

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
“DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA
SEMEST S.A.S”



JUAN ESTEBAN MAC AUSLAND DE LA CUESTA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
VILLAVICENCIO

2023

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
“DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA
SEMEST S.A.S”

JUAN ESTEBAN MAC AUSLAND DE LA CUESTA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

DANIEL JULIÁN CELIS PARRA

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
VILLAVICENCIO

2023

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

JHON JAIRO GIL PELÁEZ

Decano Facultad de Ingeniería Mecánica

Contenido

	Pág.
Resumen	10
Abstract.....	11
Glosario.....	12
Introducción.....	13
1. Problema	15
2. Justificación.....	16
3. Objetivos.....	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18
4. Marco Teórico	19
4.1. Generalidades del mantenimiento	19
4.2. Mantenimiento correctivo	19
4.3. Mantenimiento preventivo	20
4.4. Mantenimiento predictivo	20
4.5. Fallas funcionales	21
4.6. Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF).....	21
4.7. Fallas asociadas a la edad y deterioro	21
4.8. Modelo de criticidad por riesgo basado en factores ponderados	22
4.9. Fórmula del modelo de criticidad por riesgo basado en factores ponderados	23
4.10. Análisis de criticidad de equipos	23
4.11. Sistemas de información en la gestión del mantenimiento.....	24
4.12. Normatividad asociada al proyecto	26
4.12.1 Normativa de seguridad y salud laboral.....	26
4.12.2 Regulaciones ambientales	27
4.12.3 Normas de calidad.....	27
4.12.4 Norma SAE J 1739	27
4.12.5 Norma ISO 14224.....	28

- 4.12.5.1. Taxonomía y jerarquización de equipos..... 28
- 5. Metodología..... 30
 - 5.1. Tipo de investigación 30
 - 5.2. Fases de la investigación..... 31
 - 5.2.1 Fase 1: Contextualización del problema, marco teórico y del estado del arte de la problemática abordada..... 32
 - 5.2.2 Fase 2: Inventario y codificación de equipos..... 33
 - 5.2.3 Fase 3: Fichas técnicas y análisis de criticidad de equipos..... 33
 - 5.2.4 Fase 4: Estructuración del programa mantenimiento preventivo de la empresa SEMEST S.A.S 34
- 6. Resultados y análisis de resultados..... 35
 - 6.1. Generalidades de SEMEST S.A.S..... 35
 - 6.2. Servicios que presta la empresa SEMEST S.A.S..... 36
 - 6.3. Misión SEMEST S.A.S..... 36
 - 6.4. Visión SEMEST S.A.S..... 36
 - 6.5. Estructura organizacional SEMEST S.A.S. 37
 - 6.6. Inventario y codificación de equipos SEMEST S.A.S..... 37
 - 6.7. Diagnóstico de mantenimiento SEMEST S.A.S. 43
 - 6.8. Análisis de criticidad de equipos SEMEST S.A.S. 45
 - 6.9. Matriz de criticidad de equipos SEMEST S.A.S. 50
 - 6.10. Fichas técnicas y hojas de vida de maquinaria SEMEST S.A.S. 51
 - 6.11. Formato solicitud de trabajo de mantenimiento 53
 - 6.12. Reporte de mantenimiento de máquinas y equipos 53
 - 6.13. Socialización de resultados en la empresa SEMEST S.A.S. 55
- 7. Manual instructivo 56
 - 7.1. Ingreso al modelo de mantenimiento 56
 - 7.2. Pantalla inicial 56
 - 7.3. Menú..... 57
 - 7.4. Inventario 57
 - 7.5. Fichas técnicas, hojas de vida, cronograma y control de actividades 58
 - 7.6. CODIFICACIÓN 58

7.7. Criticidad	59
7.8. Solicitud de trabajo.....	59
7.9. Formato de reporte de mantenimiento de máquinas y equipos	60
8. Conclusiones y trabajos futuros.....	61
8.1. Conclusiones	61
8.2. Trabajos futuros.....	61
Referencias bibliográficas	63
Anexos	66

Lista de Tablas

Tabla 1	Taxonomía y definiciones jerárquicas ISO 14224.....	28
Tabla 2	Tabla de sección de resultados.....	30
Tabla 3	Áreas de producción de SEMEST S.A.S.	38
Tabla 4	Listado de equipos SEMEST S.A.S.....	38
Tabla 5	Inventario y Codificación de la maquinaria SEMEST S.A.S.....	39
Tabla 6	Ponderados del análisis de criticidad.....	45
Tabla 7	Resultado del análisis de criticidad SEMEST S.A.S.....	46
Tabla 8	Anexo 1. Organización General.....	66
Tabla 9	Anexo 1 Métodos y Sistemas de Trabajo.....	67
Tabla 10	Anexo 1. Control Técnico de Instalaciones y Equipos.....	69
Tabla 11	Anexo 1. Gestión de la Carga de Trabajo.....	70
Tabla 12	Anexo 1. Compra y Logística de Repuestos y Equipos.....	71
Tabla 13	Anexo 1. Sistemas Informáticos.....	73
Tabla 14	Anexo 1. Organización del taller de mantenimiento.....	74
Tabla 15	Anexo 1. Herramientas y Medios de Prueba.....	75
Tabla 16	Anexo 1. Documentación Técnica.....	76
Tabla 17	Anexo 1. Personal y Formación.....	77
Tabla 18	Anexo 1. Contratación.....	79
Tabla 19	Anexo 1. Control de la Actividad.....	80

Lista de Figuras

Figura 1 Patrones de falla	22
Figura 2 Matriz de criticidad.....	24
Figura 3 Codificación de equipos según ISO 14224.	29
Figura 4 Metodología del proyecto de investigación.....	32
Figura 5 Plano de localización de SEMEST S.A.S.	35
Figura 6 Organigrama SEMEST S.A.S.	37
Figura 7 Matriz Criticidad Equipos SEMEST S.A.S.....	50
Figura 8 Modelo de ficha técnica y hoja de vida maquinaria SEMEST S.A.S	52
Figura 9 Formato Solicitud de Mantenimiento SEMEST S.A.S	53
Figura 10 Formato de Reporte de Mantenimiento de Máquinas y Equipos SEMEST S.A.S	54
.....	
Figura 11 Control de asistencia capacitación.....	55
Figura 12 Ingreso modelo de mantenimiento	56
Figura 13 Pantalla inicial	56
Figura 14 Menú.....	57
Figura 15 Inventario.....	57
Figura 16 Formatos	58
Figura 17 Codificación	58
Figura 18 Criticidad	59
Figura 19 Solicitud de trabajo.....	60
Figura 20 Formato de reporte de mantenimiento de máquinas y equipos	60

Lista de Anexos

Pág.

Anexo 1 Encuesta de mantenimiento SEMEST S.A.S	66
---	----

Resumen

El desarrollo del presente trabajo de grado tiene como objeto la estructuración de un modelo de mantenimiento preventivo que permita dar solución a la necesidad de la empresa SEMEST S.A.S de la ciudad de Villavicencio de contar con un modelo de mantenimiento preventivo que le permita garantizar la confiabilidad y disponibilidad de sus equipos críticos de producción y de aumentar su eficiencia operativa, puesto que la empresa al inicio de la elaboración de este proyecto de grado no contaba con un departamento de mantenimiento industrial y en consecuencia tampoco se contaba con un modelo de gestión de mantenimiento. El objetivo principal es el diseño del modelo de mantenimiento preventivo, además, el documento abarca una metodología cuantitativa documental para análisis de la información que permite la focalización de las tareas de mantenimiento en los equipos críticos de producción, el resultado de este modelo abarca el control de inventarios y la codificación de equipos, análisis de criticidad, fichas técnicas, hojas de vida, actividades de mantenimiento preventivo, formatos de solicitud y orden de mantenimiento entre otros instrumentos que permiten la mejora en la gestión del mantenimiento en la empresa.

Palabras Clave: Confiabilidad, Criticidad, Mantenibilidad, Falla, Productividad, Inspección, Mantenibilidad.

Abstract

The development of this degree work is aimed at structuring a preventive maintenance model to solve the need of the company SEMEST S.A.S. to ensure the reliability and availability of its critical production equipment and to increase its operational efficiency, since the company did not have a related model. The main objective is the design of the preventive maintenance model, in addition, the document covers a quantitative documentary methodology for information analysis that allows the focus of maintenance tasks in critical production equipment, the result of this model covers inventory control and equipment coding, criticality analysis, data sheets, life sheets, preventive maintenance activities, request forms and maintenance order among other tools that allow the improvement in the management of maintenance in the company.

Key Word- *Reliability, Criticality, Maintainability, Failure, Productivity, Inspection, Maintainability.* Glosario

Glosario

- **Accesorio:** Elemento o parte de una máquina o sistema.
- **Ciclo de vida:** Vida útil del activo en operación hasta el momento de ser sustituido.
- **Componente o pieza:** Dispositivo o elemento que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico.
- **Confiabilidad:** Capacidad de una máquina para cumplir funciones específicas bajo condiciones.
- **Disponibilidad:** Porcentaje de tiempo en el cual una máquina cumple su función bajo los estándares de calidad requeridos.
- **Evento de falla:** Situación que se provoca una pérdida de la función de una máquina.
- **Falla:** Situación que se presenta afectando la capacidad de una máquina para cumplir su función total o parcialmente.
- **Función:** Proceso concreto que cumple una máquina.
- **Inspección:** Revisión que es ejecutada a una maquina con periodicidad y sin provocar parada de máquina.
- **Lubricación:** Actividades en donde se adiciona un lubricante con el objetivo de minimizar el rozamiento y fricción entre superficies disminuyendo el desgaste.
- **Mantenibilidad:** Facilidad de realizar y ejecutar correctamente las tareas de mantenimiento en un equipo o máquina.

Introducción

La Ingeniería de Mantenimiento se ha convertido en uno de los pilares académicos y empresariales para los ingenieros mecánicos de todo el mundo, siendo el mantenimiento parte importante de los planes de estudio y las dependencias administrativas de las empresas; los exitosos resultados en empresas industriales con la implementación de programas de mantenimiento preventivo ha permitido obtener mayor disponibilidad en los equipos de producción bajo esquemas de productividad, rendimiento y seguridad para sus trabajadores y para el medio ambiente.

La industria metalmeccánica Colombiana representa es de los renglones económicos más representativos en la economía del país, en esta industria, se realizan diferentes tipos de procesos de transformación de materia prima, estos procesos están relacionados a la creación de nuevas piezas y componentes mecánicos aplicados a diferentes campos de la industria, sin embargo, la puesta en marcha de las actividades en este sector suponen una amplia variedad de riesgos y desafíos que puede comprometer la eficiencia y rentabilidad del negocio (Euphorianet, s. f.).

Garantizar el correcto mantenimiento preventivo de los equipos involucrados en el proceso productivo de una empresa es uno de los grandes problemas a los que se enfrentan los ingenieros de mantenimiento industrial, a fin de reducir pérdidas de dinero, tiempo, calidad, recursos y el riesgo de algún accidente laboral o ambiental. En base a esto, se vuelve una necesidad contar con un modelo de mantenimiento preventivo que permita identificar y gestionar de manera efectiva todas las fallas presentadas en los equipos, esto para dar solución a las problemáticas inherentes a este tipo de industria relacionadas al mantenimiento (La necesidad del mantenimiento preventivo y sus constantes desafíos en la supply chain, 2018).

SEMEST S.A.S empresa líder en el sector metalmeccánico de la ciudad de Villavicencio, Colombia, en búsqueda del éxito empresarial de la compañía busca mejorar su departamento de mantenimiento y sus políticas y programas de gestión de mantenimiento preventivo, por lo que el desarrollo del presente trabajo de grado busca a partir de la estructuración de un programa de Mantenimiento Preventivo dar solución a la necesidad de la empresa SEMEST S.A.S de tener un modelo de mantenimiento preventivo que permita garantizar la confiabilidad y disponibilidad de sus equipos críticos de producción y con esto además aumentar la eficiencia operativa de la empresa con las tareas de mantenimiento preventivo en equipos de producción bajo pautas de producción, calidad y seguridad.

El presente documento se estructura en cinco capítulos principales, un primer capítulo denominado Identificación del problema, donde se definen los objetivos generales y específicos del trabajo de grado y se introduce al lector a la problemática a desarrollar, el segundo y tercer capítulo presentan el marco contextual y normativo relacionado con la empresa y el modelo de mantenimiento a desarrollar; seguidamente el proyecto aborda el capítulo cuatro donde se define el marco teórico de y finalmente un quinto capítulo que muestra los resultados de la aplicación del modelo de mantenimiento preventivo desarrollado en la empresa SEMEST S.A.S, mostrando herramientas de gestión de mantenimiento, conclusiones, referencias y anexos correspondientes.

1. Problema

SEMEST S.A.S, Servicios Metalmecánicos Estructurales es una empresa experta en la prestación de servicios de transformación de láminas, tubería, perfilería, fabricación y montaje de estructuras metálicas, al mando de profesionales capacitados en estos procesos y cumpliendo con la demanda de trabajo que se encuentra en la región.

Actualmente SEMEST S.A.S cuenta con una bodega de producción que tiene 1200 m² de área ubicada en la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia; esta fábrica cuenta con 26 equipos de producción y actualmente en su organigrama no se tiene establecido en departamento de mantenimiento y en consecuencia a la fecha de inicio del proyecto no contaba con un modelo de mantenimiento preventivo; la ausencia de un modelo de mantenimiento preventivo causa fallas en los equipos, lo que puede desencadenar costosos tiempos de inoperancia y reparaciones (Frieser, 2021). La planificación del mantenimiento resulta fundamental para cualquier empresa que aspire a alcanzar niveles destacados de calidad, ya que los equipos que no reciben mantenimiento preventivo regular pueden presentar falencias en su correcto funcionamiento afectando la calidad del producto final y causar graves impactos económicos para la empresa por pérdidas de producción y daños en la maquinaria.

La inexistencia de un modelo de mantenimiento preventivo en SEMEST S.A.S también representa un riesgo para la seguridad de los trabajadores de la empresa dado que se utilizan equipos de trabajo con de riesgo por corte, atrapamiento, temperaturas entre otros. Los equipos que no reciben mantenimiento adecuado tienen un mayor riesgo de fallar, lo que puede provocar accidentes laborales y lesiones.

De la misma manera la falta de un modelo de mantenimiento preventivo representa un riesgo desde el punto de vista económico y operacional toda vez que es la maquinaria de la empresa el activo físico más importante para el cumplimiento de la producción y los estándares de calidad.

La implementación de un modelo de mantenimiento preventivo ayuda a mitigar estos problemas mencionados, este ayuda a mantener los equipos en buenas condiciones de operación y funcionamiento ya que se pueden detectar y corregir fallas antes de que se ocasionen problemas mayores; también ayuda a prevenir accidentes laborales ya que los equipos tendrían un menor riesgo de fallar y, por lo tanto, reducirían el riesgo de exposición de los trabajadores a este tipo de problemas (García, 2006).

2. Justificación

En la actualidad, la empresa SEMEST S.A.S dedicada a la prestación de servicios metalmecánicos en la ciudad de Villavicencio, Colombia, ha venido desarrollando un crecimiento productivo lo cual los coloca en situación de mejora en sus procesos de calidad para ofrecer un mejor servicio y producto final al cliente, por lo que en búsqueda de la mejor continua es necesaria la adopción de un modelo de mantenimiento preventivo resulta ser una opción alineada al cumplimiento de los objetivos de la organización.

Los proyectos de ingeniería de mantenimiento han mejorado la relación Empresa - Universidad, permitiendo el progreso en los procesos de gestión del mantenimiento industrial y en consecuencia el aumento de la productividad y competitividad empresarial; en consecuencia, son diversos los trabajos de grado y las experiencias positivas generadas a partir de programas de mantenimiento preventivo aplicados a empresas del sector industrial como por ejemplo los trabajos de grado desarrollados por Laverde , Bernal , Cala y Diaz en donde todos estructuran herramientas de gestión que van desde la identificación, inventario y codificación de equipos, hasta el establecimiento de procedimiento de mantenimiento preventivo, análisis de criticidad y herramientas de gerencia entre otros.

En la actualidad, la empresa SEMEST S.A.S ha incrementado sus servicios debido a la elevada demanda de servicios metalmecánicos en la región del departamento del Meta, Colombia y toda la región de la Orinoquía, por lo que ha venido desarrollando un crecimiento productivo lo cual los coloca en situación de mejora en sus procesos de calidad a fin ofrecer un mejor servicio y producto final al cliente. SEMEST S.A.S en búsqueda de seguir cumpliendo sus objetivos empresariales, ve en la adopción de un programa de mantenimiento preventivo una opción alineada al cumplimiento de este objetivo de crecimiento y mejora continua que le permitirá garantizar el estado de la maquinaria y la mejora en los procesos de gestión y control del mantenimiento.

El crecimiento de SEMEST S.A.S, tiene como consecuencia el aumento en la utilización de los equipos, su frecuencia de uso y su requerimiento de disponibilidad, esto aumenta la probabilidad de fallos que puedan ocurrir y en consecuencia su impacto de manera negativa la productividad de la empresa aumentando los costos de producción y de mantenimiento; por lo que la estructuración del presente programa de mantenimiento preventivo se convierte en la solución ideal para la problemática actual de la empresa.

El presente proyecto busca desarrollar un modelo de mantenimiento preventivo para la empresa SEMEST S.A.S. La ejecución de este trabajo permitirá conocer información detallada sobre la empresa, identificar los procedimientos y operaciones que se llevan a cabo en la empresa, realizar el inventario y codificación de los equipos involucrados, diseñar y diligenciar los formatos de fichas técnicas y seleccionar los equipos críticos que deban ser reseñados en el modelo de mantenimiento, todo esto le otorgará a la empresa un alto grado de cumplimiento de sus estándares de funcionamiento, de productividad, de seguridad y medioambientales.

3. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un modelo de mantenimiento preventivo para los equipos del proceso productivo en la empresa SEMEST S.A.S.

Objetivos Específicos

- Recopilar información detallada sobre los antecedentes y características de la empresa SEMEST S.A.S.
- Reconocer los procedimientos y operaciones que lleva a cabo la empresa SEMEST S.A.S.
- Realizar el inventario y codificación de los equipos involucrados en el modelo de mantenimiento.
- Diseñar y diligenciar los formatos de fichas técnicas que contienen la información vital pertinente a cada equipo.
- Seleccionar los equipos críticos que sean esenciales para el cumplimiento de la operación de la empresa y que deban ser incluidos en el modelo de mantenimiento.
- Generar los documentos que resuman las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos.

4. Marco Teórico

4.1. Generalidades del mantenimiento

El mantenimiento se concibe como una actividad primordial en el proceso de gestión de activos, y se define como el conjunto de acciones necesarias para mantener en condiciones óptimas de seguridad, funcionamiento y fiabilidad todos los equipos y máquinas que dispone una organización. El desarrollo de esta actividad tiene como fin prevenir fallos y averías, esto mediante una temprana detección de problemas y la oportuna implementación de estrategias para poder corregir los inconvenientes relacionados a los equipos (Pérez, 2021).

Son muy precisas las definiciones de mantenimiento preventivo, entre ellas la norma ISO 14224 precisa el “mantenimiento como combinación de acciones técnicas y administrativas, incluyendo la supervisión, cuyo fin es mantener o reparar el aparato para que opere en un estado que le permita realizar las funciones requeridas” del mismo modo, la norma ANFOR NF X60-010 define el mantenimiento se define como el “conjunto de acciones tendientes a mantener o reestablecer un bien a un estado específico que le permita asegurar el servicio determinado” (Bernal, 2016).

De manera general existen dos tipologías de mantenimiento, el mantenimiento preventivo que se hace antes de que ocurra la falla, y el mantenimiento correctivo que es aquel que se ejecuta cuando ocurre la falla. Existen diversas metodologías de mantenimiento preventivo dentro de las cuales están el (TPM) Mantenimiento Productivo Total, Análisis de Causa Raíz (RCA), los (AMEF) Análisis de modos y Efectos de Falla, el (MPC) Mantenimiento Productivo Confiable y el (RCM) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad entre muchas otras.

4.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es la labor de mantenimiento ejecutadas en una máquina en la cual se interviene el equipo después de que ha ocurrido la falla o avería. El objetivo principal es restablecer la funcionalidad del equipo con el fin de que retorne a la operación en el menor tiempo posible. El mantenimiento correctivo es el más básico y antiguo de los tipos de mantenimientos y puede ser programado e imprevisto.

El mantenimiento correctivo como su nombre lo indica consiste en corregir los daños después de haber ocurrido una falla o avería. Este prototipo de mantenimiento busca que el equipo funcione hasta el punto en que falle y requiere de un alto conocimiento del equipo y de su funcionamiento; en otras palabras, el mantenimiento correctivo es la ausencia del mantenimiento preventivo.

4.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se ejecuta en una máquina antes de que ocurra una falla, esta tipología de mantenimiento tiene como objetivo la planificación y automatización del mantenimiento con el fin de evitar fallas y el detrimento operacional de la maquinaria.

Es una estrategia de mantenimiento proactiva que minimiza los tiempos de inoperancia y maximiza la disponibilidad y confiabilidad de todos los equipos. Se basa en la ejecución de inspecciones, ajustes, pruebas, lubricación y sustitución de los componentes en base a las indicaciones preestablecidas por el fabricante o en función del desgaste y uso del equipo. Este se aplica desde simples inspecciones visuales hasta el reemplazo de componentes críticos que comprenden el equipo.

4.4. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. El mantenimiento predictivo como su nombre lo detalla es un tipo de mantenimiento que busca pronosticar fallas para darles un mejor manejo.

Este arquetipo de mantenimiento se realiza mediante la utilización de instrumentos de control instalados en los equipos para detectar su funcionamiento mediante indicadores que pueden medir parámetros de funcionamiento de las máquinas, se denomina también mantenimiento basado en condición.

4.5. Fallas funcionales

Según el ingeniero mecánico Jhon Moubray “un estado de falla funcional se puede definir básicamente como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función siguiendo una medida de funcionamiento aceptable para el usuario”. Una falla funcional es esgonces un evento tal que al ocurrir en una máquina perturbando el funcionamiento del equipo y creando pérdida parcial o total de su funcionamiento.

4.6. Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF)

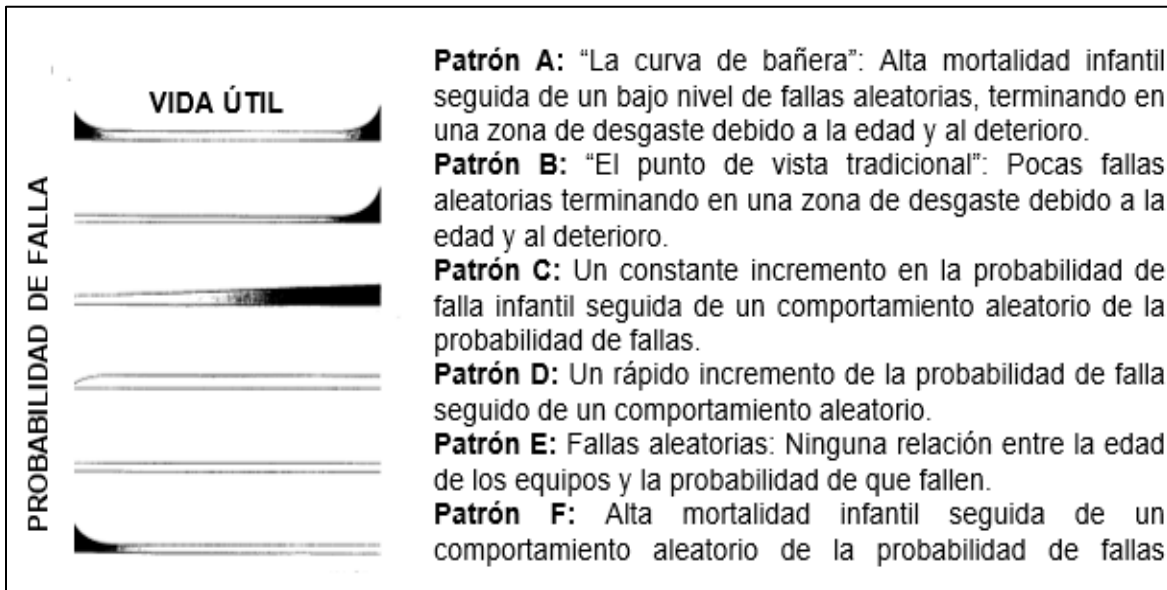
Este estudio es una herramienta que da respuesta a la forma en que falla el activo y las causas que provocaron dichos incidentes de mantenimiento que no le permiten funcionar correctamente.

Este análisis permite además conocer a fondo la maquinaria, sus componentes y sus fallas identificando los posibles modos de falla fortuitos de cada falla y establecer los efectos de falla coligados con cada modo de falla.

4.7. Fallas asociadas a la edad y deterioro

El uso de los activos que cumplen una función lleva consigo un deterioro relacionado a la edad de sus componentes y su vida útil, todo esto hace que su resistencia al esfuerzo disminuya a tal punto que no son capaces de hacer lo que el usuario quiere que haga.

Las fallas ocasionas por la edad se comportan siguiendo alguno de los seis patrones de falla, el análisis se encamina a establecer el patrón de falla relacionado a la edad de cada componente del activo. Estas fallas son por lo general ocasionadas por desgaste entre el producto y la máquina, además de la corrosión y la fatiga.

Figura 1 Patrones de falla

4.8. Modelo de criticidad por riesgo basado en factores ponderados

El análisis Criticidad por Riesgo “es un proceso de análisis cuantitativo sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad de este” (Parra, 2019). Este procedimiento es considerablemente desarrollado por consultoras y empresas y adecuado a un sinnúmero de industrias.

El análisis de criticidad por riesgo permite identificar, caracterizar, cuantificar la probabilidad y análisis de consecuencias de un evento de falla (Woodhouse, 1994).; tiene una gran importancia ya que en este análisis reside en que se puedan ser tomar decisiones útiles como herramienta para dirigir los esfuerzos de mantenimiento de la empresa a las máquinas que son más influyentes dentro del proceso productivo de SEMEST SAS. De manera general el riesgo puede verse como la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado o falla (Moubray, 2004).

4.9. Fórmula del modelo de criticidad por riesgo basado en factores ponderados

$$CRITICIDAD = Frecuencia\ falla \times Consecuencia\ falla$$

Frecuencia de fallas: Número de fallos de un equipo durante un tiempo determinado, normalmente se utiliza el número fallas al año.

Consecuencia de fallas: Impacto en la producción x (Tiempo para reparar +Tiempo entre fallas) + Costos mantenimiento + Impacto ambiental + Impacto en salud y la seguridad (Parra, 2019).

$$Criticidad = FF * \{(MTTR*IP) + ISG + CM + IMA\}$$

- (Mean Time To Repair) / Tiempo promedio para reparar: MTTR:
- Frecuencia de falla: FF
- Impacto sobre la producción IP
- Impacto medio ambiental: IMA:
- Impacto en salud y la seguridad ISG:
- Costos de mantenimiento: CM

4.10. Análisis de criticidad de equipos

La matriz de criticidad es una jerarquización de equipos a partir de la ponderación, evaluación y cuantificación de los ponderados establecidos en círculos de trabajo con la colaboración de los implicados en el tejido estratégico y táctico de la empresa, para ello en las reuniones importante alcanzar consensos de cada uno de los factores ponderados cuyos resultados se introducen en la fórmula de criticidad presentada anteriormente.

Para establecer el grado de criticidad de cada máquina se asignan valores a cada uno de los factores, frecuencia y consecuencia cuyos resultados son ubicados en la matriz de criticidad en el eje Y y en el eje X.

Figura 2 Matriz de criticidad

F R E C U E N C I A	MC	C	C	C	C
	MC	MC	C	C	C
	MC	MC	C	C	C
	NC	MC	MC	C	C
	NC	NC	MC	MC	C
	NC	NC	NC	MC	MC
	NC	NC	NC	NC	MC
	CONSECUENCIA				

A partir de esta matriz se clasifican los equipos en 3 grupos principales:

- **NC: No Crítico.**
- **MC: Medianamente crítico**
- **C: Crítico.**

4.11. Sistemas de información en la gestión del mantenimiento

Los sistemas de información en la gestión del mantenimiento industrial en una empresa, pretenden garantizar la trazabilidad y la seguridad de la información de las actividades de mantenimiento.

Los autores Duffuaa, Raoud y Dixon en su libro Sistemas de mantenimiento. Planeación y Control definen cinco características principales que debe cumplir un sistema de información para la gestión del mantenimiento industrial. Estas comprenden la información que se debe tener en un sistema de información de mantenimiento estableciendo cinco principales módulos:

- administración del equipo.
- control de órdenes de trabajo
- administración de las especialidades de mantenimiento.

- abastecimiento y control de materiales.
- informes de desempeño.

El primer módulo denominado ADMINISTRACIÓN DEL EQUIPO define la información que se debe disponer sobre los equipos es relación con su identificación, la ubicación física del activo, su codificación, la fecha de instalación, el estado o condición actual, la información técnica del equipo como catálogos y manuales, el historial del equipo, las herramientas requeridas para su funcionamiento y operación y los procedimientos de seguridad.

El segundo módulo denominado ÓRDENES DE TRABAJO en adelante llamado (ODT), el objetivo de establecer un procedimiento para solicitar por escrito el trabajo que se va a realizar, así se podrá definir claramente el trabajo solicitado, determinar la labor de mantenimiento presupuestada y asignar a los trabajadores más calificados para el respectivo trabajo, todo esto permite reducir costos mejorando el uso de los recursos y del mismo modo mejorar la planeación y la programación del de la gestión del mantenimiento industrial en la empresa.

Un tercer módulo definido como ADMINISTRACIÓN DE LAS ESPECIALIDADES DE MANTENIMIENTO en este módulo se proporciona la información requerida para programar las ODT y la asignación del operario de mantenimiento que va a atender la falla reportada. El sistema de información debe tener información relativo al personal, fechas y datos importantes de contratación, especialidades y capacidades, salario, cargo, y cualquier otra información que sea necesaria para direccionar correctamente las ODT al operario de mantenimiento adecuado.

El cuarto módulo llamado ABASTECIMIENTO Y CONTROL DE MATERIALES donde se busca la gerencia de los inventarios de materiales, repuestos o consumibles de maquinaria, siendo este punto muy importante en el control del presupuesto de mantenimiento lo cual induce a la circunspección de factores económicos.

Y finalmente un quinto módulo denominado como INFORMES DE DESEMPEÑO donde se busca la vigilancia de las acciones de mantenimiento sobrellevadas por y establecidas en un sistema de información de mantenimiento que permita la compilación de los datos de mantenimiento y que permita establecer el estado de desempeño obtenido con relación a lo planificado es decir la eficiencia del proceso.

De la misma manera la COVENIN en su “Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria” también se plantea una sucesión de ordenamientos primordiales

que debe sujetar un sistema de información de mantenimiento como son, el Inventario y codificación de los equipos, el registro de instrucciones técnicas de mantenimiento, los procedimientos de ejecución de mantenimiento, la programación de las tareas de mantenimiento preventivo, las ordenes de trabajo, las listas de chequeo de Mantenimiento Rutinario, el recorrido de Inspección, el chequeo de mantenimiento entre otros elementos.

4.12. Normatividad asociada al proyecto

La normatividad empleada está relacionada con seguridad y salud en el trabajo para el cumplimiento de la legislación colombiana vigente relacionada, normatividad ambiental en respecto a la gestión de residuos, normatividad de calidad en función del sistema integrado de gestión y finalmente normatividad relacionada directamente con la gestión de mantenimiento como por ejemplo la norma ISO 14224 que da referencia acerca de la taxonomía, jerarquización y codificación de quipos, o NORMA SAE J 1739 que es una norma que establece un instrumento para la determinación de las funciones, las fallas funcionales que se presentan, y las causas y los efectos de una maquina en su ámbito operativo.

Ley 1562 de 2012 del Ministerio de Salud de Colombia, por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional, es una ley que define la seguridad y salud en el trabajo como “aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores”.

4.12.1 Normativa de seguridad y salud laboral

-Decreto 1072 de 2015, por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.

- Resolución 2400 de 1979, por la cual se dictan normas en seguridad y salud en el trabajo.

- Resolución 1111 de 2017, por la cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

- Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional.

4.12.2 Regulaciones ambientales

- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se establece el Sistema Nacional Ambiental.

- Resolución 909 de 2008, por la cual se establecen las normas y estándares de emisión de contaminantes atmosféricos.

- Decreto 1299 de 2008, la cual reglamenta la gestión integral de residuos peligrosos y establece los procedimientos para su manejo, transporte, almacenamiento y disposición final.

4.12.3 Normas de calidad

- ISO 9001:2015, por la cual se establecen los requisitos para un sistema de gestión de la calidad.

- NTC-ISO 14001:2015, por la cual se establecen los requisitos para un sistema de gestión ambiental.

4.12.4 Norma SAE J 1739

Esta norma busca establecer las funciones del equipo o máquina, las fallas funcionales, las causas de las fallas y los efectos de las fallas de una máquina, la norma describe claramente el proceso AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales) y da una orientación general en la aplicación de la técnica. Además, la norma proporciona herramientas que orientan el diseño y aplicación con la terminología, los requisitos generales, tablas de información, los sistemas de clasificación y las hojas de trabajo. De la misma manera esta norma contribuye a las obligaciones y las recomendaciones que se deben seguir con el fin de llevar a cabo el análisis y su posterior implementación.

4.12.5 Norma ISO 14224

Su aplicación brinda grandes aportes al manejo de la maquinaria, lo cual permitirá jerarquizar, clasificar, y estandarizar la máquina. Esta norma de manera general está encaminada a evitar los problemas originados por el mal manejo de la información y muestra la manera en que debe ser recolectada y registrada dicha información relacionada con el mantenimiento de los activos de la empresa, se conoce como la norma de la gestión de los datos del mantenimiento.

4.12.5.1. Taxonomía y jerarquización de equipos

Según la ISO 14224 la taxonomía de equipos es una clasificación metodológica que se puede aplicar a las máquinas, comúnmente también esta clasificación es conocida como arboles de equipos. La ISO 14224 plantea que lo primero que debe hacerse es definir y describir claramente los límites de la taxonomía con el fin de compilar, cooperar y estudiar datos de fiabilidad además de facilitar la comunicación entre operadores, teniendo un lenguaje común entre el personal de mantenimiento y fabricantes de maquinaria.

Tabla 1 Taxonomía y definiciones jerárquicas ISO 14224

	Nivel	Descripción.	Definición.	Ejemplos.
Datos de uso /Localización.	1	Industria	Tipo de industria	Petroquímica, minera, alimentos.
	2	Categoría del negocio	Tipo de negocio o proceso	Extracción, producción, refinación.
	3	Categoría instalación	tipo de facilidad	Producción, transporte, perforación.
	4	Planta / Unidad.	Tipo de planta o unidad.	Plataforma, planta de concreto.
	5	Sección / Sistema	Sección principal / sistemas de la planta	Compresión, licuefacción, oxidación.

Tabla 1 Continuación

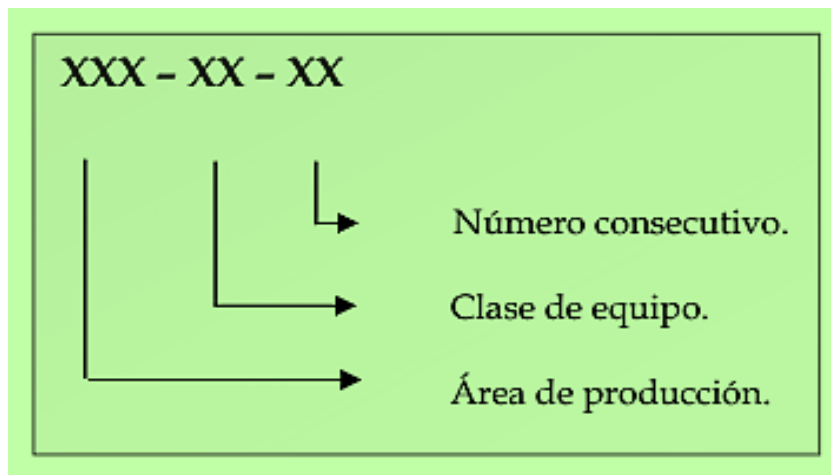
Subdivisión de equipos	6	Clase de equipo / unidad	Clase de equipos similares.	Intercambiador, compresor, bomba.
	7	Subsistema	Subsistemas funcionales del equipo	Lubricación, enfriamiento, control.
	8	Componente / Ítem mantenible	Grupo de partes mantenidas (rapadas o restauradas)	Enfriador, bomba aceite, reductor.
	9	Parte o elemento.	Pieza o repuesto del equipo	Sello, tubo, carcaza, impeler.

Las tres primeras siglas: Zona de trabajo del equipo o Área de producción.

Siguientes dos siglas: Nombre o Clase del equipo.

Últimos dos dígitos: Número consecutivo del equipo.

Figura 3 Codificación de equipos según ISO 14224.



5. Metodología

5.1. Tipo de investigación

Para la creación del modelo de mantenimiento preventivo, se utilizó un enfoque de investigación cuantitativo documental descriptiva, este es un procedimiento que pretende compilar información cuantificable para ser utilizada en un análisis estadístico, este método propende la síntesis los de datos numéricos y estadísticos, esto con el fin de poder describir y comprender las características y necesidades de los equipos, reconocer los elementos críticos y establecer frecuencias de mantenimiento (Monje, 2011).

El documento abarca una metodología cuantitativa documental para el estudio de la información que condesciende genera instrumentales de gerencia de mantenimiento útiles para la empresa y que consientan la focalización de las tareas de mantenimiento preventivo en los equipos de producción bajo estándares de productividad, rendimiento y seguridad para las personas y para el ambiente.

Los resultados obtenidos en la realización de este proyecto están en función de los objetivos específicos mencionados, y, además, son producto de la metodología propuesta a continuación. La tabla 1 describe cada uno de los resultados obtenidos respectivamente.

Tabla 2 Tabla de sección de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Recopilación de información sobre los antecedentes y características de la empresa SEMEST S.A.S.	Fuentes consultadas, Marco teórico	Objetivo específico 1
Identificación de los procedimientos y operaciones de la empresa SEMEST S.A.S	Fuentes consultadas, Procesos identificados, Marco teórico	Objetivo específico 2
Inventario y codificación de equipos	Equipos codificados por medio del inventario en Excel	Objetivo específico 3

Tabla 2 Continuación

Fichas técnicas	Equipos con fichas técnicas diligenciadas en Excel	Objetivo específico 4
Selección de equipos críticos	Equipos críticos seleccionados	Objetivo específico 5
Documentación de actividades de mantenimiento	Documentos generados en el modelo en Excel	Objetivo específico 6
Diseño del modelo de mantenimiento	Cumplimiento del modelo de mantenimiento	Objetivo general

5.2. Fases de la investigación

La metodología utilizada en la consecución de los seis objetivos específicos planteados en el presente proyecto de grado se pretende abordar a partir del desarrollo de cuatro (4) fases principales, que desarrolladas secuencialmente permitirán generar un programa de mantenimiento preventivo para la empresa SEMEST S.A.S. que dio solución a su problemática en la gestión del mantenimiento industrial de sus equipos y que garantice la calidad de sus procesos. A continuación, se describen las fases metodológicas.

El siguiente grafico muestra las fases de la investigación, las cuales están divididas en cuatro bloques principales.

Figura 4 Metodología del proyecto de investigación.

5.2.1 Fase 1: Contextualización del problema, marco teórico y del estado del arte de la problemática abordada

Esta primera fase comprendió la búsqueda de información y la contextualización de la empresa SEMEST S.A.S, sus procesos internos, productos, operaciones y sus equipos de producción en su contexto operacional actual, que identifiquen peculiaridades fundamentales de la empresa, dando foco específico en la gestión del mantenimiento industrial.

En esta etapa de la metodología, se consultó la información literaria pertinente empleada en el modelo de mantenimiento. En esta etapa se recopila la información existente sobre los equipos que se deben mantener. Se divide en dos (2) subetapas: La primera subetapa recopila la información existente sobre los equipos, esto incluye la búsqueda de manuales de mantenimiento, manuales de

usuario, historial de mantenimiento, informes de fallas, manual del fabricante. Esto se realiza para poder comprender mejor la situación actual de los equipos.

Al finalizar esta primera etapa se dio solución a los dos primeros objetivos específicos del presente trabajo de grado.

5.2.2 Fase 2: Inventario y codificación de equipos

En esta segunda etapa se identificaron los equipos existentes y así mismo el estado en el que se encuentran; se compone de cuatro (4) subetapas principalmente: la primer subetapa, es la identificación de los equipos, donde se reconocen los equipos existentes que requieran ser parte del modelo de mantenimiento preventivo; la segunda etapa, es el registro de datos, donde se recogen datos importantes de los equipos para poder generar los formatos de mantenimiento como lo son fichas técnicas, hojas de vida; la tercer subetapa es el análisis del estado de cada uno de los equipos, donde se determina si los equipos están en buen estado o es necesario el cambio de algún componente del mismo, esta se ejecuta por medio de inspecciones visuales, pruebas de funcionamiento; por último, la cuarta subetapa la cual es la priorización de los equipos, en esta etapa, se le da mayor relevancia a los equipos que requieren de mantenimiento preventivo, esto se realiza en función del estado actual del equipo y la criticidad para la producción.

En esta fase además se determinó el momento actual de la gestión del mantenimiento industrial en la empresa SEMEST S.A.S, para lo cual se plantea como primera medida es necesario identificar la maquinaria y sus procesos de mantenimiento actual a fin de realizar un análisis de criticidad fundamentando en la metodología de factores ponderados que permita su jerarquización.

Al finalizar esta segunda etapa se dio solución al tercer objetivo específico del presente trabajo de grado.

5.2.3 Fase 3: Fichas técnicas y análisis de criticidad de equipos

En el análisis de la tercera etapa se desarrolló el análisis de criticidad basado en factores ponderados, la cual esta es un instrumento metodológico que hace posible que se puedan establecer los equipos o máquinas que en un momento específico afectan al proceso productivo de la empresa de forma rigurosa en el momento de que estos tienen una falla funcional que los inhabilita ya sea

parcial o totalmente, finalmente este análisis de criticidad de esquis se enfoca en la empresa tenga una herramienta que le posibilite dirigir los esfuerzos de mantenimiento hacia los equipos que para la empresa SEMEST SAS repercuten como mayormente críticos.

El análisis de criticidad de la maquinaria es una técnica de fácil manejo y con mucha agudeza en la que por medio de rangos concernientes para representar las probabilidades o también mejor conocidas como la frecuencia de falla. Ambas dimensiones, es decir la frecuencia de falla y las consecuencias de las fallas, se enmarcan en una matriz de riesgo, la cual está gráficamente diseñada en base a un código de tres colores para ser más comprensible los resultados y que resulta en cierto modo didáctico para quien lo interpreta ya que denotan la menor o mayor rigor del riesgo, que como resultado desliga el activo crítico de la empresa.

Al finalizar esta tercera etapa se dio solución al cuarto y quinto objetivo específico del presente trabajo de grado.

5.2.4 Fase 4: Estructuración del programa mantenimiento preventivo de la empresa SEMEST S.A.S

En esta etapa se elaboró el programa de mantenimiento preventivo de la empresa SEMEST S.A.S. Esta etapa involucra la elaboración de todo el esquema documental del modelo de mantenimiento preventivo de la empresa SEMEST S.A.S.

En esta etapa final además se capacitó al personal de la empresa involucrado por medio de charlas y reuniones grupales; de igual modo en esta etapa final se estructuran los instrumentos documentales y procedimentales que permitan la futura aplicación del plan de mantenimiento desarrollado a las demás máquinas de la empresa. Al finalizar esta última etapa se da solución al sexto y último objetivo específico del presente trabajo de grado.

6.2. Servicios que presta la empresa SEMEST S.A.S.

En la actualidad, SEMEST S.A.S cuenta con una planta de quince trabajadores (15) en la parte operativa y tres (3) en la parte administrativa, el diseño y elaboración de los procesos se encuentra dividido en siete procesos productivos entre los cuales están, corte con cizalla, doblado de piezas metálicas, corte y diseño con plasma y tortuga, rolado, punzado, abombado y soldadura.

A continuación, se muestra la Misión y Visión de la empresa SEMEST SAS, esta información se encuentra disponible en su página web <https://www.semest.co/>.

6.3. Misión SEMEST S.A.S.

SEMEST S.A.S, es una empresa impulsada por la confianza que depositan nuestros clientes en nuestro trabajo como especialistas en proveer soluciones metalmecánicas integrales, desde diseño e ingeniería, procesos industriales de transformación de materiales, venta y alquiler de equipos industriales y gestión de proyectos integrales. Nuestro accionar privilegia la calidad, la seguridad, la preservación del medio ambiente y un impacto social positivo a través de la ejecución de nuestros proyectos, enmarcados en nuestro Sistema de Gestión Integrado.

6.4. Visión SEMEST S.A.S.

Para el año 2027 SEMEST S.A.S. será una empresa líder en toda la Orinoquía Colombiana generadora de valor garantizando la permanencia en el mercado y con proyección de crecimiento orientado a clientes nuevos a nivel nacional, reconocida por la calidad, cumplimiento e innovación de sus servicios, a través de la gestión del cambio y el mejoramiento continuo, contando con personal competente, con equipos y maquinaria de alto rendimiento, generando ambientes de trabajo ideales para nuestro personal, en un entorno de respeto al medio ambiente.

6.5. Estructura organizacional SEMEST S.A.S.

El siguiente es el mapa organizacional de SEMEST SAS, que en general es una organización vertical y en la actualidad no se tiene estructurado un departamento de mantenimiento.

Figura 6 Organigrama SEMEST S.A.S.



6.6. Inventario y codificación de equipos SEMEST S.A.S.

Se creó un código alfanumérico para el listado y codificación de equipos SEMEST S.A.S. La clasificación y codificación de los equipos en la empresa SEMEST SAS, se procura dar a las máquinas una orientación de donde ubicarlas en base a su zona de trabajo actual dentro de la empresa, y un nombre apropiado, corto y entendible con el cual identificarlas, lo cual facilitara las tareas de mantenimiento y la mejora la clasificación y la trazabilidad de información.

Con el objetivo de codificar la maquinaria en SEMES SAS se elabora un mono código basados en la taxonomía que entrega la norma ISO 14224 con elementos alfanuméricos de 7 dígitos.

A continuación, se muestra el listado de áreas de producción de SEMEST S.A.S.

Tabla 3 Áreas de producción de SEMEST S.A.S.

ÁREA DE PRODUCCIÓN	CÓDIGO
Zona de Carga y Descarga	ZCD
Zona de Corte	ZDC
Zona de Doblado	ZDD
Zona de Rolado	ZDR
Zona de Abombado	ZDA
Zona de Soldadura y Armado	ZSA
Zona de Punzado	ZDP
Zona de Producción	ZDPD

A continuación, se muestra el listado de maquinaria de SEMEST S.A.S y su codificación.

Tabla 4 Listado de equipos SEMEST S.A.S

EQUIPO	CÓDIGO
Cizalla Durma SBT 3013 (CNC)	CD
Compresor de Tornillo Ingersoll Rand R11	CT
Curvadora de Perfiles Durma PBH 240	CP
Equipo de Soldadura: CEBORA EVO 450 TS	ES
SYNERGIC	
Equipo de Soldadura: CEBORA TDA4 ART 1654	ES
Equipo de Soldadura: Elite Arc 180s	ES
Equipo de Soldadura: LINCOLN ELECTRIC	ES
IDEALARC DC-400	
Equipo de Soldadura: RX 330 LINCOLN ELECTRIC	ES
Equipo de Soldadura: SKYCUT 440	ES
Equipo de Soldadura: SWEISS SKYWORKS 3550	ES
Equipo de Soldadura: ZX7-200HR LINCOLN	ES
ELECTRIC	

Tabla 4 Continuación

Esmeril de Banco 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758	EB
Plegadora Durma AD-R 30220	PD
Roladora Mecánica W11-16X3200	RM
Sierra Sinfín DURMA HB S 330	SS
Taladro de Árbol IMODRILL GHD-40A	TA
Taladro de Árbol TAKIMA HD PD2-19	TA
Tronzadora Trifásica 3KW 4HP	TT
Dobladora Mecánica Manual	DM
Cizalla Mecánica Manual	CM
Cizalla Universal Durma IW 80/150 BDT	CD
Abombadora Mecánica	AM
Máquina de Corte de Pórtico CNC	MC
Roladora Mecánica Manual	RM
Polipasto Eléctrico UELEX 5 TON	PE
Curvadora de Perfiles Durma PBH 60	CP
Máquina de Corte Condor MQ1-30	MT

La siguiente tabla muestra el inventario y codificación de quipos SEMEST SAS, la tabla muestra el código alfanumérico de equipo, el nombre de la máquina, el fabricante, el modelo, la capacidad y su área de ubicación dentro de la empresa.

Tabla 5 Inventario y Codificación de la maquinaria SEMEST S.A.S

ITEM	CÓDIGO	MÁQUINA O EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	CAP/DIM	UBICACIÓN/ÁREA
1	ZDC- CD-01	Cizalla Durma SBT 3013 (CNC)	Durma	SBT 3013	3100mm	Zona de Corte
2	ZDC- CT-01	Compresor de Tornillo Ingersoll Rand R11	Ingersoll Rand	R11	11 kW	Zona de Corte

Tabla 5 Continuación

3	ZDD-CP-01	Curvadora de Perfiles Durma PBH 240	Durma	PBH 240	37 kW	Zona de Doblado
4	ZSA-ES-01	Equipo de Soldadura: CEBORA EVO 450 TS SYNERGIC	Cebora	EVO 450 TS SYNERGIC	440 W	Zona de Soldadura y Armado
5	ZSA-ES-02	Equipo de Soldadura: CEBORA TDA4 ART 1654	Cebora	CEBORA TDA4 ART 1654	180 Amp	Zona de Soldadura y Armado
6	ZSA-ES-03	Equipo de Soldadura: Elite Arc 180s	Elite	Elite Arc 180s	180 Amp	Zona de Soldadura y Armado
7	ZSA-ES-04	Equipo de Soldadura: LINCOLN ELECTRIC IDEALAR C DC-400	Lincoln Electric	IDEALAR C DC-400	400 W	Zona de Soldadura y Armado
8	ZSA-ES-05	Equipo de Soldadura: RX 330 LINCOLN ELECTRIC	Lincoln Electric	RX 330	330 Amp	Zona de Soldadura y Armado
9	ZSA-ES-06	Equipo de Soldadura: SKYCUT 440	Sweiss	SKYCUT 440	40 Amp	Zona de Soldadura y Armado

Tabla 5 Continuación

10	ZSA- ES-07	Equipo de Soldadura: SWEISS SKYWORK S 3550	Sweiss	SKYWORK S 3550	350 Amp	Zona de Soldadura y Armado
11	ZSA- ES-08	Equipo de Soldadura: ZX7-200HR LINCOLN ELECTRIC	Lincoln Electric	ZX7-200HR	200 Amp	Zona de Soldadura y Armado
12	ZDP- EB-01	Esmeril de Banco 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758	DeWalt	DW758	3/4 HP	Zona de Punzado
13	ZDD- PD-01	Plegadora Durma AD-R 30220	Durma	AD-R 30220	3050 mm	Zona de Doblado
14	ZDR- RM-01	Roladora Mecánica W11- 16X3200	HYMT	W11- 16X3200	1600x3200 mm	Zona de Rolado
15	ZDC- SS-01	Sierra Sinfin DURMA HB S 330	Durma	HB S 330	3,5 HP	Zona de Corte
16	ZDP- TA-01	Taladro de Arbol IMODRILL GHD-40A	Imodrill	GHD-40A	2 HP	Zona de Punzado
17	ZDP- TA-02	Taladro de Arbol TAKIMA HD PD2-19	Takima	HD PD2-19	1 HP	Zona de Punzado

Tabla 5 Continuación

18	ZDA- TT-01	Tronzadora Trifásica 3KW 4HP	Discover	J3GE-400	4 HP	Zona de Soldadura y Armado
19	ZDD- DM-01	Dobladora Mecánica Manual	BAUTISTA Hnos	---	---	Zona de Doblado
20	ZDC- CM-01	Cizalla Mecánica Manual	BAUTISTA Hnos	---	---	Zona de Corte
21	ZDC- CD-02	Cizalla Universal Durma IW 80/150 BDT	Durma	IW 80/150 BDT	40mmx14mm	Zona de Corte
22	ZDA- AM-01	Abombador a Mecánica	---	---	---	Zona de Abombado
23	ZDC- MC-01	Máquina de Corte de Pórtico CNC	EXTREME CNCCutting	GSII- 30000	10000mmx3000m m	Zona de Corte
24	ZDR- RM-02	Roladora Mecánica Manual	---	---	---	Zona de Rolado
25	ZDPD- PE-01	Polipasto Eléctrico UELEX 5 TON	UELEX	US00500S	5 TON x 6 M	Zona de Producción
26	ZDD- CP-02	Curvadora de Perfiles Durma PBH 60	Durma	PBH 60	3,7 kW	Zona de Doblado
27	ZDC- MT-01	Máquina de Corte Condor MQ1-30	Condor	MQ1-30	1800 mm	Zona de Corte

6.7. Diagnóstico de mantenimiento SEMEST S.A.S.

Según lo plantea Francisco Javier Gonzales Fernández presenta un texto denominado Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión (Gonzales, 2004); en el cual muestra cómo es posible dentro de una organización autoanalizar la escenario actual del contexto de la gestión mantenimiento industrial al interior de la empresa aplicando un formato de entrevista no estructurado dividido en doce bloques de autoanálisis que condescenderán con el diagnóstico de la situación del actual de la forma en que se lleva el mantenimiento en la empresa SEMEST S.A.S.

Este análisis se realiza con la colaboración del personal de producción y administración de la fábrica, quienes aportaron su experiencia y conocimientos para dar las ponderaciones a cada apartado encuestado. Cada pregunta tiene valoraciones diferentes que están ente los 0 y 40 puntos dependiendo de la trascendencia de esta sobre el tema analizado; si bien este cuestionario es solo la fase previa para el diagnóstico general del estado del mantenimiento en SEMEST S.A.S es muy importante pues sirve para sentar las bases del autoanálisis y encaminar el diagnóstico de la auditoria.

- Factor 1: Organización general.
- Factor 2: Métodos y sistemas de trabajo.
- Factor 3: Control técnico de instalaciones y equipos.
- Factor 4: Gestión de la carga de trabajo.
- Factor 5: Compra y logística de repuestos y equipos.
- Factor 6: Sistemas informáticos.
- Factor 7: Organización del taller de mantenimiento.
- Factor 8: Herramientas y medios de prueba.
- Factor 9: Documentación técnica.
- Factor 10: Personal y formación.
- Factor 11: Contratación.
- Factor 12: Control de la actividad.

En el ANEXO A. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO SEMEST S.A.S. Se encuentra el detalle de la encuesta diagnóstica de mantenimiento aplicada.

Se pudo observar que de manera general los procesos de mantenimiento llevados a cabo por SEMEST SAS no están dentro de los parámetros aceptables excepto por un módulo que hace referencia al personal, ya que la empresa cuenta con el equipo humano idóneo y calificado para las labores que realiza. Encontrando además que existen deficiencias en la gestión del mantenimiento en la empresa toda vez que no se tiene estipulado un departamento de mantenimiento estructurado desde el diagrama organizacional de la empresa, de igual modo no se tienen sistemas de información de mantenimiento, control de actividades y en general una deficiente organización de los procedimientos de mantenimiento.

Al analizar el funcionamiento general de los procesos de mantenimiento en empresa y su relación con las demás dependencias de la compañía; se puede concluir que de manera general SEMEST S.A.S. requiere generar e implementar políticas y prácticas de mantenimiento, pues no se tiene formalmente constituido un departamento de mantenimiento serio e importe para la empresa.

También existen muchas falencias en cuanto a la forma de hacer el mantenimiento a algunos equipos; pues el mantenimiento ejecutado en la planta de producción corresponde a (20%) en la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y (80%) en corrección de fallas. De igual modo se identificó como gran debilidad la baja confiabilidad en la disponibilidad de los equipos, especialmente en los principales activos de producción en los cuales se presenta un gran número de fallas correctivas y escasas fallas preventivas; todo esto aunado a que no se tienen claras las frecuencias de intervención y sobre todo no se tiene una política clara y definida para el manejo de fallas, faltando documentación de los posibles modos de fallo que puedan afectar a los equipos y la manera en que debería solucionarse en un futuro hace que sea imperioso iniciar la gestión del mantenimiento en la empresa SEMEST estructurando como primera medida el departamento de mantenimiento dentro del organigrama organizacional e implementando el presente modelo de mantenimiento preventivo.

6.8. Análisis de criticidad de equipos SEMEST S.A.S.

Para este análisis se utilizó un método semicuantitativo, que permite establecer la jerarquía e importancia de los equipos de la empresa, encaminada a facilitar la toma de decisiones, en nuestro caso este análisis busca determinar cuál es la máquina crítica de la empresa SEMEST S.A.S.

Tal como lo mencionamos de forma breve en el punto de identificación del problema, el análisis de criticidad para los equipos de SEMEST S.A.S. se realizó basados en la evaluación de factores ponderados de frecuencia y consecuencias de falla establecidos de manera conjunta por todo el personal de la planta. La recolección de información para aplicar apropiadamente el análisis de criticidad se realizó bajo la dirección del encargado de mantenimiento de la empresa.

Los ponderados son valores objetivos atribuidos en base a información de catálogos de maquinaria, experiencia de los operarios, aportes de la dirección y de la poca información de gestión de mantenimiento con la que contaba la empresa SEMEST S.A.S en su momento.

Tabla 6 Ponderados del análisis de criticidad

CRITERIO PONDERADO	DESCRIPCIÓN	PONDERADO
FF: Frecuencia de falla.	Menor a 2 fallas por año.	1
	3 y 10 fallas por año.	4
	11 y 15 fallas por año.	7
	16 y 20 fallas por año.	10
	21 fallas por año o más	15
IP: Impacto sobre la producción	Ningún impacto.	1
	Impacto sobre la producción del 30%.	3
	Impacto de inventario o calidad del 50%.	5
	Parada con 75% de impacto.	7
	Pérdida total de la producción.	10
MTTR: Tiempo promedio para reparar.	30 minutos.	1
	entre de 20 minutos y 59 minutos.	2
	entre de 1-3 horas.	3
	entre 3-6 horas.	4
	Mayor de 6 horas.	5

Tabla 6 Continuación

			Menor a \$ 150.000	1
CM: Costo de mantenimiento.			\$150.000 y \$300.000	2
			\$300.000 y \$ 600.000	4
			\$600.000 y \$ 1.000.000	7
			Mayor de \$ 1.000.000	10
IMA: Impacto medio ambiental.			Ningún daño ambiental	1
			Contaminación ambiental reducida.	3
			Contaminación ambiental moderada.	7
			Contaminación ambiental alta.	20
ISG: Impacto en la salud y la seguridad.			No hay lesiones.	1
			Podría genera lesiones leves no incapacitantes	4
			Podría generar lesiones graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.	7
			Podría generar lesiones con una incapacidad mayor a 30 días.	10
			Podría generar incapacidad permanente o la hasta la muerte.	20

Tabla 7 Resultado del análisis de criticidad SEMEST S.A.S

EQUIPO	CÓDIGO	FF	IP	MITR	CM	IMA	ISG	CRITICIDAD
Plegadora Durma AD-R 30220	ZDD-PD-01	10	7	2	7	7	7	350
Cizalla Durma SBT 3013 (CNC)	ZDC-CD-01	7	5	3	7	7	7	252
Polipasto Eléctrico UELEX 5 TON	ZDPD-PE-01	7	5	3	4	3	4	182

Tabla 7 Continuación

Máquina de Corte de Pórtico CNC	ZDC-MC-01	7	5	2	4	3	4	147
Compresor de Tornillo Ingersoll Rand R11	ZDC-CT-01	7	3	3	4	1	4	126
Roladora Mecánica W11-16X3200	ZDR-RM-01	4	3	3	4	3	4	80
Equipo de Soldadura: CEBORA EVO 450 TS SYNERGIC	ZSA-ES-01	4	3	3	4	1	4	72
Equipo de Soldadura: CEBORA TDA4 ART 1654	ZSA-ES-02	4	3	3	4	1	4	72
Equipo de Soldadura: Elite Arc 180s	ZSA-ES-03	4	3	3	4	3	1	68
Equipo de Soldadura: LINCOLN ELECTRIC IDEALARC DC-400	ZSA-ES-04	4	3	2	4	1	4	60

Tabla 7 Continuación

Equipo de Soldadura: RX 330 LINCOLN ELECTRIC	ZSA-ES-05	4	3	2	4	3	1	56
Equipo de Soldadura: SKYCUT 440	ZSA-ES-06	4	3	2	2	1	4	52
Equipo de Soldadura: SWEISS SKYWORKS 3550	ZSA-ES-07	4	1	3	2	3	4	48
Equipo de Soldadura: ZX7-200HR LINCOLN ELECTRIC	ZSA-ES-08	4	1	2	4	1	4	44
Dobladora Mecánica Manual	ZDD-DM-01	4	1	1	2	3	4	40
Cizalla Mecánica Manual	ZDC-CM-01	4	1	1	2	3	4	40
Cizalla Universal Durma IW 80/150 BDT	ZDC-CD-02	4	1	1	1	1	4	28
Abombadora Mecánica	ZDA-AM-01	4	1	2	2	1	1	24
Roladora Mecánica Manual	ZDR-RM-02	1	3	3	2	1	1	13

Tabla 7 Continuación

Curvadora de Perfiles Durma PBH 240	ZDD-CP- 01	1	1	2	2	3	4	11
Sierra Sinfín DURMA HB S 330	ZDC-SS- 01	1	1	2	2	3	4	11
Curvadora de Perfiles Durma PBH 60	ZDD-CP- 02	1	3	2	2	1	1	10
Taladro de Arbol IMODRILL GHD-40A	ZDP-TA- 01	1	1	2	2	1	4	9
Taladro de Arbol TAKIMA HD PD2-19	ZDP-TA- 02	1	1	2	2	1	4	9
Tronzadora Trifásica 3KW 4HP	ZDA-TT- 01	1	1	2	2	3	1	8
Máquina de Corte Condor MQ1-30	ZDC-MT- 01	1	3	1	2	1	1	7
Esmeril de Banco 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758	ZDP-EB- 01	1	3	1	2	1	1	7

6.9. Matriz de criticidad de equipos SEMEST S.A.S.

Se muestran los resultados obtenidos en el anterior análisis de criticidad de equipos SEMEST S.A.S tabulándolos en una matriz de criticidad que se muestra a continuación:

Figura 7 Matriz Criticidad Equipos SEMEST S.A.S

FRECUCENCIA					
TALADRO DE ARBOL TAKIMA HD PD2-19	MÁQUINA DE CORTE CONDOR MQ1-30	EQUIPO DE SOLDADUR A: LINCOLN ELECTRIC IDEALARC DC-400	EQUIPO DE SOLDADURA: CEBORA EVO 450 TS SYNERGIC	MÁQUINA DE CORTE DE PORTICO CNC	PLEGADOR A DURMA AD-R 30220
TRONZADOR A TRIFÁSICA 3KW 4HP	ESMERIL DE BANCO 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758	EQUIPO DE SOLDADUR A: RX 330 LINCOLN ELECTRIC	EQUIPO DE SOLDADURA: CEBORA TDA4 ART 1654	COMPRESOR DE TORNILLO INGERSOLL RAND R11	CIZALLA DURMA SBT 3013 (CNC)
TALADRO DE ARBOL IMODRILL GHD-40A	CIZALLA MECÁNICA MANUAL	EQUIPO DE SOLDADUR A: SKYCUT 440	EQUIPO DE SOLDADURA: ELITE ARC 180S	ROLADORA MECÁNICA W11-16X3200	POLIPASTO ELÉCTRICO UELEX 5 TON
TALADRO DE ARBOL TAKIMA HD PD2-19	CIZALLA UNIVERSAL DURMA IW 80/150 BDT	EQUIPO DE SOLDADUR A: SWEISS SKYWORKS 3550	CIZALLA UNIVERSAL DURMA IW 80/150 BDT	TALADRO DE ARBOL IMODRILL GHD-40A	SIERRA SINFIN DURMA HB S 330
TRONZADOR A TRIFÁSICA 3KW 4HP	ABOMBADOR A MECÁNICA	EQUIPO DE SOLDADUR A: ZX7-200HR LINCOLN ELECTRIC	ABOMBADOR A MECÁNICA	TALADRO DE ARBOL TAKIMA HD PD2-19	MÁQUINA DE CORTE CONDOR MQ1-30
MÁQUINA DE CORTE CONDOR MQ1-30	ROLADORA MECÁNICA MANUAL	DOBLADOR A MECÁNICA MANUAL	ROLADORA MECÁNICA MANUAL	TRONZADOR A TRIFÁSICA 3KW 4HP	ESMERIL DE BANCO 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758
CONSECUENCIA					

Fuente: Autor

Realizado el análisis de criticidad se establece que los resultados obtenidos son acordes a los esperados, pues se pudo establecer que los equipos críticos de la empresa SEMEST S.A.S. son la Plegadora Durma AD-R 30220, Cizalla Durma SBT 3013 (CNC) y el Polipasto Eléctrico UELEX 5 TON, éstos equipos por su importancia en la zona de producción y por su elevado número de fallas por año, este historial de fallas se obtuvo básicamente de la experiencia y

experticia de todo el personal de la empresa quienes y de la poca información de los activos que se tenía en su momento, este debe ser el foco de atención del departamento de mantenimiento de la empresa, pues la mejora en sus procesos de mantenimiento puede llegar grandes beneficios económicos y organizacionales para la compañía SEMEST SAS.

El presente análisis de criticidad de equipos realizado se convierte en herramienta muy importante y útil para la empresa, producto del proceso mencionado se pudo tener una matriz que se ha publicado en la planta para que todas las personas tengan clara la jerarquía y se apropien de importancia de los equipos de producción basados en la frecuencia y consecuencia de cada una de sus fallas. Del mismo modo este análisis permitió tener un listado jerárquico que define el nivel de atención que se deben tener por parte del departamento de mantenimiento de la empresa.


6.10. Fichas técnicas y hojas de vida de maquinaria SEMEST S.A.S.

A continuación, se muestra el modelo de ficha técnica y hoja de vida para la maquinaria de la empresa SEMEST S.A.S.

6.11. Formato solicitud de trabajo de mantenimiento

El formato de Solicitud de Mantenimiento de SEMEST S.A.S. está diseñado con el objetivo de documentar las labores de mantenimiento realizadas por la empresa, este primer formato permite reportar una falla y solicitar una tarea de mantenimiento para una máquina en específico; en este formato se identifica el tipo de mantenimiento, se identifica la máquina y se describe el modo y efecto de falla que originó la novedad de mantenimiento.

Figura 9 Formato Solicitud de Mantenimiento SEMEST S.A.S


		SOLICITUD DE TRABAJO					
Código:	SSTA-FO-081	Versión:	00001	Emisión:	16/06/2023	Página 1 de 1	
TIPO MANTENIMIENTO		PREVENTIVO		X		CODIGO DE EQUIPO	ZDC-CT-01
		CORRECTIVO					
		CORRECTIVO PLANIFICADO					
INFORMACION DEL EQUIPO							
Equipo		Curvadora de Perfiles Durma PBH 240					
Marca		Durma					
N° Serial		158787114					
Modelo		PBH 240					
Ubicación en la planta		Zona de Doblado					
Operario							
GENERACION DE LA FALLA							
FALLA				DESCRIPCION DE LA FALLA			
Desgaste de los rodillos				La calidad del doblado y por ende del producto final se ha visto involucrada debido al desgaste presente en los rodillos			
OBSERVACIONES							
ELABORÓ		REVISÓ			APROBÓ		
Juan Esteban Macausland		Juan Esteban Macausland			Fredy Dussan Cubillos		

6.12. Reporte de mantenimiento de máquinas y equipos

El formato de reporte de mantenimiento de máquinas y equipos de SEMEST S.A.S permite documentar las labores de mantenimiento ejecutadas, en donde además se identifica la máquina,

las fallas y sus posibles causas, el daño reportado por el operario, la descripción detallada de las labores de mantenimiento y recomendaciones y observaciones.


Figura 10 Formato de Reporte de Mantenimiento de Máquinas y Equipos SEMEST S.A.S

		FORMATO DE REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS				Versión: 002	
						Fecha: 16-06-2023	
		SSTA-FO-048				Paginas: 1 de 1	
DATOS GENERALES							
EMPRESA		CIUDAD					
FECHA		NOMBRE DEL TÉCNICO					
TELÉFONO		TELÉFONO					
DIRECCIÓN		EMPRESA Y/O CONTRATISTA					
EQUIPO							
UBICACIÓN DEL EQUIPO		MODELO O /AÑO					
CÓDIGO		HP HORSE-POWER					
MARCA Y REFERENCIA		VOLTAJE					
SERIE		AMPERAJE					
TRABAJO SOLICITADO							
_____ _____ _____							
DAÑO REPORTADO POR EL OPERARIO							
_____ _____ _____							
CAUSAS DE LA FALLA							
_____ _____ _____							
TIPO DE MANTENIMIENTO							
PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	INTERNO	<input type="checkbox"/>	EXTERNO	<input type="checkbox"/>	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>
		INTERNO	<input type="checkbox"/>	EXTERNO	<input type="checkbox"/>		
DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO REALIZADO							
_____ _____ _____ _____							
RECOMENDACIONES							
_____ _____ _____							
OBSERVACIONES							
_____ _____ _____							
QUIEN ENTREGA EL TRABAJO				QUIEN RECIBE A SATISFACIÓN			
NOMBRE		NOMBRE					
FIRMA		FIRMA					

6.13. Socialización de resultados en la empresa SEMEST S.A.S.

Luego de concluido el proceso de diseño del modelo de mantenimiento preventivo producto del proyecto de grado, se quiso capacitar al personal de la empresa que tiene contacto directo con la maquinaria; esta capacitación se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa y contó con un total de 7 empleados capacitados cuya hoja de asistencia se muestra a continuación.

Figura 11 Control de asistencia capacitación

CONTROL ASISTENCIA CAPACITACIÓN / REUNIÓN				
Facilitador: Juan Esteban Macauland				
Fecha: 19/05/2023	Hora: 8:00 am - 12:00 m	Lugar: Aula de reuniones SEMEST S.A.S		
Tipo de actividad:	Capacitación <input checked="" type="checkbox"/>	Reunión		
Objetivo:	Socializar el plan de mantenimiento preventivo al personal involucrado en el mantenimiento y operación de la planta.			
Tema tratado:	<p>La capacitación busca socializar resultados y entender el proceso de mantenimiento desarrollado en el proyecto de grado, así mismo socializar los planes y actividades de mantenimiento básicas para la maquinaria de la planta.</p> <p>Además, busca orientar al personal en el manejo de las fallas y los procedimientos que se deben realizar en caso de que éstas ocurran; de manera general buscar mejorar la comprensión del activo y mejorar la disponibilidad operacional del mismo. Se tratan también temas de prevención de accidentes y seguridad y salud en el trabajo.</p>			
PARTICIPANTES				
#	NOMBRE COMPLETO	C.C	CARGO	FIRMA
1	Jhon Freddy Pineda	86061270	Asst. Mch	<i>Jhon Pineda</i>
2	Jeisson Gonzalez	111840067	Operario	<i>Jeisson Gonzalez</i>
3	Edinson Nuñez	1.727958070	OP	<i>Edinson Nuñez</i>
4	Yeison Gomez C.	1.121.936.044	P. Diseño Vch	<i>Yeison Gomez</i>
5	David Gonzalez Tovar	1'065.575.761	Coord. HSE	<i>David Gonzalez Tovar</i>
6	Julian Felipe Arceles	1 010 124 046	Aux Contable	<i>Julian Felipe Arceles</i>
7	Jackson Martinez Jimenez	79725.465	Proyectos	<i>Jackson Martinez Jimenez</i>
8				

7. Manual instructivo

7.1. Ingreso al modelo de mantenimiento

El modelo de mantenimiento de la empresa SEMEST S.A.S fue concebido en el software Excel, y su denominación resulta ser: Modelo de mantenimiento SEMEST S.A.S.

Figura 12 Ingreso modelo de mantenimiento

 Modelo de mantenimiento SEMEST S.A.S

7.2. Pantalla inicial

En esta pantalla al iniciar el documento, aparece un botón de inicio que nos llevará a el menú principal.

Figura 13 Pantalla inicial



7.3. Menú

Al dar click al botón de inicio se abrirá el menú principal donde están los módulos que hacen parte del modelo de mantenimiento respectivamente, además de un botón para volver a la pantalla inicial.

Figura 14 Menú



7.4. Inventario

Al dar click al botón de inventario, se abrirá el inventario de máquinas de la empresa SEMEST S.A.S debidamente estructurado y codificado con los accesos directos a las fichas técnicas, hojas de vida, cronogramas y control de actividades de cada máquina, además de un botón de volver al menú principal.

Figura 15 Inventario

SERVICIOS METALMECÁNICOS ESTRUCTURALES S.A.S							DOCUMENTACIÓN TÉCNICA						
ITEM	CÓDIGO	MÁQUINA O EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	CAP/DIM	UBICACIÓN/ÁREA	Versión 1						
							MF	MO	P	FT	C	LR	
1	ZDC-CD-01	Cizalla Durma SBT 3013 (CNC)	Durma	SBT 3013	3100mm	Zona de Corte			X				
2	ZDC-CT-01	Compresor de Tornillo Ingersoll Rand R11	Ingersoll Rand	R11	11 kW	Zona de Corte	X	X	X	X	X		
3	ZDD-CP-01	Curvadora de Perfiles Durma PBH 240	Durma	PBH 240	37 kW	Zona de Doblado			X	X			
4	ZSA-ES-01	Equipo de Soldadura: CEBORA EVO 450 TS SYNERGIC	Cebora	EVO 450 TS SYNERGIC	440 W	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X	X		
5	ZSA-ES-02	Equipo de Soldadura: CEBORA TDA4 ART 1654	Cebora	CEBORA TDA4 ART 1654	180 Amp	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X			
6	ZSA-ES-03	Equipo de Soldadura: Elite Arc 180s	Elite	Elite Arc 180s	180 Amp	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X	X		
7	ZSA-ES-04	Equipo de Soldadura: LINCOLN ELECTRIC IDEALARC DC-400	Lincoln Electric	IDEALARC DC-400	400 W	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X	X		
8	ZSA-ES-05	Equipo de Soldadura: RX 330 LINCOLN ELECTRIC	Lincoln Electric	RX 330	330 Amp	Zona de Soldadura y Armado				X	X		
9	ZSA-ES-06	Equipo de Soldadura: SKYCLUT 440	Swiss	SKYCLUT 440	440 Amp	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X			
10	ZSA-ES-07	Equipo de Soldadura: SWEISS SKYWOKS 3550	Swiss	SKYWOKS 3550	350 Amp	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X			
11	ZSA-ES-08	Equipo de Soldadura: 2X7-200HR LINCOLN ELECTRIC	Lincoln Electric	2X7-200HR	200 Amp	Zona de Soldadura y Armado	X	X	X	X	X		
12	ZDP-EB-01	Esmeril de Banco 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758	DeWalt	DW758	3/4 HP	Zona de Punzado	X	X	X	X	X		
13	ZDD-PD-01	Plegadora Durma AD-R 30220	Durma	AD-R 30220	3050 mm	Zona de Doblado				X	X		
14	ZDR-RM-01	Roladora Mecánica W11-16X3200	HYMT	W11-16X3200	1600x3200 mm	Zona de Rolado				X			
15	ZDC-SS-01	Sierra Sinfin DURMA HB S 330	Durma	HB S 330	3,5 HP	Zona de Corte				X	X		
16	ZDP-TA-01	Taladro de Arbol IMODRILL GHD-40A	Imodrill	GHD-40A	2 HP	Zona de Punzado				X			
17	ZDP-TA-02	Taladro de Arbol TAKIMA HD PD2-19	Takima	HD PD2-19	1 HP	Zona de Punzado				X			
18	ZDA-TT-01	Tronzadora Trifásica 3KW 4HP	Discover	J3GE-400	4 HP	Zona de Soldadura y Armado				X			
19	ZDD-DM-01	Dobladora Mecánica Manual	BAUTISTA Hnos	---	---	Zona de Doblado					X		
20	ZDC-CM-01	Cizalla Mecánica Manual	BAUTISTA Hnos	---	---	Zona de Corte						X	
21	ZDC-CD-02	Cizalla Universal Durma IW 80/150 BDT	Durma	IW 80/150 BDT	40mmx14mm	Zona de Corte				X			

7.5. Fichas técnicas, hojas de vida, cronograma y control de actividades

Al dar click en la “X” de ficha técnica de cada máquina, se abrirá cada formato correspondiente a la máquina donde está depositada toda la información sobre esta misma, además de un botón principal de volver al menú.

Figura 16 Formatos

SEMEST SERVICIOS METAL MECANICOS INDUSTRIALES										FICHA TÉCNICA Y HOJA DE VIDA		Versión: 03			
SSTA-FO-080										Fecha: 16/06/2023		Pagina: 1			
NOMBRE DEL EQUIPO		Cizalla Durma SBT 3013 (CNC)		TIPO		CORTE		OPERACIÓN		CORTE DE LÁMINA					
															
ESPECIFICACIONES															
CÓDIGO		ZDC-CD-01		PROVEEDOR						1					
MARCA		Durma		INVENTARIO											
MODELO		SBT 3013		POTENCIA											
REFERENCIA		SBT 3013		VOLTAJE						220					
UBICACIÓN		Zona de Corte		AMPERAJE						220					
MÁQUINA		X		EQUIPO		SISTEMA		COMPONENTE		ACCESORIO					
MANUAL		SI		NO		X		ANTIGÜEDAD		2016				CRITICIDAD	
VIDA ÚTIL										1: ALTA		2: MEDIA		3: BAJA	
MANTENIMIENTO ANUAL															
		FUNCIÓN		COMPONENTES PRINCIPALES				INSPECCIÓN		MANTENIMIENTO					
REVISION GENERAL DEL EQUIPO ANUAL		Actividad: 1		Revisión General del equipo				x		si					
		Actividad: 4		Revisión de conexiones electricas.				x		si					

7.6. CODIFICACIÓN

En el menú está el botón de codificación el cual permite orientar al usuario en la elaboración neta de los códigos para cada máquina o equipo, además de un botón principal para volver al menú.

Figura 17 Codificación

MF = MANUAL DEL FABRICANTE		ÁREA DE PRODUCCIÓN		CÓDIGO		EQUIPO		CÓDIGO	
MO = MANUAL DE OPERACIÓN		Zona de Carga y Descarga		ZCD		Cizalla Durma SBT 3013 (CNC)		CD	
P = PLANOS		Zona de Corte		ZDC		Compresor de Tornillo Ingersoll Rand R11		CT	
FT = FICHA TÉCNICA		Zona de Doblado		ZDD		Curvadora de Perfiles Durma PBH 240		CP	
C = CATÁLOGO		Zona de Rolado		ZDR		Equipo de Soldadura: CEBORA EVO 450 TS SYNERGIC		ES	
LR = LISTA DE REPUESTOS		Zona de Abombado		ZDA		Equipo de Soldadura: CEBORA TDA4 ART 1654		ES	
MA = MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		Zona de Soldadura y Armado		ZSA		Equipo de Soldadura: Elite Arc 180s		ES	
MM = MANTENIMIENTO MECÁNICO		Zona de Punzado		ZDP		Equipo de Soldadura: LINCOLN ELECTRIC IDEALARC DC-400		ES	
ME = MANTENIMIENTO ELÉCTRICO		Zona de Producción		ZDPD		Equipo de Soldadura: RX 330 LINCOLN ELECTRIC		ES	
CL = CARTA DE LUBRICACIÓN						Equipo de Soldadura: SKYCUT 440		ES	
HM = HISTORIA MÁQUINAS Y EQUIPO						Equipo de Soldadura: SWEISS SKYWORKS 3550		ES	
						Equipo de Soldadura: ZX7-200HR LINCOLN ELECTRIC		ES	
						Esmeril de Banco 8 PULG 3/4 HP DEWALT DW758		EB	
						Plegadora Durma AD-R 30220		PD	
						Roladora Mecánica W11-16X3200		RM	
						Sierra Sinfín DURMA HB S 330		SS	
						Taladro de Arbol IMODRILL GHD-40A		TA	
						Taladro de Arbol TAKIMA HD PD2-19		TA	
						Tronzadora Trifásica 3KW 4HP		TT	
						Dobladora Mecánica Manual		DM	
						Cizalla Mecánica Manual		CM	
						Cizalla Universal Durma IW 80/150 BDT		CD	
						Abombadora Mecánica		AM	
						Máquina de Corte de Pórtico CNC		MC	
						Roladora Mecánica Manual		RM	
						Polipasto Eléctrico UELEX 5 TON		PE	
						Curvadora de Perfiles Durma PBH 60		CP	

CODIFICACIÓN

XXX - XX - XX

- Número consecutivo.
- Clase de equipo.
- Área de producción.

7.7. Criticidad

En el menú principal está el botón de criticidad, en este formato podremos ver el análisis de criticidad de los equipos con la respectiva tabla de factores ponderados utilizada y su fórmula, además de un botón principal para volver al menú.

Figura 18 Criticidad

EQUIPO	CODIGO	FF	IP	MTR	CM	IMA	ISG	CRITICIDAD
Flegadora Durma AD R 30220	ZDD-PD-01	10	7	2	7	7	7	350
Durma SET 3015 (RUC)	ZDC-CD-01	7	5	3	7	7	7	252
Polipasto Eléctrico LELIX5 TCN	ZDPD-PE-01	7	5	3	4	3	4	182
Máquina de Corte de Pórtico PUC	ZDC-MC-01	7	5	2	4	3	4	147
Compresor de Tornillo Ingersoll Rand R11	ZDC-CT-01	7	3	3	4	1	4	126
Poladora Mecánica WTI 16X3200	ZDR-RM-01	4	3	3	4	3	4	80
Equipo de Soldadura CEBORA EVD 490 TS	ZSA-ES-01	4	3	3	4	1	4	72
Equipo de Soldadura CEBORA TD44 ART 1654	ZSA-ES-02	4	3	3	4	1	4	72
Equipo de Soldadura Elite Arc 160s	ZSA-ES-03	4	3	3	4	3	1	68
Equipo de Soldadura LINCOLN ELECTRIC IDEALAR CDC-160	ZSA-ES-04	4	3	2	4	1	4	60

CRITERIO PONDERADO	DESCRIPCIÓN	PONDERADO
FF: Frecuencia de falla.	Menos de 2 fallas por año.	1
	Entre 3 y 10 fallas por año.	4
	Entre 11 y 25 fallas por año.	7
	Entre 26 y 39 fallas por año.	10
	Más de 40 fallas por año.	15
IP: Impacto sobre la producción	No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción.	1
	Genera un impacto sobre operaciones o producción del 30%.	3
	Impacta en niveles de inventario o calidad del 50%.	5
MTR: Tiempo promedio para	Parada en el sistema o sub-sistema con repercusión en otros sistemas con 75% de impacto.	7
	Pérdida total de la producción.	10
	Menor a 30 minutos.	1
ISG: Impacto en la salud y la seguridad.	Promedio de 30 minutos y 1 hora.	2
	Promedio de 1-2 horas.	3
	Promedio entre 2-5 horas.	4

7.8. Solicitud de trabajo

En el menú principal está el botón de solicitud de trabajo, allí se abrirá directamente el formato de solicitud de trabajo para poder ser diligenciado en caso de se requiera, además de un botón principal de volver al menú.

Figura 19 Solicitud de trabajo

SEMEST		SOLICITUD DE TRABAJO			
Código:	SSTA-FO-081	Versión:	00001	Emisión:	16/06/2023
					Página 1 de 1
TIPO MANTENIMIENTO		PREVENTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	CODIGO DE EQUIPO	
		CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>		
		CORRECTIVO PLANIFICADO	<input type="checkbox"/>		
INFORMACION DEL EQUIPO					
Equipo					
Marca					
N° Serial					
Modelo					
Ubicación en la planta					
Operario					
GENERACION DE LA FALLA					
FALLA			DESCRIPCION DE LA FALLA		
OBSERVACIONES					
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Juan Esteban Macausland		Juan Esteban Macausland			

7.9. Formato de reporte de mantenimiento de máquinas y equipos

En el menú principal se encuentra el botón de reporte de mantenimiento el cual dirige a abrir el formato de reporte de mantenimiento, además de un botón principal de volver al menú.

Figura 20 Formato de reporte de mantenimiento de máquinas y equipos

SEMEST		FORMATO DE REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS			
					Versión: 002
					Fecha: 16-06-2023
SSTA-FO-048					Páginas: 1 de 1
DATOS GENERALES					
EMPRESA		CIUDAD			
FECHA		NOMBRE DEL TÉCNICO			
TELÉFONO		TELÉFONO			
DIRECCIÓN		EMPRESA Y/O CONTRATISTA			
EQUIPO					
UBICACIÓN DEL EQUIPO		MODELO O /AÑO			
CÓDIGO		HP HORSE-POWER			
MARCA Y REFERENCIA		VOLTAJE			
SERIE		AMPERAJE			
TRABAJO SOLICITADO					
DAÑO REPORTADO POR EL OPERARIO					

8. Conclusiones y trabajos futuros

8.1. Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación permitió recopilar información detallada sobre los antecedentes y características de la empresa SEMEST S.A.S, reconociendo sus procedimientos y características, que permitieron estructurar el inventario y la codificación de equipos que lo que permitirá en adelante a la empresa mejorar el manejo de la información de la gestión del mantenimiento.

Del mismo modo la investigación permitió diagnosticar el estado actual de los procesos de mantenimiento llevados en la empresa SEMEST S.A.S. y realización del análisis de criticidad fundado en la metodología de factores ponderados por medio del cual se determinaron los equipos críticos de la empresa, además, se diseñaron y diligenciaron formatos de fichas técnicas y hojas de vida de maquinaria que contienen la información vital pertinente a cada equipo y formatos para el seguimiento y control a las labores de mantenimiento ejecutadas por SEMEST S.A.S.

El modelo de mantenimiento preventivo desarrollado para la empresa SEMEST S.A.S, genera tareas propuestas para el mantenimiento preventivo de los equipos, los responsables e intervalos de mantenimiento en que se deben ejecutar dichas operaciones y documentos que resumen las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos.

Con el fin de optimizar los resultados de este trabajo de grado, y llevar a la praxis la contribución academia-empresa; se socializaron resultados y se capacitó al personal de SEMEST S.A.S. involucrado en el manejo y funcionamiento de la maquinaria, para entender mejor el funcionamiento del proceso, y facilitar futuras implementaciones a otros equipos.

8.2. Trabajos futuros

Como oportunidad de mejora se identifica que se deben seguir generando herramientas de gerencia de mantenimiento que busquen la eficiencia empresarial de SEMEST S.A.S, el modelo de mantenimiento preventivo desarrollado será base de futuras desarrollo de métodos de mantenimiento enfocados en la confiabilidad, la productividad y la seguridad.

Es importante seguir haciendo este tipo de trabajos toda vez que fortalecen la relación Universidad y Empresa y permiten a los estudiantes tener un primer acercamiento directo con la industria.

Referencias bibliográficas

- Alcaraza Romero González, A., & Noriega Morales, L. (2012). El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. *Contad. Adm.*, 57(4), 173-196. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422012000400009
- Bernal Olarte, J. J. (2016). Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM II) para la Planta Mezcladora de Concreto Altron AM-25 Pretecol Ltda. [Trabajo de grado]. Universidad Industrial de Santander. <https://es.scribd.com/document/475789249/RCM-2-TESIS-JEANPIERRE-BERNAL>
- Bernal Olarte. (s.f.). Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM II) para la Planta Mezcladora de Concreto Altron AM-25 Pretecol Ltda.
- Cala Ayala. (s.f.). Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Extractora La Gloria S.A.S. Colombia Productiva. (2018). Diez errores comunes en las pymes que las hacen menos productivas. <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/tips-deproductividad/diez-errores-comunes-en-las-pymes-que-las-hacen-me>
- Díaz Gómez. (s.f.). Plan de Mantenimiento Preventivo de la Empresa Frutas Potosí Ltda.
- Duffuaa, R., & Dixon. (2000). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. Editorial Limusa. <https://es.slideshare.net/rusvel7/sistemas-demantenimientoduffuayotros>
- Frieser, A. (2021). ¿Por qué fracasa un plan de mantenimiento? DataScope. <https://datascopes.io/es/blog/por-que-fracasa-un-plan-de-mantenimiento/>
- García, E., Rico, M., & Romero, J. (2011). Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total (TPM). *Revisa CULCyT* 8(45). 115-124 <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/202/192>
- García Palencia, O. (2006). *El mantenimiento general*. Tunja: UPTC. Recuperado de <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1297>
- González Fernández, F. J. (2004). *Auditoría de mantenimiento e indicadores de gestión*. España: Artegraf S.A. Pp. 103-115. <https://books.google.com.ec/books?id=o0cH7Nwkm3YC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

- International Organization for Standardization (ISO). (2006). ISO 14224:2006. Petroleum, petrochemical and gas industries; Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment. (p. 23). <https://www.iso.org/standard/36979.html>
- Laverde Miranda. (s.f.). Diseño e Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para las Áreas de Oleo Neumática, Mecatrónica, Hidráulica y Neumática del Centro Industrial de Mantenimiento de Girón.
- López Riera, S., & Merayo Sánchez, A. (2014). Mantenimiento: exposición y consecuencias. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- Monje Álvarez, C. (2011). Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Guía didáctica.
<https://drive.google.com/file/d/0B7gC0vup46j2aDFNSVAyZllzd28/view?pli=1&resourcekey=0-84q57XQ8Q01EabtrHkOvAA>
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centred Industrial Press Maintenance). Ellman Sueiro (Traductor). Gran Bretaña: Editorial Americana Aladon
<https://es.scribd.com/document/399048691/1-Libro-RCM-J-Moubray-pdf>
- Norma COVENIN 2500-93: Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento de la Industria. (1ra Revisión). <https://pandectasdigital.blogspot.com/2019/06/normacovenin-2500-93-manual-para.html>
- Olarte, C., Botero, A., & Cañon, A. (2010, abril). Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los Procesos de Producción. *Scientia et Technica*, XVI(44). 354-356
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>
- Olarte, C., Botero, A., & Cañon, A. (2010, agosto). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica*, XVI(45). 223-226.
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf>
- Parra. (2019). Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos. Tesis de maestría, Universidad Técnica Federico Santa María.
https://www.researchgate.net/publication/342926771_Metodos_de_Analisis_de_Criticidad_y_Jerarquizacion_de_Activos
- Pérez Rondón, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Bucaramanga: Ediciones USTA.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Retos en Supply Chain. (2018). La necesidad del mantenimiento preventivo y sus constantes desafíos en la Supply Chain. EAE Business School. <https://retosoperaciones-logistica.eae.es/la-necesidad-del-mantenimiento-preventivo-y-sus-constantedesafios-en-la-supply-chain/>

SAE. (2002). Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie: Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad (MMC). SAE JA1012. <https://es.slideshare.net/RobinsonColomaPizarr/norma-saeja-1012>

Uribe. (2014). Programa maestro de mantenimiento preventivo Cemex S.A. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas.

Woodhouse, J. (1994). Criticality Analysis Revisited. Newbury, England: The Woodhouse Partnership Limited.

Anexos

*Anexo 1 Encuesta de mantenimiento SEMEST S.A.S***Tabla 8** Anexo 1. Organización General

A. ORGANIZACIÓN GENERAL	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Está definida por escrito y aprobada, la organización y responsabilidades del departamento de mantenimiento?	0	-	-	-	10
2. ¿Se comprueban las responsabilidades y las tareas definidas en la organización de forma periódica para su adaptación?	0	-	-	-	10
3. ¿Están las responsabilidades y las tareas de los capataces o encargados y de los contra maestros claramente definidas?	0	-	-	-	10
4. ¿Está suficientemente dimensionada la estructura de la dirección de mantenimiento y su equipo técnico para abordar nuevos procesos de mejora?	0	10	-	-	10
5. ¿Tiene cada sección y/o actividad un presupuesto de funcionamiento y hay seguimientos periódicos de su adecuación a la realidad?	0	-	-	-	10
6. ¿Existe un área para la planificación y coordinación de trabajos para realizar estudios de mejora y formación?	0	5	-	-	5
7. ¿Existen descripciones de las funciones para cada uno de los puestos de ejecución?	0	5	10	-	20

8. ¿El personal de operación tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de mantenimiento de primer nivel y las ejecutan?	0	10	-	-	10
9. ¿Todas las operaciones preventivas se ejecutan con órdenes de trabajo y se imputan adecuadamente las actividades y repuestos?	0	-	-	-	10
10. ¿Tienen objetivos claros e indicadores de funcionamiento que sirvan de pauta como resultados del servicio prestado?	0	5	-	-	5
11. ¿Los departamentos de Ingeniería y Compras tienen en cuenta de forma activa a Mantenimiento en nuevos estudios o instalaciones?	0	10	-	-	10
12. ¿Hay reuniones periódicas y se realizan seguimientos de niveles de calidad de servicio percibidos por nuevos clientes?	0	10	-	-	10
A- 280 Puntos posibles.				Total:	120

Tabla 9 Anexo 1 Métodos y Sistemas de Trabajo

B. MÉTODOS Y SISTEMAS DE TRABAJO	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Disponen de sistema de planificación y preparación de trabajo para intervenciones importantes?	0	10	-	-	10
2. ¿Tienen procedimientos para preparar trabajos, establecer presupuestos y justificar nuevas adquisiciones o proponer nuevas actividades?	0	-	10	-	20

Tabla 9 Continuación

3. ¿Disponen de métodos operativos escritos para los trabajos complejos o delicados?	0	-	10	-	10
4. ¿Tienen un procedimiento por escrito que defina las autorizaciones de trabajo para trabajos riesgosos?	0	-	-	-	15
5. ¿Se archivan en los expedientes o historiales de equipos y sistemas, los trabajos de preparación y planificación de grandes intervenciones?	0	5	-	10	15
6. ¿Hay acciones que llevan a normalizar los órganos y las unidades?	0	5	-	20	10
7. ¿Tienen métodos para estimación de tiempos de trabajos?	0	-	5	-	10
8. ¿Tienen métodos de gestión para la preparación de trabajos largos, importantes?	0	5	-	10	20
9. ¿Tienen métodos formalizados para hacer las reparaciones y protocolos de pruebas?	0	10	-	20	10
10. ¿Guardan las unidades en almacén, hacen repara kits antes de sus intervenciones?	0	10	-	20	10
11. ¿Está el conjunto de la documentación debidamente clasificada y fácilmente accesible?	0	5	-	10	20
12. ¿Tienen sistemas de priorización de actividades, con base en su criticidad, repercusiones secundarias, etc.?	0	-	-	-	20
B- 270 Puntos posibles				Total:	170

Tabla 10 Anexo 1. Control Técnico de Instalaciones y Equipos

C. CONTROL TÉCNICO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Disponen de una lista recapitulativa o inventario de ubicación de los equipamientos de su unidad?	0	10	-	0	10
2. ¿Tiene cada equipamiento un número de identificación único diferente del número cronológico de inmovilización?	0	5	-	10	20
3. ¿En su emplazamiento, tiene todo el equipamiento un número de identificación claramente señalado?	0	-	10	-	0
4. ¿Se registran sistemáticamente las modificaciones, instalaciones nuevas o la supresión de equipamientos?	0	5	-	-	5
5. ¿Hay un archivo informático o en papel de cada equipo o instalación, y de sus subgrupos funcionales, con reseñas históricas de todos los trabajos llevados a cabo en cada uno de ellos y su coste?	0	10	-	0	10
6. ¿Tienen efectuados análisis de criticidad de los equipos y estudios de averías y fallos AMEF y RCM?	0	10	-	-	10
7. ¿Disponen de información sobre las horas pasadas, piezas consumidas y costes, equipamiento por equipos?	0	10	-	-	10
8. ¿Existen responsables del cuidado de las reseñas históricas de los trabajos?	0	5	-	15	20

Tabla 10 Continuación

9. ¿Está asegurado el seguimiento y control formal de las operaciones reglamentarias y de seguridad llevadas a cabo?	0	-	15	-	30
10. ¿Se audita periódicamente la situación de inventario y su documentación?	0	5	-	5	5
11. ¿Tiene constancia formal de la adecuación de su parque de maquinaria y equipos a la directiva de máquinas?	0	-	-	-	10
12. ¿Tiene posibilidad de analizar, sistema a sistema, el coste real de sus ciclos de vida?	0	10	-	10	20
C- 300 Puntos posibles				Total:	120

Tabla 11 Anexo 1. Gestión de la Carga de Trabajo

D. GESTIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Tienen un programa establecido de mantenimiento preventivo?	0	10	-	25	40
2. ¿Disponen de fichas escritas de mantenimiento preventivo?	0	5	-	10	20
3. ¿Existe algún responsable del conjunto de las acciones de mantenimiento preventivo?	0	-	-	-	10
4. ¿Tienen los operarios responsabilidades de ajuste y mantenimiento de rutina?	0	5	-	15	20
5. ¿Tienen un sistema de registro de las solicitudes de trabajo?	0	10	-	25	30
6. ¿Hay una persona responsable de los trabajos específicamente?	0	5	-	10	20

Tabla 11 Continuación

7. ¿Tienen reglas definidas que permitan asignar los trabajos según las prioridades?	0	10	-	15	30
8. ¿Conocen la carga de trabajo en cartera y tiene un balance de capacidad?	0	5	-	15	20
9. ¿Existe algún documento que permita informa y seguir sistemáticamente las intervenciones de trabajo?	0	5	-	15	30
10. ¿Se reúnen periódicamente los contraмаestres para debatir prioridades y planeación?	0	10	-	20	30
11. ¿Disponen de planeación semanal de distribución de trabajos?	0	-	15	-	30
12. ¿Cuándo un trabajo no puede ser abordado con la celeridad necesaria, se tiene un procedimiento para informar y tomar acción sobre ello?	0	-	-	-	20
D- 300 Puntos posibles				Total:	150

Tabla 12 Anexo 1. Compra y Logística de Repuestos y Equipos

E. COMPRA Y LOGÍSTICA DE REPUESTOS Y EQUIPOS	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Tienen almacén específico para mantenimiento y sistema de seguimiento de pedidos?	0	-	-	-	20
2. ¿Disponen de un sistema de “libre servicio” para artículos y piezas de consumo habitual?	0	-	5	-	10

Tabla 12 Continuación

3. ¿El stock de repuestos está al día, accesible y disponible al personal?	0	10	-	20	30
4. ¿Están todas las piezas de repuesto identificadas y codificadas?	0	-	-	-	10
5. ¿Están definidos los sistemas de aprovisionamiento y compras por demanda?	0	-	5	-	10
6. ¿Hay un procedimiento de solicitud de ofertas y adjudicación de pedidos?	0	-	-	-	20
7. ¿Los procedimientos de aprovisionamiento son rápidos y flexibles?	0	-	-	10	10
8. ¿Tienen proveedores concertados y repuestos de suministro?	0	-	-	10	10
9. ¿Tienen facilidad de proveedores distintos al fabricante de los quipos o instalaciones?	0	5	10	-	15
10. ¿Tienen un sistema rápido y eficaz de reparación de equipos y sistemas de inventario?	0	8	-	-	8
11. ¿Hay cohesión entre el servicio de compras y mantenimiento para las decisiones de compra de suministros?	0	5	-	-	5
12. ¿Loa procedimiento administrativos y operativos para solicitar un repuesto son ágiles y efectivos?	0	5	-	-	5
E- 240 Puntos posibles				Total:	153

Tabla 13 Anexo 1. Sistemas Informáticos

F. SISTEMAS INFORMÁTICOS	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Ha participado activamente el departamento de mantenimiento en la especificación técnica y definición de requisitos de su sistema informático?	0	10	-	-	10
2. ¿El sistema es amigable al ahora de lanzar ordenes, planificar actividades y emitir informes?	0	5	-	-	5
3. ¿Se ha ajustado la aplicación informática implementada a los procedimientos organizativos eficaces ya implantados?	0	-	-	-	0
4. ¿Los operarios interactúan con el sistema recogiendo ordenes de servicio?	0	10	-	-	10
5. ¿Su sistema informático dialoga adecuadamente con otras aplicaciones corporativa?	0	10	-	-	10
6. ¿Desde la implantación de la aplicación informática ha reducido significativamente la carga administrativa del departamento?	0	-	-	-	30
7. ¿La información del sistema ayuda realmente a una más fácil y rigurosa toma de decisiones?	0	5	-	-	5
8. ¿Ha optimizado recursos luego de tener el sistema informático?	0	5	-	-	5

Tabla 13 Continuación

9. ¿El Hardware de que dispone el departamento está suficientemente dimensionado en cuanto a capacidad, memoria y periféricos?	0	10	-	-	10
10. ¿La red de comunicaciones de la empresa funciona con fiabilidad, disponibilidad y prestaciones adecuadas?	0	5	-	10	20
F- 250 Puntos posibles				Total:	105

Tabla 14 Anexo 1. Organización del taller de mantenimiento

G. ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿El espacio que tiene asignado para actividades de almacén, banco, oficina de planeación e ingeniería es suficiente?	0	10	-	-	10
2. ¿Dispone a pie de obra de las instrucciones operativas y protocolos para ser consultados por sus mandos y operarios directamente?	0	10	-	-	10
3. ¿Las oficinas de los mandos intermedios y supervisores se encuentran a pie de obra?	0	-	10	-	10
4. ¿Se encuentra bien ubicado el almacén de herramientas y repuestos?	0	-	5	-	10
5. ¿Disponme de suficiente utillaje y medios de manutención y transporte adecuados a sus trabajos preventivos y correctivos?	0	5	-	-	5

Tabla 14 Continuación

6. ¿Las ordenes de trabajo se abren y cierran a pie de obra, con terminales ubicados en la planta o portátiles?	0	-	5	-	10
7. ¿Las zonas destinadas a materiales útiles, averiados y de envío están correctamente identificados y delimitados?	0	-	10	-	20
8. ¿Hay un responsable de logística, de la custodia de herramientas y útiles y de la verificación y calibración de estos?	0	-	10	-	20
G- 160 Puntos posibles				Total:	95

Tabla 15 Anexo 1. Herramientas y Medios de Prueba

H. HERRAMIENTAS Y MEDIOS DE PRUEBA	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Dispone de un inventario documentado y actualizado de herramientas y equipos de pruebas?	0	5	-	-	5
2. ¿Disponen de las herramientas especiales y equipamientos que se precisan?	0	5	-	10	15
3. ¿Está correctamente definido el procedimiento de verificación y calibración de herramienta especiales y útiles?	0	10	-	-	10
4. ¿Dispone de proceso de puesta a disposición de herramientas para el caso de que estas se utilicen por contratistas?	0	5	-	15	25

Tabla 15 Continuación

5. ¿Cada operario dispone de una caja de herramientas personal?	0	5	-	15	25
6. ¿Existen verificaciones periódicas de puesta en conformidad de máquinas y herramientas?	0	-	5	-	15
7. ¿Cuándo necesitan un medio extraordinario de manutención o transporte, lo disponen con las características y celeridad requeridas?	0	-	5	-	10
8. ¿La logística, contratación y gestión de nuevas herramientas y medios, es realizada directamente?	0	5	15	-	30
H- 170 Puntos posibles				Total:	85

Tabla 16 Anexo 1. Documentación Técnica

I. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Disponen de documentación técnica general suficiente?	0	5	-	15	20
2. ¿Disponen de planos de conjunto y los esquemas necesarios?	0	15	-	30	40
3. ¿Están disponibles las instrucciones técnicas de utilización y mantenimiento, así como las listas de las piezas sueltas para equipamiento de mayor envergadura?	0	5	-	15	20

Tabla 16 Continuación

4. ¿Son fácilmente obtenibles y utilizables los planos de las instalaciones?	0	10	-	20	30
5. ¿Se ponen al día los planos y esquemas a medida que se aportan las modificaciones?	0	10	-	20	30
6. ¿Son fácilmente obtenibles los contratos de mantenimiento?	0	5	-	15	20
7. ¿Son suficientes los medios de reprografía?	0	-	5	-	10
8. ¿Se registran los trabajos de modificación de los equipamientos y se archivan los expedientes de preparación correspondientes?	0	-	5	15	20
I- 190 Puntos posibles				Total:	140

Tabla 17 Anexo 1. Personal y Formación

J. PERSONAL Y FORMACIÓN	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿El ambiente de trabajo en general es positivo?	0	10	-	25	40
2. ¿Dirigen y supervisan correctamente los mandos intermedios los trabajos efectuados por los operarios?	0	10	-	20	30
3. ¿Se examinan en grupo los problemas a menudo, incluyendo también a los operarios?	0	10	-	20	30

Tabla 17 Continuación

4. ¿Se llevan a cabo encuentros periódicos de apreciación entre el personal directivo y el operativo?	0	5	-	15	20
5. ¿Los mandos intermedios y los operarios están lo suficientemente disponibles?	0	10	-	20	30
6. ¿La formación técnica del personal es satisfactoria?	0	15	-	35	50
7. ¿En el trabajo diario el personal tiene la iniciativa necesaria?	0	10	-	20	30
8. ¿Sus mandos intermedios aseguran de forma regular el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?	0	-	15	0	30
9. ¿Reciben sus mandos intermedios formación en nuevas tecnologías?	0	-	15	-	30
10. ¿Recibe su personal formación en seguridad y prevención de accidentes en forma regular?	0	5	-	20	30
11. ¿Programa y domina la formación del personal el servicio de mantenimiento?	0	5	-	15	20
12. ¿Se sigue rigurosamente la cualificación y la habilitación del personal?	0	5	-	15	20
13. ¿Tienen pérdidas importantes de tiempo productivo debido a retrasos o ausencias?	0	20	-	10	-
14. ¿Son buenas las relaciones del personal con los agentes de producción?	0	-	5	-	10
J- 370 puntos posibles				Total:	345

Tabla 18 Anexo 1. Contratación

K. CONTRATACIÓN	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Tienen un proceso de evaluación formal de los contratistas?	0	-	-	-	10
2. ¿Se elaboran cuidadosamente los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?	0	15	-	30	40
3. ¿La selección de los contratistas se lleva a cabo según criterios de técnica y de competencia?	0	5	-	15	20
4. ¿Desde el punto de vista de ubicación, se tienen cerca empresas de interés comercial?	0	5	-	15	20
5. ¿Contratan las tareas para las que consideran no se disponen de suficientes técnicos?	0	10	-	20	30
6. ¿Incluyen en sus contratos con los contratistas cláusulas de resultados?	0	5	-	15	20
7. ¿Desarrollan una garantía de calidad y la colaboración con los contratistas?	0	10	-	20	30
8. ¿Crean expedientes por asunto según procedimientos determinados?	0	5	-	15	20

Tabla 18 Continuación

9. ¿El control del trabajo de los contratistas, lo hace una persona designada y según procedimientos rigurosos?	0	10	-	20	30
10. ¿Disponen de documentación específica para que empresas externas lleven a cabo el mantenimiento de sus equipamientos?	0	10	-	20	30
K- 280 puntos posibles				Total:	200

Tabla 19 Anexo 1. Control de la Actividad

L. CONTROL DE LA ACTIVIDAD	No	Más bien no	Ni sí ni no	Más bien sí	Sí
1. ¿Disponen de un cuadro de mando integral que permita decidir qué acciones acometer?	0	-	-	-	20
2. ¿Se dan informes regulares del control de las horas, los costes de mano de obra y repuestos?	0	15	-	20	30
3. ¿Se siguen las especificaciones técnicas del servicio?	0	15	-	30	40
4. ¿Se controla la eficacia, grado de saturación y tiempos muertos de potencial de mantenimiento?	0	15	-	30	40
5. ¿Dominan las cargas de trabajo?	0	10	-	20	30
6. ¿Disponen de los costes de mantenimiento?	0	5	-	20	30

Tabla 19 Continuación

7. ¿Tienen posibilidad de cruzar costes por tipo de mantenimiento, equipamiento y por secciones?	0	5	15	20	30
8. ¿Disponen de informes de síntesis en un plazo suficientemente corto?	0	10	-	15	20
9. ¿Emiten de forma regular un informe de la actividad?	0	10	-	15	20
10. ¿Tienen autonomía a la hora de negociar nuevas actividades, mejorar rendimientos y periodicidades?	0	-	-	-	20
L- 280 puntos posibles				Total:	200