



**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los activos en la línea de producción
de soldadura en la empresa Roosevelt Electric ®**

Ing. Juan Pablo Cock

Ing. Alexander Torres

Universidad ECCI

Facultad de posgrados

Especialización en gerencia de mantenimiento

Bogotá D.C.

2018

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los activos en la línea de producción
de soldadura en la empresa Roosevelt Electric ®**

Ing. Juan Pablo Cock

Ing. Alexander Torres

Investigación para optar al título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Urian

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Universidad ECCI

Facultad de posgrados

Especialización en gerencia de mantenimiento

Bogotá D.C.

2018

Hoja de aceptación

Jurado 1

Director

Coordinador

Bogotá D, C., Julio de 2018

Dedicatoria

“Ni una hoja de un árbol se mueve sin la voluntad de Dios” inicialmente agradecerle a nuestro creador por darme la sabiduría, el entendimiento y la fuerza para poder culminar con éxito este nuevo triunfo en mi vida profesional, que me permitirá brindarle una mejor calidad de vida a mi familia. A mis padres, a mi esposa y mis hijos que me apoyaron en estas arduas jornadas laborales y estudiantiles que en ocasiones no nos permitieron compartir momentos familiares importantes. Para cada uno de ustedes mi sincero agradecimiento.

Juan Pablo Cock

Durante el paso del tiempo y de mi carrera profesional he aprendido que la familia es una parte importante en nuestro crecimiento personal por tal motivo dedico a mi esposa, a mis hijos quienes me han apoyado de manera incondicional para la culminación de este gran logro profesional, que me permitirá ser un ejemplo de superación para las personas que me rodean, mis padres por su apoyo total en cada uno de mis propósitos y quienes han depositado en mí toda la confianza.

Alexander Torres

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo de investigación que se expone a continuación, está ofrecida primeramente a Dios nuestro señor, seguido de todas las personas que directamente e indirectamente participaron para su elaboración, a los profesionales de la enseñanza de la Universidad ECCI y de manera muy especial al Ing. Miguel Ángel Urián, por su asesoría quien con su larga experiencia en el sector del mantenimiento, sus conocimientos y pedagogía, fue nuestra guía durante el transcurso de todo el semestre para obtener de manera satisfactoria el presente trabajo de grado, a nuestras familias por su apoyo incondicional para la culminación de una etapa importante de nuestras vidas profesionales que nos dará nuevas oportunidades en la industria nacional, siempre apostando por nuestro país Colombia.

Los Autores

Resumen

Título: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los activos en la línea de producción de soldadura en la empresa Roosevelt Electric ®

Autores:

Ing. Juan Pablo Cock

Ing. Alexander Torres

Palabras claves:

Mantenimiento Preventivo

Activos

Soldadura

Análisis de Criticidad

Gestión de Repuestos

Contenido:

La presente investigación describe el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los activos que conforman los sistemas en la línea de producción de soldadura en la empresa ROOSELVET Electric ®, identificando su criticidad y aplicando las técnicas requeridas para incrementar la disponibilidad de los equipos, disminuyendo los costos de mantenimiento y aumentando la productividad de la empresa.

Inicialmente se realizó el diagnóstico de la situación del mantenimiento en la empresa, reconociendo las fortalezas y debilidades en el desarrollo de sus operaciones de mantenibilidad, posteriormente se realizó el levantamiento de inventario de los activos, codificándolos para su identificación, manejo y registró, consecutivamente se elaboró un sistema de documentación para la administración del mantenimiento, el cual cuenta con una serie de formatos donde será

registrada la información necesaria que permita llevar el mantenimiento de una manera organizada y controlada, aplicando métodos de gestión de calidad en la documentación, posteriormente se determinó el índice de criticidad para cada uno de los sistemas y en base en los equipos críticos se diseñó el plan de mantenimiento preventivo y la propuesta para la implementación del almacén de repuestos, el cual debe contener las partes de recambio más significativas, con el fin de disminuir los tiempos de parada de los activos que conforman la línea de producción de soldadura.

Abstract

Title: Design of a preventive maintenance plan for the assets in the welding production line in the Roosevelt Electronics company ®

Authors:

Ing. Juan Pablo Cock

Ing. Alexander Torres

Keywords:

Preventive Maintenance

Assets

Welding

Criticality Analysis

Spare parts management

Content:

This research describes the preparation and design of the preventive maintenance program for the assets that make up the systems in the welding production line in the company ROOSELVET Electric ®, identifying its criticality and applying the techniques required to increase the availability of equipment, decreasing maintenance costs and increasing the productivity of the company.

Initially the diagnosis of the maintenance situation in the company was made, recognizing the strengths and weaknesses in the development of its maintainability operations, then the inventory of the assets was surveyed, coding them for identification, handling and registration,

consecutively elaborated a documentation system for maintenance management, which has a series of formats where the necessary information will be recorded that allows maintenance to be carried out in an organized, controlled manner and applying quality management methods in the documentation, then it was determined the criticality index for each of the systems and, based on the critical equipment, the preventive maintenance plan and the proposal for the implementation of the spare parts warehouse were designed, which must contain the most significant spare parts, in order to decrease the stop times of the assets that make up the welding production line.

Glosario

Activos: Son todo los bienes o recursos que tienen valor para una organización.

Análisis de Criticidad: Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

Ciclo de vida: Es la vida útil del activo que involucrará los activos en su desarrollo, pasa por las etapas de anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento, hasta su disposición final.

Confiabilidad: Es garantizar que un equipo opere correctamente si afectar la producción y que las paradas realizadas se han en los tiempos muertos de producción.

Efectividad: Es el equilibrio entre eficacia y eficiencia, es decir, es efectivo si se es eficaz y eficiente

Eficacia: Es lograr un resultado o efecto (aunque no sea el correcto) y está orientado al qué.

Eficiencia: Es la capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viable o sea el cómo.

Gestión del mantenimiento: Son todas las técnicas aplicadas para garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando rupturas en el proceso por averías de máquinas y equipos.

Plan de mantenimiento: Es el resultado del análisis obtenido durante un laxo de tiempo para generar la periodicidad en la cual se debe intervenir un activo para obtener resultados.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos fabricados por una organización y los recursos necesarios para obtener dicha producción.

Madurez del mantenimiento: Es Una Metodología con técnicas aplicadas para una empresa que indica el nivel de mantenimiento en que se encuentra comparando los resultados obtenidos en la matriz de la excelencia del mantenimiento.

Mantenimiento: es el conjunto de actividades que se deben desarrollar para garantizar que un activo se va a mantener durante la vida útil en condiciones óptimas de funcionamiento.

Mantenimiento correctivo: Es la acción de corregir las fallas observadas en los equipos o instalaciones, es la forma básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado

Mantenimiento preventivo: Es el conjunto de actividades programadas que incluye las siguientes actividades: Inspecciones periódicas, pruebas técnicas, reparaciones de los activos para identificar las condiciones que pueden generar paradas durante el proceso de producción, o fallas prematuras en los activos.

Soldadura: Es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el *baño de soldadura*) y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón. A veces se utiliza conjuntamente presión y calor, o solo presión por sí misma, para producir la soldadura

Contenido

Introducción	17
1. Título.....	18
2. Problema de investigación	19
2.1 Descripción del Problema	19
2.2 Planteamiento del Problema	19
2.3. Sistematización del Problema	19
3. Objetivos	20
3.1 Objetivo General	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4. Justificación y delimitación	21
4.1 Justificación	21
4.2 Delimitación	22
5. Marco conceptual.....	23
5.1. Estado del Arte	23
5.1.1 Estado del arte internacional.	23
5.1.2. Estado del arte nacional.	27
5.1.3. Estado del arte local.	30
5.2. Marco Teórico	34
5.2.1. Mantenimiento.	34
5.2.2. Mantenimiento Preventivo.	37
5.2.3. Niveles de Intervención del Mantenimiento	38
5.2.4. Indicadores de Gestión del Mantenimiento.	41
5.2.5. Análisis de Criticidad	45
5.2.6. Gestión de Repuestos.	49
5.2.7. Cultura de Mantenimiento.	52
5.3. Marco Histórico	54
6. Marco metodológico	63
6.1. Recolección de la Información	63
6.1.1. Tipo de Investigación.	63
6.1.2. Fuentes de Obtención de la Información.	64
6.1.3. Herramientas Utilizadas	65
6.1.4. Metodología	67
6.2. Análisis de la información	74

6.2.1. Plan de mantenimiento	75
6.2.2. Análisis de Criticidad	83
6.2.3. Gestión de Repuestos	88
6.3. Propuesta Solución	89
6.3.1. Plan de mantenimiento preventivo	89
6.3.2. Análisis de criticidad	90
6.3.3. Gestión de repuestos	90
7. Resultados esperados	91
7.1 Disponibilidad	91
7.2 Producción	91
7.3 Costos de Mantenimiento	93
7.4 Cambio Cultural	94
8. Análisis financiero	95
9. Conclusiones y recomendaciones	97
9.1. Conclusiones	97
9.2. Recomendaciones	98
10. Bibliografía	99

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1 Frecuencia Óptima de las Inspecciones	33
Ilustración 2 Generaciones del Mantenimiento (MOUBRAY, 1997)	36
Ilustración 3 Mantenimiento Preventivo(Valero)	37
Ilustración 4 Nivel de Mantenimiento 1	38
Ilustración 5 Nivel de Mantenimiento 2	39
Ilustración 6 Nivel de Mantenimiento 3	39
Ilustración 7 Nivel de Mantenimiento 4	40
Ilustración 8 Nivel de Mantenimiento 5	40
Ilustración 9 Los 5 Niveles de Mantenimiento (Valero)	41
Ilustración 10 Diagrama de Proceso ADC (Análisis de Criticidad) (Z-008, 2009).....	46
Ilustración 11 Límites en el Motor Eléctrico (ISO 14224, 2009).....	48
Ilustración 12 Clasificación de la Redundancia (Z-008, 2009)	48
Ilustración 13 Ciclo PHVA (Norma ISO 9001, 2015).....	53
Ilustración 14 Logo de la Empresa ROOSVELT Electric® - Fuente: Los Autores	55
Ilustración 15 Ubicación ROOSEVELT Electric ® - Fuente: Los Autores	56
Ilustración 16 Proceso de producción - Fuente: Los Autores	57
Ilustración 17 Mescladora, Sistema de Mezclado. Fuente: Los Autores.....	58
Ilustración 18 Prensa, Sistema de Prensado. Fuente: Los Autores.	59
Ilustración 19 Extrusora, Sistema de Extrusión. Fuente: Los Autores.	60
Ilustración 20 Horno, Sistema de Horneado. Fuente: Los Autores.	61
Ilustración 21 Banda Transportadora, Sistema de Empaque. Fuente: Los Autores.....	62
Ilustración 22. Tipo de Investigación. Fuente: Guía Metodológica ECCI	683
Ilustración 23 Interpretación códigos.....	68
Ilustración 24 Distribución de las Áreas de Producción. - Fuente: Los Autores.....	75
Ilustración 25 Formato Encuesta	86
Ilustración 26 Ranking de Criticidad de los Sistemas. – Fuente: Los Autores.....	87
Ilustración 27 Producción de Soldadura años: 2016 - 2017 – 2018. – Fuente: Los Autores.....	92
Ilustración 28 Ingresos años: 2016 - 2017 - 2018. – Fuente: Los Autores.....	92
Ilustración 29 Costos de mantenimiento, años: 2016 - 2017 - 2018. – Fuente: Los Autores.....	93

Listado de Tablas

Tabla 1 Clasificación de Equipos. – Fuente: Los Autores.....	83
Tabla 2 Criterios de Evaluación Equipos.	84
Tabla 3 Personal Encuestado, desarrollo Análisis de Criticidad. - Fuente: Los Autores.	85
Tabla 4 Personal encuestado, Evaluación situación del mantenimiento. Fuente: Los Autores....	85
Tabla 5 Definición de Criticidad de los Sistemas. - Fuente: Los Autores.....	88
Tabla 6 Definición sistemas más críticos, Gestión de Repuestos. - Fuente: Los Autores.....	89
Tabla 7 Recursos Utilizados para el desarrollo de la investigación. Fuente: Los Autores.	95

Listado de Ecuaciones

Ecuación 1. Índice Disponibilidad.....	43
Ecuación 2. Disponibilidad Total	43
Ecuación 3. Disponibilidad por averías	44
Ecuación 4. MTBF.....	44
Ecuación 5. MTTR.....	44
Ecuación 6. Disponibilidad por avería.....	45
Ecuación 7. Retorno de la Inversión	96

Introducción

En Colombia la fabricación de soldadura es un negocio de gran impacto ya que la demanda es alta en el sector metalmecánico y en distintas clases en la industria nacional por ser un producto versátil aplicable a distintos componentes y elementos del uso común diario de la población colombiana, al tener claro estas razones principales se hace necesario tener un plan de mantenimiento adecuado para las empresas fabricantes de dicho producto que optimice la producción sin verse afectados por paradas imprevistas de equipos que hacen parte de la línea productiva por aplicar un modelo de mantenimiento inadecuado o lo peor de ello no tener ninguno.

En la actualidad esta empresa por desconocimiento, descuido del área de mantenimiento o falta de liderazgo, se encuentra en una etapa reactiva en la gestión del mantenimiento, utilizando métodos empíricos para el sostenimiento de sus activos, se evidencia que el modelo de mantenimiento correctivo lo han utilizado con anterioridad lo cual comprueba la necesidad de emplear un nuevo modelo de mantenimiento más efectivo que se a molde a las necesidades actuales de la compañía.

1. Título

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS ACTIVOS EN
LA LINEA DE PRODUCCION DE SOLDADURA EN LA EMPRESA ROOSLVET Electric

®

2. Problema de investigación

2.1 Descripción del Problema

ROOSVELT Electric ®, es una empresa que inicio con su producción en el año del 2010 con una capacidad instalada de fabricación de soldadura de 6.000 Ton/año, producción que mantuvo hasta el año 2015, a partir de esta fecha su productividad disminuyo en un dieciocho por ciento 18%, fabricando alrededor de 4.920 Ton/año. Una de sus principales causas identificadas es la manera incorrecta de ejecutar las actividades de mantenimiento evidenciándose una pérdida de disponibilidad de los activos en un dieciséis por ciento 16%, que representa un incremento anual aproximado de \$ 47.000.000 millones de pesos en el rubro de mantenimiento, a su vez en el área de producción se dejan de fabricar en el mismo lapso de tiempo la cantidad de 703 Toneladas de varillas de soldadura aproximadamente, que repercuten de manera directa en el área administrativa y financiera dejando de percibir en ventas alrededor de \$ 1.265.400.000 millones de pesos Mcte.

2.2 Planteamiento del Problema

¿Diseñando un plan de mantenimiento preventivo para los activos, se aumentara la disponibilidad de los equipos, se incrementara la productividad de la empresa y se reducirían los costos de mantenimiento?

2.3. Sistematización del Problema

Una vez analizado la situación actual de la ejecución de los mantenimientos en la empresa, se evidencia la falta de un plan de mantenimiento, a lo cual nos surgen las siguientes dudas:

¿Cuál es el estado actual de los activos?

¿Un plan de mantenimiento preventivo optimizara la disponibilidad de los activos?

¿Al implementar un plan de mantenimiento preventivo aumentara la producción de soldadura?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la línea de producción de soldadura de la empresa ROOSEVELT Electric ® que incremente la disponibilidad de los activos y reduzca los costos de mantenimiento.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar el estado actual de los activos mediante la información existente y la verificación actual de los equipos para establecer sus condiciones de trabajo.
- ✓ Analizar mediante un estudio de criticidad las maquinas que intervienen en el proceso de fabricación de soldadura, para establecer las necesidades de mantenimiento de los activos.
- ✓ Realizar un estudio de los repuestos críticos necesarios para garantizar la operatividad de la planta de producción reduciendo los tiempos de intervención y aumentando la capacidad de respuesta de la misma
- ✓ Elaborar las hojas de control de los equipos, donde se ajusten los tiempos de inspección y ejecución de los mantenimientos de los activos evaluados, acorde las necesidades encontradas para su recuperación y posterior mantenibilidad, teniendo como objetivo el aumento de la producción y la disponibilidad de los activos.

4. Justificación y delimitaciones

4.1 Justificación

En la organización se evidencia la necesidad de desarrollar un plan de mantenimiento, buscando aumentar la vida útil de los equipos y la producción de soldadura, igualmente se requiere implementar unos lineamientos que orienten al personal que compone el área de mantenimiento generando cultura y las buenas prácticas del mismo.

Respecto al planteamiento anterior, se justifica la necesidad de desarrollar un modelo de mantenimiento preventivo para los activos involucrados en el proceso de la elaboración de soldadura; de esta forma estamos proponiendo a la organización una solución factible, desarrollando técnicas aplicables que pretenden demostrar a los directivos de la empresa que apostarle al proceso de mantenimiento no solo va a evitar gastos innecesarios, si no también se verá reflejado en el aumento de la productividad que a su vez incrementara la rentabilidad de la empresa.

El diseño que se propone se enfoca en mantenimiento preventivo ya que es tal vez el primer peldaño en la escala evolutiva del proceso de mantenimiento en una organización, la cual debería ser enteramente viable y atractiva para el área administrativa de la empresa, ya que el retorno de la inversión estaría orientada al mediano plazo, focalizada en el aumento de la producción y la disponibilidad de los activos.

4.2 Delimitaciones

De espacio (geográfico) o espacial:

La investigación se realizara en la dirección KM 1.9 Vía, Vía Facatativá - El Rosal, Cundinamarca, dirección de la empresa caso de estudio.

De tiempo:

La investigación será realizada desde el 23 de febrero de 2018 hasta el día 06 de Julio de 2018, estará centrada en necesidades específicas.

De contenido:

Este trabajo de grado está basado en la aplicación para una empresa de la industria nacional, aunque por decisión de la misma no fue autorizado revelar su razón social. Para este caso académico en particular se le asignara el nombre que no pertenece a la realidad, de ROOSELVET Electric ®, por tal razón el ejercicio se desarrolla totalmente para efectos académicos, debido a lo anterior únicamente se cuenta con los recursos de los autores

5. Marco conceptual

5.1. Estado del Arte

A continuación, se encuentran relacionadas cada una de las tesis y monografías tomadas en cuenta para el desarrollo de la presente investigación con las cuales se toman como datos más relevantes, objetivos y conclusiones a las cuales llegaron cada uno de los ingenieros e investigadores que participaron en estas. Las mismas se dividen en tres estados del arte internacional, nacional y local:

5.1.1 Estado del arte internacional.

En el año 2009, los ingenieros Fernando Pilca Pilca, Marco Vinicio Velásquez y Luis Fernando Jácome en su tesis de grado para la Universidad Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito Ecuador, desarrollaron como tema el “diseño y elaboración de un programa de mantenimiento para una empresa procesadora de gaseosas Olympic Juice OL Y JUICE CIA LTDA.”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación es la utilización de normas para la ejecución de los mantenimientos, estableciendo procedimientos de calidad para el desarrollo de los mismos, recalcando la importancia en cualquier empresa de la creación de un registro de control de actividades diarias de mantenimiento, por que brinda información exacta de todo lo realizado en los activos físicos, lo cual permitirá plantear estrategias a futuro para aumentar la eficiencia de los activos aplicando (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).

Los investigadores luego del desarrollo de la tesis, dejan como recomendaciones principales:

- La necesidad de una implementación de un programa de mantenimiento preventivo apegado a la realidad de la empresa

- Establecer unos lineamientos claros y una estrategia bien definida para el desarrollo de los mantenimientos que eviten la pérdida de recursos al realizar trabajos de manera dispersa
- Se hace necesario el capacitar técnicamente el personal de mantenimiento en temas como actividades de mantenimiento, seguridad industrial manejo desechos e impactos ambientales, siendo una inversión que se reflejará en las mejoras de buenas prácticas de mantenimiento, además que se eleva el autoestima del personal, así como también el clima organizacional, ya que la empresa se interesa, por el crecimiento de los empleados.

El éxito de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en una empresa tiene sus pilares principales, en los lineamientos técnicos que se complementan con el factor humano, al darles a conocer los beneficios de trabajar de una forma planificada y ordenada. (Fernando Pilca Pilca, 2009)

En el año 2009, el ingeniero Alberto Enrique López Lovera en su tesis de grado para la Universidad de oriente núcleo de Anzoátegui, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas al Departamento de Mecánica, en la ciudad Puerto de la cruz, desarrolló como tema, la “Implementación de un plan de mantenimiento predictivo de equipos rotativos basado en análisis e vibraciones en una planta embotelladora ubicada en Barcelona”.

Donde lo primordial de esta investigación, fue la elaboración de fichas técnicas para cada uno de los equipos sometidos a estudio de vibraciones, se establecieron puntos de medición, se definieron las rutas y los niveles de alarma y pre alarma de los equipos basados en recomendaciones de fabricantes, se formularon planes de mantenimiento y se propusieron técnicas adicionales de análisis predictivos que complementan el análisis de vibraciones.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación es la aplicación de una de las recomendaciones generadas por los ingenieros, “realizar mediciones posteriores a las actividades correctivas con el propósito de verificar que fueron solventados los problemas o defectos en los

equipos con el propósito de lograr la reducción al máximo de las paradas no programadas que de acuerdo a las frecuencias de monitoreo establecidas deberían variar su comportamiento en el tiempo”. (Alberto Enrique López Lovera, 2009).

En el año 2010, el ingeniero Juan Carlos Valdivieso Torres en su tesis de grado para la Universidad Politécnica Salesiana, en la ciudad de Cuenca Ecuador, desarrollo como tema, el “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa EXTRUPLAST S.A”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es la necesidad de implementación de fichas técnicas para cada equipo, con la descripción elemental de la maquinaria que posee la empresa, de manera que sea accesible al personal que realiza el mantenimiento, con el fin de tener la información de manera ágil y precisa, así mismo, demuestra la importancia de tener el personal destinado exclusivamente a la realización de los mantenimientos que tengan el conocimiento y la idoneidad para su ejecución, recalca lo significativo de crear un organigrama con las funciones para el departamento de mantenimiento estableciendo roles definidos en la organización.

Como recomendación para tener en cuenta, el activo más importante de las organizaciones, es el recurso humano, que a veces pasa desapercibido o no se le da la importancia necesaria por parte de la empresa, las capacitaciones son una inversión para el proceso ya que los conocimientos adquiridos al personal del área de mantenimiento, son garantes de calidad y productividad (Carlos, 2010)

En el año 2007, los ingenieros Ana Verónica España Morillo y José Rodrigo Yépez Espinoza, en su tesis de grado para la Universidad Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Mecánica, en la ciudad de Quito Ecuador, desarrollaron la “Elaboración del sistema de gestión de mantenimiento para la empresa ENVAGRIF CA.”

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es concluir que el mantenimiento asistido por un programa de cómputo, permite la integración del área de Mantenimiento con otras áreas de la empresa como son: las áreas administrativas, financieras, logísticas, recursos

humanos, entre otras. La gestión del mantenimiento informatizado es un paso importante e imprescindible si se pretende avanzar en la optimización del proceso del mantenimiento. Además de dicha conclusión, los investigadores recomiendan que el uso del software para la administración del sistema de mantenimiento es recomendable y se justifica por los beneficios que involucra, pero antes de implementar el sistema se debe tener claro que funciones de mantenimiento serán automatizadas, así como también los posibles beneficios que reportan a la inversión. si se automatiza un sistema de administración manual ineficiente, se obtendrá un sistema de mantenimiento automatizado ineficiente, ya que esta automatización depende de cómo se esté administrando el sistema de mantenimiento manual, en este paso aplica el dicho ‘si se ingresa información basura, obtendrás resultados basura’. (España morillo Ana verónica, 2007)

En el año 2010, los ingenieros Erik Fernando Cornu, María Cristina del Rio, Erika Patricia Escobero, Fernando Guerrero y Daniel Morales, en su tesis de grado para la Universidad Instituto Politécnico Nacional, en la ciudad de México D.F., desarrollaron como tema “Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la empresa MORALY”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es realzar la importancia del mantenimiento preventivo en la empresa MORALY, puesto que en su afán de ser más productivos, esta empresa se enfatizó en darle prioridad a las mejoras de los procesos de producción, viendo el mantenimiento como “un problema”, aseverando que este mismo es “un mal necesario”, viéndolo como una “función subordinada de la producción, cuya ocupación era la de reparar los desperfectos de manera rápida y barata”

Se concluye con lo anterior la importancia que tiene obtener la integración de todas las áreas de la empresa, vislumbrando un mismo objetivo alineado con las políticas de la organización donde su fin último es el aumento de la productividad, dándose cuenta que es directamente proporcional con una buena ejecución del mantenimiento, entre otras prácticas. (Cornu, Del Rio, Escobero, Guerrero, & Morales, 2010)

5.1.2. Estado del arte nacional.

En el año 2009, los ingenieros Jorge Luis Valdés y Erick San Martín, en su tesis de grado para la Universidad de Cartagena, en la ciudad de Cartagena de Indias, desarrollaron como tema “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo – predictivo aplicado a los equipos de la empresa REMAPLAST”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es reconocer que el proceso de mantenimiento preventivo puede ser aplicado a grandes empresas que tengan una trayectoria y años de experiencia de años en el sector, como también en pequeñas y medianas empresas que estén comenzando su vida productiva, en este caso en particular, la empresa tiene menos de 10 años de estar en funcionamiento, y se encuentra ejecutando un mantenimiento reactivo, solucionando los daños de las máquinas una vez estos se presentan, siendo el mantenimiento correctivo la solución más idónea durante los primeros años de uso.

Concluyendo con lo anterior se evidencia, como en innumerables casos que el área de mantenimiento no existe, se tiene la percepción como en este caso que el gerente de producción podía hacerse cargo además del mantenimiento de las maquinarias, también del mantenimiento de las instalaciones, soportado por dos electricistas que hacían a su vez de mecánicos y de servicios generales, denotando la falta de la creación del “área propia de Mantenimiento” de la empresa, teniendo que implementar directrices, políticas y lineamientos claros, además de la contratación del personal idóneo para tal fin. (Valdés & San Martín, 2009)

En el año 2004, el ingeniero Gabriel Antuan Sierra, en su tesis de grado para la Universidad Industrial de Santander, en la ciudad de Bucaramanga, desarrollo como tema “Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A.”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es la aplicación de los pasos necesarios para el diseño del plan de mantenimiento, donde se realiza los inventarios de los equipos, posteriormente determinar su estado de funcionamiento mediante una verificación, continuando con la creación de los códigos para identificar más fácilmente cada activo por,

seguido de esto realizar un análisis de criticidad con el fin de enfocarse en los equipos con más impacto en la industria en caso de una parada, para posteriormente, presentar unos indicadores de mantenimiento que permitan evaluar el desempeño del programa, con el fin de ir ajustando lo necesario y corregir lo pertinente.

Dentro de las conclusiones es de resaltar en esta investigación, que la empresa, poseen el personal idóneo, capacitado y la infraestructura adecuada para la elaboración de los mantenimientos, solo era necesario realizar unos ajustes en los procedimientos de ejecución y en la forma de llevar la información con el fin de certificarse bajo la Norma ISO 9001-2000, permitiendo a la empresa ser más competitiva en el ámbito nacional e internacional. (Antuan Sierra, 2004).

En el año 2000, los ingenieros Adriana Marcela Cabrera Rojas, Álvaro Alonso Marconi Quintero y Mauricio de Jesús Oliveros Betancur, en su tesis de grado para la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, en la ciudad de Bucaramanga, desarrollaron como tema “la gerencia de mantenimiento como servicio empresarial plan piloto: CASA FUERZA PELDAR Zipaquirá”.

Donde encontraron que el desconocimiento del área de mantenimiento y la forma en la cual se maneja la eficiencia de gestión y el número de equipos utilizados, no han permitido visualizar si un trabajo de mantenimiento es justificable dentro de la planta, además la industria trabajó siempre con la cultura del número de piezas producidas, dejando de lado el control del proceso, la creación de filosofías corporativas y la calidad como elemento de trabajo diario.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es la aplicación y el mejoramiento de las políticas de mantenimiento que demanda la industrialización del país, pues con pequeñas inversiones se logran conseguir mejoras en la eficiencia de los sistemas productivos.

Dentro de las principales conclusiones a las que llegaron los investigadores luego de esta investigación fue: “Los gerentes mantienen la concepción que invertir en mantenimiento es dinero perdido, ya que sus ventajas no se ven representadas en utilidades inmediatas para la

empresa”. Sin embargo, es todo lo contrario, ya que ésta inversión a corto plazo genera utilidades al lograr optimizar el rendimiento y la productividad, garantizando la continuidad la empresa. Hacer mantenimiento no solo es invertir en materiales, suministros, recursos, alta tecnología, planeación y ejecución, se requiere principalmente una toma de conciencia del grupo, cuyo liderazgo se representa en la gerencia desde arriba y debe cohesionar a todos los empleados, incluso; hasta el último colaborador de la última línea de producción, lo cual se logra con programas de capacitación, motivación, compromiso, equidad e integración en una cultura de visión futurista. (Cabrera Rojas, Marconi Quintero, & Oliveros Betancur, 2000).

En el año 2014, los ingenieros Ronald de Jesús Guevara y Peter Alberto Osorio, en su tesis de grado para la Universidad Autónoma del Caribe, Facultad de Ingeniería, en la ciudad de Barranquilla, desarrollaron como tema “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es el enfoque del impacto ambiental, el cual es importante tener en cuenta en la presente investigación, ya que al realizar un mantenimiento óptimo a las flotas de buses usadas en el servicio, se reduce la contaminación en el ambiente, al igual que la destinación final de los aceites de motor, aceites de transmisión, líquidos de freno, baterías, llantas y neumáticos, asbestos en las pastillas, discos de embrague y bandas de freno usados en los automotores.

En este gremio transportador es muy frecuente evidenciar que no se respetan los tiempos de parada de los automotores para la realización de los mantenimientos, por tal razón podemos concluir que de nada vale tener un excelente programa de mantenimiento preventivo si no se respetan los debidos tiempos para la ejecución de los mismos, aquí podemos evidenciar que la gran importancia del mantenimiento va desde el diseño del plan hasta su correcta supervisión y ejecución. (Guevara & Osorio, 2014)

En el año 2014, los ingenieros Camilo Ernesto Buevas y Kevin Jair Martínez, en su tesis de grado para la Universidad Autónoma del Caribe, Facultad de Ingeniería, en la ciudad de

Barranquilla, desarrollaron como tema “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, define la importancia de contar con un almacén de repuestos de alta rotación, analizando previamente a cada activo, determinado cuales son los equipos más críticos del sistema, ya que describen que la maquinaria pesada a la cual se le desarrolló el plan de mantenimiento, la compra de repuestos especiales y de mayor demanda se tardaba alrededor de 3 a 4 semanas en la adquisición de compras de repuestos especiales y de mayor demanda,, incrementando los Tiempos Medios entre Reparación (MTTR), por no tener disponibles dichas partes para atender de manera inmediata las reparaciones, esto a su vez reflejaba la caída de la disponibilidad de los activos para el alquiler y así mismo, pérdida de la productividad de la empresa.

Con lo anterior descrito, se concluye que utilizando el Plan de mantenimiento Preventivo (PMP), enfocándose especialmente en la creación de un almacén de repuestos donde se tengan repuestos de alta rotación o difícil consecución, se logra una mejora significativa en los Tiempos Medios entre Fallas (MTBF), dando lugar para este caso un ahorro de 14 días de trabajo en mantenimiento, que son usados en producción alargando la vida útil de los equipos. (Buelvas & Martínez, 2014).

5.1.3. Estado del arte local.

En el año 2006, los ingenieros Edison López Varela, Iván Camilo Guzmán, Jesús Leonardo Barrera y William Javier Mora Espinosa, en su tesis de grado para la Universidad ECCI, en la ciudad de Bogotá D.C., desarrollaron como tema “Diseño de un Modelo Optimo de Gestión de Mantenimiento y su auditoría”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, corresponde al proceso de auditoría, que permite a través de la evaluación, identificar los diferentes problemas de gestión. Se debe localizar correctamente sus fuentes y tomar decisiones que puedan contribuir con el correcto desarrollo de los programas de mejora, aunque en algunas empresas se presentan

constantes inconvenientes en la gestión de mantenimiento lo que se observa claramente en problemas como: paradas inesperadas de los activos de la empresa, desperdicio de material, desaprovechamiento del recurso humano y físicos, etc. Todo esto repercute directamente en el aumento excesivo de los costos y pérdida de productividad.

El correcto control de los costos en la función mantenimiento, así como también, el llevar registros históricos de todas las intervenciones y de las modificaciones efectuadas, inventarios de los repuestos utilizados, intervenciones outsourcing, cuando sean requeridas, horas hombre utilizadas, entre otras, permite hacer un balance de todas las actividades cuya importancia no solo radica en la elaboración de futuros presupuestos, sino también en facilitar la programación adecuada de las tareas de mantenimiento a realizar. (López Flórez & Ballesteros Benítez, 2009).

En el año 2009, los ingenieros Efrén Rolando Bermúdez y Diego Andrés Cuellar de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la especialización en Gerencia de Mantenimiento en su proyecto de grado para la Universidad ECCI, en la ciudad de Bogotá D.C., desarrollaron como tema el “Programa de mantenimiento preventivo en las máquinas de la línea de producción de ladrillo Apolo ubicada en Pitalito Huila”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es llegar a la conclusión que: “el aspecto humano es fundamental dentro de la empresa porque permite ver a las personas con sus valores y capacidades logrando que la empresa crezca como un bien común, esto se obtiene por medio de capacitaciones que permitan a los empleados ser más eficaces en su desempeño para que adquieran un mayor sentido de pertenencia, minimizando errores en el proceso productivo, pérdidas de tiempo y despilfarros lo cual conlleva a generar un clima organizacional positivo”.

En el momento de efectuar un mantenimiento preventivo efectivo en la fábrica, con el apoyo de técnicas de mantenimiento planteadas como el uso de tablas y gráficos de control, el manejo de una producción más limpia, indicadores de gestión, análisis causa raíz y el manejo organizado de los recursos humanos, económicos y físicos permite hacer pronósticos de fallas futuras de los componentes de los equipos, logrando que el tiempo muerto de los mismos se minimice y de esta

manera, el tiempo de vida de los componentes se maximice y la disponibilidad de los activos se incremente en muy corto tiempo. (Bermúdez & Andrés, 2009).

En agosto del año 2009 el ingeniero Juan Carlos Mosquera en su tesis de grado para la Universidad Escuela Colombiana de carreras Industriales en la ciudad de Bogotá desarrollo el tema del “Plan de mantenimiento preventivo para la línea de producción de envases industriales de la empresa ASENVASES LTDA”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, consiste en analizar la información histórica de las fallas en los equipos, determinando la demanda de trabajos de mantenimiento llegando a la conclusión que “mediante este método de análisis y utilizando el diagrama Pareto se pudieron determinar las causas que ocasionan la mayor cantidad de fallas, indicando en los resultados que los mayores porcentajes corresponden al desgaste o fatiga de componentes, con lo cual se concluye que es a la prevención de este tipo de fallas a lo que debe enfocarse en corregir, el departamento de mantenimiento”.

De allí podemos concluir la importancia de generar “la creación de los formatos y documentos de mantenimiento establecen la base del plan de mantenimiento preventivo ya que su implementación y correcta aplicación permite el manejo y obtención de la mayor información posible de las actividades para continuar alimentando la base de datos, con información histórica de los equipos de la planta”. (Mosquera, 2009)

En el año 2009 los ingenieros Héctor Javier Sánchez y John Mario Bravo en la elaboración de su tesis de grado, para la Universidad ECCI, en la ciudad de Bogotá D.C., desarrollaron la investigación “Propuesta de mantenimiento preventivo para una empresa del sector industrial TECNOFRES”.

Luego de desarrollada la investigación y realizado el análisis correspondiente llegaron a la conclusión que “la elaboración de las frecuencias de actividades de mantenimiento, los manuales de procedimiento y las condiciones actuales de funcionamiento, da información importante a la administración de la empresa de los puntos que se deben mejorar aportando criterios básicos para

la toma de decisiones con respecto a la organización, administración, infraestructura, personal, almacén de repuestos y subcontratación”.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, es que una vez analizada esta tesis se encontró como criterio de estudio que “se debe tener en cuenta que un mantenimiento preventivo demasiado estricto puede elevar los costos de trabajo y reducir la disponibilidad de los equipos o por el contrario si es demasiado simple puede llevar a interrumpir la producción y generar costos de mantenimiento correctivo mucho más elevados.

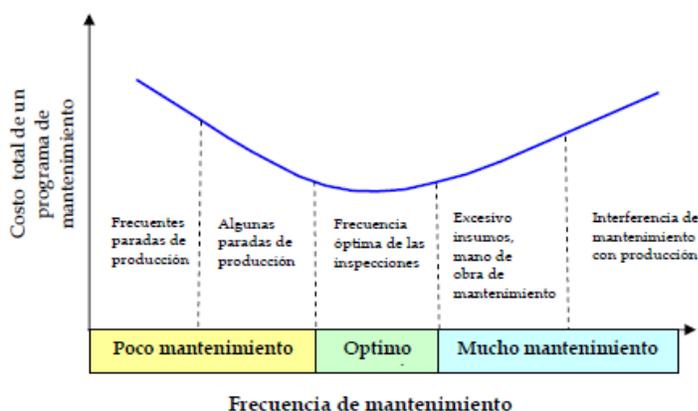


Ilustración 1 Frecuencia Óptima de las Inspecciones

Con lo anterior se puede afirmar que el costo de no tener en funcionamiento este equipo y el incumplimiento con el cliente. Se determinó la importancia del manejo de información en los diferentes niveles de la organización, la responsabilidad de cada persona vinculada con el servicio de mantenimiento, las buenas relaciones y comunicaciones que se deben tener con el cliente al cual se le presta el servicio, el manejo y control equilibrado que se debe realizar con los costos y calidad”. (Sánchez & Bravo, 2009)

En septiembre del año 2010, los ingenieros Leída Milena López Flórez y Fidel Alexander Ballesteros Benítez en su tesis de grado para la Universidad ECCI en la ciudad de Bogotá, desarrollaron el tema de “Plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos de la empresa tracto carga”.

Dentro de esta organización de transporte pesado se evidencio que la mayoría de los problemas mecánicos de la flota eran generados por los técnicos y operarios sin conocimientos y experiencia suficiente, no contaron con una buena metodología de escogencia del personal al momento de hacer la incorporación para laborar en la empresa, sin decir que la parte administrativa no contaba con ningún tipo de lineamientos u orden o planeación, notándose una ausencia de un líder que impulsara planes de mantenimiento y cronogramas de ejecución al momento de efectuar los trabajos de manutención.

El aporte que se puede extraer para la presente investigación, se basa en propiciar un desarrollo académico, social y económico en el que todas las personas involucradas en la producción, mantenimiento y operatividad se vean beneficiadas incrementando conocimientos y habilidades del personal técnico y de los operarios de las maquinas con el fin de que con sus nuevas habilidades adquiridas mediante capacitaciones logren de manera armoniosa un incremento en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Con lo cual se asevera nuevamente que el activo más importante de una organización es el Recurso Humano, de nada nos sirve tener tecnología de punta sin que el operario ni el mantenedor, este capacitado para operarlo y mantenerlo de la forma adecuada. (López Flórez & Ballesteros Benítez, 2009).

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Mantenimiento. ‘‘Se define como la combinación de acciones técnicas y administrativas destinadas a retener o restaurar un equipo en un estado en el que pueda desempeñar su función para la cual fue destinada’’. (Norma ISO 14224: ‘Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural – recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos., 2016)

Desde tiempos inmemoriales y hasta el final de la revolución científica, a lo largo del siglo XVII, alrededor de los años 1601 y 1700, la actividades de preservación, conservación y

mantenimiento que debían ser implementadas en las industrias manufactureras o de servicios con objeto de venta, no presentaron una gran evolución, dado que no tenían gran impacto u por tanto importancia dentro de la estructura de procesos, en la elaboración y mano de obra empleada.

Es por esta razón que solo eran reconocidas la conservación y la preservación para las cuales eran provistas hacia los recursos de las compañías; en ese preciso instante tan solo se trataba de una actividad de conservación correctiva, pues los equipos solo eran restaurados cuando presentaban paros parciales o defectos de gran envergadura, por consiguiente tan solo se iniciaban procesos correctivos de mantenimiento focalizando únicamente la reparación del equipo sin tener en cuenta el servicio que proveía.

Se podría aseverar que el mantenimiento se originó en el mismo instante en que se creó la industria, cuando se estructuraron los primeros procesos de producción sistematizados para la elaboración de bienes a gran escala, lo que desencadenó a que esta estuviera sujeta a un excepcional funcionamiento de los equipos; de esta forma el mantenimiento fue reconocido como una actividad simple, inútil y relacionada a un costo sin generar un valor agregado, sobre el cual no se debería incurrir.

- Generaciones del Mantenimiento

Realizando un recuento de manera ágil, a lo que ha sido la evolución del mantenimiento, podemos hablar de manera fácil que existen 4 Generaciones que han marcado el desarrollo y mejoras desde sus inicios, sin embargo la mayoría de los autores no se ponen de acuerdo en los años en los que empiezan y terminan cada una.

Aspectos de mantenimiento	Comportamiento 1era generación (I Guerra Mundial - 1950)	Comportamiento 2da generación (1950 - 1970)	Comportamiento 3era generación (1970 - 2000)	Comportamiento 4ta generación (2000 - presente)
Expectativas del mantenimiento	Repare equipos cuando estén rotos	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos con mayor disponibilidad - mayor duración de los Equipos - Bajos costos de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad. - Incremento en la seguridad - Sin daño al ambiente - Mejor calidad de producto - Mayor duración de los equipos 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad - Incremento en la seguridad - Sin daño al ambiente - Mejor calidad de producto - Mayor duración de los equipos - Mayor Costo – Efectividad - Manejo del Riesgo (legislación, procedimientos, entrenamientos, equipos para minimizar el riesgo, etc)
Visión sobre la falla del equipo	Todos los equipos se desgastan	Todos los equipos cumplen con la "cuna de la bañera"	Existen 6 patrones de falla	Fallas desde el punto de vista del error humano, error del sistema, error de diseño y error de selección (Confiabilidad Operacional)
Técnicas de mantenimiento	Todas las habilidades de reparación	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento Preventivo - mantenimientos mayores planeados y programados - Sistemas de planificación y control de los trabajos (PERT, Gantt, etc.) - Computadores grandes y lentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento predictivo - Diseño basado en confiabilidad y mantenibilidad - Estudio de riesgos - Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA, FMECA) - Pequeños y rápidos computadores - Sistemas expertos - Trabajo en equipo y apoderamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo por condición - Diseño basado en confiabilidad y mantenibilidad - Estudio de riesgos - Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA, FMECA) - Pequeños y rápidos computadores - Trabajo en equipo y apoderamiento - Uso de técnicas especializadas (RCA, RCM, TPM, PMO, Modelamiento de confiabilidad, optimización de repuestos etc.) - ERP – módulos de mantenimiento - "Outsourcing" - Internet

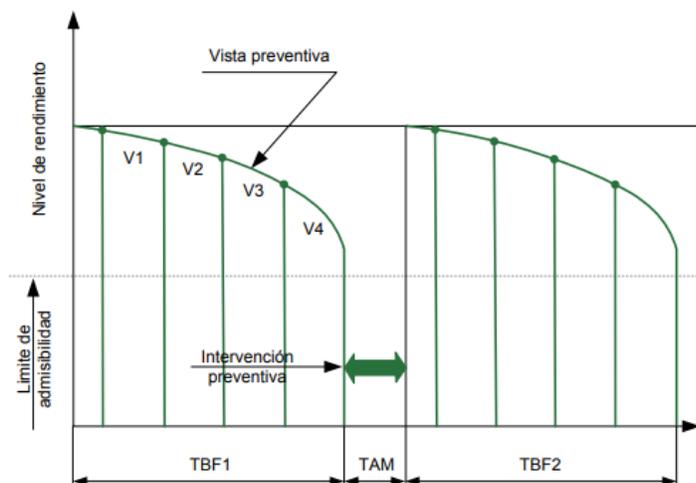
Ilustración 2 Generaciones del Mantenimiento (MOUBRAY, 1997)

Como podemos Observar en la Tabla 1, el mantenimiento preventivo inicio en la 2da Generación posterior a la I Guerra Mundial, estas prácticas y metodologías siguieron evolucionando cada vez más por necesidades de orden mundial, en 1973 por la crisis energética que vivieron los Estados Unidos y algunos países de Europa Occidental, se vieron obligados a evaluar modelos innovadores al momento de fabricar y mantener sus máquinas, encaminando sus esfuerzos en la optimización máxima de sus recursos e incrementar el tiempo de operación de las mismas. Una vez superados estos inconvenientes de la época, se continuó avanzando en las técnicas y metodologías de mantenimiento, donde se vio la necesidad de estandarizar todas aquellas nuevas

iniciativas que surgían para obtener beneficios en la industria, dando paso a la creación de normas internacionales que continúan vigentes hasta hoy día.

5.2.2. Mantenimiento Preventivo. ‘‘El mantenimiento preventivo es aquel que se ejecuta con el propósito de reducir la probabilidad de falla de un bien o la degradación de un servicio prestado, existen dos formas’’. (Norma AFNOR NF X 60 010)

- **Mantenimiento Sistemático:** Es aquel que se realiza en base a un programa previamente establecido, siendo evaluado según la ejecución del mismo en unidades de uso o bien en unidades horarias.
- **Mantenimiento Condicional:** Es aquel que se realiza en base a sucesos determinados, entendidos habitualmente como resultados de test, mediciones, diagnósticos, etc.



- **V:** N° de verificaciones.
- **TBF:** Tiempos de buen funcionamiento.
- **TAM:** Tiempos de paro de mantenimiento.

Ilustración 3 Mantenimiento Preventivo (Valero)

En el presente gráfico podemos observar la aplicación del mantenimiento preventivo, realizando una serie de verificaciones, con el fin de evitar que se produzca el fallo.

- Ventajas
 - Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
 - Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
 - Reduce la probabilidad de imprevistos.
 - Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.
- Desventajas
 - Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimientos a los equipos.
 - No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

5.2.3. Niveles de Intervención del Mantenimiento

- Nivel 1: Ajustes simples anticipados por el fabricante, por medio de componentes accesibles que no requieren desensamble o apertura de la máquina.

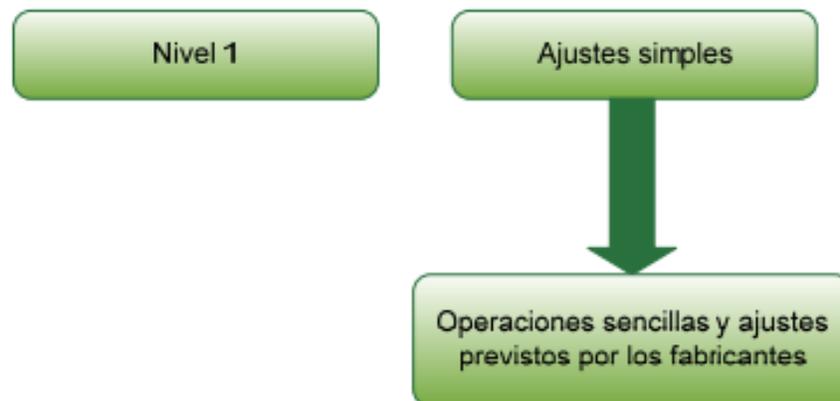


Ilustración 4 Nivel de Mantenimiento 1

- Nivel 2: Es un nivel más superior, se requieren acciones un tanto más comprometidas pero todavía de sencillez extrema y casi consideradas como rutinarias.

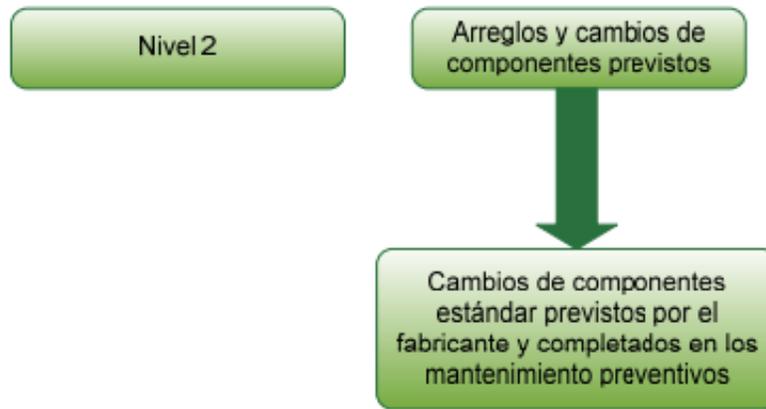


Ilustración 5 Nivel de Mantenimiento 2

- Nivel 3: Se encargan principalmente de intervenciones no previstas, llegando en determinadas ocasiones a diagnosticar causas (mantenimiento Preventivo)

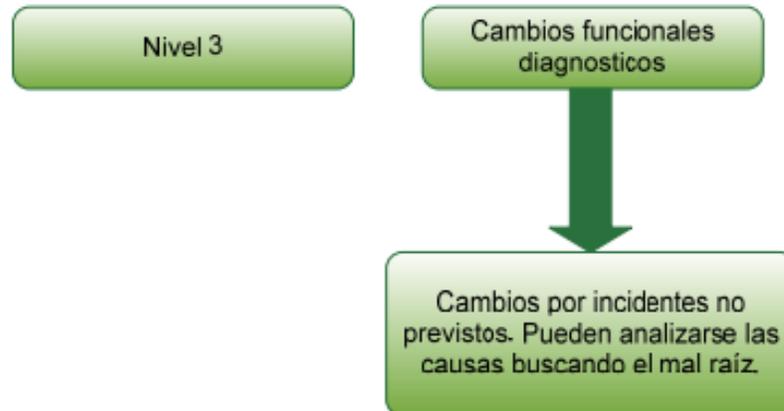


Ilustración 6 Nivel de Mantenimiento 3

- Nivel 4: Se centran en las grandes intervenciones, las cuales se encuentran relacionadas tanto con el mantenimiento preventivo como con el correctivo.



Ilustración 7 Nivel de Mantenimiento 4

- Nivel 5: Son operaciones de envergadura, generalmente asignadas a personal externo o casas fabricantes.

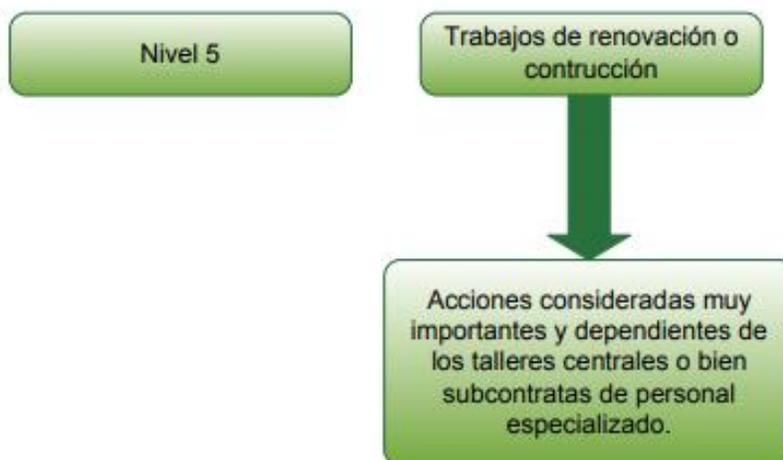


Ilustración 8 Nivel de Mantenimiento 5

Podemos determinar y resumir los 5 niveles de mantenimiento en la siguiente gráfica.

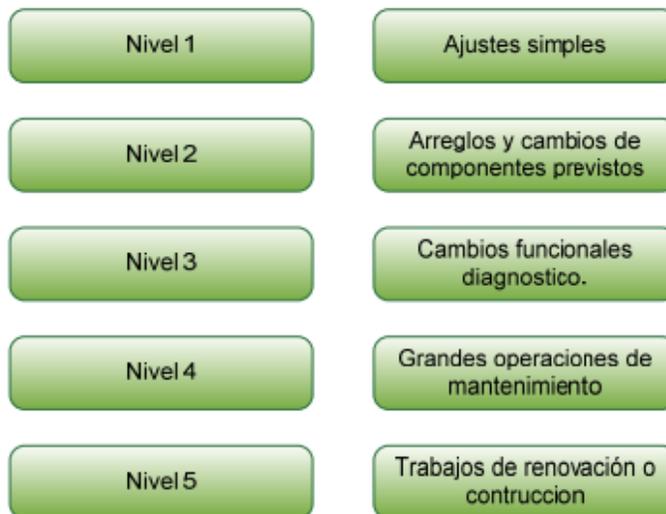


Ilustración 9 Los 5 Niveles de Mantenimiento (Valero)

5.2.4. Indicadores de Gestión del Mantenimiento. Son parámetros numéricos que utilizados eficientemente generan una oportunidad de mejora continua en el desarrollo, aplicación de métodos y técnicas de mantenimiento.

“La valoración de indicadores permite comparar un nivel o valor de referencia con el fin de adoptar acciones correctivas o modificativas según sea el caso. La confiabilidad y disponibilidad, son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis”. (Mora & Plata, 2001)

“Los indicadores de gestión, planificación, ejecución y control son aquellos que normalmente interrelacionan dos valores y aportan una visión sistemática que incluye diversas variables”. (González F. , 2004)

El diseño e implementación de indicadores, benefician el monitoreo de los procesos de mantenimiento, ya que permiten detectar tempranamente oportunidades de mejora y corrección de fallas, donde a través de un sistema eficiente de medición se propicia un ambiente fecundo en ideas para el desarrollo de estrategias innovadoras, empoderando al recurso humano en la identificación y solución de aquellos problemas que se podrían llegar a evitar con el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo.

Documentar las diferentes alternativas que el equipo de mantenimiento implementa para evaluar las variables analizadas es una práctica habitual, donde a través de dichos papeles de trabajo, se plasman los resultados positivos y negativos, con el objetivo que a través de un análisis de tendencias se propenda por el mejoramiento eficiente y sostenible en futuras intervenciones.

Para la implementación de indicadores en la gestión de mantenimiento, se deben en primera estancia, definir las métricas más convenientes y adecuadas a la realidad de dicha gestión, esto con el objetivo de no desviar la atención del foco de revisión mediante el seguimiento de una serie de indicadores que no aportan ninguna información útil, aumentando el riesgo al tomar y procesar datos innecesarios, que no conllevan ni generan valor agregado en la gestión de mantenimiento.

‘‘Se puede elegir la disponibilidad de equipos como un indicador, al listar todas las paradas de cada uno de los equipos de la planta, la fecha y hora en que han ocurrido y su duración, la lista resultante serán datos, pues tal y como se nos presenta no podemos tomar decisiones basándonos en ella, al procesar esta lista, sumando los tiempos de parada de cada equipo y calculando el tiempo que han estado en disposición de producir, obtenemos una lista con la disponibilidad de cada equipo’’. (García, 2010)

A continuación se detallan los principales indicadores de alto impacto:

- Índices de Disponibilidad

Es uno de los indicadores que tiene mayor impacto, y por tanto de mayor maniobrabilidad en la práctica, si se formula adecuadamente. Es el resultado de la división, del número de

horas que una maquina ha estado libre en capacidad de operación, sobre el total de horas en un rango de tiempo establecido.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Ecuación 1. Índice Disponibilidad

En modelos de producción en línea, en la que la falla de un equipo presume la parada de toda la línea, resulta necesario calcular la disponibilidad de cada línea, para posteriormente identificar la media aritmética.

Disponibilidad Total:

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N}^\circ \text{ de equipos significativos}}$$

Ecuación 2. Disponibilidad Total

- Disponibilidad por Averías:

Intervenciones no programadas:

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

Ecuación 3. Disponibilidad por averías

La disponibilidad consecuencia de una avería no se calcula, sin embargo para las paradas previamente planificadas, resulta importante identificar la media aritmética, para la disponibilidad por daño, para así generar un único dato.

- MTBF (Mid Time Between Failure o Tiempo Medio Entre Fallas): Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías.

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas totales del período de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Ecuación 4. MTBF

- MTTR (Mid Time To Repair o Tiempo Medio de Reparación): Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Ecuación 5. MTTR

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

Ecuación 6. Disponibilidad por avería

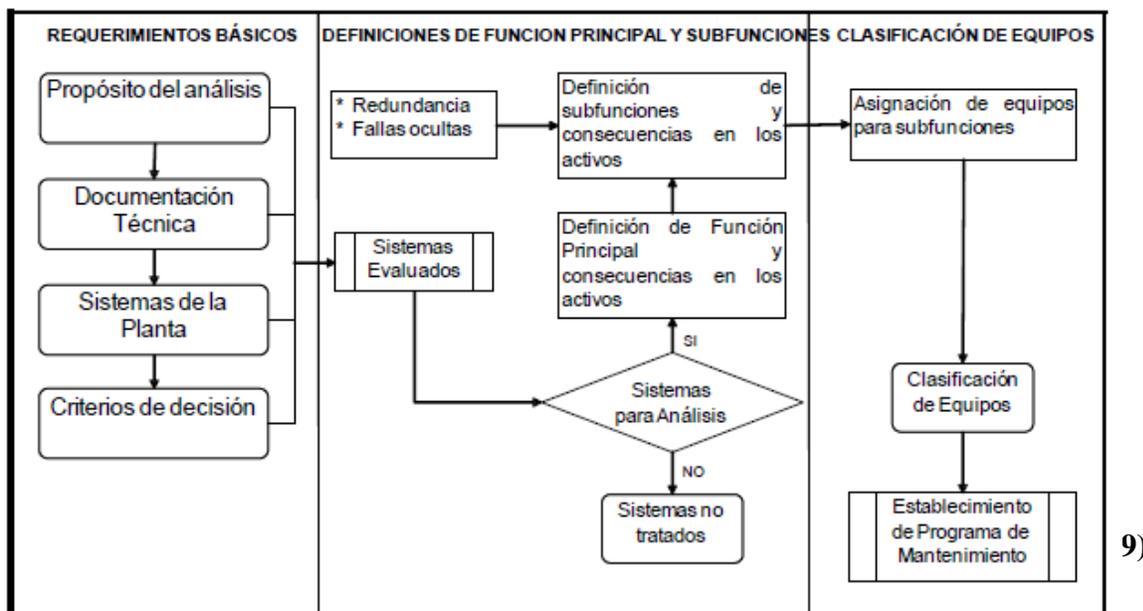
5.2.5. Análisis de Criticidad. ‘‘Es un análisis cuantitativo de eventos de fallas con el fin de clasificar la seriedad de las consecuencias’’(Z-008, 2009)

¿Sabe cuáles son los equipos críticos de su empresa durante la operación?; es importante tener sus activos establecidos en una escala de criticidad, de forma tal que su modelo de mantenimiento, propenda por la jerarquización de actividades para así direccionar la toma de decisiones hacia las más adecuadas en materia de administración del riesgo, con esto queremos decir, concentrarnos en lo realmente importante, sin olvidarnos del resto de los activos.

¿En qué consiste?; es un puntaje que se le asignara a cada equipo basado en unos parámetros establecidos en los cuales se pueden manejar los siguientes acuerdos generales:

- Costos de tiempo de parada y pérdidas de producción.
- Consecuencias de daños críticos o secundarios.
- Impacto en la seguridad del medio ambiente.
- Costos de mantenimiento y repuestos.
- Ratas de falla y MTTR.
- Costos de reemplazo de equipos.

Dicho Score, se determina mediante el estudio ejecutado por un grupo de interdisciplinario de trabajo, a través del cual se formula una evaluación de acuerdo a ciertos parámetros previamente seleccionados, para así observar su impacto sobre las máquinas.



Inicialmente para desarrollar un Análisis de criticidad, es necesario establecer el alcance y los objetivos del mismo, generalmente este tipo de análisis no se aplica a todos los activos de la empresa y en ocasiones solamente a un sistema específico. Debemos tener completamente claro al momento de aplicar este método las siguientes consideraciones:

- Razones de la aplicación.
- La relación con el riesgo.
- Definir las actividades de mantenimiento.

Requerimientos básicos:

Durante la recolección de la información técnica necesaria para iniciar el análisis de criticidad se requiere obtener algunos datos como:

- Filosofía de operación de los sistemas o equipos a analizar.
- Descripción de los mismos (limites definidos).

- Históricos de las fallas.
- Costos asociados a la operación y mantenimiento de los activos.
- Planos de la planta.
- Información del riesgo y de afectación a otras áreas en caso de falla.

Esta información es necesaria para:

- Establecer los criterios de evaluación, En caso de cualquier duda durante el desarrollo de esta metodología, esta información será bastante útil, para soportar las decisiones que se deben tomar.
- Diferenciar entre los diferentes activos dentro una misma clasificación.
- Apoyo en la descripción de la estrategia de mantenimiento para los equipos críticos.

Criterios de evaluación.

Son aquellos que se fundamentan en la clasificación de los posibles eventos a ocurrir en la operación, los cuales requieren ser orientados a los estándares generales de la organización, en los que se correlaciona a la operación, el mantenimiento, la seguridad y el entorno o medio ambiente, para de esta forma identificar claramente el operar real de la producción cuando este relacionada a pérdidas monetarias.

Definición de Funciones

Son parámetros de segmentación o patrones de selección, están directamente vinculados con el objetivo del estudio y su documentación, dicha selección se fundamentara en los costos de mantenimiento, pérdidas en la producción, no disponibilidad y factores atípicos relacionados con la seguridad.

Para la definición de las funciones principales de la empresa, se debe tomar el sistema en cuestión y dividirlo en las funciones que lo componen, para nuestro caso así: Mezclado,

Prensado, Extrusión, Horneado y Empaque. Para ello se aconseja asignar numeración de identificación para las funciones y Subfunciones, con fines de estandarización.

Dicha especificación requiere estar plenamente delimitada, lo cual significa que los límites de cada sistema o maquina a revisar, deberían tener claridad en las holguras previamente establecidas. Usualmente los medios de alimentación de las máquinas, no están dentro de los parámetros establecidos, pues si estos se averían, no necesariamente tienen como objeto al equipo mismo, si no que pueden variar respecto a causas externas, tal y como se precia en el siguiente ejemplo.

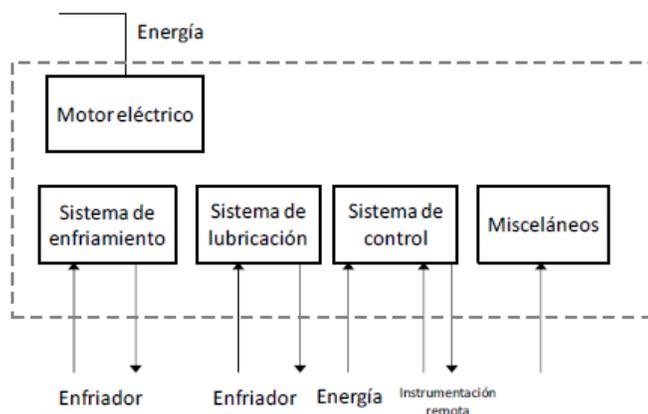


Ilustración 11 Límites en el Motor Eléctrico (ISO 14224, 2009)

Al definir la función principal, también hay que documentar su redundancia y las consecuencias que presentan al faltar, en la siguiente tabla podemos observar cómo se puede clasificar la redundancia de las funciones, claro está apoyándonos en la filosofía de la operación.

Redundancia	Definición de Grado de Redundancia
A	No tiene redundancia, por tanto la Función Principal es requerida para evitar cualquier pérdida.
B	Tiene una unidad en paralelo, por tanto puede sufrir una falla sin influenciar la función.
C	Tiene dos o más unidades en paralelo, puede sufrir una falla al mismo tiempo sin que inflencie la función.

Ilustración 12 Clasificación de la Redundancia (Z-008, 2009)

En el instante en el que se deba ejecutar la descripción de las consecuencias a las que de origen, se deberá contemplar la información asociada al riesgo de la empresa, junto con el análisis de la producción, mantenimiento y operar de las máquinas, la tabla de parámetros de calificación contempla los efectos más relevantes de las actividades principales.

5.2.6. Gestión de Repuestos. “Por muy bien que se realice el mantenimiento de una planta, en algún momento de su vida útil se requerirán piezas de repuesto para sustituir algunos de los componentes que integran las máquinas que forman parte de una instalación industrial. Estas piezas pueden ser originales, reacondicionadas, adaptadas, equivalentes o fabricadas expreso, pero sin duda, serán necesarias. Es impensable abordar la explotación de una instalación sin pensar cómo se va a gestionar el repuesto que se necesitará a lo largo de la vida útil de ésta”. (García, 2010)

Al desarrollar un proceso de mantenimiento basado en la prevención, la gestión de repuestos resulta de vital importancia, pues es imperativo que se cuente con los recursos necesarios en el instante en que se deba intervenir a través de una acción de carácter preventivo. Por tal razón podemos deducir que posterior al diagnóstico de la avería y determinación del repuesto que necesitamos, tendremos que seguir los siguientes pasos:

- Saber exactamente qué repuesto necesitamos, sus características, o inclusive su nombre si no lo conocemos o se trata de una pieza hecha a medida.
- Localizar el proveedor que dispone de existencias en stock del repuesto que requerimos, dependiendo de las circunstancias, podremos elegir entre varios proveedores que lo suministren, con una diferente gama de precios, plazos de entrega, condiciones de garantía, etc.
- Realizar el pedido, en la mayoría de los casos este procedimiento debe ser autorizado por una tercera persona, así como en ocasiones también hay que tener en cuenta como se realizan los pagos, si se trata de un proveedor con el que no trabajamos habitualmente,

puede pedir el pago anticipado por transferencia bancaria, lo que retrasa el pedido hasta que el pago es efectivo.

- Esperar el repuesto, se puede aprovechar este tiempo de inactividad para realizar otras tareas en la máquina, como inspecciones visuales, limpieza, etc.
- Recepción de la mercancía, se debe comprobarse que el repuesto recibido corresponda con lo que se ha pedido.
- Montaje y puesta en marcha, generalmente se colocara a prueba la máquina, la cual deberá funcionar a media carga o en vacío, hasta verificar que todo es correcto y empezar a producir con normalidad.

Almacén de repuestos

Poseer un almacén de repuestos no solo significa tener repuestos para todo y que estén bien organizados, lo indicado es realizar un estudio de trazabilidad de las máquinas más críticas, e identificar cuáles son sus repuestos más significativos con el fin de mantener un stock de partes para reemplazo inmediato que nos permita disminuir los tiempos de parada de producción.

Al momento que decidamos implementar un almacén de repuestos en nuestra empresa, es necesario tener algunos conceptos claros, con el fin de desarrollar un buen proyecto que satisfaga las necesidades de nuestro plan de mantenimiento.

- Existencias (stock). Debemos conocer en todo momento la cantidad disponible de un artículo, en caso contrario, podemos estar pidiendo algo que ya teníamos, o encontrarnos con que nos falta un repuesto cuando más lo necesitamos, una buena aplicación nos permitirá automatizar bastante la gestión de inventarios y existencias.

- Ubicaciones. Debemos saber dónde encontrar cada artículo, debemos asignarle una referencia geográfica dentro de nuestro almacén con el objetivo de localizar rápidamente un producto, sin tener que rebuscar.
- Estadística. Es necesario prever cuántos productos vamos a consumir para asegurarnos de que no nos quedaremos sin existencias, y a la vez evitar acumular materiales que apenas se usan, debemos saber que el proceso de almacenamiento cuesta dinero, por tratarse de activos que no rotan, como por el espacio que ocupan.
- Trazabilidad del repuesto. Es indispensable identificar el origen y el destino del repuesto, se hace necesario tener un historial de los movimientos con el fin de registrar cada movimiento. Si se utilizan números de lote o serie, es posible relacionar el material con el pedido de compra y con la orden de trabajo donde se ha consumido.
- Compras o entradas. Hacer un pedido no es solamente hacer una llamada o enviar un email, en algunas ocasiones requiere seguir muchos pasos, y además suelen intervenir varios departamentos (mantenimiento, compras, contabilidad), se debe propender porque toda la documentación necesaria este en regla y aprobada por los interesados con el fin de evitar traumatismos y demoras en los despachos, también podemos indicar que es recomendable tener una zona habilitada como recepción de mercancía, donde se puede revisar físicamente los repuestos y toda la papelería requerida, antes de ingresar las partes al almacén.
- Salidas. Con el objetivo de promover la gestión, se recomienda administrar el almacén como un departamento independiente, de forma tal que cuando se requiera un producto, herramienta o insumo, este se debe registrar a modo de Kardex (Saldo anterior, unidades retiradas, saldo final), de igual manera se deberá registrar quien lo retiro. Por otro lado si el material retirado se va a instalar en un equipo, se deberá dejar registro según las necesidades de la máquina, donde es muy seguro que nos sea útil llevar el récord por máquina, por dependencias etc. Es de suma importancia parametrizar y registrar cada salida de producto o materia del almacén bajo un consecutivo de OT (Orden de Trabajo) a modo de control en el consecutivo de cada requerimiento.

Otra práctica válida que también se realiza es la identificación de proveedores externos que tengan en sus inventarios, los repuestos con más alta rotación que requerimos para las reparaciones de nuestros activos, con el fin de no llenar nuestro almacén de repuestos y darle un mejor manejo de entrada y salida de inventarios, optimizando las compras y el aprovisionamiento en caso que nuestra bodega tenga una capacidad disminuida de almacenamiento.

“La gestión de repuestos no provoca ni previene las averías, pero sí afecta al resultado de la reparación”.

5.2.7. Cultura de Mantenimiento. “La cultura organizacional o empresarial, es un patrón de conducta desarrollado por las organizaciones que mezcla balanceadamente psicología humana, actitudes, acción y creencias. Conforme los individuos que la integran van aprendiendo a enfrentar y a resolver sus problemas, una cultura fuerte se nutre con una serie de valores y normas claras que guían la forma en que ellos (empresas e individuos) se comportan”. (Alirio J. Jiménez N., s.f.)

Una de las primeras cosas que debemos identificar es el tipo de cultura en la que se desenvuelve la empresa, saber si existe entre el personal una voluntad de cambio y mejoramiento continuo o por el contrario encontrarnos como es habitual con un público que lo rige el costumbrismo de ejecutar sus labores de la misma forma por un largo tiempo; generalmente siendo estos la parte reactiva quienes nos harán diseñar estrategias especiales para su interiorización, por lo que una buena práctica es tratar de conservar, reforzar y aprovechar los aspectos positivos de la cultura existente que puedan apalancar las nuevas propuestas que queremos desarrollar.

Posteriormente debemos verificar que tipo de decisiones hacen que la gente colabore y qué tipo de estructura posee, una donde solo se buscan culpables o una que busca la causa raíz de los problemas para darle soluciones, esto son aspectos fundamentales que debemos conocer de nuestra empresa para posteriormente generar e impulsar una nueva estrategia.

“Tal vez uno de los mayores retos de un líder de mantenimiento sea generar el cambio de cultura organizacional necesario que le permitan pasar de un ambiente reactivo a uno planificado, ya que es en este ambiente donde las estrategias viven y se desarrollan o agonizan y mueren lentamente”. (Ferros Industrial, s.f.)

En todo caso es importante que tengamos en cuenta que un cambio de cultura es complejo, ya que en muchos casos las nuevas prácticas pueden chocar y contradecir a la otra (aunque busquen objetivos comunes) y por lo tanto requiere de mayor comprensión y compromiso de las personas para que adopten los cambios. Por tal razón debemos comprender que esta evolución no es lineal, es más bien un espiral de aprendizaje, donde podríamos aplicar la metodología del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).



Ilustración 13 Ciclo PHVA (Norma ISO 9001, 2015)

5.3. Marco Histórico

- Información General

ROOSVELT Electric ® es una organización colombiana, de carácter privado, dedicada a la producción y comercialización de todo lo necesario para la industria en lo concerniente a Soldadura, su línea de trabajo inicia desde el suministros de consumibles, hasta los equipos y accesorios para la aplicación.

Líneas de trabajo:

- Consumibles electrodos: Inoxidables, Fundición, Aluminio y Revestimiento Duro.
 - Consumibles Alambres: Mig, Tig, Tubulares con Gas, Tubulares Auto protegidos y Recubrimientos duros.
 - Maquinas: Stick, Tig, Mig, Multiproceso, Moto soldadores (comerciales, industriales) y de Oxicorte.
 - Pistolas y antorchas: Para procesos Mig, Pulsed Mig y Flux cored.
 - Accesorios: Extractores de humo, Guantes, Ropa y Gafas.
- Reseña Histórica

ROOSVELT Electric ®, es una empresa relativamente nueva, que inicio con su producción en el año 2010 con una capacidad instalada de 500 Ton/mes, en producción de soldadura, que mantuvo hasta el año 2015, a partir de ese año ha iniciado un declive en su producción, identificándose por falta de lineamientos en el área de mantenimiento, al momento de intervenir sus activos.

- Imagen empresarial



Ilustración 14 Logo de la Empresa ROOSELVET Electric® - Fuente: Los Autores

- Misión

En ROOSELVET Electric ®, se brindan soluciones integrales de soldadura, corte y todos los procesos que involucre la unión de metales con los más altos estándares de calidad, generando desarrollo tecnológico y agregando valor a los procesos de nuestros clientes.

- Visión

ROOSELVET Electric ®, será la empresa líder en el mercado de soldadura, corte y todos los procesos que involucren la unión de metales en Colombia , con alto enfoque en nuestros clientes, siendo reconocidos por nuestro nivel de excelencia y mejora continua de nuestros procesos, entregados con calidad, brindando seguridad y productividad al sector industrial de nuestro país.

- Ubicación

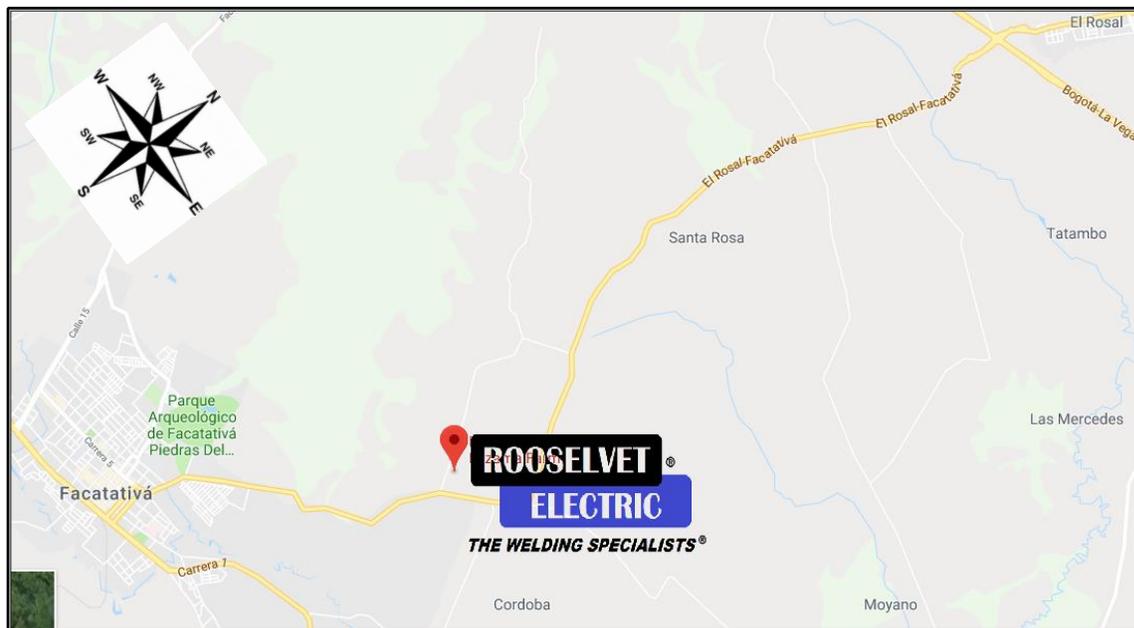


Ilustración 15 Ubicación ROOSEVELT Electric ® - Fuente: Los Autores

Dirección: KM 1.9 Vía, Vía Facatativá - El Rosal, Cundinamarca

- **Nota:** Toda la información suministrada en el Numeral, (5.4. MARCO HISTORICO), es de autoría de los desarrolladores de esta investigación, indicamos que no pertenece a la realidad y quienes para este caso en particular se utilizó solamente para efectos académicos.

Proceso de Producción de Soldadura

La empresa ROOSELVET Electric ®, posee una planta física con un área total de 2700 m², compuesto por dos niveles, en el primer nivel encontramos el área de producción, mantenimiento y bodegaje, en el segundo nivel encontramos el área gerencial y administrativa con sus respectivos departamentos.

Para el desarrollo de esta investigación específicamente hablaremos del área de Producción el cual está compuesta por un área de 2500 m² y se compone de 05 sistemas que se desempeñan de manera secuencial para la elaboración de la soldadura en la empresa.

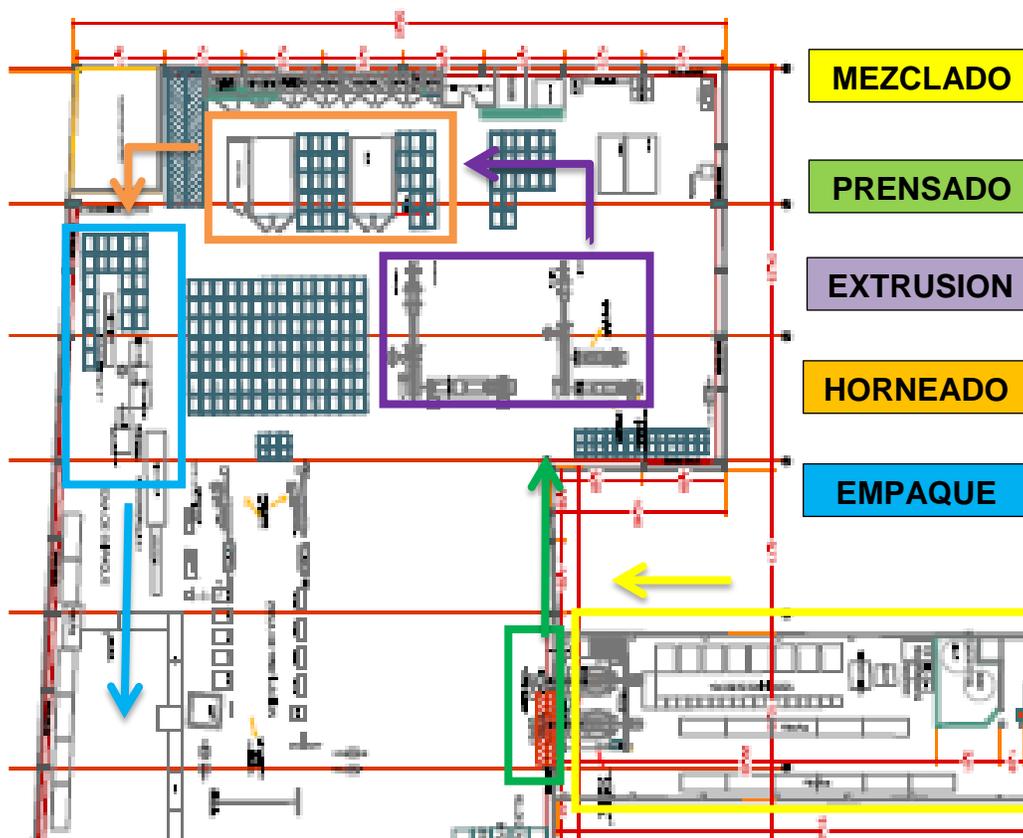


Ilustración 16 Proceso de producción - Fuente: Los Autores

- Sistema de Mezclado



Ilustración 17 Mezcladora, Sistema de Mezclado. Fuente: Los Autores.

En este sistema inicia todo el proceso de la elaboración de la soldadura, se encarga de realizar la mezcla de todos los componentes químicos de composición en un 60% secos y 40% húmedos, posteriormente procesándolos generando una masa homogénea de 1 Ton / Hra, luego trasladándola a través de una banda transportadora al sistema de prensado. Los activos que componen este sistema son: 01 Mezcladora Industrial Marca: EIRICH, Modelo: 1965 y 01 Banda transportadora Marca: ROPIN, Modelo: 2002.

- Sistema de prensado



Ilustración 18 Prensa, Sistema de Prensado. Fuente: Los Autores.

En el sistema de prensado, se recibe la masa homogénea de manera continua a través de la banda transportadora, posteriormente el operario procede a ubicar dicho material en la camisa de la prensa, dando inicio al proceso de prensado compactando 1 Ton de masa / Hra, acorde los requerimientos específicos del siguiente sistema. Los activos que componen este sistema son: 02 Prensas Industriales Marca HIDRAQUIPOS, Modelo: 1982.

- Sistema de Extrusión



Ilustración 19 Extrusora, Sistema de Extrusión. Fuente: Los Autores.

En este sistema, se reciben la masa compactada en la prensa, introduciéndolo al interior de la camisa de la extrusora, dando paso al proceso de unión entre las varillas de electrodos y una fracción de la masa suministrada por el husillo de la extrusora, generando 500 varillas / Min, Los activos que componen este sistema son: 02 Extrusoras Industriales Marca OERLIKON, Serie: ECP 101 - (EP 10), Modelo: 1972.

- Sistema de Horneado



Ilustración 20 Horno, Sistema de Horneado. Fuente: Los Autores.

En el sistema de horneado, se reciben los electrodos con la masa química unida, las cuales son colocadas en unos bases especiales con capacidad de 1 Ton, para posteriormente ser introducidos a los hornos que tienen una capacidad total de admitir 8 Ton / 24 Hra, posteriormente por medio de la temperatura a un rango de 420°C se solidifica la masilla al electrodo. Los activos que componen este sistema son: 02 Hornos Industriales Marca EQUINTEC, Modelo: 2010.

- Sistema de Empaque



Ilustración 21 Banda Transportadora, Sistema de Empaque. Fuente: Los Autores.

En este sistema se recibe 1 Ton / Hra de los electrodos solidificados, trasladándolos a través de una banda transportadora a la unidad de sellado que se encuentra integrada en el mismo equipo, para luego ser empacados en estibas de madera de 1.5 Ton. Los activos que componen este sistema son: 02 Bandas Transportadoras Marca: ROPIN, Modelo. 2002.

6. Marco metodológico

6.1. Recolección de la Información

Para la recolección de la información se utilizaron las siguientes metodologías: Tipo de investigación, fuentes primarias y fuentes secundarias.

6.1.1. Tipo de Investigación. Una vez determinado que el mantenimiento en esta empresa no ha sido suficientemente explorado y sus condiciones actuales no han sido verificadas a profundidad, la investigación necesariamente empieza con un proceso de observación y análisis de cómo se venían ejecutando los mantenimientos anteriormente. Recopilando y estudiando toda la información escrita encontrada, que nos establecen los criterios de partida para el desarrollo de nuestra investigación y llevándonos a la conclusión que este estudio es de los tipos, ‘‘Histórica y Documental’’.

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Ilustración 22 Tipo de Investigación. Fuente: (GUÍA METODOLÓGICA ECCI)

6.1.2. Fuentes de Obtención de la Información.

6.1.2.1. Fuentes Primarias.

- Funcionarios del área de mantenimiento:

Son las personas que tienen relación al momento de desarrollar los mantenimientos de los activos, principalmente el Jefe de Mantenimiento, el Supervisor del área y 05 Técnicos que ejecutan los mantenimientos; a cada uno de ellos se le solicitó información del manejo que realizaban frente al manejo del mantenimiento y del cual se obtuvo información impresa y verbal, la cual se filtró obteniendo datos útiles y relevantes.

- Manuales de los fabricantes:

Al momento de levantar la información notamos que los 10 equipos que conforman la línea de producción de soldadura, no tiene manuales.

- Visita técnica:

Se realizó una visita a la empresa, donde se pudo observar el estado físico de los activos realizándoles una inspección minuciosa a cada uno de ellos, también se verificó si se tiene historiales de mantenimiento, encontrando que todos los mantenimientos son llevados de manera informal en una minuta.

6.1.2.2. Fuentes Secundarias

- Tesis y Monografías:

Se hace referencia a las 15 tesis y monografías consultadas las cuales están descritas en el desarrollo del Estado del Arte de la presente investigación, Numeral, (5.1. ESTADO DEL ARTE).

- Normas, guías, documentos, blogs, noticias y páginas web:

Se hace referencia a los demás aportes extraídos de estas fuentes consultadas las cuales están descritas en el desarrollo del Marco Teórico de la presente investigación, Numeral, (5.2. MARCO TEORICO).

6.1.3. Herramientas Utilizadas

- Encuestas:

Se realizó una encuesta a los 07 encargados del área de mantenimiento, encabezado por el Ing. Jefe de Mantenimiento, el supervisor de área y sus 05 técnicos, donde se buscó determinar la siguiente información: (*Ver anexo A*)

- Existe un plan de mantenimiento
 - Conoce los activos de la línea de producción
 - Conoce el estado de los activos
 - Conoce los sistemas de equipos en la línea de producción
 - Identifica cuales son los activos más críticos
 - Identifica cual es el sistema más crítico
 - Se requiere crear un almacén de repuestos
 - Considera que se debe tener un Stock de repuestos
- Reuniones y Entrevistas:

Se realizaron reuniones con los Jefes de Mantenimiento, Producción y del área financiera, donde se analizaron las causas de la disminución de la producción de soldadura, donde se determinó con ellos que la principal causa era las paradas en la producción para la realización de los mantenimientos de manera imprevista, dejando constancia de estas reuniones en Actas. (*Ver anexo A*)

Se obtuvo como evidencia los informes de gestión de la empresa de los años 2016 y 2017 donde se observan los comportamientos mes a mes en producción, mantenimiento y financiero, donde se determina el decremento en la productividad y las ganancias y recíprocamente se evidencia el aumento de los costos de mantenimiento. (*Ver anexo C*)

- Visitas Técnicas:

Se realizó una visita técnica donde a parte de las reuniones, entrevistas y encuestas realizadas donde se hizo un levantamiento de Informes de inspección, obteniéndose evidencias fotográficas y reportes de los técnicos de mantenimiento del estado de cada activo involucrado en la línea de producción de soldadura. (*Ver anexo B*)

- Indicadores:

Acuerdo con la información recolectada en las visitas técnicas, reuniones y entrevistas que se le realizaron principalmente al personal del área de mantenimiento y de producción, se establecieron tres tipos de indicadores como guía con el fin de determinar el estado de los activos: (*Ver anexo D*)

- Disponibilidad de equipos
- MTBF
- MTTR

- Análisis de criticidad:

Con la información recolectada en las visitas técnicas, reuniones y entrevistas que se le realizaron al personal del área de mantenimiento, se realizó un estudio de análisis de criticidad a los sistemas que conforman la línea de producción de soldadura, con el fin de

determinar los activos más críticos, de esta manera priorizar sus mantenimientos. (*Ver anexo E*).

6.1.4. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron los siguiente elementos metodológicos: plan de mantenimiento preventivo, análisis de criticidad, gestión de repuestos, información recolectada.

6.1.4.1. Plan de mantenimiento preventivo. Para asegurar el éxito en la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, es necesario que se adelante algunos trabajos técnicos y administrativos. (Crespo & H., 2004)

- ¿Cuáles son los equipos a mantener?
- ¿En qué estado se encuentran?
- ¿Qué tareas de mantenimiento hay que realizar?

Los pasos que se utilizaron para el desarrollo de este plan de mantenimiento fueron los siguientes:

1. Localización y demarcación de las áreas de los sistemas en la planta.

Aquí se muestra la distribución de los distintos equipos que intervienen en el proceso de producción de la soldadura y que serán tomados para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

2. Inventario

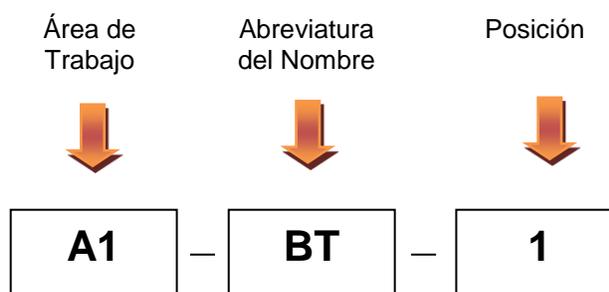
Siguiendo con el proceso se realizó el inventario de la maquinaria, con la colaboración del Jefe de mantenimiento de la empresa, se incluyeron los equipos más representativos en la línea de producción de soldadura. (*Ver anexo F*)

3. Codificación de los equipos.

Una vez se tuvo el inventario se procedió a realizar la codificación de los equipos inventariados, este paso es de suma importancia ya que se pueden identificar con un código alfanumérico propio por cada equipo, teniendo en cuenta el área de trabajo de la máquina.

Interpretación de los códigos utilizados:

- A1. Área de trabajo N° 1
- A2. Área de trabajo N° 2
- A3. Área de trabajo N° 3
- A4. Área de trabajo N° 4
- A5. Área de trabajo N° 5



**Ilustración 23. Interpretación códigos. –
Fuente: Los Autores.**

4. Sistema documental:

La gestión documental consiste en controlar de un modo eficiente y sistemático la creación, recepción y la disposición de los documentos involucrados en el proceso de mantenimiento. (Norma ISO 15489-1, 2001)

4.1. Hoja de Vida.

Es de vital importancia la creación de documentos de seguimiento y control (Formatos), los cuales simplificarán el control y acceso a la información para cada uno de los equipos; para tal fin se estructuró un formato, que resume toda la información relacionada con la máquina, especificaciones técnicas, operativas y condiciones generales.

4.2. Historial de mantenimientos.

Este formato es de vital importancia, debido a que con él es posible tener un historial de las actividades realizadas a cada uno de los equipos que intervienen en el proceso productivo de la empresa, debido a esto cada equipo tendrá su propio historial de mantenimiento. Se debe tener en cuenta que con la información recolectada en dicho formato, se pueden tomar decisiones a futuro referentes a los activos, dando como resultado un posible cambio del equipo.

4.3. Actividades de mantenimiento.

En estas actividades se relacionan dos tipos de mantenimiento más convenientes para conformar el programa de esta empresa.

- ✓ Mantenimiento preventivo: Contempla la revisión periódica, tal como lubricación, inspección y operaciones de menor envergadura y reiterativas, este tipo de procesos de revisión son programados con antelación.
- ✓ Mantenimiento correctivo: Esta actividad es aquella en donde se procede a la reparación de un equipo, luego de ser informada y registrada su falla. Sin embargo, este tipo de intervenciones no tienen nada que ver con la programación y ejecución del mantenimiento preventivo, pues son eventos independientes sin ninguna correlación.

4.4. Instructivos de mantenimiento.

Para cada documento guía se deberán relacionar las actividades de mantenimiento que son de carácter obligatorio para cada equipo, de acuerdo a sus especificaciones técnicas, tipos de insumos, lubricantes, electricidad,

mecánica y clases de herramientas, de tal forma que cualquier persona técnica pueda intervenir la maquina sin problema alguno, pues cuenta con la bitácora y registro de cada una de las inspecciones previamente realizadas.

Las OT (ordenes de trabajo) son usadas con el propósito de informarle al técnico, la secuencia de operaciones u actividades sistémicas fundamentales en el desarrollo del mantenimiento. Dichas ordenes contendrán las generalidades del proceso y los insumos requeridos para tal fin, la fecha y hora de la actividad y su tiempo promedio de realización.

5. Tableros de control de mantenimiento.

Es el cronograma de actividades que se realiza con el fin de tener una guía diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual de todas las actividades de mantenimiento necesarias, para tener en correcto estado operativo de la maquinaria. A cada actividad le corresponde un código que puede servir para varias máquinas pero tener diferente frecuencia de ejecución.

6. Indicadores de gestión.

Se proponen inicialmente para el mejoramiento estadístico de la información de mantenimiento, implementar tres tipos de indicadores como guía para realizar el seguimiento de los activos:

- Disponibilidad de equipos
- MTBF
- MTTR

6.1.4.2. Análisis de Criticidad. Durante las visitas técnicas y el desarrollo de las entrevistas y encuestas no se evidenciaron datos estadísticos para realizar el análisis de criticidad basado en informes, por tal motivo se realiza el desarrollo de esta actividad con la información recolectada de la experiencia del personal del área de mantenimiento, producción y de seguridad, donde se procede a desarrollar lo siguiente:

1. Inventario

Hacemos referencia al Numeral, (6.1.4.1. Plan de mantenimiento preventivo), donde se realizan las siguientes actividades:

- Localización y demarcación de las áreas de los sistemas en la planta
- Inventario de los equipos
- Codificación de los equipos.

2. Clasificación Sistemas y Equipos

Se clasificaron los sistemas que se encuentra en la línea de producción de soldadura, posteriormente se les asignaron las funciones a dichos sistemas, seguido se discriminaron los equipos funcionales que compone cada sistema, designándoles sus funciones.

3. Determinación de los criterios

Para desarrollar el análisis de criticidad, se tomaron los indicadores de producción, mantenimiento y seguridad, a estos según su severidad, se les asigno un puntaje, siendo el mayor valor el más significativo para el impacto evaluado.

4. Personal Encuestado

Se determina el personal más idóneo que debe participar en la realización de la encuesta, con el fin de obtener la información más confiable y desarrollar el ejercicio con la mejor

precisión posible, se determina que van a participar el Jefe de Producción, el Jefe de Mantenimiento, el Jefe de seguridad y el Supervisor de mantenimiento.

5. Encuesta

Se procede a desarrollar la encuesta donde se evalúan los indicadores de producción, mantenimiento y seguridad, asignándoles un valor representativo siendo el más alto como el más severo.

6. Revisión de la Criticidad

Una vez realizada la encuesta se observa cuáles son los sistema más crítico en la línea de producción de soldadura, al cual se le debe centrar el esfuerzo principal identificando sus falencias con el fin de combatirlas de la forma más eficiente, buscando siempre mantener su disponibilidad lo más alto posible.

6.1.4.3. Gestión de Repuestos. Durante las visitas técnicas y el desarrollo de las entrevistas y encuestas no se evidencia informes técnicos de la gestión de repuestos, por lo tanto no podemos identificar la cadena logística, desde la adquisición hasta la destinación final, por tal razón se desarrolló esta actividad con la información recolectada de la experiencia del personal del área de mantenimiento y de producción.

Se evidencio que el personal del área de mantenimiento hace referencia de la necesidad de la creación de un almacén de repuestos que tenga un Stock de suministros básicos para la realización de los mantenimientos, visto que en algunas máquinas las partes de recambio se demoran en su consecución, dificultando su labor y extendiendo los tiempos de reparaciones, que afectan la línea de producción de soldadura.

Los pasos que se utilizaron para el desarrollo de esta actividad fueron los siguientes:

1. Encuesta

Inicialmente se realizó las encuestas al personal del área de mantenimiento donde se les indago si tenían conocimiento de los repuestos más críticos de las máquinas de la línea de producción de soldadura.

2. Reuniones y Entrevistas

En el desarrollo de la visita técnica, reuniones y entrevistas a los técnicos que realizan los mantenimientos, se informa de los repuestos más críticos considerados por ellos acuerdo a las experiencias al momento de desarrollar los mantenimientos.

3. Análisis de criticidad

Durante el proceso del análisis de criticidad se puede comprobar cuáles son los sistemas más críticos y en ellos los activos, que hacen parte de los mismos, donde se corrobora la información recolectada con los resultados del análisis.

4. Propuesta

Una vez identificadas las máquinas más críticas por su adquisición de repuestos se procede a realizar una propuesta para la adquisición de las partes más críticas para el desarrollo de los mantenimientos.

6.1.5. Información Recolectada

- Visitas Técnicas

En el desarrollo de las visitas técnicas, se realizaron reuniones, encuestas y entrevistas donde se recolecta la siguiente información:

- Levantamiento de Información (Encuestas, Actas y Entrevistas)..... Anexo A
- Informes de inspección..... Anexo B
- Informes de gestión..... Anexo C
- Indicadores..... Anexo D
- Análisis de criticidad..... Anexo E
- Encuestas de Análisis de criticidad..... Anexo E
- Desarrollo Plan de Mantenimiento Preventivo..... Anexo F
- Gestión de Repuestos Anexo G

6.2. Análisis de la información

Una vez analizada toda la información recolectada en el Numeral, (**6.1. RECOLECCION DE LA INFORMACION**), se procede a desarrollar los siguientes formatos:

6.2.1. Plan de mantenimiento

1. Localización y demarcación de las áreas de los equipos en la planta.

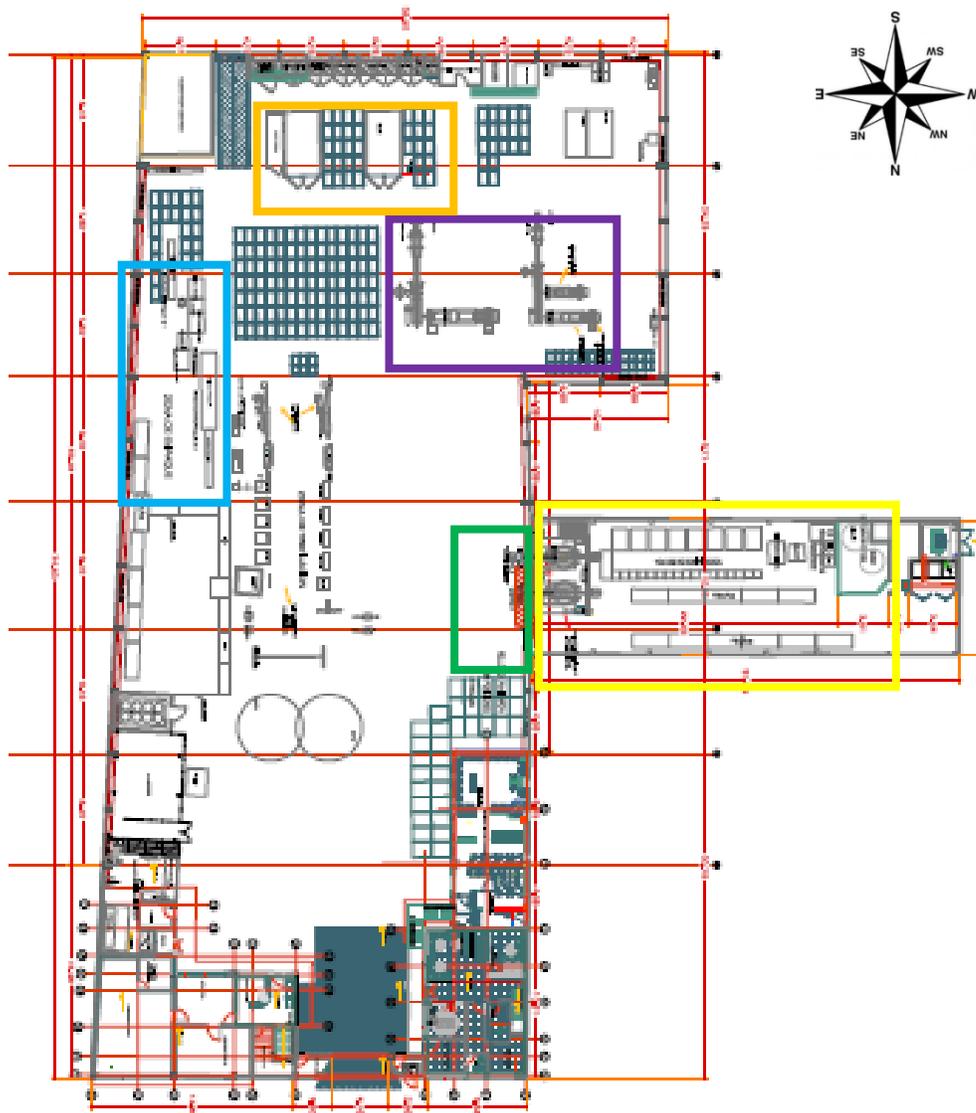


Ilustración 24 Distribución de las Áreas de Producción. - Fuente: Los Autores.



4. Diseño del sistema documental:

4.1. Hoja de vida.

	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	
	Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAN
Código: MANTO-001-HOVIDEQU-V01	Rige a partir de:	Pág. 1 de 1

1. DATOS GENERALES			IMAGEN
EQUIPO :		CODIGO DEL EQUIPO:	
MARCA:	SERIE:	AÑO:	
ALTO:	LARGO:	ANCHO:	
TIEMPOS DE OPERACIÓN			
JORNADA:			
D: / M: / A:			
HOJA DE VIDA:		MANUAL:	

2. ELEMENTOS Y COMPONENTES			
CONJUNTOS	NOMBRE	ESPECIFICACIONES TECNICAS	CANTIDAD
3. OBSERVACIONES			

4.3. Relación de actividades de mantenimiento.

	FORMATO DE RELACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	
	Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAN
Código: MANTO-001- ACTIMANTTO-V01	Rige a partir de:	Pág. 1 de 1
1. LUBRICACION		
ACTIVIDAD:	CODIGO:	
2. ELECTRICIDAD		
ACTIVIDAD:	CODIGO:	
3. MECANICAS		
ACTIVIDAD:	CODIGO:	
4. INSTRUMENTACION		
ACTIVIDAD:	CODIGO:	

4.4. Redacción de instructivos.

		FORMATO DE INSTRUCTIVO DE EQUIPOS	
		Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAN
Código: MANTO-001-INSTEQU-V01		Rige a partir de:	Pág. 1 de 1
1. DATOS GENERALES			
FECHA DE EJECUCION:		HR. DE INICIO:	HR. DE FINALIZACION:
CODIGO DEL EQUIPO:		CODIGO DE LA ACTIVIDAD:	ACTIVIDAD:
2. EJECUTOR DEL MANTENIMIENTO			
OPERADOR:		APELLIDOS Y NOMBRES	
JEFE DE MTTO			
TECNICO			
CONTRATISTA			
3. MATERIALES			
4. PROCEDIMIENTO			
TIEMPO ESTIMADO EJECUCION:			
OBSERVACIONES:			

6.2.2. Análisis de Criticidad

1. Inventario

Hacemos referencia al Numeral, (6.1.5. INFORMACION RECOLECTADA),
(Ver anexo F)

2. Clasificación Sistemas y Equipos

Realizando la inspección de los sistemas que componen el área de producción de soldadura con el Jefe de Mantenimiento y el supervisor, donde se define que está dividida de 5 sistemas de (Mezclado, Prensado, Extrusión, Horneado y Empaque

SISTEMA	FUNCION	UNIDAD FUNCIONAL	SUB FUNCION
Mezclado	Realizar la mezcla de los componentes químicos secos y húmedos.	Mezcladora	Contención de la mezcla, evitar perdida de químicos
		Banda Transportadora	Transporte de la mezcla a entregar
Prensado	Prensar la mezcla entregada, hasta que la masa queda compacta.	Prensa N°1	Control de la presión ejercida en la mezcla
		Prensa N°2	
Extrusión	Integrar la mezcla prensada a las varillas.	Extrusora N° 1	Control del proceso de integración de los componentes
		Extrusora N° 2	
Horneado	Solidificar las la mezcla activando los componentes químicos con la temperatura.	Horno N°1	Monitoreo de temperatura
		Horno N°2	
Empaque	Empacar en bolsas para su posterior distribución.	Banda Transportadora N°1	Control de cantidad de producto por bolsa
		Banda Transportadora N°2	

Tabla 1 Clasificación de Equipos. – Fuente: Los Autores.

3. Determinación de los criterios

CRITERIOS DE PRODUCCION		CRITERIOS DE MANTENIMIENTO		CRITERIOS DE HSE	
IMPACTO EN LA PRODUCCION	FACTOR	FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR	IMPACTO AMBIENTAL	FACTOR
No afecta la operación.	5%	No más de 1 por año	1	No origina ningún impacto ambiental.	0
25 % de impacto.	25%	Entre 2 y 15 por año	2	Contaminación ambiental baja, el efecto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta.	5
50% de impacto.	50%	Entre 16 y 30 por año	3	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	10
75% de impacto.	75%	Entre 31 y 50 por año	4	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad. Procesos sancionatorios.	25
La impacta totalmente.	100%	Más de 50 por año (Más de una parada semanal)	5	IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	FACTOR
		TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	FACTOR	No origina heridas ni lesiones.	0
		Menos de 4 horas	1	Puede originar lesiones o heridas leves no incapacitantes.	5
		Entre 4 y 8 horas	2	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.	10
		Entre 8 y 24 horas	3	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.	25
		Entre 24 y 48 horas	4		
		Más de 48 horas	5		
		COSTO DE LA REPARACION	FACTOR		
		Menos de 1 millón de pesos	3		
		Entre 1 y 3 millones de pesos	5		
		Entre 3 y 15 Millones de Pesos	10		
		Entre 15 y 35 millones de pesos	25		
		Más de 35 Millones de pesos	50		

Tabla 2 Criterios de Evaluación Equipos. – Fuente Ing. Miguel Urian, documento extraído del Drive, clases Seminario de Investigación II

4. Personal Entrevistado y Encuestado

4.1. Para el desarrollo del Análisis de Criticidad

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	PROFESION	AÑOS EN EL CARGO
1	ALEXANDER TORRES	JEFE DE MANTENIMIENTO	INGENIERO MECANICO	2 AÑOS
2	NESTOR VELA	JEFE DE PRODUCCION	INGENIERO INDUSTRIAL	2. 5 AÑOS
3	ADRIANA LOZANO	JEFE DE HSE	PROFESIONAL EN SALUD OCUPACIONAL	1 AÑO
4	WILMAR HERNANDEZ	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	ESTUDIANTE DE INGENIERIA ELECTRONICA	4 AÑOS

Tabla 3 Personal Encuestado, desarrollo Análisis de Criticidad. - Fuente: Los Autores.

4.2. Para las otras actividades

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	PROFESION	AÑOS EN EL CARGO
1	ALEXANDER TORRES	JEFE DE MANTENIMIENTO	INGENIERO MECANICO	2 AÑOS
2	WILMAR HERNANDEZ	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	ESTUDIANTE DE INGENIERIA ELECTRONICA	4 AÑOS
3	EMIL RAMOS	ELECTROMECHANICO	TECNICO ELECTRONICO	3 AÑOS
4	LUIS CARDENAS	MECANICO	TECNICO MECANICA	3 AÑOS
5	EDGAR REYES	ELECTRONECANICO	CAP SENA	2 AÑOS
6	HECTOR DIAZ	SOLDADOR	CAP SENA	1.5 AÑOS
7	PROSPERO REYES	MECANICO	CAP SENA	2 AÑOS

Tabla 4 Personal encuestado, Evaluación situación del mantenimiento. Fuente: Los Autores.

5. Encuesta

Organización Evaluada:			
Fecha:			
Nombre del Funcionario que Diligencia:			
Área:			
	1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla)		2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR).
1	No más de 1 por año	1	Menos de 4 horas
2	Entre 2 y 15 por año	2	Entre 4 y 8 horas
3	Entre 16 y 30 por año	3	Entre 8 y 24 horas
4	Entre 31 y 50 por año	4	Entre 24 y 48 horas
5	Más de 50 por año (Más de una parada semanal)	5	Más de 48 horas
	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION		4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos)
5%	No afecta la operación.	3	Menos de 1 millón de pesos
25%	25 % de impacto.	5	Entre 1 y 3 millones de pesos
50%	50% de impacto.	10	Entre 3 y 15 Millones de Pesos
75%	75% de impacto.	25	Entre 15 y 35 millones de pesos
100%	La impacta totalmente.	50	Más de 35 Millones de pesos
	5. IMPACTO AMBIENTAL.		6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL.
0	No origina ningún impacto ambiental.	0	No origina heridas ni lesiones.
5	Contaminación ambiental baja, el efecto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta.	5	Puede originar lesiones o heridas leves no incapacitantes.
10	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	10	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.
25	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad. Procesos sancionatorios.	25	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.
<p>Instrucciones:</p> <p>1. Diligencie esta encuesta por cada máquina que exista en el sistema que pretende Jerarquizar.</p> <p>2. Según su criterio, analice cada aspecto de la máquina, y escoja una y solo una de las opciones presentadas en cada punto.</p> <p>3. Encierre en un círculo la opción escogida a la izquierda de la frase descriptora.</p> <p>4. Asegúrese de haber diligenciado todas las preguntas.</p>			

Ilustración 25 Formato Encuesta. – Fuente: Ing. Miguel Urian, documento extraído del Drive, clases Seminario de Investigación II.

6. Revisión de la criticidad



Ilustración 26 Ranking de Criticidad de los Sistemas. – Fuente: Los Autores.

Una vez realizada la encuesta se determinó que existen 2 sistemas que son los que más afectan la producción de soldadura, en el caso de una parada imprevista, catalogándose de la siguiente manera:

SISTEMA	FUNCION	UNIDAD FUNCIONAL	SUB FUNCION	CRITICIDAD	OBSERVACIONES
Mezclado	Realizar la mezcla de los componentes químicos secos y húmedos.	Mezcladora	Contención de la mezcla, evitar pérdida de químicos	Alta	No cuenta con equipo redundante, en caso de una parada imprevista se detiene la línea de producción.
		Banda Transportadora	Monitoreo de la cantidad de mezcla a entregar		
Prensado	Prensar la mezcla entregada, hasta que la masa queda compacta.	Prensa N°1	Control de la presión ejercida en la mezcla	Baja	
		Prensa N°2			
Extrusión	Integrar la mezcla prensada a las varillas.	Extrusora N° 1	Control de calidad del proceso de integración de los componentes	Media	El sistema que tiene más paradas de mantenimiento anuales por la naturaleza de trabajo (500 Varillas/Min), los repuestos son de difícil consecución y con costos elevados.
		Extrusora N° 2			
Horneado	Solidificar la mezcla activando los componentes químicos con la temperatura.	Horno N°1	Monitoreo de temperatura	Baja	
		Horno N°2			
Empaque	Empacar en bolsas para su posterior distribución.	Banda Transportadora N°1	Control de cantidad de producto por bolsa	Baja	
		Banda Transportadora N°2			

Tabla 5 Definición de Criticidad de los Sistemas. - Fuente: Los Autores.

6.2.3. Gestión de Repuestos

1. Encuestas, Reuniones y Entrevistas

Acuerdo con las reuniones, encuestas y las entrevistas realizadas al personal del área de mantenimiento, podemos determinar lo siguiente:

- Sistema de mezclado

Es el sistema que su inoperatividad produciría el paro total de la línea de producción, sus repuestos se consideran como críticos, porque se deben de tener de manera inmediata.

- Sistema de Extrusión

Este sistema posee equipo redundante, dentro el análisis se encuentra que sus repuestos se pueden denominar como críticos, debido a que sus repuestos son de difícil consecución

en tiempo de suministro, conforme a la información recolectada se considera tener en Stock dichos repuestos denominados como críticos por su demora de despacho. (*Ver anexo G*)

2. Análisis de criticidad

Una vez realizado el Análisis de criticidad podemos determinar que los sistemas más comprometidos en la producción de soldadura son los siguientes:

SISTEMA	FUNCION	UNIDAD FUNCIONAL	SUB FUNCION	CRITICIDAD	OBSERVACIONES
Mezclado	Realizar la mezcla de los componentes químicos secos y húmedos.	Mezcladora	Contención de la mezcla, evitar pérdida de químicos	Alta	No cuenta con equipo redundante, en caso de una parada imprevista se detiene la línea de producción.
		Banda Transportadora	Monitoreo de la cantidad de mezcla a entregar		
Extrusión	Integrar la mezcla prensada a las varillas.	Extrusora N° 1	Control de calidad del proceso de integración de los componentes	Media	El sistema que tiene más paradas de mantenimiento anuales por la naturaleza de trabajo (500 Varillas/Min), los repuestos son de difícil consecución y con costos elevados.
		Extrusora N° 2			

Tabla 6 Definición sistemas más críticos, Gestión de Repuestos. - Fuente: Los Autores.

6.3. Propuesta Solución

Una vez analizada la información recolectada podemos determinar la siguiente propuesta de solución:

6.3.1. Plan de mantenimiento preventivo. Se realiza el levantamiento de toda la información existente, con el fin de determinar la situación de los equipos, se procede a realizar el inventario y la codificación de los mismos, se continua con el desarrollo de las entrevistas, encuestas, visitas técnicas a todo el personal involucrado en el proceso de mantenimiento, se realiza el análisis de criticidad para determinar los sistemas y equipos más críticos y así mismo se realiza el plan de mantenimiento identificando las tareas de mantenimiento de lubricación, mecánica, electricidad e instrumentación que requiere cada sistema y sus activos determinándoles los tiempos adecuados para la realización de cada mantenimiento, se propone implementar unos

formatos estandarizados para comenzar a llevar los mantenimientos de forma ordenada y codificada para una mejor clasificación, archivo y consulta generando buenas prácticas de historiales de mantenimiento. (*Ver anexo F*)

6.3.2. Análisis de criticidad. Se desarrolla el análisis de criticidad de manera cualitativa, debido a que es poca la información física que se puede obtener en la empresa, el personal técnico no lleva un historial de mantenimiento de manera formal y adecuada, todos los registros lo hacen en un libro de minuta, sin ningún tipo de orden, por tal razón se procede a realizar este ejercicio en base a la información extraída de las entrevistas, visitas técnicas y encuestas desarrolladas por los técnicos del área de mantenimiento y de los jefes de área involucrados en el proceso de la fabricación de soldadura, de este análisis podemos determinar que de los 5 sistemas que trabajan cíclicamente en el proceso, el cual un sistema depende de otro para continuar se establece que hay dos sistemas críticos, el primero porque es un solo equipo sin redundancia, que donde su parada generaría el paro total de toda la línea de producción y el segundo, aunque tiene equipo redundante, al tener 1 equipo fuera de servicio, la producción se reduciría al 50%, también podemos concluir en este sistema que su criticidad es media debido a que la consecución de sus repuestos son demorados generando unas paradas hasta de 72 horas. (*Ver anexo E*)

6.3.3. Gestión de repuestos. Para la elaboración de este análisis, se toma información de la experiencia de los técnicos, en vista que no se encuentra unos registros precisos de los repuestos que se cambian durante el proceso de mantenimiento, nos basamos en las encuestas, las entrevistas, visitas técnicas y el análisis de criticidad para identificar esos repuestos más críticos que provocan paradas largas de mantenimiento por la consecución de las partes de recambio, una vez identificados esas refracciones se procede a listarlas y así mismo se propone tener en Stock dichos componentes reduciendo significativamente los tiempos de reparación. (*Ver anexo G*)

7. Resultados esperados

7.1 Disponibilidad

A partir de la información analizada determinamos, que la disponibilidad actual que tiene el sistema de producción de soldadura de la empresa es de un 84%, tomando como referencia los informes de gestión, el análisis de criticidad y los indicadores de los años anteriores, analizando dicha información y basándonos en los datos recolectados de los primeros 3 meses del presente año, podemos indicar que la tendencia de comportamiento es similar al del año 2017.

Con nuestra propuesta al aplicar el plan de mantenimiento preventivo y la gestión de repuestos críticos, determinamos que se aumentaría en un 12% la disponibilidad total del sistema, aumentando de un 84% a un 96%, esto como consecuencia de la disminución de las fallas anuales de cada subsistema y reduciendo los tiempos de parada al tener repuestos en stock para los sistemas más críticos (mezcladora y extrusoras).

7.2 Producción

En nuestra propuesta como consecuencia del aumento de la disponibilidad de los sistemas, se reducirían las pérdidas de producción, aumentando el tonelaje de soldadura anual que pasaría de 4.920 Ton / 2017, a una proyección de 5.623 Ton / 2018, que se representarían en ingresos para la empresa en \$ 1.265.142.857 millones de Pesos Mcte, comprobando que el modelo propuesto impactaría positivamente el negocio, maximizando el margen de ganancias con el incremento en la producción de soldadura.

PRODUCCIÓN

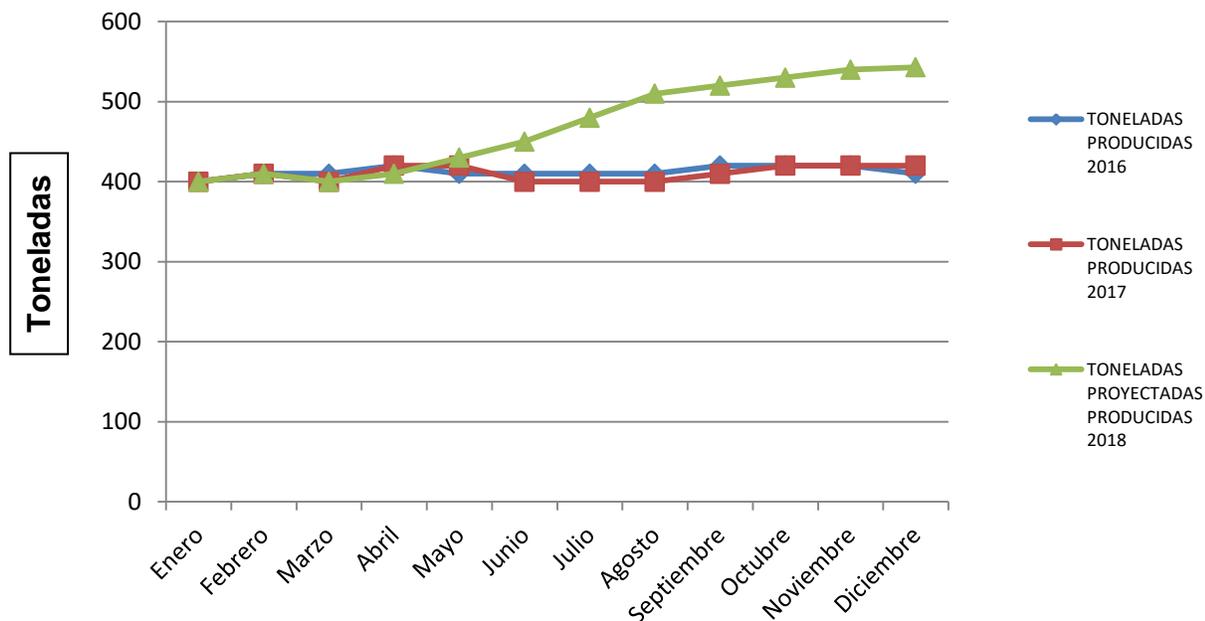


Ilustración 27 Producción de Soldadura mensual años: 2016 - 2017 – 2018. – Fuente: Los Autores.

INGRESOS

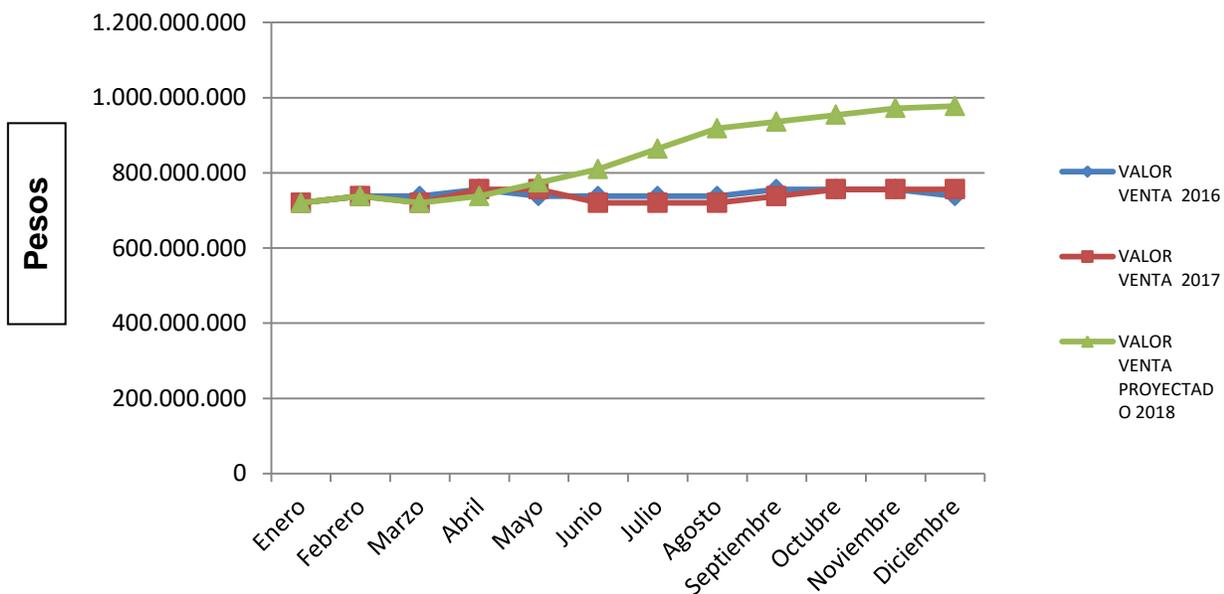


Ilustración 28 Ingresos años: 2016 - 2017 - 2018. – Fuente: Los Autores.

7.3 Costos de Mantenimiento

Al incrementar el mantenimiento preventivo como estrategia proactiva, la ejecución recurrente de los mantenimientos correctivos tenderán a disminuir de manera sistemática, contemplando como meta tener una relación de mantenimiento proactivo Vs reactivo del 80% / 20%, considerándose un modelo óptimo para la sostenibilidad de las actividades de mantenimiento, porque se sustentaría teniendo el control de las fallas antes de que estas sucedan.

Se tiene como objetivo que a partir del 5 mes de implementación se inicie gradualmente una reducción mensual en los costos de mantenimiento, equivalentes a 1 o 2 puntos porcentuales mes a mes, que en pesos se traducirían en una disminución anual de \$ 35.416.500 millones.

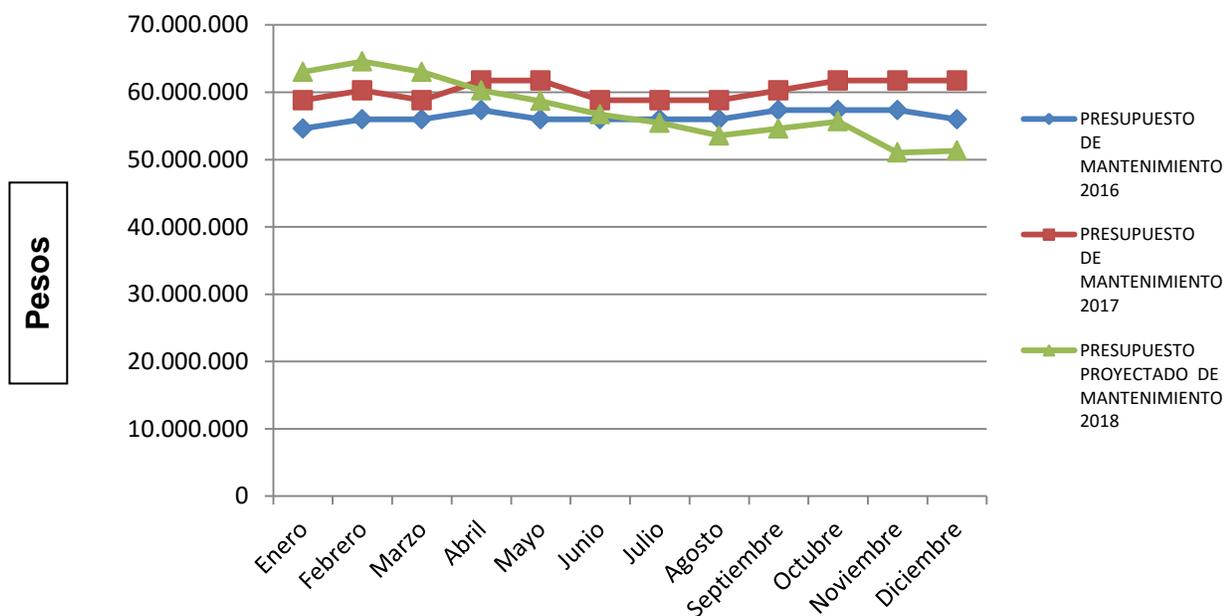


Ilustración 29 Costos de mantenimiento, años: 2016 - 2017 - 2018. – Fuente: Los Autores.

Lo anterior planteado fue posible, gracias al modelo de mantenimiento preventivo diseñado que se pretende proponer a la empresa, el cual procura detectar tempranamente las fallas en su etapa inicial, así mismo con la propuesta de mantener en stock los repuestos más significativos de los sistemas más críticos se reducirían los tiempos de parada a la espera de la adquisición de los mismos.

7.4 Cambio Cultural

Al iniciar con el estudio del plan de mantenimiento preventivo en la empresa, el personal técnico no recibió gratamente lo planteado, entendemos que los cambios generan negatividad, inicialmente por no comprender con exactitud el alcance y al percibir que incrementara su carga laboral.

Durante el transcurso del levantamiento de la información, el desarrollo de las encuestas, reuniones, entrevistas y sensibilizaciones, el personal del área de mantenimiento se fue involucrando de manera participativa y propositiva, siempre escuchando sus opiniones y observaciones que presentaban al momento de realizar sus labores diarias, de esta manera entendieron que sus conocimientos y experiencias serán fundamentales para un mejoramiento continuo que beneficiara tanto a la empresa como a ellos mismos.

Su cambio de percepción fue muy positivo al darse cuenta que realizarían su labor de una manera organizada y planificada en los tiempos estimados, evitando realizar trabajos fuera de los horarios establecidos y reduciendo el estrés de realizar mantenimientos a la carrera.

8. Análisis financiero

El análisis financiero tiene como finalidad demostrar la rentabilidad y la viabilidad al desarrollar esta propuesta que consiste en diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los activos en la línea de producción de soldadura en la empresa ROOSELVET Electric ®, el cual tuvo un costo de \$ 25.860.000 millones de pesos Mcte., lo que evidencia que es un diseño bastante beneficioso para la empresa en relación costo efectivo, donde la proyección de reducción de los gastos de mantenimiento a 9 meses serian de \$ 35.416.500 millones de pesos Mcte., y el incremento en las ganancias en la producción en el mismo lapso de tiempo serian de \$ 1.265.142.857 millones de pesos Mcte..

- Recursos

RUBRO	DESCRIPCION	TIEMPO	CANTIDAD	VALOR U/RIO	VALOR TOTAL
SERVICIOS PROFESIONALES	TRABAJO DE INGENIERIA	192 HORAS	02 ING	125.000	24.000.000
TRANSPORTE	DESPLAZAMIENTOS A FACATATIVA	N/A	04 VISITAS	15.000	120.000
EQUIPOS DE COMPUTO	SOFTWARE	3 MESES	02 PC	250.000	1.500.000
INTERNET	INVESTIGACIONES	3 MESES	N/A	35.000	210.000
PAPELERIA	IMPRESIONES (VARIOS)	N/A	50 HOJAS	600	30.000
TOTAL				425.600	25.860.000

Tabla 7 Recursos Utilizados para el desarrollo de la investigación. Fuente: Los Autores.

- Retorno de ROI

Es fundamental en toda inversión a la que se le espera una retribución tener claro el retorno de la inversión, el cual se denomina como una razón financiera que compara el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada, podemos decir que es una

herramienta que analiza el rendimiento que la empresa tiene desde el punto de vista financiero.

$$ROI = \frac{\text{beneficio obtenido} - \text{inversión}}{\text{inversión}} * 100$$

Ecuación 7. Retorno de la Inversión

Beneficios obtenidos:

- Reducción de Costos de mantenimiento x año..... \$ 35.416.500 millones de pesos Mcte.
- Ganancias en la producción de la soldadura x año.....\$ 1.265.142.857 millones de pesos Mcte.

Inversión:

- 1 Fase: Diseño del plan de Mantenimiento.....\$ 25.860.000 millones de pesos Mcte.
- 2 Fase: Implementación (pendiente por desarrollar)

$$ROI = \frac{35.416.500 - 25.860.000}{25.860.000} * 100$$

$$ROI = 36.9 \%$$

Para el desarrollo de la formula ROI, solo utilizaremos el valor de la reducción de los mantenimientos, que se generarían a 9 meses, Se planea obtener una ganancia sobre la inversión inicial de 36.9 % en dichos meses posteriores a la implementación del diseño del plan de mantenimiento preventivo, se podría decir que aun que la inversión en la fase 1, (Desarrollo del diseño) es minima, se tendría que ejecutar la fase 2 (Implementación del plan de mantenimiento) para así obtener una información más confiable de la inversión total.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

- Según la poca información escrita encontrada acerca de los mantenimientos realizados a los equipos y al no tener historiales de mantenimiento, se logró realizar el diagnóstico de los activos involucrados durante la producción de soldadura, gracias a la experiencia y empoderamiento de los técnicos con sus labores, reconociendo las fortalezas y debilidades del área de mantenimiento, donde se resalta el tener personal calificado y la infraestructura necesaria para atender las necesidades del mantenimiento.
- Vinculando al personal de producción y de mantenimiento se pudo establecer mediante un análisis de criticidad, práctica la cual era desconocida por el personal del área de mantenimiento, cuáles eran los equipos más críticos en los sistemas involucrados en la línea de producción de soldadura, dándole una mayor relevancia al momento de diseñar el plan de mantenimiento preventivo y el desarrollo de la gestión de repuestos.
- El modelo de mantenimiento preventivo se diseñó de acuerdo con las necesidades de la empresa, el cual no contaba con un sistema documental apropiado que le permitiera llevar el registro detallado de los trabajos, materiales, repuestos, tiempos de ejecución y costos asumidos durante el desarrollo del mantenimiento.
- Una vez identificado cuáles eran los equipos más críticos y realizando la comparación con los datos obtenidos por medio de las encuestas y entrevistas realizadas a los técnicos de mantenimiento, se pudo indicar cuáles eran los repuestos más críticos para la realización de los mismos, concluyéndose que debería de tenerse

un stock en el almacén para optimizar los tiempos de ejecución y así minimizar los tiempos de parada en la producción.

- Es de resaltar la gran importancia que tuvo todo el personal del área de mantenimiento durante el desarrollo de este proyecto, su participación constante, dedicación y el conocimiento de sus labores fueron fundamentales, reconociendo que a pesar de la falta unas directrices y una organización en el proceso de mantenimiento, la experiencia y profesionalismo del personal son destacadas.

9.2. Recomendaciones

- Es indispensable realizar retroalimentaciones a corto y mediano plazo, con el fin de verificar los resultados del programa de mantenimiento preventivo y si es requerido modificar los ciclos acuerdo las pautas de operación en producción, se hace necesario estar evaluando el programa buscando su mejoramiento continuo.
- Para dar continuidad a la gestión de mantenimiento que se da inicio con esta propuesta, se requiere capacitar al Jefe y al Supervisor del área de mantenimiento en las prácticas concernientes a la planeación, programación, coordinación, control y evaluación de las actividades propias de sus funciones, como gerentes de mantenimiento de la empresa.
- Es importante elaborar un plan de capacitación y sensibilización anual que permita mejorar las habilidades y competencias del personal operativo y técnico de mantenimiento de la planta de producción.
- Siempre tomar en cuenta las solicitudes de mantenimiento por parte de los operarios, es importante darles la relevancia y la debida importancia a sus requerimientos ya que esto puede llevar a la desmotivación y la perdida de pertenencia del personal técnico.

10. Bibliografía

- Alirio J. Jiménez N. (s.f.). *Maintenancela*. Recuperado el Febrero de 2018, de <https://maintenancela.blogspot.com.co/2013/04/el-cambio-de-cultura-en-mantenimiento.html>
- Antuan Sierra, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica de industrias AVM S.A.* Tesis, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado el Marzo de 2018
- Barrera, J. L., & Mora Espinosa, W. J. (2006). *Diseño de un modelo óptimo de gestión de mantenimiento y su auditoria*. Tesis , Universidad ECCI , Bogotá, Colombia. Recuperado el Febrero de 2018
- Bermúdez, E. R., & Andrés, C. D. (2009). *Programa de mantenimiento preventivo en las máquinas de la línea de producción de ladrillo Apolo ubicada en Pitalito Huila*. Tesis , Universidad ECCI , Bogotá, Colombia. Recuperado el Marzo de 2018
- Buelvas, C. E., & Martínez, K. J. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*. Tesis, Universidad Autonoma Del Caribe, Barranquilla, Colombia. Recuperado el Marzo de 2018
- Cabrera Rojas, A. M., Marconi Quintero, Á. A., & Oliveros Betancur, M. d. (2000). *La gerencia de mantenimiento como servicio empresarial plan piloto: CASA FUERZA PELDAR Zipaquirá*. Tesis , Universidad Industrial Santander , Bucaramanga, Colombia. Recuperado el Enero de 2018
- Carlos, V. T. (2010). *“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplast S.A.* Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado el Febrero de 2018
- Cornu, E. F., Del Rio, M. C., Escobero, E. p., Guerrero, F., & Morales, D. (2010). *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la empresa MORALY*. Universidad Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F. Recuperado el Febrero de 2018
- Crespo, M. D., & H., S. (2004). *Ingeniería de mantenimiento, técnicas y métodos de aplicación en la fase operativa de los equipos*. Ediciones AENOR. Recuperado el Enero de 2018
- Energiza*. (s.f.). Recuperado el Enero de 2018, de <http://www.energiza.org/mantenimiento-de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/581-tipos-y-politicas-de-mantenimiento>.
- Enrique, L. L. (2009). *Implementación de un plan de mantenimiento predictivo de equipos rotativos basado en análisis e vibraciones en una planta embotelladora ubicada en Barcelona*. Tesis, Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas al departamento de Mecánica, Puerto de Veracruz. Recuperado el Enero de 2018

- España morillo Ana verónica, Y. E. (2007). *Elaboración del sistema de gestión de mantenimiento para la empresa Envagrif ca.* Tesis, Universidad Escuela politécnica nacional facultad de ingeniería mecánica, Quito, Ecuador. Recuperado el Febrero de 2018
- Fernando Pilca Pilca, M. V. (2009). *Diseño y elaboración de un programa de mantenimiento para una empresa procesadora de gaseosas Olympic Juice OL Y JUICE CIA TDA.* Tesis , Universidad Escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador. Recuperado el Enero de 2018
- Ferros Industrial.* (s.f.). Recuperado el Marzo de 2018, de <https://fierrosindustrial.com/noticias/cambiar-la-cultura-mantenimiento-en-una-industria/>
- García Garrido, S. (2013). *Ingeniería de mantenimiento* (Vol. 12). Renovetec. Recuperado el Enero de 2018
- García, S. (2010). *Indicadores de Mantenimiento _en línea_ .* Recuperado el Enero de 2018, de <http://www.renovetec.com/index.php/es/mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>, 2010.
- González, C. R. (2009). *Libro de principios de mantenimiento – especialización en Gerencia de mantenimiento.* Recuperado el Febrero de 2018
- González, F. (2004). *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión.* FC Editotial. Recuperado el Febrero de 2018
- Guevara, R. d., & Osorio, P. A. (2014). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamental.* Tesis, Universidad Autonoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Recuperado el Enero de 2018
- GUÍA METODOLÓGICA ECCI. (s.f.). *Tipos de investigación, Tabla N° 1.* Bogotá, Colombia. Recuperado el Febrero de 2018
- ISO 14224.* (2009). Recuperado el Febrero de 2018
- López Flórez, L. M., & Ballesteros Benítez, F. A. (2009). *Plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos de la empresa tracto carga.* Tesis , Universidad ECCI , Bogotá, Colombia. Recuperado el Marzo de 2018
- Mora, L., & Plata, G. (2001). *Gestión de Mantenimiento Orientado a la Terotecnología.* Medellín, Colombia: Editorial Cordi. Recuperado el Marzo de 2018
- Mosquera, J. C. (2009). *Plan de mantenimiento preventivo para la línea de producción de envases industriales de la empresa ASENVASES LTDA.* Tesis , Universidad ECCI , Bogotá, Colombia. Recuperado el Enero de 2018
- MOUBRAY, J. (1997). *Reliability Centred Maintenance*, Industrial Press. New York. Recuperado el Marzo de 2018

Norma AFNOR NF X 60 010. (s.f.). Recuperado el Febrero de 2018

Norma ISO 14224: 'Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural – recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. (2016). Recuperado el Enero de 2018

Norma ISO 15489-1. (2001). Recuperado el Marzo de 2018

Norma ISO 9001 (Vol. Ciclo PHVA o círculo DEMING.). (2015). Recuperado el Febrero de 2018

Sánchez, H. J., & Bravo, J. M. (2009). *Propuesta de mantenimiento preventivo para una empresa del sector industrial TECNOFRES.* Tesis , Universidad ECCI , Bogotá, Colombia. Recuperado el Febrero de 2018

Valdés, J. L., & San Martín, E. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo – predictivo aplicado a los equipos de la empresa REMAPLAST.* Tesis, Universidad de Cartagena , Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado el Enero de 2018

Valero, G. S. (s.f.). 'Gestión del mantenimiento I', estudios abiertos SEAS. 32, 40, 213. Recuperado el Marzo de 2018

Z-008, N. S. (2009). *Criticaly analysis for maintenance purposes.* Recuperado el Marzo de 2018