



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A  
MAQUINAS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS PROCESOS Y ÁREAS DE  
PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA TEXTIL”**

**TRABAJO DE GRADO**

**Presentado ante la**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**Como parte de los requisitos para optar al título de**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**REALIZADO POR: Pariata S. Jhonny J  
PROFESOR GUIA: Ing. Sebastián Ribis  
FECHA: Mayo, 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A  
MAQUINAS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS PROCESOS Y ÁREAS DE  
PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA TEXTIL”**

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su  
contenido con el resultado: \_\_\_\_\_**

**JURADO EXAMINADOR**

**Firma:**

**Firma:**

**Firma:**

**Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_**

**REALIZADO POR: Pariata S. Jhonny J  
PROFESOR GUIA: Ing. Sebastián Ribis  
FECHA: Mayo, 2018**

## SINOPSIS

En el siguiente trabajo de grado se diseñó un plan de mantenimiento preventivo aplicado a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción en una empresa textil.

Ovejita C.A. es una empresa con más de 75 años de experiencia en el mercado textil, orientados a satisfacer el mercado latinoamericano brindándole prendas de vestir de óptima calidad.

En la sede principal ubicada en Alta Vista Catia, lugar donde se confecciona las prendas de vestir para luego ser distribuidas a las diversas tiendas con la que cuenta la empresa, se encuentra una cantidad de 614 máquinas y equipos que participan en la producción de la compañía. Estas unidades se encuentran distribuidas en las áreas de producción como Corte, Confección y Logística.

Debido al amplio crecimiento de la compañía, nunca se documentó un plan de mantenimiento preventivo que conserve la operatividad de las máquinas y equipos que se encuentran dentro de sus instalaciones. Con el fin de diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento, se aplicaron dos técnicas de exploración de problemas. La primera fue la aplicación de la norma COVENIN 2500-93 que consiste en la evaluación de una serie de criterios mediante la observación directa y entrevista al personal gerencial del departamento. Este estudio de cómo resultado una efectividad global en la gestión de mantenimiento de un 34%.

Adicionalmente, Con el fin de conocer las causas que generan los problemas más relevantes se aplicó una encuesta que evalúa las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento en las organizaciones, resultando critica tres prácticas que concibe la prevención de fallas, la planificación, programación, control y mejora continua

Es así como surgió la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo, donde se tome en consideración las necesidades de la empresa, proporcionando métodos que permitan la mejora continua de los procesos.

Para lograr cumplir los objetivos del presente trabajo de grado, en primer lugar, se realizó un inventario de las máquinas y equipos que se encuentran dentro de la instalación, asignando el nivel de criticidad de cada uno y seleccionando aquellos con nivel de criticidad alta y muy alta, para finalmente presentar un listado final de las máquinas y equipos seleccionados con sus especificaciones técnicas, ubicación y codificación respectiva. En segundo lugar, se establecieron los formularios necesarios para retroalimentación del sistema. Seguidamente, se generaron las rutinas de mantenimiento preventivo con el fin de generar el calendario anual de mantenimiento de los equipos seleccionados (Carta Gantt). Por último se realizó un estudio para determinar la factibilidad económica del programa de mantenimiento preventivo diseñado.

Con este trabajo de grado se logra mejorar la actual gestión de mantenimiento, así mismo aumentar la mantenibilidad y disponibilidad de las máquinas y equipos. Por otra parte, se puede concluir que la propuesta diseñada es económicamente factible.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| <b>SINOPSIS</b> .....                                  | 3  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                | 9  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                  | 10 |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                              | 11 |
| <b>CAPITULO I: SECCION INTRODUCTORIA</b> .....         | 13 |
| 1.1: Reseña histórica de la empresa.....               | 13 |
| 1.1.1: Misión .....                                    | 14 |
| 1.1.2: Visión.....                                     | 14 |
| 1.2: Antecedentes de la investigación.....             | 14 |
| 1.3: Planteamiento del problema .....                  | 16 |
| 1.4: Objetivos del Estudio .....                       | 18 |
| 1.5: Alcances .....                                    | 19 |
| 1.6 Limitaciones.....                                  | 20 |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....                | 21 |
| 2.1 Conceptos fundamentales .....                      | 21 |
| 2.1.1 Mantenimiento.....                               | 21 |
| 2.1.2 Tipos de mantenimiento .....                     | 21 |
| 2.1.3 Planificación del mantenimiento preventivo ..... | 22 |
| 2.1.4 Orden de trabajo (O/T).....                      | 23 |
| 2.1.5 Informe de trabajo realizado (ITR).....          | 23 |
| 2.1.6 Hoja de vida .....                               | 23 |
| 2.1.7 Programación de mantenimiento preventivo .....   | 23 |
| Fuente: Elaboración propia. ....                       | 24 |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.8 Carta Gantt.....                                 | 24 |
| 2.1.9 Indicadores de la gestión de mantenimiento ..... | 24 |
| 2.1.10 Análisis de Criticidad.....                     | 24 |
| 2.2 Sistemas Críticos.....                             | 25 |
| 2.2.1 Compresor.....                                   | 25 |
| 2.2.2 Bombas .....                                     | 26 |
| 2.2.3 Generador eléctrico.....                         | 26 |
| 2.2.4 Lámpara industrial.....                          | 28 |
| 2.2.5 Ventilador industrial.....                       | 29 |
| 2.2.6 Máquina de coser.....                            | 29 |
| 2.3 Diagrama Causa-Efecto.....                         | 30 |
| 2.4 Diagrama de Pareto.....                            | 31 |
| 2.5 Depreciación.....                                  | 31 |
| 2.6 Método de línea recta .....                        | 31 |
| 2.7 Técnicas de valoración económica.....              | 32 |
| 2.7.1 Valor actual neto (VAN).....                     | 32 |
| 2.7.2 Recta de mínimos cuadrados.....                  | 33 |
| 2.7.3 Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) .....    | 34 |
| 2.7.4 Flujo Actual Neto y Proyectado (FANP) .....      | 35 |
| 2.8 Validación de encuestas.....                       | 35 |
| 2.8.1 Evaluación de la Validez .....                   | 35 |
| 2.8.2 Validez de contenido.....                        | 36 |
| CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....                | 37 |
| 3.1 Nivel de la Investigación .....                    | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2 Tipo de Investigación.....  | 37 |
| 3.3 Población y Muestra .....   | 38 |
| 3.4 Métodos usados para recolección de la información.....  | 38 |
| 3.4.1 Métodos empíricos.....  | 39 |
| 3.4.2 Métodos estadísticos.....   | 39 |
| 3.4.3 Métodos teóricos.....   | 39 |
| 3.5 Fases de la Investigación .....   | 40 |
| CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL.....  | 41 |
| 4.1 Descripción del procedimiento de mantenimiento actual.....                                      | 41 |
| 4.1.1 Mantenimiento con el personal interno de la Organización.....                                 | 42 |
| 4.1.2 Mantenimiento con contratistas eventuales .....   | 42 |
| 4.2 Diagnóstico y Evaluación de la Situación Actual .....   | 43 |
| 4.2.1 Aplicación de la Norma de mantenimiento 2500-93 .....   | 43 |
| 4.2.2 Evaluación de la gestión de mantenimiento con la aplicación de las 10 mejores practicas ..... | 46 |
| Fuente: elaboración propia.....   | 45 |
| CAPÍTULO V: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....                                     | 53 |
| 5.1 Listado de equipos que forman parte de la empresa Ovejita C.A.....                              | 53 |
| 5.2 Matriz de decisión para establecer el orden de criticidad de los equipos .....                  | 53 |
| 5.3 Selección de equipos.....   | 56 |
| 5.4 Planificación del mantenimiento preventivo propuesto .....                                      | 56 |
| 5.4.1 Zonificación de equipos.....  | 56 |
| 5.4.2 Inventario técnico de equipos.....  | 56 |
| 5.4.3 Clasificación de equipos.....   | 58 |

|   |    |
|---|----|
| 5.4.4 Tipo de mantenimiento seleccionado .....  | 58 |
| 5.4.5 Codificación de equipos .....   | 58 |
| 5.4.6 Orden de trabajo .....  | 59 |
| 5.4.7 Informe de trabajo realizado (ITR).....   | 59 |
| 5.5 Programación de Mantenimiento Preventivo .....  | 59 |
| 5.5.1 Programación de las rutinas de Mantenimiento Preventivo .....   | 59 |
| 5.5.2 Procedimiento Operativo Estándar (POE).....   | 60 |
| 5.5.3 Repuestos, insumos y herramientas necesarios para el plan de mantenimiento preventivo propuesto ..... | 62 |
| 5.5.4 Recursos Humanos.....   | 62 |
| 5.5.5 Elaboración de la carta Gantt.....  | 65 |
| 5.6 Propuesta de diseño de indicadores de la gestión de mantenimiento .....                                 | 66 |
| 5.7 Estudio económico.....  | 68 |
| 5.7.1 Costos del mantenimiento preventivo propuesto.....  | 68 |
| 5.7.2 Estudio de factibilidad económica .....   | 70 |
| CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 75 |
| 6.1 Conclusiones .....  | 75 |
| 6.2 Recomendaciones .....   | 77 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 79 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Pasos a seguir en la programación del mantenimiento preventivo. ....  | 24 |
| Figura 2: Componentes Principales de un Compresor.....  | 25 |
| Figura 3: Componentes principales de una Bomba.....   | 26 |
| Figura 4: Partes básicas de un Generador Eléctrico .....  | 27 |
| Figura 5: Componentes principales de una lámpara industrial.....  | 28 |
| Figura 6: Componentes principales de un Ventilador Industrial. ....   | 29 |
| Figura 7: Componentes principales de una máquina de coser.....  | 30 |
| Figura 8: Resultados de la aplicación de las Normas COVENIN 2500-93. ....   | 45 |
| Figura 9: Diagrama de Malla. ....   | 47 |
| Figura 10: Diagrama Ishikawa. Ausencia de un sistema de mejora continua, con respecto a la gestión de mantenimiento.....  | 49 |
| Figura 11: Diagrama de Pareto. Ausencia de un sistema de mejora continua, con respecto a la gestión de mantenimiento..... | 49 |
| Figura 12: Diagrama Ishikawa. Ausencia de un plan de mantenimiento preventivo..   | 50 |
| Figura 13: Diagrama de Pareto. Ausencia de un plan de mantenimiento preventivo.   | 50 |
| Figura 14: Diagrama Ishikawa. Deficiente gestión gerencial.....   | 51 |
| Figura 15: Diagrama de Pareto. Deficiente gestión gerencial .....   | 52 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Tabla 1: Turnos de Trabajo Diarios dentro de la Organización .....  | 41                                   |
| Tabla 2: Áreas con menor puntaje en la aplicación de la Norma COVENIN 2500-93.<br>.....   | 45                                   |
| Tabla 3: Resultados de la entrevista realizada para emitir la ponderación correspondiente de los criterios a evaluar en el análisis de criticidad. .... | 55                                   |
| Tabla 4: Rangos de criticidad establecidos, para cada nivel. ....   | 56                                   |
| Tabla 5: Estado de operatividad de las máquinas y equipos.....  | 57                                   |
| Tabla 6: Codificación de máquinas y equipos .....   | 58                                   |
| Tabla 7: Formato Procedimiento Operativo Estándar. ....   | 61                                   |
| Tabla 8: Tiempo de mano de obra disponible por los técnicos de guardia.....   | 63                                   |
| Tabla 9: Tiempo requerido por máquina y equipo de mantenimiento.....  | 64                                   |
| Tabla 10: Formato de Carta Gantt empleada.....  | 65                                   |
| Tabla 11: Costos de mano de obra. ....  | 69                                   |
| Tabla 12: Costo total de mantenimiento del plan propuesto.....  | 70                                   |
| Tabla 13: Costo de mantenimiento actual de la Organización .....  | 71                                   |
| Tabla 14: Costo de mantenimiento actual de la Organización. ....  | 71                                   |
| Tabla 15: Matriz de Cálculo de Regresión Lineal. ....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla 16: Proyección de inflación para los próximos (3) años. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>  |                                      |
| Tabla 17: Flujo actual neto .....   | 73                                   |
| Tabla 18: Flujo actual neto proyectado.....   | 73                                   |

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la gran mayoría de las empresas buscan mantener todos los puestos de trabajo operativos con la menor cantidad de fallas posible. Una buena gestión de mantenimiento puede ser resumida en la calidad, seguridad eficiencia y rentabilidad que esta le brinda a la empresa.

El mantenimiento se puede definir de una manera global como el conjunto de actividades realizadas, durante la vida operativa de las maquinas o equipos, destinadas a mantenerlos en el estado en que puedan realizar sus funciones designadas o restablecerlos en caso de una falla grave. Como la calidad representa un papel importante para la empresa para poder lograr un reconocimiento en el mercado latinoamericano, se requiere de un esfuerzo de toda organización, donde el departamento de mantenimiento no puede quedar fuera. En función de lograr este objetivo, la empresa requiere de un plan de mantenimiento que mejore continuamente los procesos llevados a cabo dentro de la organización.

El presente trabajo de grado, incluye todo lo necesario para diseñar un plan de mantenimiento preventivo ajustándose a las necesidades de la organización y mejorando continuamente sus procesos.

Esta investigación contiene cinco (5) capítulos que aportan todas las fases necesarias para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo estructurado.

**Capítulo I**, inicia con la información de la empresa, objeto de estudio en este trabajo; seguidamente presenta el planteamiento del problema, donde se identifica la necesidad del proyecto. Finalmente se muestra los objetivos, alcance y limitaciones que define lo que se pretende lograr y lo que abarca esta investigación.

**Capítulo II**, presenta todas las bases teóricas que se debe tener para el entendimiento de cada una de las fases presentadas en los siguientes capítulos.

**Capítulo III**, contiene el marco metodológico, donde se explica las técnicas y herramientas utilizadas para la recolección de información y análisis de la misma, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos.

**Capítulo IV**, Presenta la situación actual de la gestión de mantenimiento dentro de la organización, donde se analiza los procesos mediante la aplicación de la NORMA 2500-93 y las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento.

**Capítulo V**, conlleva todas las fases necesarias para materializar el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, que incluye el listado de las máquinas y equipos seleccionados por su nivel de criticidad, elaboración de rutinas de mantenimiento, formatos de control, recursos necesarios y un estudio económico del plan diseñado.

La implementación de este plan de mantenimiento busca la correcta operatividad de las máquinas y equipos seleccionados mediante el estudio de criticidad, así como mejorar la calidad ofrecida y aumentar la satisfacción del cliente.

## **CAPITULO I: SECCION INTRODUCTORIA**

### **1.1: Reseña histórica de la empresa**

El señor Werner Gams llegó a Venezuela en el año 1938, procedente de Alemania con un contrato de trabajo como mecánico textil. Le llamó la atención la oferta en occidente, debido al recuerdo de una estampilla que decía Venezuela, que le habían dado como premio en la escuela cuando era niño. Cuando emprendió este viaje junto con su familia, no se imaginaba que haría de esta su patria y dejaría un legado en nuestro país.

En el año 1945 logró independizarse con mucho esfuerzo. Compró unos telares y seis máquinas de coser destinadas como chatarra directo a la fundición. En un pequeño galpón alquilado en Catia, sin capital y apenas con unas pocas costureras, entre ellas algunas excompañeras de trabajo, nació la primera empresa que confecciona los productos bajo la marca Ovejita. Los primeros tiempos no fueron fáciles, Como no tenía dinero, pidió apoyo a un socio y fundaron la empresa que se llamó Confecciones Textiles - Izquierdo & Cía.

Después de siete años de dura lucha tuvieron que declararse en quiebra, y disolvieron la compañía para dar paso a Confecciones Textiles - Werner M. Gams. Poco a poco la familia se integró al negocio; así, hijos, yernos y nietos lo acompañaron en el desarrollo de la marca Ovejita. El señor Gams logró pagar las deudas a sus acreedores, y adquirió un galpón en la calle México de Catia para instalar la fábrica.

En el año 1960 el negocio marchaba bien, y compró un terreno para construir su propio edificio en la avenida principal de Alta Vista, Catia, el cual fue inaugurado ocho años después con el nombre Ovejita. A medida que fue creciendo la demanda, se fue ocupando la totalidad del lugar.

Se funda en el año 1974 Procesadora de Algodón Amazonas (PRODALAM) para satisfacer la demanda de hilados que ya empezaban a

escasear. Este fue el primer paso para controlar el proceso completo, y poder garantizar un producto de calidad que se ha mantenido por 70 años. Posteriormente en el año 1989 Se inició el proyecto de ventas directas al consumidor con la instalación de la primera tienda en el edificio Ovejita en Catia. Luego se adquiere en el año 1992 la empresa Tejidos Los Ruices, ubicada en Charallave, con la finalidad de mudar la tintorería a ese nuevo sitio, ya que el suministro de agua en Catia se empezaba a hacer crítico. Finalmente en el año 2007 se inaugura nuestro servicio de distribución en Charallave, con el objetivo de centralizar el proceso de recepción y despacho de mercancía a todo el país.

En la actualidad El negocio, que se inició con seis personas y una ilusión, cuenta ahora con más de dos mil trabajadores que forman parte de la Gran Familia Ovejita y que día a día confeccionan los sueños que con mucho esfuerzo dejó el fundador, el señor Gams. El organigrama de esta empresa puede observarse en el anexo A.1

### **1.1.1: Misión**

Proveer prendas y accesorios de vestir de óptima calidad, orientados a satisfacer el mercado latinoamericano, mejorando continuamente su productividad, calidad y rentabilidad.

### **1.1.2: Visión**

Ser reconocidos por la familia latinoamericana como el proveedor preferido de prendas y accesorios de vestir, por nuestros empleados como el mejor lugar para trabajar y por la comunidad como una organización socialmente responsable.

## **1.2: Antecedentes de la investigación**

Como base para diseñar este plan de mantenimiento propuesto se tomó en cuenta los siguientes trabajos de investigación.

El primer trabajo de investigación que se consideró como guía para la realización del presente trabajo de grado, es la llevada a cabo por los autores Laura J. Bustamante Z. y Joanna del V. Ramos Gil (Abril 2009), cuyo objetivo general es diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa que presta servicios en el área de telecomunicaciones.

Dicho trabajo de investigación inicio con la evaluación de la situación actual de la empresa mediante una auditoria interna. Posteriormente se aplicó un análisis estructural para priorizar la criticidad de las deficiencias. Luego se estudiaron los principios básicos del TPM para su aplicación dentro de la empresa; por último se propuso un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento.

Este trabajo de investigación contribuyo en el presente trabajo de grado en el manejo y aplicación de la norma covenin 2500-93 para tener un diagnóstico de la efectividad que presenta la gestión actual del departamento de mantenimiento.

El segundo trabajo de investigación tomado como referencia es el realizado por la autora Ferreira M. Alexandra y Rodríguez C. María Fernanda (Marzo 2011), con el objetivo general de proponer un plan de mantenimiento para los equipos que integran los sistemas vitales de una institución hotelera ubicada en Caracas.

Para lograr cumplir el objetivo general en este trabajo de investigación, se compilo la información de la gestión mantenimiento actual que presentaba el hotel. Posteriormente se diseñó el plan de mantenimiento para los equipos seleccionados, planificando y programando cada una de las actividades que se ajustaran a las necesidades de la empresa. Luego, se establecieron los formatos de control necesarios para monitorear la realización de cada una de las rutinas diseñadas y evaluar así la gestión del mantenimiento del plan propuesto. Adicionalmente se recopilaron los recursos materiales necesarios para ejecutar cada una de las actividades y finalmente se diseñaron los

indicadores de gestión que permitieran evaluar rutinariamente la gestión de mantenimiento y poder mejorar continuamente su sistema de gestión.

Este trabajo de investigación proporcionó la metodología al presente trabajo de grado, ya que su estructura permitió servir de guía para la aplicación de cada una de las fases de la investigación.

### **1.3: Planteamiento del problema**

Ovejita C.A. ubicada en Alta Vista Catia es la sede más grande y antigua del grupo empresarial; cuenta con un área superficial de 15.000  $m^2$  donde se encuentran áreas como: confección, corte, estampación, control de calidad, empaque, almacén y despacho dando lugar a un mil ciento quince (1.115) trabajadores los cuales se encargan de las labores de dichas áreas de trabajo.

Debido al acelerado crecimiento del Grupo Textil Ovejita C.A. y además de la gran cantidad de trabajadores que disponen en la sede Ovejita C.A. ubicada en Alta Vista Catia, no se ha logrado documentar un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción, esta situación se presenta desde sus inicios dando resultados aceptables pero que, conforme pasa el tiempo, las máquinas y equipos envejecen aumentando así las necesidades en cuanto a conservación.

El esfuerzo generado por la sección de Mantenimiento, función empresarial que se encarga de la Conservación, Orden y Limpieza de las máquinas y equipos con la que cuenta la sede Ovejita C.A., resulta insuficiente para atender las necesidades de la empresa debido al crecimiento exponencial que ha tenido en los últimos años. Esta situación se presenta cuando, el departamento de mantenimiento solo se dedica a atender trabajos de emergencia porque no tiene la capacidad de planificar su trabajo para brindar un mantenimiento de índole preventivo.

Actualmente la empresa está presentando una serie de problemas que están afectando el rendimiento de las máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción:

- El personal no es suficiente para atender satisfactoriamente el mantenimiento a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción.
- Se observa la carencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo aplicado a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción, generándose que las acciones referentes a conservación de dichos equipos no se realicen con un criterio y orden específicos, evitando que se pueda conocer los avances de las acciones de mantenimiento que se ejecutan.
- No existen las rutinas de Mantenimiento aplicado a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción que permitan establecer las frecuencias diarias, semanales, mensuales y trimestrales; lo que ocasiona que el equipo de mantenimiento no tenga una organización y actividades fijas que les permita cubrir las necesidades en cuanto a conservación que la empresa demanda.
- Se puede constatar que el almacén de mantenimiento no tiene los insumos necesarios para ejecutar las actividades de mantenimiento de máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción, razón por la cual los trabajadores dedicados a llevar a cabo estas actividades no cuentan con las herramientas y materiales para cumplir con las cargas de trabajo.

Actualmente el ente regulador El Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (INPSASEL) ha inspeccionado a la empresa dejando claro que se están violando los artículos 59 numerales 1, 2 y 3, artículo 62 de la LOPCYMAT, artículo 792 del RCHST, y la NT-01-2008, catalogándola como una falta GRAVE que vista la situación de una manera global y pudiendo

valorarla desde una posición en que no se haga nada al respecto, se tendrían consecuencias de mayor envergadura debido que de no revertir la situación se hará una multa de cuarenta(40) a setenta y cinco(75) unidades tributarias por cada trabajador afectado, siendo esto una suma considerable debido a que la empresa cuenta con un mil ciento quince (1.115) trabajadores, por lo que se llegó a la conclusión que hace falta un plan de mantenimiento preventivo aplicado a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción.

En el presente trabajo de grado se espera dar respuesta a la siguiente interrogante:

**¿De qué manera se puede diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a máquinas y equipos utilizados en los procesos y áreas de producción en la empresa Ovejita C.A.?**

#### **1.4: Objetivos del Estudio**

##### **1.4.1: Objetivo General**

Diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo aplicado a Máquinas y Equipos utilizados en los procesos y áreas de Producción en una empresa textil.

##### **1.4.2: Objetivos específicos**

- Analizar la actual Gestión de Mantenimiento Preventivo aplicado a Máquinas y Equipos utilizados en los procesos y áreas de Producción de la empresa.
- Establecer la cantidad de materiales y herramientas necesarias para poder llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

- Determinar el personal necesario para cumplir debidamente la carga laboral de mantenimiento.
- Desarrollar la planificación de las actividades de mantenimiento
- Elaborar los procedimientos de las actividades de mantenimiento.
- Establecer la viabilidad técnica y económica del Plan de Mantenimiento Preventivo.

### **1.5: Alcances**

- Se realizarán entrevistas al personal del departamento de mantenimiento, así como encuestas y la aplicación de la norma COVENIN 2500-93 con la finalidad de recolectar información que pueda ser de utilidad para analizar la Gestión actual en el departamento frente al Mantenimiento Preventivo aplicado a Máquinas y Equipos utilizados en los procesos y áreas de Producción.
- Se hará uso de una relación de numero de fallas versus cantidad de materiales y herramientas con el fin de conocer las necesidades de implementos de trabajo que necesita la empresa para llevar a cabo el Mantenimiento Preventivo aplicado a Máquinas y Equipos utilizados en los procesos y áreas de Producción.
- Se hará uso de una relación de carga de trabajo versus número de empleados necesarios para así conocer la cantidad total de mano de obra que se requiere para cubrir la demanda de Conservación que presenta la empresa en las Máquinas y Equipos de estudio.
- Se diseñará un cronograma de Mantenimiento Preventivo con la finalidad de conocer las actividades que se deben realizar durante el año donde se represente las frecuencias con la que se ejecutara el mantenimiento a los equipos de estudio.
- Se realizarán formatos que representen las distintas actividades necesarias para la estandarización de las rutinas de mantenimiento preventivo de los equipos de estudio.

- Se establecerá una comparación de la viabilidad técnica y económica actual versus la viabilidad técnica y económica del Plan de Mantenimiento Preventivo a Máquinas y Equipos utilizados en los procesos y áreas de Producción.

## **1.6 Limitaciones**

- La aplicación de la encuesta y entrevista al personal de mantenimiento, estarán sujetas a la aceptación y disponibilidad de horarios de los trabajadores.
- Debido a la posible inexistencia de un registro y análisis detallado de fallas y un correcto control de inventario de herramientas y materiales, se dificultara realizar una relación para conocer las necesidades que presenta la empresa para llevar a cabo las labores de mantenimiento, por lo que se recurrirá a entrevistar a los trabajadores del departamento de mantenimiento donde se identificara los tipos de herramientas y materiales necesarios que el personal requiere para poder ejecutar las rutinas de mantenimiento.
- Para la relación carga de trabajo vs número de empleados necesarios se hará uso de indicadores que reflejen la cantidad óptima de trabajadores por la cantidad de Máquinas y Equipos a conservar.
- Este trabajo debe considerarse como un punto de partida para una correcta política de mantenimiento preventivo.
- Los procedimientos del mantenimiento preventivo estarán sujeto a la disponibilidad de los manuales o en su defecto a la experiencia de los trabajadores que prestan servicios a las máquinas y equipos de estudio.
- La empresa maneja políticas de confidencialidad con respecto a los costos de las herramientas y materiales que se otorgan a los trabajadores destinados a la conservación de las máquinas y equipos lo cual dificulta la comparación desde el punto de vista financiero.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

El siguiente capítulo brinda a la investigación los conceptos fundamentales que permiten abordar el problema de una manera coherente. A continuación, se describe los conocimientos básicos que se deben tener para la realización del diseño de un plan de mantenimiento preventivo.

### **2.1 Conceptos fundamentales**

#### **2.1.1 Mantenimiento**

“El mantenimiento es la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas”<sup>1</sup>

#### **2.1.2 Tipos de mantenimiento**

Existen varios tipos de mantenimiento, pero los más utilizados según Salih O. Duffuaa (2002) son:

##### ***2.1.2.1 Mantenimiento correctivo o por falla***

Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación, hasta que falle.<sup>2</sup>

##### ***2.1.2.2 Mantenimiento preventivo***

###### ***2.1.2.2.1 Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso***

El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. El mantenimiento

---

<sup>1</sup> Sistemas de mantenimiento, planeación y control. Duffua, Raouf, Dixo. Año 2000, Pág. 29.

<sup>2</sup> Id.1

preventivo con base en el uso o en el tiempo, se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o mediante un calendario establecido. Requiere un alto nivel de planeación y las rutinas específicas que se realizan son conocidas, así como sus frecuencias.<sup>3</sup>

#### *2.1.2.2 Mantenimiento preventivo con base en las condiciones*

Este mantenimiento preventivo se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros claves del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de éste. A esta estrategia también se le conoce como mantenimiento predictivo.<sup>2</sup>

### **2.1.3 Planificación del mantenimiento preventivo**

“Conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados” (I.M Luis Alberto Cuartas Pérez 2008)

Para realizar la planificación del mantenimiento es necesario<sup>3</sup>

- ✓ Zonificación de la empresa
- ✓ Efectuar un Inventario de equipos
- ✓ Auditoría Técnica
- ✓ Clasificación de los equipos
- ✓ Selección del tipo de mantenimiento
- ✓ Codificación de los Implementación de materiales, herramientas y recursos humanos
- ✓ Formatos de control

---

<sup>3</sup> Id.2

#### **2.1.4 Orden de trabajo (O/T)**

Es el medio por el cual se ejecuta cada tipo de trabajo de mantenimiento, tanto si su alcance es principal o secundario. Se utilizan como base para emitir órdenes posteriores cuando se tiene el costo estimado del trabajo de mantenimiento a realizar.

#### **2.1.5 Informe de trabajo realizado (ITR)**

El ITR es un formulario donde se debe registrar el trabajo realizado detallando los materiales, herramientas, repuestos, partes o piezas que se requerirán en el futuro, recomendaciones, mano de obra utilizada y el tiempo empleado en la actividad ejecutada. Al mismo tiempo debe contener la firma del responsable de su ejecución y del supervisor respectivo que avale la información entregada. Este informe se usa como base para el control de inventario, costo e inversión.<sup>4</sup>

#### **2.1.6 Hoja de vida**

La hoja de vida de un equipo es un formato de trabajo propio de cada organización, donde se registra el nombre, función del equipo, sistema al cual pertenece, ubicación física, marca, modelo, serial, condiciones eléctricas y mecánicas importantes y en general todas aquellas especificaciones que se consideren útiles.

#### **2.1.7 Programación de mantenimiento preventivo**

La necesidad de elaborar y evaluar cada parte de un conjunto interrelacionado de decisiones antes de que se inicie una acción, de asignar recursos, de contar con fecha de iniciación y de determinación de cada actividad del proyecto, y el control de proceso completo, que aunque

---

<sup>4</sup> Gestión de planes de Mantenimiento. Ing Ribis, Sebastian (2013).

separadas están interrelacionadas y que deben ser considerados para producir un plan y un programa, haciéndose necesario un sistema dinámico de planificación, programación y control.<sup>5</sup> En la Figura N° 1 se puede visualizar los pasos a seguir en la programación del mantenimiento preventivo.



**Figura 1: Pasos a seguir en la programación del mantenimiento preventivo.**  
Fuente: Elaboración propia.

### **2.1.8 Carta Gantt**

El diagrama de Gantt es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

### **2.1.9 Indicadores de la gestión de mantenimiento**

Los Indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes, de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

### **2.1.10 Análisis de Criticidad**

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de

---

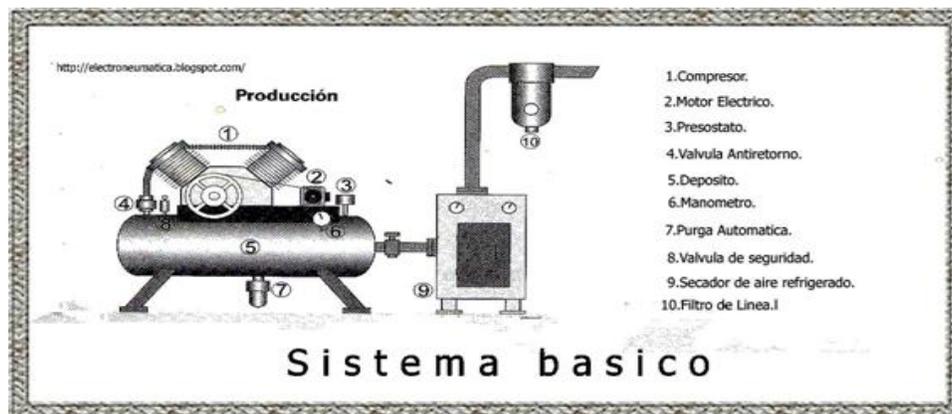
<sup>5</sup> MPT de sistemas de mantenimiento. Duffua, (2002) Pag 363

decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.<sup>6</sup>

## 2.2 Sistemas Críticos

### 2.2.1 Compresor

Estas máquinas cumplen la función de incrementar la presión que posee un fluido. Este con el aumento de presión adquiere la capacidad de desplazar fluidos compresibles, como es el caso de los gases. Las principales partes de un compresor son: carcasa, cabezal, cilindro, biela y manivela, manómetros, cigüeñal, válvula de aspiración y descarga, motor, engrase, regulador, válvula de retención, protectores térmicos, prensaestopas, tanque.<sup>7</sup> En la siguiente figura se observa las partes básicas de un compresor.



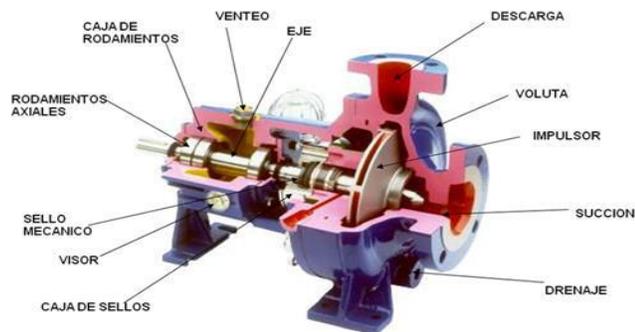
**Figura 2: Componentes Principales de un Compresor**  
Fuente: Revista educativa Partesdel.com,

<sup>6</sup> Editorial Web de negocios y gestión de eventos de fiabilidad mantenimiento y gestión de activos. Fuente: <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope> (2016)

<sup>7</sup> Revista educativa Partesdel.com, equipo de redacción profesional. (2017, 10). Partes de un compresor. Equipo de Redacción PartesDel.com. Obtenido en fecha 05, 2018, desde el sitio web: <https://www.partesdel.com/compresor.html>.

### 2.2.2 Bombas

Las bombas centrifugas son equipos que se emplean para impulsar y elevar la presión de un fluido. Estos equipos cuentan con tableros de control para su accionamiento ya que funcionan junto a un motor eléctrico el cual provee la potencia al impulsor. Las principales partes de una bomba son: eje, venteo, caja de rodamientos, sello mecánico o de grafito, visor, drenaje, succión, impulsor, voluta, descarga y eje<sup>8</sup> En la siguiente figura se pueden observar las partes básicas de una bomba.



**Figura 3: Componentes principales de una Bomba**

**Fuente: Salvador de las Heras. Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas.**

### 2.2.3 Generador eléctrico

Un generador eléctrico es un dispositivo que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Dicha transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura, también llamada estator. El generador eléctrico está compuesto de una serie de elementos a través de los cuales consigue operar correctamente.

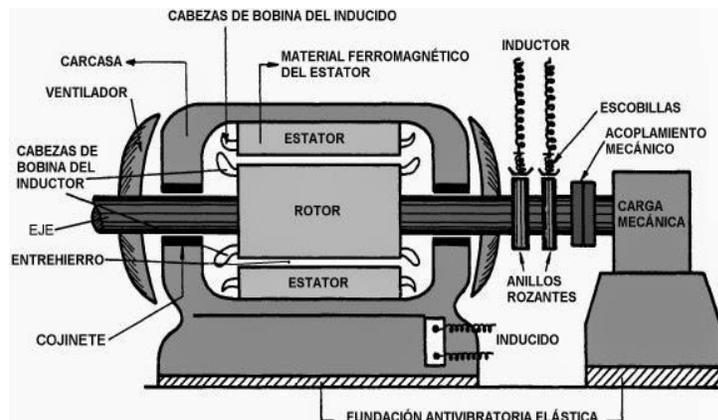
---

<sup>8</sup> . Salvador de las Heras. Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas. Iniciativa digital de la Universidad Politécnica de Catalunya. Diciembre (2011.)Pág. 163

- **Motor:** Es la parte más importante porque es la fuente de la fuerza mecánica inicial.
- **Alternador:** Es el encargado de la producción de la salida eléctrica y de entrada mecánica en los generadores eléctricos.

A su vez, el alternador está formado por el estator cuya parte es fija a la máquina, tiene forma de cilindro hueco y el rotor se encuentra en el interior del estator. Entre el estator y el rotor existe una holgura denominada entrehierro, la cual impide que ambas partes rocen entre sí. En el entrehierro tienen lugar los fenómenos electromagnéticos que permiten la conversión de energía eléctrica en mecánica y viceversa.

El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas. En el rotor de la máquina se encuentra un núcleo magnético, bien cilíndrico o bien de polos salientes, sobre el que se coloca el devanado, bobinado o arrollamiento del rotor. El núcleo magnético tiene un hueco central donde se sitúa el eje o árbol de la máquina, el cual se fija rígidamente al mismo mediante una chaveta (Ver figura 4).<sup>9</sup>



**Figura 4: Partes básicas de un Generador Eléctrico**

Fuente: Katolight Installation Guide for Katolight standby power systems

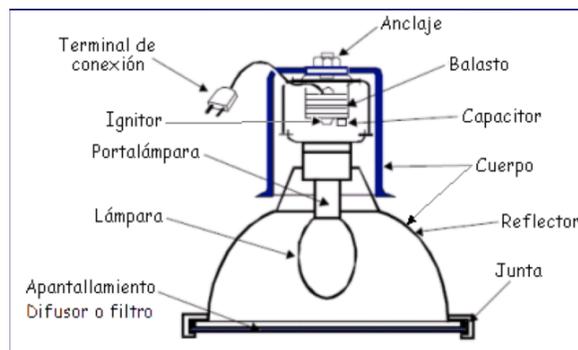
<sup>9</sup> Katolight Installation Guide for Katolight standby power systems. Katolight Corporation.

### 2.2.3.1 Máquina de corriente continua

Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución<sup>10</sup>

### 2.2.4 Lámpara industrial

Es un dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarla y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación. Las principales partes de una lámpara industrial son: balast, capacitor, reflector, apantallamiento, terminal de conexión, ignitor, junta, anclaje. <sup>11</sup> En la siguiente imagen se puede observar las partes básicas de una lámpara industrial.



**Figura 5: Componentes principales de una lámpara industrial.**

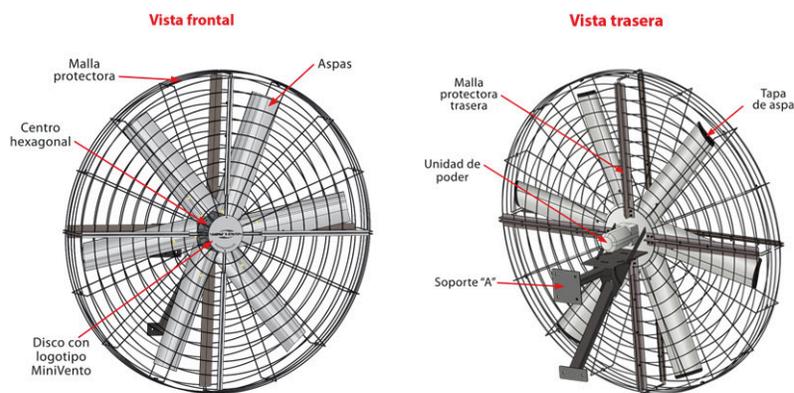
Fuente: Katolight Installation Guide for Katolight standby power systems

---

<sup>10</sup> Katolight Installation Guide for Katolight standby power systems. Katolight Corporation.

## 2.2.5 Ventilador industrial

Los ventiladores industriales son utilizados en los procesos industriales para transportar aire y gases. Están fabricados para resistir condiciones de operación severas, tales como altas temperaturas y presiones.<sup>11</sup> Las principales partes de un ventilador industrial son: aspas, cubierta frontal, cubierta trasera, motor, interruptor, montaje en pared. En la siguiente imagen se puede observar las piezas básicas de un ventilador industrial.



**Figura 6: Componentes principales de un Ventilador Industrial.**

Fuente: <https://www.quiminet.com/articulos/que-son-los-ventiladores-industriales-15349.htm>

## 2.2.6 Máquina de coser

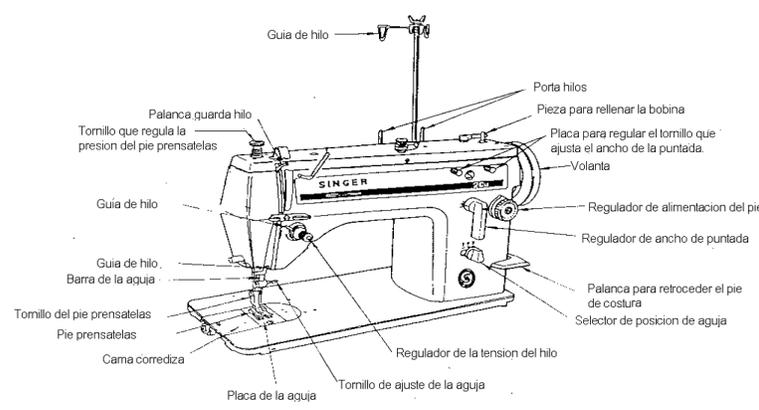
Se conoce como máquina de coser aquel dispositivo mecánico o electromecánico utilizado para crear uniones entre tejidos, utilizando para ello un hilo. Para coser las máquinas pueden usar uno, dos, tres, cuatro o más hilos, por ello también existen diversos tipos de máquinas, sin embargo, lo más habitual es la puntada de dos hilos.<sup>12</sup> Las principales partes de una máquina de coser son: Cabezote, Lanzadera, Aguja, Volante, Mueble, Tapa frontal, Dientes,

---

<sup>11</sup> Alvarez, Miryam. ¿Por qué usar ventiladores industriales y como elegirlos? Fuente: <http://www.purificadordelaire.es/por-que-usar-extractores-de-aire/> / Febrero (2014)

<sup>12</sup> Manual de máquina de coser singer.

Cajetín extraíble, Pedal, Devanador de bobina, Eje de carrete, Pulsador de retroceso, Selector de puntadas, Enchufe hembra del pedal, Barra de aguja, Palanca tira hilo, Control de anchura de puntada, Dispositivo de bobinado de la canilla, Rueda de graduación, Prensa tela, Regulador de longitud puntada, Interruptor principal de la luz de cosido. En la siguiente imagen se muestra las piezas básicas de una máquina de coser



**Figura 7: Componentes principales de una máquina de coser.**

Fuente: [https://www.partesdel.com/partes\\_de\\_la\\_maquina\\_de\\_coser.html](https://www.partesdel.com/partes_de_la_maquina_de_coser.html)

### 2.3 Diagrama Causa-Efecto

Los diagramas de pescado, también conocidos como diagramas de causa-efecto, consisten en definir la ocurrencia de un evento o problema, el efecto, como la “cabeza del pescado” y después identificar los factores que contribuyen, es decir las causas, como el “esqueleto del pescado” que sale del hueso posterior de la cabeza. Las causas principales se dividen en cuatro o

cinco categorías principales: humanas, maquina, métodos, materiales y entorno, cada una dividida en sub-causas.<sup>13</sup>

## **2.4 Diagrama de Pareto**

Es una técnica desarrollada por el economista Pareto donde explica la concentración de la riqueza o problemas. En el análisis de Pareto, los artículos de interés a estudiar, se identifican y se miden en una escala común y después se acomodan en orden ascendente, creando una distribución acumulada. Por lo común, 20% de los artículos clasificados representan 80% o más de la actividad total.

## **2.5 Depreciación**

Es la reducción del valor histórico de las propiedades, planta y equipo por su uso o caída en desuso. La contribución de estos activos a la generación de ingresos del ente económico debe reconocerse periódicamente a través de la depreciación de su valor histórico ajustado. Con el fin de calcular la depreciación de las propiedades, planta y equipo es necesario estimar su vida útil y, cuando sea significativo, su valor residual<sup>14</sup>

## **2.6 Método de línea recta**

Es el método de depreciación más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto. Este método distribuye el valor histórico ajustado del activo en partes iguales

---

<sup>13</sup> Niebel, B y Freivalds, A (2004). Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Editorial Alfa-Omega. Mexico, D.F, Pág. 24 y 25.

<sup>14</sup> SPILLER, Earl A., Jr; GOSMAN Martin L. Contabilidad financiera. México D.F: Mc Graw Hill. 1988.

por cada año de uso. Para calcular la depreciación anual basta dividir su valor histórico ajustado entre los años de vida útil.<sup>15</sup>

$$DEPRECIACION ANUAL = \frac{VALOR DEL ACTIVO - VALOR RESIDUAL}{vida util} \text{ (Ecuación 1)}$$

## 2.7 Técnicas de valoración económica

La selección de un proyecto industrial no puede realizarse arbitrariamente, sino que debe ser el resultado de una decisión cuidadosa, basada sobre consideraciones objetivas. Las técnicas de valoración económica miden las ventajas y desventajas de un proyecto y lo compara con otros, con el propósito de que los recursos disponibles sean asignados a aquellos proyectos que sean más factibles, de esta forma, guían la selección de un curso particular de acción de entre varias alternativas por métodos cuantificados. Algunas de estas técnicas son:

### 2.7.1 Valor actual neto (VAN)

Es la diferencia entre los flujos anuales netos (expresados en moneda actual) y la inversión inicial en el año cero (0) del periodo de evaluación. En otras palabras, el Valor Actual Neto es equivalente al valor actualizado al año cero de los flujos de caja netos actuales del proyecto.<sup>16</sup>

El VAN se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = \frac{\Sigma FAN}{(1+TMAR)^n} - I_0 \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

---

<sup>15</sup> Leland Blank & Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. Editorial Mc Graw Hill Sexta edición (2002) Pag. 224-245

<sup>16</sup> Id. 15.

VAN = Valor Actual Neto

N = Numero de Periodo de Evaluación

FAN = Flujo Actual Neto

IO = Inversión Inicial

TMAR = Tasa Mínima Atractiva de Retorno

Los criterios de aceptación o rechazo de un proyecto según el VAN son los siguientes:

- a) Si  $VAN > 0$ , el plan permite un ahorro de unidades monetarias por encima de lo exigido y, por lo tanto, el plan es factible.
- b) Si  $VAN \leq 0$ , el plan propuesto no logra una disminución de los costos y, por tanto, el plan no es factible.

### **2.7.2 Método de Regresión: Regresión Exponencial**

Es una técnica de Análisis Numérico en la que, dados un conjunto de pares o ternas se intenta encontrar la función que mejor se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"). En su forma más simple, intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos. Este método sólo sirve para ajustar modelos lineales. A partir del método de los mínimos cuadrados se obtienen las Ecuaciones de Regresión y tienen varias aplicaciones: Descripción y construcción de modelos, Predicción y estimación, Estimación de parámetros y Control, entre otras. Aunque la regresión lineal, tiene aplicación en muchos problemas, en algunos casos, la relación que liga las variables exige la utilización de ajustes no lineales. No obstante, incluso en estas últimas situaciones, por su sencillez suele aplicarse la regresión lineal aprovechando el que casi toda función (curva) puede aproximarse por una recta en un pequeño dominio. El método exponencial establece que la ecuación

general para realizar estimaciones sobre una variable de estudio tiene la siguiente expresión:

$$Y = ab^x \quad (4)$$

El método exige transformar la función exponencial en una función lineal. Esto se hace tomando logaritmos en la ecuación general, de modo que la expresión resultante con esta transformación es la siguiente:

$$\log(Y) = \log(a) + x\log(b) \quad (5)$$

La expresión anterior corresponde con la ecuación de una recta punto-pendiente ( $Y = A + BX$ ), solo que está expresada en términos de logaritmos. De esta forma, los parámetros de la ecuación general pueden obtenerse de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$a = a\log(A) = 10A \quad (6)$$

$$b = a\log(B) = 10B \quad (7)$$

### 2.7.3 Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Arroja el valor mínimo de la tasa, necesario para que un plan propuesto sea financieramente aceptable<sup>17</sup> .

Para ello se utiliza la Ecuación:

$$TMAR = I + F + I * F \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

TMAR= Tasa Mínima Atractiva de Retorno

---

<sup>17</sup> Leland Blank & Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. Editorial Mc Graw Hill Sexta edición (2002).

I= Tasa Inflacionaria Promedio

F= Tasa de Riesgo

#### **2.7.4 Flujo Actual Neto y Projectado (FANP)**

Corresponde a la cantidad de efectivo real que entra y sale durante el periodo de tiempo en estudio.<sup>19</sup>

$$FANP = FAN \cdot (1+I)^n \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

FANP= Flujo Actual Neto Projectado

FAN= Flujo Actual Neto= Tasa Inflacionaria Promedio

### **2.8 Validación de encuestas**

“Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir”<sup>18</sup>. El cuestionario es el instrumento a través del cual se recoge la información sobre las variables en estudio. Cuestionarios defectuosos ofrecen una visión sesgada de la realidad que se está analizando, por lo tanto, necesita de algún tipo de validación.

#### **2.8.1 Evaluación de la Validez**

Existen diversos métodos o estrategias para obtener evidencia de la validez de las encuestas que apoye las deducciones derivadas de los resultados. Uno de los métodos de validación más usado es el de Validez de contenido.

---

<sup>18</sup> HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. Metodología de la Investigación, Mc Grow Hill (2000) Pag 278

### **2.8.2 Validez de contenido**

Se pretende comprobar cuáles de los aspectos elegidos o preguntas que se hacen son indicadores claros de lo que se pretende medir. Para ello hay que someter el cuestionario a la valoración de investigadores y expertos que deben juzgar la capacidad de este para evaluar todas las dimensiones que se desean medir.

## **CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

El siguiente capítulo desarrolla el análisis y la valoración crítica de los métodos usados, donde explica los procedimientos y técnicas consideradas como importantes para la recolección y análisis de la información requerida por los objetivos del estudio. “La metodología del proyecto incluye el tipo de investigación o tipos de investigación, la técnica y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “como” se realizará el estudio para responder el problema planteado”<sup>19</sup>

### **3.1 Nivel de la Investigación**

Existen varios tipos de nivel de investigación entre los cuales se encuentra el tipo exploratorio, descriptivo o explicativo. El nivel de investigación es el grado de profundidad con que ataca el proyecto.

La investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suceso con establecer su estructura o comportamiento”. Este trabajo de grado se considera un nivel de investigación de tipo descriptiva, debido que se caracteriza el mantenimiento actual y el mantenimiento propuesto a detalle, proporcionando todos los aspectos importantes de sus sistemas y procedimientos.

### **3.2 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es la estrategia que se utilizara para responder al planteamiento del problema y objetivos donde el presente trabajo de grado se sitúa en un tipo de investigación de campo, la cual “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los

---

<sup>19</sup> Arias, Fidias G. El proyecto de investigación. Editorial Episteme. Caracas (1999). Tercera edición. Página 19

hechos”.<sup>20</sup> El presente proyecto de un diseño de mantenimiento preventivo se realizó dentro de las instalaciones de la empresa Ovejita C.A.

El tipo de investigación de puede clasificar en experimental y no experimental. “En el diseño no experimental se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen”.<sup>22</sup> En el presente trabajo de grado se analiza una situación existente, para posteriormente mejorar el escenario actual de la empresa mediante la propuesta de un diseño de mantenimiento preventivo.

### **3.3 Población y Muestra**

Para el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se recolecto los datos e información necesaria de toda la población del personal de mantenimiento, ya que tienen los conocimientos necesarios para llevar a cabo dicho plan propuesto. Debido a que se trabajó con la totalidad del personal de mantenimiento no fue necesario realizar ningún tipo de muestreo para la recolección de información. En la sección de anexos A.2 se muestra una tabla, con la descripción del personal que formo parte de la población en este trabajo de grado.

Con respecto a las máquinas y equipos existentes en la empresa, solo se tomó en consideración a las unidades que presentaran una criticidad alta o muy alta, dando como resultado (584 unidades) de una población de (614 unidades).

### **3.4 Métodos usados para recolección de la información**

Para obtener información existen distintas formas o maneras entre las cuales se encuentra el método empírico, estadístico y teórico.

---

<sup>20</sup> Palella Stracuzzi, Santa. Metodología de la investigación cualitativa. Editorial FedupeL. Caracas, Venezuela (2006). Segunda edición. Página .87

### **3.4.1 Métodos empíricos**

“Los métodos empíricos permiten la obtención y elaboración de los datos empíricos y el conocimiento de los hechos fundamentales que caracterizan a los fenómenos”<sup>21</sup>

Para el desarrollo de este proyecto se llevaron a cabo distintos métodos empíricos, entre ellos se encuentra la observación directa, empleada para la obtención de información de la situación actual de la empresa, procedimientos de mantenimiento, actualización de inventario de máquinas y equipos. Se hizo uso de encuestas con la finalidad de resaltar algunos aspectos importantes de la empresa. Por último, se realizó entrevistas no estructuradas al personal de mantenimiento, debido a la falta de documentación e información que padece el departamento para así poder recopilar las rutinas y los procedimientos de mantenimiento.

### **3.4.2 Métodos estadísticos**

“Los métodos estadísticos cumplen una función relevante, ya que contribuyen a determinar la muestra de sujetos a estudiar, tabular los datos empíricos obtenidos y establecer las generalizaciones apropiadas a partir de ellos”

Para el presente trabajo de grado se hizo uso de la estadística descriptiva, para así lograr establecer los distintos niveles de criticidad de las máquinas y equipos de la empresa mediante una distribución normal.

### **3.4.3 Métodos teóricos**

“Los métodos teóricos crean las condiciones para ir más allá de las características fenoménicas y superficiales de la realidad, explicar los hechos

---

<sup>21</sup> Hernández M, Edelsys. Metodología de la investigación. Escuela Nacional de Salud Pública (2006).Página31

y profundizar en las relaciones esenciales y cualidades fundamentales de los procesos no observables directamente”.<sup>23</sup>

En el presente trabajo de grado se aplica como método teórico el “análisis y síntesis” de todo lo que conlleva la gestión de mantenimiento actual y el plan propuesto a las máquinas y equipos de la empresa.

### **3.5 Fases de la Investigación**

Para el desarrollo de este trabajo de grado se listan las distintas etapas de la investigación:

1. Levantamiento y análisis de la situación actual de mantenimiento, mediante el empleo de la Norma 2500-93 y las diez (10) mejores prácticas de la gestión del mantenimiento.
2. Caracterización de los equipos
3. Diseño de formatos de control
4. Programación del mantenimiento preventivo
5. Diseño de indicadores de gestión
6. Estudio de costos y factibilidad económica

## CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se muestra la gestión actual del departamento de mantenimiento frente a las máquinas y equipos con las que cuenta la empresa Ovejita C.A. Con el fin de representar lo mencionado anteriormente se hizo uso de dos diagramas de flujo. Finalmente, se diagnosticará y se evaluará la actual gestión de mantenimiento mediante la aplicación de la norma COVENIN 2500-93 y el estudio de las 10 mejores prácticas de la gestión de mantenimiento, para luego describir las virtudes y defectos del sistema de mantenimiento

### 4.1 Descripción del procedimiento de mantenimiento actual

El departamento de mantenimiento se dedica a la corrección de fallas que presentan las máquinas y equipos de la empresa, estas actividades se ejecutan de dos maneras: las que se llevan a cabo por el personal interno de la organización y las realizadas por un personal subcontratado.

La empresa maneja un tipo de subcontratación:

**Contratista eventual:** Es el personal que ejecuta el mantenimiento cuando se le solicita y tienen un costo que depende del trabajo que se realiza. No se lleva ningún registro, documentación o planificación, de las actividades que se lleva a cabo, debido que las mismas se realizan solo cuando el jefe de mantenimiento lo considera necesario. Las actividades se ejecutan dentro de los tres turnos de trabajo de la organización, descritos a continuación:

Tabla 1: Turnos de Trabajo Diarios dentro de la Organización

| Turnos de Trabajo | 1° Turno          | 2° Turno          | 3° Turno |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Horario           | 5:30am-<br>1:30pm | 1:30pm-<br>9:30pm | 7am-4pm  |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1 Mantenimiento con el personal interno de la Organización

La organización cuenta con tres (3) técnicos, que se encuentran divididos en tres (3) unidades. Dichos técnicos laboran en el turno 3 de la empresa. En el anexo B.1 se expone por medio de un diagrama de flujo el proceso que ejecuta el personal interno luego de que se emite una orden de trabajo (O.T).

Actualmente el personal interno se encarga del 95,11 % del total de las máquinas y equipos. Este cálculo puede observarse a continuación:

$$\% \text{ equipos MDO interna} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Equipos (MDO interna)}}{\text{Total de equipos}} = \frac{584}{614} * 100 = 95,11\%. \text{ (Ecuación 7)}$$

Es importante resaltar que el personal de mantenimiento no recibe por parte de la empresa ningún tipo de adiestramiento para la realización de las actividades de mantenimiento.

#### 4.1.2 Mantenimiento con contratistas eventuales

Actualmente la organización mantiene relación con tres empresas contratistas que tienen un costo variable. Dichas empresas son las encargadas de ejecutar el mantenimiento de tipo correctivo y en ocasiones preventivo a las siguientes máquinas y equipos: ascensor, montacargas y generador eléctrico. Es de suma importancia para la empresa las actividades que ejecutan estos contratistas debido a que no se tiene un sistema de respaldo para las máquinas y equipos antes mencionada.

Actualmente el personal interno se encarga del 0.81 % del total de las máquinas y equipos. Este cálculo puede observarse a continuación:

$$\% \text{ equipos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Equipos (contratistas eventuales)}}{\text{Total de equipos}} = \frac{5}{584} * 100 = 0.81\% \text{ contratistas eventuales. (Ecuación 8)}$$

En el anexo B.2 se expone por medio de un diagrama de flujo el proceso que ejecuta los contratistas eventuales cuando se requiere sus servicios.

## **4.2 Diagnóstico y Evaluación de la Situación Actual**

Para el desarrollo del presente trabajo especial de grado, se realizó un recorrido en las instalaciones de la empresa para determinar el estado en que se encuentran las máquinas y equipos, resultando que se maneja un inventario de máquinas y equipos no actualizados de 614 unidades (527 operativos y 87 fuera de servicio). Se evidencio en la mayoría de la máquina y equipos la ausencia o deterioro de las placas de identificación, dificultando la actualización del inventario.

Finalmente se constató una falta de documentación, ordenes de trabajo, que muestren las actividades que llevan a cabo los técnicos de mantenimiento, así como la reparación de fallas, repuestos y materiales consumidos en la ejecución de las mismas.

### **4.2.1 Aplicación de la Norma de mantenimiento 2500-93**

La Norma COVENIN 2500 – 93 “contempla un método cuantitativo, para la evaluación de sistemas de mantenimiento, en empresas manufactureras, para determinar la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta al mantenimiento mediante el análisis y calificación de los siguientes factores:

- Organización de la empresa.
- Organización de la función de mantenimiento.
- Planificación, programación y control de las actividades de Mantenimiento.
- Competencia del personal.”

Para la aplicación de esta norma se deben conocer dos definiciones, las cuales serán evaluadas durante este estudio:

**Principio Básico:** Es aquel concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos de mantenimiento.

**Deméritos:** Es aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio.

La norma COVENIN 2500-93 trae consigo una ficha de evaluación, la cual se procedió a rellenar cada uno de los principios básicos que esta contiene, respetando los valores máximos que se le puede asignar si la empresa pone en práctica dicho principio básico o de lo contrario se le asigna un valor (0) cero para indicar que no es aplicado. Es importante resaltar que, según la norma, si puntuación máxima total obtenida en la ficha de evaluación se acerca a 2500 puntos, se considera que se tiene una buena gestión de mantenimiento en la institución evaluada.

#### ***4.2.1.1 Resultados de la aplicación de la NORMA COVENIN 2500-93***

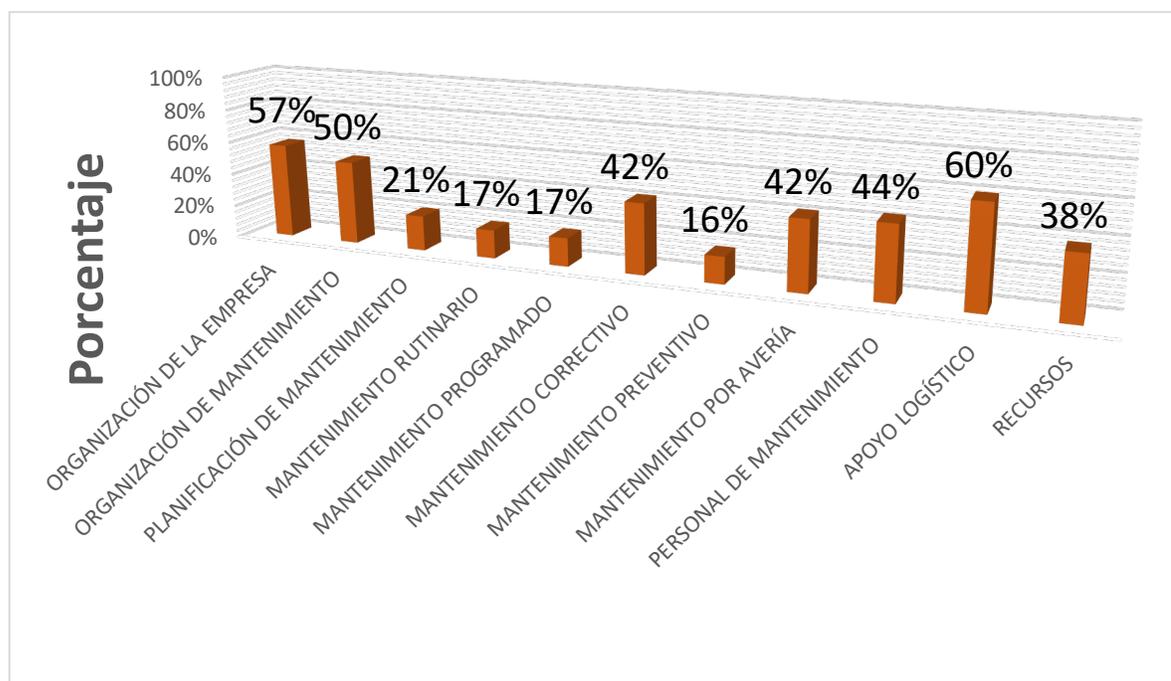
Luego de aplicar la norma, se puede evidenciar las fallas que existen en la gestión de mantenimiento actual. En la sección de anexos B.3 se observa los resultados de cada uno de los principios. En la tabla N 2 se muestra el resumen de las tres áreas con menor puntaje:

**Tabla 2: Áreas con menor puntaje en la aplicación de la Norma COVENIN 2500-93.**

| Área                     | Puntuación total de los principios por área | Total de deméritos por área | Puntos totales | % de efectividad |
|--------------------------|---|-----------------------------|----------------|------------------|
| Mantenimiento preventivo | 250   | 211                         | 39             | 16%              |
| Mantenimiento rutinario  | 250   | 208                         | 42             | 17%              |
| Mantenimiento programado | 250   | 208                         | 42             | 17%              |

Fuente: elaboración propia

En la gráfica (ver figura N°8) se representa el resumen de la efectividad obtenida por cada área de estudio.



**Figura 8: Resultados de la aplicación de las Normas COVENIN 2500-93.**

Fuente: Elaboración Propia.

Con la aplicación de la ficha de evaluación se obtuvo una efectividad global del 34%, lo que ratifica la problemática existente en la gestión de mantenimiento actual.

#### **4.2.2 Evaluación de la gestión de mantenimiento con la aplicación de las 10 mejores practicas**

Se decidió aplicar una encuesta basada en las 10 mejores prácticas en la gestión de mantenimiento, debido a que la vigencia de la norma COVENIN 2500-93 data del año 1993. Se llevó a cabo dicha encuesta con el fin de poder completar el diagnóstico de la situación actual de la empresa, tomando en cuenta las opiniones del personal de mantenimiento. El diseño de la encuesta se fundamentó en los siguientes puntos:

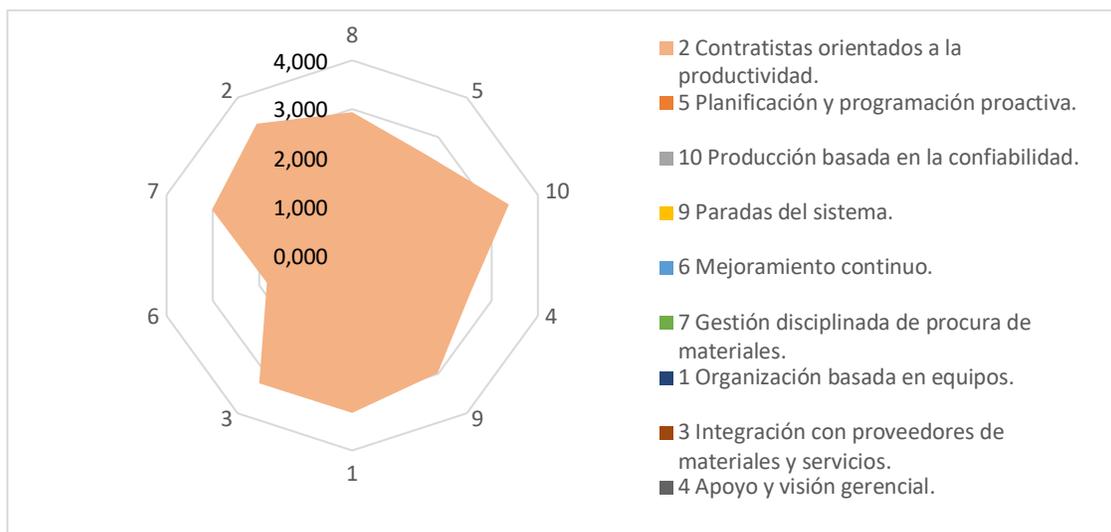
1. Organización basada en equipo
2. Contratistas orientados a la productividad
3. Integración con proveedores de materiales y servicios
4. Apoyo y visión gerencial
5. Planificación y Programación proactiva
6. Mejoramiento continuo
7. Gestión disciplinada de procura de materiales
8. Integración de procesos y sistemas
9. Paradas del sistema
10. Producción basada en la confiabilidad

Se formularon tres (3) preguntas por cada ítem, resultando un total de treinta preguntas que se encuentra representadas en el anexo B.4. Cuya valoración fue respondida en 5 niveles (ver anexo B.5) que indican el grado de conformidad del personal encuestado con la pregunta que le fue planteada. Dicha encuesta le fue aplicada al personal interno de mantenimiento (3 técnicos y el jefe de mantenimiento), aprovechando la

experiencia y el conocimiento de dicho personal para poder conocer los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo hasta el momento en la empresa.

#### **4.2.2.1 Resultados de la encuesta de las 10 mejores prácticas de mantenimiento.**

Con los valores que los encuestados asignaron a cada una de las preguntas, se procedió a calcular los promedios de las puntuaciones obtenidas en cada ítem, resultando un promedio global de 2,90 en una escala comprendida entre 1 y 5. Posteriormente habiendo realizado dichos cálculos se procedió a construir un diagrama de araña (ver figura número 9), el cual expone las debilidades que existen en el departamento de mantenimiento.



**Figura 9: Diagrama de Malla.**

Fuente: Elaboración propia

Las tres prácticas que resultaron con el puntaje más bajo fueron mejoramiento continuo con un promedio de 1,83, apoyo y visión gerencial con un promedio de 2,54 y planificación y programación proactiva con un

promedio de 2,56. Estas prácticas fueron analizadas de forma individual mediante la aplicación de un diagrama de Ishikawa basados en la aplicación de las 5 M's para la detección de las causas que originan el efecto.

Se aplicó una matriz de decisión para poder establecer la ponderación de cada causa en base a su nivel de afección en el problema, la cual fue evaluada en base a 5 criterios de decisión (ver anexo B.6)

Se aplicó un sistema binario de valoración para determinar la puntuación de cada criterio, siendo cero (0) una respuesta negativa a la interrogante y uno (1) una respuesta afirmativa. De este modo se establecieron los pesos obtenidos, tanto en las causas principales como en las subcausas. Las matrices de decisión se representan en los anexos B.7, B.8 y B.9.

Finalmente, luego de aplicar los diagramas de Ishikawa, se realizó un diagrama de Pareto, para analizar la cantidad de causas que generan mayor impacto en la aparición de los problemas. En las figuras 10, 11, 12, 13,14 y 15 podrán visualizarse los diagramas de Ishikawa y de Pareto correspondientes.

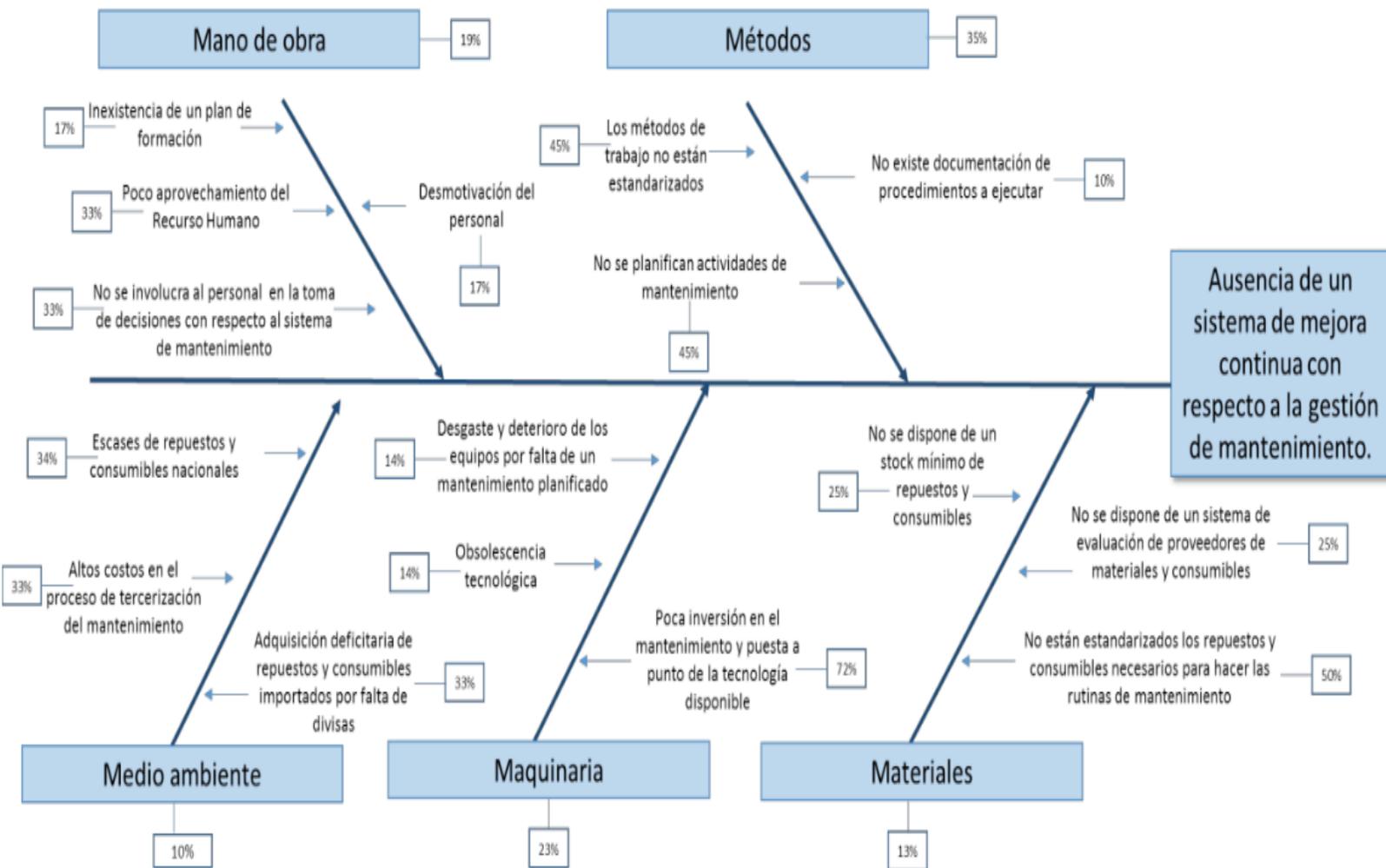
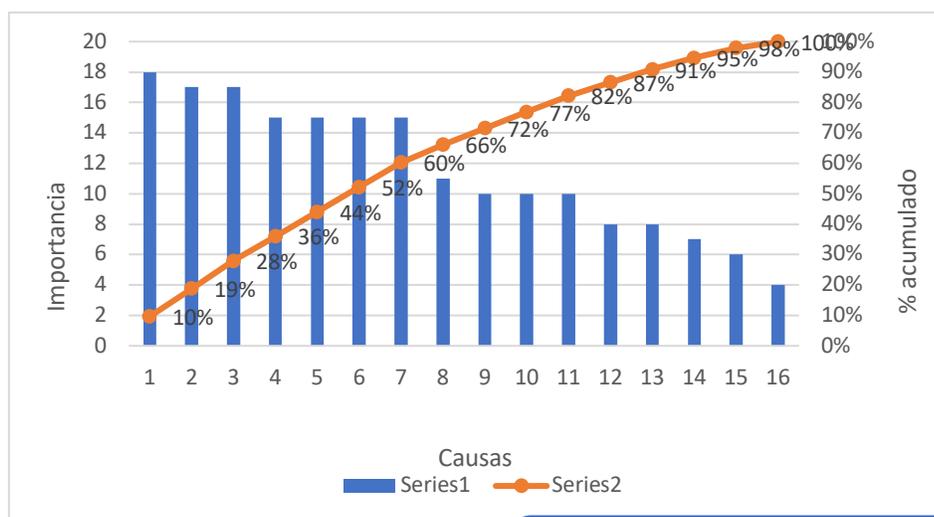


Figura 10: Diagrama Ishikawa. Ausencia de un sistema de mejora continua, con respecto a la gestión de mantenimiento.



El 68,8 de las causas son responsables del 80% del efecto

Figura 11: Diagrama de Pareto. Ausencia de un sistema de mejora continua, con respecto a la gestión de mantenimiento.

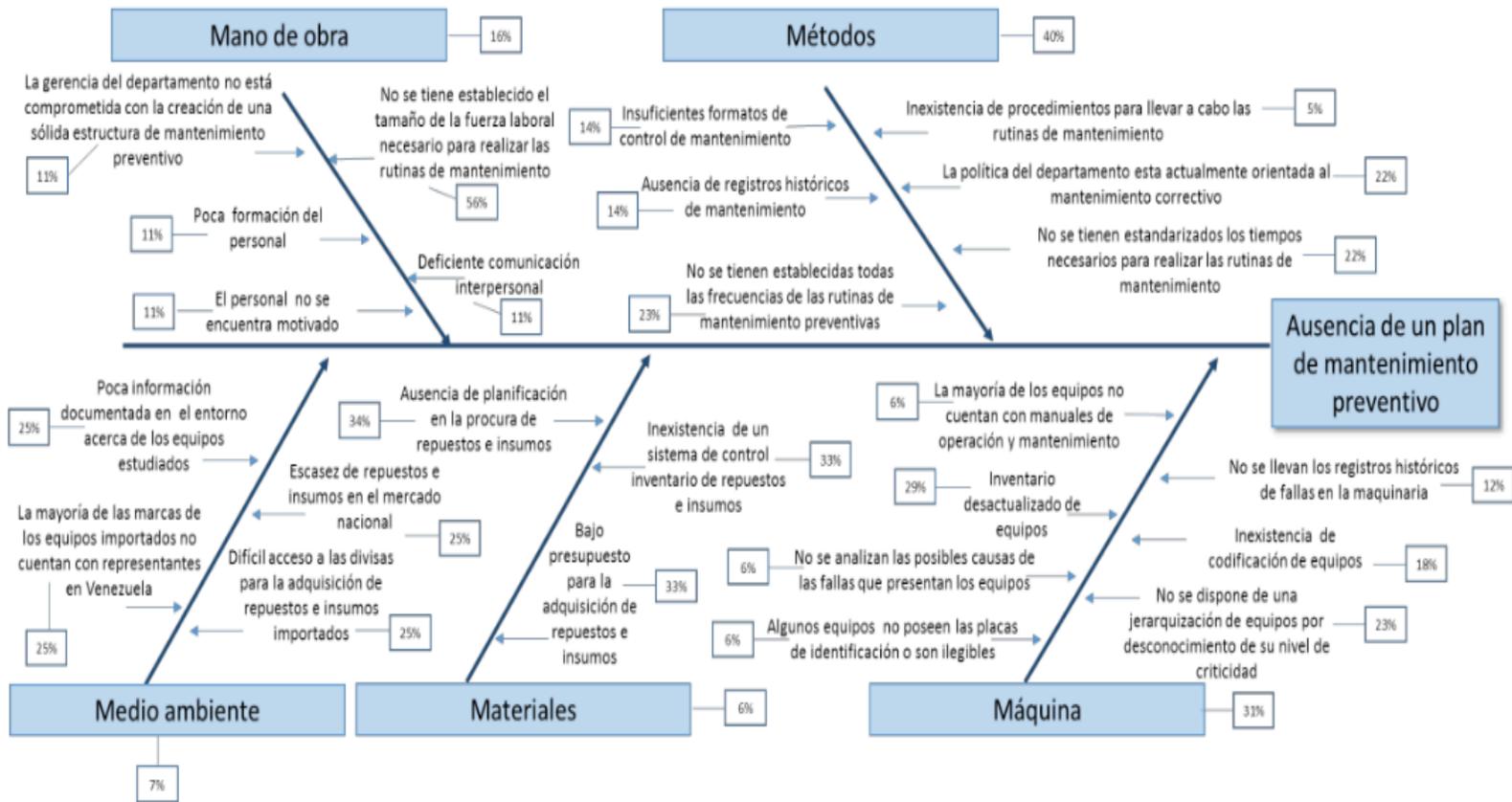
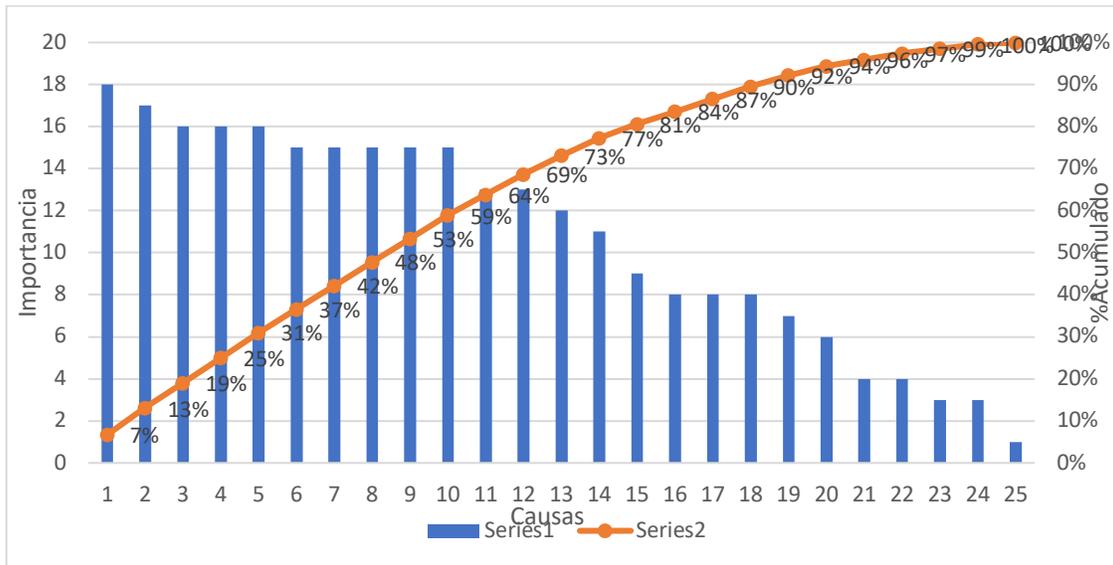


Figura 12: Diagrama Ishikawa. Ausencia de un plan de mantenimiento preventivo.



**El 64% de las causas son responsables del 80% de los efectos**

Figura 13: Diagrama de Pareto. Ausencia de un plan de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

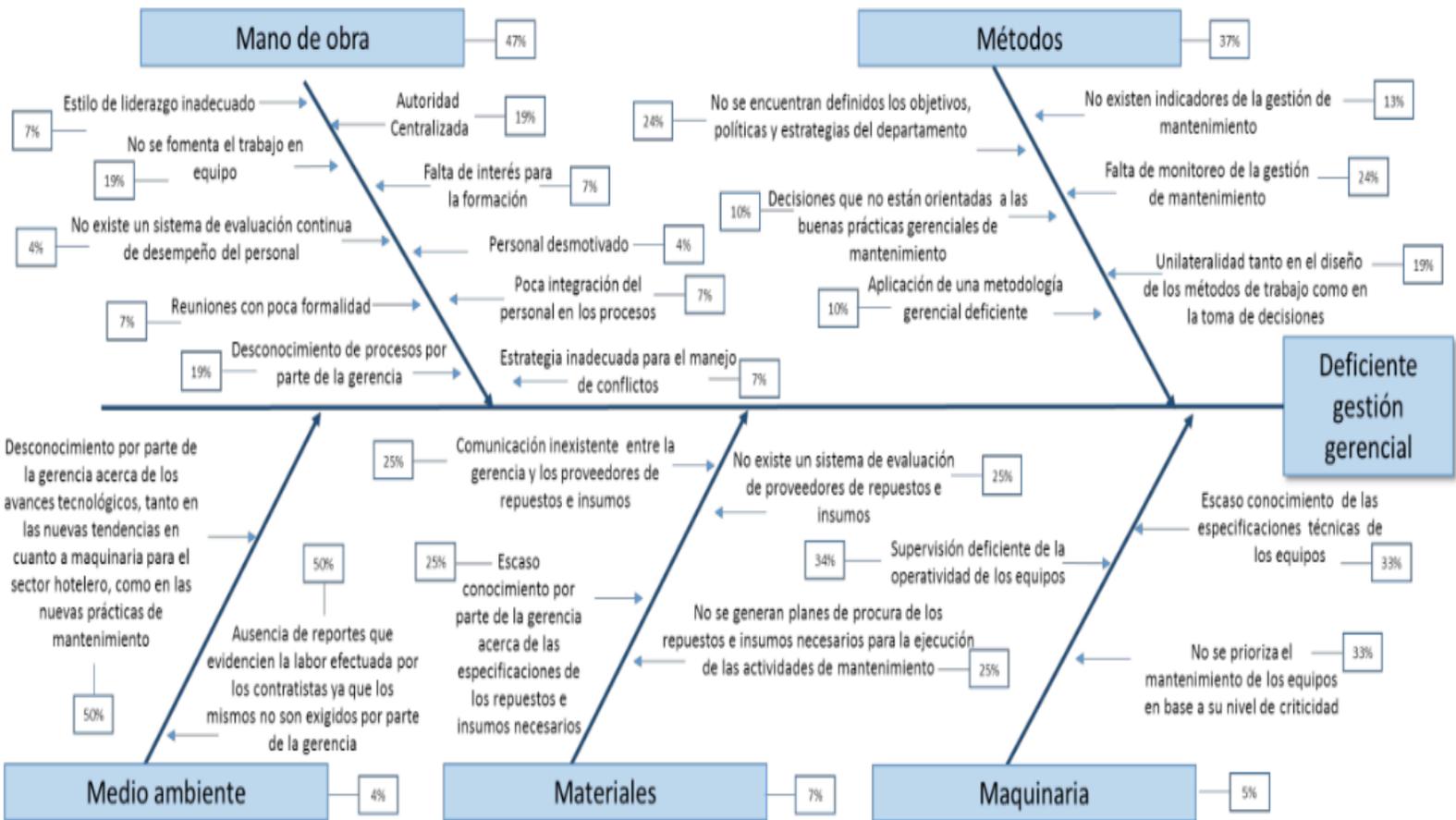
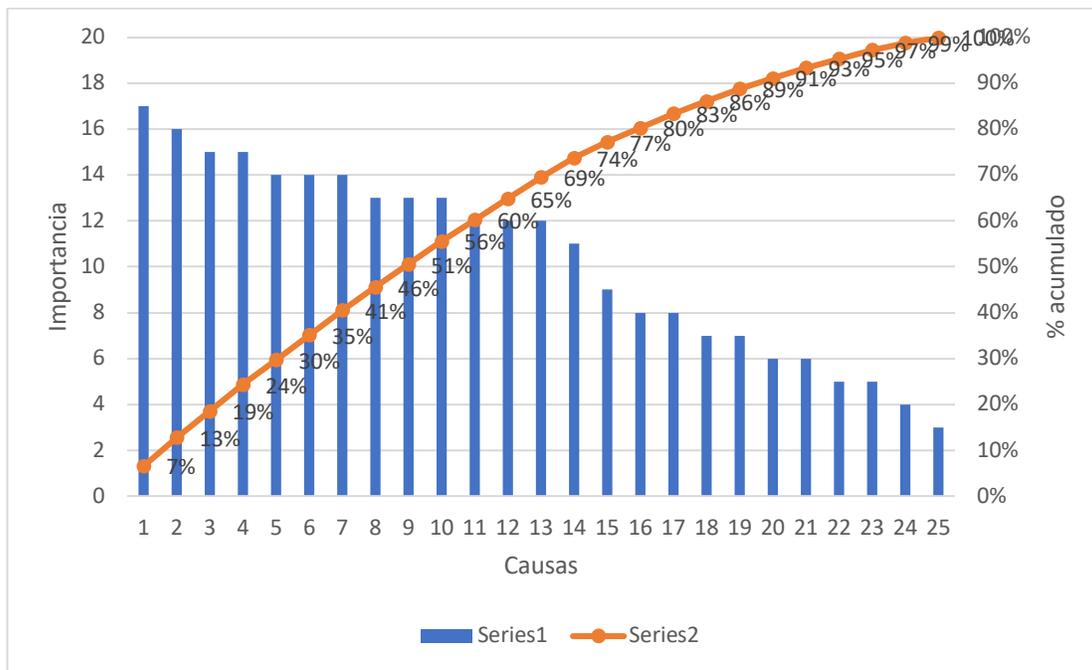


Figura 14: Diagrama Ishikawa. Deficiente gestión gerencial

Fuente: Elaboración propia



El 68% de las causas son responsables del 80% del efecto

**Figura 15: Diagrama de Pareto. Deficiente gestión gerencial**

Fuente: Elaboración propia

En base a la aplicación de las herramientas para diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento, se puede concluir que el departamento debe desarrollar un sistema de mantenimiento que este orientado a la prevención de fallas, programación, control y mejora continua de las actividades de mantenimiento.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Con la finalidad de alcanzar los objetivos del presente trabajo de estudio, se describirán las técnicas y procedimientos aplicados para el diseño del plan de mantenimiento preventivo propuesto. Serán desarrolladas cada una de las fases necesarias para la realización de dicho plan: actualización del inventario de equipos, análisis de criticidad, codificación, rutinas de mantenimiento preventivo, procedimientos correspondientes a cada rutina, cronograma de mantenimiento anual, diseño de indicadores de gestión, estudio de costos y factibilidad económica.

### **5.1 Listado de equipos que forman parte de la empresa Ovejita C.A.**

Se procedió a recorrer las instalaciones de la empresa con la finalidad de conocer la totalidad de máquinas y equipos con la que cuenta la empresa, obteniendo como resultado 614 unidades de los cuales 87 se encuentran inoperativos. La lista se puede detallar en el anexo C.1

### **5.2 Matriz de decisión para establecer el orden de criticidad de los equipos**

Con la finalidad de conocer la criticidad de cada uno de las máquinas y equipos que se encuentran en la instalación se procedió a aplicar una matriz de decisión en base a 5 criterios los cuales son:

- **Operatividad:** mide el nivel de importancia que tiene las máquinas y equipos para las operaciones de la Organización.
- **Costo de mantenimiento:** mide el impacto que tendría la reparación del equipo en los costos de mantenimiento, tomando en cuenta tanto los costos de repuestos e insumos, como el tiempo necesario para reparar.

- **Impacto en la operación de otros equipos:** Mide las consecuencias que tendría la falla del equipo en la operación de otros equipos de esta institución.
- **Horas-hombre adicionales por la parada del equipo:** la parada de un equipo puede traer consigo trabajo adicional de mano de obra, es decir, puede haber equipos que, al fallar, sus operaciones automatizadas se sustituyen por operaciones manuales, aumentando así las Horas-Hombre requeridas. Este criterio mide el impacto que tiene la parada en el tiempo empleado por la mano de obra para ejecutar las actividades cotidianas del mismo.
- **Nivel de escasez de los repuestos:** este criterio toma en cuenta el lapso en adquirir los repuestos que solventen las fallas correspondientes. Al calificar este criterio, es necesario considerar, tanto el nivel de existencia de los repuestos, como el tiempo de adquisición de los mismos (es importante estar informado si los repuestos son nacionales o importados).

Se realizó una entrevista al personal interno de mantenimiento (ver anexo C.2), para determinar los pesos de los criterio. La suma de los pesos debe ser exactamente igual a 100. En primer lugar los criterios deben jerarquizarse para luego ser ponderados. Cada criterio tendrá un peso específico entre cero (0) y cien (100). En la tabla N° 3 se encuentra los resultados obtenidos en la entrevista:

**Tabla 3: Resultados de la entrevista realizada para emitir la ponderación correspondiente de los criterios a evaluar en el análisis de criticidad.**

| <b>CRITERIO</b> |                     |                               |  |   |  |              |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|--|---|--|--------------|
| <b>EMPLEADO</b> | <b>OPERATIVIDAD</b> | <b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b> | <b>IMPACTO EN LA OPERATIVIDAD DE OTROS EQUIPOS</b> | <b>HORAS-HOMBRES ADICIONALES POR LA PARADA DEL EQUIPO</b> | <b>NIVEL DE ESCASEZ DE LOS REPUESTOS</b> | <b>TOTAL</b> |
| 1               | 45                  | 10                            | 15   | 10  | 20                                       | 100          |
| 2               | 50                  | 15                            | 10   | 15  | 10                                       | 100          |
| 3               | 55                  | 20                            | 10   | 10  | 5  | 100          |
| 4               | 50                  | 5                             | 15   | 10  | 20                                       | 100          |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>50</b>           | <b>12,5</b>                   | <b>12,5</b>  | <b>11,25</b>  | <b>13,75</b>                             | <b>100</b>   |

Fuente: Elaboración propia

Para lograr ponderar a los equipos con respecto a cada criterio, se hizo uso de 5 niveles: baja (1), leve (2), moderado (3), alta (4), muy alta (5), donde se multiplico el peso de cada criterio calculado en la fase anterior, por el valor del nivel que le corresponde a cada criterio para finalmente sumarlos y dividirlo por la cantidad de criterios existentes. La matriz empleada se puede observar en la sección de anexos C.3.

Mediante el empleo de una gradación cualitativa de 4 niveles (baja, leve, moderado y alta) se obtuvo los rangos asociados a cada nivel de criticidad. En la tabla N° 4 se observa los rangos definitivos para cada nivel.

**Tabla 4: Rangos de criticidad establecidos, para cada nivel.**

| <b>Criterio de Criticidad</b> |               |               |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| <b>Criticidad</b>             | <b>Mínima</b> | <b>Máxima</b> |
| Baja                          | 0%            | 25%           |
| Moderada                      | 25%           | 50%           |
| Alta                          | 50%           | 75%           |
| Muy alta                      | 75%           | 100%          |

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Selección de equipos**

Para la realización de la planificación y programación del mantenimiento preventivo, se realizó una selección de equipos en base al nivel de criticidad que presentan, tomando en cuenta aquellos equipos entren en el intervalo (moderado y alta), dando como resultado 584 unidades, siendo estos el 95,11% del total de máquinas y equipos. Estos fueron agrupados (6) categorías como se muestra en la sección de anexos C.4.

### **5.4 Planificación del mantenimiento preventivo propuesto**

#### **5.4.1 Zonificación de equipos**

Para iniciar la planificación del plan de mantenimiento preventivo, se indicó la ubicación de las máquinas y equipos que se encuentran dentro de la instalación de la empresa mediante un plano en 3D, el cual nos permite visualizar la distribución de las unidades por área delimitada dentro de la institución. Los planos correspondientes se pueden observar en los anexos C.5 al C.9

#### **5.4.2 Inventario técnico de equipos**

De acuerdo con la información recopilada, se obtuvo como resultado un inventario de un total de 584 unidades que se consideran de vital importancia

para la producción de la empresa. Se registró el nombre de la maquina o equipo, tipo de sistema, codificación, marca, condición actual (operativo o fuera de servicio), tenencia o no de manual de mantenimiento y el nivel de criticidad que este posee.

Debido a la existencia de varios equipos y máquinas que tienen las mismas condiciones de operación y funcionamiento, se considerara que pertenecen a una misma clase, compartiendo así las mismas rutinas de mantenimiento. Se puede observar el inventario de los equipos en la sección de anexos C.10.

Es importante resaltar que, de los equipos que se seleccionó para el estudio, el 84,24% se encuentra operativo como se muestra de manera individual y grupal en la tabla N°5

**Tabla 5: Estado de operatividad de las máquinas y equipos.**

| <b>Clasificacion</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Operativo</b> | <b>%</b>      | <b>Fuera de servicio</b> | <b>%</b>      |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| Maquina de coser     | 330             | 304              | 92,12%        | 26                       | 7,78%         |
| Lampara              | 176             | 126              | 71,59%        | 50                       | 28,40%        |
| Ventilador           | 67              | 56               | 83,58%        | 11                       | 16,41%        |
| Compresor            | 5               | 3                | 60%           | 2                        | 40%           |
| Bomba hidraulica     | 5               | 3                | 60%           | 2                        | 40%           |
| Generador electrico  | 1               | 0                | 0%            | 1                        | 100%          |
| <b>Total</b>         | <b>584</b>      | <b>492</b>       | <b>84,24%</b> | <b>92</b>                | <b>15,75%</b> |

Fuente: Elaboración propia

#### **5.4.2.1 Ficha tecnica**

Se diseñó un documento con el fin de resumir el funcionamiento y características de las máquinas y equipos con los que cuenta la empresa, con el suficiente detalle para ser utilizado por el personal de mantenimiento. La ficha técnica está estructurada por la siguiente información: Nombre del al unidad,

ubicación, sección, código de inventario, modelo, marca, peso, ancho, altura, largo, función y características técnicas (ver anexo C.11).

### 5.4.3 Clasificación de equipos

Para el estudio de la propuesta de mantenimiento preventivo, las máquinas y equipos tendrán una clasificación de 2 tipos: unidad mecánica fija (Máquina de coser, ventilador industrial, lámpara industrial, bomba hidráulica, compresor) y unidad mecánica eléctrica (Ver anexo C.12)

### 5.4.4 Tipo de mantenimiento seleccionado

Para lograr iniciar un camino hacia la mejora continua en la gestión de mantenimiento, el presente trabajo de grado desarrollara un plan de mantenimiento de tipo preventivo.

### 5.4.5 Codificación de equipos

Luego de realizar el inventario de las máquinas y equipos que dispone la empresa y habiendo aplicado el análisis de criticidad con la selección de las máquinas y equipos con el mayor índice, se estableció un sistema de codificación el cual se presenta en la tabla N°6

Tabla 6: Codificación de máquinas y equipos

| <b>CODIFICACION DE MAQUINAS Y EQUIPOS</b>                                |
|--|
| <b>XX- YY - ##- C</b>  |
| <b>XX</b> : Iniciales del nombre de la maquina o equipo                  |
| <b>YY</b> : Iniciales del área( Ubicación )                              |
| <b>##</b> : número de la maquina o equipo                                |
| <b>C: Criticidad</b> , Ma( Muy alta), A (alta), M( moderada),<br>B(baja) |

Fuente: Elaboración propia

En el anexo C.13 se especifica el sistema de codificación que se utilizó en el presente trabajo de grado. Adicionalmente las leyendas de las iniciales de los equipos y área que se encuentran están reflejados en los anexos C.14 Y C.15. El resultado de la codificación total se encuentra en el documento del inventario de las máquinas y equipos en el anexo C.10.

#### **5.4.6 Orden de trabajo**

Para establecer un medio de comunicación entre los trabajadores y la gerencia, se diseñó una orden de trabajo el cual contiene la información necesaria para realizar las rutinas de mantenimiento correspondiente. (Ver anexo C.16)

#### **5.4.7 Informe de trabajo realizado (ITR)**

En el departamento no existía este tipo de registro, debido a esto, no se gestionaba ni controlaba correctamente el mantenimiento de las unidades. Implementado este elemento como propuesta, se espera mejorar el desempeño y la planificación del mantenimiento ejecutado por el departamento en las instalaciones. El Modelo del informe de trabajo realizado propuesto está disponible en el anexo C.17.

### **5.5 Programación de Mantenimiento Preventivo**

#### **5.5.1 Programación de las rutinas de Mantenimiento Preventivo**

Para poder lograr la programación de las rutinas de mantenimiento preventivo aplicada a las maquinas y equipos seleccionados, se debió verificar la existencia de los manuales del fabricante, lo cual se presento como una limitante debido a la poca documentación existente en el departamento de mantenimiento. Siendo esto así, se procedió a recopilar información de tres fuentes las cuales son: entrevista al personal interno, entrevista a los

contratistas eventuales y comunicación directa con los fabricantes de algunas maquinas y equipos. Para realizar una programación anual de las rutinas de mantenimiento es necesario estipular las frecuencias de ejecución (ver anexo C.18)

#### ***5.5.1.1 Codificación de las rutinas de mantenimiento preventivo***

Con la misma base que se realizo la identificación de cada equipo, se llevo a cabo la identificación de las rutinas de mantenimiento, agregando a la codificación anterior de los equipos dos caracteres que especifican el número de actividad y la frecuencia con la que se realiza. Es importante resaltar que si dos equipos tienen la misma rutina, estos tendrán distinto numero de equipo. En los anexos C.18 y C.19 se muestra la leyenda de las frecuencias y la codificación de las rutinas planificadas.

#### **5.5.2 Procedimiento Operativo Estándar (POE)**

Con la finalidad de obtener mejores resultados en la ejecución del mantenimiento preventivo, se realizo una estandarización en las actividades que se llevan a cabo describiendo todos los recursos que son necesarios como: Horas-Hombre, insumos, repuestos y herramientas. El diseño de estos procedimientos se logro mediante la entrevista al personal experto con el que cuenta el departamento de mantenimiento y la observación directa de las actividades. En la tabla N° 7 se muestra el formato utilizado para describir el procedimiento operativo estándar (POE). Cada rutina programada para los equipos de estudio se puede observar en la sección de anexos D.

**Tabla 7: Formato Procedimiento Operativo Estándar.**

|   |  |
|---|--|
|  | <p><b>PROCEDIMIENTO OPERATIVO<br/>ESTANDAR</b></p> |
| Nombre de la maquina o equipo   |  |
| Codigo de la maquina o equipo   |  |
| Rutina  |  |
| Codigo de la actividad  |  |
| Tiempo estimado de realizacion de la rutina (Hr)                                  |  |
| Numero de hombres necesarios  |  |
| Horas hombre empleadas  |  |
| Repuestos usados ( Nombre, Modelo, Serial)  |  |
| Insumos necesarios ( Nombre, modelo, tipo)  |  |
|   |  |
| Numero de procedimientos  | <b>Descripcion de Procedimientos</b>               |
| 1   |  |
| 2   |  |
| 3   |  |
| 4   |  |
| 5   |  |

Fuente: Elaboración propia

### **5.5.3 Repuestos, insumos y herramientas necesarios para el plan de mantenimiento preventivo propuesto**

Para tener un mejor control en el inventario se procedió a recopilar información acerca de los repuestos, insumos y herramientas necesarios para la ejecución de las actividades de mantenimiento. Esta información se sustrajo de entrevista con el personal interno de la empresa y el contacto con los contratistas eventuales, sirviendo como base para el estudio de costo de esta propuesta de mantenimiento (ver la sección de anexos E)

### **5.5.4 Recursos Humanos**

El personal encargado de ejecutar las rutinas de mantenimiento preventivas debe contar con el siguiente perfil:

- Tener experiencia en mantenimiento de equipos mecánicos
- Conocimientos electromecánicos
- Conocimientos de sistemas hidráulicos y neumáticos
- Capacidad para trabajar en equipo
- Destrezas en el uso de herramientas para la ejecución de las rutinas planificadas
- Condiciones físicas para el trabajo a realizar
- Habilidades de observación para detectar fallas que se puedan presentar en los equipos.
- Un enfoque lógico y metódico para la solución de problemas
- Capacidad de redacción de informes sobre las actividades efectuadas

#### ***5.5.4.1 Horas-Hombre disponibles***

Teniendo en cuenta la cantidad de personas que ejecutan las actividades de mantenimiento en la empresa y el horario en que laboran, se calculó las horas-hombres disponibles semanalmente para ejecutar las actividades de

mantenimiento. La finalidad de esta actividad es lograr determinar si el personal con el que cuenta el departamento de mantenimiento es suficiente para abarcar la demanda de mantenimiento de las máquinas y equipos que se encuentra en la instalación. En la Tabla N°8 se puede observar las horas hombres disponibles.

**Tabla 8: Tiempo de mano de obra disponible por los técnicos de guardia.**

| <b>CANTIDAD DE TECNICOS DE GUARDIA</b>                      |                     |                      |                     |                                  |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|
| <b>Dias de trabajo</b>                                      | <b>Primer turno</b> | <b>Segundo turno</b> | <b>Tercer turno</b> | <b>Total Horas-Hombre al día</b> |
| Lunes   | 0                   | 0                    | 3                   | 24                               |
| Martes  | 0                   | 0                    | 3                   | 24                               |
| Miercoles   | 0                   | 0                    | 3                   | 24                               |
| Jueves  | 0                   | 0                    | 3                   | 24                               |
| Viernes   | 0                   | 0                    | 3                   | 24                               |
| Sabado  | 0                   | 0                    | 0                   | 0                                |
| Domingo   | 0                   | 0                    | 0                   | 0                                |
| Tiempo de mano de obra disponible( Horas- Hombre-Semanales) |                     |                      |                     | 120                              |

Fuente: Elaboracion propia

#### **5.5.4.2 Horas-Hombre requeridas**

Es necesario considerar las horas-hombres requeridas tomando en cuenta dos variables que se encuentran definidas en las rutinas de mantenimiento como lo son: número de operarios necesarios y el tiempo requerido para ejecutar la rutina correspondiente. En la tabla N°9 se observa el tiempo requerido por unidad de estudio.

**Tabla 9: Tiempo requerido por máquina y equipo de mantenimiento**

| Maquinas/Equipos   | Horas hombre anuales de mantenimiento requeridas por Maquinas y Equipos | Cantidad de Maquinas y Equipos | Horas hombre anuales totales requeridas de mantenimiento |
|--|---|--------------------------------|--|
| Maquina de coser   | 14  | 330                            | 4620   |
| Generador electrico  | 150,5   | 1                              | 150,5  |
| Ventilador industrial  | 20  | 67                             | 1340   |
| Lampara industrial   | 9   | 176                            | 1584   |
| Bomba  | 80  | 5                              | 400  |
| compresor  | 13,5  | 5                              | 67,5   |
| Total de horas hombre requeridas anualmente                  |   |                                | 8162   |
| Cantidad de semanas al año                                   |   |                                | 48   |
| Cantidad de horas hombre requerida por mantenimiento semanal |   |                                | 170.04   |

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la mano de obra necesaria para ejecutar las acciones de mantenimiento del plan propuesto, se consideró las ocho horas de jornada laboral y los cinco días de la semana

$$\text{Mano de obra requerida} = \frac{170.04 \text{ H-H}}{\text{Semana}} * \frac{1 \text{ Semana}}{5 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ Dia}}{8 \text{ Horas}} = 5 \text{ hombres (ecuación$$

9)

Se puede concluir que la cantidad de hombres requeridos para ejecutar las rutinas de mantenimiento es mayor que la cantidad que se dispone en el departamento. Para lograr llevar a cabo este plan de mantenimiento preventivo es necesario contratar a dos técnicos para poder solventar la deficiencia de mano de obra y cumplir con las rutinas planificadas.

### 5.5.5 Elaboración de la carta Gantt

Para la llevar a cabo una óptima elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, es necesario utilizar la herramienta de la carta Gantt, el cual es un poderoso instrumento de control. La aplicación de esta herramienta considero la inclusión de las unidades de estudio y su codificación de actividades. Luego de considerar esta información, se creó el calendario anual, comenzando por el mes de enero del año 2018 y finalizando en el mes de diciembre de dicho año. Dependiendo de la frecuencia que tenga cada rutina de mantenimiento de las unidades de estudio, se le asignó una celda en específica para llevar el control de ejecución, tomando en cuenta el cálculo de las horas-hombre calculada por semana (170.04 Hrs-Sem) y considerando que se debe otorgar una holgura semanal, así logrando tener tiempo de respaldo para la ejecución de actividades de tipo correctivo y evitando así que el personal se agote y la planificación no se lleve a cabo. En la tabla N° 10 se presenta un formato de la carta Gantt. En el anexo F se muestra la carta Gantt resultante.

**Tabla 10: Formato de Carta Gantt empleada**

| Maquina<br>/<br>Equipo | Rutinas | Seman<br>a 1 |   | Seman<br>a 2 |   | Seman<br>a 3 |   | Seman<br>a 4 |   | Seman<br>a 5 |   |
|------------------------|---------|--------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|---|
|                        |         | P            | E | P            | E | P            | E | P            | E | P            | E |
|                        |         |              |   |              |   |              |   |              |   |              |   |
|                        |         |              |   |              |   |              |   |              |   |              |   |
|                        |         |              |   |              |   |              |   |              |   |              |   |
|                        |         |              |   |              |   |              |   |              |   |              |   |
|                        |         |              |   |              |   |              |   |              |   |              |   |
|                        |         |              |   |              |   |              |   |              |   |              |   |

Fuente: Elaboración Propia

## 5.6 Propuesta de diseño de indicadores de la gestión de mantenimiento

Se diseñara indicadores de gestión de mantenimiento que permitan controlar y monitorear el desempeño del departamento de mantenimiento. A continuación, se presenta los indicadores de gestión propuesto:

- **Disponibilidad total:** Permite medir el nivel de disponibilidad de las maquinas y equipos para realizar las labores productivas de la empresa, es sin duda el indicador mas importante en la gestión de mantenimiento.

$$\text{Disp. Total (maquina/equipo)} = \frac{\text{Horas totales} - \text{horas de parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

(ecuación 10)

Luego de obtener la disponibilidad de cada unidad, se debe calcular mediante una media aritmética la disponibilidad de la empresa

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipo}}{N^{\circ} \text{ de equipos}} \text{ (Ecuacion 11)}$$

- **Disponibilidad por avería:** La disponibilidad por avería no considera la cuenta de paradas programada de los equipos y se calcula mediante la siguiente formula:

$$\text{Disponibilidad por avería( maquina/equipo)} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por averia}}{\text{horas totales}}$$

(Ecuación 12)

De la misma manera que en el caso anterior, se debe calcular mediante una media aritmética.

$$\text{Disponibilidad por avería total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad por avería de maquinas o equipos}}{N^{\circ} \text{ de equipos o maquinas}}$$

(Ecuación 13)

- **Tiempo medio entre fallas (TMEF):** Este indicador tiene como finalidad mostrar la frecuencia con que se presentan las averías.

$$\text{TMEF} = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averias}} \quad (\text{ecuacion 14})$$

- **Tiempo medio para reparación (TMPR):** Resalta la importancia de las averías que se producen en una maquina o equipo considerando el tiempo medio hasta su solución.

$$\text{TMPR} = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de la reparacion de la unidad}}{N^{\circ} \text{ de reparaciones efectuadas}} \quad (\text{ecuacion 15})$$

- **Cumplimiento de la planificación:** Mide el nivel de acierto de la planificación, considerando la proporción de ordenes que se terminaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de ordenes generadas

$$\text{Cumplimiento de la planificación} = \frac{N^{\circ} \text{ de ordenes culminadas en la fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}}$$

(ecuación 16)

- **Índice de mantenimiento preventivo (IMP):** Mide el porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento programado sobre las horas totales

$$\text{IMP} = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento preventivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}} \quad (\text{ecuacion 17})$$

- **Índice de mantenimiento correctivo (IMC):** Este indicador mide el porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento correctivo sobre horas totales

$$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento Correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}} \text{ (ecuacion 18)}$$

## 5.7 Estudio económico

### 5.7.1 Costos del mantenimiento preventivo propuesto

Para lograr realizar un análisis económico que abarque todo lo referente al plan de mantenimiento preventivo propuesto, se consideró el cálculo pertinente de la mano de obra, repuestos requeridos, insumos y herramientas necesarias para la ejecución de las rutinas de mantenimiento. Es importante mencionar que el análisis de costo no comprendió la inclusión de contratistas eventuales debido políticas de confidencialidad, adicionalmente se tomo la tasa del Dólar Dicom para el año 2018 el cual nos permite manejar cifras mas controladas debido a la inestabilidad economica que presenta el pais.

#### 5.7.1.1 Costos de Herramientas

Para realizar el cálculo económico de las herramientas necesarias para llevar acabo las rutinas de mantenimiento, se hizo uso del método temporal lineal, tomando en consideración las siguientes variables: valor inicial de la herramienta y vida útil (Suponiendo un valor de salvamento nulo). Es importante resaltar que se trabajó con 48 semanas al año, 5 días a la semana y 8 horas diarias para la determinación de la depreciación anual de las herramientas, la cual fue de **505,21 \$ Dicom** (ver Anexo E.1)

#### 5.7.1.2 Costos de Insumos requeridos

En el estudio económico de los insumos necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo, se consideró los precios unitarios

establecidos por el Colegio de Ingenieros de Venezuela, así mismo como la cantidad necesaria de insumos. El costo anual de insumos obtenido fue de **40.375,5 \$ Dicom** (ver anexo E.2)

### **5.7.1.3 Costos de Repuestos requeridos**

En el estudio económico de los repuestos necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo, se consideró los precios unitarios establecidos por el Colegio de Ingenieros de Venezuela, así mismo como la cantidad necesaria de repuestos. El costo anual de insumos obtenido fue de **33.507,9 \$ Dicom** (ver anexo E.3)

### **5.7.1.4 Costos de Mano de Obra**

Se realizó un estudio del costo de la mano de obra tomando como base el salario diario de un técnico especializado tipo 2, Registrado por el Colegio de Ingenieros de Venezuela. Adicionalmente, para llevar a cabo este análisis se consideró los beneficios otorgados por la empresa en base a la ley del trabajo y las obligaciones laborales que se debe pagar por cada trabajador. En la tabla N°11 se presenta el costo de la mano de obra.

**Tabla 11: Costos de mano de obra.**

| <b>Concepto</b>                                       | <b>Costo (\$ Dicom)</b> | <b>Unidad</b>   |
|---|-------------------------|-----------------|
| Salario basico mensual (Tecnico especializado )(2018) | 40,46                   | \$ Dicom/Mes-H  |
| Salario basico diario (2018)                          | 36,3                    | \$ Dicom /dia-H |
| Salario basico anual                                  | 483,12                  | \$ Dicom /año-H |
| Cesta ticket mensual                                  | 14                      | \$ Dicom/Mes-H  |
| Cesta ticket anual                                    | 163,08                  | \$ Dicom/año-H  |
| Inces(2%)   | 9,66                    | \$ Dicom/año-H  |
| Seguro social obligatorio (12%)                       | 57,97                   | \$ Dicom/año-H  |
| Faov(BANAVIC)   | 57,97                   | \$ Dicom/año-H  |
| Vacaciones(15 dias al año)                            | 201,3                   | \$ Dicom/año-H  |
| Bono vacacional (15 dias al año)                      | 201,3                   | \$ Dicom/año-H  |

|   |               |                     |
|---|---------------|---------------------|
| Utilidades(75 días al año)                                    | 100,65        | \$ Dicom/año-H      |
| Prestaciones sociales( 60 días al año)                        | 80,52         | \$ Dicom/año-H      |
| Costo anual mano de obra                                      | 1.446         | \$ Dicom/año-H      |
| Numero de hombres ( tecnicos especializados)                  | 5             | Hombres             |
| <b>Costo anual de mano de obra (mantenimiento preventivo)</b> | <b>7229,6</b> | <b>\$ Dicom/año</b> |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 12 se presenta el costo total anual del plan de mantenimiento propuesto.

**Tabla 12: Costo total de mantenimiento del plan propuesto.**

| Costo de mantenimiento del plan propuesto |                          |
|---|--------------------------|
| Costo anual Mano de Obra                  | 7.229,6 \$ Dicom         |
| Costo anual repuestos                     | 33.507,9 \$ Dicom        |
| Costo anual de insumos                    | 40.375,5 \$ Dicom        |
| Depreciacion de herramientas              | 505,21 \$ Dicom          |
| <b>Costo total anual</b>                  | <b>80.607,8 \$ Dicom</b> |

Fuente: Elaboración propia

### 5.7.2 Estudio de factibilidad económica

En primera instancia, se estimará el costo de mantenimiento del momento con base en la data suministrada por la Gerencia de la empresa Ovejita C.A., la cual permitió conocer los costos derivados del mantenimiento preventivo y correctivo acarreados en el año 2017. Dicha estimación es realizada con base en la tasa de inflación interanual del presente año establecida por el Fondo Monetario Internacional (FMI), cuyo valor es del 13865%, de tal manera que los costos estimados de mantenimiento del momento pueden visualizarse en la siguiente tabla:

**Tabla 13: Costo de mantenimiento actual de la Organización**

| <b>Tipo de Mantenimiento</b> | <b>Costos \$ Dicom /Año 2017</b> | <b>Inflación Estimada 2018 (FMI)</b> | <b>Costo Estimado 2018 (\$ Dicom)</b> |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Preventivo                   | \$ 2.798212,71                   | 13865%                               | \$ 11.611.385,05                      |
| Correctivo                   | \$ 6.995.531,78                  | 13865%                               | \$ 29.028.462,57                      |
| <b>Costo Total Anual</b>     | <b>\$80.607,8</b>                |                                      |                                       |

Fuente: Elaboración propia

### **5.7.2.1 Tasa Inflacionaria**

Para la estimación de la inflación para el año 2019. resulta necesario partir de los índices de inflación interanual experimentados en los tres (3) años anteriores. La tabla 16 indica los índices de inflación en cuestión, emitidos por el FMI

**Tabla 14: Costo de mantenimiento actual de la Organización.**

| <b>Tasas de Inflación 2016-2018</b> |             |             |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| <b>2016</b>                         | <b>2017</b> | <b>2018</b> |
| 720%                                | 2735%       | 13865%      |

Fuente: Elaboración propia

Y con estos índices, se hizo uso de la técnica de regresión no lineal (método exponencial) para obtener la estimación de la inflación para el año 2019. A efectos del cálculo, se les atribuyó valores a los años objeto de estudio (2016-2019), desde “1” para 2016, hasta “4” para 2019. La data anterior arrojó una ecuación lineal (expresada en función de logaritmos) que tiene la siguiente expresión:

A partir de esa expresión, se pueden obtener los parámetros de la ecuación general de regresión, de acuerdo a lo que sigue:

$$y = 0,6423x + 0,1941$$

$$a = 10^{0,1941} \Rightarrow a = 1,5643$$

$$b = 10^{0,6423} \Rightarrow b = 4,3889$$

Finalmente, la ecuación que permite estimar la inflación para el año 2019 es la siguiente:

$$y = 1,5643 \times 4,3889^x$$

Sustituyendo  $x = 4$  por la asignación antes explicada, la inflación proyectada para el año 2019 es de **57983%**

#### **5.7.2.2 Estimación de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)**

Partiendo de la premisa que el TMAR es el valor mínimo necesario para que el plan propuesto sea financieramente aceptable, para realizar los cálculos pertinentes se utilizó la ecuación N° 7.

$$TMAR = 57,983 + 0,15 + (57,983 * 0,15) = 6683\%$$

$$TMAR = 6683\%$$

La Tasa de Riesgo (F) fue proporcionada por la Gerencia de la empresa, teniendo el valor de 15%.

### 5.7.2.3 Flujo actual neto y proyectado

Para tener conocimiento de los ingresos y egresos durante el periodo de estudio (1 año), se procedió a calcular el flujo actual neto (ver tabla N° 17). Posteriormente, se realizó una proyección del flujo actual neto en un periodo de estudio comprendido al año 2019 (ver tabla N° 18), haciendo uso de la ecuación N° 8 determino:

**Tabla 15: Flujo actual neto**

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Beneficio por Ahorro          | 11.530.777,25 \$ Dicom       |
| Costo Total de las Propuestas | 80.607,8 \$ Dicom            |
| Beneficio Bruto               | 11.450.169,45 \$ Dicom       |
| ISLR (30%)                    | 3.435.050,83 \$ Dicom        |
| <b>Flujo Actual Neto</b>      | <b>8.015.118,62 \$ Dicom</b> |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16: Flujo actual neto proyectado.**

| Flujo Actual Neto Proyectado |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| Año                          | FANP                           |
| 2019                         | <b>472.755.741,56 \$ Dicom</b> |

Fuente: Elaboración propia.

### 5.7.2.4 Valor actual neto

Finalmente se procedió a realizar los cálculos del valor actual neto para determinar si el plan de mantenimiento propuesto es factible para la empresa, considerando que la inversión inicial se supone nula.

Haciendo uso de la ecuación 3, se determino el VAN:

$$\text{VAN} = \frac{8.015.118,62}{(1+66,83)^1} = \mathbf{118.164,80 \$ Dicom}$$

Considerando los criterios de aceptación descritos en el marco teórico, el plan de mantenimiento preventivo propuesto en el presente trabajo de grado es factible ya que genera unas ganancias de ahorro que ascienden a **118.164,80 \$ Dicom**

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

- Mediante la aplicación de la NORMA COVENIN 250-93 se pudo evidenciar que las tres áreas con mayor criticidad en el departamento fueron las siguientes: Mantenimiento preventivo con 16%, Mantenimiento rutinario con 17% y mantenimiento programado con 17% de efectividad, obteniendo la empresa una efectividad global de 34%.
- Haciendo uso de las 10 mejores prácticas de mantenimiento se pudo evidenciar las 3 practicas con el menor puntaje las cuales fueron: mejoramiento continuo con un promedio de 1,83, apoyo y visión gerencial con un promedio de 2,54 y planificación y programación proactiva con un promedio de 2,56.
- Posterior a la aplicación de la NORMA COVENIN 2500-93 y las 10 mejores prácticas de mantenimiento, se determinó que la raíz de la problemática que presenta el departamento de mantenimiento está directamente relacionado con la planificación y programación de las actividades de mantenimiento.
- Se actualizo el inventario de máquinas y equipos que se encuentran dentro de las instalaciones, determinando un número de 614 unidades que presentaban deterioro en las placas de identificación y en algunos casos se observó la ausencia de la misma, como resultado se diseñó un formato de ficha técnica el cual presenta las características más importantes a ser consideradas.
- Luego del análisis de criticidad se determinó que 584 máquinas y equipos son consideradas importantes para los procesos de producción de la empresa, resultando seleccionado: 5 bombas

(criticidad alta), 5 compresores (criticidad alta), 176 lámparas industriales (criticidad alta) ,67 Ventiladores industriales (criticidad alta), 330 máquinas de coser (criticidad muy alta) y 1 generador eléctrica (criticidad muy alta).

- Se codificaron y estandarizaron 46 rutinas de mantenimiento distribuidas entre 584 máquinas y equipos pertenecientes a los sistemas compresores, ventilación, bombeo, iluminación, generación eléctrica, confección.
- Se estandarizaron los recursos (Mano de obra, repuestos, herramientas y consumibles) para las 46 rutinas de mantenimiento planificadas.
- Se determinó que la empresa cuenta con 120 Horas-Hombre semanales disponible, mientras que se requieren 170 Horas-Hombres por semana para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo propuesto, siendo el mismo insuficiente para cubrir dicha demanda de trabajo.
- El tamaño de la fuerza laboral requerida para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo propuesto es de cinco (5) hombres y, como la empresa cuenta con tres (3) técnicos se hace necesario la tercerización del mantenimiento.
- Se diseñaron indicadores que permitirán monitorear la gestión de mantenimiento.
- Se realizó una estimación del costo de herramientas, insumos, repuestos y mano de obra necesaria para implementar el plan de mantenimiento preventivo propuesto, obteniendo un costo total anual de 80.607,8 \$ Dicom.
- Se realizó una comparativa económica entre el costo actual de mantenimiento preventivo con el plan propuesto, haciendo uso del método de valor actual neto, resultando un plan menos costoso

que el actual y económicamente factible en un periodo de 3 años a partir del presente, con un VAN de a **118.164,80 \$ *Dicom***

## **6.2 Recomendaciones**

Luego de haber realizado el presente trabajo de grado se recomienda:

- Implementar el plan de mantenimiento preventivo diseñado.
- Establecer planes de formación al personal para mejorar sus métodos de trabajo.
- Involucrar al personal en la gestión de mantenimiento, pautando reuniones rutinarias para evaluar el trabajo realizar y tomar en cuenta sus opiniones y sugerencias de mejora.
- Hacer uso estricto de los formularios diseñados en este trabajo, tanto para mantener evidencias de las actividades realizadas, como para obtener una fuente de retroalimentación del programa de mantenimiento diseñado.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos restantes que no se estudiaron dentro de este plan.
- Emplear un sistema de gestión informático de mantenimiento y de control de inventarios de repuestos e insumos.
- Mantener permanentemente actualizadas las rutinas y los POE presentados en este plan de mantenimiento preventivo, para la mejora continua del sistema de gestión.
- Recopilar, con los fabricantes del equipo, los manuales de mantenimiento de cada unidad.
- Solicitar la renovación de las placas de identificación troqueladas de los equipos y completar así la información faltante en el inventario presentado en este trabajo especial de grado.

- Minimizar el empleo de la tercerización, aprovechando al personal de mantenimiento interno y disminuyendo así los costos de mano de obra.
- Monitorear el desempeño del departamento de mantenimiento, mediante el empleo de los indicadores de gestión diseñados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amendola, Luis. Ph.D. Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. Artículo publicado en la Universidad Politécnica Valencia España Dpto. Proyectos de Ingeniería. Fuente: [http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento\\_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf) (2013).
- Arias, Fidas G. El proyecto de investigación. Editorial Episteme. Caracas (1999). Tercera edición. Página 19
- Bustamante Z, Laura J y Ramos Gil, Joanna del V. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa que presta servicios en el área de telecomunicaciones. Tomo I- Trabajo especial de grado (Abril 2009).
- Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. Colombia: Mc Graw Hill. (2000).
- COMO HACER UNA TESIS", Carlos Sabino, Editorial Panapo, Caracas. (1993)
- "COMO SE HACE UNA TESIS", Humberto Eco, Editorial Digesa, Buenos Aires. (1982).
- Duffua, Dixon, Raouf Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. Ciudad de México: Limusa Wiley. (2000).
- De las Heras, Salvador. Fluidos bombas e instalaciones hidráulicas. Iniciativa digital de la Universidad Politécnica de Catalunya. Diciembre (2011.) Pág. 163
- Hernández M, Edelsys. Metodología de la investigación. Escuela Nacional de Salud Pública (2006). Página 31
- Hernández, Sampieri, R. Metodología de la Investigación, Mc Grow Hill (2000) Pag 278

- Leland Blank & Anthony Tarquin. Ingeniería Económica. Editorial Mc Graw Hill Sexta edición (2002) Pag. 224-245
- Lind, D.; Mason, R.; Marchal, W. “Estadística para Administración y Economía”. Ed.Irwin McGraw-Hill. (2001)
- Niebel, B y Freivalds, A Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Editorial Alfa-Omega. Mexico, D.F (2004).
- Norma Venezolana COVENIN 2500-93. Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. (1993)
- Palella Stracuzzi, Santa. Metodología de la investigación cualitativa. Editorial FedupeL. Caracas, Venezuela (2006). Segunda edición. Página .87
- RUBILAR Roberto, Curso de Auto-instrucción Multimedia, Evaluación Técnica-Económica de Proyectos Industriales”. Disponible en: [http://www.indec.cl/cursos/cursos\\_archivos/frame.htm](http://www.indec.cl/cursos/cursos_archivos/frame.htm)
- Ribis S, Sebastián. Gestión de planes de Mantenimiento Planificación y Programación. (2013)
- Tillerio R, Edithmar N. Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la filosofía actual que más se adapte al taladro de servicios. Tomo I- Trabajo especial de grado (Mayo 2009).