

# TEC | Tecnológico de Costa Rica

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



**Grupo Ecoplast S.A.**

***“Propuesta de mejoras para el departamento de mantenimiento de la planta de producción de empaques flexibles del Grupo Ecoplast S.A.”***

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título:  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura**

Richard Enrique Rodríguez Murillo

**Cartago, Costa Rica, 2014**



engineerscanada

Escuela Acreditada por el  
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

***Profesor Asesor***

*Ing. Juan Pablo Arias Cartín*

***Asesor Industrial***

*Ing. Luis Alberto Quirós Q.*

***Tribunal Examinador***

*Ing. Carlos Piedra*

*Ing. Erick Solórzano*

## INFORMACIÓN ESTUDIANTE Y EMPRESA

### ***Información del estudiante***

Nombre: Richard Rodríguez Murillo

Cédula: 206970129

Carné TEC: 201046632

Dirección de residencia en tiempo lectivo: 110 metros este de la iglesia católica de Bolívar, Piedades Norte, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

Teléfono celular: 8661 9409

Correo electrónico: richard.r.m.92@gmail.com

### ***Información del proyecto***

Nombre del proyecto: Propuesta de mejoras para el departamento de mantenimiento de la planta de producción de empaques flexibles del Grupo Ecoplast S.A.

Profesor asesor: Ing Juan Pablo Arias Cartín

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes: 7:30 a.m. – 5:00 p.m. y Sábados: 7:30 a.m. – 11:00 a.m.

### ***Información del proyecto***

Nombre de la empresa: Grupo Ecoplast S.A.

Dirección: 75 m oeste del servicentro Moligas, San Juan, San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

Actividad principal: Manufactura de empaques flexibles de polietileno (PE).

Teléfono: (506) 2445-9191

## **Dedicatoria**

*A mi madre Alicia, a mi padre Enrique y a mi hermana Kimberly.*

*Por su apoyo incondicional, por sus consejos y por su confianza en mí. Sin su ayuda no hubiera sido posible completar con éxito esta etapa de mi vida.*

## **Agradecimientos**

*A mi familia, por todo el esfuerzo que realizaron para que yo pudiera continuar estudiando y lograra finalizar mi carrera.*

*A mis compañeros, con los cuales compartí grandes experiencias durante mi formación profesional.*

*Al Ing. Víctor Rodríguez, por permitirme realizar esta última etapa de mi formación profesional en su empresa.*

*Al Ing. Luis Quirós, por los muchos consejos y recomendaciones que me ofreció durante el desarrollo de este trabajo y por compartir sus conocimientos conmigo.*

*Al Ing. Juan Pablo Arias, por sus consejos y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.*

*Al todo el personal de Grupo Ecoplast S.A., con quienes compartí una muy gratificante experiencia.*

## **Tabla de contenidos**

---

Capítulo 1. Introducción.....	4
1.1. Introducción .....	4
1.2. Preguntas de investigación .....	4
1.3. Situación actual del problema .....	5
1.4. Justificación del proyecto .....	5
1.5. Objetivos .....	6
1.5.1. Objetivo general .....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
1.6. Alcances .....	7
1.7. Descripción de la empresa.....	7
1.7.1. Misión .....	8
1.7.2. Visión.....	8
1.7.3. Valores .....	8
1.8. Descripción del departamento de mantenimiento .....	8
Capítulo 2. Evaluación del departamento de mantenimiento .....	10
2.1. Definiciones de acuerdo con la norma COVENIN 3049-93.....	10

2.2. Norma COVENIN 2500-93.....	13
2.2.1. Principios básicos y deméritos: variables para la evaluación de acuerdo con la norma COVENIN 2500-93.....	15
2.2.2. Escala de medición .....	23
2.3. Evaluación del departamento de mantenimiento .....	25
2.3.1. Aplicación de la norma COVENIN 2500-93.....	25
2.3.2. Primera aproximación a la situación actual de la gestión del mantenimiento .....	25
2.3.3. Ficha de evaluación.....	27
2.3.4. Resultados obtenidos.....	29
2.3.5. Análisis de resultados obtenidos .....	30
2.3.6. Observaciones y recomendaciones.....	40
Capítulo 3. Propuesta de mejoras para el departamento de mantenimiento.....	42
3.1. Mejoras para la gestión del mantenimiento.....	43
3.1.1. Fase previa: evaluación del departamento.....	44
3.1.2. Implantación .....	44
3.2. Modelo inicial para el departamento de mantenimiento.....	47
3.2.1. Importancia del mantenimiento preventivo .....	47

3.3. Misión y visión del departamento de mantenimiento. ....	54
3.3.1. Misión del departamento de mantenimiento.....	55
3.3.2. Visión del departamento de mantenimiento .....	55
3.4. Análisis de criticidad de los equipos.....	55
3.5. Equipos seleccionados .....	62
3.5.1. Extrusora de película soplada de polietileno .....	62
3.5.2. Imprenta flexográfica para película de polietileno.....	65
3.5.3. Máquina convertidora de bolsas plásticas tipo sello de fondo.....	68
3.6. Codificación de los equipos .....	70
3.7. Mantenimiento preventivo de los equipos .....	77
3.7.1. Actividades de mantenimiento preventivo para la extrusora .....	82
3.7.2. Actividades de mantenimiento preventivo para la imprenta flexográfica	86
3.7.3. Actividades de mantenimiento preventivo para la máquina convertidora de bolsas de sello de fondo .....	88
3.8. Costos.....	89
3.9. Diagramas de procesos de mantenimiento.....	92
3.10. Documentos.....	97
Capítulo 4. Bodega de repuestos, materiales y suministros.....	104



4.1. Modelo de bases de datos relacional en Microsoft Access.....	105
4.2. Requerimientos del sistema.....	107
4.3. Características del sistema.....	109
4.4. Implementación del sistema.....	113
4.5. Ampliación de la capacidad de la bodega.....	115
Conclusiones y recomendaciones.....	117
Bibliografía .....	119
Apéndice .....	121
1. Criterios de evaluación según la norma COVENIN 2500-93.....	121
2. Tablas para la creación y lectura de los códigos de los equipos. ....	141
3. Capturas de pantalla del sistema creado en Microsoft Access 2010 .....	143

## Índice de figuras

---

Figura 2.1. Ficha de evaluación para el Departamento de Mantenimiento de la empresa.....	28
Figura 3.1. Cuadro resumen de las fases para una gestión del cambio del mantenimiento industrial. ....	46
Figura 3.2. Costo del mantenimiento en función del tiempo. ....	49
Figura 3.3. Modelo de gestión del mantenimiento basado en mantenimiento preventivo.....	50
Figura 3.4. Organigrama general de la empresa.....	51
Figura 3.5. Selección del modelo de mantenimiento.....	59
Figura 3.6. Proceso de extrusión de película soplada básico. ....	63
Figura 3.7. Principio básico para realizar una impresión flexográfica con rodillos. ....	68
Figura 3.8. Diagrama que muestra en funcionamiento básico de una máquina convertidora de bolsas de sello de fondo.....	70
Figura 3.9. Ejemplo de codificación. ....	71
Figura 3.10. Símbolos básicos para realizar la representación simbólica de los diagramas de proceso.....	92
Figura 3.11. Propuesta de procedimiento para la solicitud de materiales, repuestos y suministros en la bodega. ....	94

Figura 3.12. Propuesta de procedimiento para realizar las actividades de mantenimiento no programado. ....	95
Figura 3.13. Propuesta de procedimiento para realizar las actividades de mantenimiento programado. ....	96
Figura 3.14. Solicitud de servicio de mantenimiento. ....	98
Figura 3.15. Orden de mantenimiento no programado. ....	100
Figura 3.16. Solicitud de materiales repuestos y suministros. ....	102
Figura 3.17. Orden de mantenimiento programado. ....	103
Figura 4.1. Modelo relacional de la base de datos de la bodega. ....	109
Figura 4.2. Inicio de sesión de la base de datos. ....	111
Figura 4.3. Manú principal del sistema.....	111
Figura 4.4. Distribución de los artículos en la bodega.....	114
Figura 4.5. Propuesta de distribución de la bodega con más estantes. ....	116
Figura 1. Formulario para registrar las entradas. ....	143
Figura 2. Formulario utilizado para registrar las salidas.....	143
Figura 3. Formulario con la lista de entradas. ....	144
Figura 4. Formulario con la lista de salidas.....	144
Figura 5. Formulario utilizado para clasificación de tipos y subtipos.....	145

Figura 6. Lista de movimientos de entrada. ....	146
Figura 7. Formulario con la lista de movimientos de salida.....	146
Figura 8. Formulario para el ingreso y modificación de un artículo.....	147
Figura 9. Formulario para el ingreso y modificación de proveedores.....	147

## **Índice de gráficas**

---

Gráfica 2.1. Gráfico radial con los resultados de la evaluación del departamento de mantenimiento.....	30
Gráfica 2.2. Análisis de la evaluación - Organización de mantenimiento.....	31
Gráfica 2.3. Análisis de la evaluación - Planificación del mantenimiento.....	32
Gráfica 2.4. Análisis de la evaluación - Mantenimiento rutinario .....	33
Gráfica 2.5. Análisis de la evaluación - Mantenimiento programado.....	35
Gráfica 2.6. Análisis de la evaluación - Mantenimiento correctivo .....	36
Gráfica 2.7. Análisis de la evaluación - Mantenimiento preventivo .....	37
Gráfica 2.8. Análisis de la evaluación - Mantenimiento por avería.....	38
Gráfica 2.9. Análisis de la evaluación - Personal de mantenimiento.....	39
Gráfica 2.10. Análisis de la evaluación – Recursos. ....	40

## **Índice de tablas**

---

Tabla 2.1. Factores que evalúa COVENIN 2500-93. ....	14
Tabla 2.2. Resultados de la evaluación del departamento de mantenimiento. ....	29
Tabla 2.3. Áreas que se desean mejorar con las propuestas. ....	41
Tabla 3.1. Criterios de criticidad.....	57
Tabla 3.2. Análisis de criticidad de los equipos de la planta. ....	61
Tabla 3.3. Lista y codificación general de los equipos de producción.....	72
Tabla 3.4. Codificación de sistemas y elementos para la extrusora METAMAX 80L – parte 1.....	73
Tabla 3.5. Codificación de sistemas y elementos para la extrusora METAMAX 80L – parte 2.....	74
Tabla 3.6. Codificación de sistemas y elementos para la extrusora METAMAX 80L – parte 3.....	75
Tabla 3.7. Codificación de sistemas y elementos para la imprenta HYPLAS. ....	76
Tabla 3.8. Codificación de sistemas y elementos para la convertidora de sello de fondo.....	77
Tabla 3.9. Simbología para utilizada para las actividades de mantenimiento. ....	81
Tabla 3.10. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 1. ....	82
Tabla 3.11. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 2. ....	83

Tabla 3.12. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 3. ....	84
Tabla 3.13. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 4 .....	85
Tabla 3.14. Actividades de mantenimiento preventivo de la imprenta flexográfica – parte 1 .....	86
Tabla 3.15. Actividades de mantenimiento preventivo de la imprenta flexográfica – parte 2 .....	87
Tabla 3.16. Actividades de mantenimiento preventivo de la máquina convertidora de bolsas de sello de fondo – parte 1. ....	88
Tabla 3.17. . Actividades de mantenimiento preventivo de la máquina convertidora de bolsas de sello de fondo – parte 2. ....	89
Tabla 4.1. Cotización de los estantes. ....	115
Tabla 1. Familias a las que puede pertenecer un elemento.....	141
Tabla 2. Códigos de los sistemas de las extrusoras .....	142
Tabla 3. Códigos de los sistemas de las impresoras flexográficas. ....	142
Tabla 4. Códigos de los sistemas de la convertidora de sello de fondo.....	142

## **Glosario**

---

PYME: Pequeña y mediana empresa

SP: Sistema productivo

OT: Orden de trabajo

SS: Solicitud de servicio de mantenimiento

OTMP: Orden de trabajo de mantenimiento programado

OTMNP: Orden de mantenimiento no programado.

MTO: Mantenimiento

PVC: Policloruro de vinilo

RCM: Mantenimiento centrado en confiabilidad

S.A.: Sociedad anónima

PE: Polietileno



## Resumen

---

En este trabajo se realiza una evaluación del departamento de mantenimiento mediante la norma COVENIN 2500-93, para determinar el estado actual de la organización de mantenimiento. Esta norma consiste en un manual de evaluación de los puntos importantes para la organización relacionados con el mantenimiento. Se efectúa un análisis de la evaluación realizada para encontrar oportunidades de mejora.

Además, se realiza la propuesta de un modelo de gestión básico del mantenimiento acorde con las capacidades y tamaño de la empresa, que funcione como base para el departamento. Se basa en el mantenimiento preventivo de los equipos críticos de producción con el fin de evitar las paradas no programadas.

Se realiza una propuesta con una serie de actividades de mantenimiento preventivo para los equipos de producción seleccionados mediante un análisis de criticidad. La intención es que estas sean las actividades base para continuar con la implantación del mantenimiento preventivo.

Se diseñan los documentos administrativos principales para poder llevar un control de los trabajos de mantenimiento. Además, estos documentos se acompañan de los diagramas de flujo respectivos para su utilización en el contexto operacional de la planta.

Finalmente se realiza un sistema de bases de datos en Microsoft Access para el manejo de la bodega de materiales, repuestos y suministros. El sistema permite registrar las entradas y salidas, actualizando automáticamente las existencias en *stock*. Además se puede obtener información acerca del consumo de los artículos, así como quién los solicitó y para cuál departamento.

**Palabras clave:** gestión de mantenimiento, mantenimiento preventivo, Microsoft Access, procedimientos y documentos de mantenimiento, análisis de criticidad.

## **Abstract**

---

In this work an assessment of maintenance department was done by COVENIN 2500-93, to determinate the current status of the maintenance organization. This standard consist in an evaluation manual of the important points related with the maintenance organization. An analysis of the evaluation was made to find improvements opportunities.

Also, a proposal of a basic model of maintenance was made according with the capabilities and size of the company, this model is based in a preventive maintenance of the critical production equipment in order to avoid unscheduled stops.

A proposal was made with maintenance activities for production equipment, selected by a critical analysis, the activities are the base to continue with the implementation of preventive maintenance.

The main administrative documents are designed to keep track of the maintenance work. Moreover, these documents are accompanied by the respective flow diagrams for use in the operational environment of the plant.

Finally, a database system was created in Microsoft Access in order to do and adequate management of replacements parts, material and supplies. This system can record the check in and check out, automatically updating the inventory stock. Besides, the system can display information about the used articles. The interface was created with Microsoft Access forms, so the user can be manipulate easily.

**Palabras clave:** management model, preventive maintenance, Microsoft Access, maintenance procedures and documents, criticality analysis.

# **Capítulo 1. Introducción**

---

## **1.1. Introducción**

Es importante tener claro que para que una empresa se mantenga competitiva en un mercado cada vez más exigente, es necesario plantearse la situación actual y visionar cómo se puede realizar más eficientemente los trabajos.

El mantenimiento de una empresa es un punto que puede llegar a representar un costo bastante significativo en los costos globales de la empresa. Es por ello que siempre se debe buscar la mejor manera de aprovechar los recursos y ser más eficiente.

Este proyecto se realiza con la intención de evaluar cómo se lleva a cabo el mantenimiento en la planta de manufactura de empaques flexibles del Grupo Ecoplast S.A., para luego realizar una propuesta con algunas mejoras para la gestión del mantenimiento.

## **1.2. Preguntas de investigación**

¿Cómo se realiza actualmente el mantenimiento de los equipos críticos de producción?

¿Cómo se controla la bodega de repuestos y se realizan los movimientos de los artículos?

¿Cuáles documentos y procedimientos de mantenimiento hacen falta para que el departamento funcione eficientemente?

### **1.3. Situación actual del problema**

La empresa Ecoplast S.A. es de constitución nueva, comenzó su producción a mediados de marzo del 2014. En este momento se encuentra en fase de producción, así como de instalación de nuevos equipos. La mayor parte de equipos son comprados y traídos desde Taiwán, en conjunto con algunas adquisiciones realizadas en Costa Rica.

Actualmente solo se realiza mantenimiento correctivo y por avería a la mayor parte de los equipos, con algunas actividades preventivas realizadas por empresas externas (tercerización). No existen manuales de mantenimiento preventivo, ni programación formal de las actividades de mantenimiento (programa de mantenimiento).

Tampoco se tiene un *software* para gestionar dichas actividades. Se utiliza un *software* interno para realizar las actividades de producción, inventarios, contabilidad, etc., construido particularmente para la empresa. A pesar de que el sistema está recién instalado, es un *software* muy antiguo y de difícil manejo. Este sistema no contempla las actividades de mantenimiento.

La documentación de los equipos importados se encuentra en el idioma del país de procedencia, haciendo imposible su lectura por el personal de la empresa. La mayor parte de la información se refiere a planos mecánicos y diagramas de control eléctrico. Los manuales no son claros y la información relacionada con mantenimiento de las máquinas es casi inexistente.

### **1.4. Justificación del proyecto**

El proyecto nace como una necesidad de gestión del departamento de mantenimiento de la planta de fabricación de envases flexibles de Grupo Ecoplast S.A. Las empresas que quieren ser competitivas en un mercado cada vez más exigente deberán ser capaces de mejorar sus sistemas de explotación.

Una de esas maneras de mejora se puede lograr mediante una gestión del mantenimiento, asegurando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos productivos. Este trabajo busca realizar una serie de propuestas de mejoras que servirán como base para una gestión del mantenimiento de manera adecuada para la empresa.

Es importante mencionar que en este momento solamente existe un mantenimiento correctivo de los equipos, atacando los problemas cuando se presentan. En este caso también es necesario empezar por definir un manual de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de producción. El mantenimiento preventivo es uno de los puntos clave necesarios que se deben intentar solucionar.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Proponer las bases para una gestión del mantenimiento que permita realizar las actividades del departamento de una manera más eficiente y garantizar la disponibilidad de los equipos, mediante una serie de propuestas de mejoras.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Analizar la situación actual del mantenimiento del Grupo Ecoplast S.A. mediante alguna herramienta de evaluación con el objetivo de plantear posibles acciones de mejora.
- Realizar una propuesta de mejoras para la gestión del mantenimiento basada en conceptos modernos de mantenimiento acordes con la situación actual de la empresa para el departamento de mantenimiento.
- Implementar un sistema en Microsoft Access para el control de la bodega de repuestos, materiales y suministros.

## **1.6. Alcances**

Mediante este trabajo se desea obtener un panorama de la situación actual del departamento de mantenimiento, para realizar una propuesta de mejoras para la gestión del mantenimiento con la intención de solventar los puntos débiles y críticos existentes en su proceso.

Se prepara una propuesta de un modelo de gestión básico para el departamento de mantenimiento apoyado en el mantenimiento preventivo, como punto de partida para comprender su papel y su relación con los demás diferentes departamentos de la empresa. Se realiza tomando en cuenta el tamaño de la empresa y la situación actual.

Se busca crear herramientas, documentos y procedimientos administrativos que ayuden a realizar las actividades de mantenimiento de los equipos e introduzcan las bases hacia un sistema de gestión en el departamento.

Además se pretende realizar el estudio de los equipos de producción más importantes para levantar un primer listado de las actividades de mantenimiento preventivo para esos equipos, siendo este, el primer paso para un plan de mantenimiento. Los equipos serán seleccionados mediante un análisis de criticidad.

## **1.7. Descripción de la empresa**

Grupo Ecoplast S.A. es una pyme ubicada en San Juan de San Ramón de Alajuela que se dedica a la manufactura de empaques flexibles a partir de polietileno (PE). Cuenta con una única planta donde laboran aproximadamente 30 trabajadores.

La mayor parte de la producción es para mercado nacional, con la intención de incursionar en la exportación de sus productos. La planta se encuentra trabajando 24 horas al día, 6 días a la semana.

### **1.7.1. Misión**

Hacer contribuciones técnicas para el desarrollo de empaques flexibles en armonía con el bienestar de la humanidad.

### **1.7.2. Visión**

Convertirse en la compañía más reconocida por brindar soluciones tangibles en los empaques flexibles de los clientes a través de la innovación y la tecnología.

### **1.7.3. Valores**

- Equilibrio
- Compromiso
- Optimismo
- Perseverancia
- Lealtad
- Autenticidad
- Superación
- Tolerancia

## **1.8. Descripción del departamento de mantenimiento**

El departamento de mantenimiento se encuentra conformado por el jefe de mantenimiento y un técnico electromecánico solamente. Ellos son los encargados de realizar el mantenimiento de los equipos, así como el de la estructura del edificio. Además están encargados de la instalación de nuevas máquinas y modificaciones.

El horario de trabajo del departamento es de 7:30 a.m. a las 5:00 p.m., trabajando solamente un turno por día.

El departamento tiene relación directa con todos los departamentos de la empresa y con la gerencia general (el dueño en este caso).

Las labores de mantenimiento se realizan mediante una boleta llamada "Orden de trabajo de mantenimiento", pero la mayor parte del tiempo los trabajos son comunicados de manera verbal.



## **Capítulo 2. Evaluación del departamento de mantenimiento**

---

Una de las cuestiones más importantes que se debe tener en cuenta antes de realizar un cambio dentro de una organización es saber en qué estado se encuentra. Para realizar esta primera aproximación se realiza una evaluación del departamento de mantenimiento. En este caso, esta evaluación será el punto de partida para realizar la propuesta.

La evaluación se realizó basándose en la norma venezolana COVENIN 2500-93 “Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria”. Esta norma está constituida por una serie de criterios a los que se les debe otorgar una calificación con el fin de realizar un diagnóstico de la organización de mantenimiento.

### **2.1. Definiciones de acuerdo con la norma COVENIN 3049-93**

Es importante, antes de empezar con la evaluación, aclarar algunas definiciones que se utilizan en la norma COVENIN 2500-93. Estas definiciones se encuentran en la norma COVENIN 3049-93 (Mantenimiento. Definiciones).

**Sistema productivo (SP):** Son aquellas siglas que identifican a los sistemas productivos, dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.

**Mantenimiento:** Es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un SP a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

**Gestión de mantenimiento:** Es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento.

**Objetivo de mantenimiento:** Es mantener un SP en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicio, a un costo global óptimo.

**Políticas de mantenimiento:** Son los lineamientos para lograr los objetivos de mantenimiento.

**Objetos de mantenimiento:** Los SP que deben ser mantenidos de forma tal que la producción o servicio obtenido sea el deseado.

**Trabajos de mantenimiento:** Son las actividades por ejecutar para cumplir con los objetivos de la organización.

**Recursos de mantenimiento:** Son todos los insumos necesarios para realizar la gestión de mantenimiento: humanos, materiales, financieros u otros.

**Mantenimiento rutinario:** Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras, su frecuencia de ejecución es hasta por periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los SP y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos SP, evitando su desgaste.

**Mantenimiento programado:** Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión o sustituciones para los elementos más importantes de un SP, a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.

**Mantenimiento por avería o reparación:** Se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser “programada”, pues implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipo.

**Mantenimiento correctivo:** Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros, su intervención debe ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

**Mantenimiento circunstancial:** Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar se ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna; se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio por la razón anterior; se atienden averías cuando el sistema que cumpla su función y el estudio de la falla permiten la programación de su corrección eliminando dicha avería a mediano plazo. La atención de los SP bajo este tipo de mantenimiento dependen no de la organización de mantenimiento que tiene a dichos SP dentro de sus planes y programas, sino de otros entes de la organización del SP, los cuales sugieren aumento en capacidad de producción, cambios de procesos, disminución en ventas, reducción de personal o turnos de trabajo.

**Mantenimiento preventivo:** El estudio de fallas de un SP deriva en dos tipos de averías: aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los SP mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustituciones de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

## **2.2. Norma COVENIN 2500-93**

Fue creada por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) en el año 1993 y su aplicación está enfocada a empresas o plantas manufactureras que se encuentren en funcionamiento.

Esta norma 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.

En la Tabla 2.1 se muestra los factores que evalúa la norma COVENIN 2500-93. En el caso de este trabajo se decide eliminar algunas áreas de evaluación para que corresponda de una mejor manera con el departamento de mantenimiento y el objetivo de este trabajo. Las áreas que no se tomarán en cuenta son: organización de la empresa, apoyo logístico y el mantenimiento circunstancial.

Tabla 2.1. Factores que evalúa COVENIN 2500-93.

FACTORES	ÁREA	PRINCIPIO BÁSICO
Organización de la empresa	Organización de la empresa	1. Funciones y responsabilidades. Principios.
		2. Autoridad y autonomía.
		3. Sistemas de información.
	Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo.
2. Apoyo gerencial.		
3. Apoyo general.		
Organización de la función de mantenimiento	Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades.
		2. Autoridad y autonomía.
		3. Sistema de información.
	Planificación de mantenimiento	1. Objetivos y metas.
		2. Políticas para la planificación.
		3. Control y evaluación.
	Mantenimiento rutinario	1. Planificación.
		2. Programación e implantación.
		3. Control y evaluación.
	Mantenimiento programado	1. Planificación.
		2. Programación e implantación.
		3. Control y evaluación.
	Mantenimiento circunstancial	1. Planificación.
		2. Programación e implantación.
		3. Control y evaluación.
	Mantenimiento correctivo	1. Planificación.
		2. Programación e implantación.
		3. Control y evaluación.
Mantenimiento preventivo	1. Determinación de parámetros.	
	2. Planificación.	
	3. Programación e implantación.	
	4. Control y evaluación.	
Mantenimiento por avería	1. Atención a las fallas.	
	2. Supervisión y ejecución.	
	3. Información sobre las averías.	
Recursos	1. Equipos.	
	2. Herramientas.	
	3. Instrumentos.	
	4. Materiales.	
	5. Repuestos.	
Competencia del personal	Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades del personal.
		2. Selección y formación.
		3. Motivación e incentivos.

Fuente: Tomado de la norma COVENIN 2500-93, adaptado por el autor.

## **2.2.1.Principios básicos y deméritos: variables para la evaluación de acuerdo con la norma COVENIN 2500-93.**

Antes de iniciar con la aplicación de la norma es importante tener claros los conceptos de principios básicos y deméritos en los cuales se fundamenta el manual de evaluación. A continuación se presentan algunas definiciones importantes.

**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.

**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.

A continuación se presentan cada uno de los principios básicos que se utilizarán para realizar la evaluación. Como se mencionó, solo se tomarán los que se consideran adecuados para el departamento de mantenimiento.

### **Organización de mantenimiento**

#### **Principios básicos**

- Funciones y responsabilidades: La función de mantenimiento está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.
- Autoridad y autonomía: Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen

la suficiente autoridad u autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.

- Sistemas de información: La organización de mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos u otra).

## **Planificación de mantenimiento**

### **Principios básicos**

- Objetivos y metas: Dentro de la organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.
- Políticas para la planificación: La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.
- Control y evaluación: La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesarios para elaboración de los planes de mantenimiento.

## Mantenimiento rutinario

### Principio básico

- Planificación: La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un *stock* de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.
- Programación e implantación: Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades es menor o igual a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.
- Control y evaluación: El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos que permiten llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.



## **Mantenimiento programado**

### **Principios básicos**

- Planificación: La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde quincenal y hasta anual a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión de los elementos más importantes.
- Programación e implantación: La organización tiene establecidas instrucciones para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, sin interferir con las actividades de producción y disponen del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.
- Control y evaluación: La organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.

## **Mantenimiento correctivo**

### **Principios básicos**

- Planificación: La organización cuenta con una infraestructura para que las acciones de mantenimiento correctivo se lleven en una forma planificada. El

registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.

- Programación e implantación: Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia programada, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo, no se pare la producción. La organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.
- Control y evaluación: La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.

## **Mantenimiento preventivo**

### **Principios básicos**

- Determinación de parámetros: La organización tiene establecido por objetivo lograr la efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organización dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas, aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de tiempos de paradas.

- Planificación: La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo
- Programación e implantación: Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.
- Control y evaluación: En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades mantenimiento preventivo.

## **Mantenimiento por avería**

### **Principios básicos**

- Atención a las fallas: La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ello planillas de reporte de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención al objeto averiado.

- Supervisión y ejecución: Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la aparición de la falla, en el período de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos para la atención de las averías.
- Información sobre las averías: La organización de mantenimiento cuenta con el personal para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.

## **Personal de mantenimiento**

### **Principios básicos**

- Cuantificación de las necesidades del personal: La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas de mantenimiento requeridas en la organización para el cumplimiento de los objetivos propuestos.
- Selección y formación: La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otros aspectos). Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos.

- Motivaciones e incentivos: La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos salariales.

## **Recursos**

### **Principios básicos**

- Equipos: La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos, permitiendo el control de su uso.
- Herramientas: La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente, reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas, permitiendo el control de su uso.
- Instrumentos: La organización de mantenimiento posee los instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. Para la selección de dichos instrumentos se toma en cuenta las diferentes casas de los fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de instrumentos, permitiendo el control de su uso.

- Materiales: La organización de mantenimiento cuenta con un *stock* de materiales de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales, existiendo seguridad de que el sistema opere de forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales utilizados en mantenimiento.
- Repuestos: La organización de mantenimiento cuenta con un *stock* de repuestos, de buena calidad y con facilidad para su obtención, y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los repuestos utilizados en mantenimiento.

### **2.2.2. Escala de medición**

Para realizar una interpretación de los resultados obtenidos se decide utilizar una escala mencionada por (Vásquez) en su escrito “Instrumentos de medición para diagnosticar la gestión del mantenimiento”, propuesto por Villamzar. La escala determina los criterios en cada nivel, clasificando la gestión en cinco etapas.

- **91-100% / Excelencia**: Existe una gestión de mantenimiento de clase mundial con las mejores prácticas operacionales.
- **81-90% / Competencia**: Existe una gestión de mantenimiento con tendencia a clase mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de operaciones efectivas.

- **71-80% / Entendimiento:** Existe una gestión de mantenimiento básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de mantenimiento clase mundial.
- **51-70% / Conciencia:** Existe una gestión de mantenimiento básica, pero se desconocen las mejores prácticas de mantenimiento clase mundial o de las filosofías de mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.
- **0-50% / Inconsciencia:** No existe una gestión de mantenimiento básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades de mejorar.

## **2.3. Evaluación del departamento de mantenimiento**

### **2.3.1. Aplicación de la norma COVENIN 2500-93**

Siguiendo con algunas recomendaciones que presenta la norma, se aplicó la siguiente metodología:

- Se realiza una entrevista con el jefe de mantenimiento para obtener un panorama global de la gestión del mantenimiento.
- Se realiza un análisis cualitativo de los posibles problemas y carencias encontradas.
- Se incluye a las demás personas involucradas con el departamento mediante entrevistas, las cuales se aplican para obtener información de manera más detallada. También se realiza un seguimiento de las actividades de mantenimiento para tener un punto de vista más completo acerca la gestión.
- Se realiza la evaluación mediante el formato propuesto por la norma aplicando los deméritos encontrados para obtener una cuantificación de la evaluación realizada, restando los puntos que representa cada demérito.
- Se llena la ficha de evaluación para obtener la puntuación final.
- Se realiza un análisis de cada uno de los aspectos evaluados.

### **2.3.2. Primera aproximación a la situación actual de la gestión del mantenimiento**

El departamento de mantenimiento está constituido solamente por dos personas: el jefe de mantenimiento y el técnico electromecánico. Ellos dos son los encargados de realizar todas las labores de mantenimiento a las siguientes máquinas: dos extrusoras de soplado de película de polietileno, una imprenta flexográfica para rollos



de película de polietileno, tres máquinas de conversión de bolsas, una máquina fuelladora y una máquina gofradora. Todas estas máquinas son destinadas a la fabricación de empaques flexibles.

La mayoría de labores de mantenimiento que se realizan a los equipos son de carácter correctivo, esperando a que el equipo presente la falla. Existen algunas labores preventivas como pueden ser cambios de aceite y lubricación. No se tiene un plan para realizar estas actividades de manera programada.

No existe el documento de orden de trabajo de mantenimiento, ni se llevan registros históricos de los trabajos o reparaciones que se les realizan a las máquinas. No existe ningún *software* de mantenimiento. Solamente se utiliza un programa diseñado por encargo del dueño que contempla la parte de contabilidad, bodegas e inventarios (materias primas, producto terminado, etc.) escrito en el lenguaje de programación FoxPro 2.5a (versión de 1993).

No existe gestión de la bodega de repuestos, ni se tiene un control de los suministros y materiales actuales, ni de las entradas y salidas de la bodega.

No existe una planeación con los demás departamentos de la empresa para realizar los trabajos de mantenimiento. Los trabajos se realizan cuando se presenta alguna avería o cuando no hay carga de trabajo para las máquinas.

El jefe de mantenimiento también se encarga de la instalación de nuevas máquinas y las nuevas obras de infraestructura del edificio.

No existe ningún tipo de indicador para apoyar la toma de decisiones y medir el rendimiento del departamento.

### 2.3.3.Ficha de evaluación

Para poder realizar la interpretación de los datos contenidos en la ficha de evaluación se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El encabezado contiene el nombre de la norma, el evaluador, la empresa a la que se le realiza la evaluación y la fecha de esta.
- La columna A representa cada una de las áreas que se toman en cuenta para realizar la evaluación, en este caso tienen la misma numeración que presenta la norma.
- La columna B representa cada uno de los principios básicos de cada área.
- La columna C contiene la puntuación máxima que se puede restar a cada uno de los principios básicos.
- La columna D contiene cada uno de los deméritos que corresponden a un principio básico, a su vez se subdividen en columnas para cada una de las puntuaciones de los deméritos.
- La columna E contiene la suma de los deméritos de cada uno de los principios básicos e inmediatamente después de cada área el total de deméritos por área.
- La columna F contiene el resultado de restarle a la puntuación máxima de cada principio, la suma de los puntos de los deméritos.
- La columna G% contiene la calificación porcentual de cada uno de los principios básicos y de las áreas por evaluar. Se presenta de forma numérica y de forma gráfica (mediante un gráfico de barras)

A continuación se presenta la ficha de evaluación realizada en este trabajo.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO FICHA DE EVALUACIÓN Norma COVENIN 2500-93							Fecha: Enero - Mayo 2015	
A	B	C	D	E	F	G		
AREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS	D1+D2+...+Dn	TOTAL DEME	PTS	%		
2	1.Funciones y responsabilidades.	80	0 5 10 5 10 5	15	65	81%		
	2.Autoridad y autonomía.	50	0 0 0 0	0	50	100%		
	3.Sistema de información	70	15 15 10 5 10 10	65	5	7%		
	<b>Total</b>	<b>200</b>		<b>80</b>	<b>120</b>	<b>60%</b>		
3	1.Objetivos y metas	70	20 15 10 0	45	25	36%		
	2.Políticas para la planificación	70	20 15 10 15	60	10	14%		
	3.Control y evaluación	60	10 10 5 7 5 5 5	52	8	13%		
	<b>Total</b>	<b>200</b>		<b>157</b>	<b>43</b>	<b>22%</b>		
4	1.Plantificación	100	20 20 10 20 5 5	80	20	20%		
	2.Programación e implantación	80	15 5 10 10 5 10 5	70	10	13%		
	3.Control y evaluación	70	10 15 5 10 5 5 20	70	0	0%		
	<b>Total</b>	<b>250</b>		<b>220</b>	<b>30</b>	<b>12%</b>		
5	1.Plantificación	100	20 15 15 20 10 10 10	100	0	0%		
	2.Programación e implantación	80	20 10 15 10 10 15	80	0	0%		
	3.Control y evaluación	70	15 10 10 5 5 5 20	70	0	0%		
	<b>Total</b>	<b>250</b>		<b>250</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>		
7	1.Plantificación	100	30 30 10 0	70	30	30%		
	2.Programación e implantación	80	15 10 5 0	30	50	63%		
	3.Control y evaluación	70	15 15 20 20	70	0	0%		
	<b>Total</b>	<b>250</b>		<b>170</b>	<b>80</b>	<b>32%</b>		
8	1.Determinación de parámetros	80	10 20 20 10 0	60	20	25%		
	2.Plantificación	40	20 20	40	0	0%		
	3.Programación e implantación	70	20 15 15 5 10	65	5	7%		
	4.Control y evaluación	60	15 15 10 20	60	0	0%		
	<b>Total</b>	<b>250</b>		<b>225</b>	<b>25</b>	<b>10%</b>		
9	1.Atención a las fallas	100	0 20 0 15 5 5	45	55	55%		
	2.Supervisión y ejecución	80	0 0 0 2 5 0 0	12	68	85%		
	3.Información sobre las averías	70	20 10 20 20	70	0	0%		
	<b>Total</b>	<b>250</b>		<b>127</b>	<b>123</b>	<b>49%</b>		
10	1.Cuantificación de las necesidades del personal	70	15 10 20	45	25	36%		
	2.Selección y formación	80	10 10 10 0 0 0 0	30	50	63%		
	3.Motivación e incentivos	50	0 10 10 10	30	20	40%		
	<b>Total</b>	<b>200</b>		<b>105</b>	<b>95</b>	<b>48%</b>		
12	1.Equipos	30	0 0 10 0 5 5	10	20	67%		
	2.Herramientas	30	0 0 0 0 5 5	5	25	83%		
	3.Instrumentos	30	1 0 0 0 5 5	11	19	63%		
	4.Materiales	30	1 0 2 3 3 3 0 0 3	18	12	40%		
	5.Repuestos	30	1 0 3 3 3 2 3 2 0 3	20	10	33%		
	<b>Total</b>	<b>150</b>		<b>64</b>	<b>86</b>	<b>57%</b>		

Figura 2.1. Ficha de evaluación para el departamento de mantenimiento de la empresa

Fuente: Adaptado de la norma COVENIN 2500-93. Microsoft Excel.

### 2.3.4.Resultados obtenidos

En la Tabla 2.2 se muestran los resultados generales obtenidos en la evaluación del departamento de mantenimiento. Al realizar la comparación con la escala de medición propuesta, puede observarse que el departamento se encuentra en un estado de inocencia, lo cual indica que no existe una gestión del mantenimiento básica y que existen muchas oportunidades de mejoras.

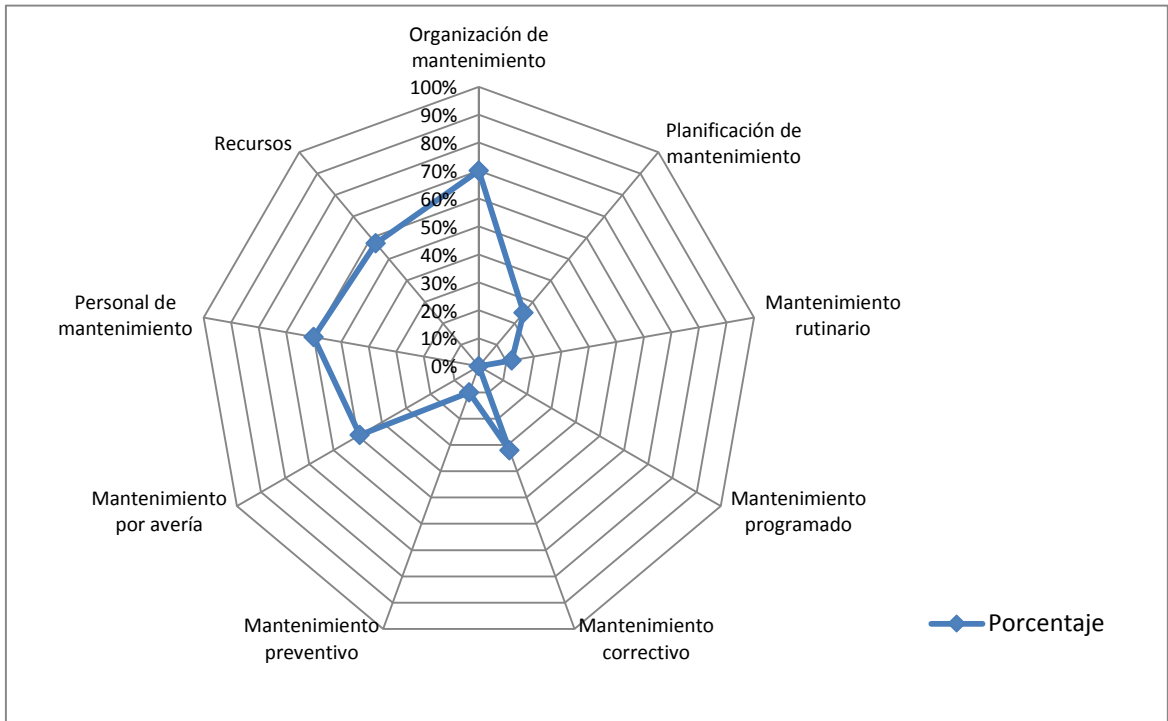
Tabla 2.2. Resultados de la evaluación del departamento de mantenimiento

Nº	Áreas	Porcentaje	Escala de medición
2	Organización de mantenimiento	60%	Conciencia
3	Planificación de mantenimiento	22%	Inocencia
4	Mantenimiento rutinario	12%	Inocencia
5	Mantenimiento programado	0%	Inocencia
7	Mantenimiento correctivo	32%	Inocencia
8	Mantenimiento preventivo	10%	Inocencia
9	Mantenimiento por avería	49%	Inocencia
10	Personal de mantenimiento	48%	Inocencia
12	Recursos	57%	Conciencia

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

A continuación se presentan los mismos resultados pero mediante un gráfico radial para una mejor apreciación. En la Gráfica 2.1 se puede observar que los puntos más altos se encuentran relacionados con la organización de mantenimiento, recursos, personal de mantenimiento, mantenimiento por avería y mantenimiento correctivo. Los puntos más bajos son los relacionados con planificación de mantenimiento, mantenimiento rutinario, mantenimiento programado y el mantenimiento preventivo.

Gráfica 2.1. Gráfico radial con los resultados de la evaluación del departamento de mantenimiento



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### 2.3.5. Análisis de resultados obtenidos

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos al realizar la evaluación con la intención de encontrar oportunidades de mejora para la gestión del departamento de mantenimiento. Tomando como referencia la ficha de evaluación se analiza cada uno de los principios básicos. Para realizar el análisis de los resultados obtenidos al aplicar la norma, se toma como referencia el trabajo de graduación de Vega llamado “Diseño de una propuesta de gestión de mantenimiento basada en un cuadro de mando integral para el departamento de facilidades de la planta Hospira”. En ese trabajo también se realiza la aplicación de la norma COVENIN 2500-93. La autora realiza el análisis mediante gráficos de barras para cada uno de los principios básicos evaluados por la norma, se decide utilizar este mismo método por su facilidad de presentar la información.

## Organización del mantenimiento

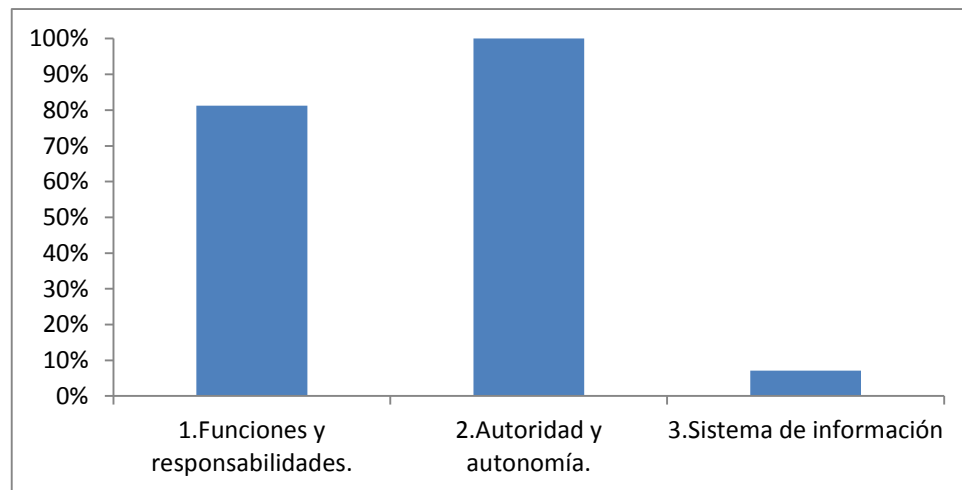
Observando la Gráfica 2.2 se puede concluir que la definición de las funciones está bien demarcada y no existe duplicidad, ni desconocimiento.

Los organigramas están bien claros. La cantidad de empleados del departamento no cubre la totalidad de los turnos, ya que en la noche no está presente el técnico. El departamento solamente se encuentra laborando de 7:30 a.m. a 5:00 pm.

El departamento de mantenimiento se presenta en el organigrama general en el mismo nivel jerárquico que producción. No se tiene una misión y visión declarada en el departamento que corresponda con las metas de la empresa.

Tampoco existe un sistema de información que ayude a la toma de decisiones, ni procedimientos normalizados para llevar y comunicar información y no se recolecta la información obtenida de las distintas labores de mantenimiento. La línea de autoridad sí se encuentra bien definida en el departamento.

Gráfica 2.2. Análisis de la evaluación - Organización de mantenimiento



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

## Planificación del mantenimiento

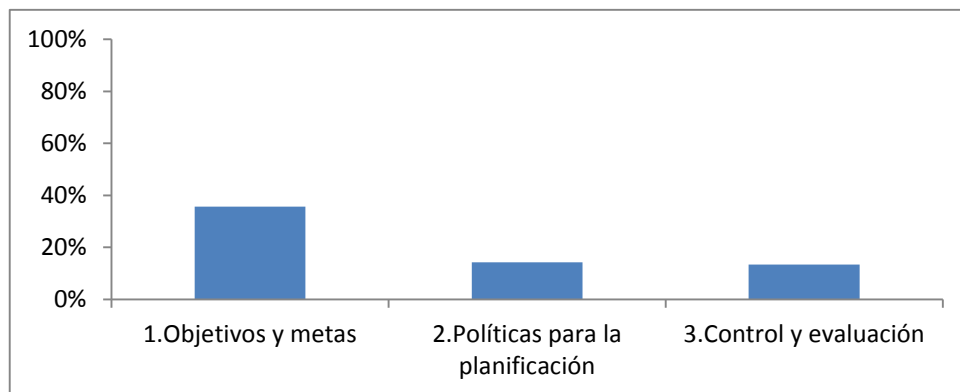
Esta área se encuentra con una calificación muy baja, por debajo del 40%. No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas por cumplir de la organización de mantenimiento, tampoco existe un plan donde se detallen las necesidades reales de mantenimiento. El objetivo del departamento de mantenimiento es reparar las fallas cuando suceden.

Tampoco se tiene definido un orden de prioridades para la ejecución de las actividades de mantenimiento. A los equipos solo se les realiza mantenimiento cuando falla, en conjunto con algunas tareas preventivas cuando es posible.

Además, no se lleva registro de las fallas y causas por escrito, ni se tienen estadísticas de tiempos de parada y tiempos de reparación. La información relacionada con las máquinas es escasa, los manuales tienen información en idioma del país donde fueron fabricadas las máquinas (Taiwán) y estos contienen prácticamente diagramas eléctricos y mecánicos, en el mejor de los casos.

No se poseen manuales de mantenimiento y operación. No existen catálogos de piezas del fabricante para todas las máquinas. La información no es procesada para futura toma de decisiones.

Gráfica 2.3. Análisis de la evaluación - Planificación del mantenimiento



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

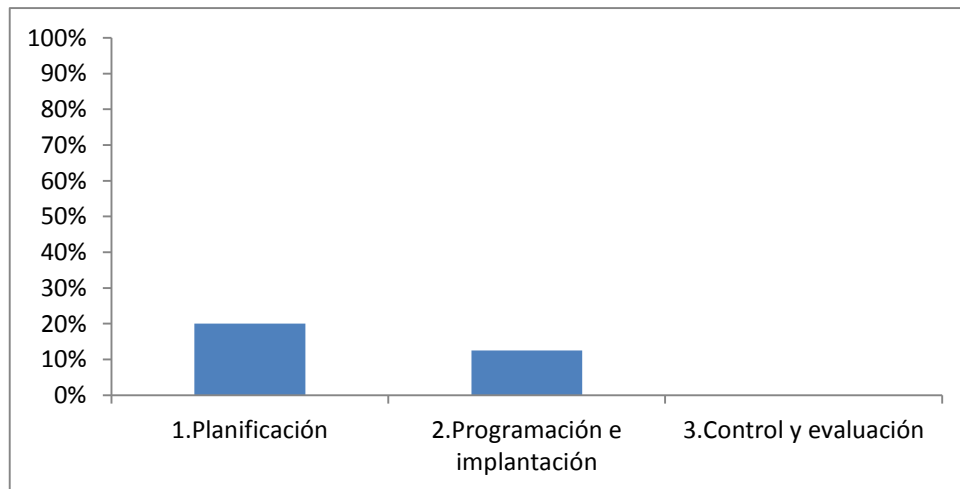
## Mantenimiento rutinario

No existe información técnica que permita a los operarios realizar el mantenimiento rutinario, las labores son ejecutadas por el técnico electromecánico. No existe documentación sobre las instrucciones de mantenimiento de tipo rutinario. Los operarios no conocen las labores que pueden realizar sobre este tipo de mantenimiento y solamente aplican de vez en cuando limpieza de ciertas áreas.

Todo el tiempo de trabajo del operario se utiliza en producción. Tampoco se tiene un control del *stock* de los materiales que se requieren para realizar el mantenimiento rutinario. T

No existe un programa de mantenimiento rutinario donde se especifique la frecuencia, las actividades y los responsables. Tampoco se tienen especificados los sistemas que pueden formar parte de un mantenimiento rutinario. La coordinación con el departamento de producción es inexistente en este sentido. Debido a que no existe ningún tipo de programa, se lleva ningún tipo de control.

Gráfica 2.4. Análisis de la evaluación - Mantenimiento rutinario



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.



## **Mantenimiento programado**

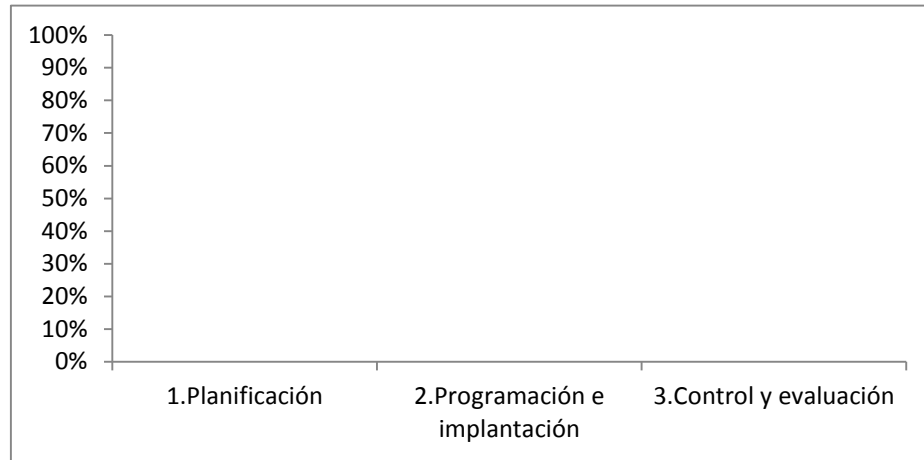
En esta área la calificación obtenida es de un 0%, demostrando que no existe ningún tipo de mantenimiento programado para las máquinas de la planta. No existen estudios sobre determinación de las cargas de trabajo y los ciclos de revisión que se le deben realizar a las máquinas.

Tampoco se tiene un estudio de las necesidades de mantenimiento reales de los equipos y las instalaciones. No existe un programa, ni se han determinado las frecuencias de las actividades de mantenimiento programado.

Los manuales existentes de las máquinas no contienen casi ninguna información acerca del mantenimiento respectivo que se debe realizar, incluso algunas máquinas no cuentan con su respectivo manual.

Tampoco se ha determinado la fuerza laboral necesaria para realizar estas actividades de mantenimiento programado. Se tiene pensado en futuro realizar mantenimiento programado a los equipos que así lo requieran. No existen documentos que permitan recolectar información acerca de las labores realizadas, insumos utilizados y herramientas requeridas que permitan ayudar en la toma de decisiones. No existe ningún tipo de medición o indicador acerca de las labores de mantenimiento programado.

Gráfica 2.5. Análisis de la evaluación - Mantenimiento programado



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

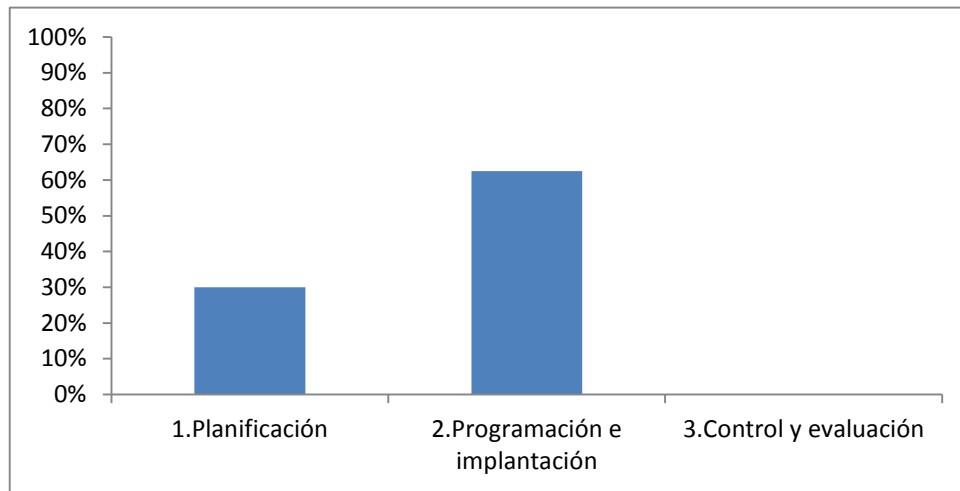
### **Mantenimiento correctivo**

En el caso del mantenimiento correctivo se puede ver que decae en cuanto a planificación porque no se tiene un registro histórico de la aparición de las fallas para evitar tener que volver a corregirlas en un futuro.

No se clasifican las fallas para determinar cuáles se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.

No se realiza una programación de las actividades de mantenimiento correctivo de manera formal. No se lleva un registro histórico acerca de las acciones correctivas realizadas a los equipos. No se tienen registros del tiempo de ejecución de las acciones. Tampoco se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos por la realización de actividades de mantenimiento correctivo. Se recopila muy poco de la información.

Gráfica 2.6. Análisis de la evaluación - Mantenimiento correctivo



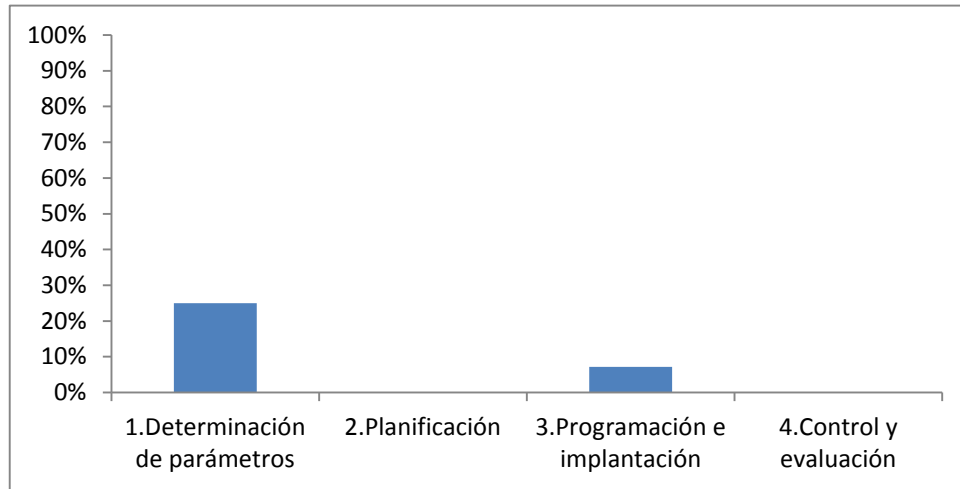
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### **Mantenimiento preventivo**

No se cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos sujetos a mantenimiento. Debido al poco tiempo y a la escasa recopilación de información acerca de los trabajos realizados de mantenimiento, no se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.

No se llevan registros de los datos necesarios para determinar los tiempos de paradas y sustituciones entre fallas. No se poseen manuales de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de producción. Por consiguiente tampoco se tiene un control de las labores realizadas y saber si es posible mejorarlas.

Gráfica 2.7. Análisis de la evaluación - Mantenimiento preventivo



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

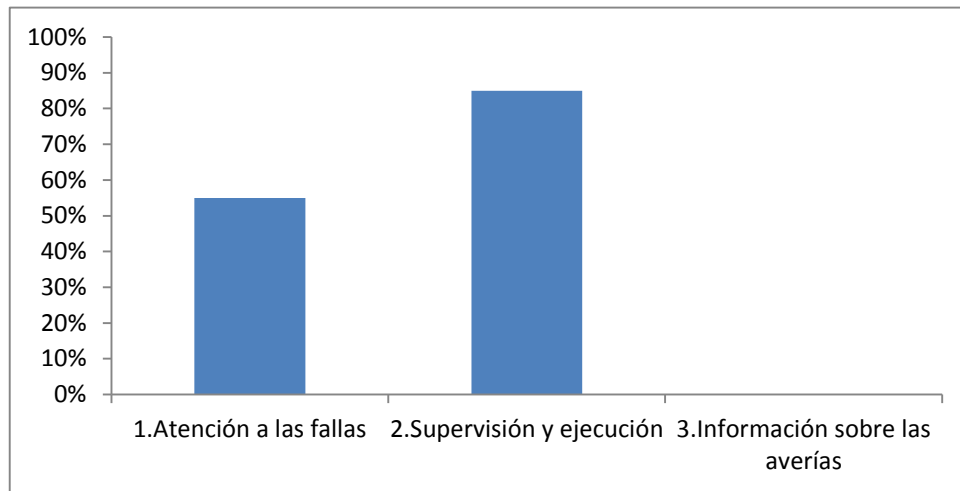
### **Mantenimiento por avería**

Cuando se presentan fallas estas se intentan atacar de inmediato, apenas se tenga conocimiento. En algunas ocasiones existe un tiempo desde que sucede una falla no crítica hasta su atención, debido a que producción no quiere detener el equipo. No se cuenta con registros históricos de fallas para poder realizar un análisis de las incidencias.

Muchas veces se toma más tiempo del requerido para atender la avería debido a la falta de repuestos. Algunas veces estas averías provocan paradas prolongadas de los equipos del proceso productivo. No se tiene un registro de las fallas para analizarlas y evitar que vuelvan a aparecer.

Tampoco se lleva un registro de los materiales y suministros utilizados. No se recopila información para determinar la incidencia del este tipo de mantenimiento en los equipos. En este caso el mayor problema es que no se documentan las actividades realizadas para corregir las averías.

Gráfica 2.8. Análisis de la evaluación - Mantenimiento por avería



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### **Personal de mantenimiento**

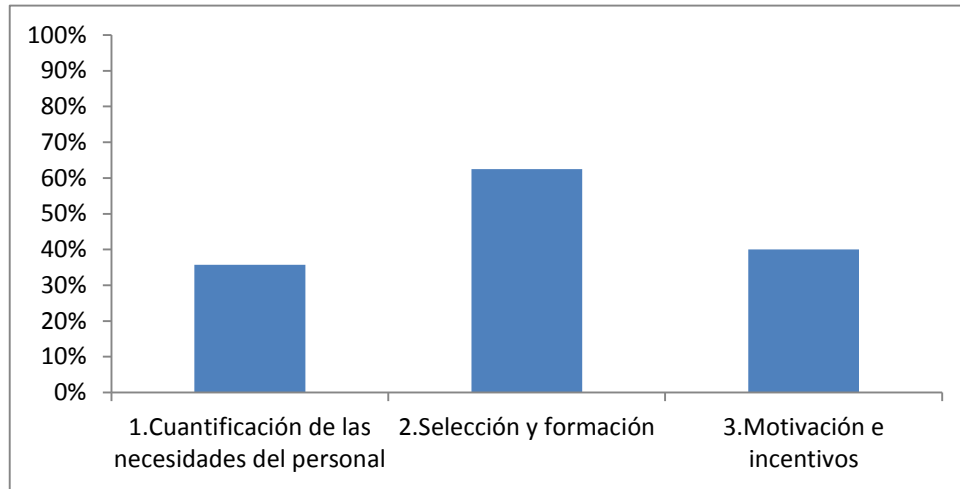
No se tiene cuantificado la cantidad de personal de mantenimiento para las necesidades reales de la empresa. Esta cuantificación existe debido a que no se han realizado estudios técnicos acerca de las necesidades de mantenimiento de los equipos y edificaciones. Se contrata personal conforme se va necesitando.

El personal actual se encuentra bien calificado para las labores que se realizan. No se tiene procedimientos de selección del personal de ningún tipo en el departamento de mantenimiento, tampoco se ha establecido periodos de adaptación del personal a la empresa.

No existe capacitación del personal con el fin de aumentar las habilidades de las personas existentes y aplicar nuevas técnicas en el departamento de mantenimiento. Esto es debido al poco tiempo que tienen funcionando.

Relacionado con motivación e incentivos, no existe una evaluación del desempeño con fines de aumentos salariales y la empresa no otorga estímulos basados en la puntualidad, calidad del trabajo, iniciativas y sugerencias para mejorar el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

Gráfica 2.9. Análisis de la evaluación - Personal de mantenimiento



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### Recursos

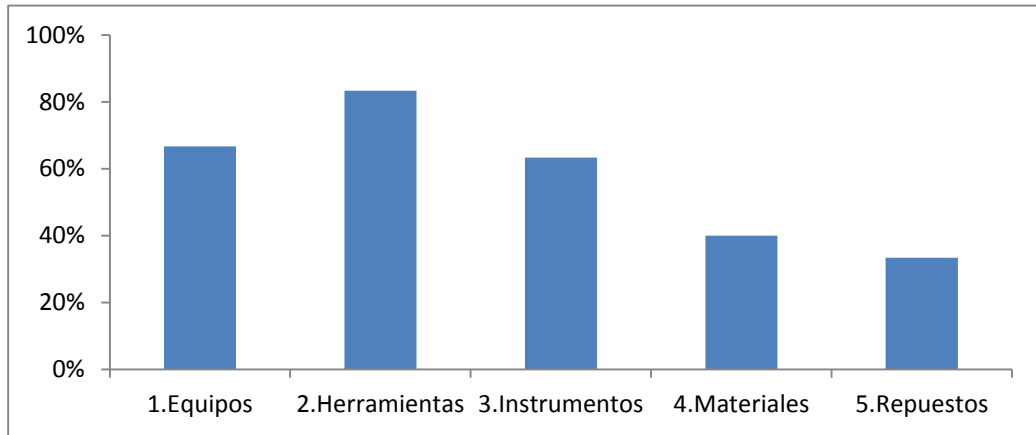
Se cuenta con los equipos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento, se tienen las herramientas y demás instrumentos, pero no se lleva un registro de las salidas y entradas de los equipos. Tampoco se tienen controles de uso y estado de los equipos, herramientas e instrumentos. Se está implementando un control de artículos personales y de seguridad, pero está en proceso.

No se dispone de un sitio destinado para ubicar y guardar las herramientas, casi todas se encuentran en el taller mecánico. Las demás herramientas se encuentran asignadas a los operarios.

Los materiales y repuestos no se encuentran identificados en la bodega de repuestos, materiales y suministros. No se ha determinado el costo por falta de materiales y repuestos, tampoco se ha establecido cuáles tener en *stock* y sus mínimos para volver a realizar el pedido.

Tampoco se tiene un control de entradas y salidas de la bodega ni se ha determinado el costo por falta de repuestos. En este caso se tienen repuestos, pero no se sabe si son los que en realidad se necesitan y la cantidad que se necesita.

Gráfica 2.10. Análisis de la evaluación – Recursos.



Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### 2.3.6. Observaciones y recomendaciones

Como podemos observar en los resultados de la evaluación, existen muchas posibilidades de mejora en cuanto a la gestión del mantenimiento. El departamento se encuentra en una etapa de inocencia de acuerdo con la escala aplicada, esto puede ser debido a que la empresa lleva poco tiempo en funcionamiento y además no se pensó en las actividades de mantenimiento de manera anticipada antes de empezar con la producción. En este caso sería muy importante empezar progresivamente con las mejoras, buscando cuáles son las más críticas y las que requieren de una pronta aplicación, además de servir como base para mejoras más avanzadas.

Debido a que este trabajo tiene una duración limitada no se pueden abarcar la totalidad de puntos de mejora que se necesitan, además siempre existe algo que se puede mejorar. A continuación se presenta una tabla que incluye los puntos de mejora que abarcará el siguiente capítulo, de acuerdo con el análisis realizado mediante la evaluación del departamento de mantenimiento.

Tabla 2.3. Áreas que se desean mejorar con las propuestas

Nº	Áreas	Porcentaje	Escala de medición	Propuesta
3	Planificación de mantenimiento	22%	Inocencia	Lista y codificación de los equipos. Determinación de las actividades de mantenimiento preventivo, procedimientos administrativos y documentos de orden de trabajo.
5	Mantenimiento programado	0%	Inocencia	Procedimientos administrativos y documentos para orden de trabajo. Análisis de criticidad. Modelo inicial de gestión.
7	Mantenimiento correctivo	32%	Inocencia	Documentos y procedimientos administrativos para orden de trabajo.
8	Mantenimiento preventivo	10%	Inocencia	Análisis de criticidad de los equipos. Determinación de las actividades iniciales de mantenimiento preventivo, procedimientos administrativos y documentos para orden de trabajo. Modelo inicial de gestión.
9	Mantenimiento por avería	49%	Inocencia	Documentos y procedimientos administrativos para orden de trabajo. Modelo inicial de gestión.
12	Recursos	57%	Conciencia	Base de datos para la bodega de repuestos, documentos y procedimientos administrativos para requisición.

Fuentes: Creado por el autor. Microsoft Excel.



### **Capítulo 3. Propuesta de mejoras para el departamento de mantenimiento**

---

Primero se debe tener claro cuál es el objetivo de mantenimiento en una empresa. Mora expresa que según Albert Ramond y Asociados: “la función principal de mantenimiento es maximizar la disponibilidad que se requiere para la producción de bienes y servicios, al preservar el valor de las instalaciones. Para minimizar el deterioro de los equipos, lo cual se debe lograr con el menor costo posible y a largo plazo” (Mora Gutiérrez, 2009, pág. 38).

En síntesis, Mora define:

la misión principal de mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiere el cliente o el usuario. Con la máxima confiabilidad y fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar. Con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes y servicios que satisfagan sus necesidades, deseos o requerimientos. Con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible. Y con los mayores índices de productividad y competitividad posibles para optimizar su rentabilidad. Es decir, para generar mayores ingresos. (Mora Gutiérrez, 2009, pág. 39)

El mantenimiento debe ser visionado, no como un gasto necesario, sino como una fuente de ingresos para organización. Se debe pensar en una gestión del mantenimiento para poder ser competitivos en un mercado cada vez más exigente.

De acuerdo con Duffua, un sistema de operación y control del mantenimiento es la columna vertebral de una sólida administración del mantenimiento. El control del mantenimiento significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel de eficacia y eficiencia. Un sistema eficaz de operación y control debe incorporar todas las siguientes características:

1. Demanda de mantenimiento (es decir, qué trabajo tiene que hacerse y cuándo).
2. Recursos de mantenimiento (es decir, quién hará el trabajo y qué materiales y herramientas se necesitan).
3. Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.
4. Normas de rendimiento y calidad (es decir, cuánto tiempo se requerirá para hacer un trabajo y las especificaciones aceptables).
5. *Retroalimentación*, monitoreo y control (es decir, el sistema debe generar información y reportes para el control del costo de calidad y la condición de la planta; también es esencial un mecanismo de recopilación de datos y un seguimiento regular para la *retroalimentación* y el control).

Por lo tanto, el departamento debe orientarse hacia actividades que aumenten la disponibilidad de los equipos, pero al menor costo posible valiéndose de herramientas que ayuden a realizar estas labores. Documentos, procedimientos, determinación de las necesidades, llevar controles y registros, *retroalimentación* de los trabajos realizados, análisis de fallas y muchas otras más son válidos en cuanto propongan siempre una mejora continua de las actividades y la manera de realizarlas.

### **3.1. Mejoras para la gestión del mantenimiento**

El conjunto de mejoras propuestas se basan, en parte, en el libro “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento” escrito por Santiago García Garrido. El autor lo describe como un manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. El autor propone una serie de fases que se deben seguir para lograr una gestión integral de mantenimiento. Se tomará este libro como una guía para realizar las propuestas de mejora del departamento de

mantenimiento de la empresa. La intención de este trabajo es proponer algunas mejoras basándose en la fase previa y en la fase de implantación. Es importante aclarar que la guía propuesta por García es general y no se pueden abarcar todos los puntos en este trabajo por cuestiones de tiempo. En la Figura 3.1 se muestra un cuadro resumen de las fases propuestas por el autor.

### **3.1.1. Fase previa: evaluación del departamento**

Antes de querer realizar alguna mejora es importante evaluar la situación actual para saber lo que se debe mejorar. En esta etapa García recomienda realizar una auditoría para conocer la situación actual. Este es un punto de partida que servirá como referencia para conocer el impacto de las mejoras. Es una manera de poder comparar el antes y después. La fase previa se realizó en el capítulo 2 mediante una evaluación con la norma COVENIN 2500-93.

### **3.1.2. Implantación**

De la fase de implementación propuesta por García se realizaron propuestas de mejoras en dos de los cinco puntos propuestos:

**Organización del almacén de repuestos:** inventario inicial, organización del material, implantación de registro de entradas y salidas.

**Plan de mantenimiento inicial:** en esta etapa se elabora un plan inicial de mantenimiento que permita crear una cultura preventiva. Este plan puede no ser el más óptimo, pero sentará las bases para comenzar.

**Puesta a punto inicial de la planta:** en esta etapa se definen las actividades para solventar las anomalías encontradas. Se decide no incluir este punto en el trabajo ya que la planta se encuentra casi nueva y los equipos fueron comprados nuevos. No se debería realizar una puesta a punto inicial de la planta por este motivo.

**Organización del taller:** es importante determinar el lugar adecuado para la ubicación del taller (lo más cerca posible de las máquinas), además de mantenerse ordenado y limpio. Este punto no se tomó en la realización de este proyecto, pero una de las opciones es mediante la filosofía de las 5 S. Este punto está fuera del alcance del proyecto.

**Organización de los recursos humanos:** En esta fase se determina si se tiene el personal adecuado, tanto en número como en formación, y si está correctamente organizado. Muchas de las necesidades de la planta respecto al mantenimiento de las máquinas no se conocen. Es importante mencionar que la planta se encuentra laborando durante las 24 horas del día y no existen técnicos de mantenimiento en los turnos nocturnos. Esto puede ocasionar problemas por paradas de producción en esos turnos. Este punto se sale del alcance del proyecto y no se realizarán propuestas de mejora.

Además se realizará una propuesta de codificación de los equipos de la planta, así como de los sistemas y elementos de los equipos que se seleccionarán más adelante. También se realizará una propuesta en cuanto a la documentación y procesos administrativos que se pueden utilizar en el departamento.

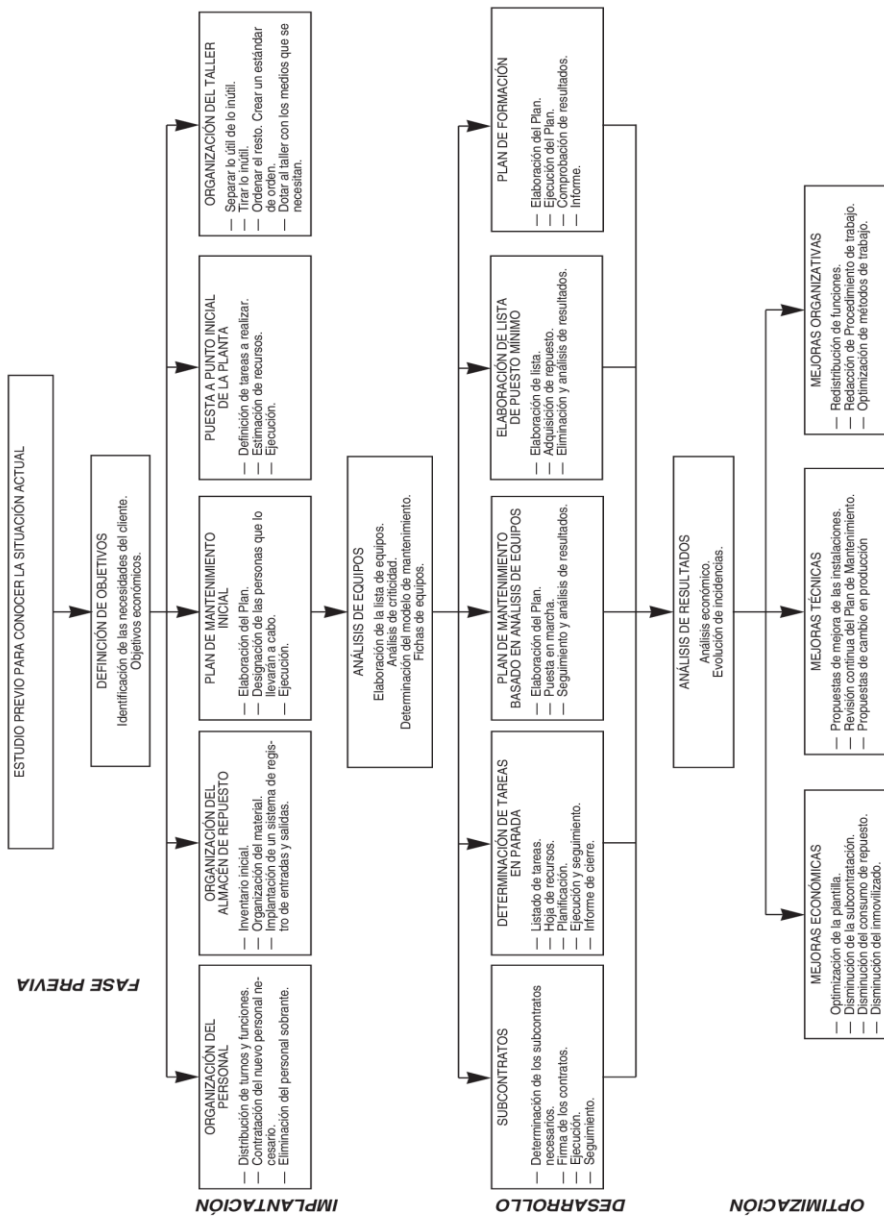


Figura 3.1. Cuadro resumen de las fases para una gestión del cambio del mantenimiento industrial.  
Fuente: *Organización y gestión integral de mantenimiento* (García Garrido, 2003, pág. 295)

## **3.2. Modelo inicial para el departamento de mantenimiento**

Como se demostró en el capítulo 2, existen muchas oportunidades de mejora relacionadas con el departamento de mantenimiento ya que todavía se encuentra en una etapa de inocencia. Uno de los problemas que están afectando la gestión es que no se tomó en cuenta el mantenimiento en las etapas de diseño del negocio. Por esta razón se realiza el mantenimiento sobre la marcha con una visión a corto plazo y no se ha tomado en cuenta el deterioro de los equipos, así como el impacto de las paradas sobre la producción.

Otro de los problemas se refiere a la información proporcionada por el fabricante acerca de los equipos y su mantenimiento. Dicha información resulta confusa e incompleta para desarrollar los manuales de mantenimiento. Tampoco se tiene un historial de fallas de los equipos, así que no se tiene referencias anteriores a tiempo de reparación, cantidad y frecuencia de fallas.

Como punto de partida se propone un modelo de mantenimiento apoyado en el mantenimiento preventivo de los equipos como el que se muestra en la Figura 3.3. Este modelo tiene como objetivo lograr sustentar un programa de mantenimiento preventivo para empezar con una gestión básica del mantenimiento. Este modelo básico de gestión se realiza tomando en cuenta el tamaño de la empresa y el poco personal que se encuentra laborando.

### **3.2.1.Importancia del mantenimiento preventivo**

Entre de las principales ventajas que se tiene del mantenimiento preventivo destacan las siguientes:

- Disminuir la frecuencia de las paradas aprovechando para realizar varias reparaciones al mismo tiempo.

- Aprovechar el momento más oportuno, tanto para Producción como para Mantenimiento, para realizar las reparaciones.
- Preparar y aprovisionar los utillajes y piezas de recambio necesarios.
- Distribuir el trabajo de mantenimiento de una manera más uniforme, evitando puntas de trabajo y optimizando la plantilla.
- En muchos casos evitar averías como consecuencia de pequeños fallos, en particular de los sistemas de seguridad.

Por lo tanto, se disminuye la posibilidad de que la producción se detenga de manera no programada, atrasando la producción y evitando atrasos con los clientes. Se podría decir que se disminuyen los tiempos muertos debido a mantenimiento. No se tiene personal ocioso mientras se reparan los equipos, ya que las intervenciones se realizan de manera programada. Al realizarles mantenimiento preventivo también se disminuye la posibilidad de que los equipos sufran fallas catastróficas que resulten en reparaciones sumamente costosas. Los equipos operan en mejores condiciones de seguridad y producción debido a que se evita su deterioro acelerado. Esto trae consigo un aumento de la vida de los equipos.

En la siguiente figura se muestra la relación entre los diferentes tipos de mantenimiento en función del tiempo. Puede observarse que el mantenimiento correctivo en un principio resulta menos costoso, pero conforme pasa el tiempo este costo aumenta. Al contrario, el mantenimiento preventivo y planificado resulta en un costo elevado en un principio, pero después empieza a disminuir su costo.

Tavares toma en cuenta todos los costos causados por la falta del mantenimiento preventivo, como pueden ser: reducción de la vida útil de los activos, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento del *stock* de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativas, pérdida de

mercado y aumento de riesgos de accidentes (Tavares, pág. 7). Al evitar todos estos inconvenientes se reduce el costo debido a mantenimiento de una manera significativa, según Tavares.

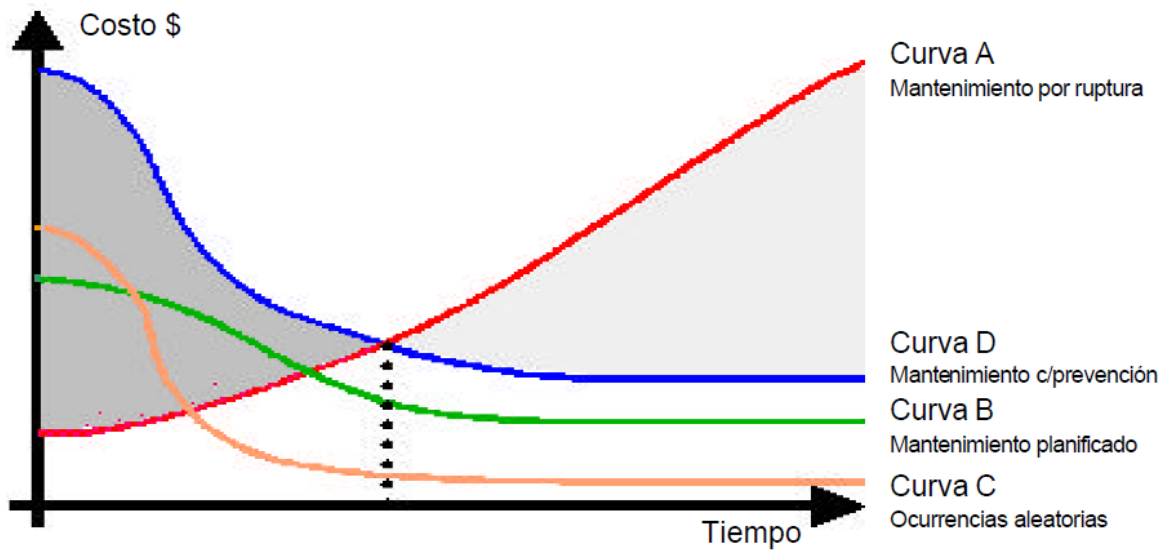


Figura 3.2. Costo del mantenimiento en función del tiempo.

Fuente: Administración moderna del mantenimiento. (Tavares, pág. 7)



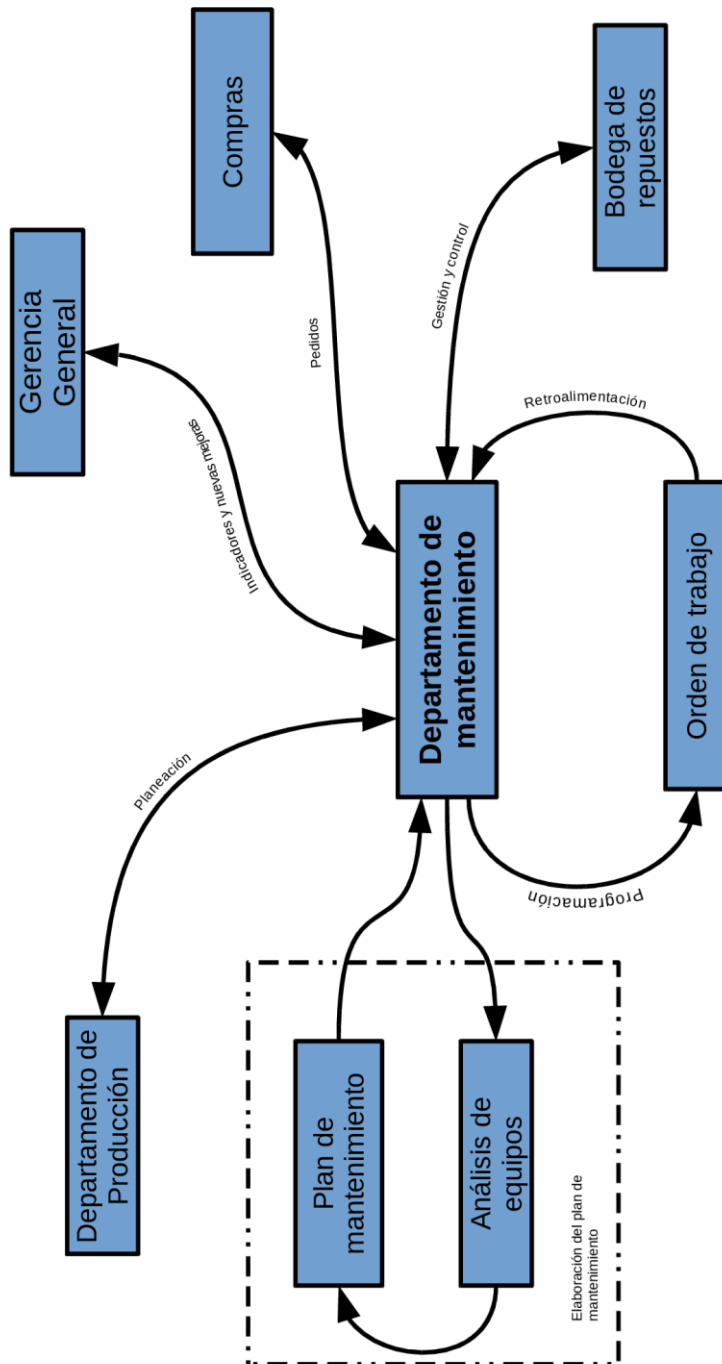


Figura 3.3. Modelo de gestión del mantenimiento basado en mantenimiento preventivo  
 Fuente: Creado por el autor. Libreoffice Draw

El modelo se puede explicar mediante los siguientes puntos:

- Se toma en cuenta que el departamento de mantenimiento se relaciona directamente con los demás departamentos de la empresa. Una de las ventajas encontradas es que, a nivel jerárquico, el departamento de mantenimiento se encuentra en la misma posición que el departamento de producción y del departamento administrativo, como se muestra en la Figura 3.4. De acuerdo con Mora, este es el sistema organizacional ideal, ya que la toma de decisiones se puede realizar de forma alineada y de mutuo acuerdo y alcanzar así un alto grado de madurez como empresa.

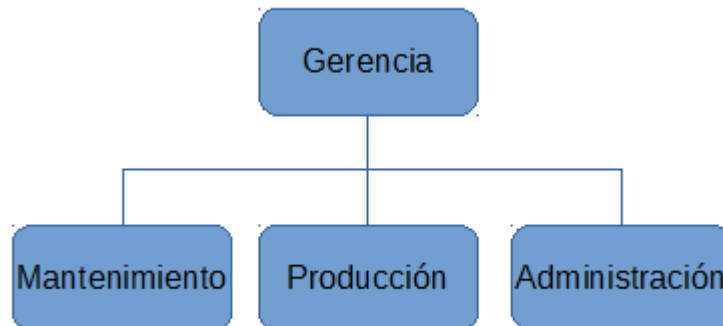


Figura 3.4. Organigrama general de la empresa.

Fuente: Creado por el autor. Libreoffice Draw.

- Se deben realizar los manuales de mantenimiento de los equipos donde se especifique la frecuencia de las labores de mantenimiento, así como los responsables y la duración. El manual de mantenimiento se puede realizar basándose en los manuales de los fabricantes, el estudio técnico de las máquinas y la experiencia de los operarios y mecánicos que trabajan con los equipos. También es posible realizar un análisis RCM para obtener las actividades óptimas de mantenimiento preventivo desde un punto de vista más técnico.

Esta sería la técnica más adecuada para realizar la lista de las actividades de mantenimiento de los equipos. Debido a la poca cantidad de personal resulta

difícil en este momento aplicar esta técnica. Se propone, entonces, realizar un manual de mantenimiento inicial, el cual debe ser revisado y actualizado constantemente, optimizarlo aplicando mejora continua. Se debe realizar un estudio de las averías pasadas para intentar evitarlas mediante acciones preventivas. También es importante determinar cuál es la cantidad y tipos de repuestos necesarios para realizar las actividades preventivas.

- Se debe realizar una planeación en conjunto con el departamento de producción para planificar las actividades de mantenimiento preventivo. Solamente de esta manera es posible implementar un programa de mantenimiento preventivo. Las actividades preventivas requieren, en ciertos casos, que los equipos se encuentren detenidos (por la complejidad de las actividades o por cuestiones de seguridad). La intención es encontrar un punto de equilibrio para que los equipos de producción sigan operando con una buena disponibilidad.
- Se debe realizar una gestión y control de la bodega de repuestos, ya que para que un programa de mantenimiento preventivo se logre desarrollar debe existir una cantidad adecuada de suministros y repuestos, asegurando que los trabajos programados se realicen de manera eficiente y sin ningún tipo de retraso. Esto requiere de un control de salidas y entradas de la bodega que se encuentre actualizado y proporcione información para la toma de decisiones. Este es un aspecto clave para la implantación de un programa de mantenimiento preventivo. También es importante conocer las cantidades mínimas necesarias de suministros y repuestos que se deben tener en *stock* para que el mantenimiento sea el adecuado.

- Debe existir una buena coordinación con los encargados de compras y el departamento de mantenimiento para realizar los pedidos antes de que se acaben las existencias de los repuestos y suministros en la bodega de repuestos. Además se debe mantener un control de los costos relacionados con compras del departamento de mantenimiento.
- Otro aspecto que se debe tomar en cuenta al desarrollar un plan de mantenimiento preventivo son los documentos que permitan la planeación y coordinación de los trabajos. Estos documentos son las órdenes de trabajo (OT) de las actividades de mantenimiento. Las OT deben servir de vehículo de información de las actividades de mantenimiento, así como fuente de información de los trabajos realizados a las máquinas. Esta información debe ser la mínima posible, además de ser útil para la futura toma de decisiones.

Información acerca del tiempo de falla, los tipos de falla, los repuestos utilizados, los problemas encontrados y su solución, son una gran fuente de información para analizar los equipos en busca de mejoras y evitar que las averías vuelvan a ocurrir. Además es importante tener un historial de las reparaciones, modificaciones, mantenimientos preventivos y problemas ocurridos de los equipos críticos. También se deben contemplar los procedimientos administrativos correspondientes a dichos documentos con el fin de tener un mejor control y trazabilidad de las actividades de mantenimiento.

- Se deben implementar indicadores para medir el rendimiento del departamento de mantenimiento tomando en cuenta sus objetivos. Como se mencionó, la cantidad del personal del departamento es escasa, entonces no se pueden manejar muchos indicadores. Se recomienda un indicador de disponibilidad de los equipos para determinar el impacto que tiene el mantenimiento preventivo en los equipos críticos de producción.

Este parámetro es fácilmente calculable si se utilizan de manera adecuada las órdenes de trabajo relacionadas con el mantenimiento correctivo por avería. Brindará una manera de medir el impacto del mantenimiento preventivo en la producción, ya que el objetivo del mantenimiento preventivo es evitar que se generen fallas en los sistemas productivos que ocasionen paradas por averías y afecten al programa de producción. Estos indicadores permiten una comunicación entre el departamento de mantenimiento y la gerencia al poder demostrar los resultados obtenidos.

### **3.3. Misión y visión del departamento de mantenimiento.**

Uno de los aspectos más importantes para una buena gestión del departamento es determinar su misión y visión. Estos aspectos son fundamentales ya que crean un pensamiento compartido entre los involucrados, además de un objetivo común. Son las bases del departamento y permiten saber el porqué y el para qué de su existencia, además de lo que se quiere lograr alcanzar.

Thompson define que:

la misión es el motivo, propósito, fin o razón de ser de la existencia de una empresa u organización porque define: 1) lo que pretende cumplir en su entorno o sistema social en el que actúa, 2) lo que pretende hacer, y 3) el para quién lo va a hacer; y es influenciada en momentos concretos por algunos elementos como: la historia de la organización, las preferencias de la gerencia y/o de los propietarios, los factores externos o del entorno, los recursos disponibles, y sus capacidades distintivas. (Thompson, Promonegocios.net, 2006)

También menciona que “la visión es una exposición clara que indica hacia dónde se dirige la empresa a largo plazo y en qué se deberá convertir, tomando en cuenta el impacto de las nuevas tecnologías, de las necesidades y expectativas cambiantes de los clientes, de la aparición de nuevas condiciones de mercado, etc.” (Thompson, Promonegocios.net, 2006).

### **3.3.1.Misión del departamento de mantenimiento**

Ser el departamento encargado de mantener los equipos de producción y la infraestructura en condiciones óptimas de funcionamiento, con la mayor eficiencia y el menor costo posible, apoyándose en el recurso humano, nuevas técnicas y tecnologías.

### **3.3.2.Visión del departamento de mantenimiento**

Ser un departamento capaz de suplir todos los requerimientos de mantenimiento de la planta, siempre apoyado en la mejora continua para lograr encontrar la forma más eficiente de aprovechar los recursos materiales y humanos, aumentando la competitividad de la empresa.

## **3.4. Análisis de criticidad de los equipos**

Se decide realizar un análisis de los equipos con el fin de identificar los más críticos para producción. El análisis se realiza siguiendo el método cualitativo propuesto por García, el cual será descrito a continuación.

Se evalúa desde cuatro puntos diferentes:

- Seguridad y medio ambiente: Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

- Producción: Cuando se valora la influencia que un equipo tiene en producción, cabe preguntarse cómo afecta a esta un posible fallo, dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumibles o no tenga influencia en producción.
- Calidad: El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- Mantenimiento: El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o por último, en equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

Para dar la medición de la criticidad se usan los criterios que se muestran en la Tabla 3.1. Para cada uno de los puntos existe uno o varios criterios, se identifica la situación de cada equipo y se elige la más acertada en cada caso. Luego la criticidad de cada equipo se define por la calificación más alta obtenida en cada uno de los puntos.

Para la definición de la criticidad se siguen los siguientes niveles de importancia.

A) Equipos críticos: son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente los resultados de la empresa.

B) Equipos importante: Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

C) Equipos prescindibles: Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrá una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa transcendencia, o un pequeño coste adicional.

Tabla 3.1. Criterios de criticidad

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
<b>A – Crítico</b>	Puede ocasionar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra o materiales)
<b>B – Importante</b>	Necesita revisiones periódicas anuales.	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción)	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
<b>C – Prescindible</b>	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: (García Garrido, 2003, pág. 25).

Luego de realizar la selección de la criticidad, se define el modelo posible aplicable de mantenimiento a los equipos. La selección de este modelo se realiza mediante el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.5. Primero se obtiene el nivel de criticidad y luego, dependiendo de la situación del equipo, se selecciona el modelo de mantenimiento más adecuado.

Los modelos de mantenimiento son los siguientes:

- **Modelo correctivo:** Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. Para este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos. Se basa en inspecciones visuales, lubricación y reparación de averías.



- Modelo condicional: Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas se descubren anomalías, se programará una intervención. Se basa en inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento condicional y reparación de averías.
- Modelo sistemático: Este modelo incluye un conjunto de tareas que se debe realizar sin importar la condición del equipo, además se realizan algunas mediciones y pruebas para decidir si se realizan otras tareas de mayor envergadura. Se basa en inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento sistemático, mantenimiento condicional, reparación de averías.
- Modelo de alta disponibilidad: Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son aquellos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima de 90%. El objetivo que se busca en este tipo de equipos es de cero averías. Se basa en inspecciones visuales, lubricación, reparación de averías, mantenimiento condicional, mantenimiento sistemático, puesta a cero periódica, en fecha determinada (parada).
- Mantenimiento legal: son equipos que pueden ocasionar riesgos para las personas o para el entorno. Por normativa y regulaciones se exige la realización de ciertas pruebas e inspecciones. Son tareas que deben agregarse al plan de mantenimiento.
- Mantenimiento subcontratado a un especialista: Son actividades de mantenimiento que por diversos motivos (no se tienen suficientes conocimientos o los medios necesarios) debe ser solicitados a especialistas.

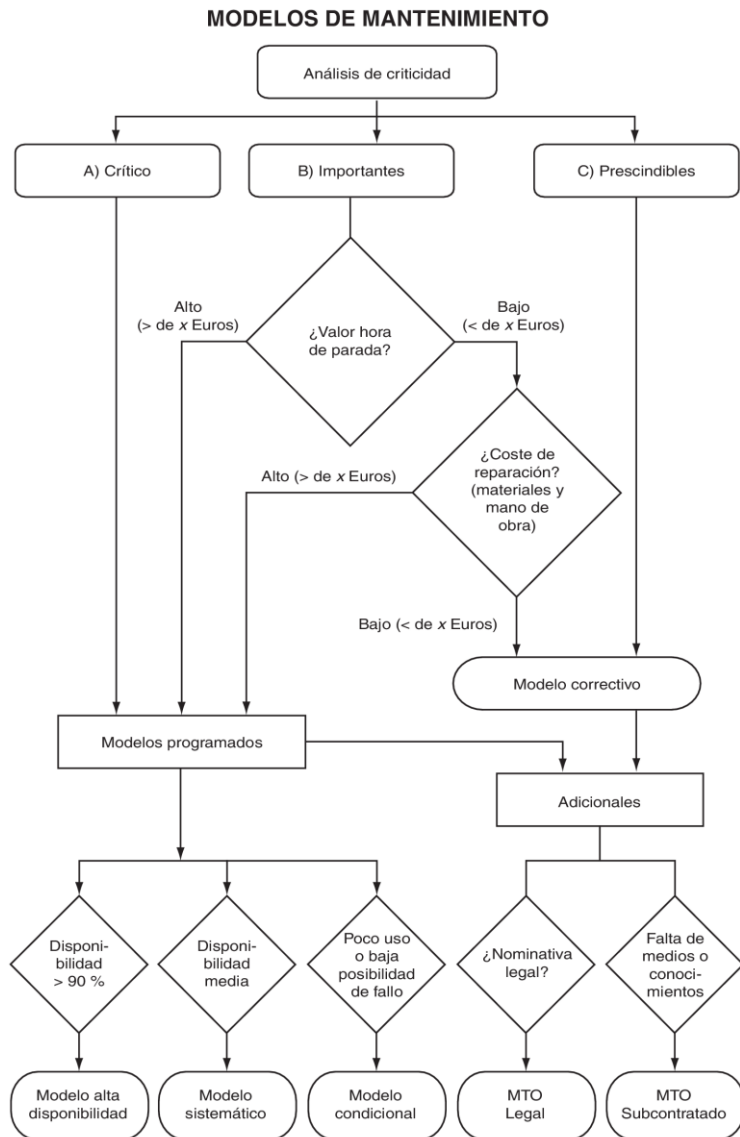


Figura 3.5. Selección del modelo de mantenimiento.

Fuente: (García Garrido, 2003, pág. 30)

En la Tabla 3.2. se presentan los resultados del análisis de criticidad. Como podemos ver, los equipos tienen un nivel de criticidad “A) Crítico” y “B) Importante”. Esta clasificación de criticidad es debido a que la mayor parte de equipos son únicos, todos cumplen una función determinada y ninguno de los otros equipos puede suplantarlos. Los equipos más utilizados son: el compresor, la torre de enfriamiento, el *chiller* (estos tres siempre se encuentran funcionando ya que dan servicio a los

equipos de producción), las extrusoras, la imprenta y la máquina convertidora de sello lateral, la máquina convertidora de sello de fondo y cualquier problemas con ellos ocasionan un atraso de producción y afectan la calidad de los productos.

Por lo tanto, se puede ver que no es suficiente con la aplicación de mantenimiento por avería como se ha venido realizando hasta ahora. Es importante la implementación de mantenimiento preventivo, inspecciones visuales, lubricación programada, intervenciones de acuerdo con las condiciones de los equipos, etc. con la intención de mantener los equipos con una disponibilidad aceptable. También es importante mencionar que conforme pase el tiempo, las averías sucederán más frecuentemente por desgaste y envejecimiento de los equipos si no se toman medidas preventivas.

Para el compresor, existen algunas actividades de mantenimiento realizadas por una empresa externa. Esta se encarga de prestar el servicio de mantenimiento del compresor, así como la venta de los repuestos. Realizan mediciones y revisiones para asegurar el correcto funcionamiento del equipo. Este equipo casi no presenta problemas por el momento.

El *chiller* y la torre de enfriamiento también son atendidos por una empresa externa. La empresa encargada realiza análisis al agua de los dos equipos para conocer su estado y evitar que se produzca corrosión y sarro dentro de las tuberías y los ductos internos. Se realizan visitas periódicas por el personal de la empresa externa. Además, la aplicación de los productos es realizada por el técnico del departamento de mantenimiento, donde se lleva un control en una bitácora de las inspecciones y aplicaciones de los productos.

Tabla 3.2. Análisis de criticidad de los equipos de la planta

Equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento	Criticidad	Modelo de mantenimiento
Extrusora Queens METAMAX 80L	B	A	A	A	A	Modelo programado sistemático
Extrusora Hyplas	B	A	A	A	A	Modelo programado sistemático
Imprenta Hyplas	B	A	A	B	A	Modelo programado sistemático
Convertidora fuelladora Hyplas	B	B	B	B	B	Modelo programado sistemático
Convertidora de sello de fondo Hyplas	B	A	A	A	A	Modelo programado sistemático
Convertidora de sello lateral Hyplas	B	A	A	A	A	Modelo programado sistemático
Convertidora CR5 Hyplas	B	A	A	B	A	Modelo programado sistemático
Compresor BOGE C30F	C	A	B	A	A	Modelo programado alta disponibilidad
Molino	B	B	C	C	B	Modelo correctivo
Mezclador	B	B	B	C	B	Modelo correctivo
<i>Chiller</i>	C	B	B	B	B	Modelo programado sistemático
Torre de enfriamiento	C	B	B	B	B	Modelo programado sistemático

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

### **3.5. Equipos seleccionados**

Se seleccionan la extrusora Queens METAMAX 80L, la imprenta Hyplas y la máquina convertidora de sello de fondo Hyplas, los cuales son los equipos más utilizados para la manufactura de los empaques flexibles en este momento. La codificación de los sistemas y las actividades de mantenimiento preventivo se realizarán para estos equipos.

#### **3.5.1.Extrusora de película soplada de polietileno**

La extrusión de película soplada es un proceso que transforma *pellets* de polietileno de alta o baja densidad (en forma de granos) en una película flexible en forma de rollos con un muy bajo espesor.

Para realizar la transformación, se aplica presión y calor a la materia prima en la zona del tornillo de extrusión y el cañón con el objetivo de fusionarla. Luego se hace pasar por un conducto en forma de anillo ubicado en el cabezal. En este punto el material se encuentra en forma pastosa.

Luego el material pasa por un dado y un anillo de aire en donde se forma la burbuja por solidificación del material pastoso causada por un flujo constante de aire que se inyecta de manera forzada mediante un ventilador centrífugo.

Conforme la burbuja sube se va estabilizando hasta llegar hasta los rodillos haladores o *nip-roll* los cuales se encargan de convertir (en conjunto con los rodillos colapsadores) la sección transversal circular de la burbuja en una película plana.

En algunos casos es necesario realizar un tratamiento por efecto corona mediante la tratadora ubicada inmediatamente después del *nip-roll*.

Luego de realizar el tratado, la película es transformada en rollos mediante un embobinador. Es posible que antes se realice algún proceso adicional como puede ser una impresión flexográfica o el corte de la película para crear varios rollos de un ancho determinado.

En la Figura 3.6 se muestra el proceso básico de extrusión de película soplada. La línea roja representa el recorrido de la película desde que se forma la burbuja hasta que es transformado en un rollo.

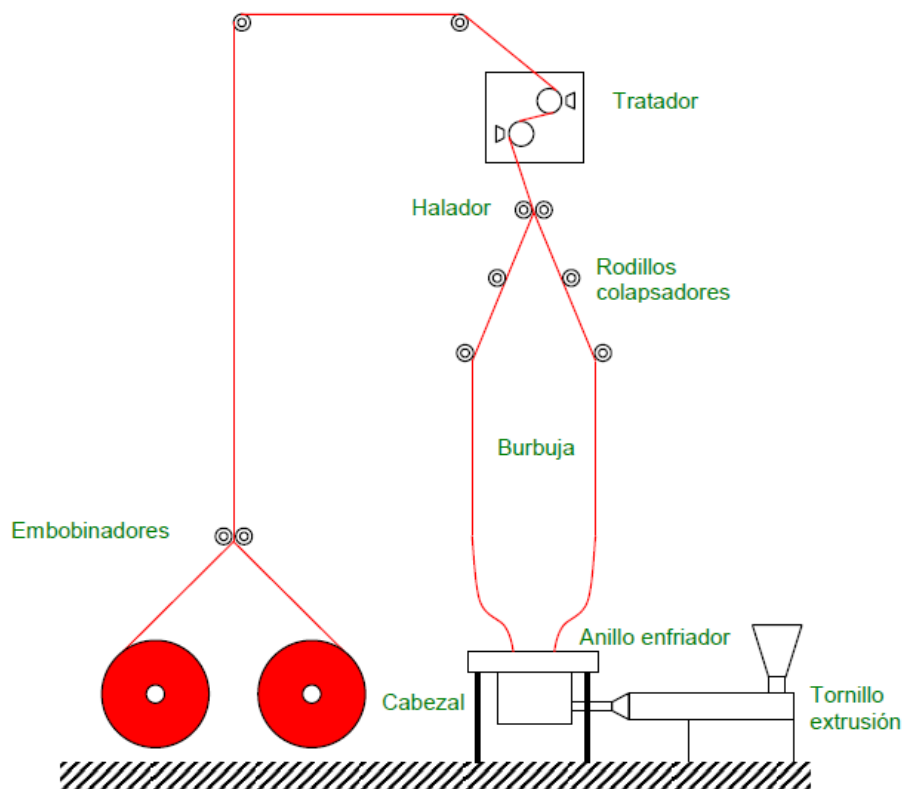


Figura 3.6. Proceso de extrusión de película soplada básico

Fuente: (Rodríguez, 2008, pág. 11).

A continuación se describen las partes principales de una máquina extrusora por soplado de polietileno de acuerdo con Rodríguez:

**Tornillo de extrusión:** es el encargado de la fusión, homogenización y bombeo hacia el cabezal de la materia prima. Consiste, básicamente, en un eje con rosca helicoidal que gira dentro de un cañón. En este lugar se da el proceso de extrusión. Las presiones de extrusión se encuentran alrededor de los 400 bares y a una temperatura de 190 °C.

**Cabezal:** Su función principal es recibir el material extruido que viene del tornillo de extrusión y dar forma a la burbuja. Posee un filtro que tiene la intención de evitar que pasen contaminantes hacia la película que se formará. Puede alcanzar presiones alrededor de los 450 bar y temperaturas de hasta 190° C.

**Anillo de enfriamiento:** Es el encargado de ayudar al proceso de solidificación que se da en la formación de la burbuja. Se aplica un flujo uniforme de aire mediante un ventilador de manera forzada en toda la circunferencia de la burbuja formada. La temperatura y el flujo de aire determinarán las características que poseerá la película producida. Además una temperatura más baja de aire provocará una producción más veloz de película de polietileno. También existe un flujo de aire dentro de la burbuja para evitar el calentamiento excesivo.

**Sistema de estabilización:** Está constituido por una serie de rodillos de teflón que abrazan la burbuja de polietileno que proviene del cabezal. Como la base de la burbuja todavía se encuentra en estado líquido es muy posible que se desplace lateralmente ocasionando inestabilidad y problemas de espesor de la película. Este sistema de estabilización se ubica justamente encima de la línea de enfriamiento.

**Rodillos colapsadores:** son unos planos constituidos por rodillos de teflón que se encargan de convertir la sección transversal circular de la burbuja en una película plana. Es importante que se encuentren bien colocados, ya que se puede producir arrugas en la película. A veces se utilizan formadores de fuelles, los cuales se colocan en los laterales de la máquina.

**Halador o nip-roll:** Son un conjunto de rodillos paralelos (uno de hule y otro cromado) que se encargan de halar la película a una velocidad constante. La diferencia entre la velocidad del halado de los rodillos y la velocidad de salida del material del cabezal determinan el espesor final de la película producida.

**Tratadora:** Se le da un tratamiento a la película de polietileno de baja densidad debido a que por ser un material no polar, otros materiales polares (como las tintas) no se adhieren fácilmente. Se le da un tratamiento para dar polaridad a la superficie del polietileno mediante la oxidación de la superficie mediante ozono, a través de una descarga eléctrica continua.

**Embobinador:** Básicamente está compuesto por un eje donde se enrolla el material en un tubo (que puede ser de cartón o PVC), todo esto accionado por motores y pistones neumáticos e hidráulicos. Es importante que tenga sistemas de corte y cambio de eje automático debido a la naturaleza continua del proceso de extrusión de película soplada.

### **3.5.2. Imprenta flexográfica para película de polietileno**

“La flexografía es un proceso de impresión que utiliza formas en relieve; la superficie imagen se eleva sobre el fondo. La forma impresa, además está invertida, es decir, lo que aparece a la derecha saldrá impreso a la izquierda y viceversa” (Institut Esteve Terradas I IIIa).



De acuerdo con Rodríguez estas son las partes principales de una máquina de impresión flexográfica para película de polietileno:

**Unidad de impresión:** Todos los elementos giratorios del proceso mantienen una velocidad lineal constante para evitar deslizamiento de la película de polietileno a imprimir. Cuando se necesita realizar impresiones complejas se utilizan varias unidades de impresión, cada una para cada uno de los colores que se desean imprimir. Sus elementos básicos son:

- **Cámara de tinta:** Se encarga de almacenar y suplir, de manera constante, la tinta al proceso mediante una bomba. También evita que se seque la tinta del depósito mediante una conexión auxiliar.
- **Rodillo entintador:** Es el encargado intermedio que dosifica la tinta que se encuentra en la cámara de tinta hacia el rodillo anilox. Este rodillo por lo general es de caucho.
- **Rodillo anilox:** La función de este rodillo es entregar la cantidad óptima de tinta para realizar la impresión desde la plancha flexográfica sobre el sustrato. La superficie del rodillo cuenta con pequeñas cavidades realizadas de manera controlada, las cuales logran contener una cantidad muy precisa de tinta para transferirla a la plancha.
- **Cilindro porta plancha:** Como su nombre lo dice, es el cilindro donde se adhiere la plancha flexográfica. Este rodillo es intercambiable, lo que permite que de acuerdo con su diámetro se puede obtener una longitud determinada entre cada repetición.

- **Plancha flexográfica:** Es una plancha flexible fabricada de materiales poliméricos fotosensibles, con un relieve alto, el cual se encarga de realizar la impresión sobre la película de polietileno. En caso de querer realizar una impresión compleja (varios colores) se utilizan varias planchas, cada una para cada color.
- **Sustrato:** En este caso el sustrato es la película de polietileno que viene del proceso de extrusión.
- **Rodillo de soporte:** este rodillo hace la función de soporte y ayuda a mantener la presión ejercida por el rodillo y la plancha flexográfica sobre la película de polietileno.

**Desbobinador:** Se encarga de entregar la película al sistema de impresión. Se compone de un eje en donde se montan los rollos para empezar con el proceso. Algunos poseen un sistema de alineamiento de los rollos, así como un freno que permite mantener, automáticamente, la tensión de la película de polietileno.

**Sección de secado:** Está constituida por un par de ventiladores que hacen pasar un flujo de aire por una resistencia eléctrica (aportándole calor) y luego realizar la función de secado de la tinta impresa sobre la película de polietileno. Este aire caliente es llevado hasta cada una de las estaciones de impresión, además de una sección superior de la máquina que también cumple la función de secado.

**Embobinador:** Se encarga de volver a realizar los rollos para continuar con el proceso hacia conversión o almacenarlo como producto terminado. Se compone de un eje donde se montan los tubos de cartón o PVC. Este eje está accionado mediante un motor que permite que se forme adecuadamente el rollo.

En la Figura 3.7 se puede observar un diagrama donde se muestra el proceso básico de impresión flexográfica, así como de los rodillos que se encargan de realizarla.

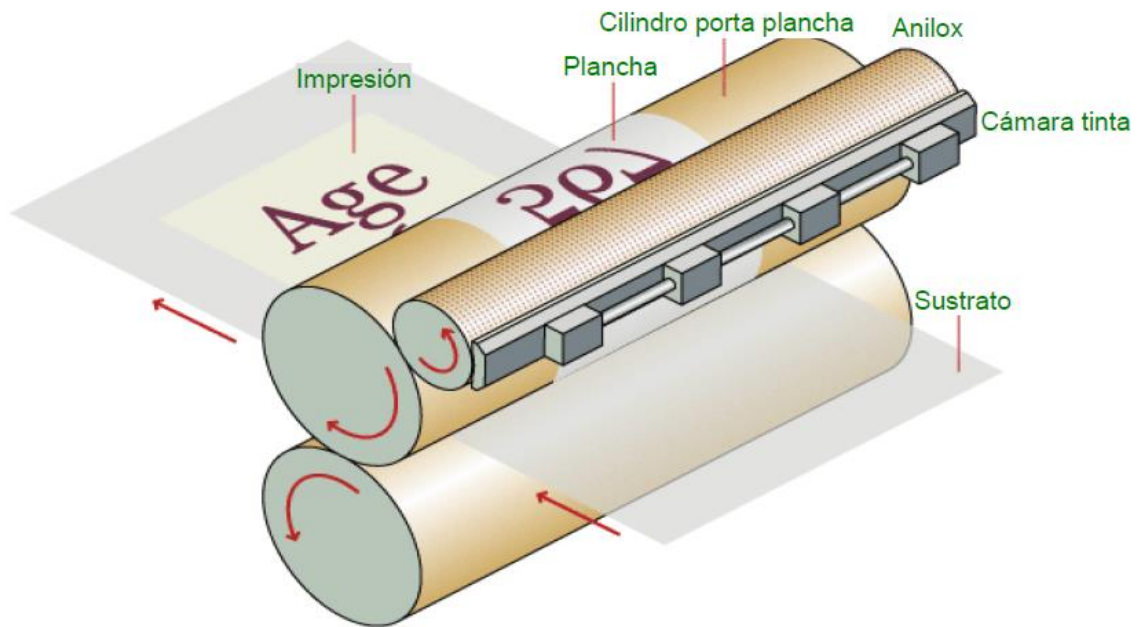


Figura 3.7. Principio básico para realizar una impresión flexográfica con rodillos.

Fuente: (Rodríguez, 2008, pág. 18).

### 3.5.3. Máquina convertidora de bolsas plásticas tipo sello de fondo

Esta máquina se encarga de realizar los sellos de las bolsas. Este sello se produce cuando una pieza mecánica en forma de cuchilla, a una temperatura determinada, se deja caer sobre una película de polietileno durante un tiempo determinado. Al realizar esta acción la cuchilla de sello hace que las láminas de la película de polietileno se unan entre sí. Luego de este sello, una cuchilla con movimiento transversal realiza el corte después de la creación del sello. El sello que se realiza tiene una posición transversal con respecto a la película de polietileno. El nombre sello de fondo se debe a que cuando la bolsa sale de la máquina el sello se encuentra en el fondo de la bolsa.

Las partes de la máquina convertidora tipo sello de fondo son las siguientes:

**Guiador:** Es el que se encarga desembobinar el rollo de película de polietileno. En algunos casos cuenta de un sistema conformado por un sensor y un actuador que alinean automáticamente la película que ingresa a la máquina.

**Alimentador:** Se encarga de realizar el ingreso de la película de polietileno hacia la sección central de sello y corte. Se encarga de mantener la tensión adecuada de la película para que el sello de la bolsa se realice adecuadamente. Se compone de una serie de rodillos, pistones y motores para este fin.

**Sección central:** Aquí se encuentra la cuchilla de sello, la cuchilla voladora (*Flying Knife*), la cortina de la cuchilla. En este lugar se da el proceso de sellado de las bolsas. La cuchilla es alimentada eléctricamente para mantener la temperatura adecuada para realizar el sello. Al lado de la cuchilla se encuentra una pieza llamada “pisador” que se encarga de prensar la bolsa para que no se mueva, para que luego sea cortada por la *Flying Knife*. Este “pisador” se encuentra refrigerado mediante agua (que proviene de la torre de enfriamiento) para que se mantenga a temperatura baja y no se adhiera a la bolsa, dañándola por exceso de temperatura.

**Banda transportadora:** La banda transportadora se encarga de recibir las bolsas que se producen por cada ciclo de funcionamiento que realiza la máquina. Luego se desplaza hasta la posición del empacador.

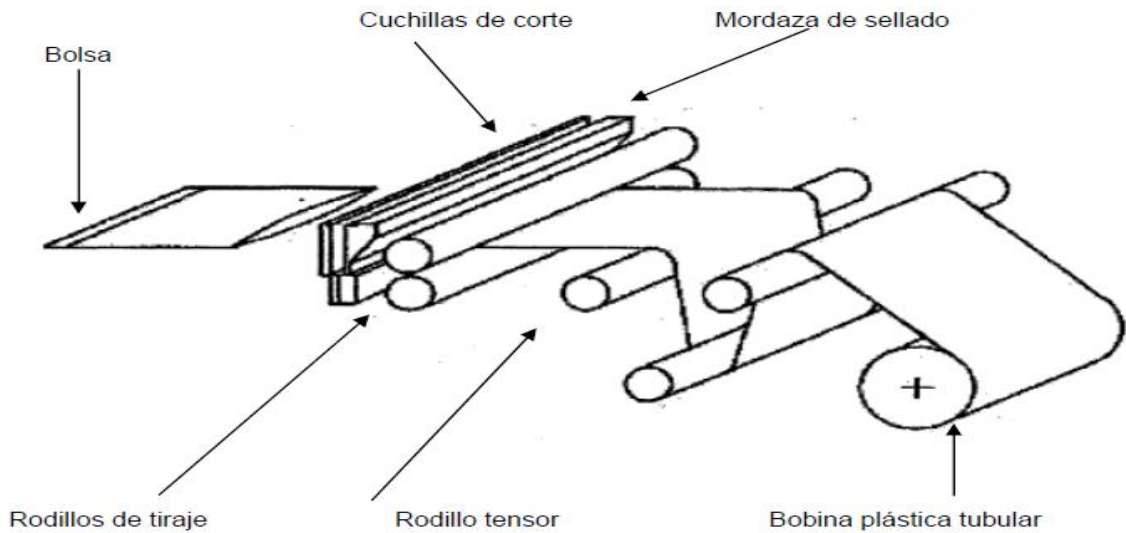


Figura 3.8. Diagrama que muestra en funcionamiento básico de una máquina convertidora de bolsas de sello de fondo

Fuente: (Carranza Guzmán, 2004, pág. 11).

### 3.6. Codificación de los equipos

Mediante la codificación de los equipos se pretende tener un mayor control y orden al momento de realizar las actividades de mantenimiento, además de una organización mejor de los trabajos. También, se puede llegar a tener una referencia histórica de los trabajos realizados y saber cuál elemento, sistema o equipo se intervino. Esta codificación también es requisito para poder lograr implantar un sistema computarizado de administración del mantenimiento si se quisiera en un futuro.

Se decide realizar una codificación significativa con el fin de que el código aporte información acerca de la ubicación y tipo de elemento, familia a la que pertenece, y demás información que se quiera agregar.

García define los sistemas de codificación significativos o inteligentes como un código asignado que aporta información.

Se utilizará un sistema de codificación como el que se muestra en la Figura 3.9. El código de equipo representa el tipo de máquina y el número se utiliza para diferenciar máquinas del mismo tipo. Se le asigna un número diferente a cada máquina. Luego el código de sistema se refiere a cada una de las secciones o sistemas que conforma alguna máquina en particular. Los códigos de los sistemas son similares para máquinas del mismo tipo. El tercer y último código representa a los elementos en los que subdivide cada sistema. Dependiendo a la familia a la pertenezca ese elemento, se le asignará un código en letras y un número. El número representa a cada uno de los elementos de un sistema que son de la misma familia. Cada elemento de la misma familia, para un sistema en particular, tiene un número diferente. Tomando estos criterios se propone la siguiente codificación de los equipos, sistemas y elementos.

Es importante mencionar que se descarta un código de área y de planta debido a que la empresa solamente posee una planta y, además, todos los equipos se encuentran en la misma área sin divisiones física. La intención es que el código no sea innecesariamente largo. Si en futuro se deciden ampliar las operaciones es posible agregar al código esta información, anteponiéndola al código de equipo.

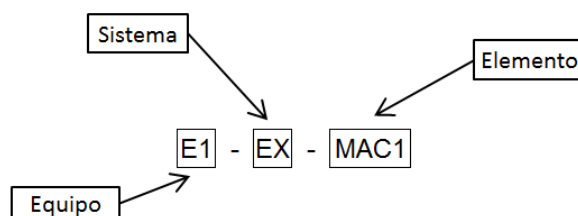


Figura 3.9. Ejemplo de codificación.

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Primeramente se realizó una lista con los equipos, sistemas y elementos importantes que componen cada una de las máquinas seleccionadas. Además se realizó una lista general de todos los equipos de producción, como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Lista y codificación general de los equipos de producción

Equipo	Código
Extrusora Queens METAMAX 80L	E1
Extrusora Hyplas	E2
Imprenta Hyplas	I1
Máquina fuelladora Hyplas	F1
Convertidora de sello de fondo Hyplas	C1
Convertidora de sello lateral Hyplas	C2
Convertidora CR5 Hyplas	C3
Compresor BOGE C30F	COM1
Molino	MO1
Mezclador	MEZ1
Chiller	CH1
Torre de enfriamiento	ENF1

Fuente. Creado por el autor. Microsoft Excel

Luego se identifican los sistemas de cada equipo y se le asigna un código representativo. Además se identificaron las diferentes familias de elementos que componen los sistemas. Estos son generales para todos los sistemas (por ejemplo: motores, variadores de frecuencia, pistones, etc.). En las siguientes tablas se muestra la codificación que se realizó para cada uno de los elementos y sistemas de los equipos seleccionados.

Tabla 3.4. Codificación de sistemas y elementos para la extrusora METAMAX 80L – parte 1

Equipo	Código	Sistema	Código	Elemento	Código	Código final
Extrusora METAMAX 80L	E1	Alimentador	AL	Motor RB40-63U 1,15 Kw	MAC1	E1-AL-MAC1
				Controlador Queenplas Autoloader	CE1	E1-AL-CE1
		Extrusor	EX	Motor principal TECO EVEFYG - 100 HP	MAC1	E1-EX-MAC1
				Ventilador TECO AEFF---S - ½ HP	VE1	E1-EX-VE1
				Intercambiador de calor de la caja reductora	IC1	E1-EX-IC1
				Bomba del intercambiador de calor	B1	E1-EX-B1
				Filtro Type 103 Mesh 60	F1	E1-EX-F1
				Caja reductora de velocidad principal	CR1	E1-EX-CR1
				Tornillo del extrusor	TOR1	E1-EX-TOR1
				Cañón del extrusor	CAN1	E1-EX-CAN1
				Ventilador del cañón #1	VE2	E1-EX-VE2
				Ventilador del cañón #2	VE3	E1-EX-VE3
				Ventilador del cañón #3	VE4	E1-EX-VE4
				Ventilador del cañón #4	VE5	E1-EX-VE5
				Reductor de velocidad sistema de rotación del cabezal	CR2	E1-EX-CR2
				Motor TECO AEUL ¼ HP del sistema de rotación	MAC2	E1-EX-MAC2
				Anillo de aire	PM1	E1-EX-PM1
				Dado	PM2	E1-EX-PM2
				Cabezal de extrusión	PM3	E1-EX-PM3
				Controlador de temperatura PID+Fuzzy #1	CT1	E1-EX-CT1
				Controlador de temperatura PID+Fuzzy #2	CT2	E1-EX-CT2
				Controlador de temperatura PID+Fuzzy #3	CT3	E1-EX-CT3
		Controlador de temperatura PID+Fuzzy #4	CT4	E1-EX-CT4		
		Controlador de temperatura PID+Fuzzy #5	CT5	E1-EX-CT5		
		Anillo de aire	AA	Anillo de aire	PM1	E1-AA-PM1
				Ventilador centrífugo M345887-339596	VE1	E1-AA-VE1
				Intercambiador de calor - radiador	IC1	E1-AA-IC1
		Estabilizador de la burbuja	ET	Motor CHUAN FAN ELECTRIC 15 HP TB20015	MAC1	E1-AA-MAC1
				Rodillos de teflón estabilizadores	R1	E1-ET-R1
				Motor TECO ½ HP	MAC1	E1-ET-MAC1
				Motor TROY 8A120N precision gear-head	MAC2	E1-ET-MAC2
		Planos colapsibles	PC	Reductor sinfin-corona	CR1	E1-ET-CR1
				Planos con rodillos de teflón	R1	E1-PC-R1
		Nip-roll superior	NRS	Rodillo de hule del Nip-roll	R1	E1-NRS-R1
				Rodillo cromado del Nip-roll	R2	E1-NRS-R2
				Pistón POWER CYLINDER FA-B-80x7 5stN #1	PN1	E1-NRS-PN1
				Pistón POWER CYLINDER FA-B-80x7 5stN #1	PN2	E1-NRS-PN2
				Reductor sinfin-corona ADW80 1/20	CR1	E1-NRS-CR1
				Motor TECO EVVIFYHS01 - 2 HP	MAC1	E1-NRS-MAC1
		Tratadora	TR	Sensor FOTEK Wheel Encoder WE-M1	S1	E1-NRS-S1
				Motor Electro Adda FC905-2 1,5 kW	MAC1	E1-TR-MAC1
				Ventilador centrífugo APS 35	VE1	E1-TR-VE1
				Válvula reguladora CAMOZZI	AIR1	E1-TR-AIR1
		Alineador y guiador	EPC	Generador 30 kHz – HFIGBT – MARTIGNONI	GE1	E1-TR-GE1
				E.P.C. SNEC900 Ultrasonic	CE1	E1-EPC-CE1
				Sensor del E.P.C. G1426	S1	E1-EPC-S1
		Impresora QF1-150	IM1	Actuador del E.P.C. SNEC L150 #1	AT1	E1-EPC-AT1
				Actuador del E.P.C. SNEC L150 #2	AT2	E1-EPC-AT2
		Impresora QFI-250	IM2			E1-IM1
		Nip-roll inferior	NRI			E1-IM2
				Motor TECO EVVIFYHS01-2 HP	MAC1	E1-IM2-MAC1
				Reductor sinfin-corona ADW80	CR1	E1-IM2-CR1
				Pistón FA-B-80X7 5st #1	PN1	E1-IM2-PN1
				Pistón FA-B-80X7 5st #2	PN2	E1-IM2-PN2
				Transformador para herramienta corte #1	TR1	E1-IM2-TR1
				Transformador para herramienta corte #2	TR2	E1-IM2-TR2
				Transformador para herramienta corte #3	TR3	E1-IM2-TR3
				Cuchilla caliente #1	CH1	E1-IM2-CH1
				Cuchilla caliente #2	CH2	E1-IM2-CH2
				Cuchilla caliente #3	CH3	E1-IM2-CH3
				Válvula 3/5 para el Nip-roll	AIR1	E1-IM2-AIR1

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.



Tabla 3.5. Codificación de sistemas y elementos para la extrusora METAMAX 80L – parte 2

Equipo	Código	Sistema	Código	Elemento	Código	Código final	
Extrusora METAMAX 80L	E1	Embobinador #1	EB1	Motor de inducción TECO EVVFYHS01 - 2HP	MAC1	E1-EB1-MAC1	
				Reductor sinfin-corona ADW80 1/20	CR1	E1-EB1-CR1	
				Rodillo de hule	R1	E1-EB1-R1	
				Electroválvula 3/2 - 8010750 #1	EV1	E1-EB1-EV1	
				Electroválvula 3/2 - 8010750 #2	EV2	E1-EB1-EV2	
				Unidad hidráulica	UH1	E1-EB1-UH1	
				Celdas de carga TEDEA Huntleigh 1040 #1	S1	E1-EB1-S1	
				Celdas de carga TEDEA Huntleigh 1040 #2	S2	E1-EB1-S2	
				Unidad neumática	UN1	E1-EB1-UN1	
				Barras antiestáticas INDESTEC #1	CE1	E1-EB1-CE1	
				Fuente de la barra antiestática	CE2	E1-EB1-CE2	
				Pistón Mindman MCQA-11-40-50M #1	PN1	E1-EB1-PN1	
				Pistón Mindman MCQA-11-40-50M #2	PN2	E1-EB1-PN2	
				Pistón Mindman NCQA-11-80-200M-CA #1	PN3	E1-EB1-PN3	
				Pistón Mindman NCQA-11-80-200M-CA #2	PN4	E1-EB1-PN4	
				Pistón MARTO MAL-50-150+MS3 #1	PN5	E1-EB1-PN5	
				Pistón DER SHENG CA-N-30X #1	PN6	E1-EB1-PN6	
				Pistón DER SHENG CA-N-30X #2	PN7	E1-EB1-PN7	
				Pistón YOUNG DAN BN-CB40-50 #1	PN8	E1-EB1-PN8	
				Pistón YOUNG DAN BN-CB40-50 #2	PN9	E1-EB1-PN9	
				Power cylinder CA-N-63 #1	PH1	E1-EB1-PH1	
				Power cylinder CA-N-63 #2	PH2	E1-EB1-PH2	
				Válvula manual 3/5 rodillo aplanchador	AIR1	E1-EB1-AIR1	
				Válvula reguladora aire 30 psi	AIR3	E1-EB1-AIR3	
				Válvula reguladora aire 150 psi #1	AIR4	E1-EB1-AIR4	
		Válvula reguladora aire 150 psi #2	AIR5	E1-EB1-AIR5			
		Sensor final de carrera OMRON HL-5300	S3	E1-EB1-S3			
		Sensor de posición #1	S4	E1-EB1-S4			
		Sensor de posición #2	S5	E1-EB1-S5			
		Embobinador #2	EB2	EB2	Motor de inducción TECO EVVFYHS01 - 2HP	MAC1	E1-EB2-MAC1
					Reductor sinfin-corona ADW80 1/20	CR1	E1-EB2-CR1
					Rodillo de hule	R1	E1-EB2-R1
					Electroválvula 3/2 - 8010750 #1	EV1	E1-EB2-EV1
					Electroválvula 3/2 - 8010750 #2	EV2	E1-EB2-EV2
					Celdas de carga TEDEA Huntleigh 1040 #1	S1	E1-EB2-S1
					Celdas de carga TEDEA Huntleigh 1040 #2	S2	E1-EB2-S2
					Unidad neumática	UN1	E1-EB2-UN1
					Barras antiestáticas INDESTEC #1	CE1	E1-EB2-CE1
					Fuente de la barra antiestática	CE2	E1-EB2-CE2
					Pistón Mindman MCQA-11-40-50M #1	PN1	E1-EB2-PN1
					Pistón Mindman MCQA-11-40-50M #2	PN2	E1-EB2-PN2
					Pistón Mindman NCQA-11-80-200M-CA #1	PN3	E1-EB2-PN3
					Pistón Mindman NCQA-11-80-200M-CA #2	PN4	E1-EB2-PN4
					Pistón MARTO MAL-50-150+MS3 #1	PN5	E1-EB2-PN5
					Pistón DER SHENG CA-N-30X #1	PN6	E1-EB2-PN6
					Pistón DER SHENG CA-N-30X #2	PN7	E1-EB2-PN7
					Pistón YOUNG DAN BN-CB40-50 #1	PN8	E1-EB2-PN8
					Pistón YOUNG DAN BN-CB40-50 #2	PN9	E1-EB2-PN9
					Power cylinder CA-N-63 #1	PH1	E1-EB2-PH1
					Power cylinder CA-N-63 #2	PH2	E1-EB2-PH2
Tanque de aire comprimido	TAN1				E1-EB2-TAN1		
Válvula manual 3/5 rodillo aplanchador	AIR1				E1-EB2-AIR1		
Válvula reguladora aire 30 psi	AIR3				E1-EB2-AIR3		
Válvula reguladora aire 150 psi #1	AIR4				E1-EB2-AIR4		
Válvula reguladora aire 150 psi #2	AIR5	E1-EB2-AIR5					
Sensor final de carrera OMRON HL-5300	S3	E1-EB2-S3					
Sensor de posición #1	S4	E1-EB2-S4					
Sensor de posición #2	S5	E1-EB2-S5					

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.6. Codificación de sistemas y elementos para la extrusora METAMAX 80L – parte 3

Equipo	Código	Sistema	Código	Elemento	Código	Código final
Extrusora METAMAX 80L	E1	Reciclador de orillas (LB163RQB)	RC	Motor inducción CPG 2 HP	MAC1	E1-RC-MAC1
				Motor inducción FUKUTA 3 HP	MAC2	E1-RC-MAC2
				Motor inducción FUKUTA 3 HP	MAC3	E1-RC-MAC3
				Motor de torque	MAC\$	E1-RC-MAC\$
		Embobinador de orillas	EBO	Motor de torque Golden SAN LI	MAC1	E1-EBO-MAC1
		Tablero eléctrico #1	TE1	Variador de velocidad ALTIVAR 71 – 2 HP #1	VF1	E1-TE1-VF1
				Variador de velocidad ALTIVAR 71 – 2 HP #2	VF2	E1-TE1-VF2
				Variador de velocidad ALTIVAR 71 – 2 HP #3	VF3	E1-TE1-VF3
				Transformador 2HP #1	TR1	E1-TE1-TR1
				Transformador 2HP #2	TR2	E1-TE1-TR2
				Transformador 2HP #3	TR3	E1-TE1-TR3
				Tension controller RB-C2 #1	CE1	E1-TE1-CE1
				Tension controller RB-C2 #2	CE2	E1-TE1-CE2
		Tablero eléctrico #2	TE2	Variador de velocidad ALTIVAR 71 – 100 HP	VF1	E1-TE2-VF1
				Variador de velocidad ALTIVAR 71 – 2 HP	VF2	E1-TE2-VF2
				Variador de velocidad ATV312HD11N4	VF3	E1-TE2-VF3
				Signal converter LCZ-S42-2	CE1	E1-TE2-CE1
				Controlador programable Mitsubishi FX3U-64M	CE2	E1-TE2-CE2
				Fuente FX2N-2A0	CE3	E1-TE2-CE3
				Fuente AD1120-24F	CE4	E1-TE2-CE4
		Schneider ND250N	CE5	E1-TE2-CE5		
		Tablero eléctrico #3	TE3	Transformador trifásico 220/480 V	TR1	E1-TE3-TR1

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.7. Codificación de sistemas y elementos para la imprenta HYPLAS

Equipo	Código	Sistema	Código	Elemento	Código	Código final
Imprenta HYPLAS	I1	Desbobinador	DB	Powder break	FRE1	I1-DB-FRE1
				Actuador lineal AD-24	AT1	I1-DB-AT1
				Sensor del guiador	S1	I1-DB-S1
				Celda de carga #1	S2	I1-DB-S2
				Celda de carga #2	S3	I1-DB-S3
		Sistema de impresión	IM	Motor principal 7,5 HP	MAC1	I1-IM-MAC1
				Motor REDMAC RA63C4-NL – 0,25 kW #1	MAC2	I1-IM-MAC2
				Motor REDMAC RA63C4-NL – 0,25 kW #2	MAC3	I1-IM-MAC3
				Motor REDMAC RA63C4-NL – 0,25 kW #3	MAC4	I1-IM-MAC4
				Motor REDMAC RA63C4-NL – 0,25 kW #4	MAC5	I1-IM-MAC5
				Motor REDMAC RA63C4-NL – 0,25 kW #5	MAC6	I1-IM-MAC6
				Motor REDMAC RA63C4-NL – 0,25 kW #6	MAC7	I1-IM-MAC7
				Reductor sinfin-corona REDMAC 12/RA-169 #1	CR1	I1-IM-CR1
				Reductor sinfin-corona REDMAC 12/RA-169 #2	CR2	I1-IM-CR2
				Reductor sinfin-corona REDMAC 12/RA-169 #3	CR3	I1-IM-CR3
				Reductor sinfin-corona REDMAC 12/RA-169 #4	CR4	I1-IM-CR4
				Reductor sinfin-corona REDMAC 12/RA-169 #5	CR5	I1-IM-CR5
				Reductor sinfin-corona REDMAC 12/RA-169 #6	CR6	I1-IM-CR6
				Estación de impresión #1	EIM1	I1-IM-EIM1
				Estación de impresión #2	EIM2	I1-IM-EIM2
				Estación de impresión #3	EIM3	I1-IM-EIM3
				Estación de impresión #4	EIM4	I1-IM-EIM4
				Estación de impresión #5	EIM5	I1-IM-EIM5
				Estación de impresión #6	EIM6	I1-IM-EIM6
				Bomba neumática de tintas SK-11 de doble diafragma #1	B1	I1-IM-B1
				Bomba neumática de tintas SK-11 de doble diafragma #2	B2	I1-IM-B2
				Bomba neumática de tintas SK-11 de doble diafragma #3	B3	I1-IM-B3
				Bomba neumática de tintas SK-11 de doble diafragma #4	B4	I1-IM-B4
				Bomba neumática de tintas SK-11 de doble diafragma #5	B5	I1-IM-B5
		Bomba neumática de tintas SK-11 de doble diafragma #6	B6	I1-IM-B6		
		Sistema de secado de tinta	ST	Motor del blower 3HP #1	MAC1	I1-ST-MAC1
				Motor del blower 2HP #2	MAC2	I1-ST-MAC2
				Ventilador del blower #1	VE1	I1-ST-VE1
				Ventilador del blower #2	VE2	I1-ST-VE2
		Sistema nuemático	SN	FRL Micro 0101003584	AIR1	I1-SN-AIR1
				Válvula de mano KLH HV-300	AIR2	I1-SN-AIR2
				Pistón del blower	PN1	I1-SN-PN1
		Embobinador	EB	Motor de torque 1 kg/m -TM7	MAC1	I1-EB-MAC1
				Motor de torque 0,5 kg/m -TM62	MAC2	I1-EB-MAC2
				Ventilador motor de torque 1/8 HP	VE1	I1-EB-VE1
				Ventilador motor de torque 1/6 HP	VE2	I1-EB-VE2
				Celda de carga #1	S1	I1-EB-S1
				Celda de carga #2	S2	I1-EB-S2
		Teclle	TC			I1-TC
		Sistema eléctrico y de control	SE	Control de velocidad WEB TOUGU DENKI EPC-85HP	VF1	I1-SE-VF1
				Variador de frecuencia DELTA VFD series	VF2	I1-SE-VF2
				Front gather inverter YASKAWA A100	CE1	I1-SE-CE1
				FOTEK SENSOR CONTROLLER C-6	CE2	I1-SE-CE2
				FOTEK TIMER H3-10S	CE3	I1-SE-CE3
				Tensión controller LE-40M1A-E #1	CE4	I1-SE-CE4
Tensión controller LE-40M1A-E #2	CE5	I1-SE-CE5				

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel

Tabla 3.8. Codificación de sistemas y elementos para la convertidora de sello de fondo

Equipo	Código	Sistema	Código	Elemento	Código	Código final		
Conversión Sello de Fondo	C1	Guiador	GU	Pistón MARTO MAI-80-250-MS-CA #1	PN1	C1-GU-PN1		
				Pistón MARTO MAI-80-250-MS-CA #2	PN2	C1-GU-PN2		
				Válvula neumática All reat VH 430	VN1	C1-GU-VN1		
				Válvula reguladora 150 psi	VN2	C1-GU-VN2		
		Alimentador	AL	Motor del alimentador	MAC1	C1-AL-MAC1		
		Sección central	SC	Motor principal	MAC1	C1-SC-MAC1		
				Reductor de engranajes helicoidales TR48-MY90L4-6-M1	CR1	C1-SC-CR1		
				Servo motor Panasonic	SM1	C1-SC-SM1		
				Servo motor Delta ECMA-E11320PS	SM2	C1-SC-SM2		
				Cuchilla de sello	CH1	C1-SC-CH1		
				Cortina	CH2	C1-SC-CH2		
				Sensor FOTEK PL-05N #1	S1	C1-SC-S1		
				Sensor FOTEK PL-05N #2	S2	C1-SC-S2		
				Transformador	TR1	C1-SC-TR1		
				Tanque de aire comprimido	TAN1	C1-SC-TAN1		
				Barra antiestática	CE1	C1-SC-CE1		
				Pistón MARTO MIC 32-300-MS #1	PN1	C1-SC-PN1		
				Pistón MARTO MIC 32-300-MS #2	PN2	C1-SC-PN2		
				Pistón MIC-20 25 M3 #1	PN3	C1-SC-PN3		
				Pistón MIC-20 25 M3 #2	PN4	C1-SC-PN4		
				Válvula reguladora 150 psi	VN1	C1-SC-VN1		
				Válvula reguladora 150 psi	VN2	C1-SC-VN2		
				Banda transportadora	BT	Motor Chuang Hen 740W - C750532	MAC1	C1-BT-MAC1
						Banda transportadora	BT1	C1-BT-BT1
						Motor y ventilador centrífugo Hung Feng 0,4 kW	VE1	C1-BT-VE1
		Electroválvula 3/5	EV1			C1-BT-EV1		
		Válvula reguladora 150 psi	VN1			C1-BT-VN1		
		Sistema neumático	SN	FRL AIRTAG BFR 3000 - BL3000	FRL1	C1-SN-FRL1		
		Sistema eléctrico y de control	SE	Variador de frecuencia DELTA VFD-M 0,4 kW	VF1	C1-SE-VF1		
				Variador de frecuencia DELTA VFD-M 0,75 kW	VF2	C1-SE-VF2		
				Variador de frecuencia DELTA VFD-M 1,5 kW	VF3	C1-SE-VF3		
				Controlador servo PANASONIC MFDHTB3A2	CE1	C1-SE-CE1		
				Controlador servo DELTA ASDA-A2	CE2	C1-SE-CE2		
				Fuente de poder Type: A12-35	CE3	C1-SE-CE3		
				FOTEK DSC-240	CE4	C1-SE-CE4		
		Control temperatura HYPLAS WT-409	CE5	C1-SE-CE5				
		Pantalla táctil EASY VIEW	CE6	C1-SE-CE6				

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### 3.7. Mantenimiento preventivo de los equipos

Se determinaron las actividades de mantenimiento preventivo para los equipos seleccionados. Se evaluó la opción de realizar un análisis RCM de los equipos, pero se encontraron los siguientes inconvenientes:

- No se tiene información documentada acerca de las fallas que han sufrido los equipos y cómo se han solucionado. Este es un punto importante a tener en cuenta, ya que esta información sería de gran ayuda al momento de determinar las causas de las averías de los equipos.

- El personal del departamento de mantenimiento y producción es muy escaso y resulta complicado que ellos dediquen alguna parte de la jornada a las actividades relacionadas con el análisis RCM. Se requiere de bastantes recursos para realizar el análisis y no se puede utilizar por el momento.

También existen algunos puntos a favor de realizar el análisis:

- El personal de mantenimiento, así como el de producción, tienen una gran experiencia en el uso y reparación de equipos similares. Han trabajado durante bastantes años en la producción de empaques flexibles y pueden aportar una gran cantidad de información acerca del funcionamiento y las posibles causas de falla.
- Los equipos se encuentran relativamente nuevos, por lo que se conoce o se tienen una noción de sus capacidades iniciales. Se conoce el estado funcional inicial.

Por esta razón se decide levantar un listado de las actividades de mantenimiento preventivo basándose en las siguientes fuentes:

- Manuales de los equipos: en los manuales de los equipos se puede encontrar información recomendada por el fabricante en cuanto a las actividades de mantenimiento que se le deben realizar al equipo para mantenerlo en buenas condiciones y evitar problemas. Los manuales de estas máquinas proporcionan muy poca información relacionada con el mantenimiento de los equipos. La información se encuentra en mandarín e inglés, ocasionando problemas en su interpretación. Se encuentran algunas actividades relacionadas con la lubricación de cajas de engranajes y cajas reductoras de velocidad (como en el caso de la extrusora Queens). Los manuales de los otros equipos se componen, principalmente, de diagramas de control eléctrico y planos mecánicos de los equipos. También existe problema en encontrar información acerca de los elementos que componen los equipos (fabricados

por empresas al de los equipos), ya que no se tienen los manuales y resulta muy complicado contactar con los fabricantes.

- Experiencia en la industria de fabricación de empaques flexibles de los integrantes del departamento de mantenimiento y los operarios de producción, como se mencionó, estos colaboradores tienen un alto grado de experiencia y conocimiento acerca del funcionamiento de estas máquinas. Son una gran fuente de información que se puede consultar para definir las actividades de mantenimiento.
- Programas de mantenimiento de equipos similares: también es posible consultar trabajos universitarios relacionados con el mantenimiento de este tipo de máquinas, para conocer más acerca de las actividades de mantenimiento que se deben realizar. En este caso se consulta el trabajo de Carranza llamado “Programa de operación y mantenimiento de extrusoras, para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno” y el trabajo de Chavarría llamado “Plan de mantenimiento preventivo para la planta de extrusión e impresión en Plastiline S.A.
- Actividades de mantenimiento genéricas: García propone una serie de actividades que pueden aplicarse a diferentes sistemas de acuerdo con su tipo: sistemas de seguridad, sistema mecánico, sistema neumático, sistema hidráulico, sistema eléctrico y electrónico. En la sección 3 de los anexos se muestran las actividades recomendadas por García.
- Las actividades también son seleccionadas con el fin de evitar que el equipo deje de funcionar o que se produzca alguna avería. La intención de estas actividades será la de evitar las actividades de mantenimiento no programadas y aumentar la vida útil de los equipos.

- Todos los equipos cumplen una función diferente, no existen equipos duplicados que permitan trasladar los trabajos de una máquina a otra. Por esta razón, los equipos tienen que mantenerse funcionando el mayor tiempo posible, para no interferir con el programa de producción.

Es importante mencionar que estas son las actividades iniciales de mantenimiento preventivo (las cuales van a ser parte fundamental del plan de mantenimiento) y deben revisarse continuamente con el fin de optimizar los recursos destinados a mantenimiento.

“El Plan de Mantenimiento no es algo estático, que una vez creado pueda permanecer durante meses o años inalterable. Podemos decir, más bien, que es al contrario; si un Plan de Mantenimiento permanece inalterado durante más de 6 meses, seguramente no se está usando” (García Garrido, 2003, pág. 97).

Es importante continuar mejorando la lista de actividades con el tiempo. Es posible que se necesite agregar nuevas actividades o algunas de las propuestas no sean tan necesarias para los equipos. A veces, el mantenimiento correctivo por avería ofrece información sobre algunos fallos y se debe evitar que vuelvan a suceder mediante acciones preventivas.

En la Tabla 3.9 se presenta la simbología para las actividades de mantenimiento y su significado.

Tabla 3.9. Simbología para utilizada para las actividades de mantenimiento

Simbología	
W	Semanal
Q	Quincenal
M	Mensual
T	Trimestral
S	Semestral
A	Anual
TEC	Técnico electromecánico

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

A continuación se presentan las actividades de mantenimiento propuestas para los equipos seleccionados. Es importante mencionar que no se estimó la duración de las tareas preventivas, ya que esta es la primera versión y no se tiene una referencia para estimarlo. Estos tiempos se pueden empezar a estimar con la información recolectada mediante la orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

A pesar de que las personas del departamento tienen experiencia en la industria de fabricación de empaques flexibles de polietileno, los equipos son más modernos que con los que habían trabajado. Muchas de las actividades que se deben realizar como parte del mantenimiento preventivo nunca se han hecho, por lo que se realiza una estimación consultando al personal de mantenimiento. Esta es una de las mejoras que se pueden llevar a cabo luego de que las actividades se empiecen a realizar de manera programada y se obtenga información mediante la orden de trabajo de mantenimiento preventivo. En el libro “Sistemas de mantenimiento: planeación y control” (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2000) se pueden consultar varios métodos para la estimación de los tiempos estándar de mantenimiento, mediante la toma de muestras de los tiempos de los trabajos realizados. Esto requiere que las actividades de mantenimiento ya se estén realizando.



### 3.7.1. Actividades de mantenimiento preventivo para la extrusora

Tabla 3.10. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 1

Departamento de mantenimiento		Actividades de mantenimiento preventivo			
Máquina: Extrusora QUENNS METAMAX 80L					
Tareas de mantenimiento preventivo					
Nº	Inspección	Periodicidad	Frecuencia	Duración	Encargado
<b>Alimentador de materia prima (Vacuum Autoloader)</b>					
1	Inspeccionar visualmente el estado de las conexiones eléctricas y repararlas de ser necesario.	M	12	30	TEC
2	Realizar la limpieza del filtro de polvo y la rejilla del filtro.	M	12	45	TEC
<b>Extrusor</b>					
3	Verificar que los ventiladores del cañon se encuentren funcionando adecuadamente. Realizar una limpieza general.	M	12	20	TEC
4	Realizar una limpieza general (quitando polvo y suciedad de las partes externas) del sistema extrusor, el cabezal, el motor principal y la caja reductora. Revisar si existen fugas de aceite en la caja de engranajes.	M	12	45	TEC
5	Inspeccionar cada una de las resistencias, así como la adecuada conexión y posición de las mismas en el cañon y el cabezal.	M	12	30	TEC
6	Revisar el estado de las termocuplas, así como la adecuada conexión y posición de las mismas en el cañon y el cabezal.	M	12	20	TEC
7	Realizar una inspección visual del sistema de rotación del cabezal. Revisar el estado de la cadena de da movimiento al rotador. Lubricar la cadena de ser necesario.	M	12	45	TEC
8	Revisar el estado de los carbones y pistas de cobre que dan alimentación eléctrica al cabezal de la máquina.	M	12	45	TEC
9	Realizar una inspección visual del intercambiador de calor y la bomba de aceite de la caja reductora de velocidad del motor principal, verificando que no existan fugas. Verificar que el manómetro muestre una presión entre 1,2 - 2 kg/cm2.	M	12	20	TEC
10	Inpeccionar visualmente el estado de las bandas de transmision, verifique si existe desgaste o daño de la misma, además verifique que tienen la tensión adecuada. Verifique el correcto alineamiento de las poleas.	T	4	25	TEC
11	Verificar la calibración de los controles de temperatura del cabezal.	T	4	120	TEC
12	Cambiar el aceite de la caja reductora del motor principal. Utilizar aceite Mobil SHC 632 para realizar el recambio.	A	1	90	TEC
13	Carmbiar el aceite del reductor de velocidad del sistema de rotación del cabezal y verificar que no existen fugas. Utilizar aceite Mobil SHC 632.	A	1	60	TEC
14	Desarmar, limpiar y verificar las medidas del tornillo y el cañon del sistema de extrusión.	A	1	600	TEC
<b>Anillo de aire y dado</b>					
15	Realizar limpieza del anillo de aire.	M	12	360	TEC
16	Revisar que no existan fugas, deformaciones o quemaduras en las mangueras flexible del anillo de aire. Cambiar de ser necesario.	M	12	15	TEC
17	Realizar limpieza general del ventilador centrífugo y limpiar el filtro de la entrada de aire.	M	12	120	TEC
18	Verificar que no existan fugas en el sistema de enfriamiento del intercambiador de calor del ventilador centrífugo. Reparar de ser necesario.	T	4	60	TEC
19	Desarmar y limpiar el intercambiador de calor y el ventilador centrífugo.	A	1	360	TEC
<b>Estabilizador de la burbuja</b>					
20	Verificar que los rodillos del estabilizador giren libremente. Cambiar de ser necesario.	S	2	90	TEC
21	Engrasar las chumaceras del sistema mecánico del estabilizador y verificar que todas las partes mecánicas se encuentran en buen estado. Reparar de ser necesario.	A	1	30	TEC
<b>Planos colapsibles</b>					
22	Revisar que los formadores de fuelles y sus soportes se encuentren en buen estado.	M	12	90	TEC
23	Verificar que los rodillos de los planos colapsibles giren libremente. Cambiar de ser necesario.	S	2	90	TEC
24	Engrasar las chumaceras del sistema mecánico de los planos colapsibles y verificar que todas las partes mecánicas se encuentran en buen estado. Reparar de ser necesario.	A	1	60	TEC

Fuentes: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.11. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 2

Nip roll superior					
25	Inspeccionar que el rodillo de hule no presente rasgaduras, golpes o deformaciones. Revisar el estado de las puntas del eje, así como de los rodamientos.	M	12	45	TEC
26	Inspeccionar que el rodillo cromado no presente golpes o deformaciones. Revisar el estado de las puntas del eje, así como de los rodamientos.	M	12	45	TEC
27	Verificar que las válvulas, mangueras, FRL y cilindros del sistema neumático funcionen correctamente y no presenten fugas de aire. Reparar o remplazar de ser necesario.	M	12	60	TEC
28	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	20	TEC
29	Engrasar las chumaceras del Nip Roll superior.	S	2	45	TEC
30	Cambiar el aceite del reductor de velocidad del motor principal del Nip Roll. Utilizar aceite Mobil SHC 632.	A	1	90	TEC
Tratadora					
31	Realizar una limpieza general de la tratadora, eliminando suciedad y polvo.	M	12	30	TEC
32	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	45	TEC
33	Limpiar las láminas y los electrodos, desmontando la barra portaelectrodos y sacándola fuera de la unidad, utilizando detergente y un cepillo de cerdas metálicas, facilitando de esta manera un buen movimiento para la regulación de la medida a tratar.	S	2	180	TEC
34	Limpiar la campana de aspiración, quitando el polvo y otros.	S	2	30	TEC
35	Limpiar los filtros de los rotores de enfriamiento del generador, quitando el polvo y la suciedad.	S	2	30	TEC
Alineador y guiador EPC					
36	Verificar que las partes mecánicas del guiador se encuentren en buenas condiciones.	M	12	30	TEC
37	Verificar que las conexiones eléctricas se encuentran en buenas condiciones, sin contactos flojos o cables dañados. Reparar de ser necesario.	M	12	30	TEC
38	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	45	TEC
Impresora					
39	Lubricar los rodamientos de los rodillos.	M	12	30	TEC
40	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	45	TEC
Nip roll inferior					
41	Inspeccionar que el rodillo de hule no presente rasgaduras, golpes o deformaciones. Revisar el estado de las puntas del eje, así como de los rodamientos.	M	12	45	TEC
42	Inspeccionar que el rodillo cromado no presente golpes o deformaciones. Revisar el estado de las puntas del eje, así como de los rodamientos.	M	12	45	TEC
43	Verificar que las válvulas, mangueras, FRL y cilindros del sistema neumático funcionen correctamente y no presenten fugas de aire. Reparar o remplazar de ser necesario.	M	12	60	TEC
44	Realizar una inspección visual de las cuchillas calientes. Realizar una limpieza general	M	12	20	TEC
45	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	30	TEC
46	Engrasar las chumaceras del Nip Roll superior.	S	2	45	TEC
47	Cambiar el aceite del reductor de velocidad del motor principal del Nip Roll. Utilizar aceite Mobil SHC 632.	A	1	90	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.12. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 3

Embobinador #1					
48	Revisar que el nivel de aceite del sistema hidráulico este dentro de los límites permitidos. Rellenar de ser necesario con aceite Mobil SHC 626.	M	12	30	TEC
49	Inspeccionar que los rodillos de hule no presente rasgaduras, golpes o deformaciones. Revisar el estado de las puntas del eje, así como de los rodamientos. Avisar a su superior en caso de encontrar problemas.	M	12	30	TEC
50	Inspección visual de la partes móviles del bobinador en busca de problemas que impidan su correcto funcionamiento.	M	12	30	TEC
51	Engrasar las chumaceras de los rodillos del bobinador.	M	12	45	TEC
52	Realizar una inspección visual y limpieza, quitando polvo y suciedad, de las barras eliminadoras de estática y de la fuente de alimentación. Verificar que las conexiones eléctricas se encuentran en buenas condiciones. Reparar de ser necesario.	M	12	30	TEC
53	Realizar una inspección visual de las estaciones neumáticas que alimentan los pistones del embobinador. Verificar que funcionan correctamente.	M	12	30	TEC
54	Realizar una inspección visual de la cadena y los piñones, verificando que no exista desgaste o corrosión. Lubricar de ser necesario.	M	12	30	TEC
55	Inspección visual de la estación hidráulica del los embobinadores, verificando que no se presenten fugas de aceite. Realizar una limpieza general.	M	12	30	TEC
56	Inpeccionar visualmente el estado de la banda de transmision, verifique si existe desgaste o daño de la misma, además verifique que tiene la tensión adecuada. Cambiarla de ser necesaria.	T	4	30	TEC
57	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	T	4	30	TEC
58	Cambiar el aceite de la caja reductora del motor principal. Utilizar aceite Mobil SHC 632.	A	1	80	TEC
Embobinador #2					
59	Revisar que el nivel de aceite del sistema hidráulico este dentro de los límites permitidos. Rellenar de ser necesario con aceite Mobil SHC 626.	M	12	30	TEC
60	Inspeccionar que los rodillos de hule no presente rasgaduras, golpes o deformaciones. Revisar el estado de las puntas del eje, así como de los rodamientos. Avisar a su superior en caso de encontrar problemas.	M	12	30	TEC
61	Inspección visual de la partes móviles del bobinador en busca de problema que impidan su correcto funcionamiento.	M	12	30	TEC
62	Engrasar las chumaceras de los rodillos del bobinador.	M	12	45	TEC
63	Realizar una inspección visual y limpieza, quitando polvo y suciedad, de las barras eliminadoras de estática. Verificar que las conexiones eléctricas se encuentran en buenas condiciones. Reparar de ser necesario.	M	12	30	TEC
64	Retirar la tapa de las estaciones neumáticas que alimentan los pistones del embobinador y realizar una inspección visual verificando que el equipo funcione correctamente.	M	12	30	TEC
65	Realizar una inspección visual de la cadena y los piñones, verificando que no exista desgaste o corrosión. Lubricar de ser necesario.	M	12	30	TEC
66	Inpeccionar visualmente el estado de la banda de transmision, verifique si existe desgaste o daño de la misma, además verifique que tiene la tensión adecuada. Cambiarla de ser necesaria.	T	4	30	TEC
67	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	T	4	30	TEC
68	Cambiar el aceite de la caja reductora del motor principal. Utilizar aceite Mobil SHC 632.	A	1	80	TEC
Reciclador de orillas					
69	Realizar una inspección visual y limpieza de cada uno de los tres motores del reciclador de orillas, así como de sus conexiones eléctricas. Reparar las conexiones eléctricas en caso de ser necesario.	M	12	30	TEC
70	Realizar una inspección visual del motor del reciclador que se encuentra en la tolva de alimentación de resina, así como de sus conexiones eléctricas. Reparar las conexiones eléctricas en caso de ser necesario.	M	12	60	TEC
Embobinador de orillas					
71	Realizar una inspección visual del motor de torque de corriente alterna. Verificar que el ventilador del sistema de enfriamiento se encuentre trabajando correctamente. Limpiar la rejilla de acceso de aire del ventilador.	M	12	30	TEC
72	Retirar la tapa que permite el acceso a la transmisión por cadenas, realizar una inspección visual y limpieza general. Verificar que no exista desgaste de cadenas y piñones. Lubricar de ser necesario.	S	2	60	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.13. Actividades de mantenimiento preventivo de la extrusora – parte 4

Tablero eléctrico					
73	Limpiar los abanicos del sistema de ventilación del tablero principal.	M	12	30	TEC
74	Limpiar los abanicos del sistema de ventilación del tablero de control.	M	12	30	TEC
75	Realizar una inspección visual del tablero principal y verificar que no existen conexiones o componentes eléctricos dañados o con exceso de calor.	T	4	60	TEC
76	Realizar una inspección visual del tablero de control y verificar que no existen conexiones o componentes eléctricos dañados o con exceso de calor.	T	4	60	TEC
77	Inspección visual del transformador. Limpieza general, elimiando suciedad y polvo.	T	4	30	TEC
78	Apretar las conexiones eléctricas que se encuentren flojas en los tableros.	A	1	30	TEC
Sistema neumático					
79	Drenar el condensado de la unidad de mantenimiento FRL.	W	52	15	TEC
80	Verificar que el nivel de aceite se encuentre dentro de los niveles adecuados. Reponer en caso de ser necesario.	W	52	30	TEC
81	Realizar limpieza de los filtros de FRL.	W	52	30	TEC
82	Realizar una inspección visual del sistema neumático, válvulas, electroválvulas, racores, pistones, mangueras y el tanque verificando su correcto funcionamiento y buscando fugas de aire. Reparar o cambiar de ser necesario.	M	12	40	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

## 3.7.2. Actividades de mantenimiento preventivo para la imprenta flexográfica

Tabla 3.14. Actividades de mantenimiento preventivo de la imprenta flexográfica – parte 1

Departamento de mantenimiento		Actividades de mantenimiento preventivo			
Máquina: Imprenta HYPLAS HP-FG 1000-6					
Tareas de mantenimiento preventivo					
Nº	Inspección	Periodicidad	Frecuencia	Duración	Encargado
<b>Desbobinador</b>					
1	Revisar el correcto funcionamiento del Powder Break, realizar una limpieza general (eliminando polvo y suciedad). Lubricar los engranajes y cojinetes del desbobinador de ser necesario.	M	12	45	TEC
2	Inspeccionar visualmente el estado del actuador lineal, verificar que los ejes no se encuentren rayados y que exista un movimiento suave del mismo sobre los cojinetes. Lubricar de ser necesario.	M	12	30	TEC
3	Inspeccionar visualmente el estado de los piñones que dan movimiento a la barra del desbobinador en busca de desgaste o corrosión. Reparar o cambiar de ser necesario.	M	12	30	TEC
4	Inspeccionar los detectores de tensión. Engrasar las chumaceras en caso de ser necesario.	M	12	45	TEC
5	Realizar una inspección de los piñones del freno mecánico del desbobinador. Verificar desgaste y presencia de corrosión. Lubricar de ser necesario.	M	12	45	TEC
<b>Sistema de impresión</b>					
6	Realizar limpieza de las pistas de las estaciones de impresión, eliminando la suciedad, polvo y pintura seca. Lubricar después de realizar la limpieza. Verificar que exista un correcto desplazamiento de las piezas móviles.	W	52	60	TEC
7	Realizar una inspección visual y una limpieza de las perillas de ajuste fino de cada una de las estaciones de impresión.	W	52	30	TEC
8	Inspección visual de los rodillos de tinta, anilox, portaplanchas y tambores. Verificar que las puntas de los ejes y los rodamientos se encuentren en buen estado y no presenten desgaste. Lubricar los rodamientos y engranajes en caso de ser necesario.	W	52	45	TEC
9	Revisar que el nivel de aceite de la estación hidráulica se encuentra dentro de los límites permitidos. Reponer aceite en caso de ser necesario.	M	12	30	TEC
10	Realizar una inspección visual del sistema hidráulico en busca de fugas o tuberías dañadas. Reportar a su superior en caso de encontrar algún problema..	M	12	30	TEC
11	Realizar una inspección visual de las estaciones de impresión. Revisar soportes de las puntas de los ejes de los rodillos, bandejas de tinta, cojinetes, motores y cajas reductoras de velocidad y sus acoples.	M	12	40	TEC
12	Realizar una inspección visual de las bombas neumáticas de tinta y verificar que se encuentren funcionando adecuadamente. Revisar que no existan fugas.	M	12	40	TEC
13	Realizar una inspección visual de las mangueras que llevan las tintas a las bandejas, verificar que no existan fugas y que las gasas se encuentren en buenas condiciones. Cambiar de ser necesario.	M	12	30	TEC
14	Realizar una inspección visual de los engranajes del sistema principal de transmisión de potencia, en busca de desgarte o corrosión. Engrasar de ser necesario.	T	4	45	TEC
15	Realizar una inspección visual de las bandas de transmisión, verifique si existe desgaste o daño de la misma, además verifique que tienen la tensión adecuada. Verifique el correcto alineamiento de las poleas.	T	4	60	TEC
16	Realizar una inspección visual de la barra de transmisión de potencia en busca de deformaciones, revisar engranajes, acoples. Lubricar en caso de ser necesario.	T	4	30	TEC
17	Realizar una inspección visual de la termocupla que se encuentra en ducto superior del sistema de secado de tintas. Cambiar de ser necesario.	T	4	30	TEC
<b>Sistema de secado de tinta (Blower)</b>					
18	Realizar una inspección visual del sistema de secado de tinta, verificando que no existan fugas de aire y que las mangueras se encuentren en buen estado. Cambiar mangueras en caso ser necesario.	M	12	40	TEC
19	Realizar una inspección visual de las salidas de aire del sistema de secado de tintas. Realizar una limpieza general, eliminando polvo, suciedad y tinta seca. Verificar que no existan obstrucciones.	M	12	40	TEC
20	Realizar una inspección visual de los motores, y ventiladores, además realizar una limpieza general (eliminando polvo y suciedad).	M	12	30	TEC
21	Realizar una inspección visual de las resistencias y verificar que sus conexiones están en buen estado.	M	12	30	TEC
22	Engrasar las chumaceras de los rodillos superiores del sistema de secado de tintas.	M	12	45	TEC
<b>Sistema neumático</b>					
23	Realizar una inspección visual del FRL en busca de fugas, drenar el condensado y verificar el nivel del lubricante. Reponer lubricante en caso de ser necesario.	W	52	30	TEC
24	Realizar una inspección visual del sistema neumático, válvulas, racores, pistones y mangueras, verificando su correcto funcionamiento y buscando fugas de aire. Reparar o cambiar de ser necesario.	M	12	40	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.15. Actividades de mantenimiento preventivo de la imprenta flexográfica – parte 2

Embobinador					
25	Realizar una revisión del motor del embobinador. Revisar que los ventiladores de los motores de torque se encuentren aspirando aire Limpiar la rejilla de ingreso de aire hacia los rotores del ventilador.	M	12	60	TEC
26	Inspeccionar el sistema de transmisión por engranajes. Verificar que no exista corrosión o desgaste excesivo en los dientes. Eliminar la corrosión y en caso de encontrar algún problema avisar a su superior.	M	12	40	TEC
Teclé					
27	Probar el funcionamiento del teclé, verificar que el sistema de freno y clutch se encuentre realizando su función adecuadamente.	W	52	30	TEC
28	Realizar una inspección visual de todo el sistema del teclé. Realizar limpieza general, eliminando suciedad y polvo. Lubrique la cadena de ser necesario.	T	4	30	TEC
29	Realizar el cambio del aceite de la caja de engranajes.	A	1	45	TEC
Sistema eléctrico					
30	Realizar una limpieza e inspección visual del tablero eléctrico de la máquina, quitando suciedad y polvo.	M	12	30	TEC
31	Revisión del sistema de iluminación. Conexiones, estado y limpieza.	M	12	30	TEC
32	Realizar una inspección visual y limpieza de los ventiladores del tablero.	M	12	30	TEC
33	Inspeccionar visualmente todas la conexiones eléctricas de la máquina en busca de cables dañados y conexiones flojas o quemadas. Reparar o cambiar en caso de ser necesario.	T	4	60	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### 3.7.3. Actividades de mantenimiento preventivo para la máquina convertidora de bolsas de sello de fondo

Tabla 3.16. Actividades de mantenimiento preventivo de la máquina convertidora de bolsas de sello de fondo – parte 1

Departamento de mantenimiento		Actividades de mantenimiento preventivo			
Máquina: Sello de fondo HYPLAS HP-HD-60 ESR					
Tareas de mantenimiento preventivo					
Nº	Inspección	Periodicidad	Frecuencia	Duración	Encargado
<b>Guiador</b>					
1	Realizar una inspección visual de las barras neumáticas, las puntas de los ejes y los soportes. Realizar una limpieza general. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	45	TEC
2	Realizar una inspección visual y limpieza del guiador. Lubricar las chumaceras en caso de ser necesario.	M	12	60	TEC
3	Realizar una inspección visual de los pistones neumáticos de los brazos de desbobinador, en busca de fugas, o deformaciones en el vástago del pistón.	M	12	40	TEC
<b>Alimentador</b>					
4	Realizar una inspección visual de los rodillos haladores de hule del alimentador. Verificar que no tienen deformaciones o rasgaduras. Verificar que el sistema mecánico que los maneja funciona adecuadamente.	Q	26	30	TEC
5	Engrasar las chumaceras del eje de los brazos del alimentador.	M	12	45	TEC
6	Realizar una inspección y una limpieza general visual del motor, la cadena y los piñones de los rodillos haladores del alimentador. Verificar que no tengan desgaste o corrosión. Lubricar en caso de ser necesario.	T	4	45	TEC
7	Realizar una inspección de los rodillos de aluminio. Verificar el estado de los cojinetes y las puntas de los ejes. Lubricar en caso de ser necesario.	T	4	45	TEC
<b>Sección central</b>					
8	Realizar una inspección visual de los rodines del rodillo de hule y de su estructura de soporte. Realizar una limpieza general, eliminando suciedad, polvo y corrosión. Lubricar en caso de ser necesario.	Q	26	30	TEC
9	Realizar una inspección visual del rodillo de hule de la sección central. Verificar que no tienen deformaciones o rasgaduras.	Q	26	30	TEC
10	Realizar una inspección visual del sistema de rodillos haladores ranurados de hule. Verificar que no tienen deformaciones o rasgaduras. Revisar las puntas de los ejes y los engranajes. Verificar que el ajuste que existe entre los rodillos y tubos sopladores.	Q	26	60	TEC
11	Realizar una inspección visual del Flying Knife, su soporte y su sistema guía. Verificar que no existe desgaste o corrosión. Lubricar en caso de ser necesario.	Q	26	60	TEC
12	Realizar una inspección visual de la cuchilla de sello, ejes, cojinetes, pistones y resortes. Verificar que no presentan corrosión o desgaste. Verificar que las conexiones eléctricas se encuentren en buen estado.	Q	26	120	TEC
13	Verificar el estado y el correcto funcionamiento de las termocuplas y sus conexiones.	Q	26	30	TEC
14	Realizar una inspección visual de la prensa y los pistones de la prensa, verificar que no presente desgaste, corrosión o fugas.	Q	26	60	TEC
15	Realizar una inspección visual de la cortina, ejes, cojinetes, pistones y resortes. Verificar que no presentan corrosión o desgaste. Cambiar en caso de ser necesario.	Q	26	120	TEC
16	Realizar una inspección visual de los pistones de la sección central. Verificar que no presenten fugas, deformaciones en el vástago del pistón.	M	12	40	TEC
17	Engrasar las chumaceras de la sección central.	M	12	35	TEC
18	Realizar una inspección visual de la barra antiestática. Realizar una limpieza general, eliminando polvo y suciedad.	M	12	20	TEC
19	Realizar una inspección visual del motor principal, así como del sistema de transmisión de potencia por cadenas. Realizar una limpieza general, eliminando suciedad y polvo.	M	12	45	TEC
20	Realizar una inspección visual de los sistemas de transmisión de potencia secundarios y los servomotores. Realizar una limpieza general eliminando polvo y suciedad. Verificar que las bandas de transmisión y los piñones no presenten desgaste, roturas y que la tensión de la banda es la adecuada.	M	12	45	TEC
21	Realizar una inspección visual del sistema que da movimiento a la cuchilla de sello y la cortina. Verificar que los ejes, los cojinetes y las ruedas excéntricas no presenten desgaste o corrosión. Lubricar en caso de ser necesario.	M	12	60	TEC
22	Realizar una inspección visual de los tubos sopladores, verificar que no se presentan desajustes o deformaciones. Corregir de ser necesario.	M	12	40	TEC
23	Realizar una inspección visual del pisador, verificar que no existen fugas de agua del sistema de enfriamiento.	M	12	30	TEC
24	Cambiar los cojinetes de los rodillos soporte de los rodillos haladores ranurados de hule. Verificar las puntas de los ejes.	S	2	120	TEC
25	Lubricar chumaceras, cadenas y piñones del sistema de transmisión de potencia principal.	T	4	40	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 3.17. . Actividades de mantenimiento preventivo de la máquina convertidora de bolsas de sello de fondo – parte 2

Banda transportadora					
26	Realizar una inspección visual de la banda transportadora , verificar que no presente rasgaduras o deformaciones.	T	4	30	TEC
27	Realizar una inspección visual del motor de la banda transportadora, el sistema de transmisión por cadenas y de los piñones. Verificar que no exista corrosión o desgaste. Lubricar en caso de ser	T	4	30	TEC
28	Realizar una inspección visual del sistema de alimentación de la banda transportadora, revisar pistones, ejes, cojinetes y rodillo. Realizar una limpieza general eliminando polvo y suciedad.	T	4	40	TEC
Sistema eléctrico					
29	Realizar una inspección visual del tablero principal. Realizar una limpieza general eliminando polvo y suciedad. Realizar limpieza de los ventiladores.	T	4	30	TEC
30	Realizar una inspección visual del tablero de variadores de frecuencia. Realizar una limpieza general eliminando polvo y suciedad. Realizar limpieza de los ventiladores.	T	4	45	TEC
Sistema neumático					
31	Drenar el condensado de la unidad de mantenimiento FRL.	W	52	15	TEC
32	Verificar que el nivel de aceite se encuentre dentro de los niveles adecuados. Reponer en caso de ser necesario.	W	52	30	TEC
33	Realizar limpieza de los filtros de FRL	W	52	30	TEC
34	Realizar una inspección visual del sistema neumático, válvulas, electroválvulas, racores, pistones, mangueras y el tanque verificando su correcto funcionamiento y buscando fugas de aire. Reparar o cambiar de ser necesario.	M	12	40	TEC

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### 3.8. Costos

Primeramente se estima el costo que ocasiona una hora de paradas no programadas como la pérdida de las ganancias de la empresa para un equipo. Este dato se obtiene de la diferencia del costo de manufactura de un producto y el precio al que se vende al cliente. Además se conoce la cantidad de kilogramos de polietileno que se procesa por hora en cada equipo. Los datos utilizados son confidenciales para la empresa, por lo que solamente se presentan los resultados representativos de esos valores. Estos datos son consultados al departamento de producción de la empresa y se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 3.18. Pérdidas aproximadas por hora de parada de los equipos

Equipo	Pérdidas por hora (colones)	Pérdidas por día (colones)
Extrusora QUEENS	102.000	2.448.000
Imprenta HYPLAS	60.000	1.440.000
Convertidora sello de fondo	90.000	2.160.000

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Luego se determinan los costos de las actividades preventivas por año. Estos costos se basan en la frecuencia y duración de las actividades determinadas anteriormente y el salario base de un mecánico. Se estiman los costos debido a mano de obra para la extrusora QUEENS METAMAX 80L se necesitan, por año, unas 584,83 horas (48,65 horas al mes) que equivale a 1.459.583 colones. Para la imprenta HYPLAS HP-FG 1000-6 se necesita de unas 342,75 horas por año (26,56 horas al mes) que equivale a 856.875 colones. Para la máquina convertidora sello de fondo HYPLAS HP-HD-60 ESR se necesitan, por año, 518,8 horas (43,23 horas al mes) por un costo de 1.297.000 colones.

Debido a que todavía no se han determinado los repuestos de los equipos, además de que el fabricante no proporciona nada de información acerca de los repuestos que se deben tener para realizar las actividades preventivas. No se han llevado registros acerca de los trabajos realizados y no se tiene un historial de los repuestos utilizados. Se decide utilizar la estimación que presenta (García Garrido, 2003, pág. 119). El autor dice que aproximadamente por cada dos euros que se gasten en mano de obra se gasta un euro en repuestos. Se toma este valor inicial para poder hacer una primera aproximación de cuanto debería ser en costo de las actividades preventivas. También se toma en cuenta que los equipos se encuentran funcionando por un tiempo corto, por lo que los repuestos en este momento todavía no se requiere de una alta inversión en repuestos. Además las actividades propuestas son en su mayoría revisiones, inspecciones, lubricación y engrase.

Los repuestos se pueden ir determinando conforme se vayan realizando las actividades preventivas.

De acuerdo con la experiencia del personal de mantenimiento se determinan los lubricantes que se requieren para los equipos. A continuación se muestra una tabla con los lubricantes por año. Es una primera aproximación.

Tabla 3.19. Costo aproximado de los lubricantes para los equipos por año.

	Extrusora	Imprenta	Sello de fondo
Aceite Q8 Haydn	54.000	54.000	
Aceite Q8 Gaya 320	58.000	58.000	58.000
Lubricante Haydn 32	54.000	54.000	54.000
Grasa alta temperatura titanio	7.000		7.000
Grasa sintética Mobilth SHC 220	8.500		8.500
Grasa uso general Q8 Rubens WB/BLAU	2.500	2.500	2.500
Total (colones)	184.000	168.500	130.000

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Se calcula el costo total aproximado de las actividades de mantenimiento preventivo por año como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.20. Costo aproximado del mantenimiento preventivo de los equipos por año.

Equipo	Mano de obra	Repuestos	Lubricantes	Total
Extrusora QUEENS	1.459.583,33	729.791,67	184.000	2.373.375
Imprenta HYPLAS	856.875	428.437,50	168.500	1.453.812,50
Convertidora sello de fondo	1.297.000	648.500	130.000	2.075.500

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Al comparar el costo de las actividades de mantenimiento preventivo propuestas contra las pérdidas ocasionadas por 24 horas de los equipos detenidos de no producción, se puede observar que con sólo que el preventivo evite 24 horas de paradas por año se pagan los trabajos de mantenimiento preventivo.

### 3.9. Diagramas de procesos de mantenimiento

De acuerdo con la “Guía para una gestión basada en procesos” (Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Pérez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchon), se puede realizar una representación gráfica de las actividades de un proceso. Para ello es posible utilizar diagramas de flujo, los cuales permiten una percepción visual del flujo y la secuencia de las actividades que se debe realizar. Estos diagramas dan información sobre quién debe realizar las actividades, qué se debe realizar y cómo se debe realizar. Los diagramas de flujo se realizarán tomando la simbología sugerida por la American National Standard Institute (ANSI). En la Figura 3.10 se muestran los símbolos básicos para la realización de los diagramas de procesos.






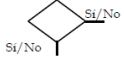



Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	<b>Inicio / Fin</b>	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo.
	<b>Operación / Actividad</b>	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	<b>Documento</b>	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	<b>Datos</b>	Indica la salida y entrada de datos.
	<b>Almacenamiento / Archivo</b>	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	<b>Decisión</b>	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	<b>Líneas de flujo</b>	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	<b>Conector</b>	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	<b>Conector de página</b>	Representa la continuidad del diagrama en otra página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continua el diagrama de flujo.

Figura 3.10. Símbolos básicos para realizar la representación simbólica de los diagramas de proceso  
 Fuente: (Ministerio de planificación nacional y política económica, 2008, pág. 9).

“Los diagramas de proceso, a diferencia de la “descripción literaria clásica”, facilitan el entendimiento de la secuencia e interrelaciones de las actividades y de cómo estas aportan valor y contribuyen a los resultados” (Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Pérez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchon, pág. 27).

Por lo tanto, los diagramas de procesos ayudan a comprender de una manera más adecuada el flujo de información de los procesos de mantenimiento correctivo, preventivo y mantenimiento por averías que realiza el departamento de mantenimiento. Para ello se realiza una propuesta de manera gráfica de los procesos administrativos del departamento de mantenimiento.

A continuación se presenta una propuesta de los procesos administrativos principales del departamento de mantenimientos utilizando diagramas de flujo. Se realiza la propuesta para el proceso de requisición de bodega, el proceso para atender una avería mediante mantenimiento correctivo y el proceso que se debe seguir para realizar las actividades de mantenimiento programado.

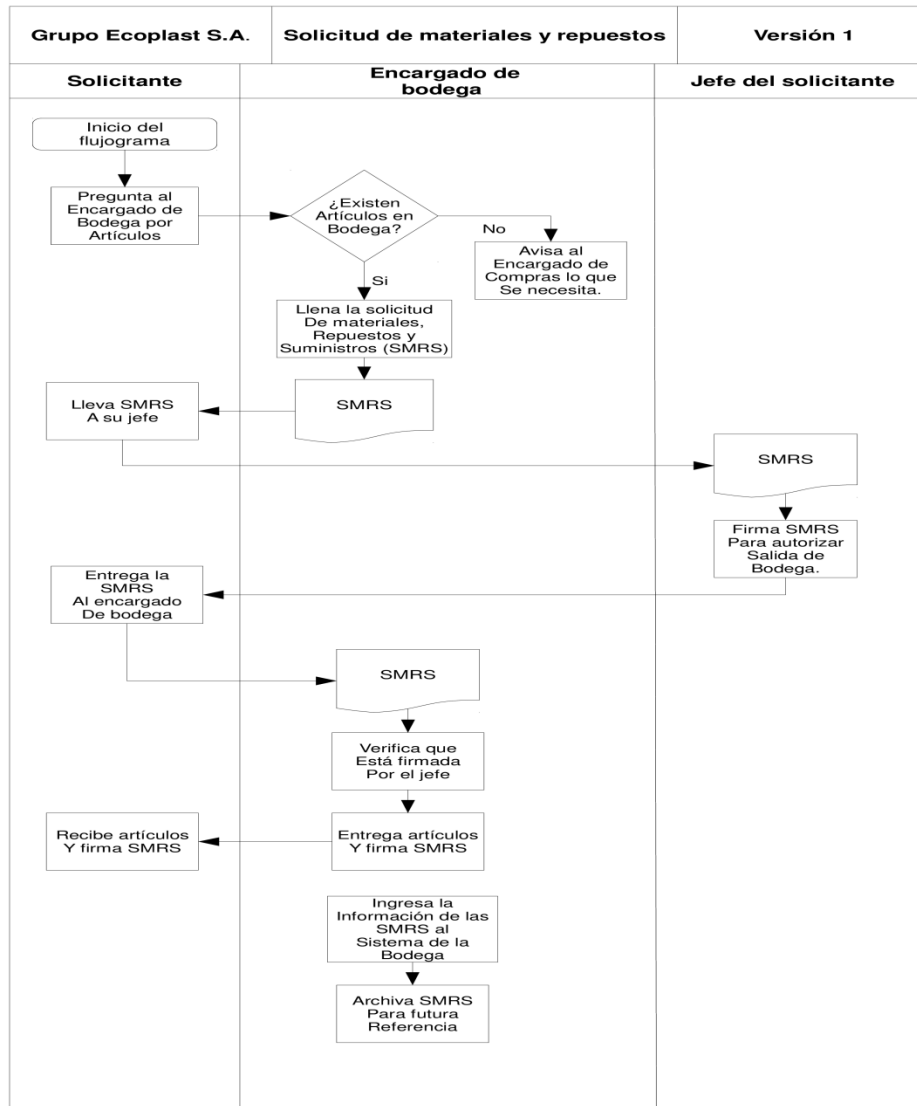


Figura 3.11. Propuesta de procedimiento para la solicitud de materiales, repuestos y suministros en la bodega.

Fuente: Creado por el autor. Libreoffice Draw.

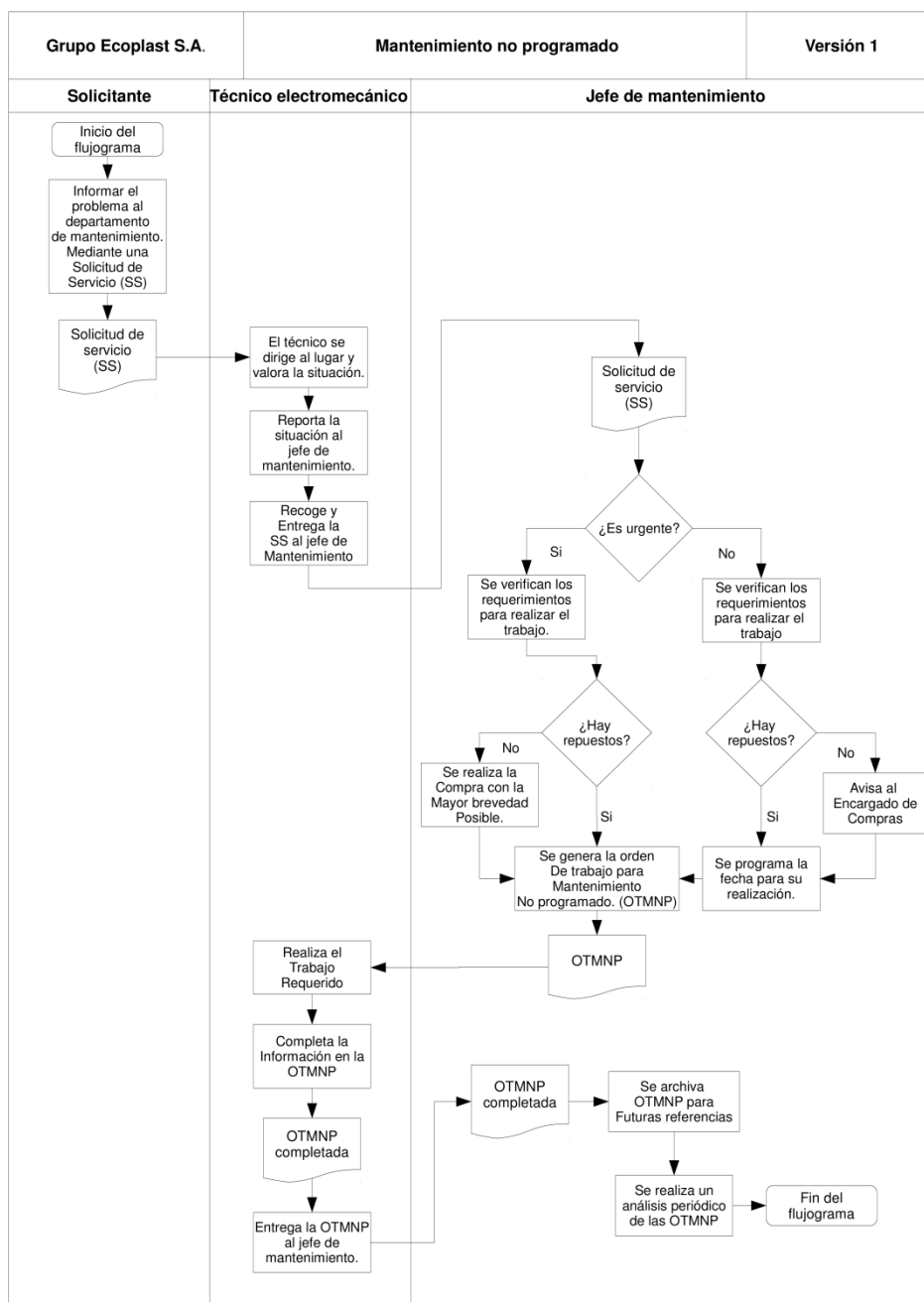


Figura 3.12. Propuesta de procedimiento para realizar las actividades de mantenimiento no programado.

Fuente: Creado por el autor. Libreoffice Draw.

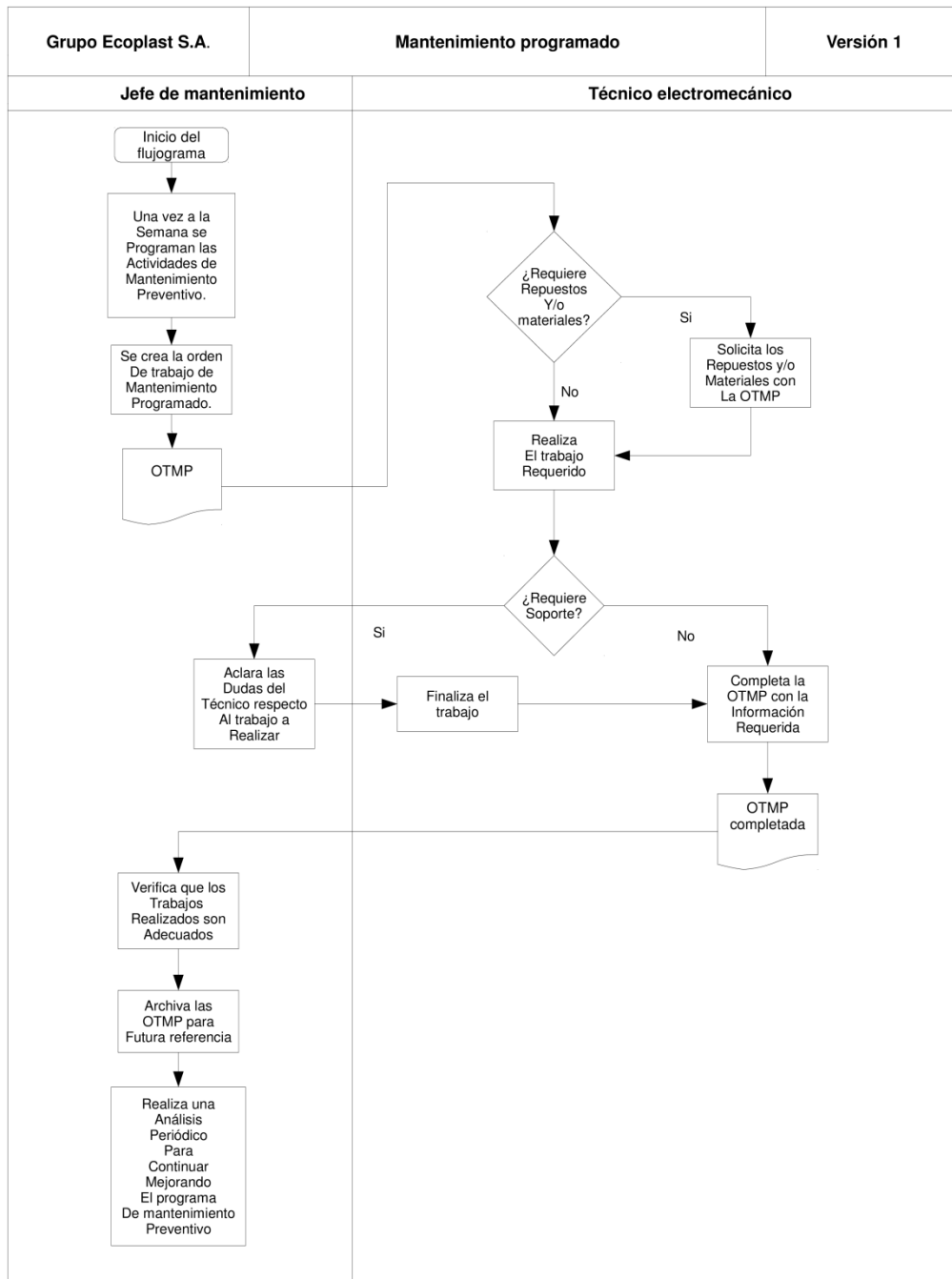


Figura 3.13. Propuesta de procedimiento para realizar las actividades de mantenimiento programado.  
 Fuente: Creado por el autor. Libreoffice Draw.

### 3.10. Documentos

En conjunto con la propuesta de los procesos de mantenimiento anterior, también se crean algunos documentos que son necesarios para desarrollar dichos procesos. Los documentos que se diseñaron fueron: la solicitud de materiales, repuestos y suministros, la solicitud de servicios de mantenimiento, la orden de trabajo de trabajo de mantenimiento de mantenimiento correctivo y la orden de trabajo de mantenimiento preventivo. Se decide proponer dos órdenes de trabajo diferentes para tener un mayor control en su utilización.

**Solicitud de trabajo de mantenimiento:** este documento puede ser llenado por cualquier persona, de la planta, que necesite de los servicios del departamento. Se puede decir que este es el documento que inicia una acción de mantenimiento sobre los equipos. Por ejemplo, cuando una pieza se daña en un equipo y se encuentre detenido por alguna avería, el operario puede solicitar una reparación mediante este documento. Luego de ser entregado al departamento de mantenimiento, se procederá con las acciones necesarias para volver a poner en marcha el equipo o subsanar el problema.




		<b>Solicitud de servicio de mantenimiento</b>	
Departamento:		Fecha: ___ / ___ / ___	
Equipo:		Hora:	
Solicitante:			
Problemas o síntomas:			
_____		_____	
Firma solicitante		Firma recibido	

Figura 3.14. Solicitud de servicio de mantenimiento

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

**Orden de trabajo de mantenimiento no programado:** este documento es creado por el jefe de mantenimiento luego de que una solicitud de servicio de mantenimiento es analizada y requiera de la intervención por parte del departamento. En esta se especifica quién es la persona asignada para realizar el trabajo, cuál es el equipo y sistema que requiere de la intervención, y además, cuál es la labor que se debe realizar. También se especifica la prioridad de esa orden de trabajo.

Se decide proponer el siguiente nivel de prioridades para este tipo de orden trabajo:

- **Muy urgentes:** son aquellas que deben resolverse inmediatamente, sin esperas, pues causan un grave perjuicio a la empresa. Por ejemplo: un equipo detenido por una avería.

- Urgente: que causan un trastorno al normal funcionamiento de la planta, pero que pueden esperar a que todas las OT urgentes estén resueltas. Son actividades de urgencia media, como puede ser un equipo con producción deficiente.
- Importante: Son OT que pueden ser aplazadas hasta que las urgentes y muy urgentes se hayan realizado. Estos trabajos no ocasionan un atraso en la producción o afectan la calidad.

Además de las actividades por realizar, este documento tiene una sección que debe ser llenada por el técnico a manera de *retroalimentación* con la información acerca de la fecha y hora de inicio y finalización de orden de trabajo, una breve y clara descripción de cómo se resolvió el trabajo y los repuestos y materiales utilizados. Esta orden tiene una estrecha relación con la solicitud de servicios de mantenimiento. En la Figura 3.15 se muestra la propuesta de la orden de mantenimiento no programado.


 <b>Orden de trabajo de mantenimiento no programado</b>		
Departamento:		Nº OT:
Equipo:		Fecha:
Sistema:		
Técnico:		Nº técnico:
Labor por realizar:		
Prioridad:		
<b>Información de la avería</b>		
Fecha inicio:		Fecha final:
Hora inicio:		Hora final:
Cómo se resolvió el trabajo:		
<b>Repuestos utilizados</b>		
Código	Descripción	Cantidad
_____ Autorizado por		_____ Realizado por

Figura 3.15. Orden de mantenimiento no programado

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

**Orden de trabajo de mantenimiento programado:** Este documento se utiliza para realizar las actividades de mantenimiento preventivo y actividades programadas. En esta se describen las actividades por realizar, además se detallan los materiales o repuestos necesarios para realizar estas actividades (por ser actividades programadas los repuestos y materiales necesarios ya se han determinado con anterioridad). También contiene un campo que sirve de *retroalimentación* acerca de los trabajos de mantenimiento preventivo. Mediante este documento se puede obtener la información de la duración de las actividades de mantenimiento. En la Figura 3.17 se muestra la orden de trabajo de mantenimiento programado propuesta.

**Solicitud de repuestos, materiales y suministros:** Este documento es el utilizado para llevar el control de las salidas de los artículos de la bodega. La solicitud debe ser llenada por el encargado de bodega y luego ser firmada por el jefe del solicitante. Solo se entregarán los artículos con la firma de autorización. En la Figura 3.16 se muestra el documento propuesto.

 <b>Solicitud de materiales, repuestos y suministros</b>		
Departamento:		Nº solicitud:
Equipo:		Fecha: ___/___/___
Solicitante:		Nº solicitante:
Código	Descripción	Cantidad

\_\_\_\_\_
\_\_\_\_\_
\_\_\_\_\_

Autorización
Recibido
Entregado

Figura 3.16. Solicitud de materiales repuestos y suministros

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.



### Orden de trabajo de mantenimiento programado

Departamento:	Nº OT:
Equipo:	Fecha:
Sistema:	
Técnico:	Nº técnico:

#### Labores por realizar

Descripción	Fecha y hora			¿Ejec?
	Inicio	Final	Total	
				[ ]
				[ ]
				[ ]
				[ ]
				[ ]

#### Repuestos y/o materiales necesarios

Código	Descripción	Cantidad

Observaciones del trabajo realizado:

\_\_\_\_\_  
Autorizado por

\_\_\_\_\_  
Realizado por

Figura 3.17. Orden de mantenimiento programado

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

## Capítulo 4. Bodega de repuestos, materiales y suministros

---

La bodega de repuestos, materiales y suministros es uno de los puntos importantes para el departamento de mantenimiento. Es preciso tener un *stock* de repuestos adecuado para poder realizar las actividades de mantenimiento preventivo y resolver las averías más rápidamente.

Actualmente solo se tiene un área destinada para bodega que equivale a 16 metros cuadrados (5,8 metros de largo por 2,75 metros de ancho). La cantidad de estantes que se encuentran en la bodega es muy poca para la cantidad de artículos que se desean almacenar, provocando que algunos repuestos y suministros se encuentren en el suelo.

También se encontró que en la canoa que pasa sobre esta área se genera un condensado durante la noche, provocando que caiga en forma de gotas en el piso de la bodega. Esto puede provocar que los artículos almacenados se puedan dañar.

Otro problema es que en este lugar entra mucho polvo, lo que también podría provocar daños a los artículos almacenados. Esta área funciona como bodega de repuestos, de materiales utilizados en producción (cintas adhesivas, hojas de *cutter*, marcadores, lapiceros) y artículos de oficina. Posee unos pocos estantes donde se encuentran colocados los objetos. En cuanto a repuestos, la mayoría son los que incluían los equipos que se compraron. Otros se han comprado para reponer los que ya se utilizaron y algunos otros para evitar quedarse sin *stock*.

No se tiene un control de los artículos que se encuentran en la bodega ni se tiene un inventario actualizado del mismo. Es importante primero tener un sistema que permita llevar este control, antes de pensar en un modelo de inventario. En este momento resulta inviable realizar un análisis de mínimos de los repuestos, debido a que no se tiene información de cuáles han sido los repuestos más utilizados, además el fabricante no proporciona información de cuál debe ser la cantidad que se debería

tener en *stock* para cumplir con las actividades de mantenimiento. Conforme pase el tiempo se puede ir realizando un estudio de la información obtenida de las órdenes de trabajo y el análisis de fallas para empezar a optimizar la bodega.

Por esta razón se propone realizar un sistema de bases de datos utilizando Microsoft Access 2010 para poder tener un control más adecuado y un inventario actualizado de la bodega. Este sistema se complementa con los diagramas de procesos de mantenimiento y los documentos propuestos anteriormente. Este sería el primer paso para poder ir pensando en futuras mejoras para bodega de repuestos, materiales y suministros.

#### **4.1. Modelo de bases de datos relacional en Microsoft Access**

Microsoft Access 2010 se basa en un modelo de bases tipo relacional que consiste en mostrar los datos en forma de tablas y relaciones. Este es el modelo de base de datos más popular.

“En el modelo relacional se utiliza un grupo de tablas para representar los datos y las relaciones entre ellos” (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002, pág. 6).

De acuerdo con el documento “Introducción a las bases de datos Microsoft Access” de la Universidad de Almería, los componentes de una base de datos relacional son:

- Tablas: se guardan los datos referentes a un objeto o entidad general. Está compuesta por filas (que contiene los registros referidos a una entidad), las columnas (que definen las propiedades o características de cada entidad), una clave primaria (que identifica de forma única a cada fila de la tabla), índice de una tabla (que permite un acceso rápido a una tabla) y una clave externa (datos que son clave primaria de otra tabla).



- Relaciones entre tablas: Es la manera como se relacionan las tablas. Existen tres tipos de relaciones:
  - Uno a uno: Dadas una tabla A y una tabla B, cada registro de la tabla A puede estar relacionado con un solo registro de la tabla B y cada registro de la tabla B puede estar relacionado con un registro de la tabla A.
  - Uno a muchos: Dada una tabla A y una tabla B, cada registro de la tabla A puede estar relacionado con varios registros de la tabla B y cada registro de la tabla B puede estar relacionado con un registro de la tabla A.
  - Muchos a muchos: Dada una tabla A y una tabla B, cada registro de la tabla A puede estar relacionado con varios registros de la tabla B y cada registro de la tabla B puede estar relacionado con varios registros de la A.

Otro concepto importante a tener en cuenta es de integridad referencial, esta es una ayuda que permite garantizar que los registros sean válidos y evita que, por accidente, se eliminen o corrompan los datos relacionados.

Dentro de las herramientas que tienen Microsoft Access para el manejo se pueden resaltar las siguientes:

- Consultas: es una solicitud de información de la base de datos. La solicitud puede ser realizada desde varias tablas y permite una selección de información de acuerdo con criterios de filtrado, dados con anterioridad en la consulta.
- Formularios: los formularios son una forma de interacción entre el usuario y la información de la base de datos. Permite ver, cambiar, eliminar, agregar y actualizar la información de las tablas.

- Informes: con un informe se puede recuperar información de la base de datos y presentar mediante un documento o de forma impresa.
- Macros: es una forma de automatizar ciertas acciones dentro de la base de datos. Existe una variada cantidad de funciones.
- Módulos: permite realizar tareas de una mayor complejidad mediante programación.
- Controles: los elementos que presentan los datos en los formularios se denominan controles.

## **4.2. Requerimientos del sistema**

Primeramente se identifican las funciones que se requieren del sistema. En este punto se define qué es lo que debe hacer el sistema cuando se introducen datos relacionados con el movimiento de los artículos de la bodega. A continuación se listan esos requerimientos:

- El sistema debe ser capaz de registrar las salidas y entradas de la bodega. Cada vez que se realice una entrada o una salida, este restará o sumará (según sea el caso y automáticamente) la cantidad que entra o sale de ese artículo del inventario.
- Deberá mantener el registro del artículo, el tipo de artículo, el subtipo de artículo, la ubicación en la bodega, unidades (metros, litros), un código y una descripción que permita identificarlo dentro de la bodega.
- Deberá relacionar cada movimiento con el empleado que lo solicita, la fecha en que se realizó, y la cantidad que solicitó. También deberá ser capaz de relacionarlo con los departamentos productivos de la empresa.

- Los registros se podrán consultar con facilidad para obtener información acerca de los movimientos y cantidades en *stock*.
- Deberá llevar un registro de los proveedores que se pueda relacionar con las entradas realizadas.
- Las entradas deben ser registradas, si fuera el caso, con el precio de los artículos para llevar un control de los costos de las entradas.
- Las entradas y salidas se podrán realizar en grupos de artículos para facilitar su utilización. Similar a como se realiza una factura.
- Deberá ser fácil de utilizar ya que la persona encargada de la bodega no posee conocimientos en Microsoft Access como para manejarlo desde la propia interfaz del programa. En este caso es necesario realizar la interfaz de usuario.
- En el caso de los repuestos, se podrán relacionar con alguna de las máquinas, para obtener información acerca de los repuestos que se utilizan por máquina.
- Tiene que soportar la opción de registrar la cantidad mínima de los artículos de la bodega con el fin de que cuando la cantidad llegue a cierto valor, se puedan identificar facialmente. Esto es, un soporte para mínimos y máximos del inventario.

A continuación se presenta el modelo relacional diseñado para la base de datos con la que se controlará la bodega.

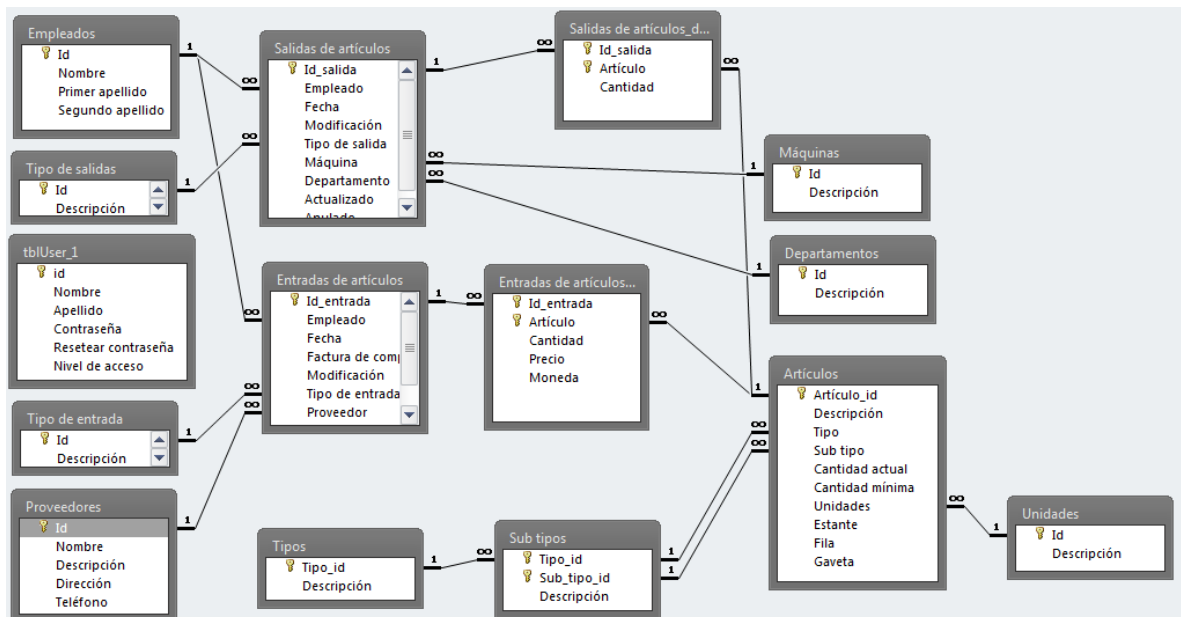


Figura 4.1. Modelo relacional de la base de datos de la bodega.

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

### 4.3. Características del sistema

El diseño de la base de datos se realizó con el fin de que el usuario del sistema no tuviera que ingresar directamente a las tablas y se mantuviera utilizando la interfaz gráfica para el ingreso y manipulación de los datos.

La interfaz se maneja mediante los controles que se encuentran en los formularios. Cuando se presiona alguno de los botones con el puntero del ratón, este abre un formulario, el cual sirve para realizar alguna función en especial.

Se decide crear la base de datos utilizando la característica de Microsoft Access llamada "base de datos dividida". Se utiliza un archivo Microsoft Access para almacenar la información en tablas, las cuales se encuentran en la carpeta compartida mencionada anteriormente. El otro archivo se encuentra ubicado en cada computadora desde donde se va a utilizar la base de datos. Este archivo contiene las

consultas, formularios, macros y módulos que se utilizan para ingresar y manipular los datos.

La empresa cuenta con un servidor donde se puede crear una carpeta que puede ser utilizada por las computadoras que se encuentran conectadas a la misma red. Esta carpeta almacenará la información de la base, mediante las tablas, para que pueda ser consultada por varias computadoras ubicadas desde lugares diferentes.

Para la utilización del archivo que funciona como cliente se decide utilizar el *software* que provee Microsoft llamado "Microsoft Access 2010 Runtime", que permite distribuir aplicaciones de Access 2010 sin la necesidad de que los usuarios tengan la versión completa de Access en sus equipos. Como se mencionó, toda la información será manipulada desde la interfaz gráfica del sistema.

Al iniciar, el sistema solicita el usuario y su clave para poder ingresar al sistema. La pantalla de inicio de sesión se muestra en la Figura 4.2. Pueden agregarse a más usuarios luego de que se inicie sesión. Este primer paso se realiza para tener un control de quién realiza las entradas y salidas dentro del sistema, ya que la base de datos se encuentra compartida.

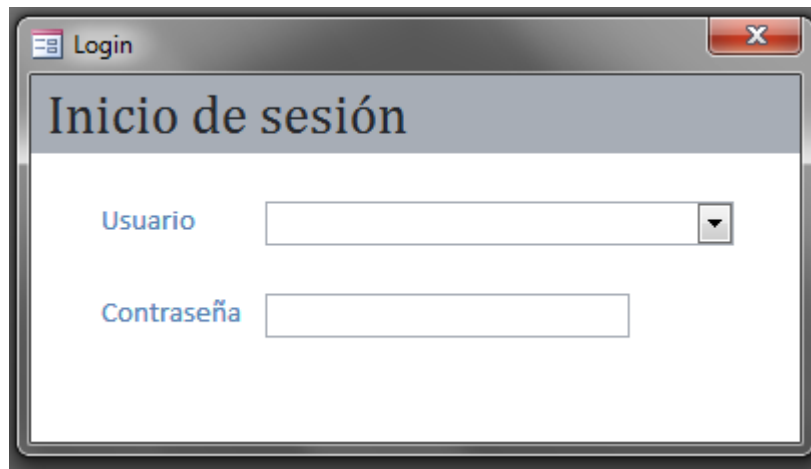


Figura 4.2. Inicio de sesión de la base de datos  
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

Luego de ingresar su usuario y su clave aparecerá el menú principal con todas las opciones que el usuario puede realizar para controlar el sistema de la bodega. En la Figura 4.3 se muestra dicho menú.

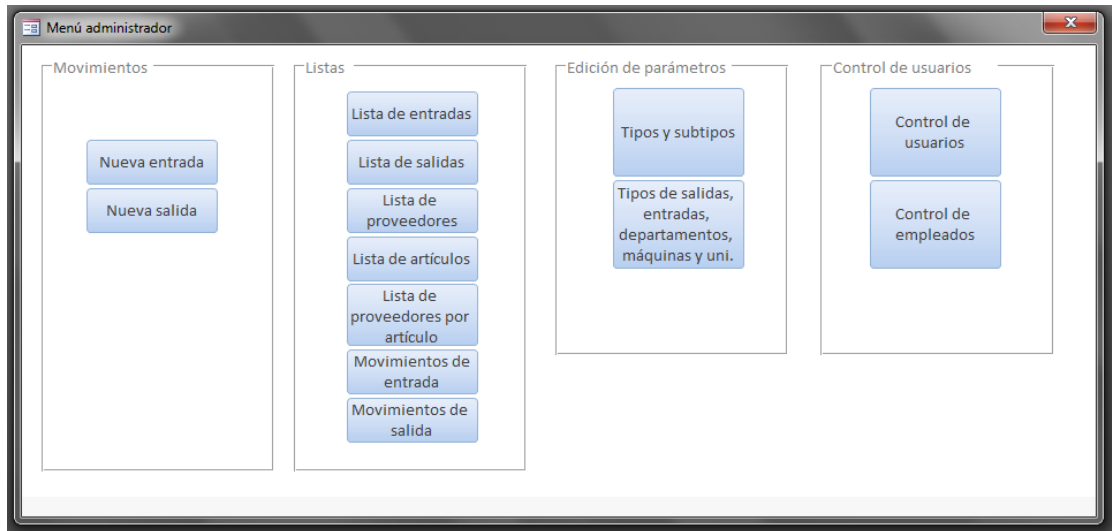


Figura 4.3. Manú principal del sistema.  
Fuentes: Creado por el autor. Microsoft Access.

El menú principal tiene cuatro categorías principales:

Movimientos: Este presenta un acceso rápido a las opciones más utilizadas del programa, en este caso, las entradas y salidas de la bodega.

Listas: Son un conjunto de listas que permiten consultar la información que se encuentra en la base de datos. Todas tienen un comportamiento similar, lo que cambia es la información mostrada. Se ofrecen ocho formas de poder consultar esa información:

- Lista de entradas: permite consultar todas las entradas registradas en el sistema. Permite combinar los filtros para poder extraer información que sea valiosa, además de consultar directamente las entradas.
- Lista de salidas: tiene la misma función que la lista de entradas, pero para las salidas. Igualmente se puede filtrar la información de varias maneras.
- Lista de proveedores: presenta una lista de los proveedores de los artículos ingresados al sistema.
- Lista de artículos: esta lista contiene la información de los artículos de la bodega, una descripción, la cantidad en *stock* y su ubicación. Además se les da una categoría que permita agruparlos según el tipo y subtipo que se definen durante el registro de entrada del artículo al sistema. También tiene una opción que permite identificar cuando el *stock* de un artículo es menor al mínimo. En ese caso, aparece marcada la casilla correspondiente de la columna "Pedir". Los mínimos son definidos manualmente por el usuario.
- Lista de proveedores por artículo: esta lista muestra información acerca de los proveedores de los artículos que se encuentran en bodega, puede resultar útil para realizar cotizaciones con los diferentes proveedores a los que ya se les ha comprado.

- **Movimientos de salida:** Muestra una lista de todas las salidas que se han realizado a un artículo que se encuentre registrado en la base de datos. Permite obtener por fecha, máquina, departamento, cantidad y otras opciones más. Además permite realizar algunos cálculos con los datos filtrados. En la parte inferior se presenta una fila de totales para tal propósito.
- **Movimientos de entrada:** cumple la misma función que la anterior, pero para las entradas. Se diferencia un poco en cuanto al tipo de información que maneja, ya que las entradas y salidas tienen ciertas diferencias.

Edición de parámetros: Permite modificar y agregar cierta información que utiliza la base de datos. Por ejemplo, la información de tipos y subtipos de los artículos, la lista de máquinas, los tipos de entradas y salidas, los departamentos y las unidades de los artículos.

Control de usuarios: Permite consultar, agregar o editar la lista de empleados. Además hay una opción para crear y gestionar los usuarios del sistema de bodega.

En el anexo 3 se muestran algunas capturas de pantalla de las diferentes ventanas del sistema.

#### **4.4. Implementación del sistema**

Se decide iniciar con la puesta en marcha de la bodega de repuestos, utilizando el sistema creado en Microsoft Access. Para ello se realiza una redistribución de los elementos almacenados en la bodega, ordenándolos por el tipo. Es importante mencionar que la cantidad de estantes que se encuentran en la bodega está llegando a su capacidad máxima, por lo que se debería ir pensando en conseguir más estantes. Por el momento, no se va a destinar dinero a la compra de los estantes. Más adelante en este documento, se realiza una estimación de la inversión necesaria para aprovechar todo el espacio de la bodega.



Primero se realiza un inventario e identifican todos los artículos de la bodega con el fin de clasificarlos y agruparlos por tipo. Se saca de la bodega lo que no debería estar guardado ahí. Se propone ordenar los artículos por tipo, como se muestra en la Figura 4.4, ya que muchos son iguales para varias máquinas. Algunos repuestos para las extrusoras son grandes, por lo que se decide destinar un estante solamente para estos. También podemos ver en la figura que mucho del espacio de la bodega se está desaprovechando, ya que se encuentra sin estantes.

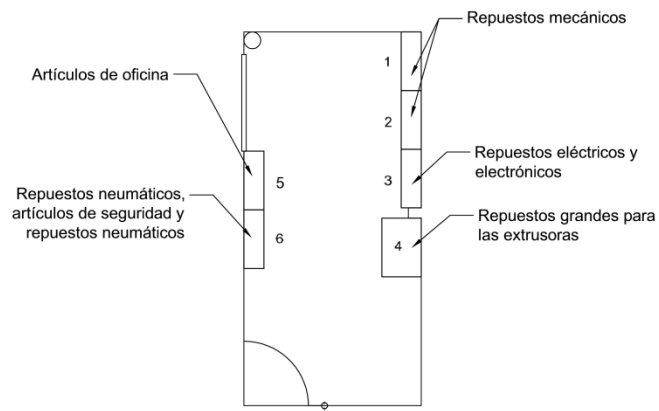


Figura 4.4. Distribución de los artículos en la bodega

Fuente: Creado por el autor. AutoCAD

Se utilizan los estantes actuales para realizar la distribución. Con esta distribución y numeración, se crean los tipos y subtipos para los artículos para así asignarles un estante y una fila (cada estante tiene seis filas, cuya numeración se realiza de arriba hacia abajo; el que está más arriba es el estante uno y el que está más abajo es el estante seis).

Se ubican los artículos con la nueva distribución en los estantes y se registran en el sistema de la bodega.

A partir de este punto inicial, se empieza a utilizar el procedimiento propuesto anteriormente y el documento de solicitud de materiales, repuestos y suministros.

#### 4.5. Ampliación de la capacidad de la bodega

Se realiza una propuesta para aprovechar mejor el espacio de la bodega. Esto consiste en la adquisición de nuevos estantes para guardar los artículos en la bodega, ya que algunos se tienen que colocar en el suelo por falta de estantes. Se propone utilizar más estantes como se muestra en la Figura 4.5. De esta manera se aprovecha el espacio de toda la bodega y no se debe colocar nada en el suelo.

El costo aproximado de estos nuevos estantes es de 755.000 colones, utilizando estantes metálicos similares a los que ya se tienen en la bodega. En la Tabla 4.1. Cotización de los estantes. se presenta la cotización.

Tabla 4.1. Cotización de los estantes.

Descripción	Cantidad	Precio unitario (colones)	Total (colones)
Bandeja de 60x90 cm	42	12.435	522.270
Bandeja de 30x90 cm	6	7120	42.720
Patatas de 2 m	32	5915	189.280
		<b>Total</b>	754.270

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

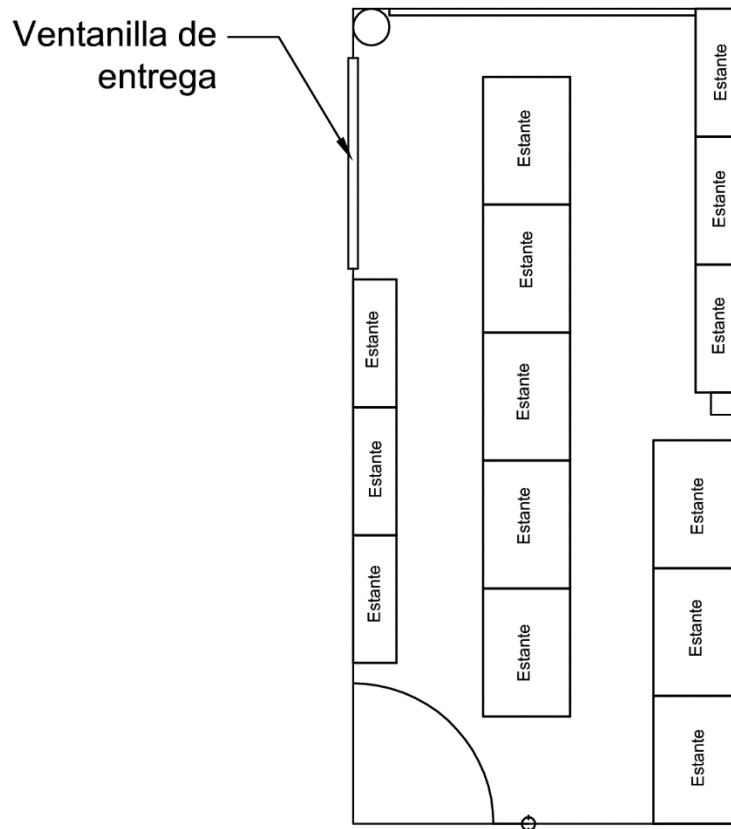


Figura 4.5. Propuesta de distribución de la bodega con más estantes

Fuente: Creado por el autor. AutoCAD

Es importante aclarar que la inversión no debe realizarse toda de una vez, se podrían ir comprando los estantes poco a poco ya que no se requieren todos en este momento, pero conforme se sigan guardando artículos en la bodega, van a ser necesarios.

## Conclusiones y recomendaciones

---

### Conclusiones

- La evaluación del departamento deja ver que todavía se encuentra en un nivel de inocencia. Por ello, existen muchas oportunidades de mejora que se debe ir planteando realizar para lograr una mayor eficiencia en el uso de los recursos del departamento.
- Realizado el análisis de criticidad de los equipos se determinó que el mantenimiento correctivo por avería no es la mejor manera de realizar el mantenimiento. Debe ser complementado con acciones preventivas que eviten las paradas no programadas de los equipos, problemas de calidad ocasionados por las máquinas y que se produzcan atrasos de producción que ocasionen incumplimientos con los clientes.
- Se realiza una propuesta de los procesos y los documentos administrativos para realizar el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo y la entrega de artículos de la bodega de repuestos, materiales y suministros. Estos ayudarán a mantener un mejor control y además servirán de *retroalimentación* para las actividades realizadas.
- Se propone un modelo de gestión básico para el departamento basado en el mantenimiento preventivo y el análisis de las órdenes de trabajo. Este modelo se presenta como un punto de partida para el departamento de mantenimiento.
- Se diseña una base de datos para llevar el control de la bodega de repuestos, materiales y suministros. De esta manera es más sencillo mantener información actualizada sobre el *stock* de los artículos almacenados.

## Recomendaciones

- Se recomienda realizar la implantación de las mejoras propuestas progresivamente, para que el cambio no sea tan abrupto y sea posible asimilar las nuevas responsabilidades y funciones como parte del trabajo normal.
- Utilizar los documentos administrativos de mantenimiento como medio de *retroalimentación* para crear un historial de fallas de los equipos, analizarlas y plantear acciones para evitar que vuelvan a ocurrir.
- Estudiar la posibilidad de contratar más personal para la realización de las actividades de mantenimiento, ya que los equipos deben tener una alta disponibilidad y esto requiere más recurso humano y económico.
- Realizar una revisión periódica de las actividades de mantenimiento preventivo propuestas para verificar su validez y realizar las mejoras que se consideren necesarias. Se debe realizar una constante mejora para que se ajuste de manera más adecuada con la situación operacional de los equipos.
- Realizar el etiquetado de los artículos de la bodega con el fin de que cada artículo pueda ser identificado con mucha mayor facilidad dentro de la bodega.
- Capacitar al personal de producción en labores relacionadas con el mantenimiento, ya que algunas de las actividades preventivas pueden ser realizadas por los mismos operarios.

## Bibliografía

---

- Beltrán Sanz, J., Carmona Calvo, M., Carrasco Pérez, R., Rivas Zapata, M., & Tejedor Panchon, F. (s.f.). *Guía para una gestión basada en procesos*. Recuperado el Abril de 2015, de <http://www.centrosdeexcelencia.com/dotnetnuke/portals/0/guiagestionprocesos.pdf>
- Carranza Guzmán, L. R. (Octubre de 2004). *Programa de operación y mantenimiento de extrusoras para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno*. Recuperado el Mayo de 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0409\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0409_M.pdf)
- Departamento de Lenguajes y Computación - Universidad de Almería. (2010). *Introducción a las bases de datos Microsoft Access*. Recuperado el Mayo de 2015
- Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Dixon Campbell, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México D.F.: Editorial LIMUSA S.A.
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Institut Esteve Terradas I Illa. (s.f.). *Rotograbadodisalvo.com*. Recuperado el Mayo de 2015, de <http://www.rotograbadodisalvo.com/image/pdf/flexografia.pdf>
- Ministerio de planificación nacional y política económica. (Julio de 2008). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo*. Recuperado el Mayo de 2015, de <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88eb e4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
- Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento: planeación, ejecución y control*. México D.F: Alfaomega.

- Navarro Elola, L., Pastor Tejedo, A. C., & Mugaburu Laca, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Norma COVENIN 2500-93. (1993). Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria.
- Norma COVENIN 3049-93. (1993). Mantenimiento. Definiciones.
- Rodríguez, E. C. (Mayo de 2008). *Plan de mantenimiento preventivo para la planta de extrusión e impresión en Plastiline S.A.* Recuperado el Mayo de 2015, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7753/2/140130.pdf>
- Silberschatz, A., Korth, H., & Sudarshan, S. (2002). *Fundamentos de bases de datos*. Madrid: McGraw Hill.
- Tavares, L. (s.f.). *Administración moderna del mantenimiento*. Brasil: Publicaciones Novo Polo.
- Thompson, I. (Diciembre de 2006). *Promonegocios.net*. Recuperado el Abril de 2015, de <http://www.promonegocios.net/empresa/mision-vision-empresa.html>
- Thompson, I. (Noviembre de 2006). *Promonegocios.net*. Recuperado el Abril de 2015, de <http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/mision-definicion.html>
- Vásquez, E. J. (s.f.). *Mantenimiento Mundial*. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/diagnostico-gestion.pdf>
- Vega, K. (2014). *Diseño de una propuesta de gestión de mantenimiento basada en un cuadro de mando integral para el departamento de facilidades de la planta Hospira*. Recuperado el Abril de 2015, de [http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3347/cuadro\\_mando\\_planta\\_manufactura.pdf](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3347/cuadro_mando_planta_manufactura.pdf)

## Apéndice

### 1. Criterios de evaluación según la norma COVENIN 2500-93

Áreas, principios básicos y deméritos		Máximo disponible	Deméritos
<b>Área 2. Organización de mantenimiento</b>			
<b>2.1. Funciones y responsabilidades</b>			
<b>Principio básico:</b> La función mantenimiento está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.		80	
<b>Deméritos</b>			
2.1.1. La empresa tiene organigramas acordes a su estructura o no están actualizados para la organización de mantenimiento.		15	0
2.1.2. La organización de mantenimiento no está acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos por mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica u otro.		15	5
2.1.3. La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción.		15	0
2.1.4. Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad.		10	5
2.1.5. La asignación de funciones y de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.		10	0
2.1.6. La empresa no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.		15	5
<b>2.2. Autoridad y autonomía</b>			
<b>Principio básico:</b> Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad u autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.		50	
<b>Deméritos</b>			



	2.2.1. La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las líneas de autoridad.		15	0
	2.2.2. El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones.		15	0
	2.2.3. Se presentan solapamientos o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de la organización de mantenimiento.		10	0
	2.2.3. Los problemas de carácter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores		10	0
<b>2.3. Sistema de información</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos u otra).	70		
	<b>Deméritos</b>			
	2.3.1. La organización de mantenimiento no cuenta con un flujograma para sus sistemas de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.		15	15
	2.3.2. La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades con base en los resultados que se desean obtener.		15	15
	2.3.3. La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.		10	10
	2.3.4. La organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.		10	5
	2.3.5. No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información sobre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento archivo para su cabal recuperación.		10	10
	2.3.6. La organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.		10	10
<b>Área 3. Planificación de mantenimiento</b>				
<b>3.1. Objetivos y metas</b>				

	<p><b>Principio básico:</b> Dentro de la organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.</p>	70		
	<b>Deméritos</b>			
	3.1.1. No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir la organización de mantenimiento.		20	20
	3.1.2. La organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivos de mantenimiento para los diferentes objetos por mantener.		20	15
	3.1.3. La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que los requieren.		15	10
	3.1.4. Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.		15	0
<b>3.2. Políticas para la planificación</b>				
	<p><b>Principio básico:</b> La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.</p>	70		
	<b>Deméritos</b>			
	3.2.1. La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.		20	20
	3.2.2. No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.		20	15
	3.2.3. A los sistemas sólo se les realiza mantenimiento cuando fallan.		15	10
	3.2.4. El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas.		15	15
<b>3.3. Control y evaluación</b>				

	<b>Principio básico:</b> La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para elaboración de los planes de mantenimiento.	60		
	<b>Deméritos</b>			
	3.3.1. No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.		10	10
	3.3.2. No existe una codificación secuencial que permite la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos.		10	10
	3.3.3. La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener.		10	5
	3.3.4. No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de de estos dentro del sistema al cual pertenece, recogida esta información en formatos normalizados.		10	7
	3.3.5. No se llevan registros de fallas y causas por escrito.		5	5
	3.3.6. No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de reparación.		5	5
	3.3.7. No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.		5	5
	3.3.8. La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.		5	5
<b>Área 4. Mantenimiento rutinario</b>				
<b>4.1. Planificación</b>				

	<p><b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un <i>stock</i> de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.</p>	100		
	<b>Deméritos</b>			
	4.1.1. No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario, o en su defecto a la organización de mantenimiento, aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.		20	20
	4.1.2. Falta de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario.		20	20
	4.1.3. Los operarios no están bien informados sobre el mantenimiento por realizar.		20	10
	4.1.4. No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario.		20	20
	4.1.5. Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal más adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad por ejecutar.		10	5
	4.1.6. No se cuenta con un <i>stock</i> de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.		10	5
<b>4.2. Programación e implantación</b>				
	<p><b>Principio básico:</b> Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades es menor o igual a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.</p>	80		
	<b>Deméritos</b>			
	4.2.1. No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario.		15	15

	4.2.2. La programación de mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada.		10	5
	4.2.3. Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.		10	10
	4.2.4. Las actividades de mantenimiento rutinario están programadas durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.		10	10
	4.2.5. La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento específico de la semana.		10	10
	4.2.6. No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario.		10	5
	4.2.7. No se tiene claramente identificados los sistemas que formarán parte de las actividades de mantenimiento rutinario.		10	10
	4.2.8. La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario.		5	5
<b>4.3. Control y evaluación</b>				
	<b>Principio básico:</b> El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos que permiten llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.	70		
	<b>Deméritos</b>			
	4.3.1. No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicios, operaciones y partes.		10	10
	4.3.2. No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución.		15	15
	4.3.3. No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas.		5	5
	4.3.4. No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.		10	10

	4.3.5. No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario, permitiendo presupuestos más reales.		5	5
	4.2.6. El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.		5	5
	4.2.7. La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
<b>Área 5. Mantenimiento programado</b>				
<b>5.1. Planificación</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado donde se especifican las acciones con frecuencia desde quincenal hasta anual por ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión de los elementos más importantes.	100		
	<b>Deméritos</b>			
	5.1.1. No existen estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.		20	20
	5.1.2. La empresa no posee un estudio donde se especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones.		15	15
	5.1.3. No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad, y donde se especifiquen las acciones por ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales.		15	15
	5.1.4. La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.		20	20
	5.1.5. No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas.		10	10

	5.1.6. No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado.		10	10
	5.1.7. No existe una planificación conjunta entre la organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.		10	10
<b>5.2. Programación e implantación</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización tiene establecidas instrucciones para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponen del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.	80		
	<b>Deméritos</b>			
	5.2.1. No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado.		20	20
	5.2.2. Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.		10	10
	5.2.3. Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.		15	15
	5.2.4. No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento.		10	10
	5.2.5. No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado.		10	10
	5.2.6. La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.		15	15
<b>5.3. Control y evaluación</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.	70		
	<b>Deméritos</b>			

	5.3.1. No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.		15	15
	5.3.2. No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento.		10	10
	5.3.3. No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior evaluación de ejecución.		10	10
	5.3.4. No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.		5	5
	5.3.5. No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales.		5	5
	5.3.6. El personal encargado de la labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.		5	5
	5.3.7. La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento programado basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
<b>Área 7. Mantenimiento correctivo</b>				
<b>7.1. Planificación</b>				
	<b>Principios básicos:</b> La organización cuenta con una infraestructura para que las acciones de mantenimiento correctivo se lleven en una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.	100		
	<b>Deméritos</b>			
	7.1.1. No se llevan registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura corrección.		30	30
	7.1.2. No se clasifican las fallas para determinar cuáles se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.		30	30
	7.1.3. No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo.		20	10



	7.1.4. La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades por ejecutar, se tome la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia.		20	0
<b>7.2. Programación e implantación</b>				
	<b>Principio básico:</b> Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia programada, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo no se pare la producción. La organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.	80		
	<b>Deméritos</b>			
	7.2.1. No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo.		20	15
	7.2.2. La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo.		20	10
	7.2.3. No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.		20	5
	7.2.4. El personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin.		20	0
<b>7.3. Control y evaluación</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.	70		
	<b>Deméritos</b>			
	7.3.1. No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.		15	15
	7.3.2. No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación.		15	15

	7.3.3. No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.		20	20
	7.3.4. La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
<b>Área 8. Mantenimiento preventivo</b>				
<b>8.1. Determinación de parámetros</b>				
	<b>Principios básicos:</b> La organización tiene establecido por objetivo lograr la efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organización dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de tiempos de paradas.	80		
	<b>Deméritos</b>			
	8.1.1. La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.		20	10
	8.1.2. La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.		20	20
	8.1.3. No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.		20	20
	8.1.4. No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y sustituciones entre fallas.		10	10
	8.1.5. El personal de la organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempo de parada y entre fallas.		10	0
<b>8.2. Planificación</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.	40		
	<b>Deméritos</b>			

	8.2.1. No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva.		20	20
	8.2.2. La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.		20	20
<b>8.3. Programación e implantación</b>				
	<b>Principio básico:</b> Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.	70		
	<b>Deméritos</b>			
	8.3.1. Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los períodos de tiempo correspondientes.		20	20
	8.3.2. Las órdenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.		15	15
	8.3.3. Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de programación.		15	15
	8.3.4. No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo.		10	5
	8.3.5. Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.		10	10
<b>8.4. Control y evaluación</b>				
	<b>Principio básico:</b> En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades mantenimiento preventivo.	60		
	<b>Deméritos</b>			
	8.4.1. No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.		15	15
	8.4.2. No existen mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados por obtener en el mantenimiento preventivo.		15	15

	8.4.3. La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado.		10	10
	8.4.4. La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
<b>Área 9. Mantenimiento por avería</b>				
<b>9.1. Atención a las fallas</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención al objeto averiado.	100		
	<b>Deméritos</b>			
	9.1.1. Cuando se presenta una falla, esta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal.		20	0
	9.1.2. No se cuenta con instructivos de registros de fallas que permitan el análisis de las averías sucedidas para cierto período.		20	20
	9.1.3. La emisión de órdenes de trabajo para atacar una falla no se hace de una manera rápida.		15	0
	9.1.4. No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema.		15	15
	9.1.5. Los tiempos administrativos, de espera por materiales o repuestos y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.		15	5
	9.1.6. No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción.		15	5
<b>9.2. Supervisión y ejecución</b>				

	<b>Principios básicos:</b> Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la aparición de la falla, en el período de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos para la atención de las averías.	80		
	<b>Deméritos</b>			
	9.2.1. No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento por avería hasta su ejecución.		20	0
	9.2.2. La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.		15	0
	9.2.3. La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación y puesta en marcha del sistema averiado.		10	0
	9.2.4. El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prologadas en el proceso productivo.		10	2
	9.2.5. No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o su prevención.		5	5
	9.2.6. No se llevan registros sobre el consumo de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías.		5	5
	9.2.7. No se cuenta con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de las averías.		5	0
	9.2.8. No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla.		10	0
<b>9.3. Información sobre las averías</b>				
	<b>Principio básicos:</b> La organización de mantenimiento cuenta con el personal para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.	70		
	<b>Deméritos</b>			
	9.3.1. No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.		20	20

	9.3.2. La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre las fallas.		10	10
	9.3.3. No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas, con el objeto, de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.		20	20
	9.3.4. La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
<b>Área 10. Personal de mantenimiento</b>				
<b>10.1. Cuantificación de las necesidades del personal</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.	70		
	<b>Deméritos</b>			
	10.1.1. No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal.		30	15
	10.1.2. La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustada a la realidad de la empresa.		20	10
	10.1.3. La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.		20	20
<b>10.2. Selección y formación</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra). Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos.	80		
	<b>Deméritos</b>			
	10.2.1. La selección no se realiza de acuerdo con las características del trabajo por realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.		10	0
	10.2.2. No se tienen procedimientos para la selección de personal con alta calificación y experiencia que requiere credencial del servicio determinado.		10	10

	10.2.3. No se tienen establecidos períodos de adaptación del personal.		10	10
	10.2.4. No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.		10	10
	10.2.5. Los cargos en la organización de mantenimiento no se tienen por escrito.		10	0
	10.2.6. La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.		10	0
	10.2.7. La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.		10	0
	10.2.8. Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.		10	0
<b>10.3. Motivación e incentivos</b>				
	<b>Principio básico:</b> La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos salariales.	50		
	<b>Deméritos</b>			
	10.3.1. El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.		20	0
	10.3.2. No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.		10	10
	10.3.3. La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad del trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento.		10	10
	10.3.4. No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.		10	10

## Área 12. Recursos

### 12.1. Equipos

	<p><b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.</p>	30		
	<p><b>Deméritos</b></p>			
	<p>12.1.1. No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.</p>		5	0
	<p>12.1.2. Se tienen los equipos necesarios, pero no se le da el uso adecuado.</p>		5	0
	<p>12.1.3. El ente de mantenimiento no conoce o no tiene acceso a información (catálogos, revistas u otros), sobre las diferentes alternativas económicas para la adquisición de equipos.</p>		5	0
	<p>12.1.4. Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es deficiente.</p>		5	0
	<p>12.1.5. No se lleva registro de entrada y salida de equipos.</p>		5	5
	<p>12.1.6. No se cuenta con controles de uso y estado de los equipos.</p>		5	5
<h3>12.2. Herramientas</h3>				
	<p><b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.</p>	30		
	<p><b>Deméritos</b></p>			
	<p>12.2. 1. No se cuenta con las herramientas necesarias, para que el ente de mantenimiento opere eficientemente.</p>		10	0



	12.2.2. No se dispone de un sitio para localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención.		5	0
	12.2.3. Las herramientas existentes no son las adecuadas para ejecutar las tareas de mantenimiento.		5	0
	12.2.4. No se llevan registros de entrada y salida de herramientas.		5	0
	12.2.5. No se llevan con controles de uso y estado de las herramientas.		5	5
<b>12.3. Instrumentos</b>				
	<b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento posee los instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. Para la selección de dichos instrumentos se toma en cuenta las diferentes casas de los fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de instrumentos permitiendo el control de su uso.	30		
	<b>Deméritos</b>			
	12.3.1. No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.		5	1
	12.3.2. No se toma en cuenta para la selección de los instrumentos, su efectividad y exactitud.		5	0
	12.3.3. El ente de mantenimiento no tiene acceso a la información (catálogos, revistas u otro), sobre diferentes alternativas tecnológicas de los instrumentos.		5	0
	12.3.4. Se tienen los instrumentos necesarios para operar con eficiencia, pero no se conoce o no se les da el uso adecuado.		5	0
	12.3.5. No se llevan registros de entrada y salida de instrumentos.		5	5
	12.3.6. No se cuenta con controles de uso y estado de los instrumentos.		5	5
<b>12.4. Materiales</b>				

	<p><b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento cuenta con un <i>stock</i> de materiales de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales, existiendo seguridad de que el sistema opere de forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales utilizados en mantenimiento.</p>	30		
	<p><b>Deméritos</b></p>			
	<p>12.4.1. No se cuenta con los materiales que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.</p>		3	1
	<p>12.4.2. El material se daña con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.</p>		3	0
	<p>12.4.3. Los materiales no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).</p>		3	2
	<p>12.4.4. No se ha determinado el costo por falta de material.</p>		3	3
	<p>12.4.5. No se ha establecido cuáles materiales tener en <i>stock</i> y cuáles comprar de acuerdo con pedidos.</p>		3	3
	<p>12.4.6. No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente.</p>		3	3
	<p>12.4.7. No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad.</p>		3	3
	<p>12.4.8. No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material.</p>		3	0
	<p>12.4.9. No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores.</p>		3	0
	<p>12.4.10. No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material.</p>		3	3
<p><b>12.5. Repuestos</b></p>				

	<p><b>Principio básico:</b> La organización de mantenimiento cuenta con un <i>stock</i> de repuestos, de buena calidad y con facilidad para su obtención, y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los repuestos utilizados en mantenimiento.</p>	30		
	<b>Deméritos</b>			
	12.5.1. No se cuenta con los repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.		3	1
	12.5.2. Los repuestos se dañan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.		3	0
	12.5.3. Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores, u otros).		3	3
	12.5.4. No se ha determinado el costo por falta de repuestos.		3	3
	12.5.5. No se ha establecido cuáles repuestos tener en <i>stock</i> y cuáles comprar de acuerdo con pedidos.		3	3
	12.5.6. No se poseen formatos de control de entradas y salida de repuestos de circulación permanente.		3	2
	12.5.7. No se lleva el control (formatos) de los repuestos desechados por mala calidad.		3	3
	12.5.8. No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto.		3	2
	12.5.9. No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores.		3	0
	12.5.10. No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuestos.		3	3

## 2. Tablas para la creación y lectura de los códigos de los equipos.

Tabla 4.2. Familias a las que puede pertenecer un elemento

Familias	
Código	Descripción
MAC	Motor <u>A</u> C
PN	Pistón <u>n</u> eumático
PH	Pistón <u>h</u> idráulico
MCC	Motor <u>C</u> C
SM	<u>S</u> ervomotor
ES	<u>E</u> lemento de <u>s</u> ello
BT	Banda <u>t</u> ransportadora
CR	Caja <u>r</u> eductora
IC	Intercambiador de <u>c</u> alor
CE	<u>C</u> omponente <u>e</u> lectrónico
S	<u>S</u> ensor
FRL	<u>F</u> iltro, <u>r</u> egulador y <u>l</u> ubricador
VN	Válvula <u>n</u> eumática
CT	<u>C</u> ontrolador de <u>t</u> emperatura
PM	<u>P</u> ieza <u>m</u> ecánica
TR	Transformador <u>e</u> lctrico
VE	<u>V</u> entilador
TOR	Tornillo de <u>e</u> xtrusión
CAÑ	<u>C</u> añón de <u>e</u> xtrusión
B	<u>B</u> omba
F	<u>F</u> iltro
GE	<u>G</u> enerador
AT	<u>A</u> ctuador
CH	<u>C</u> uchilla
M	<u>M</u> anguera
EV	<u>E</u> lectro <u>v</u> álvula
UH	<u>U</u> nidad <u>h</u> idráulica
UN	<u>U</u> nidad <u>n</u> eumática
TAN	<u>T</u> anque
AIR	Accesorio <u>a</u> ire comprimido
EMI	<u>E</u> stación de <u>i</u> mpresión
FRU	<u>F</u> reno

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 4.3. Códigos de los sistemas de las extrusoras

<b>Sistemas extrusora</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
AL	Alimentador
EX	Extrusor
AA	Anillo de aire
ET	Estabilizador de la burbuja
PC	Planos colapsibles
NRS	Nip-roll superior
TR	Tratadora
EPC	Alineador y guiador (EPC)
IM	Impresora
NRI	Nip-roll inferior
EB	Embobinador
RC	Reciclador de orillas
EBO	Embobinador de orillas
TE	Tablero eléctrico

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 4.4. Códigos de los sistemas de las impresoras flexográficas

<b>Sistemas imprenta</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
DB	Desbobinador
IM	Sistema de impresión
ST	Sistema de secado de tinta
SN	Sistema neumático
EB	Embobinador
TC	Teclé
SE	Sistema eléctrico

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

Tabla 4.5. Códigos de los sistemas de la convertidora de sello de fondo

<b>Sistemas sello de fondo</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
GU	Guiador
AL	Alimentador
SC	Sección central
BT	Banda transportadora
SN	Sistema neumático
SE	Sistema eléctrico

Fuente: Creado por el autor. Microsoft Excel.

### 3. Capturas de pantalla del sistema creado en Microsoft Access 2010

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "Entradas de artículos". At the top, there are several input fields: "Nº de entrada" (with value 76), "Nº factura de compra", "Fecha" (with value 20/05/2015), "Tipo de entrada", "Proveedor", and "Solicitante". To the right of these fields are four buttons: "Lista de artículos", "Nuevo artículo", "Anular entrada", and "Imprimir informe". Below the form is a table with the following columns: "Código", "Artículo", "Cantidad", "Unidades", "Precio (sin I", "Moneda", "Estant", "Fila", and "Gav". The table is currently empty. At the bottom of the table, there is a status bar with "Registro: 1 de 1" and a "Buscar" button.

Figura 6. Formulario para registrar las entradas Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "Salidas de artículos". At the top, there are several input fields: "Nº de salida" (with value 115), "Tipo de salida", "Fecha" (with value 20/05/2015), "Máquina", "Solicitante", and "Departamento". To the right of these fields are two buttons: "Lista de artículos" and "Anular salida". Below the form is a table with the following columns: "Stock", "Código", "Artículo", "Cantidad", "Unidades", "Estante", "Fila", and "Gaveta". The table is currently empty. At the bottom of the table, there is a status bar with "Registro: 1 de 1" and a "Buscar" button.

Figura 7. Formulario utilizado para registrar las salidas Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

Lista de entradas de artículos

Lista de entradas Nueva entrada Refrescar Imprimir informe

Id entrada	Factura de compra	Empleado	Modificó	Fecha	Tipo de entrada	Proveedor	Anulado
00061	54591	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	08/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Coricen Materiales Eléctric	<input type="checkbox"/>
00062	54593	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	08/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Coricen Materiales Eléctric	<input type="checkbox"/>
00063	02-0004754F	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	08/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	ELECTRO MAZ LTDA	<input type="checkbox"/>
00065	4074	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	09/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Taller IMACO S.A.	<input type="checkbox"/>
00066	023536	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	13/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	CANO Y FAJARDO INDUSTR	<input type="checkbox"/>
00067	0409982	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	07/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Transmerquim de Costa Ri	<input type="checkbox"/>
00068	2075436	Luis Quirós	Luis Quirós	13/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Distribuidora Florexc Centr	<input type="checkbox"/>
00069	332690	Luis Quirós	Richard Rodríguez	16/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	SonDel S.A.	<input type="checkbox"/>
00070		Diana Chaves V	Richard Rodríguez	18/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales		<input type="checkbox"/>
00071	01539	Luis Quirós	Richard Rodríguez	18/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Taller Lopez	<input type="checkbox"/>
00072	1025087	Luis Quirós	Richard Rodríguez	19/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Asociación Cámara Product	<input type="checkbox"/>
00073	1025146	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	19/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Asociación Cámara Product	<input type="checkbox"/>
00074	970-15	Luis Quirós	Richard Rodríguez	20/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	SIMA S.A. Latinoamericana	<input type="checkbox"/>
00075	0000495998	Richard Rodríguez Murillo	Richard Rodríguez	20/05/2015	Ingreso de repuestos y materiales	Distribuidora Ramirez y Ca	<input type="checkbox"/>

Registro: 1 de 74 Sin filtro Buscar

Figura 8. Formulario con la lista de entradas  
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

Lista de salidas de artículos

Lista de salidas Nueva salida Refrescar Imprimir informe

Nº de salida	Modificó	Empleado	Tipo de salida	Fecha	Máquina	Anulado
00001	Richard Rodríguez	Denis Rodríguez	Solicitud de materiales y repuestos	06/04/2015	Sello fondo	<input type="checkbox"/>
00002	Richard Rodríguez	Denis Rodríguez	Solicitud de materiales y repuestos	07/04/2015	Imprenta	<input type="checkbox"/>
00003	Richard Rodríguez	Guillermo Campos	Asignación de herramientas y equipos	16/04/2015		<input type="checkbox"/>
00004	Richard Rodríguez	Octavio Cortes Corte	Asignación de herramientas y equipos	06/04/2015		<input type="checkbox"/>
00005	Richard Rodríguez	Denis Rodríguez	Solicitud de materiales y repuestos	21/04/2015	Sello fondo	<input type="checkbox"/>
00006	Richard Rodríguez	Mario Vega	Asignación de herramientas y equipos	21/04/2015		<input type="checkbox"/>
00007	Richard Rodríguez	Denis Rodríguez	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00008	Richard Rodríguez	Jose Araya	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00009	Richard Rodríguez	Daniel Loaciga	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015	Extrusora QUEEN MET.	<input type="checkbox"/>
00010	Richard Rodríguez	Gerardo Castro Vega	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015	Sello fondo	<input type="checkbox"/>
00011	Richard Rodríguez	Guillermo Campos	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00012	Richard Rodríguez	Bayardo Obando	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00013	Richard Rodríguez	Diana Chaves V	Solicitud de materiales y repuestos	22/04/2015		<input type="checkbox"/>
00014	Richard Rodríguez	Diana Chaves V	Solicitud de materiales y repuestos	22/04/2015		<input type="checkbox"/>
00015	Richard Rodríguez	Diana Chaves V	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00016	Richard Rodríguez	Miguel Castillo	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015	Sello lateral	<input type="checkbox"/>
00017	Richard Rodríguez	Geovanny Naranjo	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00018	Richard Rodríguez	Francisco Castro Fon	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00019	Richard Rodríguez	Derlis Marín E	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00020	Richard Rodríguez	Francisco Obando	Solicitud de materiales y repuestos	23/04/2015		<input type="checkbox"/>
00021	Richard Rodríguez	Francisco Obando	Solicitud de materiales y repuestos	24/04/2015		<input type="checkbox"/>
00022	Richard Rodríguez	Francisco Castro Fon	Asignación de herramientas y equipos	21/04/2015		<input type="checkbox"/>
00023	Richard Rodríguez	Olger Ramírez Arias	Solicitud de materiales y repuestos	27/04/2015		<input type="checkbox"/>
00024	Richard Rodríguez	Manuel Vazquez	Solicitud de materiales y repuestos	27/04/2015		<input type="checkbox"/>
00025	Richard Rodríguez	Francisco Castro Fon	Solicitud de materiales y repuestos	27/04/2015		<input type="checkbox"/>
00026	Richard Rodríguez	Diana Chaves V	Solicitud de materiales y repuestos	27/04/2015		<input type="checkbox"/>
00027	Richard Rodríguez	Gerardo Castro Vega	Solicitud de materiales y repuestos	27/04/2015		<input type="checkbox"/>

Registro: 1 de 114 Sin filtro Buscar

Figura 9. Formulario con la lista de salidas  
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

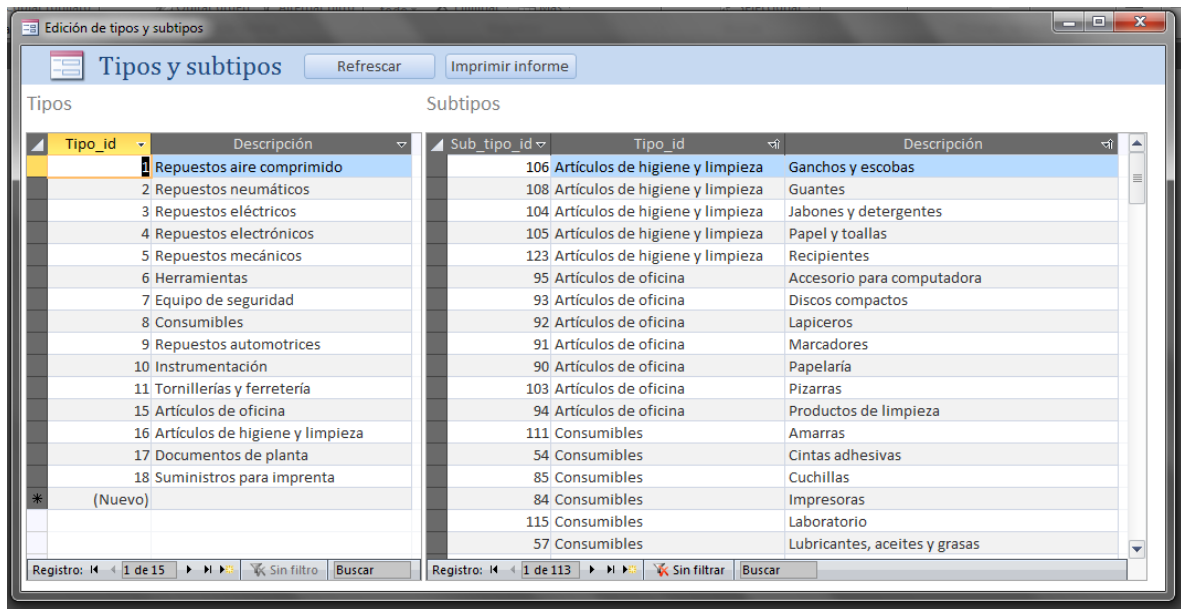


Figura 10. Formulario utilizado para clasificación de tipos y subtipos  
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.



Movimientos de entrada									
Nº artículo	Descripción	Cantidad	Tipos	Sub tipos	Precio	Moneda	Factura de	Proveedor	Id_entrada
254	Aceite lubricante sintético para compresores	1	Repuestos aire comprimido	Aceites					00042
254	Aceite lubricante sintético para compresores	1	Repuestos aire comprimido	Aceites					00041
168	Filtro de aire - rectangular - BOGE	2	Repuestos aire comprimido	Filtros					00027
199	Válvula neumática 5/2 - MARTO MFS2120	1	Repuestos neumáticos	Válvulas y electroválv.					00036
203	Válvula neumática 5/2 - MARTO MFA3525	1	Repuestos neumáticos	Válvulas y electroválv.					00038
204	Válvula de escape rápido - MICRO 1206 - G1/1	1	Repuestos neumáticos	Válvulas y electroválv.					00038
205	Válvula de escape rápido - MARTO SR/8	1	Repuestos neumáticos	Válvulas y electroválv.					00038
3	Cilindro neumático - MD8 D.20x50 C	1	Repuestos neumáticos	Pistones	68621	Colones	0000014354	Facility & Supp	00002
226	Pistón para rodillo de presión - MARTO MJ2-	2	Repuestos neumáticos	Pistones					00040
225	Cilindro neumático - MD8 D.20x80 C	2	Repuestos neumáticos	Pistones					00039
208	Pistola para manguera de aire comprimido	4	Repuestos neumáticos	Mangueras					00038
207	Manguera en espiral para aire comprimido	4	Repuestos neumáticos	Mangueras					00038
219	Acople rápido Codo- #8-1/4NPT	1	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
2	Regulador de caudal - 8mm OD X 1/8" BSPP	4	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi	15806	Colones	0000014354	Facility & Supp	00002
209	Acople rápido Te - #8	6	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
221	Acople rápido Codo- #6-1/8NPT	6	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
214	Acople rápido Codo - #12-3/8NPT	1	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
218	Acople rápido Válvula- #8	1	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
217	Acople rápido Codo- #8-3/8NPT	6	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
215	Acople rápido Unión- #8-3/8NPT	2	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
213	Acople rápido Codo - #8-3/8NPT	1	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
210	Acople rápido Unión recta #8	3	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
211	Acople rápido Codo - #10-3/8NPT	3	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
212	Acople rápido Codo - #12-1/4NPT	1	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi					00039
<b>Total</b>		<b>2073</b>			<b>6339,42225</b>				

Figura 11. Lista de movimientos de entrada  
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

Movimientos de salida									
Nº artículo	Descripción	Cantidad	Tipos	Sub tipos	Fecha	Departamentos	Máquinas	Nº de salida	
17	Cinta métrica - 3m - Knight	1	Herramientas	Herramientas de medi	06/04/2015	Conversión		00004	
2	Regulador de caudal - 8mm OD X 1/8" BSPP	3	Repuestos neumáticos	Accesorios acople rápi	06/04/2015	General de fabrica	Sello fondo	00001	
18	Cojinete de bolas - 6205DDUC3	2	Repuestos mecánicos	Cojinetes	07/04/2015	General de fabrica	Imprenta	00002	
17	Cinta métrica - 3m - Knight	1	Herramientas	Herramientas de medi	16/04/2015	Oficinas		00003	
31	Cepillo de pelo de caballo	1	Herramientas	Herramientas de limpi	21/04/2015	Imprenta		00006	
30	Cepillo de bronce	1	Herramientas	Herramientas de limpi	21/04/2015	Imprenta		00006	
29	Cepillo de acero	1	Herramientas	Herramientas de limpi	21/04/2015	Imprenta		00006	
17	Cinta métrica - 3m - Knight	1	Herramientas	Herramientas de medi	21/04/2015	Conversión		00022	
1	Cojinete de bolas - 6903ZZCM	1	Repuestos mecánicos	Cojinetes	21/04/2015	General de fabrica	Sello fondo	00005	
130	Jabón antibacterial	1	Artículos de higiene y limpie	Jabones y detergentes	22/04/2015	General de fabrica		00013	
129	Papel Jumbo roll 500 m	1	Artículos de higiene y limpie	Papel y toallas	22/04/2015	General de fabrica		00014	
128	Toalla rollo Tork Advanced 180 m	1	Artículos de higiene y limpie	Papel y toallas	22/04/2015	General de fabrica		00014	
132	Detergente Deterfresh	1	Artículos de higiene y limpie	Jabones y detergentes	22/04/2015	General de fabrica		00013	
129	Papel Jumbo roll 500 m	1	Artículos de higiene y limpie	Papel y toallas	23/04/2015	General de fabrica		00015	
80	Recarga de tinta azul para marcadores pern	1	Artículos de oficina	Marcadores	23/04/2015	Conversión		00020	
89	Marcador permanente azul	1	Artículos de oficina	Marcadores	23/04/2015	Conversión		00018	
90	Marcador para pizarra azul	1	Artículos de oficina	Marcadores	23/04/2015	Extrusión		00017	
73	Plástico para paletizar 18 in	1	Consumibles	Plástico para paletizar	23/04/2015	Conversión		00019	
75	Cinta adhesiva transparente 2 in	5	Consumibles	Cintas adhesivas	23/04/2015	Conversión	Sello lateral	00016	
77	Cuchilla para Cutter	3	Consumibles	Cuchillas	23/04/2015	Conversión		00012	
75	Cinta adhesiva transparente 2 in	8	Consumibles	Cintas adhesivas	23/04/2015	Conversión		00020	
75	Cinta adhesiva transparente 2 in	6	Consumibles	Cintas adhesivas	23/04/2015	Extrusión	Extrusora QUEEN METAMAX	00009	
75	Cinta adhesiva transparente 2 in	4	Consumibles	Cintas adhesivas	23/04/2015	Conversión	Sello fondo	00010	
<b>Total</b>		<b>810</b>							

Figura 12. Formulario con la lista de movimientos de salida  
Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

Figura 13. Formulario para el ingreso y modificación de un artículo  
 Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.

Figura 14. Formulario para el ingreso y modificación de proveedores  
 Fuente: Creado por el autor. Microsoft Access.