CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

PROYECTO FINAL DE GRADO

Aplicación de Mantenimiento Centrado En Confiabilidad a las maquinas sopladoras de polietileno de alta densidad, de la empresa Cimplast S.A.C.I, situado en la ciudad de Mariano Roque Alonso.

AUTORA: *María Moncerrat Benítez Frutos*

TUTOR: *Prof. Ing. Oscar Manuel Benítez Frutos*

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE DE 2024.

Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.**
- **NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

Calificación final: ____(Números)

_____ (Letras)

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

DEDICATORIA

Dedico especialmente a mi madre, la Sra. Olga, por su amor incondicional y apoyo constante durante largo proceso.

También dedico a mi padre, el Sr. Oscar y a cada uno quienes forman parte de mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, el Ing. Oscar Manuel Benítez Frutos, por la idea inicial en el arranque de este proyecto y por sus consejos y acompañamiento durante la elaboración del mismo.

Al gerente técnico de la empresa Cimplast S.A.C.I, el Ing. Alexi Benítez Frutos, quien me apoyo y me brindo todas las informaciones requeridas para la realización de este proyecto.

RESUMEN

El presente Proyecto final de grado consiste en aplicar la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad al grupo de máquinas sopladoras de la planta número 6 de la empresa Cimplast, ubicada en la Ciudad de Mariano Roque Alonso-Py. Esta empresa cuenta con 6 plantas industriales, de las cuales fue seleccionada la planta N° 6. Esta planta se dedica exclusivamente al soplado de proforma para diversos tipos de productos, para la cual cuenta con 14 máquinas sopladoras de plástico. Estas máquinas presentan altos índices de fallas, mantenimiento correctivo y altos costo de mantenimiento.

La planta seleccionada no cuenta con un plan de mantenimiento y se opta por aplicar la metodología de RCM, para lograrlo se estudió excautivamente en que consiste dicha metodología y su proceso de aplicación, así también se estudió el funcionamiento de las máquinas, posterior a eso se elabora un plan de mantenimiento, la cual consiste en las tareas que se deben llevarse a cabo y con qué frecuencia debe ser realizado. Logrando disminuir las paradas no programadas en un 25% el primer año, un 15% el segundo año, un 10% el tercer año y un 5% el cuarto año, totalizando así una reducción de 55% las paradas no programadas un periodo de 4 años y con consecuente aumentando la disponibilidad y confiablidad.

Con el análisis económico realizado se puedo comprobar su viabilidad, obteniendo una TIR del 73,11%.

Palabras claves: Mantenimiento industrial, control industrial, industrias plásticas, polietileno de alta densidad, etc.

ABSTRACT

This final degree project consists of applying the Reliability-Centered Maintenance Methodology to the group of blowing machines at plant number 6 of the company Cimplast, located in the City of Mariano Roque Alonso-Py. This company has 6 industrial plants, of which plant No. 6 was selected. This plant is dedicated exclusively to proforma blowing for various types of products, for which it has 14 plastic blowing machines. These machines have high failure rates, corrective maintenance and high maintenance costs.

This company does not have a maintenance plan and opts to apply the RCM methodology, to achieve this, what this methodology consists of and its application process was studied exhaustively, and the operation of the machines was also studied, after which the A maintenance plan, which consists of the tasks that must be carried out and how frequently they must be performed. Managing to reduce unscheduled stops by 25% in the first year, 15% in the second year, 10% in the third year and 5% in the fourth year, thus totaling a 55% reduction in unscheduled stops over a period of 4 years and consequently increasing availability and reliability.

With the economic analysis carried out, its viability can be verified, obtaining an IRR of 73.11%.

Keywords: Industrial maintenance, industrial control, plastic industries, preforms, high-density polyethylene, etc.

ÍNDICE

Contenido

INTRODUCCION 1
I. REVISION BIBLIOGRAFICA 2
1.1 ANTECEDENTES 2
1.2 MARCO TEORICO 3
1.2.1 Plástico 3
1.2.1.1 Polímero Plástico 3
1.2.2 Industria Plástica 5
1.2.3 Proceso de moldeo del plástico 5
1.2.3.1 Moldeo por soplado 5
1.2.3.2 Moldeo por inyección 7
1.2.3.3 Equipos periféricos de las maquinas moldeadora de plástico 8
1.2.4 Mantenimiento industrial 8
1.2.4.1 Tipos de mantenimiento industrial 9
1.2.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) 9
1.2.5.1 Las siete preguntas básicas 10
1.2.5.2 Aplicación 10
1.2.5.3 Lo que se logra con el RCM 14
1.2.5.4 Riesgo medioambiental y seguridad 15
II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN 16
2.1 Planteamiento de problema 16
2.2 Justificación 18
III. Objetivos 19
3.1 Objetivo general 19
3.2 Objetivos específicos 19
IV. METODOLOGÍA ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.1 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2 Fases metodológicas. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 21
5.1 Diagnóstico o resultados del análisis del problema 21
5.1.1 Descripción de la empresa 21
5.1.2 Reconocimiento de la planta número 6 (titese) 21

5.1.2.1 Situación actual de los equipos 22
5.1.2.2 Parada de producción 23
5.1.3 Indicador de mantenimiento actual 24
5.1.3.1 Disponibilidad 24
5.1.3.2 Confiabilidad 27
5.1.3.3 Tiempo medio entre fallas MTBF 29
5.1.3.4 Tiempo medio de reparación MTTR 30
5.2 Propuesta al problema estudiado 32
5.2.1 Diseño del plan de mantenimiento 32
5.2.1.1 Diseño y aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM 32
5.2.2 Análisis técnico 33
5.2.2.1 Características del equipo natural de trabajo 33
5.2.2.2 Aplicación de la AMEF 34
5.2.2.3 Modos y efecto de falla 34
5.2.2.4 Resultado del análisis de los modos y efecto de la falla. 35
5.2.2.5 Aplicación de la hoja de decisión 35
5.2.3 Establecimiento de procedimiento de mantenimiento 37
VI. ANÁLISIS ECONÓMICO 39
6.1 Factibilidad 39
6.1.1 Beneficios 39
6.1.1.1 Disminución de tiempo inactividad de las maquinas 39
6.1.1.2 Incremento de la disponibilidad 39
6.1.1.3 Incremento de la productividad 40
6.1.2 Costo 41
6.1.2.1 Costo de aplicación 41
6.1.3 Evaluación económica 43
6.1.3.1 Determinación del flujo de caja proyectada 43
6.1.3.2 Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR) 43
6.1.3.3 Determinación del valor presenté neto (VPN) 43
CONCLUSIONES 44
RECOMENDACIONES 45
APENDICE 46
Apéndice A: Factibilidad 46
Apéndice C.3: Determinación del valor presenté neto (VPN) 47
Bibliografía **63**

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.2.1 POLÍMERO DE PLÁSTICO 4
FIGURA 1.2.2 POLIETILENO DE PLÁSTICO 4
FIGURA 1.2.3. MOLDEO POR SOPLADO 6
FIGURA 1.2.4 PARTES DE LA MAQUINA SOPLADORA DE PLÁSTICO 6
FIGURA 1.2.5 PARTES DE LA MAQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO 8
FIGURA 1.2.6 MÉTODO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM 11
FIGURA 7 PLANTA NÚMERO 6 DE LA EMPRESA CIMPLAST 48
FIGURA 8 PLANTA NÚMERO 6 DE LA EMPRESA CIMPLAST 48
FIGURA 9 PLANTA NÚMERO 6 DE LA EMPRESA CIMPLAST 49
FIGURA 10 PLANTA NÚMERO 6 DE LA EMPRESA CIMPLAST 49

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.2.1 EJ. DE FUNCIÓN Y FALLA FUNCIONAL 12
TABLA 1.2.2 EJ. DE FUNCIÓN, FALLA FUNCIONAL Y MODO DE FALLA. 13
TABLA 1.2.3 HOJA DE DECISIÓN 14
TABLA 5.1.4 PROBLEMAS FRECUENTES DE LAS MAQUINAS 23
TABLA 5.1.5 HS DE PARADA NO PROGRAMADA 24
TABLA 5.1.6 PARADA ANUAL NO PROGRAMADA DE CADA MÁQUINA. 24
TABLA 5.1.7 HS DE PRODUCCIÓN ACTUAL DE CADA MÁQUINA. 24
TABLA 5.1.8 DISPONIBILIDAD ACTUAL DE CADA MAQUINA SOPLADORA. 26
TABLA 5.1.9 CONFIABILIDAD DE CADA MAQUINA SOPLADORA. 28
TABLA 5.1.10 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS DE CADA MAQUINA SOPLADORA. 30
TABLA 5.1.11 TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN DE CADA MÁQUINA. 32
TABLA 5.2.12 ORGANIZACIÓN DE ACTIVIDADES. 33
TABLA 5.2.13 HOJA DE INFORMACIÓN DE MAQUINA SOPLADORA. 34
TABLA 5.2.14 MODOS DE FALLA. 35
TABLA 5.2.15 HOJA DE DECISIÓN DE MAQUINA SOPLADORA. 36
TABLA 5.2.16 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO. 37
TABLA 6.1.17 DISMINUCIÓN DE LAS HORAS DE INACTIVIDAD DE GRUPOS DE MÁQUINAS 39
TABLA 6.1.18 INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD. 40
TABLA 6.1.19 INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD. 40
TABLA 6.1.20 INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD (MAQUINA N° 1 AL N° 5). 41
TABLA 6.1.21 INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD (MAQUINA N° 6 AL N° 10). 41
TABLA 6.1.22 INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD (MAQUINA N° 11 AL N° 14). 41

TABLA 6.1.23 COSTO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO. 42
TABLA 6.1.24 COSTO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA. 42
TABLA 6.1.25 TOTAL COSTO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA. 42
TABLA 6.1.26 FLUJO DE CAJA PROYECTADA. 43
TABLA 27 DISPONIBILIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA. 46
TABLA 28 ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LAMETODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO. 46
TABLA 29 COSTO DE APLICACIÓN PARA UN GRUPO DE MÁQUINAS. 47
TABLA 30 FUJO DE CAJA PROYECTADA PROYECTADA. 47
TABLA 31 HOJA DE INFORMACIÓN DE LA MAQUINA SOPLADORA DE PLÁSTICO. 53
TABLA 32 HOJA DE DECISIÓN DE LA MAQUINA SOPLADORA DE PLÁSTICO. 54
TABLA 33 HOJA DE INFORMACIÓN DEL COMPRESOR DE AIRE DE ALTA PRESIÓN. 55
TABLA 34 HOJA DE DECISIÓN COMPRESOR DE AIRE DE ALTA PRESIÓN. 56
TABLA 35 HOJA DE INFORMACIÓN DESHUMIDIFICADOR DE CABINA. 57
TABLA 36 HOJA DE DECISIÓN DESHUMIDIFICADOR DE CABINA. 57
TABLA 37 HOJA DE INFORMACIÓN ENFRIADOR DE AGUA. 58
TABLA 38 HOJA DE DECISIÓN ENFRIADOR DE AGUA. 59
TABLA 39 HOJA DE INFORMACIÓN BOMBA DE VACÍO. 60
TABLA 40 HOJA DE DECISIÓN BOMBA DE VACÍO. 60
TABLA 41 HOJA DE INFORMACIÓN CARGADOR DE MATERIA PRIMA. 61
TABLA 42 HOJA DE DECISIÓN CARGADOR DE MATERIA PRIMA. 61
TABLA 43 HOJA DE INFORMACIÓN MOLINO GRANULADOR. 62
TABLA 44 HOJA DE DECISIÓN MOLINO GRANULADOR. 62

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

RCM: Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento centrado en confiabilidad).

PEAD: Polietileno de alta densidad.

PEBD: Polietileno de baja densidad.

AMEF: Análisis de modo y efecto de falla.

MTTR: Tiempo medio de reparación.

OEE: La eficacia global del equipo.

PMP: El porcentaje de mantenimiento planeado.

TIR: Determinación de la tasa interna de rendimiento.

VPN: Determinación del valor presenté neto.

PFD: Proyecto final de grado.

INTRODUCCION

Contar con un plan de mantenimiento adecuado es una garantía de que las máquinas funcionen adecuadamente y por ende toda la planta industrial, este sector ha evolucionado significativamente en los últimos tiempos, principalmente en el área tecnológico, organización, documental y económico, ya que es un aspecto fundamental dentro de una industria o empresa. Hoy en día se cuentan con máquinas muy modernas, tecnológicas y por lo tanto compleja por lo que es conveniente contar con un plan de mantenimiento acorde a su sistema.

La metodología RCM es uno de los tipos de mantenimiento más utilizados por su eficacia y eficiencia, permite identificar posibles fallas y sus causales, obteniendo que los equipos trabajen adecuadamente y en nivel óptimo. La planta N°6 de la empresa Cimplast S.A.C., no cuenta con un plan de mantenimiento y sufre constantes fallos, paradas de producción y, por consiguiente, pérdidas económicas.

El presente proyecto de fin de grado tiene como objetivo principal, diseñar un plan de mantenimiento dirigido a las maquinas sopladoras de plástico de la mencionada planta con la utilización de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad, que permitirá atenuar los problemas con los que cuenta actualmente la esta planta, logrando obtener resultados favorables en la producción y ganancia.

En relación al diseño metodológico del presente trabajo, se ha optado por un diseño descriptivo a fin de acudir a la información requerida para el planteamiento de alternativas y obtención de la solución del problema identificado.

I. REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1 ANTECEDENTES

CESAR ENRIQUE GUEVARA GAMARRA, PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA CGW PLASTIC S.A.C. PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS POR PARADA DE MÁQUINA, 2019.

Este proyecto final de grado se llevó a cabo en C.G.W Plastic, esta empresa se especializa en la producción de granulados de polipropileno a partir de materiales reciclables, los productos fabricados son: bolsas, paquetes, pallets y entre otros productos plásticos. Durante el proceso de producción suelen ocurrir varios incidentes la cual conlleva a la parada de producción afectando los beneficios de la empresa. En esta empresa no cuentan con plan de mantenimiento preventivo y cada vez que ocurre un problema, una falla o avería el personal se limita a realizar mantenimiento correctivo. Para realizar esta investigación se determinó inicialmente el estado de funcionamiento de las máquinas y se recogieron datos durante un periodo de 12 meses. La propuesta de gestión de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad propone reducir el número de paradas, fallas y averías en un 60.53%. Así mismo el tiempo de inactividad de la actividad ha disminuido durante el desarrollo de la producción. Las operaciones aumentaron un 95,75% y el margen de utilidad aumento un 16,98% anual. Esta gestión mejoro métricas como confiabilidad en un 97,29%, mantenibilidad en un 90,56% y disponibilidad en un 4,04%.

LEONARDO MINGUEL Y REANO RAMOS, PROPUESTA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN UNA EMPRESA REPROCESADORA DE SUBPRODUCTOS DE ARROZ PARA MINIMIZAR AVERIAS, 2019.

La empresa investigada es una procesadora de subproducto de arroz, en primer lugar, se encontró que esta empresa tenía problema con las operaciones y gestión de mantenimiento del proceso productivo, dando como resultado que el 59,14% de las interrupciones fueron por fallas en las máquinas, identificando 43 fallas la cual genera una pérdida económica elevada. Con consiguiente se propone un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad, en el que se utiliza herramientas de diagnóstico que permitieron identificar las maquinas en situación crítica: selectores, motores, secadores de aire y zaranda. Con informaciones recabadas se hizo un análisis de modos y efectos de falla de los problemas de las maquinas la cual

fue utilizada para seleccionar medidas preventivas. Con la aplicación de esta metodología las fallas se redujeron a 14, la producción aumento 12%, la eficiencia del 84% al 95% y reduciendo el tiempo de reparación de 60hs a 7hs.

1.2 MARCO TEORICO

1.2.1 Plástico

El plástico es un material creado por el hombre que se puede moldear en diversas formas cuando se calienta, y que se endurece o permanece así al enfriarse. Es comúnmente utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, desde envases de alimentos y botellas hasta componentes electrónicos y piezas de automóviles. Sin embargo, el uso excesivo de plástico ha generado preocupaciones sobre su impacto ambiental, ya que muchos tipos de plástico son difíciles de reciclar y pueden causar contaminación si no se eliminan adecuadamente.

El plástico se deriva principalmente de materiales petroquímicos, que son compuestos orgánicos derivados del petróleo crudo. El proceso de fabricación de plásticos implica la polimerización de monómeros, que son moléculas pequeñas, para formar largas cadenas de polímeros. Estas cadenas de polímeros son lo que le da al plástico su estructura y propiedades físicas.

Aunque la mayoría de los plásticos se derivan del petróleo, también se pueden producir a partir de materiales biológicos renovables, como almidón de maíz o caña de azúcar, en un esfuerzo por reducir la dependencia de los recursos no renovables y mitigar el impacto ambiental asociado con la producción de plásticos tradicionales.

1.2.1.1 Polímero Plástico

Un polímero plástico es un material compuesto por largas cadenas moleculares llamadas polímeros. Estas cadenas están formadas por la repetición de unidades estructurales más pequeñas llamadas monómeros plásticos. Los polímeros plásticos pueden ser naturales (celulosa o proteína), o sintéticos (polietileno o el polipropileno).

Los polímeros plásticos se pueden moldear y adaptar para una variedad de usos. Se emplean en la producción de diversos productos incluidos envases, juguetes, electrodomésticos, textiles, materiales de construcción y una gran cantidad de otros productos. Esta versatilidad se debe a su capacidad para ser moldeados en cualquier forma, resistir el desgaste y ofrecer una buena combinación de propiedades físicas como la flexibilidad, la durabilidad y la resistencia a la corrosión.

Figura 1.2.1 Polímero de plástico

1.2.1.1.1 Polietileno de plastico

“El polietileno es un plástico muy común que se utiliza para fabricar todo tipo de cosas de botellas hasta bolsas de compras” [1]. Este material es conocido por ser resistente, flexible y no demasiado pesado, lo que lo hace perfecto para cosas que necesitan ser fuertes y flexibles.

El polietileno se presenta en dos tipos:

Polietileno de alta densidad PEAD: que se caracteriza por su resistencia, rigidez y cristalinidad, es muy utilizada para envases de agua y bebidas saborizadas.

Polietileno de baja densidad PEBD: es caracterizado por su resistencia y flexibilidad, comúnmente es utilizada para fabricar bolsas de compras o supermercado.

Figura 1.2.2 Polietileno de plástico

1.2.2 Industria Plástica

“La industria del plástico es un sector de gran importancia local y regional, con una amplia variedad de artículos que actualmente las empresas instaladas en Paraguay exportan y comercializan a nivel interno.” [3]

La cámara paraguaya de plástico cuenta actualmente con 70 empresas, estas empresas utilizan materias primas que son traídas de otros países ya que no son producidas en el país, porque su elaboración está sujeta al sector petroquímico, los productos elaborados consisten en baldes plásticos, botellas, bidones, envases en general, tubos, piezas de artículos electrónicos, etc. Los productos además de ser utilizados en el país son exportados a otros países como Argentina, Bolivia y Brasil, la demanda en este rubro ha crecido progresivamente en los últimos tiempos debido a la alta demanda y la incidencia de la electrónica en las maquinas industriales.

1.2.3 Proceso de moldeo del plástico

El moldeo del plástico es una técnica en que los materiales plásticos se calientan y presionan en un molde específico. Existen diferentes técnicas de moldeo, como el moldeo por inyección, el moldeo por soplado, el moldeo por extrusión y entre otros.

1.2.3.1 Moldeo por soplado

“Es una técnica que consiste en fundir un material termoplástico y soplarlo dentro de un molde cerrado con aire comprimido. Este proceso permite la producción de una amplia variedad de productos personalizables, como botellas, recipientes y otros objetos huecos.” [2]

Primeramente, se inyecta plástico fundido en un molde cerrado, luego, se introduce aire comprimido a través de una boquilla en el molde, lo que hace que el plástico se expanda y tome la forma del molde. Después que el plástico se halla enfriado y solidificado el molde se abre y se extrae el objeto moldeado por soplado.

Este proceso permite la producción eficiente de objetos huecos con formas complejas, precisas y de forma económica.

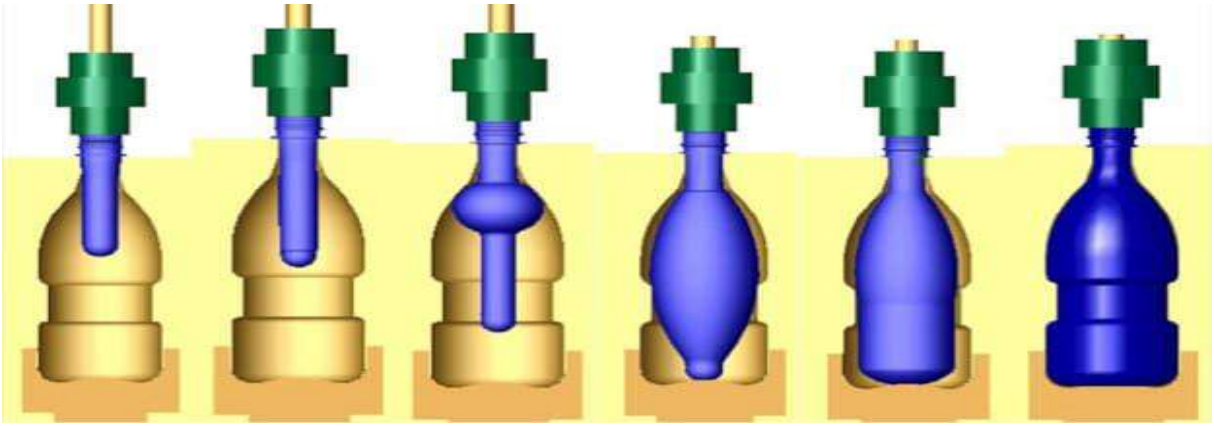

Figura 1.2.3. Moldeo por soplado

1.2.3.1.1 Maquina sopladora de polietileno PEAD

Es el equipo utilizado en la industria plástica para el moldeo del polietileno por la técnica del soplado, esta máquina se encarga de calentar a altas temperaturas para luego inyectarlo aire a presión en el molde y así crear la forma deseada del producto.

1.2.3.1.1.1 Partes y funciones de la maquina sopladora

1. Tolva de carga o alimentación: donde se introduce el material plástico.
2. Tornillo de extrusión: se encarga de fundir y homogenizar el material plástico.
3. Cabezal de extrusión: donde se moldea el plástico en forma de preforma.
4. Molde de soplado: donde se realiza el proceso de soplado para dar forma final al envase del plástico.
5. Sistema de cierre: para sujetar el molde durante el proceso de soplado.
6. Sistema de refrigeración: se encarga de enfriar y solidificar el plástico.
7. Sistema de control y automatización: para controlar los parámetros de producción y funcionamiento de la máquina.

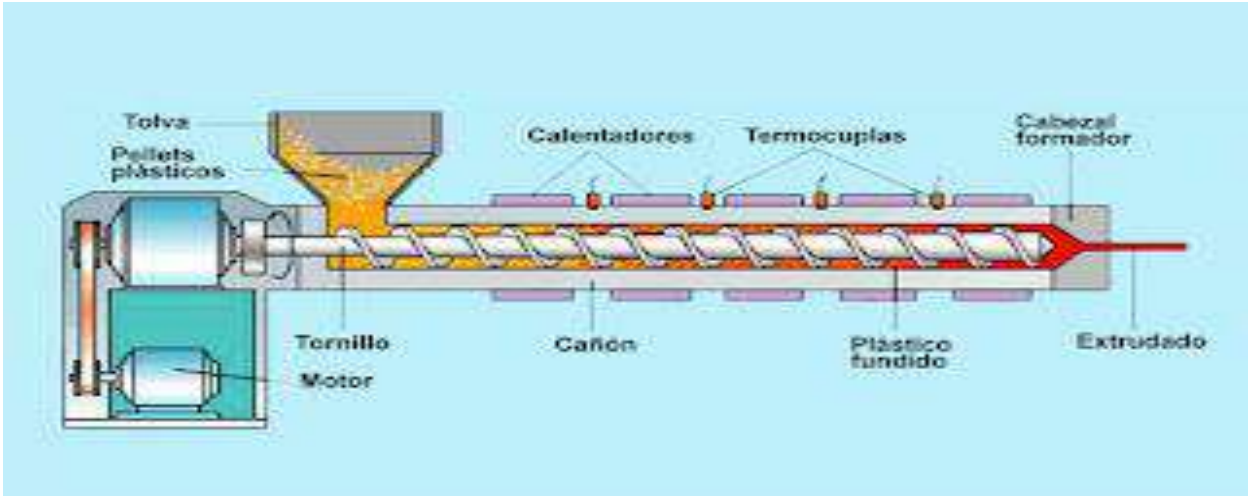

Figura 1.2.4 Partes de la maquina sopladora de plástico

1.2.3.2 Moldeo por inyección

“El proceso de moldeo por inyección consta de fundir un material para inyectarlo dentro de un molde a través de un pequeño orificio llamado compuerta. Este molde debe estar frío y cerrado a presión. Una vez que ha sido inyectado el material se enfría dentro del molde, se solidifica y se obtiene una pieza moldeada.” [5]

El moldeo por inyección es uno de los métodos más comunes y eficiente para fabricar piezas de plástico y es ampliamente utilizado en la industria para la producción en masa de piezas plásticas, además es un método alta precisión y calidad.

1.2.3.2.1 Maquina Inyectora

“Una máquina de moldeo por inyección o inyectora de plástico es una herramienta de fabricación que produce productos de plástico inyectando material plástico fundido en un molde.” [4]

Las maquinas inyectoras de plástico también conocida como prensa de presión es una herramienta primordial en la fabricación de los envases plásticos, estas máquinas pueden ser pequeñas o de gran tamaño dependiendo de la escala de producción que posee y de sus especificaciones técnicas.

1.2.3.2.1.1 Partes y funciones de la maquina inyectora de plástico

Estas máquinas cuentan con varias partes principales que trabajan juntas para llevar a cabo el proceso de moldeo por inyección:

1. Tolva de alimentación: Donde se coloca el material en forma de gránulos para su alimentación en la máquina.
2. Tornillo de inyección: Se encarga de fundir y comprimir el material plástico para que pueda ser inyectado en el molde.
3. Cilindro de inyección: Donde se encuentra el tornillo de inyección y se lleva a cabo el proceso de inyección del plástico en el molde.
4. Molde: La parte del equipo que da forma al plástico fundido y lo enfría par formar la pieza final.
5. Sistema de sujeción: Mantiene el molde en su lugar durante el proceso de inyección.
6. Sistema de control: Permite programar y controlar los parámetros del proceso de inyección, como la temperatura, presión y tiempo de siclo.

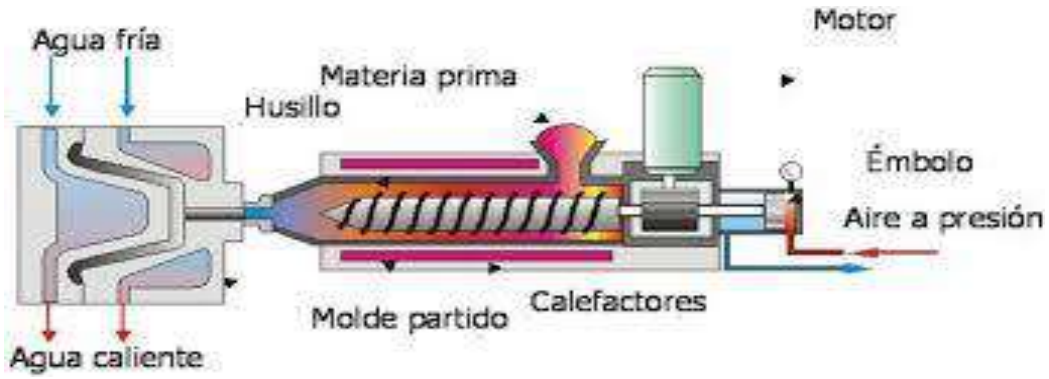

Figura 1.2.5 Partes de la maquina inyectora de plástico

1.2.3.3 Equipos periféricos de las maquinas moldeadora de plástico

Los equipos periféricos conexos de las maquinas inyectora de plástico son aquellos dispositivos y sistemas adicionales que se utilizan junto con las maquinas inyectoras para facilitar el proceso de fabricación de las piezas de plástico. Estos equipos periféricos se integran con la maquina inyectora para proporcionar funcionalidades adicionales y mejorar el rendimiento del proceso de inyección.

Algunos de ellos son:

- Compresor de aire de alta presión: Un compresor de aire de alta presión es una herramienta fundamental en la industria plástica, es utilizado para realizar el soplado de las preformas logrando que se expanda y tome la forma del molde.
- Deshumidificador de cabina: se utiliza para eliminar la humedad de los gránulos de plástico antes de su alimentación en la maquina inyectora, lo que ayuda a prevenir defectos en las piezas moldeadas.
- Enfriador de agua o chiller: es utilizado para regular la temperatura del proceso, en este caso utilizado para lograr enfriar el producto terminado. Permite acelerar el proceso, evitar burbujas y deformaciones.
- Bomba de vació: permite crear un vació dentro de un espacio cerrado (en este caso ductos), que permite trasportar la materia prima desde el silo o contenedor de materia prima hasta la tolva de alimentación de la máquina.
- Cargador de Materia prima: permite introducir el material plástico en forma de gránulos a la extrusora.
- Molino granulador: permite granular nuevamente el plástico fundido y sobrante del producto terminada para que posteriormente pueda ser utilizado.

1.2.4 Mantenimiento industrial

“El mantenimiento industrial consta de acciones destinadas a lograr un óptimo funcionamiento tanto de las instalaciones como de los equipos y la maquinaria para

alargar su periodo de vida y garantizar el buen funcionamiento en el proceso de producción.” [6]

Es un conjunto de acciones y actividades destinada al correcto funcionamiento de los equipos, maquinarias, instalaciones entre otros en una planta industrial. Cuyo objetivo principal es evitar fallas, minimizar el tiempo de parada y optimizar el rendimiento de las actividades en una empresa, permitiendo un buen uso de los recursos destinados a mantenimiento y generando más ganancia a la empresa en cuestión.

1.2.4.1 Tipos de mantenimiento industrial

a. Mantenimiento preventivo: Consiste en realizar varias revisiones y acciones planificadas de manera sistemática en los equipos o aparatos para prevenir posibles averías causada por el uso y el desgaste a causa del paso del tiempo. La finalidad de mantenimiento preventivo es evitar problemas futuros y garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos.
b. Mantenimiento predictivo: Es una estrategia de mantenimiento que se basa en el monitoreo continuo y análisis de datos para predecir y detectar posibles fallas o problemas en los equipos antes de que provenga las fallas o interrupciones no deseadas. El mantenimiento predictivo utiliza técnicas y herramientas específicas para evaluar el estado de los equipos en tiempo real. Su objetivo principal es maximizar la disponibilidad y confiabilidad de las acciones a llevar a cabo en una intervención.
c. Mantenimiento correctivo: Se refiere a las acciones y actividades realizadas para corregir averías o problemas que han ocurrido en los equipos, maquinas o instalaciones. El mantenimiento correctivo se lleva a cabo en respuesta a una situación de emergencia o cuando se detecta una avería o mal funcionamiento.

1.2.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

“El RCM (Reliability Centered Maintenance) o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es una metodología de mantenimiento que permite identificar fallos potenciales de los equipos y sus posibles causas, clasificar la criticidad de los fallos y proponer medidas que los eviten. El principal objetivo del RCM es reducir los costes, al igual que cualquier estrategia de mantenimiento planificado, realizando las tareas de mantenimiento que mantengan la funcionalidad y evitando el mantenimiento que no es necesario.” [7]

Es una metodología ampliamente reconocida y utilizada para optimizar la confiabilidad de los equipos y mejorar el rendimiento de las platas de producción, al aplicar RCM de manera adecuada, se pueden lograr mejoras significativas en la disponibilidad de los activos y se optimizar el uso de recursos. Su enfoque principal es identificar las funciones críticas de los equipos, los modos de falla asociados y las estrategias de mantenimiento más adecuado para reducir riesgos y maximizar la confiabilidad.

Integra varias técnicas como el mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo y proactivo, así también, exhibe un diagnóstico que se basa en el conocimiento, buscando garantizar el funcionamiento constante de las máquinas.

1.2.5.1 Las siete preguntas básicas

“El proceso RCM incita a responder las siguientes siete preguntas sobre el bien o sistema bajo revisión.

1. ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2. ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Que ocasiona cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
5. ¿De qué modo afecta cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado? ” [7].

1.2.5.2 Aplicación

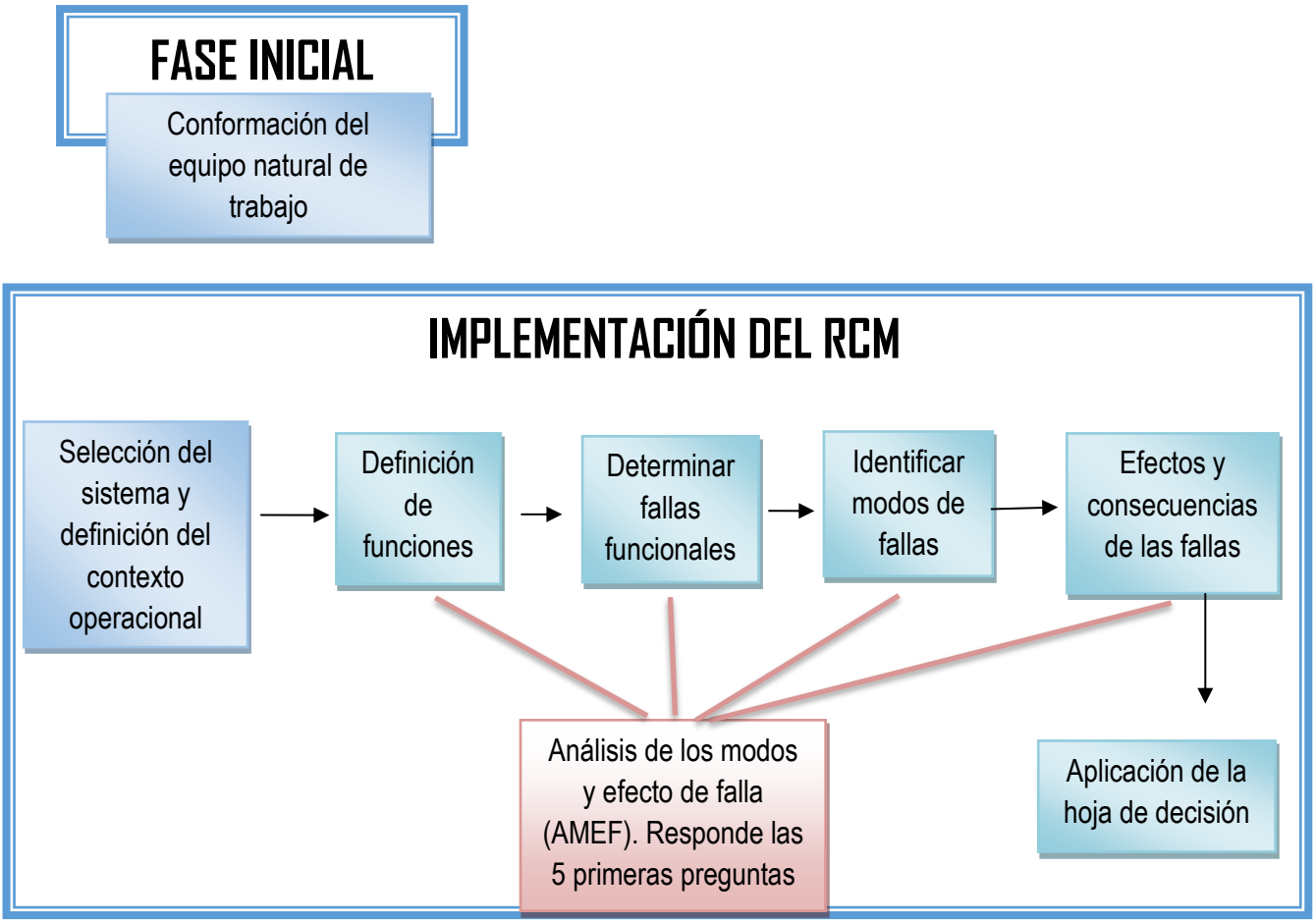

Figura 1.2.6 Método de aplicación de la metodología RCM

1) Conformación del equipo natural de trabajo: "Un Equipo Natural de Trabajo, se define dentro del contexto del RCM, como un conjunto de personas de diferentes funciones de la organización que trabajan juntas por un período de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común." [7]
2) Selección del sistema y definición del contexto operacional: "Una vez que se ha seleccionado el área piloto y se conoce de forma general la importancia de cada una de las áreas de la organización, es necesario que los grupos de trabajo RCM, respondan claramente las dos siguientes preguntas:
   - ✓ ¿Cuál debería ser el nivel de detalle (parte, equipo, sistema, planta...) que se requiere para realizar el análisis de los modos y efectos de fallas del área seleccionada?
   - ✓ ¿Debería ser analizada toda el área seleccionada, y si no es necesario analizar toda el área, que debería hacerse para seleccionar la parte del

área a ser analizada y con que prioridad deben analizarse cada una de las partes (activos) del área elegida?" [7]

3) Análisis de los modos y efecto de falla: Es una técnica utilizada en ingeniería para evaluar y prevenir posibles fallas en un proceso o producto.
   - Definición de funciones: "Se define como propósito o la misión de un activo en un contexto operacional específico (cada activo puede tener más de una función en el contexto operacional). Para decidir cuando un activo no está trabajando satisfactoriamente, es necesario definir qué es lo que el activo debe hacer para trabajar apropiadamente, por lo cual, uno de los aspectos importantes dentro del AMEF para el grupo de trabajo RCM, consiste en definir adecuadamente la función o las funciones asociadas a cada activo en su contexto operacional, las cuales pueden estar divididas en cinco categorías: funciones primarias, funciones secundarias, funciones de protección, funciones de control y funciones subsidiarias." [7]
   - Determinar fallas funcionales: La falla funcional se refiere a la incapacidad de un sistema para cumplir con un estándar de desempeño específico. Puede manifestarse como una pérdida completa de la función, o incluso como la incapacidad de funcionar al nivel de desempeño que se ha especificado como satisfactorio.

Ejemplo	
CONTRALADOR DE TEMPERATURA	
Función	**Falla funcional**
Centralizar la información emitida por los sensores de temperatura	Incapaz de gestionar las lecturas emitidas por los sensores

Tabla 1.2.1 Ej. de función y falla funcional

   - Identificar modos de fallas: Los modos de falla se refieren a las diferentes maneras en que un activo o sistema puede dejar de funcionar correctamente. Estos modos de falla pueden ser causados por diversos factores, como desgaste, defectos de fabricación, errores humanos, condiciones ambientales adversas, entre otros. Identificar los modos de falla es fundamental en la gestión de mantenimiento.

Ejemplo		
CONTRALADOR DE TEMPERATURA		
Función	**Falla funcional**	**Modo de falla**
Centralizar la información emitida por los sensores de temperatura	Incapaz de gestionar las lecturas emitidas por los sensores	Lectura incorrecta de la información recibida
		Falla interna del controlador

Tabla 1.2.2 Ej. de función, falla funcional y modo de falla.

- Efectos y consecuencias de las fallas: “El objetivo principal del grupo de trabajo RCM, en esta parte del proceso, consiste en identificar lo que sucederá en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado. La identificación de los efectos de fallas deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas.” [7]
  - Falla oculta: se refiere a un tipo de falla que no es fácilmente detectable durante la operación normal del equipo. Estas fallas suelen ser internas o sutiles, lo que significa que pueden pasar desapercibido hasta que causan un problema más grave. Identificar y abordar las fallas ocultas es crucial prevenir fallos inesperados y garantizar la fiabilidad del equipo a largo plazo.
  - Falla evidente: es aquel que es fácilmente identificable o detectable durante la inspección visual, pruebas de funcionamiento u otros métodos de monitoreo. Estas fallas suelen ser más visibles y obvias, lo que facilita su detección y corrección antes de causen daños mayores al equipo o interrumpan la operación.

4) Aplicación de la hoja de decisión: Una vez realizado el AMEF, el equipo natural de trabajo RCM, deberá seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir la aparición de cada modo de falla previamente identificado, a partir del árbol lógico de decisión (herramienta diseñada por el RCM, que permite seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos). Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del RCM,

es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas.

- Los encabezados de la columna F, FF y FM corresponden a modo de falla.
- Los encabezados de la columna H, S, E, O y N corresponden a las consecuencias de modo de falla.
- En las columnas H1, H2 y H3 se registran si una tarea proactiva ha sido seleccionada y el tipo de tarea.
- Las columnas H4, H5 y S4 se utilizan si es necesario responder a las preguntas de default.
- Para registrar las tareas seleccionadas, la cantidad de la misma y quien fue el encargado de ejecutarlo se utiliza las ultimas columnas.

	HOJA DE DECISIÓN																	
Planilla de decisión RCM				**SISTEMA:**										**COORDINADOR:**		**FECHA:**		
COMPONENTE:														**EQUIPO:**		**HOJA:**		
SUB COMPONENTE:																		
Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				Que tareas proactivas aplicar			Acciones "a falta de"				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por	
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					

Tabla 1.2.3 Hoja de decisión

1.2.5.3 Lo que se logra con el RCM

- ✓ Mayor seguridad e integridad medioambiental.
- ✓ Desempeño operativo optimizado.
- ✓ Mejor relación costo-efectividad.
- ✓ Mayor vida útil en equipos de elevado costo.
- ✓ Un banco de datos comprensibles.
- ✓ Mejora en la motivación personal.
- ✓ Mejora en el trabajo en equipo.

1.2.5.4 Riesgo medioambiental y seguridad

En una planta industrial, el riesgo medioambiental y la seguridad son aspectos críticos que deben ser gestionados de manera efectiva para proteger a los trabajadores, el entorno y la comunidad circundante.

Algunos riesgos son: Electrocución, exposición a productos quipos, golpe de presión, explosión, incendios, exposición a materiales muy calientes, entre otros.

No solo se debe preocuparse por los trabajadores sino también por la seguridad de los clientes y de la comunidad.

Por lo mismo debe de ser mencionado y evaluado para el proceso de aplicación de la metodología RCM.

II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

2.1 Planteamiento de problema

El mantenimiento industrial es un conjunto de acciones destinadas a mantener equipos industriales a su nivel óptimo de funcionamiento, para lograr este objetivo es necesario contar con técnicas y estrategias consignadas a cada sector de la industria. Hoy en día existen diversas técnicas de mantenimiento que se han perfeccionado a través del correr del tiempo, es más, se podría decir que, la acción de reparar y mantener un objeto se ha originado con las primeras civilizaciones del hombre.

El mantenimiento de equipos industriales es una de las ramas más complejas de la ingeniería industrial, pues tiene la tarea de mantener una planta en correcto funcionamiento y en armonía con el medio ambiente, porque una falla no es solamente una fuera de servicio de un equipo, se considera también falla cuando un equipo sigue funcionando pero no de la manera especificada por el fabricante, como por ejemplo: sobre consumo de energía de una máquina ya sea calórica o eléctrica para realizar un fin determinado, siendo que, en sus especificaciones, debería estar consumiendo una cantidad menor de energía para realizar ese fin.

“Existen diversos tipos de mantenimiento sobre el que se realiza una breve mención: “Mantenimiento Correctivo o mantenimiento reactivo o funcionar hasta estropearse; Mantenimiento Preventivo, mantenimiento regular de acuerdo con calendarios definidos, independientemente de la condición del equipo; Mantenimiento Predictivo, o mantenimiento con base en la condición, basado en la constante supervisión del equipo en funcionamiento y en la previsión de averías.” [1]

En consideración que una falla no es solamente que un equipo deje de funcionar si no también, que no lo haga adecuadamente y que detener la productividad de una industria para realizar reparaciones resulta inviable e incluso en algunos casos impensable por las pérdidas económicas que ocasiona tal acción, se refiere la relevancia de que toda industria debe contar con un plan de mantenimiento que destine adecuadamente los recursos y el tiempo en el que se debe realizar cada acción.

El diseño de un correcto plan de mantenimiento es la garantía de que un equipo funcione adecuadamente y, por ende, toda la planta industrial en cuestión. Para diseñar un plan de mantenimiento general para una industria es necesario un equipo multidisciplinario de profesionales de la ingeniería tales como: ingenieros eléctricos, electrónicos, mecánicos,

químicos, ambientales y otros. Por lo general cada rama de estas ingenierías realiza un plan de mantenimiento específico a su área, para luego ser englobado por un equipo multidisciplinario. Una de las metodologías de mantenimiento más utilizadas por su eficacia es el centrado en confiabilidad (RCM), mediante esta metodología se pueden identificar las posibles causas que pueden originar o provocar un fallo en sistema relacionando causa y efecto.

Según la página INFRASPEAK: “Las métricas del mantenimiento industrial son:

1. Tiempo Medio de Reparación (MTTR) debe ser inferior a 5 horas
2. La Eficacia Global del Equipo (OEE) debe ser igual o superior al 77 %, aunque las empresas de carácter mundial tengan un OEE entre el 85 % y el 99 %
3. La disponibilidad debe ser de por lo menos el 90 %
4. El rendimiento debe rondar el 95 %
5. La calidad debe acercarse al 100 %
6. El Porcentaje de Mantenimiento Planeado (PMP) debe ser igual o superior al 85%
7. La conformidad de Mantenimiento Preventivo debe ser igual o superior al 90%” [2]

Una de las ramas de la ingeniería con más crecimiento industrial en general es la ingeniería electrónica debido a que todas las máquinas modernas son controladas mediante componentes electrónicos, por ello es necesario diseñar un plan de mantenimiento dirigido a estos sistemas electrónicos.

La falta de mantenimiento de los componentes electrónicos y neumáticos de una máquina sometida a largas horas de trabajo y esfuerzos constantes, es la fórmula perfecta para originar fallas, parada de producción y por ende pérdidas económicas.

Una de las empresas que enfrenta constantemente este tipo de problema es la empresa Cimplast, que se dedica a la fabricación de envases plásticos, la misma cuenta con máquinas complejas para la fabricación de estos envases, que son básicamente electro-neumáticos. Por ende, es necesario y factible diseñar un plan de mantenimiento orientado específicamente a su sistema electro-neumático, que aborde las más nuevas innovaciones de la ingeniería de mantenimiento industrial.

2.2 Justificación

El presente trabajo de final de grado se realiza para abordar la problemática referida a la competitividad y la eficiencia de una planta industrial, se basa en la cantidad de horas de producción sin ningún tipo de interrupción innecesaria. Para lograr lo anterior se debe contar con un equipo técnico especializado en las diferentes áreas que componen la industria en cuestión.

La investigación responde a la intención de generar resultados que favorezcan el sostenimiento de equipos en funcionamiento óptimo en las industrias dedicadas a la elaboración de envases plásticos.

La problemática principal a la que se buscó dar solución, es que los equipos funcionen en su nivel óptimo, se utilizó la metodología RCM debido a su aplicación y eficiencia para este tipo de problema.

Con esta propuesta, se diseñó un plan de mantenimiento dirigido específicamente a las máquinas sopladoras de plástico de la planta N° 6, cual es una de las plantas más nuevas y modernas, que aún no cuenta con un plan de mantenimiento para sus equipos, por lo cual, la mencionada planta presenta altos índices de para por fallas.

La realización de este trabajo se consideró viable porque se cuenta con los recursos necesarios para su solución.

III. Objetivos

3.1 Objetivo general

Implementar la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad a las maquinas sopladoras de plástico.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Obtener la metodología de mantenimiento que se utiliza actualmente en la empresa Cimplast.
- ✓ Recabar información técnica de las máquinas sopladora de plástico.
- ✓ Diseñar un plan de mantenimiento para el uso eficiente de los recursos destinados para mantenimiento.

- ✓ Implementar la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad.
- ✓ Evaluar la factibilidad económica.

IV. METODOLOGÍA

El presente proyecto final de grado sigue las particularidades y lineamiento de una investigación descriptiva, la cual consiste en la caracterización y explicación de fenómenos con cual se alcanzó la estructuración del proyecto.
Como sugiere el nombre, este tipo de método de investigación describe la naturaleza y cualidades de las variables que se estudian.

4.1 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración de este trabajo de fin de grado se realizó observaciones in situ del estado actual de las máquinas, fallas recurrentes, métodos de solución de fallas utilizados por los operarios de mantenimiento, revisión de ordenes de trabajo y de compras elaborados para el área de mantenimiento, ponderación de las opiniones de los operarios y del personal de mantenimiento y producción con referencia al manejo, garantía de las reparaciones efectuadas, calidad de las refacciones utilizadas para posterior análisis de las recomendaciones dadas por el fabricante.
Por otra parte, se recurrió a fuentes bibliográficas y foros de internet especializados en el área de mantenimiento industrial.

4.2 Fases metodológicas.

Primeramente, se conoció el tipo de estrategias de mantenimiento utilizado actualmente en esta planta industrial, se recabo información técnica referente al sistema de las maquinas sopladora de plástico y de sus equipos periféricos conexos, tales como: tipos de circuito integrado, tipo de software utilizado, sistema de protección, esquema unifilar y el manual técnico de las máquinas, luego se comparó los resultados de las distintas metodologías de mantenimiento aplicadas a industrias plásticas y se seleccionó la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para diseñar un plan de mantenimiento centrado específicamente en su sistema y equipos periféricos conexos que aborde las más nuevas innovaciones de la ingeniería de mantenimiento industrial.

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico o resultados del análisis del problema

5.1.1 Descripción de la empresa

CIMPLAST S.A.C.I es una empresa ubicada en la Ciudad de Mariano Roque Alonso km 15, la cual se dedica a la fabricación de envases y tapas plásticas desde 1989 utilizando diversos materiales plásticos, como el polietileno de baja, media y alta densidad mediante el proceso de soplado, inyección, extrusión-soplado y compresión. La empresa se divide en 6 plantas todas ubicas en un mismo previo.

Esta planta industrial cuenta con la acreditación de ISO 9000, la cual es un junto de normas de control de calidad y gestión de calidad, establecidas por la Organización Internacional de Normalización.

Figura 5.1.1 Logo de la empresa Cimplast

5.1.2 Reconocimiento de la planta número 6 (titese)

Para la elaboración de este proyecto final de grado se opta por la planta número 6, esta elección fue por recomendación de la gerencia táctica, ya que esta planta es una de las más modernas, complejas, con más índice de fallas y mantenimiento correctivo de alto costo por no contar con un plan de mantenimiento adecuado a su sistema.

La planta en cuestión es destinada exclusivamente a realizar el soplado de preformas para envases plásticos utilizando polietileno de alta densidad (PEAD) y cuenta con 14 máquinas sopladoras de distintos fabricantes, por citar algunos: Uniloy Milacron, Bekum, Pavan Zanetti, Multipack, Krupp, Battenfeld, entre otros, con el mismo principio de funcionamiento y por ende es factible diseñar un plan de mantenimiento globalizando toda la planta.

Para su selección también se tuvo en cuenta la gran importancia para la empresa dado su alto grado de producción, gran demanda y la falta de un plan de mantenimiento para las maquinas con que cuenta esta planta.

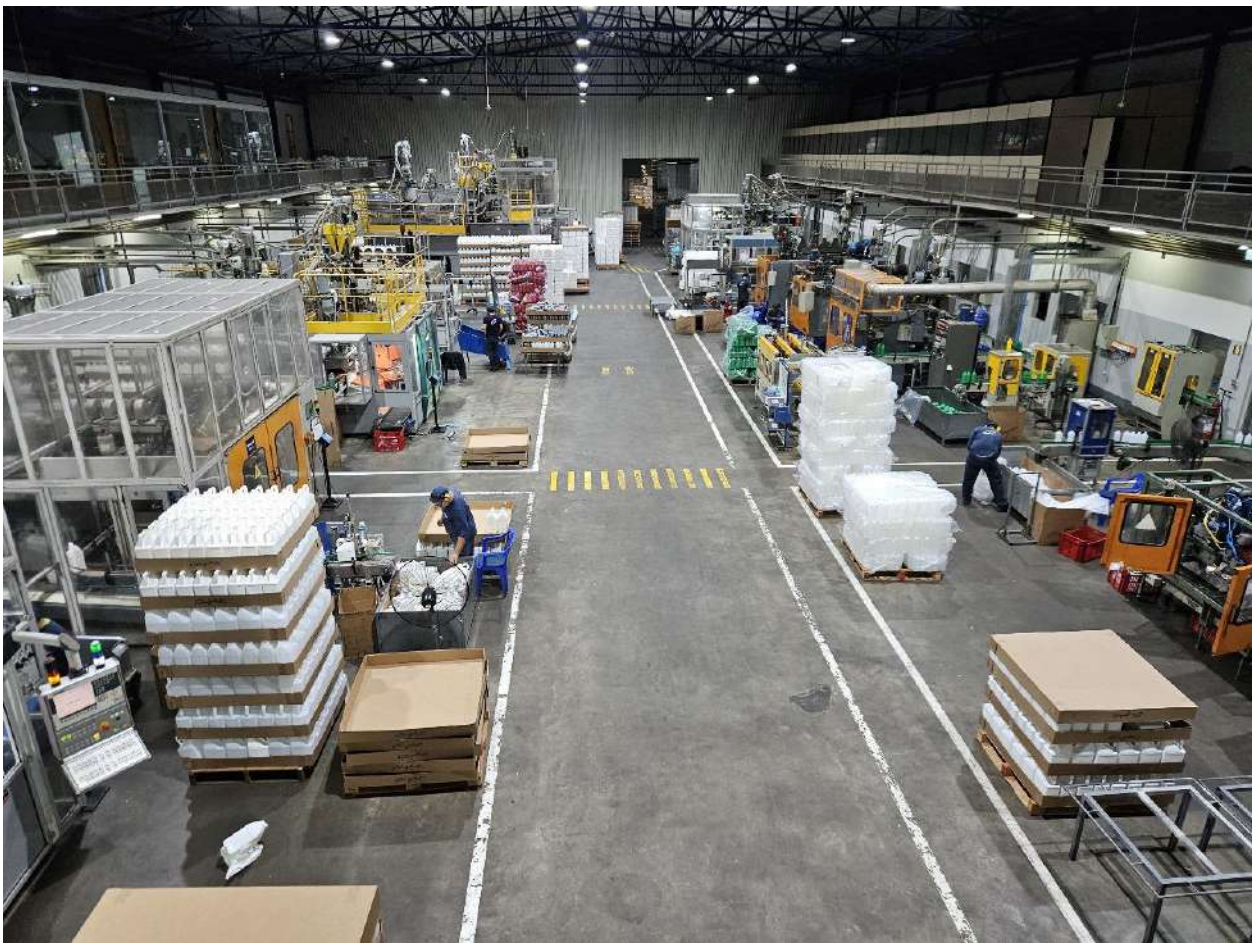

Figura 5.1.2 Planta Numero 6 de la empresa Cimplast

5.1.2.1 Situación actual de los equipos

Las maquinas sopladoras de plástico presentan altos índices de paradas debido a la alta demanda de producción, estas máquinas trabajan en turnos de 24 hs los 7 días de la semana, lo cual genera desgastes acelerados en las piezas que compone estos equipos. El problema de paradas producción se agudiza debido a que no se cuenta con un plan de mantenimiento adecuado para abordar los desgastes y fallas que se presentan continuamente. Los problemas que se presentan son bastantes variados que van desde problemas mecánicos, eléctricos, neumáticos, electrónicos e incluso una mala operación de los operarios.

Algunos de los problemas más recurrentes son:

Alimentador	1.Rotura de tornillos de sujeción 2. Rotura de mangueras.
Extrusora	1. Degaste del tornillo extrusor 2. Falla en la lectura de la temperatura 3. Falla en la calefacción 4. Obstrucciona del filtro de metal.
Eléctrico	1. Sobre calentamiento del cableado 2. Falla de los relés termomagnética 3. Mal dimensionamiento 4. Falla del contactor
Electrónico	1. Falla de los módulos de comunicación. 2. Falla de sensores de posición 3. Falla de los transductores de posición 4. Falla del PLC 5. Falla de la fuente de alimentación de mando 6. Falla del programa (software)

Tabla 5.1.4 Problemas frecuentes de las maquinas

5.1.2.2 Parada de producción

Las paradas de producción se dividen en varias categorías de fallas como son: las fallas en el sistema electrónico, sistema de moldeo, sistema de alimentación de materia prima, sistema eléctrico y el sistema de extrusora. Los registros de orden de trabajo emitida por la gerencia técnica del año 2023 permiten analizar cada falla que presenta estas máquinas, la cual da un alto porcentaje de mantenimiento correctivo.

Hs parada no programadas 2023													
Sopladora	**En. Hs**	**Feb. Hs**	**Mar. Hs**	**Abr. Hs**	**May. Hs**	**Jun. Hs**	**Jul. Hs**	**Ag. Hs**	**Sept. Hs**	**Oct. Hs**	**Nov. Hs**	**Dic. Hs**	**Total, Hs**
N°1 Battenfeld	313,3	90,8	40	20	180	439,8	223,5	88,1	115,4	380	171,6	489,8	2552,3
N°2 Bekum	0	8,2	4,7	543,5	47,5	240,5	187,3	297,2	377,7	340,9	91,9	305	2444,4
N°3 Krupp	0	0	0	472	560	576	616	624	552	600	592	488	5080
N°4 Multipack 1	171,4	11	44,2	140,8	81,4	458,1	70,8	192,3	166,2	200,8	97,5	9,7	1644,2
N°5 Multipack 2	5	0	238	100,1	239	190,9	62,9	81,8	400,2	80,7	373,6	7,7	1779,9
N°6 Plastiblow 1	310,5	110,7	68,5	95,3	93,8	157,8	458,3	194,7	157,9	83,8	98,7	180,5	2010,5
N°7 Plastiblow 2	424,7	218,1	39,2	86,8	286,5	473,8	600	111,8	0	0	71,2	177	2489,1
N°8 Plastiblow 3	424,2	113,1	5,3	0	194,6	186,6	178,9	384,7	154,5	99,8	231,4	176,1	2149,2
N°9 Pavan Zanetti 1	0	0	15,6	51,7	156	167,2	406	18,9	74,3	1,7	340,9	33,8	1266,1
N°10 Pavan Zanetti 2	339,2	45	412,3	184,2	174	550,4	357,3	434,7	26,4	90	0	164,6	2778,1
N°11 Pavan Zanetti 4	0	0	8	27,1	560	186,3	118,8	31,9	6,8	25,6	102,5	182,9	1249,9
N°12 UNILOY 1	46,2	0	1,5	185,1	411,1	329,5	107,2	558	170,2	328,8	23,3	127,2	2288,1
N°13 UNILOY 2	437,9	26,4	30,1	36,1	111,5	152,5	550	291,5	84,2	180,8	423	589,9	2913,9

N°14 Zhangjiagang	69,6	48,2	101	78,8	311,2	212	410,2	271,4	116,3	375,9	151,7	294,3	2440,6
Total, anual													**33086,3**

Tabla 5.1.5 Hs de parada no programada

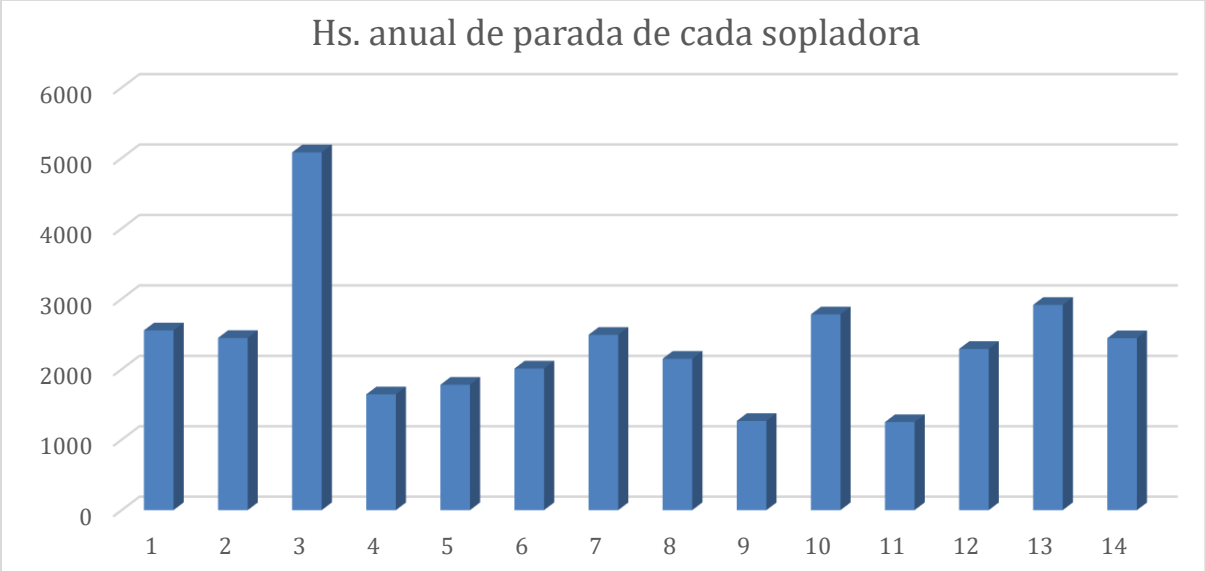

Tabla 5.1.6 Parada anual no programada de cada máquina.

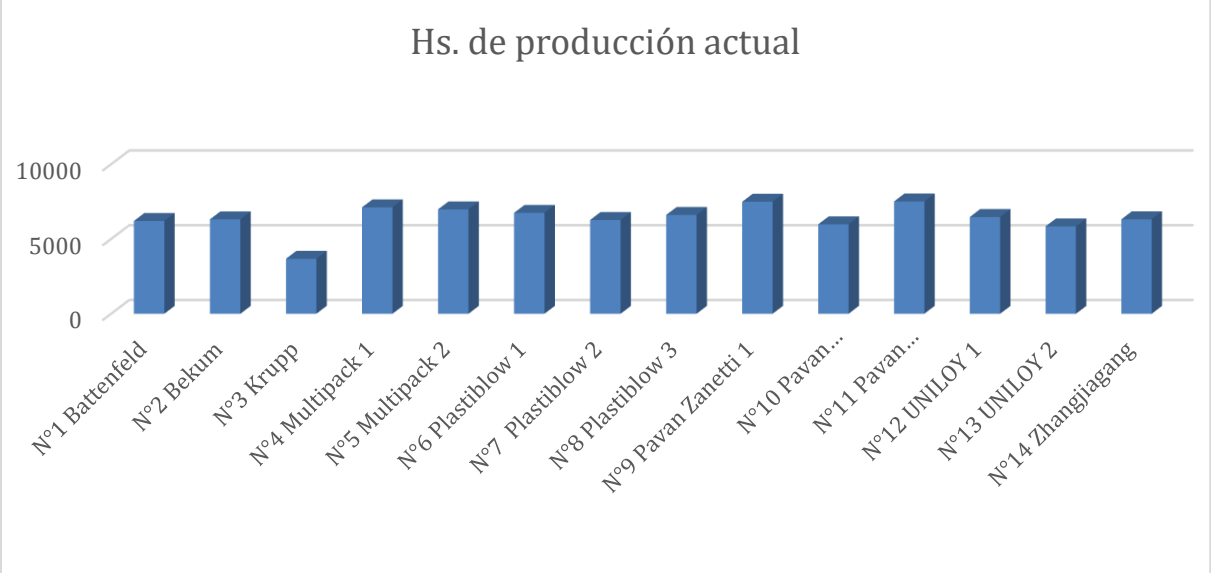

Tabla 5.1.7 Hs de producción actual de cada máquina.

5.1.3 Indicador de mantenimiento actual

5.1.3.1 Disponibilidad

En la industria la disponibilidad es uno de los factores más importes ya que permite evaluar el rendimiento de cada máquina. La cual puede calcularse de forma sencilla y correcta: es el cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo:

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ totales - Horas\ de\ parada\ por\ mantenimiento}{Horas\ totales}$$

"En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una maquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética." [11] Las plantas que no estén dispuestas por líneas de producción son recomendadas determinar una serie de equipos significativos.

- Disponibilidad

- Disponibilidad de la maquina soplador número 1 (Battenfeld)
  - $Disp = \frac{8760-2552,3}{8760} \times 100 = 70{,}86\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 2 (Bekum)
  - $Disp = \frac{8760-2444,4}{8760} \times 100 = 72{,}09\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 3 (Krupp)
  - $Disp = \frac{8760-5080}{8760} \times 100 = 42\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 4 (Multipack 1)
  - $Disp = \frac{8760-1644,2}{8760} \times 100 = 81{,}23\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 5 (Multipack 2)
  - $Disp = \frac{8760-1779,2}{8760} \times 100 = 79{,}68\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 6 (Plastiblow 1)
  - $Disp = \frac{8760-2010,5}{8760} \times 100 = 77{,}04\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 7 (Plastiblow 2)
  - $Disp = \frac{8760-2489,1}{8760} \times 100 = 71{,}58\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 8 (Plastiblow 3)
  - $Disp = \frac{8760-2149,2}{8760} \times 100 = 75{,}46\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 9 (Zanetti 1)
  - $Disp = \frac{8760-1266,1}{8760} \times 100 = 85{,}54\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 10 (Zanetti 2)
  - $Disp = \frac{8760-2773,1}{8760} \times 100 = 68{,}28\%\ de\ disponibilidad.$
- Disponibilidad de la maquina soplador número 11 (Zanetti 4)

- $Disp = \frac{8760-1249,9}{8760} \times 100 = 85,7\%\ de\ disponibilidad.$

- Disponibilidad de la maquina soplador número 12 (UNILOY 1)
  - $Disp = \frac{8760-2288,1}{8760} \times 100 = 73,88\%\ de\ disponibilidad.$

- Disponibilidad de la maquina soplador número 13 (UNILOY 2)
  - $Disp = \frac{8760-2014,9}{8760} \times 100 = 66,73\%\ de\ disponibilidad.$

- Disponibilidad de la maquina soplador número 14 (Zhangjiagang)
  - $Disp = \frac{8760-2440,6}{8760} \times 100 = 72,13\%\ de\ disponibilidad.$

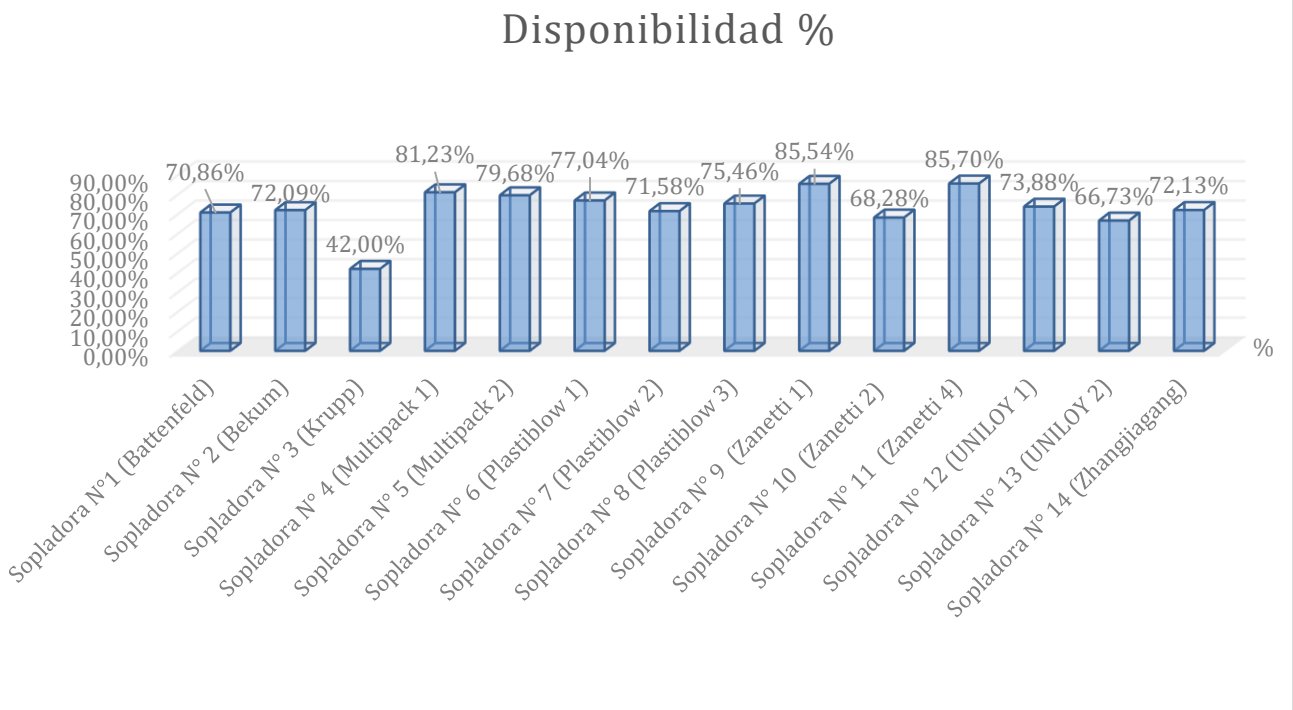

Tabla 5.1.8 Disponibilidad actual de cada maquina sopladora.

Una vez obtenido la disponibilidad individual de cada maquina sopladora, se puede calcular la disponibilidad media de toda la máquina. Esto se calcula teniendo en cuenta que este grupo de máquinas en cuestión trabajan las 24 horas diarias durante todo el año, la cual equivale a 8760 horas anuales por maquina y las horas de paras o no trabajadas fueron de 19916,1 horas sumado las paradas de todas las máquinas.

La disponibilidad media o media aritmética de todas las máquinas que están siendo estudiados puede obtenerse de la siguiente manera:

$$Disponibilidad\ media = \frac{\sum Disponibilidad\ de\ todos\ los\ equipos}{Cantidad\ de\ equipos}$$

$$Disponibilidad\ media = \frac{0{,}708 + 0{,}720 + 0{,}420 + 0{,}812 + 0{,}796 + 0{,}770 + 0{,}715 + 0{,}754 + 0{,}855 + 0{,}682 + 0{,}857 + 0{,}738 + 0{,}667 + 0{,}721}{14} \times 100 = 73{,}39\%$$

5.1.3.2 Confiabilidad

La confiabilidad de una máquina o estalación está determinada por la probabilidad de que funcione perfectamente durante un período específico, siempre que se utilice de la manera prevista. Desempeña un papel crucial en la ingeniería, la fabricación y la gestión de activos, ya que tiene un gran impacto en la eficiencia operativa, los costos de mantenimiento y la satisfacción del cliente.

La confiabilidad se puede calcular de la siguiente manera:

$$Confiabilidad = \frac{Horas\ totales - Horas\ por\ mantenimiento\ correctivo}{Horas\ totales}$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 1 (Battenfeld)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}708 \times 2552{,}3}{8760} \times 100 = 79{,}37\%\ de\ confiabilidad.$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 2 (Bekum)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}729 \times 2444{,}4}{8760} \times 100 = 79{,}65\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 3 (Krupp)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}42 \times 5080}{8760} \times 100 = 75{,}64\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 4 (Multipack 1)

$$Conf = \frac{8760 - 1644{,}2 \times 0{,}812}{8760} \times 100 = 84{,}75\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 5 (Multipack 2)

$$Conf = \frac{8760 - 1779{,}9 \times 0{,}796}{8760} \times 100 = 83{,}83\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 6 (Plastiblow 1)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}770 \times 2010{,}5}{8760} \times 100 = 82{,}32\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 7 (Plastiblow 2)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}715 \times 2489{,}1}{8760} \times 100 = 79{,}68\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 8 (Plastiblow 3)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}754 \times 2149{,}2}{8760} \times 100 = 81{,}50\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 9 (Zanetti 1)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}855 \times 1266{,}1}{8760} \times 100 = 87{,}63\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 10 (Zanetti 2)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}682 \times 2778{,}1}{8760} \times 100 = 78{,}37\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 11 (Zanetti 4)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}857 \times 1249{,}9}{8760} \times 100 = 87{,}77\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 12 (UNILOY 1)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}738 \times 2288{,}1}{8760} \times 100 = 80{,}72\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 13 (UNILOY 2)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}667 \times 2913{,}9}{8760} \times 100 = 77{,}81\%\ de\ confiabilidad$$

- Confiabilidad de la maquina sopladora número 14 (Zhangjiagang)

$$Conf = \frac{8760 - 0{,}721 \times 2440{,}6}{8760} \times 100 = 79{,}90\%\ de\ confiabilidad$$

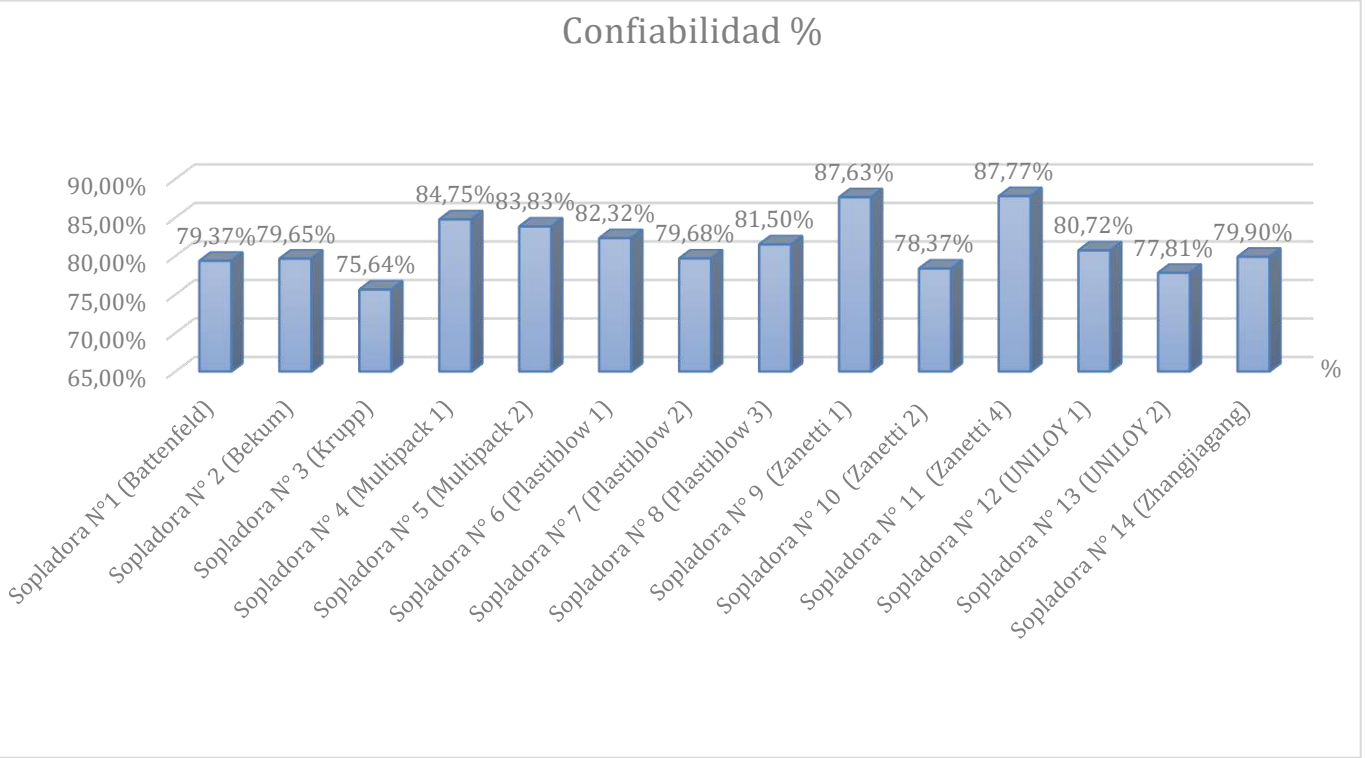

Tabla 5.1.9 Confiabilidad de cada maquina sopladora.

Confiablidad media es una métrica útil que puede comprenderse como el promedio de las confiabilidades individual de una maquina o instalación dependiendo del tiempo en diferentes condiciones operativas.

La confiabilidad media se calcula de siguiente forma:

$$Confiabilidad\ media = \frac{\sum Confiabildad\ de\ todos\ los\ equipos}{Cantidad\ de\ equipos}$$

- Confiabilidad media

$$Confiabilidad\ media$$
$$= \frac{0{,}793 + 0{,}769 + 0{,}756 + 0{,}847 + 0{,}838 + 0{,}823 + 0{,}796 + 0{,}815 + 0{,}876 + 0{,}807 + 0{,}778 + 0{,}799}{14}$$
$$\times 100 = 75{,}72\%.$$

5.1.3.3 Tiempo medio entre fallas MTBF

Es un indicador importante de la confiabilidad de la maquina o instalación, ya que nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías.

Es el cociente del número de horas totales de tiempo analizado y el número de averías acorridas durante ese lapso.

$$MTBF = \frac{Numero\ de\ horas\ totales\ del\ periodo\ analizado}{Numero\ de\ averias}$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 1 (Battenfeld)

$$MTBF = \frac{8760}{130} = 65{,}389h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 2 (Bekum)

$$MTBF = \frac{8760}{166} = 52{,}77h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 3 (Krupp)

$$MTBF = \frac{8760}{170} = 51{,}52h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 4 (Multipack 1)

$$MTBF = \frac{8760}{101} = 87{,}6h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 5 (Multipack 2)

$$MTBF = \frac{8760}{180} = 48{,}66h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 6 (Plastiblow 1)

$$MTBF = \frac{8760}{155} = 56{,}51h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 7 (Plastiblow 2)

$$MTBF = \frac{8760}{198} = 44{,}24h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 8 (Plastiblow 3)

$$MTBF = \frac{8760}{191} = 45{,}86h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 9 (Zanetti 1)

$$MTBF = \frac{8760}{132} = 66{,}36h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 10 (Zanetti 2)

$$MTBF = \frac{8760}{201} = 43{,}58h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 11 (Zanetti 4)

$$MTBF = \frac{8760}{128} = 68{,}43h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 12 (UNILOY 1)

$$MTBF = \frac{2288{,}1}{178} = 49{,}21h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 13 (UNILOY 2)

$$MTBF = \frac{8760}{147} = 59{,}59h$$

- Tiempo medio entre fallas de la maquina sopladora número 14 (Zhangjiagang)

$$MTBF = \frac{8760}{169} = 51{,}83h$$

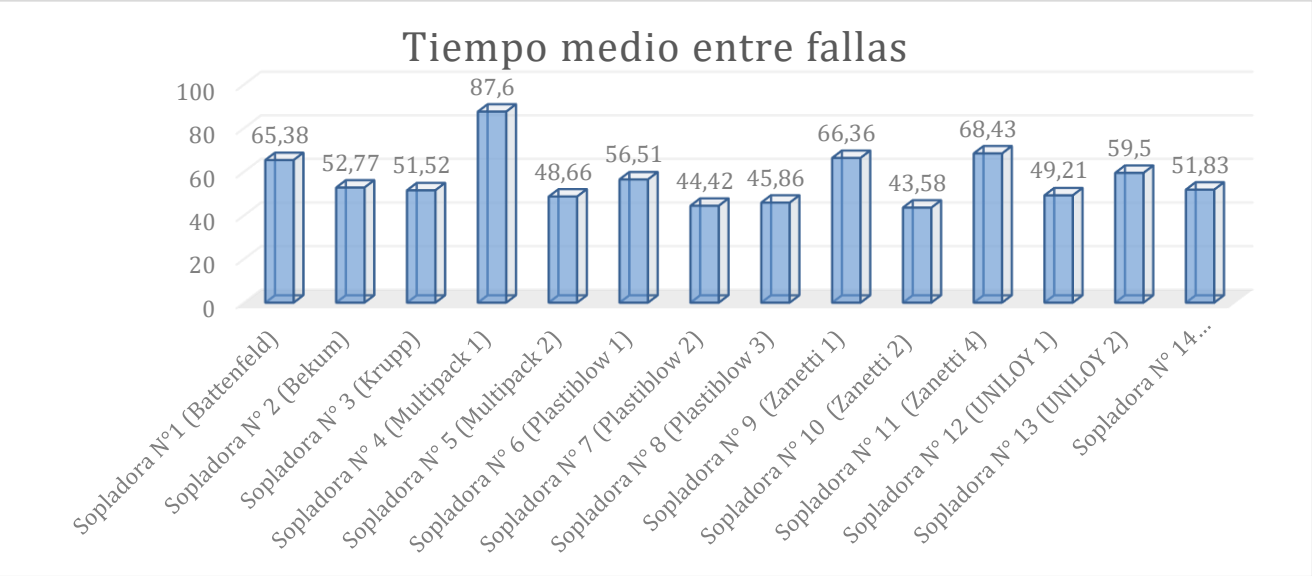

Tabla 5.1.10 Tiempo medio entre fallas de cada maquina sopladora.

- **Tiempo medio entre fallos general de todos los grupos de máquinas.**

$$\boldsymbol{MTBF} = \frac{\mathbf{14 \times 8760}}{2252} = 54{,}45\ \boldsymbol{h}.$$

5.1.3.4 Tiempo medio de reparación MTTR

Es una medida clave que nos permite conocer el tiempo que se tarda una maquina en repararse. Es el cociente del número de horas por averías y número total de averías.

$$MTTR = \frac{Numero\ de\ hora\ de\ paro\ por\ averia}{Numero\ de\ averias}$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 1 (Battenfeld)

$$MTTR = \frac{2552{,}3}{130} = 19{,}63h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 2 (Bekum)

$$MTTR = \frac{2444{,}4}{166} = 14{,}72h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 3 (Krupp)

$$MTTR = \frac{5080}{170} = 29{,}88h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 4 (Multipack 1)

$$MTTR = \frac{1644{,}2}{101} = 16{,}27h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 5 (Multipack 2)

$$MTTR = \frac{1779{,}9}{180} = 9{,}88h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 6 (Plastiblow 1)

$$MTTR = \frac{2010{,}5}{155} = 12{,}9h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 7 (Plastiblow 2)

$$MTTR = \frac{2489{,}1}{198} = 12{,}57h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 8 (Plastiblow 3)

$$MTTR = \frac{2149{,}2}{191} = 11{,}25h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 9 (Zanetti 1)

$$MTTR = \frac{1266{,}1}{132} = 9{,}59h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 10 (Zanetti 2)

$$MTTR = \frac{2778{,}1}{201} = 13{,}82h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 11 (Zanetti 4)

$$MTTR = \frac{1249{,}9}{128} = 9{,}76h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 12 (UNILOY 1)

$$MTTR = \frac{2288{,}1}{178} = 12{,}85h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina sopladora número 13 (UNILOY 2)

$$MTTR = \frac{2913{,}9}{147} = 19{,}82h.$$

- Tiempo medio de reparación maquina soplador número 14 (Zhangjiagang)

$$MTTR = \frac{2440{,}6}{169} = 14{,}44h.$$

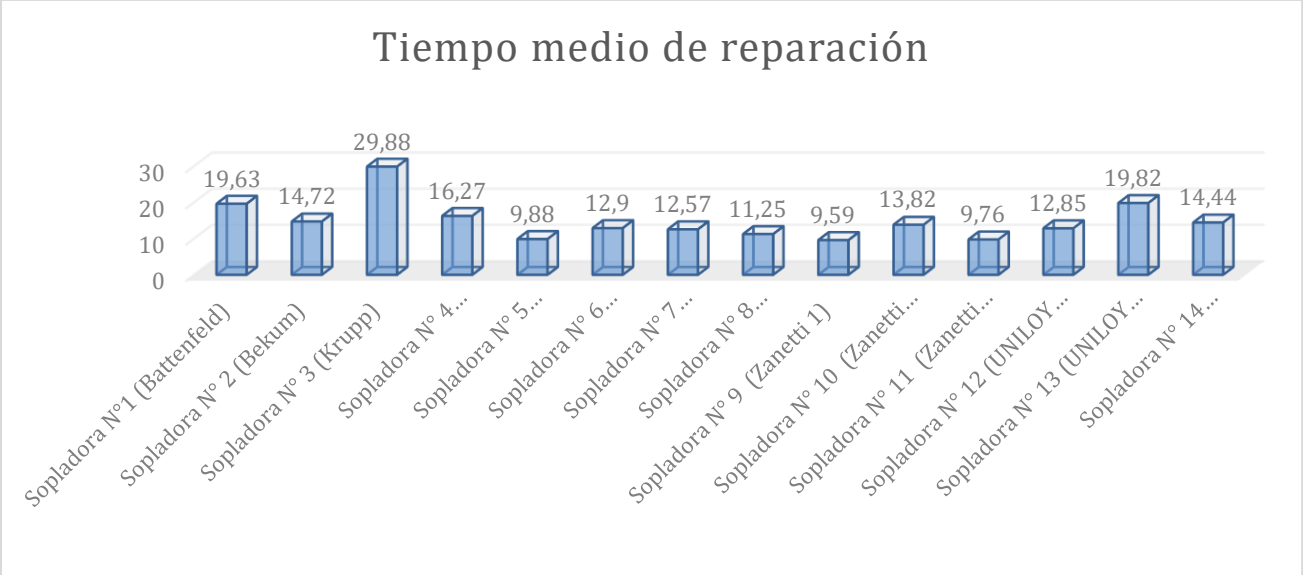

Tabla 5.1.11 Tiempo medio de reparación de cada máquina.

Tiempo medio de reparación general de todos los grupos de máquinas.

$$MTTR = \frac{33086,3}{2252} = 14,69h$$

5.2 Propuesta al problema estudiado

5.2.1 Diseño del plan de mantenimiento

5.2.1.1 Diseño y aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM

5.2.1.1.1 El equipo natural de trabajo

Los miembros del equipo de esta metodología de mantenimiento RCM son seleccionados en función de su perfil, experiencia y conocimientos técnicos.

Cada miembro se describe a continuación:

- ✓ Experto en mantenimiento predictivo, quien efectúa análisis de vibraciones y termográficas.
- ✓ Técnicos especialistas en máquinas sopladoras.
- ✓ Personal del área con un mínimo de 8 años de experiencia.

Figura 5.2.1 Equipo de trabajo de la Metodología RCM

El equipo de trabajo contaría de 7 integrante, con dos facilitadores.

5.2.1.1.1.1 Organización de Actividades

Después de seleccionar el equipo se utiliza el método de RCM para analizarlo. El equipo está dirigido por un calendario predeterminado en reuniones con todas las partes abarcadas dependiendo de su disponibilidad. En las reuniones fueron utilizadas: Lista de asistencia, planilla de AMEF, diagrama de decisión, planilla de decisión y el sistema operacional del equipo.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Organizar y planificar						
Seleccionar el equipo y determinar las condiciones de trabajo						
Determinar los estándares de desempeño						
Fallas funcionales						
Reconocer los modos de falla						
Efectos y consecuencias de la falla						
Examinar de los datos y organizar trabajos de mantenimiento						

Tabla 5.2.12 Organización de actividades.

5.2.2 Análisis técnico

5.2.2.1 Características del equipo natural de trabajo

El libro de mantenimiento centrado en confiabilidad de John Moubray es el punto de referencia para describir el funcionamiento del equipo, los patrones de rendimiento y proporcionar información sobre el sistema a partir del conocimiento personal adquirido

en la planta durante los años de trabajo de cada uno. Las características de este equipo ya se fueron descripto en capítulos precedentes.

5.2.2.2 Aplicación de la AMEF

El análisis de modos y efectos de falla permite describir con mucha precisión cada uno de las posibles fallas y sus consecuencias en el funcionamiento del bien analizado, lo cual permite tomar decisiones de forma anticipada para prevenir, solucionar y o minimizar cada uno de los modos de falla que pudieran ocurrir.

5.2.2.3 Modos y efecto de falla

Se prepararon hojas de información y decisión mediante el análisis de modo y efecto de falla. Con base a explicaciones e informaciones de los proveedores de datos. A continuación, se ilustra una parte de la hoja de información realizado a la maquina sopladora analizado para este proyecto fin de grado.

Equipo: Maquina Sopladora									
Ítem	**Sistema**	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modo de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la causa (que sucede cuando falla)**	**Eventos al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
24	Eléctrico/ Electrónico	Principal	15	Proteger a los moteres eléctricos de sobrecargas	Incapaz de proteger a los motores eléctricos de sobrecargas	Falla por sobrecalentamiento de los relés térmicos	Es evidente: El relé se recaliente al que se derrite los bornes	1	2
25	Eléctrico/ Electrónico	Principal	15	Proteger a los moteres eléctricos de sobrecargas	Incapaz de proteger a los motores eléctricos de sobrecargas	Falla por falta de reapriete en los bornes de los relés térmicos	Es evidente: El relé se recaliente al punto que se derrite los bornes	1	2
26	Eléctrico/ Electrónico	Principal	16	Cortar la alimentación eléctrica cuando pasa la corriente nominal o por un corto circuito	Incapaz de cortar la alimentación eléctrica por cortocircuito y cuando pasa la corriente nominal	Falla por falta de reapriete en los bornes de los guardamotores	Es evidente: La máquina se detiene por una alarma asociada al guardamotor	1	2
27	Eléctrico/ Electrónico	Principal	17	Controla la velocidad de un motor eléctrico	Incapaz de controlar la velocidad del motor eléctrico	Regulador de frecuencia: fallo en los transistores, sobrecargas	Es evidente: La máquina se detiene por alarma de falla en el variador	1	2
28	Eléctrico/ Electrónico	Principal	18	controla las diferentes operaciones y secuencias de trabajo	Incapaz de controlar las operaciones y secuencia de trabajo	Falla del plc: Error de programación	Es evidente: La máquina se detiene y no responde a ninguna función	1	2
29	Eléctrico/ Electrónico	Principal	18	controla las diferentes operaciones y secuencias de trabajo	Incapaz de controlar las operaciones y secuencia de trabajo	Falla del plc: Falla por sobre carga eléctrica	Es evidente: La máquina se detiene y no responde a ninguna función o inutilidad total del equipo	1	1

Tabla 5.2.13 Hoja de información de maquina sopladora.

Esta hoja describe la función, falla funcional, modos de falla y efectos de la falla del equipo en cuestión.

5.2.2.4 Resultado del análisis de los modos y efecto de la falla.

Mediante el análisis de los modos y efectos de falla realizado a los 14 grupo de máquinas sopladoras de plástico de la planta número 6 de la empresa en cuestión, se han detectado 58 funciones, 95 modos de falla y 58 fallas funcionales.

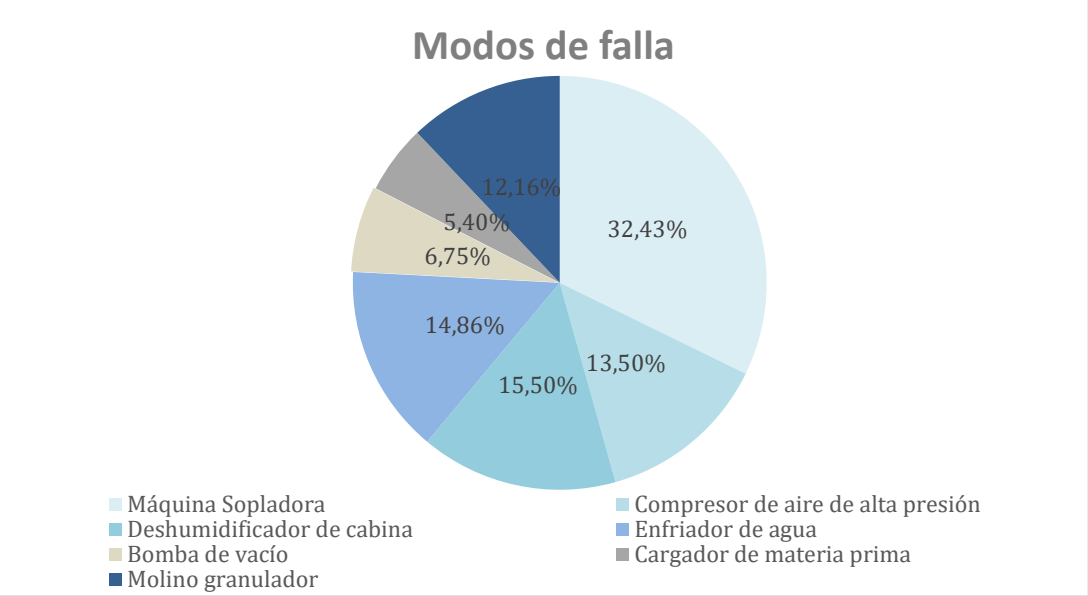

Tabla 5.2.14 Modos de falla.

5.2.2.5 Aplicación de la hoja de decisión

La hoja de decisión es una herramienta del RCM que permite establecer las acciones a realizar para abordar los distintos modos de falla y los estados fallidos, mediante acciones preestablecidas surgidas del análisis de los modos y efectos de falla, y considerando las sugerencias de los mantenedores y operarios de las máquinas.

A continuación, se ilustra la hoja de decisión realizado a la maquina sopladora

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
2	1	1	2	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
3	2	2	3	S	N	S	N	N	N	N					Cambio por tiempo	Anual	Personal Interno
4	3	3	4	S	N	S	N	S	N	N					Inspección del estado	Semestral	Personal Interno
5	4	4	5	N	N	N	S	N	N	N					Inspección del estado	Semestral	Personal Interno
6	5	5	6	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
7	5	5	7	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Anual	Personal Interno
8	5	5	8	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Semestral	Personal Interno

9	5	5	9	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
10	6	6	10	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
11	6	6	11	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
12	7	7	12	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
13	8	8	13	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Trimestral	Personal Interno
14	8	8	14	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Trimestral	Personal Interno
15	9	9	15	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
16	9	9	16	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
17	10	10	17	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Mensual	Personal Interno
18	10	10	18	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Mensual	Personal Interno
19	11	11	19	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
20	12	12	20	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
21	13	13	21	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	Trimestral	Tercerizado
22	13	13	22	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	Trimestral	Tercerizado
23	14	14	23	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
24	15	15	24	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
25	15	15	25	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
26	16	16	26	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
27	17	17	27	S	N	N	S	S	N	N					1, Análisis termográfico 2. Inspección por tiempo	Semestral	Personal Interno
28	18	18	28	S	N	N	S										
29	18	18	29	S	N	N	S										
30	19	19	30	S	N	N	S	S	N	N					1. reapriete de bornes 2. limpieza	Anual	Personal Interno
31	20	20	30	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Anual	Personal Interno
32	21	21	32	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	trimestral	tercerizado
33	21	21	33	S	N	N	N	S	N	N							
34	22	22	22	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	semestral	Personal interno
35	22	2	35	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	semestral	Personal interno
36	23	23	36	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
37	23	23	37	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
38	24	24	38	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
39	24	24	39	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
40	24	24	40	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
41	25	25	41	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
42	25	25	42	S	N	N	S	S	N	N					Termografía	Trimestral	Tercerizado
43	25	25	43	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado

Tabla 5.2.15 Hoja de decisión de maquina sopladora.

5.2.3 Establecimiento de procedimiento de mantenimiento

En la hoja de decisión se ha establecido los procedimientos a realizar para prevenir, solucionar y o minimizar la ocurrencia de los modos de falla y su consecuente estado fallido, realizando tareas preestablecidas con una frecuencia determinada y destinando los recursos (humano y económico) necesarios para alcanzar el fin deseado.

Las tareas de mantenimiento que deben ser realizadas se citan a continuación:

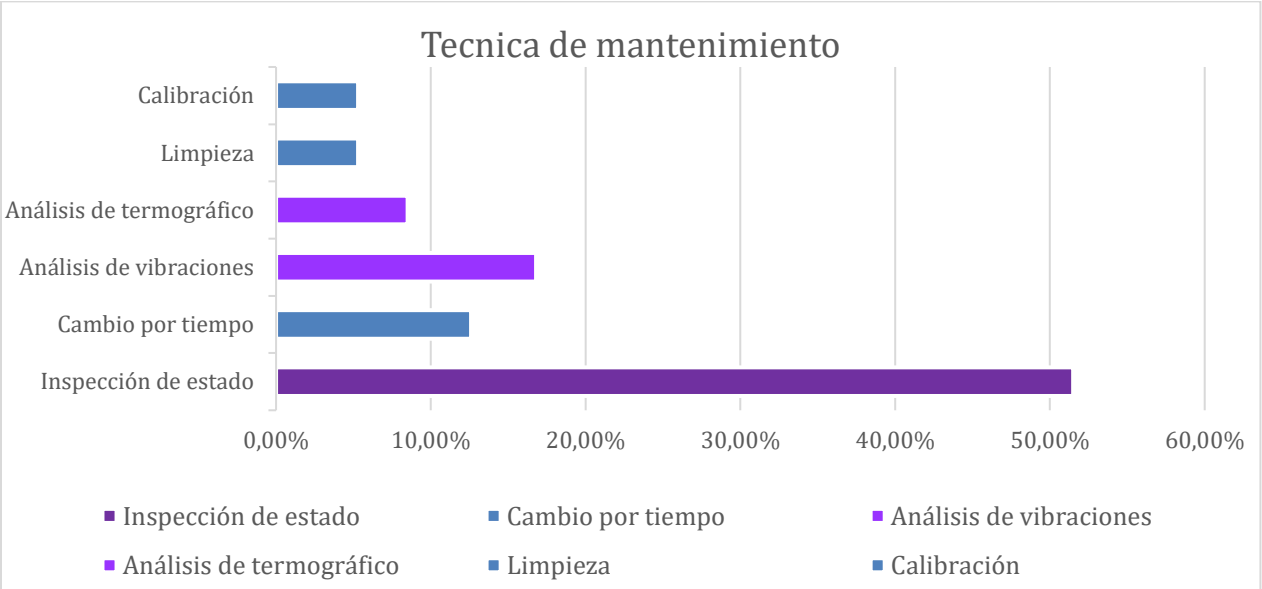

Tabla 5.2.16 Técnicas de mantenimiento.

- Inspección de estado: consiste en evaluar visualmente el estado actual del equipo para detectar posibles fallas de forma temprana, que serán realizadas por personal de mantenimiento o personal interno, en la hoja de decisión se establece claramente los componentes y partes a ser inspeccionadas y con qué frecuencia debe hacerse.
- Mantenimiento preventivo: dentro del mantenimiento preventivo incluye a cambios de pieza de los componentes que puedan presentar principios de falla por desgastes o antigüedad. Estos procedimientos pueden ser hechas por personal de mantenimiento o personal interno y dependiendo de la complejidad ser hechas por personal externo a la empresa es decir un tercerizado, en la hoja de decisión se estable componentes o partes a ser cambiados y de cada cuanto deben de ser cambiados. La limpieza y calibraciones de los componentes o equipo también corresponde al mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento predictivo: es una acción aplicada para detectar posibles fallas y defectos, una de las cuales son:

  Análisis de vibraciones: es una técnica utilizada para predecir fallas y anomalías mecánicas de las máquinas, el personal encargado de realizar este análisis corresponde a un personal tercerizado según la hoja de decisión, que también indica el periodo de tiempo en debe ser realizada.

  Análisis termográfico: esta técnica especialmente con los tableros eléctricos, motores y transformadores, permite detectar temperaturas elevadas en los contactores, guarda motores, llaves termomagnéticas, entre otros. Este análisis debe hacerse según especificaciones de la hija de decisión.

VI. ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Factibilidad

6.1.1 Beneficios

El principal beneficiario de este plan de mantenimiento seria la empresa Cimplast, específicamente la planta número 6 y así como también otras empresas o industrias dedicas al sector plástico.

6.1.1.1 Disminución de tiempo inactividad de las maquinas

Según estimaciones de la gerencia técnica, basadas en experiencias de otras plantas similares e industrias en general que aplicaron la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, las de inactividad de las maquinas se redicen 25% en el primer año de aplicación, un 15% en el segundo año, 10% en el tercer año y un 5% en cuarto año.

Totalizando una reducción del 55% de inactividad de las máquinas.

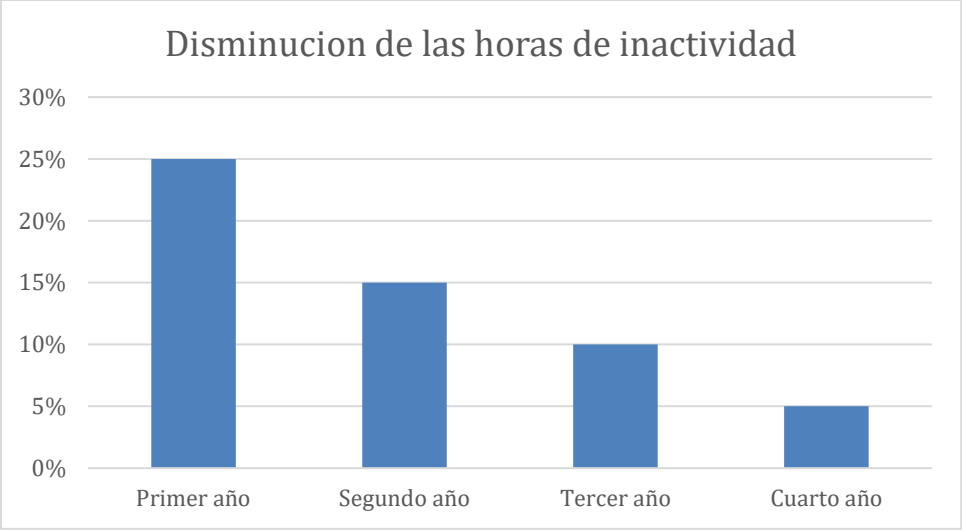

Tabla 6.1.17 Disminución de las horas de inactividad de grupos de máquinas

6.1.1.2 Incremento de la disponibilidad

Al obtener la disminución de las horas de inactividad de los grupos maquinas se logra un incremento de la disponibilidad de las mismas, con consiguiente un incremento de la producción y por ende un aumento de las ganancias.

Sopladora	Año actual	1er año	2do año	3er año	4to año
N°1 Battenfeld	70,86%	78,14%	81,42%	83,28%	84,11%
N°2 Bekum	72,09%	79,07%	82,21%	83,99%	84,80%
N°3 Krupp	42,00%	56,50%	63,03%	66,72%	70,05%
N°4 Multipack 1	81,23%	85,92%	88,03%	89,23%	89,76%
N°5 Multipack 2	79,68%	84,76%	87,04%	88,34%	88,92%
N°6 Plastiblow 1	77,04%	82,78%	85,36%	86,83%	87,50%
N°7 Plastiblow 2	71,58%	79%	81,88%	83,69%	84,51%
N°8 Plastiblow 3	75,46%	81,59%	84,35%	85,92%	86,62%
N°9 Pavan Zanetti 1	85,54%	89,16%	90,78%	91,71%	92,12%
N°10 Pavan Zanetti 2	68,28%	76,21%	79,78%	81,80%	82,71%
N°11 Pavan Zanetti 4	85,70%	89,29%	90,90%	91,81%	92,22%
N°12 UNILOY 1	73,88%	80,40%	83,34%	85,01%	85,76%
N°13 UNILOY 2	66,73%	75%	78,79%	80,91%	81,86%
N°14 Zhangjiagang	72,13%	79,10%	82,04%	83,84%	84,64%

Tabla 6.1.18 Incremento de la disponibilidad.

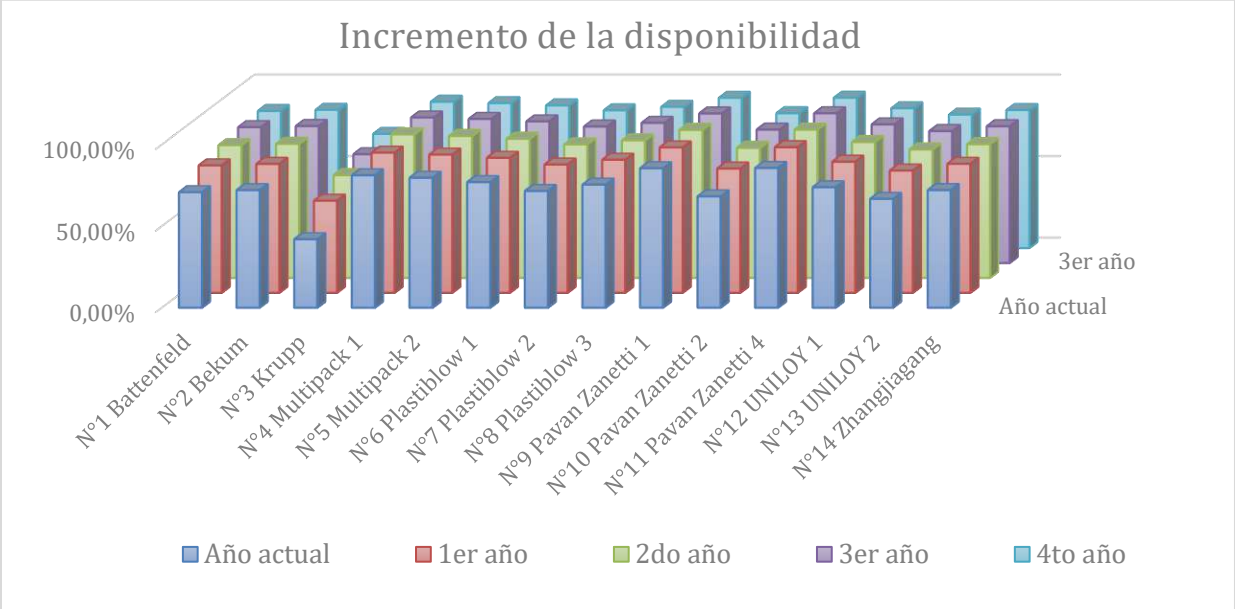

Tabla 6.1.19 Incremento de la disponibilidad.

6.1.1.3 Incremento de la productividad

Al aplicar de manera adecuada la metodología de mantenimiento RCM, se logra un incremente significativo de la productividad al minimizar el tiempo de inactividad y maximizar el rendimiento de los grupos de máquinas, la cual se convierte en ganancias para la empresa.

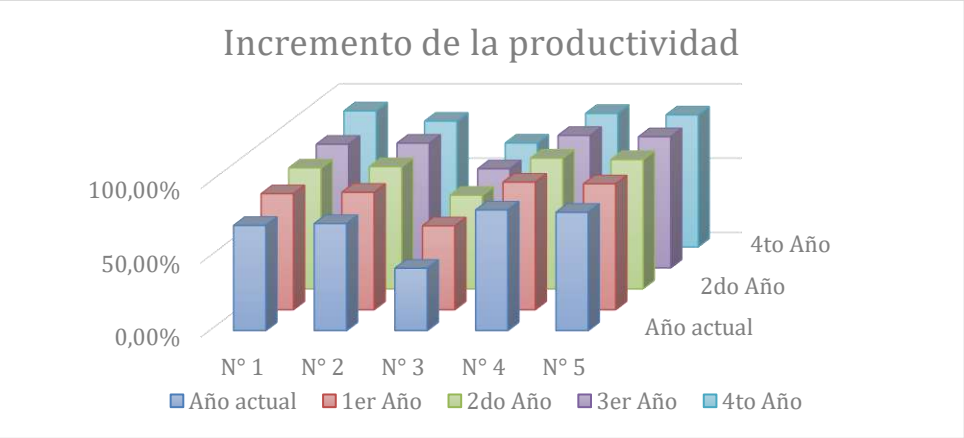

Tabla 6.1.20 Incremento de la productividad (maquina N° 1 al N° 5).

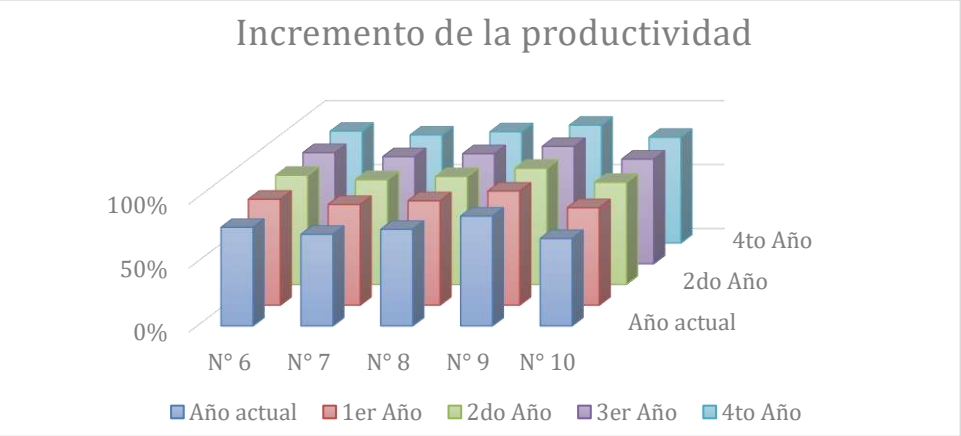

Tabla 6.1.21 Incremento de la productividad (maquina N° 6 al N° 10).

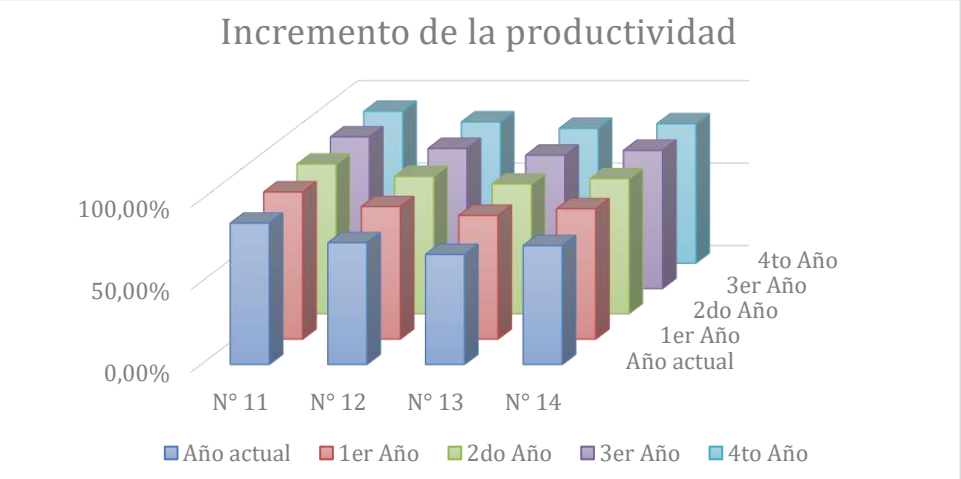

Tabla 6.1.22 Incremento de la productividad (maquina N° 11 al N° 14).

6.1.2 Costo

6.1.2.1 Costo de aplicación

La hoja de decisión realizada para este Proyecto Final de Grado para cada equipo, proporciona datos de los costos de los repuestos, mano de obro y costo de los servicios

del personal tercerizado, a lo cual se considera un incrementa del 10% por año a estos precios. Esto según datos utilizados y proporcionado por la gerencia técnica.

Costo de aplicación de la metodología de mantenimiento	1er año	2do año	3er año	4to año
Mano de obra	74.802.650	82.282.915,00	90.565.806,50	99.622.387,15
Repuesto	106.057.000	116.662.700	128.328.970	141.161.867
Servicios tercerizados	102.980.000	113.278.000	124.605.800	137.066.380
Total	283.839.650	312.223.615,00	343.500.576,50	377.850.634,15
Total, 14 grupo de maquina	3.973.755.100	4.371.130.610	4.809.008.071	5.289.908.878

Tabla 6.1.23 Costo de aplicación de la metodología de mantenimiento.

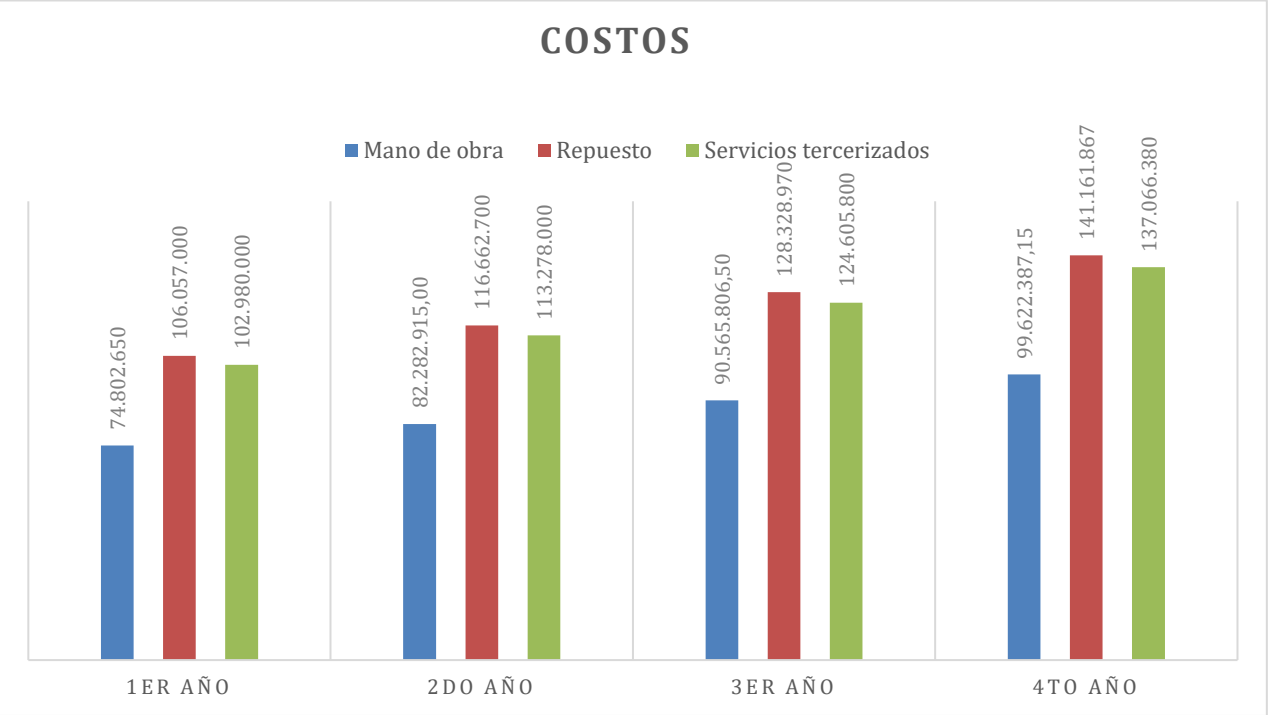

Tabla 6.1.24 Costo de aplicación de la metodología.

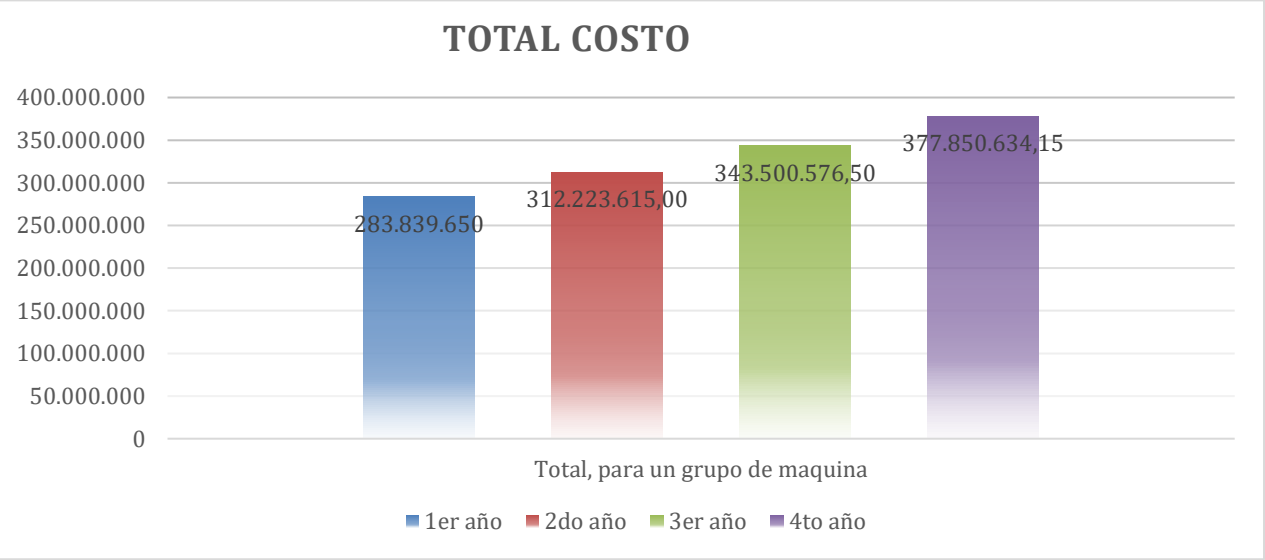

Tabla 6.1.25 Total costo de aplicación de la metodología.

6.1.3 Evaluación económica

6.1.3.1 Determinación del flujo de caja proyectada

Tomando como referencias los datos iniciales, como, costo de mano de obra, costo de servicio tercerizado y costo de repuesto se logra elaborar el flujo de caja proyectada de las inversiones y de los beneficios económicos que se lograra con la aplicación de este proyecto. Para su elaboración se trazó un horizonte de 4 años.

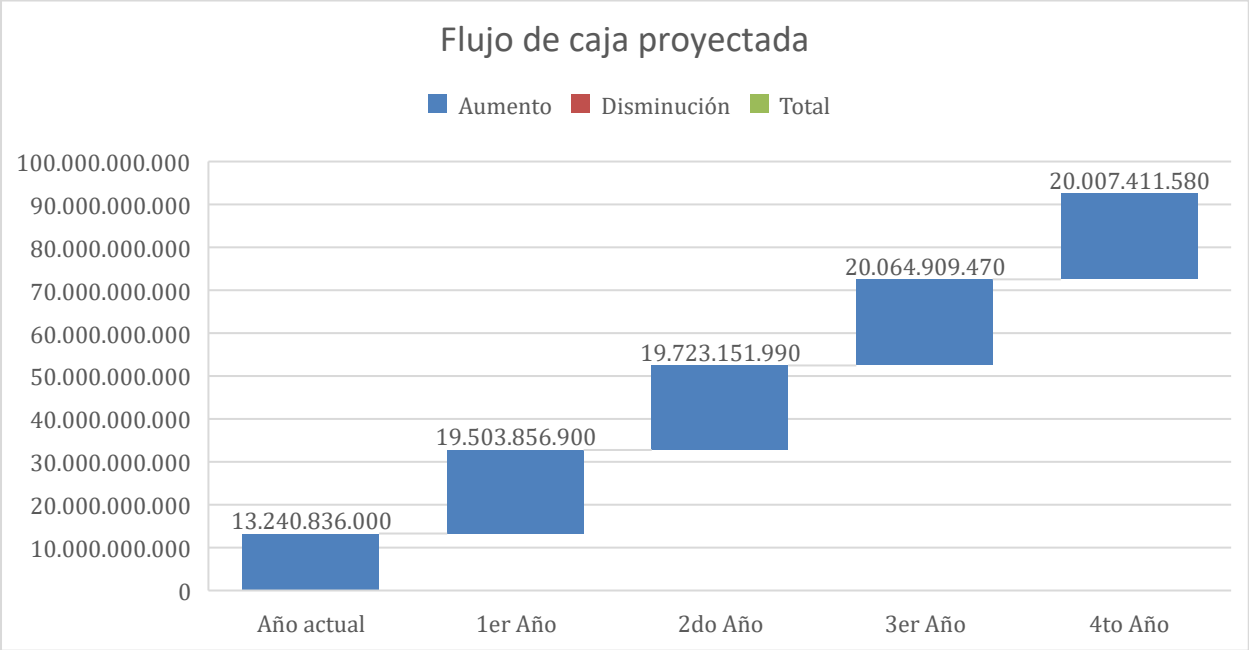

Tabla 6.1.26 Flujo de caja proyectada.

6.1.3.2 Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)

La TIR representa la tasa de rendimiento que iguala el valor presente neto de los flujos de efectivo de un proyecto de inversión a cero.

Con los cálculos realizados se obtuvo una TIR igual a 73,11%, la cual nos indica que el proyecto se considera rentable.

6.1.3.3 Determinación del valor presenté neto (VPN)

El valor presente neto indica la rentabilidad del proyecto, al obtener un valor positivo se considera que se genera más dinero de lo invertido o que el proyecto es rentable.

Realizando los cálculos pertinentes se obtuvo el VPN es igual a 37.101.929.331,23 gs.

CONCLUSIONES

Se opto por las maquinas sopladoras de plástico de la planta numero 6 la cual fue sometido al proceso de RCM, se analizaron todas las posibles condiciones de causas, determinado la actividad de mantenimiento más adecuado para lograr un mejor estándar de funcionamiento, optimizando los recursos destinados a mantenimiento como son el tiempo y el dinero.

Se estudio a profundad el proceso de aplicación de esta metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad, como así también el estándar de funcionamiento de las maquinas sopladoras y de otras máquinas con que cuenta esta planta, mediante reuniones, entrevistas, manual funcionamiento, registro de ordenes de trabajo, entre otros. Logrando abarcar la mayor cantidad de modos de falla, lo que permitió optar por un mantenimiento adecuado y con frecuencia optima.

Mediante la realización de estudio de factibilidad económica, teniendo en cuenta costos de repuestos, mano de obra y servicios tercerizados, así como también horas proyectadas para el año de aplicación, se demuestra la viabilidad económica del proyecto, concluyendo que su aplicación es rentable.

RECOMENDACIONES

Este proyecto fin de grado se realizó la aplicación del Mantenimiento Centrado en confiabilidad a un conjunto de máquinas sopladoras de la planta número 6 de dicha empresa, por lo que se recomienda para futuros trabajos de investigación la evaluación de los siguientes temas:

- ✓ Realizar la revisión del plan de mantenimiento al cabo de un año de implementación.
- ✓ Diseñar un plan de mantenimiento para otras plantas o maquinas que realizan una función distinta.
- ✓ Evaluar la implementación de otro tipo de mantenimiento

APENDICE

Apéndice A: Factibilidad

Apéndice A.1: Incremento de la disponibilidad

Sopladora	Año actual	1er año	2do año	3er año	4to año
N°1 Battenfeld	70,86%	78,14%	81,42%	83,28%	84,11%
N°2 Bekum	72,09%	79,07%	82,21%	83,99%	84,80%
N°3 Krupp	42,00%	56,50%	63,03%	66,72%	70,05%
N°4 Multipack 1	81,23%	85,92%	88,03%	89,23%	89,76%
N°5 Multipack 2	79,68%	84,76%	87,04%	88,34%	88,92%
N°6 Plastiblow 1	77,04%	82,78%	85,36%	86,83%	87,50%
N°7 Plastiblow 2	71,58%	79%	81,88%	83,69%	84,51%
N°8 Plastiblow 3	75,46%	81,59%	84,35%	85,92%	86,62%
N°9 Pavan Zanetti 1	85,54%	89,16%	90,78%	91,71%	92,12%
N°10 Pavan Zanetti 2	68,28%	76,21%	79,78%	81,80%	82,71%
N°11 Pavan Zanetti 4	85,70%	89,29%	90,90%	91,81%	92,22%
N°12 UNILOY 1	73,88%	80,40%	83,34%	85,01%	85,76%
N°13 UNILOY 2	66,73%	75%	78,79%	80,91%	81,86%
N°14 Zhangjiagang	72,13%	79,10%	82,04%	83,84%	84,64%

Tabla 27 Disponibilidad antes y después de la aplicación de la metodología.

Disponibilidad antes y después de la aplicación de la metodología.

Los datos se obtienen mediante la siguiente formula.

$$\text{Disp.} = \frac{\text{horas de trabajo-horas de paradas}}{\text{horas de trabajo}} \text{x100}$$

Apéndice A.2: Incremento de la productividad

Sopladora	Año actual	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año
N° 1	70,86%	78,14%	81,42%	83,28%	91,70%
N° 2	72,10%	79,07%	82,27%	84%	84,79%
N° 3	42%	56,50%	63,03%	66,72%	70,05%
N° 4	81,23%	85,92%	88,03%	89,23%	90%
N° 5	79,68%	84,76%	87,04%	88,34%	89%
N° 6	77%	82,78%	85,36%	86,83%	87,49%
N° 7	71,58%	78,69%	81,88%	83,69%	84,50%
N° 8	75,46%	81,59%	84,35%	86%	87%
N° 9	85,80%	89,16%	90,78%	91,70%	92,12%
N° 10	68,28%	76,19%	79,78%	81,80%	82,71%
N° 11	85,73%	89,29%	90,90%	92%	92,22%
N° 12	73,88%	80,41%	83,43%	85%	85,76%
N° 13	66,73%	75,05%	78,79%	80,90%	81,86%
N° 14	72,13%	79,10%	82%	83,81%	84,64%

Tabla 28 Índice de productividad antes y después de la aplicación de la metodología de mantenimiento.

Índice de productividad antes y después de la aplicación de la metodología.

Los datos se obtienen de la siguiente forma.

$$\textbf{Inscremento de la produccion} = (\text{horas de trabajo actual} + \text{horas de trabjao actual} \times \text{porcentaje de incremento}) \times 100$$

Apéndice B: Costo

Apéndice B.1: Costo de aplicación

Costo de aplicación de la metodología de mantenimiento	1er año	2do año	3er año	4to año
Mano de obra	74.802.650	82.282.915,00	90.565.806,50	99.622.387,15
Repuesto	106.057.000	116.662.700	128.328.970	141.161.867
Servicios tercerizados	102.980.000	113.278.000	124.605.800	137.066.380
Total	283.839.650	312.223.615,00	343.500.576,50	377.850.634,15
Total, 14 grupo de maquina	3.973.755.100	4.371.130.610	4.809.008.071	5.289.908.878

Tabla 29 Costo de aplicación para un grupo de máquinas.

Apéndice C: Evaluación económica

Apéndice C.1: Flujo de caja proyectada

Descripción	Año actual	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año
Incremento de la producción	21.491.688.000	23.477.596.000,00	24.367.298.000	24.873.974.000	25.296.498.000
Costo de repuestos	3.500.456.000	1.484.812.000	1.633.293.200	1.796.622.520	1.976.284.520
Costo mano de obra	1.769.840.000	1.047.237.100	1.151.960.810,00	1.267.960.810,00	1.393.872.580,10
Costo servicio tercerizado	2.980.556.000	1.441.720.000	1.858.892.000	1.744.481.200	1.918.929.320
Total, egreso	8.250.852.000	2.676.221.100	4.644.146.010	4.809.064.530,00	5.289.086.420,10
Flujo neto	13.240.836.000	19.503.856.900	19.723.151.990	20.064.909.470,00	20.007.411.579,90
Flujo acumulado	-	19.503.856.900	39.227.008.890,00	59.291.918.360,00	79.299.329.939,90

Tabla 30 Fujo de caja proyectada proyectada.

Flujo de caja proyectada.

Apéndice C.2: Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)

En base a la tabla anterior se calcula el valor de la TIR, obteniendo el siguiente resultado.

TIR	*73,11%*

Apéndice C.3: Determinación del valor presenté neto (VPN)

En base a los datos obtenidos en el flujo de caja proyectada y con una tasa de descuento del 10% en un plazo de 4 años, se obtiene el valor de VPN.

VPN	*37.101.929.331,23*

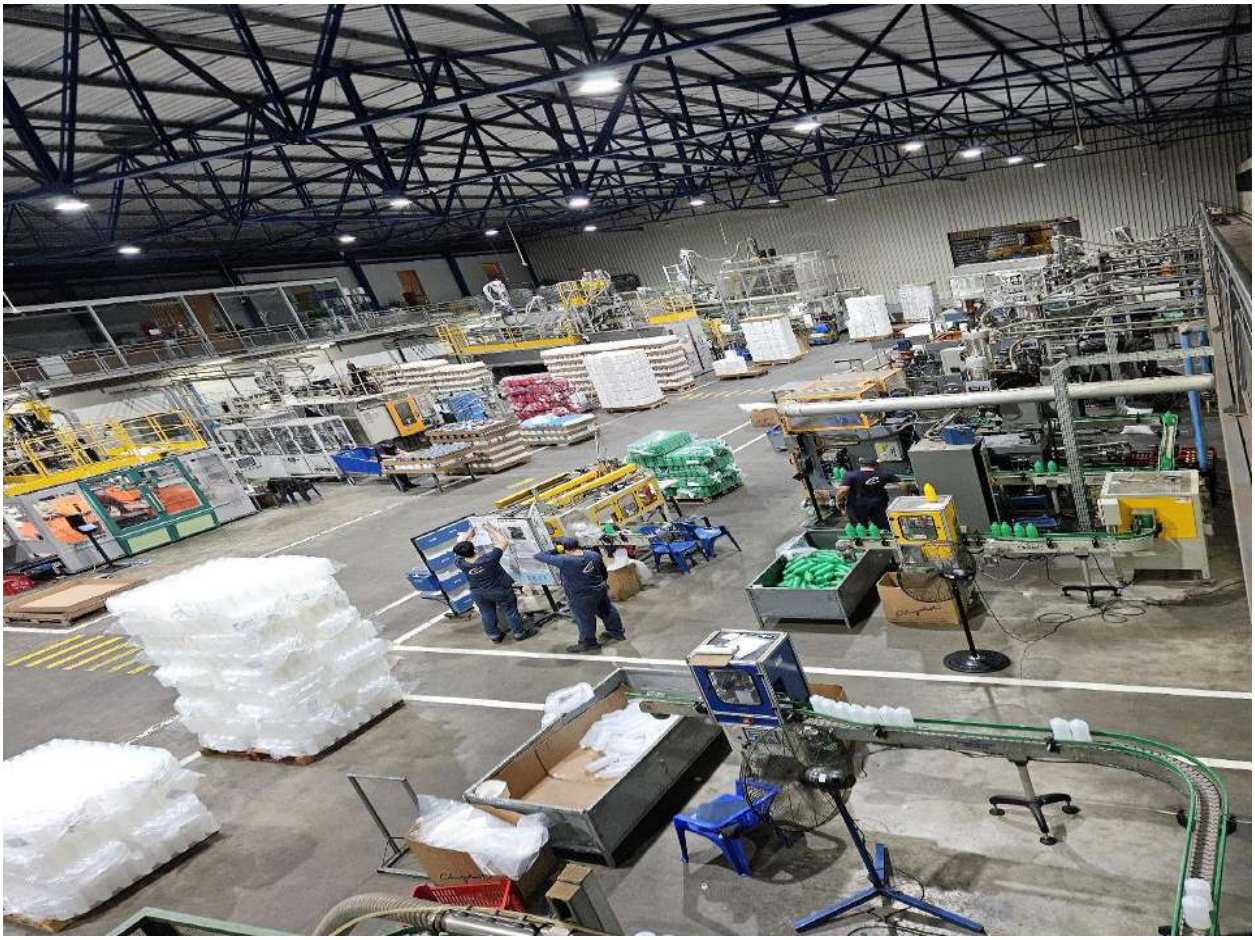

Figura 7 Planta número 6 de la empresa Cimplast

Figura 8 Planta número 6 de la empresa Cimplast

Figura 9 Planta número 6 de la empresa Cimplast

Figura 10 Planta número 6 de la empresa Cimplast

Equipo: Maquina Sopladora									
Ítem	**Sistema**	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modo de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la causa (que sucede cuando falla)**	**Eventos al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Extrusora	Principal	1	Mantener una velocidad de giro constante	No es capaz de mantener un giro constante	Falla de los rodamientos de la caja reductora	Es evidente: El tornillo de extrusor no gira, no es tramitado la fuerza motriz del motor eléctrico	0.5	48
2	Extrusora	Principal	1	Mantener una velocidad de giro constante	No es capaz de mantener un giro constante	Falla en los engranajes	Es evidente: El tornillo de extrusor no gira, no es tramitado la fuerza motriz del motor eléctrico	0.5	48
3	Extrusora	Secundario	2	Contener el aceite lubricante	No es capaz de contener el aceite	Falla en los retenes de los ejes	Es evidente: Se puede observar perdidas de aceite por las salidas de los ejes.	1	12
4	Extrusora	Secundario	3	Soportar los esfuerzos mecánicos durante el funcionamiento	No es capaz de soportar los esfuerzos mecánicos	Falla de los tornillos de sujeción	Es evidente. Se observa filtraciones de material plásticos por las bridas de unión	0,5	16
5	Extrusora	Principal	4	Permitir el flujo de material al área de moldeo	No es capaz de mantener un flujo constante al área de moldeo	Falla de accionadores mecánicos	No es evidente. Se presenta fluctuaciones en el libre flujo del material, genera falla de distribución de material durante el formado del producto.	0,5	16
6	Hidráulico	Principal	5	Mantener una Presión constante en el sistema hidráulico	No es capaz de mantener una presión constante en el sistema	Falla de la bomba hidráulica	Es evidente. La máquina no es capaz de realizar movimientos constantes o fluidos de acuerdo a lo programado	1	8
7	Hidráulico	Principal	5	Mantener una Presión constante en el sistema hidráulico	No es capaz de mantener una presión constante en el sistema	Falla de los cilindros hidráulicos	Es evidente. La máquina deja de realizar funciones específicas de acuerdo dependiendo del cilindro que falla. La máquina se detiene inmediatamente	5	8
8	Hidráulico	Principal	5	Mantener una Presión constante en el sistema hidráulico	No es capaz de mantener una presión constante en el sistema	Falla de las válvulas hidráulicas	Es evidente. La máquina deja de realizar funciones específicas de acuerdo dependiendo del cilindro que falla. La máquina se detiene inmediatamente	6	3
9	Hidráulico	Principal	5	Mantener una Presión constante en el sistema hidráulico	No es capaz de mantener una presión constante en el sistema	Falla de las mangueras hidráulicas	Es evidente. La presión del sistema no es transmitida por perdidas de aceite, la maquina se detiene inmediatamente	10	2
10	Hidráulico	Secundario	6	Mantener la estanqueidad del sistema hidráulico	No es capaz de mantener estanqueidad del sistema hidráulico	Falla en las mangueras hidráulicas	Es evidente. Se empieza a observar perdidas de aceite por las mangueras, la maquina no se detiene, sin embargo, si continua la perdida la maquina se detendrá por nivel mínimo de aceite	10	2
11	Hidráulico	Secundario	6	Mantener la estanqueidad del sistema hidráulico	No es capaz de mantener estanqueidad del sistema hidráulico	Fallas en los retenes de las válvulas hidráulicas	Es evidente. Se empieza a observar perdidas de aceite por las mangueras, la maquina no se detiene, sin embargo, si continua la perdida la maquina se detendrá por nivel mínimo de aceite	15	3
12	Hidráulico	Secundario	7	Contener el aceite hidráulico	No es capaz de contener el aceite hidráulico	Perdida de estanqueidad en el tanque hidráulico	Es evidente. Derramamiento de aceite hidráulico del tanque. La máquina se detiene por nivel mínimo de aceite	0,5	8
13	Neumático	Principal	8	Mantener una Presión constante en el sistema neumático	No es capaz de mantener una presión constante en el sistema	Falla del regulador de presión	Es evidente. La máquina se detiene por baja presión del sistema neumático	1	4

14	Neumático	Principal	8	Mantener una Presión constante en el sistema Neumático	No es capaz de mantener una presión constante en el sistema	Rotura de mangueras hidráulicas	Es evidente. La máquina se detiene por baja presión del sistema neumático. Primeramente, puede dejar de realizar ciertas funciones si la perdida se ocurre en sectores localizadas	20	6
15	Neumático	Principal	9	Realizar movimientos mecánicos	no es capaz de realizar movimientos mecánicos	Falla de los cilindros neumáticos	Es evidente. A cauda de no realizar una función la maquina se detiene inmediatamente con una alarma indicando cual es la función no realizada	15	7
16	Neumático	Principal	9	Realizar movimientos mecánicos	no es capaz de realizar movimientos mecánicos	Fallas de las válvulas Neumáticas	Es evidente. A cauda de no realizar una función la maquina se detiene inmediatamente con una alarma indicando cual es la función no realizada	16	5
17	Molde	Principal	10	Determinar la forma del producto final	No es capaz Determinar el diseño del producto	Deformaciones en el molde	Es evidente. A causa de un agente externo (un golpe o suciedad) el molde no permite que se copie exactamente la figura que debe tener el producto final. Por detecciones en la calidad del producto la maquina es detenida por el operador	36	8
18	Molde	Principal	10	Determinar la forma del producto final	No es capaz Determinar el diseño del producto	Corrosión en el molde	Es evidente. El producto final presenta marcas o defectos a causa de una corrosión en el molde, la maquina es destina por el operador.	36	8
19	Molde	Principal	11	Refrigeración	No es capaz de realizar la refrigeración	Obstrucción de los ductos de refrigeración	Es evidente, el producto final no presenta un curado adecuado presentándose deformaciones por mala refrigeración	8	24
20	Molde	Principal	12	Realizar un agarre efectivo de la manga de plástico	No es capaz de agarrar la manga de forma adecuada	Daños en los laterales del molde	Es evidente. A causa de no poder realizar una toma efectiva de la manga, el plástico no puede ser soplado, la máquina es detenida por el operador	15	9
21	Eléctrico/Electrónico	Principal	13	Permiten la correcta circulación de la energía eléctrica	No es capaz de circular adecuadamente la energía eléctrica	Daños por sobre calentamiento del cableado	Es evidente: Corte del suministro de la energía eléctrica	0.5	24
22	Eléctrico/Electrónico	Principal	13	Permiten la protección de los equipos de sobre corrientes	No es capaz de proteger a los equipos de sobre corrientes	Actuación por cortocircuitos	Es evidente: la maquina se detiene inmediatamente por una alarma eléctrica	10	2
23	Eléctrico/Electrónico	Principal	14	Alimentar	No alimenta	Falla del contactor por quema de la bobina	Es evidente: la maquina se detiene porque no realiza una función específica asociada a ese contactor	5	3
24	Eléctrico/Electrónico	Principal	15	Proteger a los moteres eléctricos de sobrecargas	Incapaz de proteger a los motores eléctricos de sobrecargas	Falla por sobrecalentamiento de los relés térmicos	Es evidente: El relé se recaliente al que se derrite los bornes	1	2
25	Eléctrico/Electrónico	Principal	15	Proteger a los moteres eléctricos de sobrecargas	Incapaz de proteger a los motores eléctricos de sobrecargas	Falla por falta de reapriete en los bornes de los relés térmicos	Es evidente: El relé se recaliente al punto que se derrite los bornes	1	2
26	Eléctrico/Electrónico	Principal	16	Cortar la alimentación eléctrica cuando pasa la corriente nominal o por un corto circuito	Incapaz de cortar la alimentación eléctrica por cortocircuito y cuando pasa la corriente nominal	Falla por falta de reapriete en los bornes de los guardamotores	Es evidente: La máquina se detiene por una alarma asociada al guardamotor	1	2

27	Eléctrico/Electrónico	Principal	17	Controla la velocidad de un motor eléctrico	Incapaz de controlar la velocidad del motor eléctrico	Regulador de frecuencia: fallo en los transistores, sobrecargas	Es evidente: La máquina se detiene por alarma de falla en el variador	1	2
28	Eléctrico/Electrónico	Principal	18	controla las diferentes operaciones y secuencias de trabajo	Incapaz de controlar las operaciones y secuencia de trabajo	Falla del plc: Error de programación	Es evidente: La máquina se detiene y no responde a ninguna función	1	2
29	Eléctrico/Electrónico	Principal	18	controla las diferentes operaciones y secuencias de trabajo	Incapaz de controlar las operaciones y secuencia de trabajo	Falla del plc: Falla por sobre carga eléctrica	Es evidente: La máquina se detiene y no responde a ninguna función o inutilidad total del equipo	1	1
30	Eléctrico/Electrónico	Principal	19	Transformador de fuente de alimentación de la fuente de mando	Incapaz de alimentar a la fuente de mando	Falla Por recalentamiento en el alimentador de 24vcc	Es evidente: Se apaga toda la maquina	0.5	24
31	Eléctrico/Electrónico	Principal	20	Mantener una tensión constante	Incapaz de mantener la tensión constante	Agotamiento de la batería	Es evidente: la UPS no es capaz de soportar la carga del PLC para el corte del programa durante un corte del suministro eléctrico	0.5	9
32	Eléctrico/Electrónico	Principal	21	permite mantener una comunicación entre el PLC y los distintos periféricos	Incapaz de mantener una comunicación entre el PLC y los distintos periféricos	Falla por calentamiento	Es evidente: la maquina se detiene inmediatamente por una alarma de fallo en la red	0.5	9
33	Eléctrico/Electrónico	Principal	21	permite mantener una comunicación entre el PLC y los distintos periféricos	Incapaz de mantener una comunicación entre el PLC y los distintos periféricos	Falla por corto circuito	Es evidente: la maquina se detiene inmediatamente por una alarma de fallo en la red	0.5	9
34	Eléctrico/Electrónico	Principal	22	Responden al movimiento físico	Incapaz de responder a un movimiento físico	Falla por sobrecalentamiento de los sensores de movimiento	Es evidente: la maquina se detiene por la falla asociada a la función del sensor de movimiento	1	3
35			22	Responden al movimiento físico	Incapaz de responder a un movimiento físico	Falla por desgaste del sensor de movimiento	Es evidente: la maquina se detiene por la falla asociada a la función del sensor de movimiento	10	3
36	Eléctrico/Electrónico	Principal	23	Derretir la materia prima a una previamente determinada	Incapaz de derretir la materia prima a una previamente determinada	Falla eléctrica	Es evidente: la maquina se detiene por la falla asociada a la función del sensor de temperatura	40	1
37	Eléctrico/Electrónico	Principal	23	Derretir la materia prima a una previamente determinada	Incapaz de derretir la materia prima a una previamente determinada	Falla por golpe	Es evidente: la maquina se detiene por la falla asociada a la función del sensor de temperatura	40	1
38	Eléctrico/Electrónico	Principal	24	Aportar calor a las distintas zonas de calentamiento	Incapaz Aportar calor a las distintas zonas de calentamiento	Falla por corto circuito	Es evidente: la maquina se tiene con una alarma de temperatura	15	4
39	Eléctrico/Electrónico	Principal	24	Aportar calor a las distintas zonas de calentamiento	Incapaz Aportar calor a las distintas zonas de calentamiento	Falla por rotura de cable	Es evidente: la maquina se tiene con una alarma de temperatura	10	4
40	Eléctrico/Electrónico	Principal	24	Aportar calor a las distintas zonas de calentamiento	Incapaz Aportar calor a las distintas zonas de calentamiento	Falla por golpes externos	Es evidente: la maquina se tiene con una alarma de temperatura	5	4
41	Eléctrico/Electrónico	Principal	25	Generar movimiento	Incapaz de generar movimiento	Falla en el rodamiento	Es evidente: el aguarda motor protege por sobre carga por lo que se detiene la maquina	10	72

42	Eléctrico/Electrónico	Principal	25	Generar movimiento	Incapaz de generar movimiento	Falla en el bobinado	Es evidente: el aguarda motor protege por sobre carga por lo que se detiene la maquina	15	72
43	Eléctrico/Electrónico	Principal	25	Generar movimiento	Incapaz de generar movimiento	Falla por rotura del eje	Es evidente: el aguarda motor protege por sobre carga por lo que se detiene la maquina	20	72

Tabla 31 Hoja de información, maquina sopladora de plástico.

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
2	1	1	2	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
3	2	2	3	S	N	S	N	N	N	N					Cambió por tiempo	Anual	Personal Interno
4	3	3	4	S	N	S	N	S	N	N					Inspección del estado	Semestral	Personal Interno
5	4	4	5	N	N	N	S	N	N	N					Inspección del estado	Semestral	Personal Interno
6	5	5	6	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
7	5	5	7	S	N	N	S	N	N	S					Cambió por tiempo	Anual	Personal Interno
8	5	5	8	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Semestral	Personal Interno
9	5	5	9	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
10	6	6	10	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
11	6	6	11	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
12	7	7	12	S	N	S	S	S	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
13	8	8	13	S	N	N	S	N	N	S					Cambió por tiempo	Trimestral	Personal Interno
14	8	8	14	S	N	N	S	N	N	S					Cambió por tiempo	Trimestral	Personal Interno
15	9	9	15	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
16	9	9	16	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
17	10	10	17	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Mensual	Personal Interno
18	10	10	18	S	N	N	S	N	N	S					Inspección del estado	Mensual	Personal Interno
19	11	11	19	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
20	12	12	20	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
21	13	13	21	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	Trimestral	Tercerizado
22	13	13	22	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	Trimestral	Tercerizado
23	14	14	23	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
24	15	15	24	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
25	15	15	25	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
26	16	16	26	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado	Trimestral	Personal Interno
27	17	17	27	S	N	N	S	S	N	N					1. Análisis termográfico 2. Inspección por tiempo	Semestral	Personal Interno
28	18	18	28	S	N	N	S										

29	18	18	29	S	N	N	S										
30	19	19	30	S	N	N	S	S	N	N					1. reapriete de bornes 2. limpieza	Anual	Personal Interno
31	20	20	30	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Anual	Personal Interno
32	21	21	32	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	trimestral	tercerizado
33	21	21	33	S	N	N	N	S	N	N							
34	22	22	22	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	semestral	Personal interno
35	22	2	35	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	semestral	Personal interno
36	23	23	36	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
37	23	23	37	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
38	24	24	38	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
39	24	24	39	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
40	24	24	40	S	N	N	S	S	N	N					Inspección por tiempo	Trimestral	Personal interno
41	25	25	41	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
42	25	25	42	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	Trimestral	Tercerizado
43	25	25	43	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado

Tabla 32 Hoja de decisión, maquina sopladora de plástico.

Equipo: Compresor de aire de alta presión								
Ítem	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modo de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la causa (que sucede cuando falla)**	**Eventos al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Falla de los aros de pistón de compresión	Es evidente. El compresor presenta una perdida rendimiento y no es capaz de sostener la presión con una carga del sistema	2	16
2	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Desgaste en los empaques las bielas	Es evidente. El compresor pierde aire en el retorno del pistón por lo que no es capaz de mantener la presión de operación	2	16
3	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Falla en la válvula de admisión	Es evidente. La válvula no se abre para el ingresar de aire por lo que no realiza la compresión	3	6
4	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Falla de la válvula de escape	Es evidente. La válvula no libera la presión, actual la válvula de seguridad, el compresor se detiene por exceso de presión	3	6
5	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Falla de la válvula de seguridad	Es evidente. La válvula pierde capacidad de retener en su punto de regulación por lo que libera la presión por debajo de su rango de seguridad, el compresor no es capaz de mantener la presión de operación	0,5	2
6	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Falla de los rodamientos del motor	Es evidente. El motor presenta fallas operacionales como sobrecarga (aumento del consumo eléctrico), engranamiento el motor	1	32
7	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Perdida de aislación de las bobinas del motor	Es evidente. El motor entra en corto circuito eléctrico, actual las protecciones eléctricas. El compresor se detiene inmediatamente	0,5	64
8	Principal	1	Mantener una presión constante de26 Bar	Incapaz de mantener una presión de 26Bar	Falla de los arrancadores suaves	Es evidente. Los arrancadores presentan una falla terminal, el motor eléctrico no arranca.	0,5	3
9	Principal	2	Mantener la estanqueidad del sistema	Incapaz de mantener la estanquidad del sistema	Perdida de aire en los ductos de aire	Es evidente. El compresor pierde aire por las cañerías	1	4
10	Secundaria	3	Protección contra la corrosión	Incapaz de mantener la protección contra corrosión	Degradación de la pintura de protección	Es evidente. Se degrada pintura por exposición al medio ambiente y agua.	1	16

Tabla 33 Hoja de información, compresor de aire de alta presión.

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	N	S	N	N	S					Cambiar los aros del pistón	Semestral	Tercerizado
2	1	1	2	S	N	N	S	N	N	S					Cambiar los empaques de las bielas	Semestral	Tercerizado
3	1	1	3	S	N	N	S	N	N	S					Cambio de las válvulas de admisión	Semestral	Tercerizado
4	1	1	4	S	N	N	S	N	N	S					Cambio de las válvulas de escape	Semestral	Tercerizado
5	1	1	5	S	S	N	S	S	N	N					Verificación y calibración de la válvula	Anual	Tercerizado
6	1	1	6	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
7	1	1	7	S	S	N	S	S	N	N					Verificación de las bobinas	Anua	Tercerizado
8	1	1	8	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico de todo el tablero eléctrico	Semestral	P. Interno
9	2	2	9	S	S	N	S	S	N	N					Inspección de las cañerías	Mensual	P. Interno
10	3	3	10	S	N	N	N	N	N	S					Realizar una restauración de la pintura de protección	Anual	Tercerizado

Tabla 34 Hoja de decisión, compresor de aire de alta presión.

Equipo: Deshumidificador de cabina						
Ítem	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modos de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la falla (que sucede cuando falla)**	**Eventos al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Filtro de succión de aire obstruido	Es evidente. Disminuye el flujo de aire, el equipo se alarma por filtro obstruido	12	1
2	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Filtro de regeneración Obstruido	Es evidente. Disminuye el flujo de aire, el equipo se alarma por filtro obstruido		
3	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Resistencia de calentamiento dañado	Es evidente. El equipo no alcanza la temperatura programada, se detiene con una alarma de baja temperatura de regeneración	1	16
4	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Sensor de temperatura dañado	Es evidente. El sensor no es capaz de medir la temperatura de la resistencia, el equipo se detiene con una falla de sensor de temperatura, también puede alarmar por exceso de temperatura de proceso, el equipo se detiene	0,5	5
5	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Falla del motor del rotor desecante	Es evidente, la maquina se alarma por no girar el rotor, la maquina se detiene	0,5	16
6	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Falla del motor soplador de proceso	Es evidente. Se detecta la falta de flujo de aire, la maquina se detiene con una alarma.	1	8
7	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Falla de la correa de accionamiento del soplador de proceso	Es evidente. Se detecta la falta de flujo de aire, la maquina se detiene con una alarma.	1	4
8	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Falla del sensor de presión diferencial	Es evidente. La máquina no detecta variaciones de presión, la maquina alarma por no detectar flujo de aire	0,5	4
9	Principal	1	Mantener una humedad relativa del aire por debajo del 25%	Incapaz de mantener una humedad relativa por debajo del 25%	Falla de componentes eléctricos	Es evidente. La máquina no es capaz de realizar ninguna función, pueden existir alarmas varias	4	8
10	Secundario	2	Mantener una protección contra la corrosión	Protección deficiente	Daños en la pintura	Es evidente. Se observa rastros de corrosión.	1	16

Tabla 35 Hoja de información, deshumidificador de cabina.

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT	
1	1	1	1	S	N	N	S	N	N	S					Inspección y Limpieza
2	1	1	2	S	N	N	S	N	N	S					Inspección y Limpieza
3	1	1	3	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado
4	1	1	4	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado
5	1	1	5	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones
6	1	1	6	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones
7	1	1	7	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo
8	1	1	8	S	N	N	S	S	N	N					Inspección del estado
9	1	1	9	S	N	N	S	S	N	N					Inspección y Limpieza. Termografía
10	2	2	10	S	N	N	N	S	N	N					Inspección del estado

Tabla 36 Hoja de decisión, deshumidificador de cabina.

Equipo: Enfriador de agua								
Ítem	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modos de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la falla (que sucede cuando falla)**	**Eventos al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Falla del compresor de gas	Es evidente, el enfriador no es capaz de mantener la temperatura programada. Se detiene por estar fuera de rango de temperatura	0,5	16
2	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Falla de los extractores de aire	Es evidente. El enfriador se detiene por elevada presión de gas en el evaporador	0,5	16
3	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Fuga de gas	Es evidente. El enfriador se detiene por baja presión de gas.	1	8
4	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Bajo nivel de agua	Es evidente. El enfriador se detiene por bajo nivel de agua	4	3
5	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Falla de bomba de agua: Falla en los rodamientos, impulsor, bobina quemada	Es evidente. El sensor de flujo de agua detecta la falta de agua, el equipo se detiene inmediatamente	2	20
6	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Falla del PLC	Es evidente. El equipo se detiene, no responde ninguna función		
7	Principal	1	Mantener una temperatura de 12°C	Incapaz de mantener la temperatura programada	Falla de los componentes eléctricos	Es evidente. El enfriador de agua no responde o emite alarmas relacionadas a la falla de algún circuito	3	5
8	Principal	2	Mantener una presión constante de envío de agua a la planta	Incapaz de mantener una presión constante de envió	Falla en el impulsor de la bomba	Es evidente. La presión del sistema cae, los equipos alarman por baja presión de agua	0,5	16
9	Principal	2	Mantener una presión constante de envío de agua a la planta	Incapaz de mantener una presión constante de envió	Falla en el motor electico de la bomba: Falla de los rodamientos, bobina quemada	Es evidente. No hay presión de agua en el sistema, es posible que alguna protección eléctrica actúe	0,5	16
10	Principal	3	Contener el agua del sistema	Incapaz de contener el agua del sistema	Falla de sello mecánico de la bomba de agua	Es evidente. Se empieza a notar perdida de agua por la bomba, esto puede generar reducción del nivel de agua en el tanque	1	15
11	Principal	3	Contener el agua del sistema	Incapaz de contener el agua del sistema	Perdida de agua en el tanque de agua	Es evidente. El nivel de agua en el tanque empieza a bajar, el equipo puede detenerse por nivel bajo de agua	0,5	5

Tabla 37 Hoja de información, enfriador de agua.

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	N	S										
2	1	2	2	S	N	N	S	S	N	N					Análisis termográfico	Trimestral	Tercerizado
3	1	3	3	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
4	1	4	4	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
5	1	5	5	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
6	1	6	6	S	N	N	S										
7	1	7	7	S	S	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. interno
8	2	8	8	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
9	2	9	9	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
10	3	10	10	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Mensual	P. interno
11	3	11	11	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. interno

Tabla 38 Hoja de decisión, enfriador de agua.

Equipo: Bomba de vacío							
Ítem	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modos de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la falla (que sucede cuando falla)**	**Evento al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Principal	1	Mantener una presión de vacío en el sistema de transporte de MP	Incapaz de mantener una presión de vacío en el sistema de transporte de MP	Falla de la válvula de succión	Es evidente. No presión de vacío en el sistema, esto genera una parada en los equipos productivos	0,5	4
2	Principal	1	Mantener una presión de vacío en el sistema de transporte de MP	Incapaz de mantener una presión de vacío en el sistema de transporte de MP	Falla del motor eléctrico: Falla en los rodamientos, bobina quemada	Es evidente. No presión de vacío en el sistema, puede actuar el relé térmico de protección del motor	0,5	16
3	Principal	1	Mantener una presión de vacío en el sistema de transporte de MP	Incapaz de mantener una presión de vacío en el sistema de transporte de MP	Falla de los componentes eléctricos	Es evidente. No existe vacío en el sistema, los equipos pueden generar alguna alarma.	1	15
4	Principal	2	Mantener un sistema de vacío sin fugas	Incapaz de mantener un sistema de vacío sin fugas	Falla en los conectores de las cañerías	Es evidente. Como el vacío no alcanza la presión negativa suficiente no se transporta la Materia prima de manera adecuada. Puede generar atascamiento en las líneas y falta de material en los cargadores de MP de las maquinas	1	15
5	Principal	3	Mantener los niveles de ruidos dentro de los límites establecidos	Incapaz de mantener el ruido dentro de los límites establecidos	Falla de los silenciadores de aire	Es evidente. Los silenciadores van acumulando polvo al punto de no permitir el libre flujo de aire y romperse, aumenta los niveles de ruido al momento de operar el sistema.	1	2

Tabla 39 Hoja de información, bomba de vacío.

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
2	1	2	2	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
3	1	2	3	S	S	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
4	2	4	4	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Mensual	P. Interno
5	3	5	5	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Anual	P. Interno

Tabla 40 Hoja de decisión, bomba de vacío.

Equipo: Cargador de Materia prima							
Ítem	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modos de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la falla (que sucede cuando falla)**	**Evento al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Principal	1	Contener la MP	Incapaz de contener la materia prima	Fugas de material por aberturas	Es evidente. Perdida de materia prima, puede generar un desperdicio considerable del material o falta de materia prima a la extrusora	10	4
2	Principal	2	Permitir el flujo constante de MP a la extrusora	Incapaz de mantener un flujo constante de MP a la extrusora	Falla de la compuerta de paso de material	Es evidente. No pasa material a la extrusora, la maquina se detiene por falta de materia prima en la extrusora	3	5
3	Principal	2	Permitir el flujo constante de MP a la extrusora	Incapaz de mantener un flujo constante de MP a la extrusora	Falla del sensor de detección de posición de la compuerta de MP	Es evidente. El equipo se alarma por falla de compuerta, la maquina también se detendrá por falta de materia prima en la extrusora	5	2
4	Principal	2	Permitir la separación de material prima y aire	Incapaz de separar la materia prima	Rotura la grilla separadora de aire/material	Es evidente. En la mayoría de los casos ingresa material en la línea de vacío del cargador, el equipo se alarma por atascamiento, también para la extrusora por falta de materia prima.	2	6

Tabla 41 Hoja de información, cargador de materia prima.

Informacion de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	S	S	S	N	N					Inspección de estado	Mensual	P. Interno
2	2	2	2	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
3	2	3	3	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
4	2	4	4	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Semestral	P. Interno

Tabla 42 Hoja de decisión, cargador de materia prima.

Equipo: Molino granulador							
Ítem	**Tipo de función**	**Función**	**Estándar de funcionamiento**	**Falla funcional**	**Modos de falla (causa de la falla)**	**Efecto de la falla (que sucede cuando falla)**	**Evento al año**	**Tiempo de Rep. Hs**
1	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Perdida de filo de las cuchillas del molino	Es evidente, el molino pierde eficiencia. Puede llegar al punto de atascarse por acumulación de material no molido dentro del área de granulado	3	8
2	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Rotura de las cuchillas del molino	Es evidente. Ocurre un desbalanceo en el rotor de las cuchillas, puede generar una sobrecarga en el motor	0,5	10
3	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Rotura de la parrilla granuladora	Es evidente. El granulador es incapaz de contener el material plástico para que las cuchillas corten adecuadamente el material plástico, puede generar atascamiento en el molino, los gránulos no son conformes para reintroducir en la extrusora	0,5	3
4	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Falla en los rodamientos del rotor del molino	Es evidente. Desgastes excesivos en los rodamientos puede generar un atascamiento del rotor, puede actuar las protecciones eléctricas por sobre carga	0,5	10
5	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Falla de los cojinetes del rotor	Es evidente. Puede generar un atascamiento de rotor del molino, puede actuar las protecciones eléctricas del motor	0,5	15
6	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Rotura de las correas del motor/rotor	Es evidente. No se transmite la fuerza motriz del motor eléctrico al rotor del molino.		
7	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Falla del motor eléctrico: Falla de los rodamientos, rotura del eje, bobina quemada	Es evidente. La falla de un motor eléctrico genera una parada total del molino, pueden actuar las protecciones eléctricas.	1	24
8	Principal	1	Granular el material plástico	Incapaz de granular el material plástico	Falla en los componentes eléctricos	Es evidente. Genera una falla total o parcial del molino, en la mayoría de los casos genera una falla total en el equipo		
9	Principal	2	Transportar el material granulado	Incapaz de transportar el material granulado	Falla de la bomba de succión de material granulado	Es evidente. La falta de succión de material granulado genera una acumulación dentro del granulado general un atascamiento, pueden actuar las protecciones eléctricas del motor	2	15

Tabla 43 Hoja de información, molino granulador.

Información de referencia				Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones "a falta de"			grav.	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	CIT			
1	1	1	1	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
2	1	2	2	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Semestral	P. Interno
3	1	3	3	S	N	N	S	N	N	S					Cambio por tiempo	Anual	P. Interno
4	1	4	4	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
5	1	5	5	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
6	1	6	6	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Semestral	Tercerizado
7	1	7	7	S	N	N	S	S	N	N					Análisis de vibraciones	Trimestral	Tercerizado
8	1	8	8	S	S	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno
9	2	8	9	S	N	N	S	S	N	N					Inspección de estado	Trimestral	P. Interno

Tabla 44 Hoja de decisión, molino granulador.

Bibliografía

[1] envaselia, *Tipos de plástico,* 2018.

[2] InfoNegocios, *Industria plástica: un rubro que integra a pymes y empresas de alto nivel de producción (la principal procesa entre 2.500 a 3.000 toneladas mensuales),* 2021.

[3] Á. A. Castro, *Moldeo por soplado: guía completa y preguntas frecuentes,* Mexico: Plastics Technology México, 2023.

[4] QuimiNet, *El funcionamiento de la máquina inyectora de plástico,* 2011.

[5] D. R. Muñoz, *TECNOLOGIA DEL PLASTICO,* 2023.

[6] LINE-X, *Conoce qué es el mantenimiento Industrial y qué beneficios aporta dentro de la empresa,* 2022.

[7] C. González, *¿Qué es el RCM? Ventajas y limitaciones,* aeromarine, 2021.

[8] J. Moubray, *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad,* 2004.

[9] INFRASPEAK, *¿Cuáles son los diferentes tipos de Mantenimiento?,* 2022.

[10] INFRASPEARK, *Estadísticas de Mantenimiento: Desafíos, Tendencias y Métricas,* 2O22.

[11] C. Hero, *Semana 5 KPI de mantenimiento.pptx - KPI de mantenimiento...,* 2023.