y sin interrupciones, además tampoco presentan menos de 1 falla al año.
- Como resultado se obtiene la tabla de criticidad de la manera siguiente:

Tabla 13. Matriz de criticidad aplicada

Codificación	Equipo	Valor de Criticidad
G-A-SOP-SOPB	Sopladora de botellas semiautomática	180
G-A-ENV-MALLB	Máquina automática de Lavado-Llenado de Botellas	176
G-A-ENV-MEMPAC	Máquina de Empacado de Agua	172
G-H-COR-MACH	Máquina Automática de Cubos de Hielo	141
G-H-COR-TRIT-001	Trituradora de Hielo 1	105
G-H-COR-TRIT-002	Trituradora de Hielo 2	105
G-H-CON-TENFR-001	Torre de Enfriamiento 1	98
G-H-CON-COMPTT	Compresor Tipo Tornillo	94
G-H-CON-CHILL-001	Intercambiador de Placas Chiller 1	94
G-H-ALM-COMP2A	Compresor Tipo 2A	94
G-A-TRA-BOMBTL	Motobomba Tipo Lapicero	86
G-A-ENV-TENFR-002	Torre de Enfriamiento 2	70
G-A-SOP-COMPAA	Compresor de aire de alta	70
G-H-CON-BAGIT-001	Bomba Agitadora 1	66
G-H-CON-BAGIT-002	Bomba Agitadora 2	66
G-A-ENV-COMPK	Compresor Kaizer	62
G-A-ENV-CHILL-002	Intercambiador de Placas Chiller 2	62

Codificación	Equipo	Valor de Criticidad
G-A-FIL-BOMBD	Bomba Dosificadora	62
G-H-CON-COMP-001	Compresor de Aire 1	42
G-H-CON-COMP-002	Compresor de aire 2	42
G-A-ENV-BTRASP	Banda Transportadora de Botellas	42
G-A-TRA-EBOMB-001	Electrobomba 1	38
G-A-TRA-EBOMB-002	Electrobomba 2	38
G-A-SOP-HSOP	Horno para Preformas Pet	35
G-A-FIL-TCOCO	Tanque de Filtrado de Cáscara de Coco	33
G-A-FIL-TCARBON	Tanque de Filtrado de Carbón Activado	33
G-A-FIL-TARENA	Tanque de Filtrado de Arena Katalox	33
G-H-ALM-GRPF	Grúa Puente Fijo	25
G-A-TRA-BOMBH-001	Bomba Hidroflo 1	24
G-A-TRA-BOMBH-002	Bomba Hidroflo 2	24
G-A-TRA-BOMBH-003	Bomba Hidroflo 3	24
G-A-TRA-BOMBH-004	Bomba Hidroflo 4	24
G-A-EMP-HENFAR	Horno para Enfardadora	23
G-H-ALM-SISTPOL	Sistema de Polipasto	22
G-A-SOP-EXTR-001	Extractor 1	22
G-A-SOP-EXTR-002	Extractor 2	22
G-A-ENV-CARB	Carbonatador	21
G-A-EMP-VENT-001	Ventilador 1	20
G-A-EMP-VENT-002	Ventilador 2	20
G-A-EMP-VENT-003	Ventilador 3	20
G-A-EMP-ENFARD	Enfardadora	19
G-A-FIL-LAMPUV	Lámpara Ultravioleta VP 950	19
G-A-ETI-FECH	Maquina fechadora	18
G-A-ETI-ETIQ	Etiquetadora	18

7.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Mediante los resultados obtenidos en el análisis de criticidad se logra clasificar los equipos más críticos de la sede Girón; cabe resaltar que en el análisis no se tiene en cuenta elementos críticos sino equipos críticos debido a su afectación directa con los procesos productivos. Por lo tanto, el plan de mantenimiento se enfocará principalmente en los equipos críticos:

- Sopladora de botellas semiautomática
- Máquina automática de lavado y llenado de botellas
- Máquina de empacado de agua
- Máquina automática de cubos de hielo

La gestión de mantenimiento se enfocará en la realización de actividades rutinarias y programadas de cambio con fin de prevenir las fallas, que serán registradas mediante fichas técnicas, hojas de vida y listas de chequeo especiales para los equipos más críticos, con fin de reducir los índices de paradas indeseadas y aumentar la disponibilidad de los equipos mediante el manejo correcto del tiempo de trabajo.

Además, para los equipos de criticidad media o no críticos también existirá una ficha técnica y hoja de vida para el registro de datos. También se recomienda realizar una parada programada para todos los equipos al menos una vez cada año para realizar actividades de mantenimiento general de todos los equipos de la planta.

8. FUNCIONES Y COMPONENTES DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE LA SEDE GIRÓN

Mediante el análisis de criticidad se estableció que la recientemente añadida línea de envasado de agua es la más crítica, lo cual es un resultado lógico por varios motivos, siendo el más relevante la poca experiencia en los años de trabajo en esta área, la cual a diferencia de la producción de hielo apenas se encuentran en una etapa prematura y por tanto es un área de oportunidad para mejorar. Por otro lado, estos equipos son relativamente nuevos y la mayor parte del mantenimiento es realizada por los mismos fabricantes en los primeros años como es establecido en su factura de compra, esta información se obtiene de la misma empresa.

Ahora bien, la importancia de aplicar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos críticos que son relativamente nuevos, generara el aumento de su vida útil y por tanto mayores beneficios para la empresa. Los equipos críticos hacen parte de la fase final en la producción agua envasada y además son equipos complejos compuestos de varios elementos que deben ser estudiados para realizar un plan de actividades que permitan mantener cada elemento.

El resultado obtenido demuestra que es claro que estos equipos posean los valores de criticidad más altos, debido a la presencia de fallas contantes que paralizan los procesos de envasado y de la calidad del envase, que afecta directamente el deseo de expansión en el mercado por parte de la empresa.

8.1 SOPLADORA DE BOTELLAS SEMIAUTOMÁTICA

Funciones y componentes del equipo. Esta máquina se encarga del proceso de extrusión de las preformas previamente inyectas tipo PET de la empresa. Para realizar este proceso se requiere del horno para el calentamiento previo de dichas

preformas y luego ser introducidas en su molde de soplado según el tamaño deseado, por medio de la alta presión generada por el compresor de alta se expande la preforma y luego se libera del molde para su almacenamiento hasta el momento del lavado y llenado. Actualmente solo se posee una máquina y la cual requiere de un solo operario que se encarga de todas las operaciones correspondientes para el soplado de las preformas.

Figura 9. Sopladora de botellas semiautomática



Este equipo cuenta con un sistema de eléctrico y de control para el manejo de operario, que le permite accionar el proceso, inclusive posee una opción de lubricación automática. También cuenta con unos ejes de movimiento, un sistema

de engranajes y reductor de velocidad, un sistema de cadenas, todos movidos por un motor de 1HP con sus respectivos rodamientos de bolas que participan en los procesos de movimiento de los moldes.

Figura 10. Sistema interno de la sopladora semiautomática



Tiene un sistema hidráulico compuesto por un tanque de aceite y los ductos que mueven los dos pistones encargados de liberar el aire a presión para la extrusión de las botellas, este sistema se encarga de generar la presión suficiente para evitar que el aire tenga fugas.

8.2 MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO-LLENADO DE BOTELLAS

Funciones y componentes del equipo. Este se encuentra en una zona aislada, además cuenta con procesos automatizados de filtrado por luz ultravioleta, lavado por inyección, llenado por inyección y sellado de las botellas. Para acceder a la zona es necesario tener un equipo de protección personal por motivos de higiene y salubridad de los productos, es necesario atravesar una zona de lavado antes de ingresar.

Figura 11. Sistema interno de la sopladora semiautomática



Después del proceso de extrusión las botellas son enviadas por una línea de transporte y llegan a la zona de lavado, primero las botellas son alineadas en posición correcta para su lavado, y luego son transportadas a la zona de llenado. Una vez en la zona de llenado las botellas deben ser alineadas una vez más para que la maquina logre llenar la cantidad correcta de líquido, después de esto son selladas con su tapa, y enviadas a la banda transportadora donde son etiquetadas y enviadas para empacar por lotes.

Este equipo cuenta con su propio sistema eléctrico y de control, encargado de regular la presión y el flujo del líquido utilizado en la zona de lavado y llenado. El equipo tiene una base y cabina que aíslan del exterior para evitar la presencia de suciedad en el producto.

Figura 12. Zona de lavado de botellas



El sistema de movimiento de botellas posee un motor de 2 HP, ejes, bujes, engranajes, reductores de velocidad y rodamientos que deben ser alineados milimétricamente para evitar problemas en el llenado de las botellas, si este sistema esta desalineado la máquina no llena las botellas completamente.

El proceso de lavado y llenado es realizado por inyección, mediante un sistema de flujo y control de válvulas medido con caudalímetros másicos, el agua es almacenada en un tanque y transportada por tuberías con filtros y exposición a luz ultravioleta. También cuenta con brazos neumáticos, hidráulicos y sujetadores que mueven las botellas y las sellan.

Figura 13. Zona de llenado de botellas



8.3 MÁQUINA DE EMPACADO DE AGUA

Funciones y componentes del equipo. Esta máquina también se encuentra en una zona aislada por motivos de salubridad e higiene de los productos, puede ser usada para empaquetar líquidos en los tamaños de 350 ml y 600 ml, la máquina posee un sistema de rodillos movido mediante dos motores de 1 HP cada uno, realiza un proceso de esterilización ultravioleta del film de plástico que es ajustado por el operario. El film de plástico debe atravesar el proceso de fechado, sellado vertical, llenado y sellado horizontal para terminar con el corte de la bolsa. Este equipo contiene una bomba volumétrica que es la encargada de transportar el agua purificada desde el tanque hasta la zona de llenado de bolsas, el nivel de líquido en el tanque de alimentación no debe sobrepasar 0.5 metros por encima de la posición de la bomba volumétrica.

Figura 14. Máquina de empaquetado de agua



La máquina cuenta con un tablero electrónico y panel de control, un sistema de ajuste para el film de plástico, un reducto de velocidades, una base para la bomba y las placas del formador. También cuenta con un sistema de levas de ajuste para el tamaño de las bolsas y un sistema de válvulas cheque y bypass.

En el proceso también participan las bridas de sujeción y tensión del rollo de film, que mediante una guía ajustable evita que el film se doble. Por último, el proceso de llenado se lleva a cabo mediante un tubo central de llenado y un tubo alimentador que conectan al tanque y la bomba.

Figura 15. Máquina de empaçado de agua en vista lateral



8.4 MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CUBOS DE HIELO

Funciones y componentes del equipo. Este equipo se encarga de los procesos de congelación y corte de los cubos de hielo, para los procesos de congelamiento utiliza el compresor 1 que se encuentra en un compartimiento contiguo. El equipo cuenta con un sistema de panel de control y un sistema de medición de presión con manómetros de presión de entrada y salida.

El suministro de agua es llevado desde los tanques de almacenamiento hasta la zona donde se encuentra este equipo. Posee un tanque de almacenamiento propio con un contacto flotador, una bomba de agua y un sistema de tuberías con sus respectivas válvulas que permiten el movimiento del agua a través el equipo. También cuenta con un sistema de filtros, indicadores de nivel, reguladores de agua y controles de seguridad.

Posee su propio compresor, condensador, intercambiador de calor y congelador que participan en los procesos de congelación del agua en forma tubular, que luego son transportados a la zona de corte. Para este proceso se utiliza ácido fosfórico líquido que debe ser agregado al tanque de agua, el ciclo de enfriamiento dura alrededor de 30 minutos.

Figura 16. Máquina automática de cubos de hielo



El motor de la cuchilla es de 2 HP, y se encarga de cortar los tubos de hielo en pequeños cubos para el consumo humano, estos cubos atraviesan un colador y son posteriormente empacados y llevados a almacenar. También cuenta con un sistema propio de limpieza por medio de una hidrolavadora a presión interna puesto que es muy importante remover cualquier sedimento en el tanque antes de empezar un nuevo ciclo de trabajo para el equipo.

Figura 17. Zona de cortado de cubos



Al igual que los equipos de llenado esta máquina se encuentra aislada por motivos de salubridad e higiene de los productos, es necesario entrar con el equipo de protección personal y además atravesar una zona de lavado antes de entrar.

9. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA SEDE GIRÓN

El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades programadas para el mantenimiento que en este caso incluye a los equipos más críticos de Industrias La Esmeralda en su sede de Girón. Las actividades serán divididas en actividades rutinarias que serán realizadas diaria o semanalmente y en actividades programadas que serán realizadas a lo largo de un año.

9.1 ACTIVIDADES PARA LA SOPLADORA DE BOTELLAS SEMIAUTOMÁTICA

Actividades rutinarias

1. Lubricación automática del sistema: Según fabricantes se debe asegurar que el sistema se encuentre bien lubricado antes de iniciar un nuevo ciclo de trabajo, para esto la maquina posee su propio sistema automático de lubricación. Utilice el botón cuando los índices de lubricación en las partes móviles sean muy bajos para evitar el desgaste de las mismas.
2. Limpieza diaria: Desmonte y limpie el cabezal de extrusión siempre antes de poner en funcionamiento la máquina para evitar la presencia de partículas en los productos finales; limpie y almacene correctamente los materiales a procesar.
3. Niveles de temperatura y presión: Revise que los niveles de temperatura y presión son los indicados para trabajar con el fin de evitar la pérdida de materiales, estos índices pueden influir negativamente en el acabado final y la forma de las botellas.
4. Sistemas eléctricos e hidráulicos: Se recomienda realizar chequeos a los circuitos eléctricos y el panel de control para verificar que funcione

correctamente antes de iniciar el turno de trabajo. Verifique que haya presencia de fugas o desgaste en los elementos de trabajo.

ADVERTENCIAS: Antes de poner en marcha la máquina asegúrese de portar su uniforme de protección personal según del caso dado de posibles riesgos al realizar esta actividad. También verifique que el sistema eléctrico ubicado en la planta inferior este activo y además que el compresor de aire de alta presión funcione correctamente para empezar su ciclo de trabajo.

Actividades programadas

1. Niveles de lubricación: El fabricante recomienda que mensualmente se revisen los niveles de aceite en la máquina, que no se encuentren por debajo del indicado en la máquina con el fin de evitar desgastes prematuros en la máquina y permitir la lubricación constante requerida por el sistema.
2. Sistemas hidráulicos: Revise por presencia de fugas, desgaste y desajuste de las piezas cada mes; realice los ajustes y cambios necesarios para permitir el correcto funcionamiento de los componentes.
3. Sistema de movimiento: Cada 6 meses el fabricante recomienda cambiar los rodamientos de bola y los bujes debido a las horas de trabajo extensivo de esta máquina.
4. Revisiones del motor: Mensualmente realice lecturas de voltaje y amperaje, según el fabricante es importante revisar todas las piezas del motor por presencia de desgaste y cambio necesarios.

Fallas, causas y soluciones: En la siguiente tabla se encuentra algunas de las fallas más comunes que se pueden presentar en la sopladora semiautomática de botellas.

Tabla 14. Problemas, causas y soluciones de la sopladora semiautomática de botellas

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La sopladora no funciona	Corte del suministro eléctrico	Inspeccione los suministros eléctricos con el personal calificado.
	Bajo voltaje.	
	Los niveles de temperatura son muy altos	Verifique que los sistemas de refrigeración y ventilación funcionen adecuadamente.
Mala calidad del producto final	Las botellas se arrugan	Verifique que el aire que se inyecta se encuentra a la temperatura y presión indicada.
	Las botellas se queman	Reduzca los niveles de temperatura.
	Bajo índice fluidez	Evite que el precalentamiento de las preformas no sea mayor al tiempo estipulado.
Se encuentra suciedad en las botellas	Presencia de polvo en la materia prima	Asegúrese de que las preformas PET se encuentra limpias antes de empezar cualquier ciclo de trabajo.
	Presencia de polvo en la boquilla	Inspeccione y limpie las boquillas antes de comenzar cualquier ciclo de trabajo.
Presencia de ruidos en las partes en funcionamiento	Partes desajustadas	Lubrique
	Falta de lubricación	Ajuste
	Partes desgastadas	Identifique y cambie

9.2 ACTIVIDADES PARA LA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO-LLENADO DE BOTELLAS

Actividades rutinarias

1. Limpieza del equipo: Asegúrese de inspeccionar y limpiar los elementos para evitar la presencia de partículas y suciedad en los productos, la mayoría de los elementos puede ser lavados con agua, especialmente los inyectores de suministro de agua.
2. Ajuste de alineación y medida volumétrica: Analice todas las piezas que trabajo estén alineadas para asegurar el nivel de llenado indicado y el sellado correcto de las botellas. La desalineación de estos elementos es muy frecuente en este

equipo. También es importante cerciorarse de que el nivel de llenado sea el correcto según el tamaño de las botellas, siempre antes de empezar el turno.

3. Índices de presión y lubricación: Antes de empezar un turno de trabajo, verifique que los niveles de presión son los indicados para los procesos de lavado y llenado. Además, compruebe que las piezas poseen la lubricación correcta para empezar a trabajar.
4. Sistemas de transmisión: Revise la presencia de vibraciones, ruidos, desgastes, desajustes y fugas antes de empezar cada turno, notifique de la presencia de alguna para realizar los cambios y/o ajustes necesarios.
5. Sistemas eléctricos: Asegúrese de que el equipo revise la energía necesaria para trabajar, verifique que las conexiones se encuentran en buen estado, la maquina debe estar conectada a tierra. Cerciórese que las actividades son realizadas con la máxima seguridad.

ADVERTENCIAS: Evite abrir la cabina de la maquina cuando este se encuentre en funcionamiento a menos que sea necesario. Verifique que no haya presencia de algún elemento ajeno antes de poner en marcha. Porte su equipo de protección personal requerido para esta operación. No efectuar ningún tipo de operación mientras la máquina se encuentra en funcionamiento.

Actividades programadas

1. Reajustes internos: Verifique el sistema interno de trabajo, realice ajustes a las correas y cadenas al menos cada mes, para asegurar que los sistemas de trasmisión funcionan correctamente.
2. Cambios a piezas internas: El fabricante recomienda que cada 6 meses se realice una inspección interna más minuciosa y se verifique la presencia de desgaste en los elementos, también recomienda cambiar las correas y los rodamientos de bola cada 6 meses.

3. Revisiones del motor: Mensualmente realice lecturas de voltaje y amperaje; lubrique rodamientos y cadenas, revise todas las piezas por presencia de desgaste y cambio necesarios.
4. Revisiones a la bomba: Según el fabricante es de suma importancia revisar la bomba y su sistema interno al menos una vez por mes, busque la presencia de fugas y desajustes en el sistema, analice la presencia de ruidos y vibraciones.

Fallas, causas y soluciones: A continuación, se podrán observar las fallas que pueden existir en la vida de trabajo de un equipo automatizado como la máquina de lavado y llenado de botellas.

Tabla 15. Problemas, causas y soluciones de la máquina automática de lavado-llenado de botellas

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La máquina no funciona	Corte del suministro eléctrico	Inspeccione los suministros eléctricos con el personal calificado.
	Bajo voltaje.	
Las botellas no se llenan al nivel indicado	Se presenta un atranque en los embudos	Revise la existencia de suciedad o defectos en los embudos.
	Las botellas no se posicionan correctamente	Analice que el sistema de posicionamiento de las botellas funcione correctamente y realice los cambios necesarios.
	Los embudos no se posicionan correctamente	Chequee que la posición de los embudos sea correcta y realice ajustes.
	Calidad del producto	Verifique que la densidad y calidad del producto es la indicada por el fabricante.
Las elementos en funcionamiento presentan ruidos	Partes desajustadas	Lubrique.
	Falta de lubricación	Ajuste.
	Partes desgastadas	Identifique y cambie.
Disminución en la productividad	Defecto en los sistemas de transporte	Revise los elementos por presencia de desgaste o desajuste.
	Pérdida de tiempo en el cambio de posiciones	Reajuste los elementos implicados con personal calificado.
	Problemas de funcionamiento del motor	Identifique la presencia de fallas eléctricas, falta de lubricación, entre otras, en el motor principal.
Problemas en el proceso de sellado de las botellas	Falta de precisión en el sellado	Realice ajustes para asegurar que las botellas sean bien posicionadas.
	Falta de energía en el sistema	Verifique que la energía suministrada para cumplir esta tarea sea la indicada.

9.3 ACTIVIDADES PARA LA MÁQUINA DE EMPACADO DE AGUA

Actividades rutinarias

1. Cebado de la bomba: Encienda la máquina, verifique que la válvula está en posición cerrada, asegúrese que el líquido no presente burbujas de aire en la manguera de succión ubicada en la parte inferior.
2. Lubricación diaria: Lubrique los puntos de la parte frontal señalizados dos veces por día y los puntos posteriores una vez por turno.
3. Ajuste de llenado: Afloje la tuerca de fijación de la biela de la bomba, calibre con el tornillo volumen de agua (hacia arriba disminuye, hacia abajo aumenta), luego ajuste la tuerca de fijación.
4. Cambio de resistencias de corte: Revise el estado de las resistencias de los selladores y de la fechadora, ya que al uso continuo generan un desgaste muy rápido, es necesario hacer el cambio al máximo de 4 horas de trabajo continuo.
5. Limpieza diaria: Después del uso lave el líquido residual en el tubo de agua, puesto que este líquido podría convertirse en degenerativo y afectar la calidad del producto. Remueva la manguera plástica de succión y limpie con un cepillo, recuerde mantener limpio y seco.

ADVERTENCIAS: La máquina debe estar conectada a línea de tierra. Esta estrictamente prohibido tocar cualquiera de las piezas en movimiento cuando la empacadora está funcionando, especialmente la zona de sellado horizontal pues que puede ocasionar lesiones personales graves. Verifique la lámpara de esterilización se encuentra apagada antes de reemplazar el film ya que puede generar daños en los ojos.

Actividades programadas

1. Revisión interna de la bomba: Cada mes es necesario abrir la bomba y revisar por fugas o desgastes presentes, es necesario realizar el cambio de empaques y sellos mecánicos cuando se desgastan o presentan fugas. Para realizar la inspección recuerde trasladar la bomba a una zona limpia y asegurarse de evitar el contacto con partículas de suciedad.
2. Lubricación de la máquina: El fabricante recomienda revisar los niveles de aceite del reductor una vez por mes, chequee y lubrique las piezas móviles, utilice aceite para el motor y grasa a base de litio en los piñones y levas, para evitar desgastes prematuros en la máquina.
3. Limpieza de los selladores: Chequee semanalmente los selladores horizontal y vertical y limpie su superficie, el fabricante recomienda que no deben existir ningún tipo de incrustaciones en su superficie pues que reducirá su conductividad térmica.
4. Revisión externa de la bomba: Semanalmente revise que los niveles de ruido, temperatura y presión se encuentren en un rango de trabajo establecido por el fabricante, es muy importante porque puede significar la presencia de cavitación, desgaste de cojinetes, vibración excesiva, entre otros problemas que reducen la vida útil del equipo.
5. Lavado interno del dosificador: El fabricante recomienda que se realice este proceso semanalmente, ponga una manguera en el tubo de salida del líquido, cierra la válvula, introduzca la manguera de succión y de salida del recipiente, encienda la máquina y verifique que el líquido recircula por 5 a 10 minutos, luego abra la válvula para lavar el bypass por 3 minutos, finalmente pare la máquina.
6. Revisiones del motor: Mensualmente realice lecturas de voltaje y amperaje, verifique los elementos térmicos, lubrique rodamientos y revise todas las piezas por presencia de desgaste y cambio necesarios.

Fallas, causas y soluciones: A continuación, se puede ver algunos de los problemas más comunes que se puede presentar en la máquina de empacado de agua.

Tabla 16. Problemas, causas y soluciones de la máquina de empackado de agua

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La empacadora no trabaja y el indicador no enciende	Falta suministro eléctrico	Chequee el suministro eléctrico con personal calificado
	Bajo voltaje	
Las partes en movimiento presentan ruidos anormales	Falta de lubricación	Lubrique
	Partes desajustadas	Ajuste
	Partes desgastadas	Identifique y cambie
El llenado del líquido es variable, a veces es mucha cantidad o muy poca	EL tornillo que conecta el eje de acople a la biela en la bomba esta suelto	Revise y ajuste
	Hay partículas en la válvula de cheque	Limpie la válvula
	Hay aire en la succión o un empaque desgastado	Revise la manguera de succión, cambie el empaque
	El nivel del líquido en el tanque está muy alto	Baje el nivel del líquido al indicado
	La bomba no tiene hermetismo	Revise la bomba y cambie empaques
La longitud de la bolsa es variables, a veces es más larga o muy corta	Los discos jaladores de caucho están sucios o dañados	Limpie con jabón o cambie si están dañados
	El sistema de enhebrado del film no bascula normalmente	Revise el film y verifique que el eje cumpla con mantener la tensión del film
	Tiempo de sellado inadecuado	Incremento o disminuya gradualmente según el caso
El sellador horizontal corta el teflón	Exceso de presión sobre el caucho	Retire un poco el sellador
El sellador horizontal quema el teflón	Exceso de tiempo	Reduzca 1 o 2 décimas de segundos
El sellador horizontal no corta bien, la bolsa se queda pegada	Falta de tiempo	Incremento el tiempo 1 o 2 décimas de segundo
	Falta de presión de la resistencia sobre el caucho	Ajuste la presión del sellador sobre el caucho
La bolsa queda sellada y cortada a un lado pero al otro lado no	El sellador horizontal esta caído de un lado y saliéndose del caucho hacia un lado	Centre la resistencia del sellador horizontal sobre el caucho de silicona
	Presión dispareja del sellador horizontal contra el caucho silicona	Verifique que el sellador horizontal asiente parejo sobre el caucho silicona para ejercer una presión uniforme, la presión ideal es cuando el caucho se contra 2mm
El fechador no imprime adecuadamente	Revise la cinta o su enhebrado	Cambie la cinta si esta desgastada
	Revise la temperatura	Ajuste la temperatura
El operador de la maquina siente descargas eléctricas ligeras o fuertes	Mala conexión de suministro eléctrico	Revise la conexión eléctrica
	No hay conexión a tierra	Haga conexión a tierra
	Le cae liquido al suministro de corriente o a los aparatos eléctricos	Revise fugas de agua que entren en contacto con las partes eléctricas

9.4 ACTIVIDADES PARA LA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CUBOS DE HIELO

Actividades rutinarias

1. Limpieza del tanque: Vacíe el tanque, remueva el sedimento y encienda la hidrolavadora y encárguese de revisar el tanque antes de empezar un nuevo ciclo de congelación, esto es muy importante ya que cualquier partícula residual puede afectar la eficiencia de la máquina.
2. Lubricación del sistema: Confirme visualmente que el motor de la cuchilla este lubricado, visualmente inspeccione que el indicador de aceite del compresor se encuentre entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ del vidrio.
3. Chequeo de válvulas: Inspeccione que las conexiones de agua se encuentren apretadas correctamente, abra las válvulas de entrada de agua al tanque y el condensador.
4. Revisión de fugas: Verifique con un aparato electrónico de detección de fugas de refrigerante, también inspeccione la presencia de fugas de agua, aceite, entre otros.
5. Revisión de controles de temperatura: Inspeccione los niveles y controles de temperatura, es muy importante porque influye en el proceso de congelamiento y la eficiencia de la máquina, antes cualquier anomalía es necesario actuar de inmediato.

ADVERTENCIAS: Antes de iniciar el ciclo de trabajo, confirme visualmente que todas las válvulas de paso en las líneas de refrigerante se encuentren abiertas conforme con las etiquetadas fijadas. Confirme el nivel del refrigerante al final de cada ciclo, es muy importante no permitir el acceso de aire o algún otro gas cuando se carga la unidad con refrigerante. Tenga en cuenta las regulaciones locales de manipulación de refrigerantes y su descarga en la atmósfera.

Actividades programadas

1. Limpieza del equipo: Es necesario realizar un proceso de limpieza exhaustivo, con un cepillo suave o un trapo limpie el interior de las placas de agua y la superficie de exterior de los tubos, nunca usar un cepillo metálico o un producto caustico. Enjuague los tubos y limpie las zonas de depósito.
2. Lubricación del motor y compresor: El fabricante recomienda revisar el indicador de nivel de aceite, si el nivel es bajo utilice una bomba de aceite para introducir en el sistema bajo presión, abra la válvula de servicio completamente hasta tope, hay que purgar el aire de la línea de descarga forzando con un poco de aceite. Verifique el nivel de aceite en el reductor del engranaje de la cuchilla, inspeccione la presencia de fugas y cambie el aceite una vez por año.
3. Revisiones del motor: Mensualmente realice lecturas de voltaje y amperaje, verifique los elementos térmicos, lubrique rodamientos y revise todas las piezas por presencia de desgaste y cambio necesarios.
4. Inspección de los elementos: Verifique semanalmente los elementos del equipo como la bomba, el condensador, el intercambiador de calor y el congelador; revise la presencia de fugas, vibraciones, desajustes y señales de desgaste, realice los cambios y ajustes necesarios.
5. Revisiones eléctricas: Mensualmente realice lecturas de voltaje y amperaje, verifique que los elementos eléctricos se encuentran en buen estado.

Fallas, causas y soluciones: A continuación, se puede ver algunos de los problemas más comunes que se puede presentar en la máquina automática de cubos de hielo.

Tabla 17. Problemas, causas y soluciones de la máquina automática de cubos de hielo

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La máquina no funciona	Corte del suministro eléctrico	Verifique el interruptor fusible o los cortacircuitos que surten energía a la máquina.
	El contacto de sobrecarga del motor del compresor se ha disparado	Verifique que no haya una conexión aflojada en los bornes del contacto del motor y del compresor que puedan causar consumo excesivo.
	EL contacto de temperatura de la cabeza del compresor se ha disparado	Verifique que no haya juntas del compresor rotas o ensamblajes de válvulas defectuosas, permita que el nivel de temperatura baje lo suficiente.
	El contacto de seguridad de presión alta/baja se ha disparado	Si se detiene por un contacto de alta presión inicie el contacto manualmente. Si se detiene por un contacto de baja presión, el contacto iniciara automáticamente cuando alcance la presión correcta de trabajo.
La máquina está congelada	La válvula de desagüe del tanque de agua está abierta o fuga	Cierre la válvula, repare o reemplace si es necesario
	El contacto flotador de refrigerante está pegado	Confirme que el contacto flotador este abriéndose y cerrándose.
	La válvula de suministro de líquido está pegada en la posición abierta	Confirme que la válvula no esté en la posición manual abierta, desmonte la válvula e inspeccione la presencia de suciedad en la válvula.
Baja capacidad de producción	Hay una carga baja de refrigerante	Verifique que no haya fugas. Si las hay, repare y añada refrigerante.
	El contacto flotador está pegado o en posición abierta	Asegúrese que el contacto flotador reciba corriente.
	No hay suficiente agua para producir hielo	Verifique la presión de agua recomendada a 30 PSIG mínimo, verifique que no haya restricción en el suministro de agua o en la válvula.
	El agua de producción de agua está caliente	Revise los niveles y sensores de temperatura.
Mala calidad de hielo	El sentido de rotación de la bomba del agua es erróneo	Verifique la rotación y compárela con la flecha en el cuerpo de la bomba de agua, invierta si es necesario.
	Hay una carga baja de refrigerante	Verifique el nivel de refrigerante en el receptor, efectué el ciclo de compresión si es necesario.
	El agua de purga es insuficiente durante la recolección	Verifique que el sifón de purga funcione correctamente y no haya

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
		restricciones de paso en el desagua del tanque
Alta presión de descarga del compresor	El condensador está sucio y causa restricciones en el flujo de aire	Inspección visualmente el condensador y limpie si es necesario
	Hay gases no condensables en el sistema	Siga el procedimiento de remoción de gases no condensables de la máquina, verifique que los gases han sido evacuados
Bajo nivel de aceite en el compresor	El separador de aceite no retorna el aceite	Verifique el flotador del separador de aceite y la válvula de paso y la línea de retorno de aceite para una restricción
	Los anillos de los pistones están desgastados	Desmunte el compresor y verifique el juego de anillos de los pistones, si encuentra una fuga de aceites mejor reemplazar el compresor

9.5 CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

De acuerdo con las actividades propuestas anteriormente es necesario crear un cronograma para garantizar el cumplimiento de las actividades del plan de mantenimiento, este cronograma se trabajará por medio de un sistema de lista de especiales de chequeo para los equipos críticos.

9.5.1 Listas de especiales chequeo y cronograma de registro. Las listas de chequeo especiales contienen información sobre de las actividades de mantenimiento que los operarios pueden realizar, la frecuencia con la que se debe realizar y además un sistema de colores que permite encontrar cierto tipo de información importante acerca cada de ítem, agregando observaciones detalladas de cada revisión realizada.

Teniendo en cuenta, algunas de las actividades rutinarias de la máquina automática de lavado-llenado de botellas, se crea una lista de chequeo diaria para el equipo:

Tabla 18. Lista de especial chequeo diaria para la máquina automática de lavado-llenado de botellas

Lista de chequeo diaria N°	Fecha:			
Nombre del equipo:	Hora inicial:			
Nombre del operario:	Hora final:			
Actividades				
Inspección visual general: fugas, ruidos, etc.				
Revisión del sistema eléctrico				
Ajuste de medida volumétrica				
Revisar lubricación de piezas en funcionamiento				
Observaciones:				

Donde el sistema de colores funciona de la siguiente manera:



Todo se encuentra bien y el operario revisó y/o realizó la tarea sin problemas



Se presenta un problema pero el operario revisa y soluciona inmediatamente



El operario encuentra necesario reportar de inmediato para que el personal calificado solucione

Para la misma maquina podremos realizar otra con actividades programadas con la siguiente:

Tabla 19. Lista de especial chequeo diaria para la máquina automática de lavado-llenado de botellas

Lista de chequeo mensual N°	Fecha:			
Nombre del equipo:	Hora inicial:			
Nombre del operario:	Hora final:			
Actividades				
Reajustes de piezas				
Revisiones del motor				
Revisiones de la bomba				
Verificar estado del sistema de transmisión				
Observaciones:				

Cabe resaltar que cada equipo deberá contar con:

- Lista de chequeo diaria.
- Lista de chequeo semanal.
- Lista de chequeo mensual.
- Lista de chequeo semestral.
- Lista de chequeo anual.
- Cronograma de registro.

Lo cual permite que cada equipo un registro fácil y además asegurar el cumplimiento de cada revisión por parte del personal implicado. Para esta tarea se podrá utilizar un cronograma de registro especial como el siguiente, que será llenada cada vez que una revisión es realizada.

Toda la información específica sobre las actividades junto con sus listas del chequeo y sus cronogramas de registro que se realiza para cada equipo critico se presenta en el **ANEXO A**.

9.6 INDICADORES DE GESTIÓN

Los indicadores de gestión se determinan como una expresión cuantitativa del comportamiento de un proceso que puede ser comparada con un punto de referencia, los cuales pueden ser decisivos al momento de tomar una decisión puesto que exponen las desviaciones del proceso estudiado con respecto al resultado deseado.

9.6.1 Tiempo medio entre los mantenimientos preventivos. Este indicador es muy importante como herramienta de planificación del mantenimiento, mediante la creación de un cronograma de actividades que cumpla con lo establecido según la gestión del mantenimiento. Se calcula dividiendo el tiempo total de trabajo del equipo entre la cantidad de fallas presentadas.

$$TPMP = \frac{\sum \text{Tiempo total de trabajo}}{\text{Cantidad de intervenciones preventivas}}$$

Ecuación 5, Cálculo de tiempo para todas las actividades preventivas.

9.6.2 Tiempo medio para intervenciones preventivas. Este indicador permite calcular el tiempo promedio que se debe utilizar en cada intervención preventiva con el fin de cumplir con la programación y planeación en un tiempo estimado, además se asegura que las actividades de mantenimiento no afecten el tiempo ni los procesos de producción.

$$TEMP = \frac{\sum \text{Tiempo total de intervenciones preventivas}}{\text{Cantidad de intervenciones preventivas}}$$

Ecuación N° 6, Cálculo del tiempo para cada actividad de mantenimiento preventivo.

9.6.3 Cálculo de indicadores de gestión. Para comenzar los cálculos es importante definir algunos factores principales:

Se estimarán las horas de trabajo total anuales de 50 semanas al año con turnos de 5 días y de 8 horas cada uno, por lo tanto, este valor será de 2000 horas de trabajo al año.

Se estima que actualmente el tiempo medio para reparar en la empresa es alrededor de 12 horas, esto se debe a la falta de rapidez en actuar frente a un evento inesperado. En la mayoría de los casos una falla puede parar la producción entre 1 o 2 turnos de trabajo.

El tiempo total de intervenciones preventivas por mes se estima en alrededor de 40 horas, teniendo en cuenta las actividades mensuales de cada equipo.

Ejemplo de cálculo para la sopladora de botellas semiautomática: Primero se procede a calcular el tiempo promedio entre las actividades de mantenimiento preventivo para este equipo

$$\begin{aligned} \text{TPMP} &= \frac{\sum \text{Tiempo total de trabajo}}{\text{Cantidad de intervenciones preventivas}} = \frac{2000 \text{ horas}}{18} \\ &= 111,11 \text{ horas laborales} \end{aligned}$$

Por último, se calcula el tiempo promedio para cada actividad de mantenimiento preventivo

$$\text{TEMP} = \frac{\sum \text{Tiempo total de intervenciones preventivas}}{\text{Cantidad de intervenciones preventivas}} = \frac{40 \text{ horas}}{11} = 3,63 \text{ horas}$$

De esta manera se obtienen los siguientes resultados para cada uno de los equipos críticos:

Tabla 21. Indicadores de gestión

INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		
EQUIPO	TPMP (Horas)	TEMP (Horas)
Sopladora de botellas semiautomática	111,11	3,63
Máquina automática de lavado y llenado de botellas	100	3,07
Máquina de empacado de agua	111,1	3,63
Máquina automática de cubos de hielo.	117,64	3,33

Al analizar los resultados se puede concluir:

El TPMP para todos los equipos se encuentra entre 100 y 120 horas lo que indica alrededor de un mes entre intervenciones preventivas. Dicho valor concuerda con las actividades programadas mensuales necesarias para asegurar la prevención de fallas como se estableció en las listas especiales de chequeo.

Para todos los equipos las intervenciones preventivas no superan más de 4 horas de trabajo de mantenimiento, con lo cual se espera reducir el tiempo medio de reparación actual y aumentar la disponibilidad de los equipos.

10. ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS

Finalmente, es muy importante definir un presupuesto estimado para el cumplimiento del plan de mantenimiento, así como todos los factores influyentes en el mismo, este valor será presupuesto será calculado acorde a los costos fijos y variables del mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Para realizar el análisis de costos se deben definir ciertos factores importantes:

- Mano de obra.
- Repuestos.
- Inventario.
- Perdida de producción.

El valor de mano de obra será estándar puesto que depende directamente de los empleados encargados del mantenimiento en la empresa, donde los internos son costos fijos y la contratación externa tiene un valor mínimo el cual puede ser variable, ya que no es siempre necesario contratar agentes externos para realizar todas las actividades de mantenimiento. Y es más costoso para el mantenimiento preventivo donde se incluyen además el costo del plan de mantenimiento para los activos.

Tabla 22. Costos de mano de obra

Personal	Salario
Técnico electromecánico	\$1.455.373
Ingeniero de mantenimiento	\$1.931.373
Contratación externa	\$1.100.000
Total promedio	\$4.486.746

Para hallar el costo de repuestos e inventario es necesario definir los elementos mantenibles de cada equipo, lo que permite encontrar el valor total por cada equipo como se muestra a continuación:

A. SOPLADORA SEMIAUTOMÁTICA DE BOTELLAS

Tabla 23. Sopladora Semiautomática de Botellas

Item	Elementos mantenibles	Cantidad	Costo de Repuestos	Costo De Inventario
1	Cadenas	2	\$145.455	\$42.182
2	Bujes	4	\$119.888	\$34.768
3	Boquillas	2	\$24.000	\$6.960
4	Filtro de aire	1	\$174.300	\$50.547
5	Pistones hidráulicos	2	\$239.900	\$69.571
6	Engranajes	4	\$58.900	\$17.081
7	Reductor de velocidad	1	\$25.986	\$7.536
8	Inyectores	2	\$61.850	\$17.937
9	Válvula solenoide	1	\$184.708	\$53.565
10	Motor 1 HP	1	\$420.000	\$121.800
11	Rodamiento de bola	4	\$120.000	\$34.800
12	Válvula cheque	2	\$47.800	\$13.862
TOTAL			\$1.622.787	\$470.608

B. MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO Y LLENADO DE BOTELLAS

Tabla 24. Máquina Automática de Lavado y Llenado de Botellas

Ítem	Elementos mantenibles	Cantidad	Costo de Repuestos	Costo De Inventario
1	Filtro de agua	1	\$130.000	\$37.700
2	Levas de ajuste	2	\$54.000	\$15.660
3	Inyector	8	\$125.500	\$36.395
4	Cabezal de agarre	8	\$55.000	\$15.950
5	Motor 2 HP	1	\$423.780	\$122.896
6	Pistón hidráulico	2	\$239.900	\$69.571
7	Rodamiento de bola	4	\$120.000	\$34.800
8	Válvula de cierre	2	\$24.800	\$7.192
9	Empaque	2	\$44.000	\$12.760
10	Bomba de agua	1	\$189.000	\$54.810
11	Sellos	2	\$58.000	\$16.820
TOTAL			\$1.463.980	\$424.554

C. MÁQUINA DE EMPACADO DE AGUA

Tabla 25. Máquina de Empacado de Agua

Ítem	Elementos mantenibles	Cantidad	Costo de Repuestos	Costo De Inventario
1	Válvulas cheque	2	\$135.720	\$39.359
2	Motor eléctrico 1 HP	2	\$889.800	\$258.042
3	Reductor de velocidad	1	\$255.990	\$74.237
4	Bomba volumétrica	1	\$169.000	\$49.010
5	Caucho sellador	2	\$93.980	\$27.254
6	Válvula bypass	1	\$2.900	\$841
7	Levas de ajuste	2	\$100.500	\$29.145
8	Acople	1	\$14.600	\$4.234
9	Sellador	2	\$99.990	\$28.997
10	Resistencias selladoras	2	\$14.500	\$4.205
11	Teflón adhesivo	2	\$77.990	\$22.617
12	Termocupla K	1	\$21.000	\$6.090
TOTAL			\$1.875.970	\$544.031

D. MÁQUINA AUTOMÁTICA DE CUBOS DE HIELO

Tabla 26. Máquina Automática de Cubos de Hielo

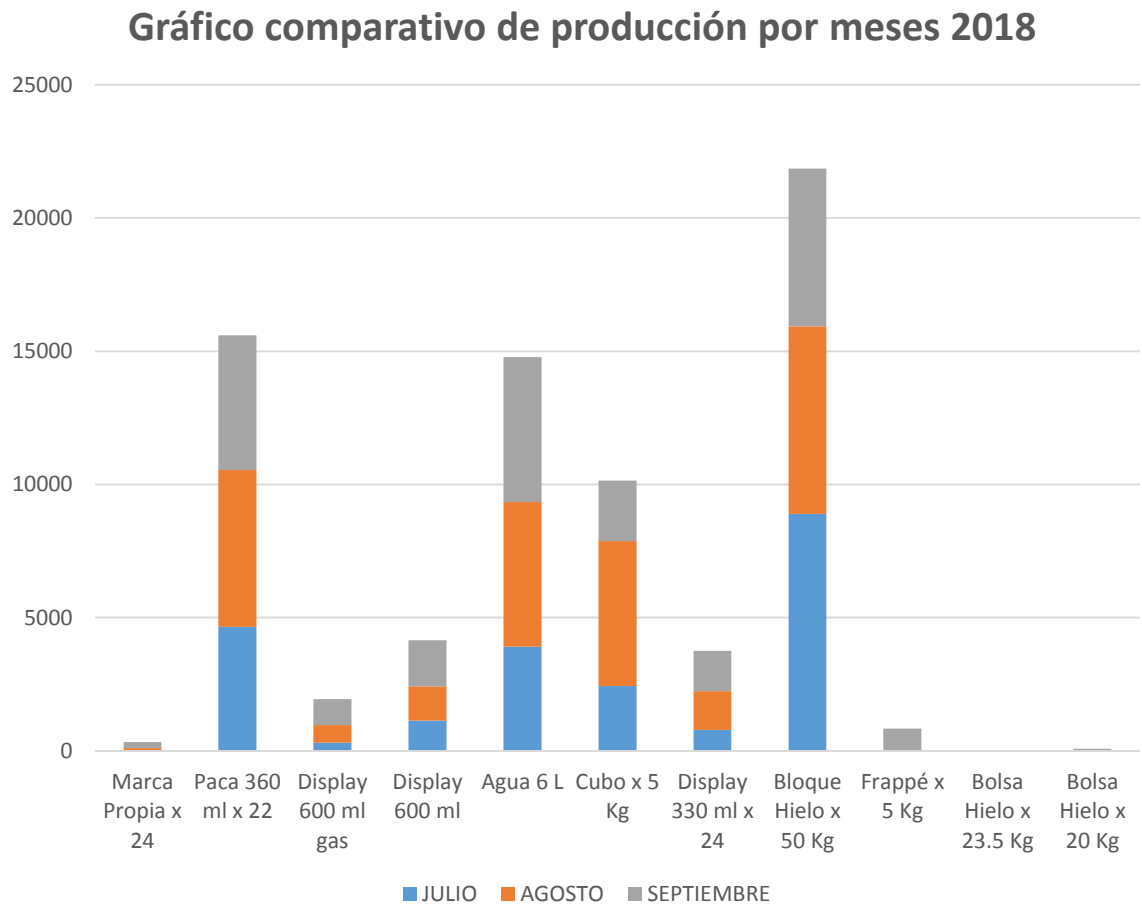
Ítem	Elementos mantenibles	Cantidad	Costo de Repuestos	Costo De Inventario
1	Manómetro de presión	2	\$36.000	\$10.440
2	Contactador	2	\$319.980	\$92.794
3	Válvula antiretorno	3	\$22.710	\$6.586
4	Válvula solenoide	4	\$184.708	\$53.565
5	Válvula de cierre	4	\$55.200	\$16.008
6	Filtro secador	1	\$26.000	\$7.540
7	Motor de cuchilla 1 HP	1	\$330.000	\$95.700
8	Regulador de agua	1	\$77.990	\$22.617
9	Bomba de agua	1	\$420.000	\$121.800
10	Condensador	1	\$46.490	\$13.482
11	Receptor	2	\$25.606	\$7.426
TOTAL			\$1.544.684	\$447.958

Por último, para calcular los valores de pérdida de producción de cada equipo se tiene en cuenta los valores de producción mensuales y el costo de venta al mercado de los productos obtenidos mediante las máquinas críticas. Para obtener el estimado del costo por pérdida de producción que genera cada equipo cuando está

fuera de funcionamiento, se necesita recurrir a cierta información otorgada por la empresa.

En la siguiente gráfica, se pueden observar los niveles de producción de la empresa, mediante el estudio realizado por uno de los empleados donde se muestra la cantidad de unidades vendidas en meses específicos.

Tabla 27. Gráfico comparativo de producción por meses



Fuente: Industrias La Esmeralda

A partir del gráfico, se obtiene la siguiente tabla que contiene el número de unidades vendidas en los meses especificados para cada producto.

Tabla 28. Tabla comparativa de producción por meses

TABLA COMPARATIVA DE PRODUCCIÓN POR MESES			
REFERENCIA	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Marca Propia x 24	21	82	226
Paca 360 ml x 22	4.658	5.879	5055
Display 600 ml gas	312	653	975
Display 600 ml	1.135	1.283	1728
Agua 6 L	3.911	5.426	5448
Cubo x 5 Kg	2.427	5.449	2270
Display 330 ml x 24	791	1.450	1516
Bloque Hielo x 50 Kg	8.900	7.030	5920
Frappe x 5 Kg			840
Bolsa Hielo x 23.5 Kg			30
Bolsa Hielo x 20 Kg			76

Fuente: Industrias La Esmeralda

Ahora bien, se debe analizar el precio de cada producto para conocer el valor de pérdida generado por unidad, para esto se obtiene una tabla con los valores monetarios de cada uno de los productos.

Tabla 29. Lista de precios de los productos La Esmeralda

LISTA DE PRECIOS INDUSTRIAS LA ESMERALDA	VALOR
Nieve	\$6.500
Bloque x 50 Kg	\$8.500
Bulto triturado	\$9.000
Bolsa triturada x25	\$6.000
Bolsa triturada x50	\$5.000
1/2 bloque	\$5.000
1/4 bloque	\$4.000
Sacos	\$700
Cubos 5Kg	\$4.500
Cubos 2.5Kg	\$3.000
Agua x22	\$3.500
Agua 6 L	\$2.000
Agua en display 600x24	\$20.200
Agua en display 600x24 gas	\$20.500
Agua en display 330x24	\$12.000
Frappe	\$4.500

Por último, es necesario seleccionar los productos realizados por cada uno de los equipos críticos para analizar cómo se relaciona con el valor monetario en pérdidas

de producción por cada equipo crítico. Una vez se posee la información necesaria sobre cada equipo se procede a realizar los siguientes cálculos:

Tabla 30. Cálculo de pérdida por producción

Nombre del producto	Promedio de unidades producción mensual	Producción por hora	Costo de pérdida por hora
Agua en display 600x24	1382	8,275449102	\$167.164
Agua en display 600x24 gas	647	3,874251497	\$79.422
Agua en display 330x4	817	4,892215569	\$58.707
Cubos de 5 [kg]	3382	20,25149701	\$91.132

Una vez obtenidos todos los datos anteriores mediante se puede realizar un cálculo estimado del valor mensual del costo tanto de una gestión correctiva como de una gestión preventiva.

Tabla 31. Análisis de costo de mantenimiento correctivo

Mantenimiento Correctivo				
Nombre del Equipo	Costo de mano de obra	Costo de repuestos	Costo de inventario	Costo de pérdida de producción
Sopladora semiautomática de botellas	\$4.486.746	\$822.787	\$0	\$3.945.376
Máquina de llenado-lavado de botellas		\$763.980	\$0	\$3.945.376
Máquina de empacado agua		\$975.970	\$0	\$939.312
Maquina automática de cubos de hielo		\$754.684	\$0	\$1.458.112
Total	\$4.486.746	\$3.317.421	\$0	\$10.288.176

En la tabla anterior se encuentra el costo mensual aproximado para una gestión de mantenimiento solo correctivo según los factores analizados anteriormente.

Tabla 32. Análisis de costo de mantenimiento preventivo

Mantenimiento Preventivo					
Nombre del Equipo	Costo de mano de obra	Costo de repuestos	Costo de inventario	Costo de pérdida de producción	Costo de software MP
Sopladora semiautomática de botellas	\$8.748.646	\$1.622.787	\$670.608	\$986.344	\$25.000.000
Máquina de llenado-lavado de botellas		\$1.463.980	\$524.554	\$986.344	
Máquina de empackado agua		\$1.875.970	\$644.031	\$234.828	
Maquina automática de cubos de hielo		\$1.544.684	\$727.958	\$364.528	
Total	\$8.748.646	\$6.507.421	\$2.567.151	\$2.572.044	\$25.000.000

En la tabla anterior se encuentra el costo mensual aproximado para una gestión de mantenimiento solo preventivo según los factores analizados anteriormente.

Tabla 33. Tabla comparativa de costos

Comparación	Total
Mantenimiento correctivo	\$18.092.343
Mantenimiento preventivo	\$45.395.262
Diferencia	\$27.302.919

Por último, se puede observar el valor comparativo entre ambas gestiones en la siguiente tabla. Para concluir este análisis de costos es muy importante resaltar que estos valores obtenidos son un estimado que depende directamente de la producción mensual en la empresa, la cual puede variar significativamente acorde a la demanda por temporada. Otro factor que puede afectar es el costo de la contratación externa que puede variar según el tipo de contratación realizada.

11. CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Debido al interés de la empresa en el proyecto y las ideas planteadas a medida que el proyecto avanzaba se tomaron varias decisiones para poder implementar con mayor facilidad una metodología de trabajo nueva, por lo tanto, la empresa contrato a nuevos trabajadores destinados directamente al área del mantenimiento, y se realizaron varias jornadas de capacitación acerca de los siguientes tópicos.

11.1 HERRAMIENTAS GRÁFICAS

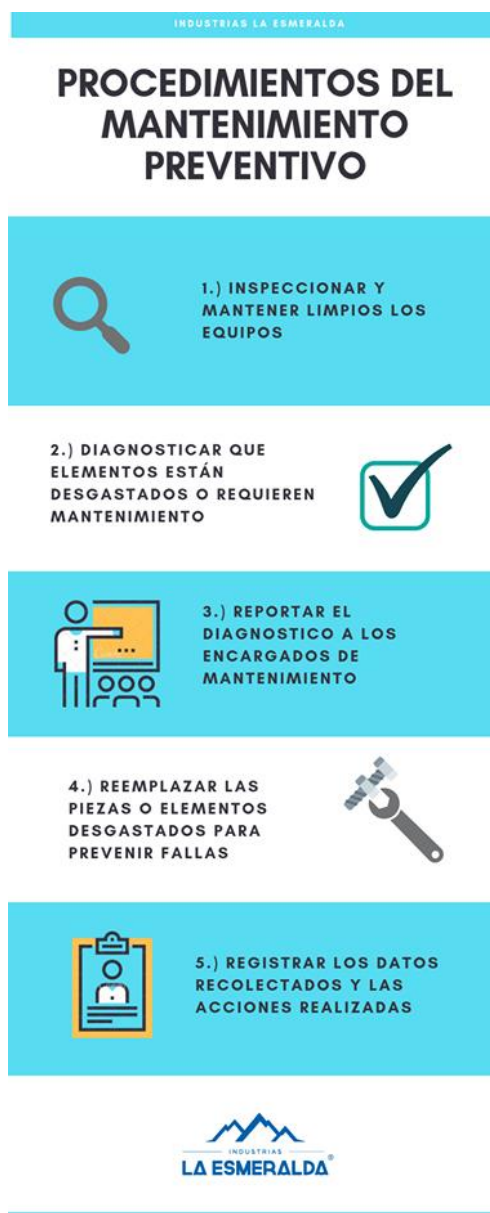
Las herramientas graficas se diseñan para resumir la información sin perder los puntos más significativos y son un recurso para expresar ideas complejas. Se plantea la implementación de este tipo de herramientas como son imágenes, gráficos, afiches, entre otros, que permitan transmitir la información deseada a los operarios y trabajadores de la empresa.

Figura 18. Sesión de capacitación con los trabajadores



De esta manera, los operarios tendrán más presente las nuevas normativas de trabajo respecto a las actividades que ellos deben realizar, así como también respecto a las obligaciones tanto de directivos como operarios. Es importante que todos los trabajadores tengan presente los nuevos conceptos de trabajo y como pueden beneficiar al crecimiento de la empresa.

Figura 19. Procedimientos del mantenimiento preventivo en Industrias La Esmeralda



11.2 PROGRAMA DE APADRINAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Este programa es muy reconocido a nivel mundial y es utilizado en algunas de las más grandes plantas del mundo debido a que facilita la distribución de tareas a realizar. Es importante de mencionar que algunos operarios consideraran esta metodología como un trabajo extra, pero cabe recalcarles que el objetivo de dicha metodología es reducir el tiempo de paradas no deseadas de los equipos; lo cual se traduce a mayor producción y mejores remuneraciones respecto a lo económico y el crecimiento de la empresa. En esta metodología se plantea asignar a un operario encargado de un equipo específicamente; entre las tareas que conllevara para el operario es ser el encargado de realizar las revisiones con las listas de chequeo especiales y estar al tanto de cualquier inconveniente que se presente con dicho equipo. También es necesario que el “padrino” sea el encargado de mantener el área de trabajo limpia y sin desorden.

Figura 20. Sesión de capacitación en el área de trabajo



El operario también deberá registrar la respectiva información de su equipo acerca de las actividades, procesos y protocolos del equipo para su correcto funcionamiento, lo que le permitirá aprender más del equipo con el cual trabaja a diario y así poder transmitir su conocimiento aumentando la base de datos de la empresa.

Figura 21. Nuevo equipo de mantenimiento



11.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN DIGITAL PARA DOCUMENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Se discutió respecto a la situación actual de Industrias La Esmeralda CIA. S. en C. debido a que no cuenta con un sistema de información digitalizado, por lo tanto, se plantea como recomendación el uso de un software especializado en gestión de

mantenimiento que le permita a la empresa gestionar las actividades con mayor facilidad. El software recomendado para la empresa es el MP Software, el cual requiere de una licencia paga para tener acceso a todas las ventajas que este proporciona. Se utilizará la versión de prueba para demostrar algunos de los beneficios y cualidades que presenta dicho software y como pueden ser utilizados en la empresa.

11.4.1 Funcionalidad. El software MP es recomendado por una gran cantidad de grandes empresa debido a su eficacia, sencillez y funcionalidad que ofrece a los encargados del mantenimiento en una empresa. Este software esta enfocado en directamente al mantenimiento preventivo, mediante la creación de catalogos con la información de cada uno de los equipos. Estos catalogos permiten acceder de manera rápida a información de cada equipo como su ubicación, el mantenimiento rutinario, ordenes de trabajo, respuestos, entre otros como se muestra a continuación.

Figura 22. Funciones del software

Catálogos
Localización de Equipos
Mantto. Rutinario
Mantto. no Rutinario
Mantto. Predictivo
Recursos
Control de Lecturas
OTs, Vales y Consumos
Calendarios
Análisis de Información
Garantías, Documentos y Ligas

En el catálogo se puede observar que cada equipo puede ser catalogado por su prioridad, tipo de equipo, línea de producción a la que pertenece, entre otras. El software permite realizar anotaciones especiales para distinguir los equipos más críticos de los menos críticos, lo cual facilita el plan de trabajo y acción para el cumplimiento de las tareas planteadas.

Figura 23. Catálogo de equipos

Catálogos - Equipos

Agregar

Modificar

<

11.4.2 Ficha técnica de los equipos. La ficha técnica es una herramienta de información muy importante que debe contener toda la información relevante de cada uno de los equipos tales como sus especificaciones, datos del fabricante, componentes, entre otros; las fichas técnicas facilitan el registro y organización de la información de todas las actividades de mantenimiento. Es importante recalcar

que cada equipo debe tener su propia ficha técnica con toda la información correspondiente.

Figura 24. Ficha técnica

Datos del equipo

Descripción: **MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO-LLENADO DE BOTELLAS (G-A-ENV-MALLB)**
 Localización: **\ SEGUNDO PISO**

Datos Generales Campos Personalizados Proveedor Notas Imágenes Archivos Adjuntos

Producto: **MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LAVADO-LLEN.** Capacidad:
 Marca: Modelo:
 Identificador, Serie, Placas: Otro 1:
 Otro 2: Código: **G-A-ENV-MALLB**
 Prioridad: **Alta** Clasificación 1: **Producción Línea B**
 Tipo de Equipo: **EQUIPO DE LLENADO** Clasificación 2: **ETIQUETA ROJA**
 Equipo Padre:
 Centro de Costo: **70-120**

Cerrar

11.4.3 Orden de trabajo. La orden de trabajo es un tipo de documento especial de registro y aprobación a cada una de las actividades de mantenimiento realizadas en cada uno de los equipos. Este documento debe ser entregado a quienes corresponda para registrar información sobre las actividades realizadas en cada uno de los equipos. Este documento también contiene cierta información adicional requerida como una descripción, herramientas empleadas y la duración del trabajo realizado.

Figura 25. Orden de trabajo

OTs, Vales y Consumos - Fase 1 - Generador de OTs

Agregar Manto. no rutinario

Actualizar Lecturas

Adelantar/Posponer Actividades

Filtro rápido

Quitar filtro

Equipos por atender hoy a fin de mes (del 9/07/2018 al 31/07/2018)

Generar OT

Consultar duración

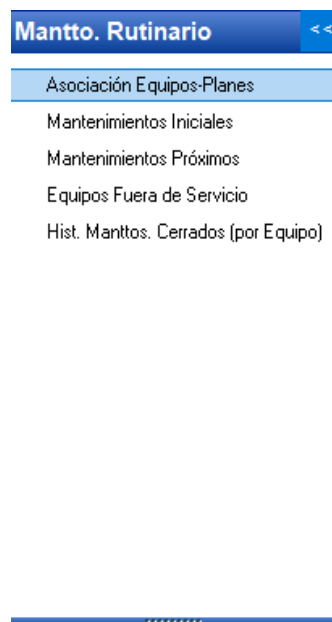
	Tipo	Descripción (Equipo/Inmueble)	Tipo de Equipo	Clasificación 1	Clasificación 2	Prioridad
☐		AZOTEA	(Inmuebles)			
☐		BOMBA AGITADORA 1 (G-H-CON-BAGIT-001)	EQUIPO DE BOMBEO	Producción Línea A	ETIQUETA VERDE	Baja
☒		BOMBA AGITADORA 2 (G-H-CON-BAGIT-002)	EQUIPO DE BOMBEO	Producción Línea A	ETIQUETA VERDE	Baja
☐		BOMBA DE AGUA 600 GPM GENERAL ELECTRIC	EQUIPO DE BOMBEO	Producción Línea A	ETIQUETA VERDE	Baja
☐		BOMBA HIDROFLO 1 (G-A-TRA-BOMBH-001)	EQUIPO DE BOMBEO	Producción Línea A	ETIQUETA AMARILLA	Baja
☐		BOMBA HIDROFLO 2 (G-A-TRA-BOMBH-002)	EQUIPO DE BOMBEO	Producción Línea A	ETIQUETA VERDE	Baja

Mantenimiento Rutinario: BOMBA AGITADORA 2 (G-H-CON-BAGIT-002)

Parte	Actividad	Tipo	Atraso	Clasificación 1	Clasificación 2	Prioridad	Duración	Requiere Paro
☒	Revisión y limpieza	Preventivo	59 día(s)	Mecanica		Baja	1 h 00 m	
☒	Lubricar y evaluar	Preventivo	70 día(s)	Lubricacion		Alta	2 h 00 m	
☒	Limpiar	Preventivo	59 día(s)	Mecanica		Media	0 h 30 m	

11.4.4 Gestión de las actividades de mantenimiento. Por último, el software permite introducir información acerca de las actividades planteadas y facilita el trabajo de registro de los equipos que se encuentran trabajando, bajo actividades de mantenimiento y las actividades próximas a realizar. De esta manera, los encargados de la gestión del mantenimiento pueden delegar las tareas con anterioridad, planear y realizar los cambios necesarios antes de la presencia de la falla.

Figura 26. Funciones de mantenimiento



Se llego al acuerdo mutuo de utilizar las herramientas que se preveen para poder implementar toda la metodologia trabajada en los capitulos anteriores mediante las capacitaciones realizadas con los trabajadores del equipo de mantenimiento.

RECOMENDACIÓN: Se recomienda a Industrias La Esmeralda utilizar la versión gratuita de este software, pero teniendo en cuenta que si desea acceder a todas las funciones que dicho software le ofrecen para la nueva metodología de trabajo deberán obtener la licencia del mismo.

12. CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis de criticidad para las líneas productivas de la sede Girón, mediante el cual se determinó el nivel de criticidad de todos los equipos; se logró clasificar los equipos más críticos los cuales son: la sopladora de botellas semiautomática que presenta fallas en sus balineras y bujes, la máquina automática de lavado y llenado de botellas que falla por desalineación de ejes en el área de llenado, la máquina de empacado de agua que falla por escapes de agua de algunas válvulas y la máquina automática de cubos de hielo que falla en el proceso de congelación.
- Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo que contiene cronogramas y listas de chequeo especiales para los equipos más críticos donde: se revisan las bujes y balineras, y se cambian antes de la falla para la sopladora de botellas semiautomática; se realizan inspecciones y alineaciones en la máquina automática de lavado y llenado de botellas; se realizan ajustes y sellados en las válvulas de llenado la máquina de empacado de agua; y se inspecciona el compresor y el tanque constantemente para la máquina automática de cubos de hielo.
- Mediante la información obtenida de la empresa se realizó un análisis de costos con valores comparativos entre la gestión correctiva y preventiva donde se evidenció que el costo preventivo es más caro por factores como el costo de inventario, costos de personal y costos de repuestos, sin embargo se considera como una inversión ya que reduce significativamente las pérdidas en la producción aumentando la rentabilidad de la planta.
- Se realizaron varias jornadas de capacitación con el nuevo equipo de mantenimiento donde se discutieron los temas tratados en este trabajo de grado como lo son las herramientas gráficas, tablas, hojas de cálculo, entre otras, con el objetivo de prevenir fallos mediante la asignación de tareas y el registro adecuado de la información para facilitar la gestión del mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ACAJABÓN VELÁSQUEZ, Luis Raúl. Diseño del plan de mantenimiento preventivo para línea de producción litográfica de la planta Grupo zapata Guatemala, S.A. Trabajo de Grado. San Carlos, Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala, 2010. P 91-149.

ISO 14224: Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment

DUARTE, David. GONZÁLEZ, Luis. Diseño e implementación de un sistema de información para la administración del mantenimiento en la empresa Inyesa LTDA, 2012. Trabajo de grado como requisito para optar al título de Especialista en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial De Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, Segunda Edición. Madrid, España: FUNDACIÓN COMFEMETAL, 2005. P 106-140.

GUZMAN MENDOZA, Diego Fernando. Plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de la planta de rendering del frigorífico Vijagual S.A., 2018. Trabajo de grado como requisito para optar al título de Especialista en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial De Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas

SALGUERO NIÑO, Julian Isauro. Plan de mantenimiento preventivo para la empresa García Vega S.A.S. seccional Centro y Girón, 2017. Trabajo de grado

como requisito para optar al título de Especialista en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial De Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas

ULLOA CRUZ, Cristian Hernando. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para los equipos de producción de la empresa Greif Colombia S.A. planta Bogotá, 2017. Trabajo de grado como requisito para optar al título de Especialista en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial De Santander. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas